

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO

E QUALIDADE INDUSTRIAL - CONMETRO

COMITÊ BRASILEIRO DE METROLOGIA - CBM

**DIRETRIZES ESTRATÉGICAS PARA
A METROLOGIA BRASILEIRA**

2018-2022

**Aprovado na 51ª Reunião do CBM
Em 18 de abril de 2017**

**Rio de Janeiro
25 de abril de 2017**

1. INTRODUÇÃO	5
---------------------	---

1.1. Metrologia e a política industrial 6
--

2. ABRANGÊNCIA E IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA	7
--	---

3. ESTRUTURA BÁSICA PARA A ORGANIZAÇÃO DA METROLOGIA.....	8
---	---

4. ATUAL SITUAÇÃO DA METROLOGIA BRASILEIRA.....	10
---	----

4.1 Atual situação da metrologia científica e industrial brasileira 11

4.2. Redes Metrológicas12

5. O INMETRO COMO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA DO BRASIL.....	13
---	----

5.1. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro 13

5.2. Contexto e Significado dos Institutos Nacionais de Metrologia 14
--

5.3. O Inmetro nas Diretrizes Estratégicas 15
--

6. A METROLOGIA PARA ÁREAS ESTRATÉGICAS ESPECÍFICAS	17
---	----

6.1. Metrologia na Área Nuclear 17

6.1.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	18
---	----

6.2. Metrologia de Tempo e Frequência 18

6.2.1. Referência em Tempo e Frequência no Inmetro	18
--	----

6.2.1.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	20
---	----

6.2.2. Referência em Tempo e Frequência no Observatório Nacional (ON)	20
---	----

6.2.2.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	21
---	----

6.2.3. Referência em Tempo e Frequência na Universidade de São Paulo - Campus de São Carlos.....	22
--	----

6.2.3.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	22
---	----

6.3. Metrologia Química 23

6.3.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	23
---	----

6.4. Medições Dinâmicas 25

6.4.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	25
---	----

6.5. Metrologia Quântica 26

6.5.1. Metrologia Quântica Aplicada à Área de Metrologia Ótica.....	26
---	----

6.5.1.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	27
---	----

6.5.2. Metrologia Quântica Aplicada à Área de Metrologia Elétrica	27
---	----

6.5.2.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	27
---	----

6.5.3. Metrologia Quântica Aplicada à Área de Metrologia de Tecnologia da Informação e Comunicação.....	28
---	----

6.5.3.1. <i>Diretrizes Estratégicas</i>	29
---	----

6.6. Metrologia Elétrica em Alta Tensão 29	
6.6.1. Diretrizes Estratégicas	29
6.7. Metrologia em Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC 30	
6.7.1. Diretrizes Estratégicas	31
6.8. Metrologia nas Atividades de Defesa e Segurança 32	
6.8.1. Diretrizes Estratégicas	32
6.9. Metrologia no Setor Espacial 32	
6.9.1. Diretrizes Estratégicas	33
6.10. Metrologia Forense 33	
6.10.1. Análise de Drogas Proscritas e Controladas.....	34
6.10.2. Identificação Humana pelo DNA.....	34
6.10.3. Balística Forense	35
6.10.4. Acústica Forense	35
6.10.5. Diretrizes Estratégicas	35
6.11. Metrologia em Ciências da Vida 36	
6.11.1. Diretrizes Estratégicas	36
6.12. Nanometrologia 37	
6.12.1. Diretrizes Estratégicas	38
6.13. Metrologia de Materiais 38	
6.13.1. Diretrizes Estratégicas	38
6.14. Metrologia Ótica Aplicada a Tecnologias Eficientes de Iluminação 39	
6.14.1. Diretrizes estratégicas.....	40
6.15. Metrologia na Área de Energia 40	
6.15.1 Metrologia em Hidrogênio Energético	40
6.15.1.1. Diretrizes Estratégicas	41
6.15.2. Metrologia Óptica aplicada a Energia Solar Fotovoltaica.....	41
6.15.2.1. Diretrizes Estratégicas	42
6.15.3 Metrologia para Energia Eólica.....	42
6.15.3.1. Diretrizes Estratégicas	42
6.15.4. Metrologia em Energias Renováveis - Biomassa	43
6.15.4.1. Diretrizes estratégicas.....	43
6.16. Metrologia da Gravidade Terrestre 44	
6.16.1 Referência em Gravidade Terrestre	44
6.16.2 Diretrizes Estratégicas	45
6.17 Metrologia Térmica 47	
6.17.1 Diretrizes Estratégicas	47
7. A METROLOGIA LEGAL	48

7.1. Conceituação Geral 48

7.2. Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Legal 49

8. A ESTRUTURA NACIONAL PARA A CONFIABILIDADE DAS MEDIÇÕES51

8.1. Concepção Geral 51

8.2 Diretrizes Estratégicas para a Confiabilidade das Medições 53

9. METROLOGIA E MEIO AMBIENTE.....55

9.1. Metrologia e Sustentabilidade 55

9.2. Metrologia para o Meio Ambiente 57

9.3. Diretrizes Estratégicas 58

10. A EDUCAÇÃO EM METROLOGIA59

10.1. Contexto 59

10.2. Diretrizes estratégicas 60

11. METROLOGIA PARA APOIO À INOVAÇÃO61

11.1. Diretrizes estratégicas 63

12. BALANÇO SOCIAL: IDENTIFICAÇÃO DE AÇÕES SOCIAIS DO GOVERNO.....64

1. 1. INTRODUÇÃO

A metrologia, definida como ciência da medição e suas aplicações, além de desempenhar um importante papel na harmonização das relações de consumo, é considerada um dos pilares da inovação e da competitividade. Para países como o Brasil, cujo grande desafio é aumentar a pauta de exportações de produtos de maior valor agregado e ampliar a capacidade de penetração dos produtos nacionais em mercados externos mais sofisticados, intensificar as ações nas áreas associadas à Infraestrutura de Qualidade, conhecida no Brasil como Tecnologia Industrial Básica (TIB), sobretudo as estratégias voltadas para a ampliação do sistema metrológico brasileiro é fundamental. Para tanto, existem muitos desafios, como a renovação e qualificação de pessoal, implantação de novos serviços e a expansão da infraestrutura de laboratórios de calibrações e ensaios. Além disso, uma atenção especial deve ser dada ao fato de a estrutura laboratorial de metrologia ter sido fortemente afetada pela recente crise econômica, prejudicando a infraestrutura da qualidade do País.

Estes desafios exigirão um planejamento estratégico no que concerne à definição e execução dos objetivos da metrologia nacional para os próximos anos, conferindo um expressivo papel a este documento, que tem como objetivo estabelecer as Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira, período 2018-2022, atualizando conceitos, estratégias e as orientações alinhadas às novas demandas do sistema metrológico brasileiro.

No domínio das atividades do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), este documento apresenta um conjunto de diretrizes com o intuito de orientar, sugerir ações e servir de base a empresas, laboratórios e instituições na formulação de planos voltados para o desenvolvimento da metrologia brasileira, nos diferentes níveis de exigências metrológicas e nos diversos ramos de atividades da metrologia. Cabe ressaltar o alinhamento deste documento com as ações governamentais relativas ao crescimento do setor produtivo.

A estrutura e abordagem deste novo documento segue a linha dos precedentes, que se mostraram eficazes na concretização de diversas metas estabelecidas nas “Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira”, para os períodos 2003-2007, 2008-2012 e 2013-2017.

Do mesmo modo, este novo documento tem a finalidade de ser um instrumento de apoio no planejamento e realização de programas estratégicos para o setor, bem como na formulação política para a tecnologia industrial básica.

Seguindo esta linha, este documento tem como objetivos principais:

- a) organizar e harmonizar a visão e os conceitos sobre a metrologia e seu papel no Brasil;
- b) identificar necessidades e problemas dos diversos setores responsáveis direta ou indiretamente pelas atividades metrológicas no País, bem como de seus usuários;
- c) estabelecer diretrizes estratégicas para as ações dos principais atores comprometidos com a metrologia no Brasil, para o período de 2018 a 2022, e servir de base para a formulação de seus programas, nos diferentes níveis e áreas da metrologia;
- d) definir as prioridades para o sistema metrológico nacional e fortalecer as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) em metrologia e qualidade, que se configuram como áreas estratégicas para o desenvolvimento e a soberania do País;

e) servir de base, no campo da metrologia, às ações do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) na formulação, execução e avaliação de políticas públicas para a promoção da competitividade, do comércio exterior, do investimento e da inovação nas empresas e do bem-estar do consumidor.

f) constituir a base do sistema de qualidade oferecido ao cidadão.

O documento foi estruturado em seções. A introdução apresenta uma breve discussão sobre a metrologia e a política industrial. As seções 2 e 3 abordam, respectivamente, a abrangência e importância da metrologia e a estrutura básica requerida para sua organização no contexto internacional. A seção 4 trata da atual situação da metrologia brasileira. A seção 5 enfatiza o Inmetro como o Instituto Nacional de Metrologia do Brasil. A seção 6 aborda áreas específicas em diversas especialidades técnicas e científicas, onde é considerado estratégico apoiar a metrologia, tais como: as áreas nuclear, quântica, tempo e frequência, química, dinâmica de fluidos, defesa e segurança, espacial, forense e biologia. A seção 7 trata da Metrologia Legal, suas metas e desafios visando garantir a qualidade e a credibilidade dos resultados das medições envolvendo as transações comerciais, a saúde humana e a segurança do cidadão. As demais seções tratam de temas contemporâneos como educação, inovação e meio ambiente.

1.1. Metrologia e a política industrial

Com a globalização e as transformações na ordem política e econômica mundial, notadamente nos países em desenvolvimento, surgiu a necessidade de altos investimentos e ações para estimular o desenvolvimento das atividades econômicas e comerciais. Consequentemente, foram criadas agências reguladoras e organismos certificadores e aprimorados produtos e serviços e novas normas e leis estabelecidas, principalmente para garantir os direitos dos consumidores. Essas condições levaram ao aumento da competitividade, uma maior ênfase do setor industrial, além da melhoria dos processos e da qualidade dos produtos, que dependem de procedimentos metrológicos confiáveis e compatíveis com os padrões internacionais.

A indústria brasileira enfrenta uma série de desafios para se inserir no comércio internacional. A redução na demanda externa, o crescimento acelerado de competidores emergentes, coligado a uma conjuntura interna de altos impostos e grande dificuldade logística pressiona o governo a acelerar a tomada de medidas que visem à redução desses obstáculos. Por outro lado, os novos parâmetros mundiais exigem inovação e, portanto, investimento em pesquisa e desenvolvimento, força de trabalho qualificada e estruturas corporativas flexíveis. A nova economia baseada em conhecimento requer políticas que conduzam o País a um crescimento da produtividade intensivo em tecnologia.

Portanto, são grandes os desafios do governo, que incluem: 1) intensificar a capacidade tecnológica da indústria de transformação; 2) combater os efeitos da “guerra cambial” e das incertezas do cenário internacional; 3) enfrentar o acirramento da concorrência internacional nos mercados doméstico e externo; 4) acelerar o investimento em infraestrutura física; 5) impulsionar a qualificação profissional de nível técnico e superior.

As políticas públicas adotadas para enfrentar tais desafios devem ter como principal objetivo a retomada do crescimento econômico do País, no atual cenário econômico adverso. Para tanto,

são imprescindíveis as ferramentas de apoio à inovação e o fortalecimento das indústrias nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços.

O atendimento às questões nacionais em metrologia apresentadas neste documento, particularmente em sua vertente científica e industrial, terá impactos significativos na competitividade e no rendimento do setor produtivo nacional. Isso é evidenciado nas indústrias como as de aviação, automobilística, defesa e segurança e petrolífera, em que muitas vezes o produto final costuma ser uma montagem de peças e equipamentos produzidos por diferentes corporações. Tal montagem só é possível se todos os agentes envolvidos na cadeia de produção de materiais e componentes seguirem padrões rígidos, onde as grandezas e medições envolvidas estiverem amparadas por um sistema metrológico de ponta. Esse é um exemplo prático de um dos principais objetivos da metrologia, que é fornecer confiabilidade às medições, de modo a garantir que especificações técnicas, regulamentos e normas existentes proporcionem as mesmas condições, uniformidade e consistência na montagem e encaixe de componentes, assegurando o perfeito funcionamento dos produtos finais, independentemente da origem dos fornecedores e de onde sejam produzidos.

A metrologia, base da infraestrutura de qualidade de um país, possui destacado papel no apoio à inovação e à competitividade, cumpre importante função no âmbito das políticas públicas de incentivo ao setor produtivo, notadamente no que concerne ao aumento da competitividade da indústria nacional, o incentivo à inovação tecnológica e à agregação de valor.

2. 2. ABRANGÊNCIA E IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA

A metrologia tem como foco principal prover confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às 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, a defesa, a segurança e o meio ambiente, para citar apenas algumas áreas. Estima-se que de 4 a 6% do produto interno bruto (PIB) nacional dos países industrializados sejam dedicados aos processos de medição (*National and International Needs in Metrology*, BIPM), junho de 1998.

Nos últimos anos, a importância da metrologia no Brasil e no mundo cresceu significativamente em razão, principalmente, de fatores como:

- i. a elevada complexidade e sofisticação dos modernos processos industriais, intensivos em tecnologia e comprometidos com a qualidade e a competitividade, requerendo medições de alta exatidão para um grande número de grandezas;
- ii. a busca constante por inovação, como exigência permanente e crescente do setor produtivo do País, para competitividade, propiciando o desenvolvimento de novos e melhores processos e produtos;
- iii. Novos produtos e metodologias de produção, voltados principalmente, para a saúde, segurança e meio ambiente, requerem medidas confiáveis em novas e complexas áreas, especialmente no campo da química, saúde, materiais, biologia e nanometrologia;
- iv. a globalização nas relações comerciais e nos sistemas produtivos potencializam a demanda por metrologia, em virtude da grande necessidade de harmonização nas

relações de troca, atualmente muito mais complexas, e envolvendo um grande número de grandezas a serem medidas, com incertezas cada vez menores a fim de superar as barreiras técnicas ao comércio;

- v. no Brasil, especificamente, a criação das Agências Reguladoras intensificou a demanda por metrologia em áreas como alta tensão elétrica, telecomunicações, grandes vazões e grandes volumes de fluidos;
- vi. a preocupação com a sustentabilidade, o aquecimento global, a produção de alimentos, a qualidade de bioprodutos, biofármacos e terapia celular, fontes e vetores de produção de energia;
- vii. desenvolvimento das atividades espaciais e as demandas das áreas de defesa e segurança.

A expansão da metrologia e sua importância foram geradas a partir do desenvolvimento em áreas estratégicas, como a metrologia química, a metrologia de materiais, a metrologia em tecnologia da informação e comunicação (TIC), a nanometrologia, a metrologia quântica, a metrologia na área de frequência, a metrologia para a biologia e a metrologia no campo da saúde, que exigem uma ininterrupta evolução e mudanças estruturais do sistema metrológico, tanto no nível nacional, como no internacional.

Para a inserção do País na nova economia é fundamental que a metrologia brasileira, através de seu Instituto Nacional de Metrologia (INM) tenha um papel destacado em fóruns nacionais e internacionais e em Acordos de Cooperação Técnica, Científica e Tecnológica, tendo capacidade de dar e receber suporte dos ministérios da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, das Relações Exteriores e Ciência, Tecnologia, Inovação e comunicação, em atividades relacionadas com Metrologia e Avaliação da Conformidade.

O Inmetro, conforme será detalhado mais adiante, além das atividades de suporte ao comércio exterior que envolvem questões de regulamentação técnica, normalização e procedimentos de avaliação da conformidade, atua na pesquisa, no desenvolvimento e na inovação em metrologia, além de oferecer um conjunto de serviços de intercâmbio e de Cooperação Técnica Internacional. Celebra acordos de cooperação com institutos de pesquisa, universidades, centros de tecnologia e qualidade, órgãos governamentais e institutos congêneres estrangeiros, com vistas a fortalecer a metrologia nacional, e, conseqüentemente, apoiar o comércio internacional do País através do intercâmbio de experiências e demais atividades de assistência técnica.

3. 3. ESTRUTURA BÁSICA PARA A ORGANIZAÇÃO DA METROLOGIA

O contínuo desenvolvimento científico e tecnológico da metrologia e sua inserção na economia e no cotidiano da população têm levado a uma permanente evolução no escopo e na organização da atividade metrológica.

Uma visão global da metrologia nas grandes economias do mundo permite identificar uma estrutura básica com quatro componentes principais:

- i. sistema de controle metrológico de caráter compulsório, em áreas sujeitas à regulamentação do Estado - a metrologia legal;
- ii. laboratórios de calibração e de ensaios, sejam estas entidades privadas ou públicas, de

elevada capilaridade, estabelecidos em função das necessidades do mercado, no que se refere aos serviços requisitados pelos diversos setores da economia, das demandas sociais e do Estado. Em qualquer dos casos, eles devem operar dentro de regras que assegurem sua credibilidade, sua qualidade e garantam as condições de disponibilidade, de concorrência e os direitos do cliente final;

- iii. 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 metrológicos nacionais e pela gestão e operação das funções estratégicas inerentes ao topo da cadeia de rastreabilidade no País;
- iv. forte articulação internacional por intermédio dos organismos internacionais e regionais, como o Sistema Interamericano de Metrologia (SIM), nas Américas, do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) e do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM).

A metrologia é a ciência das medições e a única que é baseada em um tratado internacional, a Convenção do Metro, de 1875. É por meio do Bureau Internacional de Pesos e Medidas, responsável pela guarda e manutenção dos padrões metrológicos e, ainda, da realização e disseminação¹ das unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades (SI)² e sua harmonização em nível mundial, que se estruturam os “Institutos Nacionais de Metrologia (INMs)” de cada país. O BIPM tem, dentre as suas atribuições, a realização de comparações-chaves e a organização de encontros científicos para identificar futuros desenvolvimentos de sistemas de medições necessários para a indústria, ciência e para a sociedade. Esse trabalho conjunto com os INM, por sua vez, requer elevado conhecimento científico e tecnológico, além de reconhecimento internacional, o que implica em permanente atividade de pesquisa científica e tecnológica.

A globalização tem exigido um grande esforço de reestruturação da metrologia, deflagrando um forte movimento de articulação do BIPM e dos institutos nacionais de metrologia, nos diferentes países, dentro de estruturas regionais, sub-regionais e internacionais.

O Brasil está inserido significativamente nesse esforço internacional por meio da atuação do Inmetro, que participa ativamente de diversas instâncias institucionais, como o Sistema Interamericano de Metrologia (SIM), o BIPM, a Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) e a Confederação Internacional de Metrologia (IMEKO), destacando-se em diversas atividades no campo de atuação dessas organizações, como os comitês técnicos e científicos e os programas de comparações-chave, dentro do Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA) do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM/BIPM)³. O MRA estabelece procedimentos que permitem comparar a capacidade de medições dos países, criando mecanismos de aceitação internacional destas medições, constituindo-se em um instrumento fundamental para o comércio internacional.

No plano interno, o Inmetro está consolidando atividades e laboratórios para metrologia nas áreas de ciências da vida, vazão, TIC, nanometrologia, metrologia quântica e metrologia na área de frequência, bem como adquirindo equipamentos modernos nas áreas mais tradicionais, permitindo a padronização de novas grandezas, a redução de incertezas de medição e a ampliação das faixas de medição.

¹ Basicamente, a disseminação é o processo de provimento de rastreabilidade a um grande número de usuários, via uma cadeia metrológica.

² Sistema Internacional de Unidades (SI).

³ Documento assinado em 14/10/1999 (ver página do BIPM na internet).

O Inmetro, em conformidade com as políticas do governo e as diretrizes traçadas nesse novo documento, apto a responder às novas demandas metrológicas e pronto para tomar as ações necessárias para atendê-las.

4. 4. ATUAL SITUAÇÃO DA METROLOGIA BRASILEIRA

Em razão da importância estratégica da metrologia, tem sido observado, em países desenvolvidos, forte grau de planejamento e coordenação de atividades, por parte do Estado, principalmente em relação ao Instituto Nacional de Metrologia.

Dentro desse contexto, o Inmetro foi estruturado com várias funções: instituto nacional de metrologia, responsável pelos padrões metrológicos nacionais; órgão responsável pela metrologia legal no País; organismo de acreditação; órgão articulador e estruturador de ações de avaliação da conformidade. Em casos especiais, de acordo com procedimentos internacionais, o Inmetro pode designar outras instituições como responsáveis por determinados padrões nacionais (laboratório designado). No Brasil são laboratórios designados o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, LNMRI/IRD, e o Laboratório Primário de Tempo e Frequência da Divisão Serviço da Hora, do Observatório Nacional, LPTF/DSHO/ON.

O usuário de metrologia no Brasil, à semelhança do que ocorre nos países desenvolvidos, dispõe de várias rotas para obter rastreabilidade para as suas medições. A forma mais recomendada e aceita internacionalmente é realizar calibração ou ensaios em laboratórios acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre)/Inmetro, organismo de acreditação de organismos de avaliação da conformidade reconhecido pelo Governo Brasileiro, ou por um organismo de acreditação similar internacional, os quais darão ao usuário à necessária rastreabilidade, com alta confiabilidade, assegurada por um sistema de acreditação reconhecido internacionalmente.

O laboratório acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação tem, em primeiro lugar, estabelecida a rastreabilidade de seus instrumentos e padrões de medição aos padrões nacionais de referência metrológica existentes no próprio Inmetro. O Instituto participa de comparações-chave, coordenadas pelo BIPM e regionais no âmbito do Sistema Interamericano de Metrologia (SIM). Através dessas comparações é alcançada a equivalência internacional entre os padrões dos Institutos Nacionais de Metrologia (INM), que garantem a rastreabilidade das medições mundialmente.

Obviamente, se o Inmetro não dispuser de um determinado padrão ou serviço, o laboratório por ele acreditado pode obter rastreabilidade junto ao Instituto Nacional de Metrologia (INM) de outro país, ou mesmo a um laboratório acreditado desse outro país que lhe dê a requerida rastreabilidade ao Sistema Internacional, conforme as regras do MRA do CIPM/BIPM.

Os laboratórios acreditados no campo da metrologia química e biológica necessitam demonstrar a rastreabilidade através do uso de materiais de referência certificados (MRC). Apesar de reconhecida importância de seu uso, não há MRC em variedade suficiente para atender ao elevado número de substâncias químicas existentes e as diversas matrizes nas quais estas podem estar contidas. A esta dificuldade se soma o custo, muitas vezes elevado, para a aquisição e importação destes materiais e a burocracia, associada ao transporte e à liberação de materiais importados pelas autoridades competentes. Tal panorama promove um quadro nacional de baixa disponibilidade ou de inexistência de MRC, essencial em processos da indústria, na prestação de serviços tecnológicos e nos setores regulatórios.

4.1 Atual situação da metrologia científica e industrial brasileira

O Brasil dispõe de recursos humanos e materiais que lhe concedem uma posição de destaque na metrologia mundial. Todavia, a recente crise econômica tem causado sérias dificuldades ao setor, particularmente nas atividades da Diretoria de Metrologia Científica e Tecnologia (Dimci), do Inmetro, cujas responsabilidades incluem: realizar as unidades de medida, bem como manter e conservar os padrões metrológicos nacionais; prover rastreabilidade metrológica às medições; referenciar os padrões metrológicos nacionais aos internacionais, por meio de comparações-chaves, comparações suplementares, comparações internacionais, comparações regionais; realizar P&D&I em metrologia, e participar dos foros internacionais e regionais relacionados às atividades de metrologia científica e industrial, bem como representar o Brasil no BIPM e em outras instâncias internacionais de metrologia e áreas correlatas. Em decorrência da crise, algumas dessas atividades estão sendo prejudicadas por falta de recursos e investimentos e, como consequência, diversos serviços de calibração e projetos de P&D&I foram suspensos.

Algumas dessas atividades, que não estão sendo realizadas adequadamente, têm reflexos inclusive nas Políticas de Estado, onde a metrologia tem participação ativa, como as políticas de Estado para o comércio exterior; a regulamentação e execução dos programas e atividades relativas ao comércio exterior e a participação em negociações internacionais. Estas atividades têm como marco legal internacional o Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA) do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM). O CIPM tem como tarefa principal garantir a uniformidade, em todo o mundo, das unidades de medida, de forma a harmonizar as relações comerciais internacionais, o que é feito pela ação direta ou submissão de propostas para a Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM).

As decisões tomadas pela CGPM são embasadas tecnicamente pelo CIPM e pelos seus 10 comitês consultivos. O Inmetro tem participação na condição de membro com direito a voto em 6 comitês e como observador em 3, por meio da Dimci e seus pesquisadores. Portanto, a Dimci participa ativamente das questões técnicas que balizam as decisões que afetam todo o comércio mundial. Para chegar a este nível de participação e influência, a metrologia científica e industrial necessitou e precisa demonstrar continuamente excelente competência técnica e científica, provendo evidências objetivas que suportem as suas capacidades de medição e calibração. No processo de reconhecimento internacional dessa capacidade de medição é considerada a excelência científica do Instituto através da comprovação da sua participação ativa em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), publicações de artigos científicos e os relatórios de avaliações técnicas e do sistema de gestão da qualidade realizadas por especialistas internacionais.

As ações resultantes dos documentos anteriores, com as Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira, permitiram aumentar a competência técnica e a capacidade de medição do Inmetro, e conseqüentemente para toda a metrologia nacional, contribuindo para que o Brasil alcançasse uma posição de destaque no cenário metrológico mundial. Contudo, a redução dos investimentos no Inmetro, com conseqüências significativas nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e medição pode afetar este cenário, após anos de esforços despendidos para o alcance da condição atual.

Em âmbito nacional, no que diz respeito às relações de consumo, o Inmetro mantém ou é responsável pelo suporte de uma vasta rede de laboratórios e órgão delegados, que têm a finalidade de exercer o controle metrológico legal, incluindo verificações e fiscalização dos

instrumentos de medição usados nas transações comerciais. Esta atividade demanda uma cadeia de rastreabilidade ao sistema internacional de unidades (SI). A rastreabilidade metrológica somente pode ser garantida com uma apropriada base metrológica nacional. Esta prática está entre as atividades da metrologia científica, reconhecida como “manutenção dos padrões nacionais”. Entretanto, vale mencionar que a metrologia científica e industrial vai muito além da simples guarda dos padrões metrológicos nacionais. Sem uma constante observância das mais apuradas práticas metrológicas, incluindo o constante aprimoramento de sistemas, métodos e procedimentos de medição, não é possível assegurar que os preceitos metrológicos estão sendo cumpridos.

A possibilidade de que padrões de medição utilizados para as verificações e fiscalizações dos instrumentos de medição não estejam com a sua calibração em dia, ou os técnicos envolvidos nas calibrações não estejam devidamente qualificados, implica grandes riscos de instrumentos com comportamento irregular serem usados como se estivessem adequados ao uso. Isto acarretaria prejuízos à sociedade brasileira, seja na área da saúde, meio ambiente, relações comerciais, etc. Além disso, eventuais multas inadequadamente aplicadas com o uso destes instrumentos, ou taxas de Serviços Metrológicos (Lei no. 9.933/1999) cobradas para conferir se estes instrumentos estão adequados ao uso, podem ser contestadas na justiça, sob a alegação de que seus resultados não são confiáveis. Isto poderia provocar um efeito cascata de desconfiança da sociedade brasileira em relação ao sistema, pondo em risco também a excelente imagem de instituição técnica e científica, da qual legitimamente se beneficia. Afinal, as atividades que o Inmetro executa baseiam-se na confiança e excelência técnica. A legitimidade da arrecadação de todas as unidades operacionais do Inmetro e órgãos delegados está legalmente condicionada à premissa de haver uma rastreabilidade metrológica aos padrões nacionais.

A existência de laboratórios acreditados pressupõe a garantia da manutenção da cadeia de rastreabilidade acessível aos participantes deste esquema. Igualmente, os Organismos de Avaliação da Conformidade (OAC) dependem diretamente de uma cadeia de rastreabilidade devidamente estabelecida. Sem a retomada de investimentos que permitam a manutenção dos serviços, adequação dos laboratórios, contratação de pessoal qualificado e expansão do nosso sistema metrológico, de modo a assegurar a cadeia de rastreabilidade, todo o sistema poderá ficar irremediavelmente comprometido.

Dependendo da disponibilidade dos serviços do Inmetro ou de laboratórios acreditados, indústrias e outros usuários terão que procurar a rastreabilidade de suas medições em laboratórios internacionais, acarretando prejuízos não apenas para estes laboratórios e para a indústria do país, mas também para a balança comercial e a soberania nacional.

4.2. Redes Metrológicas

As Redes Metrológicas são associações civis, de direito privado, sem fins lucrativos, de interesse público, reunindo laboratórios de calibração e de ensaios, com o objetivo de fortalecer a infra-estrutura de laboratórios qualificados para apoiar o sistema produtivo do estado ou região onde atua.

As redes são instituições importantes para apoio à indústria regional e à melhoria da qualidade de laboratórios, bem como para difundir a cultura metrológica, atuando em atividades complementares exercidas pelo Inmetro.

As atividades das redes metrológicas incluem:

- i. desenvolver programas de treinamentos e capacitação;
- ii. disponibilizar bancos de dados sobre serviços metrológicos;
- iii. cadastrar consultores em metrologia para assessoria técnica;
- iv. instalar comitês técnicos;
- v. representar interesses dos laboratórios e comunidade metrológica;
- vi. contribuir para o desenvolvimento das Redes Brasileiras de Laboratórios de Ensaios e de Calibração.

Essas atividades, desempenhadas com seriedade e competência, são válidas e importantes para o desenvolvimento qualitativo da indústria nacional. No entanto, o processo oficial de acreditação de laboratórios é e continuará sendo da exclusiva competência do Inmetro.

5. 5. O INMETRO COMO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA DO BRASIL

5.1. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro

O Inmetro, instituição de direito público vinculada ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), é o órgão responsável pela execução da política metrológica nacional e responsável também pela gestão e operação das funções estratégicas inerentes ao seu escopo de atuação. Sua missão é

Prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, por meio da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País.

A Lei nº 12.545, de 14 de dezembro de 2011, reformulou as atribuições do Inmetro, que passou a se chamar Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Com a iniciativa, foi possível melhorar a atuação do órgão no apoio à inovação do setor produtivo e aprimorar o controle da qualidade de produtos estrangeiros que por ventura não atendam a requisitos técnicos estabelecidos.

Entre as funções do Inmetro definidas na nova lei estão a de planejar e executar atividades de pesquisa, ensino e desenvolvimento científico e tecnológico em metrologia, avaliação da conformidade e áreas afins; conceder bolsas de pesquisa científica e tecnológica para o desenvolvimento de tecnologia, de produto ou de processo, de caráter contínuo, diretamente ou por intermédio de parceria com instituições públicas ou privadas; exercer poder de polícia administrativa, expedindo regulamentos técnicos nas áreas de avaliação da conformidade de produtos, insumos e serviços, desde que não constituam objeto da competência de outros órgãos ou entidades da administração pública federal; executar, coordenar e supervisionar as atividades de metrologia legal e de avaliação da conformidade compulsória por ele regulamentadas ou exercidas por competência que lhe seja delegada; atuar como organismo de acreditação oficial de organismos de avaliação da conformidade; registrar objetos sujeitos

a avaliação da conformidade compulsória, no âmbito de sua competência; prestar serviços de transferência tecnológica e de cooperação técnica voltados à inovação e à pesquisa científica e tecnológica em metrologia, avaliação da conformidade e áreas afins; prestar serviços visando ao fortalecimento técnico e à promoção da inovação nas empresas nacionais; produzir e alienar materiais de referência, padrões metrológicos e outros produtos relacionados; realizar contribuições a entidades estrangeiras congêneres, cujos interesses estejam amparados em acordos firmados entre si ou entre os respectivos países, como uma única ação; designar entidades públicas ou privadas para a execução de atividades de caráter técnico nas áreas de metrologia legal e de avaliação da conformidade, no âmbito de sua competência regulamentadora; atuar como órgão oficial de monitoramento da conformidade aos princípios das boas práticas de laboratório; estabelecer parcerias com entidades de ensino para a formação e especialização profissional nas áreas de sua atuação, inclusive para programas de residência técnica; anuir no processo de importação de produtos por ele regulamentados que estejam sujeitos a regime de licenciamento não automático ou a outras medidas de controle administrativo prévio ao despacho para consumo; e representar o País em foros regionais, nacionais e internacionais sobre avaliação da conformidade.

5.2. Contexto e Significado dos Institutos Nacionais de Metrologia

Conforme se observa da experiência das nações mais desenvolvidas, os Institutos Nacionais de Metrologia (INM) não se limitam a laboratórios de metrologia primária, prestadores de serviços – embora não possam deixar de sê-los. Assim, esses Institutos atuam como instrumento fundamental de políticas públicas, principalmente nas áreas de indústria e comércio exterior, ciência e tecnologia, saúde, meio ambiente e defesa da cidadania, estando comprometidos direta e proativamente com o desenvolvimento e a competitividade das indústrias de seus países, bem como com a defesa de outros interesses nacionais.

Para isto é necessário um INM robusto, competente, e cientificamente forte, constituindo-se num locus do conhecimento metrológico e de credibilidade, baseados na excelência em ciência e tecnologia. O Inmetro, por ter reconhecidamente todas essas qualidades, assegura o reconhecimento internacional da metrologia brasileira.

Portanto, além das questões científicas e tecnológicas fundamentais e inerentes aos seus propósitos, os institutos nacionais de metrologia nos países desenvolvidos têm tido necessidade cada vez maior de dispor de:

- i. visão prospectiva e abrangente sobre os fatores socioeconômicos e científicos, e de seus reflexos sobre a metrologia em si, e dela na sociedade;
- ii. alta capacitação para a pesquisa científica e tecnológica visando à inovação industrial;
- iii. vinculação forte com as políticas governamentais, sobretudo aquelas relativas à indústria, ciência e tecnologia, exportação, saúde, meio ambiente e defesa da cidadania;
- iv. parcerias intensas e amplas com o setor produtivo;
- v. capacidade para o monitoramento e a supervisão das ações metrológicas nacionais;
- vi. mecanismos, políticas e ações de ampliação de sua inserção internacional.

A metrologia extrapola, portanto, os limites convencionais do laboratório, ao mesmo tempo em que aprofunda suas raízes científicas e se insere na política industrial como um importante instrumento. Embora esse cenário seja recente em alguns países, naqueles mais desenvolvidos, como Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha, grande parte desses atributos já estava presente, desde a criação de seus institutos nacionais de metrologia, há mais de cem anos.

5.3. O Inmetro nas Diretrizes Estratégicas

O Inmetro é um instrumento de Estado que tem um papel central na formulação, coordenação e execução das ações relacionadas a todos os aspectos dos processos metrológicos, conforme estabelecido na Lei nº 5.966, de 11/12/1973 que criou o Sinmetro, o Conmetro e o Inmetro, este, com atribuição de órgão executivo do Sistema.

No desempenho de suas atribuições o Inmetro pauta sua atuação na busca contínua pela excelência e tem como missão: “prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, por meio da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País”.

Para sustentar o nível de excelência da instituição é imperativo manter o Inmetro no mesmo padrão de seus melhores congêneres estrangeiros, através da implementação das condições institucionais e organizacionais requeridas, bem como promover continuamente o acesso à tecnologia de vanguarda e organizar programas efetivos de absorção e geração de tecnologia, tendo em vista o desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas de ponta em metrologia e domínios associados. Especial atenção deve ser dada à sua solidez e excelência institucionais.

Dentro do objetivo de dar continuidade, ampliar e modernizar as suas atividades, recomenda-se as seguintes Diretrizes Estratégicas para o exercício pleno das funções de INM, pelo Inmetro:

- i. fortalecer e expandir as áreas de atuação e competências do Inmetro;
- ii. recuperar e manter a infraestrutura tecnológica, física e logística do Inmetro, de natureza específica e demandante intensiva de recursos, de modo que possa exercer suas competências em capacidade plena;
- iii. intensificar o intercâmbio e a Cooperação Técnica Internacional, por meio de celebração de acordos internacionais com institutos congêneres estrangeiros, visando fortalecer o comércio internacional do País e, ainda, promovendo uma participação mais ativa nos processos internacionais relacionados com a metrologia;
- iv. intensificar e ampliar as relações e parcerias com as agências e órgãos reguladores, com vistas ao atendimento às novas demandas e ao financiamento de pesquisas científicas e tecnológicas, no domínio da metrologia, consistentes com suas necessidades e interesses;
- v. ampliar e fortalecer a interação com as universidades, redes metrológicas estaduais, institutos de pesquisa, organizações, sociedades e associações técnicas e metrológicas

em geral, ampliando o escopo de atuação e o conhecimento da sociedade sobre as atividades do Inmetro;

- vi. fortalecer e ampliar a interação com o setor produtivo através de seminários, painéis setoriais, encontros, congressos e workshops, com vistas a manter permanentemente atualizada a identificação das necessidades setoriais;
- vii. fortalecer e ampliar a inserção internacional do Instituto por meio de participação de comitês técnicos, comitês científicos e organização de fóruns internacionais em metrologia e áreas conexas;
- viii. apoiar, fortalecer e estimular projetos inovadores na área de metrologia, em especial de instrumentos, métodos e sistemas de medição, bem como as ações de inovação e de desenvolvimento tecnológico do setor produtivo brasileiro, inclusive para as ciências da vida;
- ix. operacionalizar a planta piloto de escalonamento de bioprocessos fermentativos e planta piloto de escalonamento de fármacos, apoiando a iniciativa nacional na transição da escala em processos de fermentação e de síntese orgânica;
- x. ampliar a integração, modernizar e aprimorar a gestão da Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade - Inmetro (RBMLQ-I), com foco em eficiência, eficácia, excelência e efetividade;
- xi. consolidar-se como polo de conhecimento, com excelência em pesquisa, desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação;
- xii. implantar um programa de gestão de riscos, aperfeiçoar a gestão orientada por processos, com foco na integração e colaboração interna, aperfeiçoar as práticas que envolvem a excelência na gestão;
- xiii. ampliar a disseminação de informações acerca dos princípios da metrologia, incluindo a publicação de materiais técnicos e informativos sobre metrologia e estimular a participação de técnicos de metrologia, inclusive dos órgãos estaduais e das redes metrológicas estaduais na elaboração de normas e regulamentos técnicos;
- xiv. formar e capacitar recursos humanos, consolidando o mestrado profissional e apoiando a implantação do mestrado e doutorado acadêmico nas diversas áreas da metrologia. Consolidar os cursos técnicos profissionalizantes em metrologia e biotecnologia, com vistas ao desenvolvimento de recursos humanos qualificados para atender à demanda da indústria, entre outros, em consonância com o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec);
- xv. implantar o centro de tecnologia automotiva e a divisão de ensaios de produtos, responsável por ensaios de produtos ampliando as atividades executadas pelo Inmetro e permitindo atender, de forma mais efetiva e permanente, às demandas da sociedade;
- xvi. apoiar e ampliar a integração com as Redes Metrológicas Estaduais para os processos de capacitação de recursos humanos em metrologia e ensaios de proficiência, incluindo, quando pertinente, apoio às atividades inerentes ao controle metrológico

legal desenvolvidas pelos órgãos delegados pertencentes à RBMLQ-I;

- xvii. apoiar o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da tecnologia assistencial de produtos, processos e serviços, incluindo próteses, materiais de implantes e calibração de equipamentos usados em exames, que contribuam para a melhoria da qualidade de vida, prevenção, redução ou eliminação de dificuldades enfrentadas pelos cidadãos.

6. A METROLOGIA PARA ÁREAS ESTRATÉGICAS ESPECÍFICAS

6.1. Metrologia na Área Nuclear

A utilização das radiações ionizantes e da radioatividade vem, cada vez mais, ocupando um largo espaço em diferentes campos da atividade humana. As aplicações industriais e na área da saúde têm-se destacado nas últimas décadas. O avanço tecnológico leva a uma busca contínua de inovações nos equipamentos e técnicas de medição. Neste contexto, a metrologia das radiações ionizantes passa a ocupar um lugar de destaque.

Em nosso País as atividades relacionadas a essa área são desenvolvidas pelo Inmetro, em parceria com um de seus laboratórios designados, o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN), designado em 2002 mediante um Termo de Designação celebrado entre o Inmetro e o IRD. O LNMRI tem como missão desenvolver, manter e disseminar os padrões nacionais para radiações ionizantes e radioatividade. O laboratório desenvolve pesquisa para a manutenção de métodos primários e padrões na área de radiações ionizantes no sentido de atender às necessidades nacionais de calibração e de padrões, de forma a cobrir todas as aplicações da radiação ionizante e da radioatividade, na indústria, comércio exterior, saúde, meio ambiente, segurança interna e defesa, em estreita colaboração com os usuários e a comunidade.

O LNMRI opera também um laboratório de pesquisa em metrologia de radionuclídeos para o desenvolvimento e fornecimento de Materiais de Referência Radioativos Certificados. Esses materiais de referência nucleares são indispensáveis para uma avaliação confiável da atividade de um radionuclídeo em amostras ambientais e de alimentos. O acompanhamento e a verificação contínua da quantidade de radioatividade em amostras de ar, da água, do solo e dos alimentos são de importância fundamental para manter níveis adequados de segurança. Em 1997 o LNMRI iniciou um programa de garantia da qualidade na medição de atividade de radionuclídeos (em radiofármacos) nos serviços de Medicina Nuclear (SMN) brasileiros. Foi promovida a melhoria da qualidade da medição nos SMN e retirados de circulação equipamentos inadequados para esta finalidade. O desdobramento deste programa, em conjunto com as regulamentações adotadas da RESOLUÇÃO-RDC Nº 63, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2009 da ANVISA, que dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Radiofármacos, desdobrou-se num programa de provimento de rastreabilidade aos produtores de radiofármacos dos Institutos de Pesquisa da CNEN (IPEN, IEN, CDTN e CRCN) como etapa piloto. Com a consolidação desta etapa, o LNMRI está capacitado a atender à demanda relativa aos centros privados de produção de radiofármacos que se consolidaram a partir da Emenda Constitucional 49, de 8 de fevereiro de 2006, que excluiu o monopólio da União na produção, comercialização e utilização de radioisótopos de meia-vida curta para usos médicos, agrícolas e industriais. A fim de promover o aumento da capacidade de pesquisa, produção e disseminação de materiais de referência para área da radioatividade, o montante

dos investimentos deve ser melhorado e ampliado. Isso garantirá a rastreabilidade dos valores de referência nas comparações internacionais e nas medições realizadas em nosso País.

i. 6.1.1. Diretrizes Estratégicas

- i. consolidar a estrutura metrológica para atender ao desenvolvimento tecnológico e científico em nosso País nas aplicações da radiação ionizante e da energia nuclear, nas áreas de: saúde, indústria, comércio exterior, energia, ciclo do combustível nuclear, pesquisa, meio ambiente, segurança interna, proteção radiológica do trabalhador e população em geral;
- ii. desenvolver pesquisa científica e tecnológica com o objetivo de expandir os conhecimentos da instituição e assegurar excelência em seu campo de atuação, visando à maior confiabilidade metrológica e menores incertezas de medição.
- iii. fomentar o desenvolvimento de parcerias estratégicas nos níveis nacional e internacional;
- iv. desenvolver programas que objetivem estabelecer a padronização primária das grandezas de interesse do setor radiológico e nuclear;
- v. apoiar as atividades de acreditação do Inmetro no que diz respeito às aplicações da energia nuclear e das radiações ionizantes.
- vi. prover rastreabilidade para os serviços de monitoração individual para nêutrons no Brasil;
- vii. consolidar um programa de rastreabilidade aos serviços de medicina nuclear, radiofarmácias e centros produtores de radiofármacos públicos e privados;
- viii. participar de programas de comparação interlaboratorial, nacional, regional e internacional bem como de comparações-chave, coordenados pelo BIPM;
- ix. promover programas de comparação interlaboratorial, nacional e regional;
- x. desenvolver esforços para que as atividades da Metrologia das Radiações Ionizantes não sofram descontinuidades.

6.2. Metrologia de Tempo e Frequência

ii. 6.2.1. Referência em Tempo e Frequência no Inmetro

A metrologia de tempo e frequência foi sempre muito importante para várias áreas científicas e tecnológicas, sendo hoje verdadeiramente imprescindível em várias dessas áreas. Por conta da capacidade de medição que se desenvolveu nesse campo, com incertezas relativas sendo expressas corriqueiramente como 10^{-14} ou 10^{-16} , tornou-se possível o desenvolvimento de vários setores estratégicos para o mundo contemporâneo. Como exemplos podem-se citar a sincronização de redes de informação, origem da internet atual, e o sistema de posicionamento global (GPS), possibilitada pelo uso de relógios atômicos ultra precisos a bordo de satélites

espaciais.

Desde meados do século passado, práticas metrológicas de alta exatidão, desenvolvidas dentro do arcabouço de conhecimento das áreas de mecânica quântica e de mecânica relativística, têm sido usadas cada vez mais extensivamente para o desenvolvimento de referências metrológicas. A ciência da medição baseia-se fortemente nas definições das grandezas e unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI), existindo um esforço internacional para que, já em 2018, as definições das unidades de massa, corrente elétrica, temperatura termodinâmica e quantidade de substância sejam baseadas em constantes quânticas fundamentais, invariantes da natureza, o que já acontece nas áreas de tempo e frequência e de comprimento.

Esse novo SI, consistentemente quântico e relativístico, pretende tornar as realizações práticas das grandezas mais independentes de artefatos materializados, como o protótipo internacional do quilograma. No entanto, devido aos fundamentos básicos de ciência e de metrologia relacionados às constantes da natureza, as realizações práticas dessas grandezas ficam dependentes do desenvolvimento da Metrologia de Tempo e Frequência, principalmente devido às correlações que forçosamente se estabelecerão entre as várias unidades. A partir da padronização de tempo e frequência será possível oferecer uma frequência estável que possa ser usada como referência metrológica para a realização das outras grandezas do SI, como, por exemplo, a realização prática das unidades de comprimento, de corrente elétrica, de temperatura termodinâmica, de intensidade luminosa e de massa, bem como ainda a reprodução de grandezas como tensão e resistência elétrica.

Dadas essas perspectivas promissoras e as necessidades associadas, o Inmetro optou pela implantação de um laboratório primário de tempo e frequência no Campus de Xerém, para que essa área possa fomentar as interações necessárias para atender a essas futuras revisões do SI, criando uma base adequada e eficiente que dê suporte ao desenvolvimento de tecnologias industriais inovadoras e de sistemas infraestruturais de suporte ao desenvolvimento nacional (sistemas bancário, de internet, de controle de voo, etc).

Com o advento da era espacial, na década de 60, e da era da informação, na década de 70, a velocidade das transformações e mudanças de processos se intensificou, dando origem a uma rápida automação, com a inclusão de novas formas de produção em vários setores nos quais os serviços de posicionamento, navegação e sincronização de tempo são cruciais. Esses serviços se consubstanciaram como infraestrutura crítica para a sociedade, tais como os serviços de controle dos processos de sincronização de linhas de produção industrial, sincronização em redes de energia elétrica e telecomunicações, posicionamento e navegação para os setores de transporte de passageiros e de carga e a sincronização de operações financeiras e comerciais. Dada a importância desses setores econômicos e industriais, a Metrologia de Tempo e Frequência tornou-se uma área altamente estratégica, sendo frequentemente requisitada para o desenvolvimento de sempre novos serviços e aplicações. Por exemplo, a difusão do uso de GPS em celulares e sistemas de telecomunicações traz o desafio metrológico de oferecer rastreabilidade para as medições de posicionamento e navegação realizadas em tempo real, bem como garantir a confiança na sincronização de operações financeiras e bancárias nacionais e globais, e as devidas precedências nas transações comerciais de commodities e de bolsas de valores. A partir dessas demandas por precisão, rastreabilidade e confiabilidade na disseminação de sinais metrológicos, o Inmetro criou, em 2008, uma Divisão de Metrologia em Telecomunicações e, em 2010, um Laboratório Primário de Tempo e Frequência. Em 2015 essa divisão passou a se chamar

Divisão de Metrologia em Tecnologia da Informação e Telecomunicações (Dmtic). Sua Missão é estar apta a atender a todas as demandas que se mostrarem pertinentes, e proceder a todas as atividades necessárias para o pleno desenvolvimento dessa área metrológica.

Atualmente a Divisão de Metrologia em Tecnologia da Informação e Telecomunicações tem competência para atuar na realização prática das grandezas tempo e frequência, bem como na manutenção e conservação de uma escala de tempo no Campus de Xerém, que é uma reprodução da grandeza tempo, cuja determinação está a cargo do BIPM. Mesmo com o desenvolvimento dessas atividades inovadoras na área de metrologia o Inmetro manteve a tradicional designação para a Divisão Serviço da Hora do Observatório Nacional, para que esse atuasse em apoio à missão do Inmetro de manutenção das referências nacionais e pudesse atender à demanda já existente no País.

6.2.1.1. Diretrizes Estratégicas

i- Implantação, na Dimci, do Chafariz de Césio desenvolvido no Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da Universidade de São Paulo (USP) como realização prática da grandeza segundo. Esse processo se insere no acordo de cooperação que já vigora entre USP e Inmetro;

ii- desenvolvimento dos processos necessários para a garantia de rastreabilidade remota de padrões de frequência e relógios utilizando as constelações do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), usando os métodos P3 e PPP, possibilitando a acreditação de laboratórios nesta área pela CGCRE;

iii- desenvolvimento e implantação de enlaces locais de fibra óptica para transmissão de sinais de tempo e frequência no Inmetro;

iv- iniciar implantação de um sistema TWSTFT de disseminação de sinais padronizados de tempo e frequência, por satélite geo-estacionário, entre o Inmetro e o Ministério da Defesa, para usuários civis e militares, com forte ênfase em segurança cibernética.

v- implantação de um protótipo de estação eLoran para disseminação de sinais de tempo e frequência por radiodifusão em ondas longas (100 kHz);

iii. 6.2.2. Referência em Tempo e Frequência no Observatório Nacional (ON)

As atividades da Divisão Serviço da Hora (DSHO) do ON remontam à criação do Imperial Observatório Nacional do Rio de Janeiro, em 1827. A determinação da Hora através de observações astronômicas, sua conservação através de pêndulas, e sua disseminação através da subida de um balão em um determinado instante, na época, já era uma atividade que nos dias de hoje denomina-se metrologia do tempo e da frequência. Com a Lei no 2.784, de 18 de junho de 1913, regulamentada pelo Decreto no 10.546, de 05 de novembro de 1913, ficou instituída a Hora Legal Brasileira (HLB). Assim, o Serviço da Hora do ON passa a ter legalmente como missão a geração, conservação e disseminação da Hora Legal e Científica para todo o Brasil. O Decreto no 4264 de 10 de junho de 2002, restabelece o regulamento da Lei no 2.784, de 18 de junho de 1913, e dá outras providências. Desde o estabelecimento da Hora Legal Brasileira o Observatório Nacional através da DISHO diuturnamente e ininterruptamente vem cumprindo esta nobre missão.

Desde 1983, por convênios celebrados com o Inmetro e renovados há vários anos, o ON pela sua Divisão Serviço da Hora (DSHO), assumiu a padronização de referência metrológica do Brasil, no campo da metrologia do tempo e frequência, em apoio à missão do Inmetro.

Em 2002 o Inmetro e o ON, conforme estabelecido pela Resolução n.º 3, de 23/07/2002, do Conmetro, celebram um Termo de Designação onde a DSHO passa a atuar como Laboratório Designado para exercer as atividades de metrologia científica e industrial, na área de tempo e frequência e referência metrológica.

A missão da DSHO é gerar, conservar e disseminar a HLB para todo o território nacional, abrangendo instituições públicas ou privadas de acordo com a regulamentação definida na Lei. Manter um conjunto de relógios atômicos em funcionamento contínuo que são utilizados para gerar a HLB. Realizar pesquisa e desenvolvimento em metrologia de tempo e frequência para aperfeiçoamento contínuo da HLB. Atender os requisitos do termo de designação do Inmetro mantendo o seu Sistema da Qualidade reconhecido internacionalmente como requisito para prestação de serviços de calibração, em atendimento ao Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA).

6.2.2.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Ampliar a infraestrutura instrumental do Laboratório Primário de Tempo e Frequência (LPTF) da Divisão Serviço da Hora do ON;
- ii. aperfeiçoar a disseminação para todo o Brasil de sinais horários e frequência padrão, através de radiodifusão;
- iii. aumentar o número de relógios atômicos em funcionamento e que contribuam para o estabelecimento do Tempo Atômico Internacional;
- iv. capacitar o LPTF da DSHO para realizar medições de ruído de fase em 110 GHz;
- v. estabelecer metrologia em ruído de fase;
- vi. aperfeiçoar a Escala de Tempo Atômico Brasileira TA (ONRJ);
- vii. implantar calibração contínua e remota de relógios atômicos dos laboratórios acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (CGCRE), do Inmetro, em tempo e frequência;
- viii. aperfeiçoar a rastreabilidade contínua e remota de relógios atômicos mantidos em instituições públicas ou privadas à Hora Legal Brasileira;
- ix. desenvolver o Padrão Primário de Frequência;
- x. aumentar a interação com Laboratórios Nacionais de Tempo e Frequência dos países da América do Sul, Central e do Norte;

- xi. ampliar a capacidade de geração de frequência até 500 GHz;
- xii. aperfeiçoar a rastreabilidade com o BIPM dos padrões nacionais de tempo e frequência.

iv. 6.2.3. Referência em Tempo e Frequência na Universidade de São Paulo
- Campus de São Carlos

v.

O Laboratório de Referência de Tempo e Espaço da USP em São Carlos é uma iniciativa conjunta de professores de dois grupos de pesquisa da Universidade, o Grupo de Óptica do Instituto de Física de São Carlos e o Laboratório de Mecatrônica da Escola de Engenharia de São Carlos. Ambos os grupos têm demonstrado ao longo dos anos uma excelente capacidade na área de tempo e frequência bem como nas áreas de óptica, física atômica, instrumentação e controle, sem falar de outras atividades relacionadas à robótica e automação.

As atividades de pesquisa e desenvolvimento estão na vanguarda do conhecimento e os grupos envolvidos têm, continuamente, se preocupado com a necessidade de levar os resultados de pesquisas no estado da arte a aplicações que sejam úteis à sociedade e ao País. Nesse contexto, a implantação de referenciais atômicos de tempo e frequência é extremamente atual e estratégica. Isso porque tem aplicação nas bases de pesquisa fundamental, mas também na capacidade de execuções de vários sistemas de alta confiabilidade como: telecomunicações, posicionamento e certificação de instrumentos.

Por outro lado, temos visto constantemente que o mercado de produtores de tecnologia relacionada à metrologia de tempo e frequência tem-se mantido no domínio de poucas empresas em escala mundial. Não por uma característica de demanda, mas por ser de natureza estratégica e definidora de dependências tecnológicas em diversos segmentos. Nesse sentido, os grupos da USP-São Carlos têm-se engajado no desenvolvimento de padrões atômicos e técnicas de interrogação atômica para estabelecer padrões nacionais de forma competitiva com os melhores grupos e fabricantes do mundo.

Os sistemas em constante desenvolvimento no Laboratório de Referência de Tempo e Espaço são: Chafariz de átomos frios de Cs133, padrão de frequência compacto de átomos frios em expansão, laser ultra-estável de 1550 nm, e pesquisas avançadas em referências ópticas com átomos de Sr (neutros e íons).

Além disso dispõe de infraestrutura e competência técnica para manutenção metrológica de uma escala de tempo no Campus da USP-São Carlos, para distribuir localmente sinais de tempo e frequência padronizados e permitir medições físicas rastreáveis à UTC.

vi.

6.2.3.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Implantar a escala de tempo UTC (LRTE) com operação de chafariz de cézio como padrão primário, formalizando a contribuição para o BIPM, assim como fornecendo apoio para desenvolvimento dos padrões ópticos de frequência;
- ii. desenvolver novos padrões atômicos nacionais para operar de forma intermitente e concomitantemente com dispositivos comerciais;
- iii. padronização óptica com relógios de átomos de estrôncio em apoio à possível

- redefinição do segundo em 2021;
- iv. utilização de lasers ultra estáveis na faixa de telecomunicações para uso de enlaces de infraestrutura para transferência de referência de frequência;
 - v. espectroscopia absoluta nas diferentes frequências ópticas utilizando o sistema de pente de frequências;
 - vi. formação de recursos humanos em tempo e frequência.

6.3. Metrologia Química

As medições químicas exercem um importante papel na sociedade moderna, sendo a base científica fundamental para a tomada de decisões quanto à qualidade dos produtos e abarca diversas áreas, tais como alimentos, saúde, energia, forense, farmacêutica e meio-ambiente.

No Brasil observa-se a necessidade de um aumento imediato na confiabilidade dos resultados das medições químicas, já que o País se projeta como um dos mais importantes protagonistas do comércio mundial nas áreas acima mencionadas.

A experiência do Inmetro em metrologia química e a interação com profissionais do setor nos mais diferentes níveis, envolvendo tanto órgãos públicos, quanto privados, mostram a carência de pessoal e de capacitação profissional com enfoque em metrologia, a quantidade insuficiente de Materiais de Referência (MR), certificados ou não; a quantidade limitada de ensaios de proficiência oferecidos e a dificuldade de manutenção do sistema de gestão da qualidade.

Acredita-se que a necessidade do mercado, para os próximos anos, esteja voltada para os mais diversos segmentos, conforme a amplitude e complexidade da metrologia química. O prognóstico enfatiza a necessidade de atuação da metrologia em rede, coordenada pelo Inmetro, com impactos esperados em: produção e disponibilização de MR reconhecidos e aceitos internacionalmente; aumento na capacidade de atendimento às demandas por MR nas áreas de saúde, forense, alimentos, ambiental, indústria em geral; maior confiabilidade nos resultados das medições; desenvolvimento da capacidade técnica e de gestão dos laboratórios; maior disponibilização de conteúdo ou de publicações relacionadas à metrologia química. É importante ressaltar que a atuação da metrologia em rede, mesmo que coordenada pelo INM, não diminui a necessidade e a importância de se ter uma metrologia química robusta no INM, uma vez que esta é e será a responsável pela disseminação da rastreabilidade metrológica às instituições que compõem a rede e demais que realizam medições químicas no País. Tal disseminação ocorrerá através da disponibilização de materiais de referência certificados e medições em nível primário.

vii. 6.3.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Estabelecer uma política para produção de Materiais de Referência Certificados (MRC), com ênfase nas áreas estratégicas de ponta, como biocombustíveis, saúde, fármacos, análises clínicas, e alimentos e nas demandas do Sistema metrológico brasileiro;

- ii. ampliar a atuação na área de análise de gases, contemplando as questões ambientais, tais como: gases do efeito estufa e as emissões automotivas e industriais, além da implantação da capacidade de medição de concentração de ozônio em nível primário, provendo a rastreabilidade ao SI, dos resultados das medições em gases;
- iii. disponibilizar para a indústria e laboratórios serviços referentes à análise físico química de combustíveis e biocombustíveis, bem como ensaio de motores;
- iv. desenvolver pesquisas na área de eletroquímica utilizando a técnica de voltametria de onda quadrada e pulso diferencial, técnicas que têm potencial de se tornarem métodos primários de medição. Dar continuidade ao desenvolvimento de MRC com baixos valores de condutividade para uso em análise de pureza da água, e determinação da pureza dos MRC por meio do método primário de coulometria;
- v. expandir a área de análise inorgânica, provendo rastreabilidade em análises clínicas, de alimentos, ambiental, química forense, fármacos, medicamentos e em biocombustíveis;
- vi. prover rastreabilidade através da produção de MRC para as análises de metais em equipamentos eletroeletrônicos previstos na diretiva RoHS (*Restriction of Hazard Substances*) da Comunidade Européia;
- vii. atuar na área de análise orgânica provendo rastreabilidade em análises clínicas, análise de alimentos, ambiental, química forense, controle de doping, fármacos, medicamentos e em biocombustíveis;
- viii. desenvolver, produzir e disponibilizar materiais de referência certificados na área de saúde, alimentos, segurança, meio ambiente, energia, forense e segurança ocupacional;
- ix. atuar no Sistema Interamericano de Metrologia para organizar uma rede de Institutos Nacionais de Metrologia para desenvolver MRC na área de alimentos;
- x. fortalecer e ampliar a Rede de Metrologia Química (Remeq-I), consolidando-a como fórum reconhecido nacional e internacionalmente, da articulação e do desenvolvimento de competências para atendimento às demandas existentes;
- xi. desenvolver pesquisa metrológica na área de química verde;
- xii. prover ensaios de proficiência nas áreas de análise orgânica, análise inorgânica, análise de gases, eletroquímica e motores.
- xiii. apoiar questões de regulamentação relacionadas a substâncias potencialmente tóxicas;
- xiv. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas, no âmbito da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

6.4. Medições Dinâmicas

Em todos os setores da indústria, grande parte dos processos de produção e dos ensaios realizados em produtos e amostras de materiais é de natureza dinâmica, ou seja, a grandeza de interesse a ser monitorada apresenta uma alta taxa de variação no tempo ou tem uma alta frequência de excitação. Em diversos campos da metrologia dinâmica, inexitem ou há carência de padrões primários e secundários que ofereçam a rastreabilidade necessária às medições nesses regimes. A calibração puramente estática de transdutores afeta a credibilidade do uso destes em medições dinâmicas, pois os regimes e os ajustes de leitores e instrumentos auxiliares são diferentes, o que gera impedimentos para a acreditação de laboratórios e para o reconhecimento de diversas medições.

A metrologia de grandezas dinâmicas abrange processos de medição em diversas áreas como dinâmica dos fluidos, acústica, vibrações e grandezas mecânicas.

A metrologia de grandezas dinâmicas abrange a medição de grandezas de diversas áreas, incluindo escoamento de fluidos, vazão, umidade relativa, vibração, pressão, força, torque e ultrassom. No caso particular da metrologia em dinâmica de fluidos, esta envolve medições de volume totalizado, de massa totalizada, de vazão volumétrica, de vazão mássica e de velocidade de fluidos monofásicos e multifásicos, em diferentes condições de pressão, de temperatura e de escoamento.

Essas medições têm grande impacto em diversas atividades tais como: no controle de processos industriais; na comercialização de água, bebidas e combustíveis; na cobrança de impostos, como royalties sobre petróleo e gás, na transferência de custódia de petróleo, gás natural e biocombustíveis; na captação e tratamento e distribuição de água de abastecimento; na coleta, no tratamento e devolução ao meio ambiente de efluentes; no monitoramento de dispersão de poluentes atmosféricos; no gerenciamento de recursos hídricos, nos estudos de correntes marítimas e climatológicos.

A metrologia de grandezas mecânicas em regimes dinâmicos como pressão, força e torque também impacta diretamente nas indústrias automotiva, de motores elétricos e de combustão interna, turbinas a gás e hidráulicas, geradores de energia eólica, petróleo e gás; mineração; na área de saúde e segurança; na qualidade, resistência e durabilidade de produtos e equipamentos.

No campo da extração de petróleo em águas profundas por exemplo, as medições de pressão dinâmica respectivas ao processo em si permitem a prevenção de pontos de vazamentos de gás em dutos, minimizando perdas financeiras tanto para o custo do impacto ambiental como também para a manutenção e reparação de dutos.

Os ensaios de fadiga, amplamente utilizados em diversos setores da indústria, aplicam valores de força oscilantes ao corpo de prova ou objeto em teste e estes são medidos através de transdutores de força acoplados no atuador das máquinas geradoras da força dinâmica.

Em eixos de transmissão de potência, como nos geradores de energia elétrica ou nos bancos de ensaios de motores, a medição do torque dinâmico é de fundamental importância para a determinação da potência mecânica gerada.

- i. Ampliar a infraestrutura e os serviços prestados nos laboratórios envolvidos nas medições dinâmicas, para prover a rastreabilidade e ter reconhecimento nacional e internacional neste campo;
- ii. ampliar infraestrutura laboratorial do País para prover rastreabilidade nas medições de transferência de custódia e nas medições fiscais de petróleo e seus derivados, gás natural e biocombustíveis;
- iii. implantar a cadeia de rastreabilidade em medição de velocidade de fluidos;
- iv. implantar sistemas primários de padronização de vazão de gás, vazão de óleo e vazão de fluidos multifásicos no Inmetro;
- v. apoiar a participação nas comparações interlaboratoriais, no nível nacional e internacional;
- vi. desenvolver pesquisas para aumentar a confiabilidade nas medições dinâmicas;
- vii. apoiar e contribuir para o aperfeiçoamento de normas e de regulamentações neste setor;
- viii. ampliar a interação entre os diversos grupos e laboratórios envolvidos em medições dinâmicas, com o intuito de aumentar o fluxo de informações e acelerar o alcance dos objetivos institucionais e do País;
- ix. apoiar e contribuir para o aperfeiçoamento e internalização de normas neste setor, bem como nos programas de avaliação da conformidade de produtos;
- x. identificar eixos possíveis de atuação na busca de alternativas em calibrações de equipamentos, medições específicas, desenvolvimento de pesquisas e troca de conhecimento em medições dinâmicas;
- xi. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas no âmbito da ABNT.

6.5. Metrologia Quântica

ix. 6.5.1. Metrologia Quântica Aplicada à Área de Metrologia Ótica

No contexto das grandezas de base do SI, existe uma ativa discussão em nível mundial acerca da redefinição de algumas unidades, como a candela, relacionada à grandeza intensidade luminosa. Uma das propostas que está sendo discutida é a relação dessa unidade em função do segundo e da constante de Planck, através da contagem de um determinado número de fótons, em um determinado intervalo de tempo. Neste caso, a realização prática das unidades radiométricas e fotométricas seria feita a partir de técnicas de contagem de fótons. Outra questão envolve o desenvolvimento de métodos e dispositivos capazes de fazer a ponte entre as tradicionais medidas de potência ópticas de baixa incerteza e a medição usando a técnica de contagem de fótons. Assim, o estabelecimento de uma nova definição e sua consequente realização dependerá da concepção de um método capaz atingir um valor de incerteza igual ou menor do que aqueles atualmente obtidos por meios tradicionais. Uma técnica que está

sendo desenvolvida e que a Diop/Laraf tem participado por meio do projeto Newstar (*New primary Standards and traceability for radiometry*) no âmbito da European Metrology Research Program EMRP/EURAMET é usar um detector quântico (PQED) como padrão primário para as medidas de potência óptica, por causa da sua baixa incerteza de medição, compatível ou menores do que aquelas alcançadas com o radiômetro criogênico e pelo baixo custo de operação, sem necessidade de uso de He líquido. Essa técnica facilita a disseminação da escala com impacto para radiometria, fotometria e termometria de radiação (radiômetros de filtro), permitindo a construção de detectores primários mais simples e baratos.

6.5.1.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Desenvolver métodos, padrões e sistemas voltados às medições radiométricas baseadas em óptica quântica;
- ii. desenvolver metodologia de medição para prover rastreabilidade na área de potência óptica usando detectores quânticos.

x. 6.5.2. Metrologia Quântica Aplicada à Área de Metrologia Elétrica

Desde a descoberta do Efeito Josephson e do Efeito Hall Quântico, que possibilitaram a criação de um padrão primário de tensão elétrica e um padrão primário de resistência elétrica (respectivamente) ambos baseados em constantes da natureza, a física quântica tornou-se um enfoque essencial da metrologia moderna. A metrologia básica é agora definitivamente uma metrologia (elétrica) quântica, na qual os dispositivos elétricos quânticos e outros fenômenos quânticos têm um papel fundamental e se tornaram ferramentas essenciais para a determinação de constantes fundamentais e para a redefinição de algumas unidades básicas.

As recentes pesquisas para redefinição da unidade de massa com base em fenômenos elétricos quânticos são evidências claras de que a metrologia elétrica quântica está no centro de uma revolução. O Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) está conduzindo a redefinição do Sistema Internacional de Unidades (prevista para 2018), a qual passará a utilizar o efeito Josephson (para a realização da unidade de tensão elétrica) e o efeito Hall Quântico (para a realização da unidade de resistência elétrica). Assim, no futuro breve, a metrologia elétrica quântica estará em uma posição-chave para toda a metrologia e, portanto, é essencial ter metas audaciosas e definidas para esta área.

No Inmetro, estão em andamento pesquisas utilizando sistemas-padrão primário de tensão Josephson Convencional (CJVS) e Programável (PJVS), e sistema-padrão primário de resistência elétrica com base no Efeito Hall Quântico.

6.5.2.1. Diretrizes Estratégicas

- i. consolidar o sistema-padrão primário de tensão Josephson programável (PJVS);
- ii. desenvolver um sistema-padrão primário de tensão Josephson AC (corrente alternada);
- iii. estabelecer um elo entre o sistema-padrão primário de tensão Josephson AC e o

- padrão primário de transferência AC-DC (corrente alternada - corrente contínua) baseado em conversores térmicos a multijunções;
- iv. estabelecer a cadeia de rastreabilidade de tensão alternada a partir do sistema-padrão primário de tensão Josephson programável (PJVS);
 - v. estabelecer a cadeia de rastreabilidade da unidade de potência elétrica alternada (watt) baseado no sistema-padrão primário de tensão Josephson programável (PJVS) e no sistema-padrão primário de resistência Hall Quântico;
 - vi. consolidar o sistema-padrão primário da grandeza resistência elétrica com base no Efeito Hall Quântico;
 - vii. estabelecer rastreabilidade da unidade de capacitância elétrica (Farad) baseado no sistema-padrão primário de resistência Hall Quântico;
 - viii. implantar dois sistemas de criogenia (independentes da utilização de hélio líquido) para a operação do sistema padrão primário de tensão Josephson programável e do padrão primário de resistência Hall Quântico;
 - ix. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas no âmbito da ABNT.

6.5.3. Metrologia Quântica Aplicada à Área de Metrologia de Tecnologia da Informação e Comunicação

No Século XX, por conta dos esforços intelectuais despendidos no estudo experimental de sistemas em escalas atômicas e subatômicas, e pela diversidade das descobertas empíricas nessa área, tornou-se necessário o desenvolvimento de um modelo quântico para descrever os inusitados comportamentos de ondas e partículas, tais como superposição e emaranhamento. Agora, no século XXI, essas propriedades quânticas estão sendo aplicadas para dar suporte ao desenvolvimento de novos computadores e dispositivos de processamento e comunicação de informações. Portanto, técnicas e padrões metrológicos apropriados estão se tornando cada vez mais importantes para apoiar o desenvolvimento de novas tecnologias de informação quântica.

Os computadores quânticos têm o potencial de serem muito mais rápidos e eficientes e, por isso, resolver com facilidade problemas considerados intratáveis para computadores clássicos. Isso se deve ao uso de *qubits* (*bits* quânticos), em contrapartida aos *bits* clássicos. Estes são binários (assumem os valores 0 ou 1), enquanto os *qubits* podem assumir os valores 0, 1, ou uma superposição de ambos, isto é, qualquer valor real entre 0 e 1. Uma consequência disso é que a estrutura funcional de um computador quântico ameaçará a segurança dos atuais métodos de comunicação e comércio, tais como transações bancárias, redes de energia elétrica, etc.

Visando à independência e segurança nacional, faz-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias de comunicação, utilizando criptografia quântica, que é um método de transmissão de informação intrinsecamente inviolável, utilizando partículas emaranhadas em que, qualquer alteração no estado quântico de uma partícula implica a mudança instantânea do estado da segunda, mesmo estando espacialmente separadas por milhares de km. Com isso, quando um espião tentar interceptar uma ou mais dessas partículas, ele será descoberto.

6.5.3.1. Diretrizes Estratégicas

- i. implantação de um sistema quântico de geração de números aleatórios, e disponibilização de um “*beacon*” de aleatoriedade para aplicações;
- ii. implantação de um sistema experimental de criptografia quântica, com o fim de analisar e testar a segurança de sistemas criptográficos quânticos;
- iii. capacitação e formação de pessoal em metrologia quântica aplicada à tecnologia da informação e da comunicação.

6.6. Metrologia Elétrica em Alta Tensão

O Brasil, como consequência de seu vasto sistema elétrico de potência, que envolve a geração, a transmissão (na faixa de até 800 kV em corrente alternada (ca) e contínua (cc)) e a distribuição de energia elétrica, possui um grande número de laboratórios com capacidade para medir alta tensão na faixa de até 1000 kV cc e 1200 kV ca. Entretanto, o Inmetro possui capacidade para medir alta tensão apenas até a faixa de 200 kV, o que leva os diversos laboratórios do setor elétrico brasileiro a buscarem, no exterior, a rastreabilidade em tensões acima desta faixa, evitando, assim, que o sistema elétrico brasileiro fique vulnerável no que se refere à capacidade de medição com a exatidão mínima necessária. Uma melhor exatidão nas medições da energia elétrica comercializada no País implica menores perdas de faturamento. Neste caso, os custos, prazos e riscos de transporte são bem maiores, devido às grandes dimensões dos equipamentos de medição envolvidos, os quais têm impactos de uma logística própria e complexa para o seu envio a outros Institutos Nacionais de Metrologia no exterior.

Para garantir a confiabilidade dos resultados dos ensaios é necessário que os sistemas de medição em alta tensão (SMAT) sejam calibrados seguindo procedimentos normalizados e forneçam medidas com incertezas dentro de limites estabelecidos.

Sendo assim, é de extrema importância estratégica para o País, a ampliação e atualização da capacidade de medição em alta tensão, do Inmetro, em função das suas atribuições e responsabilidades. Para isto, tem-se em vista um horizonte de, no máximo, 5 anos, para o pleno atendimento das necessidades metrológicas de rastreabilidade nas áreas de alta tensão alternada e contínua, através do cumprimento das diretrizes estratégicas abaixo.

xi. 6.6.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Ampliar a capacidade de medição de tensão no Inmetro até 400 kV alternada e 450 kV contínua, garantindo assim uma melhor relação linear de tensão para o provimento da rastreabilidade ao setor elétrico brasileiro até as faixas de 1000 kV cc e 1200 kV ca;
- ii. desenvolver e implantar sistemas de medição com novas tecnologias para medições até 400 kV ca e 450 kV cc;
- iii. implantar um sistema de padronização primária em alta tensão alternada até a faixa de 400 kV;
- iv. implantar um sistema de padronização primária em alta tensão contínua até a faixa de 450 kV.

6.7. Metrologia em Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC

O setor de tecnologias da informação e comunicação (TIC), experimenta há mais de meio século uma contínua transformação revolucionária, modificando nossa relação com os equipamentos e sistemas, e afetando profundamente a sociedade em todos seus aspectos (trabalho, lazer, educação e outros). Longe de um cenário estabilizado após surgimento de computadores pessoais, internet, telefone celular, smart phone e a banda larga móvel, novos sistemas estão em vias de serem desenvolvidos e implantados como: smart grids; internet das coisas, indústria 4.0, sistemas de transporte inteligente (incluindo o automóvel auto pilotado). Todas estas inovações irão implicar em novas necessidades metrológicas, impondo um enorme desafio para os institutos de metrologia em acompanhar a rápida evolução tecnológica.

Adicionalmente, as projeções do número de usuários e tráfego em redes de comunicações para os próximos anos indicam que, em 2017, o número de usuários em redes de acesso móvel (sem fio) de banda larga crescerá para 5 bilhões, gerando um tráfego total de mais de 50 Exabytes por ano, cerca de 10 vezes o atual. O atendimento da demanda (por banda) para permitir a realização destas previsões depende de inovações e desenvolvimentos tecnológicos, que permitam superar alguns desafios existentes no momento: o incremento da capacidade de processamento e a redução do consumo de potência de microprocessadores, o aumento da capacidade de roteamento e de transmissão das redes ópticas de transporte e, fundamentalmente, uma maior disponibilidade de espectro radioelétrico na rede de acesso sem fio.

No que diz respeito às tecnologias de informação, verifica-se nos últimos anos uma crescente utilização de sistemas computacionais embarcados em praticamente todos os dispositivos utilizados pelo homem. A área não é mais restrita a um computador central (mainframe) executando um algoritmo de cálculo para algum problema científico.

Atualmente observa-se uma forte pressão para conexão destes dispositivos ao domínio cibernético, gerando os denominados Sistemas Físicos-Cibernéticos (SFC): sistemas inteligentes que combinam tecnologias cibernéticas com sistemas embarcados, e interagem intensivamente com componentes físicos. Os SFCs cobrem diferentes segmentos da economia: sistemas de produção, redes elétricas, edifícios e infra-estrutura, transporte e mobilidade, e saúde.

Atualmente, um dos grandes problemas para assegurar a robustez metrológica de um instrumento de medição concentra-se na necessidade de uma avaliação criteriosa do sistema computacional por este utilizado. A imutabilidade do software embarcado no medidor é requisito fundamental para preservação da confiabilidade metrológica. Os modernos instrumentos de medição, também denominados de medidores inteligentes, podem ser vistos como componentes básicos de SFCs, exibindo arquiteturas computacionais cada vez mais complexas e interconectadas.

Para o desenvolvimento dos SFCs são necessárias técnicas inovadoras que assegurem altos níveis de confiabilidade, segurança e usabilidade. Os requisitos para SFCs são extremamente rigorosos e, em alguns casos, completamente diferentes do que os necessários para outros sistemas automatizados.

xii. 6.7.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Expandir o laboratório de metrologia de tecnologias de informação e comunicação do Inmetro para prover rastreabilidade na área, calibrar equipamentos, apoiar a indústria no desenvolvimento de produtos e apoiar o desenvolvimento de programas de avaliação da conformidade de produtos;
- ii. implantar infraestrutura laboratorial para garantir a rastreabilidade nas grandezas campo elétrico, densidade superficial de corrente, ruído, nível de sinal de rádio frequência (RF), atenuação, impedância e ruído, e para permitir medições de compatibilidade eletromagnética, em frequências de até 80 GHz;
- iii. implantar, no âmbito do centro automotivo, um laboratório de compatibilidade eletromagnética veicular, e que simultaneamente seja o laboratório de referência nacional para ensaios de emissão e imunidade eletromagnética;
- iv. implantar infraestrutura laboratorial para apoiar os programas governamentais de política de universalização do acesso em banda larga e inclusão digital, através de medições de eficiência de uso do espectro radioelétrico e da avaliação da conformidade de produtos e serviços celulares de quarta e quinta geração, incluindo a avaliação da velocidade da banda larga móvel;
- v. aprimorar e desenvolver novos requisitos, ensaios, testes e programas de avaliação para os sistemas computacionais embutidos em instrumentos de medição controlados pela metrologia legal ou programas de avaliação da conformidade, notadamente quanto aos requisitos de segurança da informação;
- vi. desenvolver a infraestrutura tecnológica para apoiar as atividades do Inmetro, e de organismos acreditados, a fazer frente aos constantes desafios tecnológicos no âmbito da segurança da informação;
- vii. apoiar e incentivar a consolidação de programas para avaliação de produtos de informática, acompanhando as constantes evoluções desta área;
- viii. fomentar a produção de conhecimento e o desenvolvimento de competências em tecnologia da informação e segurança cibernética na Academia, no Governo, na Indústria, e em laboratórios e organismos da Rede Brasileira de Avaliação da Conformidade;
- ix. apoiar a pesquisa em sistemas físicos cibernéticos, incluindo novas teorias científicas, algoritmos computacionais, tecnologias de informação, infraestrutura metrológica ou de qualidade e técnicas de engenharia que permitem o rápido desenvolvimento e integração de sistemas de automação avançados com internet, redes e inteligência computacional;
- x. apoiar o desenvolvimento de recursos humanos em tecnologia da informação e segurança cibernética nos níveis de ensino, incluindo ensino técnico, superior, mestrado e doutorado.

6.8. Metrologia nas Atividades de Defesa e Segurança

A constante evolução tecnológica dos sofisticados meios e equipamentos empregados nas atividades de defesa e de segurança, associada ao crescimento e fortalecimento da indústria nacional de defesa, requer o desenvolvimento de ações positivas na área da metrologia, voltadas à consolidação da soberania do Brasil, por meio, entre outros, da garantia da confiabilidade metrológica demandada pelos mais diversos processos tecnológicos de interesse das Forças Armadas e demais Forças Auxiliares.

Dentre as necessidades detectadas, destacam-se aquelas relacionadas com o controle do espaço aéreo e a segurança de vôo, civil e militar, além da vigilância, o controle e a defesa das fronteiras, das águas jurisdicionais e da plataforma continental brasileira, a produção e a manutenção de materiais e sistemas de defesa, bem como os demais procedimentos técnico-operacionais relacionados com a defesa e a segurança do País.

Assim sendo, torna-se imprescindível a implementação e melhoria da capacidade de medição das grandezas metrológicas relacionadas com este setor, visando a suportar as necessidades evidenciadas por esse segmento estratégico, por exemplo nas questões referentes à rastreabilidade das medições em alta frequência, acima de 18 GHz, e medições hipersônicas, dentre outras.

Neste contexto, cumpre destacar a iniciativa do Comando da Aeronáutica que, preocupado com a confiabilidade dos processos inerentes à sua atividade, implementou o Sistema de Metrologia Aeroespacial (Sismetra), diminuindo a dependência metrológica nacional, relativa às atividades tecnológicas de interesse da defesa e da sociedade em geral. Este tipo de iniciativa pode e deve ser difundido e incentivado pelo setor metrológico, no que se refere às demais entidades públicas correlatas, principalmente, nas atividades que necessitem de uma abordagem metrológica sistêmica.

xiii. 6.8.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Prospectar as demandas do segmento de defesa, por intermédio da realização de seminários, que tenham como escopo, por exemplo, “Metrologia no contexto da Defesa: desafios metrológicos para o desenvolvimento tecnológico e científico”;
- ii. incentivar a implementação de novos sistemas metrológicos e a expansão dos existentes nas organizações públicas;
- iii. fomentar o desenvolvimento de fornecedores de serviços metrológicos para as atividades tecnológicas de defesa, visando à soberania do País;
- iv. apoiar e estimular o desenvolvimento tecnológico para o controle do espaço aéreo no tocante a novas tecnologias.

6.9. Metrologia no Setor Espacial

A crescente sofisticação tecnológica do setor espacial demanda hoje, e certamente continuará demandando nos próximos anos, a preparação de uma infraestrutura metrológica confiável, de modo a apoiar o atendimento às demandas do setor no País, incluindo:

o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), coordenado pela Agência Espacial Brasileira (AEB);

- i. a operação de bases de lançamento e certificação de sistemas espaciais;
- ii. a Estratégia Nacional de Defesa (END) do Ministério da Defesa (MD);
- iii. o programa do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), envolvendo os Ministérios de Comunicações (MC), Defesa (MD), e Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI);
- iv. os programas comerciais de satélites de telecomunicações;
- v. as iniciativas relacionadas a satélites universitários.

Essas variadas demandas exigem a preservação e o incremento de capacidades e competências técnicas específicas da área, adquiridas ao longo do tempo pelos diversos agentes envolvidos (governo, academia e indústria), de modo a se obter os necessários padrões de desempenho, custo, segurança e qualidade, compatíveis com as necessidades da sociedade brasileira e da melhor técnica praticada na área espacial. Assim, a implantação de uma linha de ação voltada à metrologia para a área espacial faz-se necessária, a fim de dar apoio às atuais e futuras demandas do setor.

O aprimoramento continuado das capacidades na área de metrologia em instituições vinculadas ao Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE), além dos seus aspectos sinérgicos e altamente estruturantes, possibilitará impactar positivamente as empresas e instituições brasileiras voltadas ao setor espacial, favorecendo o desenvolvimento das atividades espaciais necessárias ao Brasil.

xiv. 6.9.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Prospectar as demandas para a metrologia no segmento espacial por meio da realização de seminários, tendo como temática a “Metrologia no setor espacial brasileiro: desafios metrológicos no atendimento ao desenvolvimento tecnológico e científico”;
- ii. implantar, juntamente com os principais atores do programa espacial, a garantia do sincronismo na medição de tempo dos principais centros de lançamento;
- iii. apoiar a acreditação de laboratórios de metrologia em instituições vinculadas ao Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE);
- iv. buscar instituições parceiras dentro do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE) para, em conjunto com o Inmetro, manter, prover e disseminar a rastreabilidade de grandezas de interesse para a área espacial, tais como: medidas de alto-vácuo, temperatura, som, choque e aceleração, medidas de gaseificação de materiais sob o ambiente de alto-vácuo; medidas de alta- frequência; medidas de tempo, medidas dimensionais, etc.

6.10. Metrologia Forense

Profissionais de perícia utilizam técnicas empregadas nas mais diversas áreas da ciência a serviço da justiça e por esse motivo, a exatidão dos resultados obtidos é de primordial importância. A precariedade dessa área, no entanto, tem-se tornado um desafio não apenas para os governos, como também para os INM. Países como os Estados Unidos recentemente elaboraram um documento detalhado sobre a falência das ciências forenses e os novos desafios impostos à área, envolvendo acreditação e programas de certificação compulsórios e o desenvolvimento de uma série de normas técnicas e materiais de referência.

No Brasil, a situação é ainda mais crítica e requer um grande esforço para colocar as perícias em igualdade com os demais países. A metrologia impacta positivamente na confiabilidade dos exames realizados pelos serviços periciais brasileiros, permitindo ainda que estes tenham condição de se aprimorar e configurar como centros cujos resultados são reconhecidos mundialmente. Devido à multidisciplinariedade da área, alguns temas mostram-se prioritários para investimento a curto prazo.

xv. 6.10.1. Análise de Drogas Proscritas e Controladas

A grande maioria das perícias do País ainda emprega métodos colorimétricos para a identificação de drogas proscritas e controladas. As poucas instituições que utilizam métodos analíticos carecem de materiais de referência e materiais de referência certificados, em parte porque há pouca ou nenhuma oferta desses materiais no mercado (apenas NIST e NMI-Austrália), mas, principalmente devido a dificuldades legais impostas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para importação desses materiais.

Em referência a esse tema, o Departamento de Polícia Federal já formalizou pedidos enfatizando a necessidade de produção destes MRC. Há uma enorme demanda reprimida por esses materiais também em outras áreas.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) recentemente aprovou a Portaria que trata dos programas de prevenção do uso indevido de substâncias psicoativas para os profissionais de aviação, sendo exigidos testes compulsórios de drogas para várias categorias profissionais. Os exames devem ser realizados por laboratórios acreditados pela Coordenação-Geral de Acreditação (Cgcre), do Inmetro, o que torna imprescindível o uso de MRC. O Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) fez também determinação semelhante no campo da toxicologia ocupacional, criando uma demanda imediata por uma série de MRC para classes diversas de drogas psicoativas.

xvi. 6.10.2. Identificação Humana pelo DNA

O Brasil, através do Departamento de Polícia Federal, recentemente formalizou cooperação com o *Federal Bureau of Investigation* (FBI) para instalação no País do banco de dados de perfis de DNA para identificação criminal, conhecido como “*Combined DNA Index System*” (CODIS).

O CODIS gera informações para investigações onde evidências biológicas foram recuperadas dos locais de crime, permitindo, inclusive, a conexão entre diferentes casos e identificação de suspeitos. Para o uso desse banco de dados, já instalado em todos os estados brasileiros e regulamentado pela Lei nº 12.654/2012, é essencial a demonstração da manutenção da competência técnica dos laboratórios envolvidos e o uso de ferramentas como o uso de MRCs e a participação em rodadas de ensaio de proficiência para garantir a qualidade dos perfis

genéticos obtidos.

Além do CODIS, o trabalho de identificação humana para os casos de violência sexual e identificação em material degradado deve ser objeto de atenção do esforço pela qualidade da medição forense de identificação por DNA.

xvii. 6.10.3. Balística Forense

A área de balística forense, juntamente com identificação humana e identificação de drogas ilícitas ou controladas é uma das mais importantes no cenário atual da perícia, devido ao grande número de crimes envolvendo armas de fogo. Nesse cenário, há problemas potenciais, como por exemplo, a identificação de atiradores. Essa análise é realizada através da identificação de metais pesados utilizando técnicas de microscopia e espectrometria.

No entanto, a introdução das chamadas munições verdes (sem metais pesados), menos danosas ao ambiente e à saúde das pessoas, se mostra como um problema ainda sem solução, tornando impossível a sua identificação para fins criminais. As perícias e as indústrias de munição buscam alternativas, como o uso de marcadores específicos, o que requer o desenvolvimento e validação de novos métodos. A indústria também necessita de MRC específicos para pólvora, cuja aplicação beneficiaria também as Forças Armadas (monitoramento de estabilidade), assim como outros setores de segurança como, por exemplo, aeroportos.

xviii. 6.10.4. Acústica Forense

A interação da metrologia acústica com a investigação criminal no âmbito da ciência forense contribui para um aumento da confiabilidade metrológica dos resultados obtidos para análise das evidências técnicas.

A aplicação para uso forense de metodologia metrológica e de normalização em técnicas de identificação de locutor e detecção de disparo de arma de fogo produzirá impacto direto no fortalecimento da perícia técnica brasileira, contribuindo para o esforço nacional no desenvolvimento da acústica ou fonética forense.

Onde se busca a produção de bancos de dados de vozes, processamento de sinais em acústica forense; processamento de voz com aplicação em fonética forense; inteligibilidade da fala; tratamento de sinais de áudio questionados, comparações em ambientes ruidosos e não ruidosos; validação de métodos de análise de voz, cálculos de estimativa da incerteza de medições e avaliações técnicas para a acreditação de laboratórios. Além de contribuir na pesquisa de reconhecimento de voz e de identificação de locutor no âmbito da ciência forense.

xix. 6.10.5. Diretrizes Estratégicas

- i. Expandir o Programa Nacional de Normalização e Metrologia Forense;
- ii. Prover rastreabilidade nas áreas prioritárias associadas à metrologia forense, apoiar a indústria relacionada no desenvolvimento de novas soluções e apoiar o desenvolvimento de programas de avaliação da conformidade de produtos;

- iii. melhorar a infraestrutura laboratorial e de pessoal para garantir o atendimento à crescente demanda por novos materiais de referência;
- iv. desenvolver programas de ensaios de proficiência para áreas prioritárias deste setor;
- v. consolidar a interação do Inmetro com o Ministério da Justiça;
- vi. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas para a área;
- vii. contribuir e desenvolver pesquisa, no âmbito da metrologia, na área de metrologia forense;

6.11. Metrologia em Ciências da Vida

A metrologia aplicada às ciências da vida é um campo que vem evoluindo significativamente nos últimos 10 anos, sendo amplamente reconhecido pelo BIPM através dos Working Groups dedicados ao tema no Comitê Consultivo de Quantidade de Substância (CCQM) e visa à comparabilidade e reprodutibilidade internacional das biomedidas e eventualmente a conexão das unidades de medida biológicas às unidades do SI. A variabilidade de mensurandos no campo das ciências biológicas que incluem não só a quantificação de moléculas, mas também características como identidade de seqüências e de microorganismos, estrutura e atividade catalítica de macromoléculas tornam esse campo desafiador.

O progresso da biotecnologia e seu potencial impacto na saúde, segurança e proteção do meio ambiente tem levado à necessidade cada vez maior de confiabilidade nas medições de moléculas e parâmetros biológicos e à necessidade de predição dos efeitos oriundos a aplicação da biologia sintética em rotas biotecnológicas, em especial os biopolímeros, para o desenvolvimento de técnicas e produtos a serem aplicados nas áreas médica, ambiental, comercial, entre outras. Paralelamente, com os crescentes avanços no desenvolvimento de estruturas em escala nanométrica nas ciências física e biológica, vem crescendo também a busca por evidências mais robustas e confiáveis de sua segurança e eficácia.

Com isso, a metrologia nas ciências da vida torna-se uma área imprescindível para o progresso científico e industrial num futuro próximo, necessitando de infraestrutura e programas que estimulem sua expansão e garantam a competitividade nacional. Para que o impacto da biotecnologia na evolução da qualidade de vida deixe de ser uma promessa e torne-se peremptório, é necessário o refinamento, com rigor metrológico, dos métodos para a identificação e quantificação de bioprodutos, como proteínas recombinantes e biofármacos, bem como de rotas biotecnológicas para a geração destes bioprodutos, como o biodiesel.

Desta forma, o Inmetro deve consolidar e garantir a manutenção e viabilidade de um programa integrado e multidisciplinar para desenvolver e refinar métodos de medição, materiais de referência e normativas em apoio ao desenvolvimento tecnológico e industrial voltado a parâmetros e matrizes biológicas.

xx. 6.11.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Consolidar ações integradas, transversais e multidisciplinares em metrologia aplicada

às ciências da vida com ênfase em produtos da biotecnologia, nanotecnologia e medicina diagnóstica, prognóstica e terapêutica e medicina de precisão, de modo a assegurar ao País o reconhecimento de sua capacidade de medição e calibração relacionada à área de ciências da vida;

- ii. apoiar o desenvolvimento e refinamento de métodos e materiais de referência em apoio à metrologia nas ciências da vida de modo a prover rastreabilidade em análises clínicas, de segurança alimentar, ambiental, biológica, fármacos e medicamentos;
- iii. fomentar as áreas de proteção à saúde e segurança do consumidor e superação de barreiras técnicas à exportação relacionadas a parâmetros biológicos em alimentos, matérias primas e outros produtos de exportação.
- iv. fomentar o desenvolvimento nacional de materiais de referência biológicos e ordem superior em apoio à indústria de diagnóstico.
- v. atuar no Sistema Nacional de Nanotecnologia (Sisnano) liderando o esforço no contexto da nanotoxicologia
- vi. atuar como laboratório central na Rede Nacional de Métodos Alternativos ao Uso de Animais, promovendo a disseminação, o desenvolvimento e validação de métodos alternativos em atendimento à Lei Arouca;
- vii. apoiar questões de regulamentação relacionadas a substâncias potencialmente tóxicas;
- viii. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas para a área de biotecnologia e áreas afins das ciências da vida.

6.12. Nanometrologia

A inovação e a capacidade de gerar e absorver inovações são consideradas como elemento-chave da competitividade e desenvolvimento sustentável socioeconômico. A nanotecnologia aparece como uma plataforma de diferentes conhecimentos interligados e como uma fonte inesgotável de inovação que alimenta cada vez mais um novo modelo de economia moderna denominada como economia de inovação perpétua. Um passo importante para uma inovação tecnológica é a transformação de conhecimento científico em desenvolvimento tecnológico e a metrologia tem se demonstrado um caminho eficaz para a realização dessa transformação aliando o conhecimento científico aos interesses da cadeia produtiva de um país. Na área de nanotecnologia, a evolução da nanociência para aplicações nanotecnológicas é viabilizada e facilitada pela nanometrologia.

A nanometrologia é uma parte indispensável da nanotecnologia e deve ser desenvolvida em conjunto com a mesma para que as medições desenvolvidas possam dar suporte bem sucedido ao desenvolvimento das nanociências e auxiliarem na garantia e confiabilidade de materiais e produtos nanotecnológicos.

A nanometrologia está relacionada com procedimentos de medição de fenômenos e propriedades em escala nanométrica, incluindo comprimento ou tamanho, massa,

propriedades elétricas, entre outras. O grande desafio da nanometrologia é medir tais propriedades com confiabilidade e precisão.

De forma geral, as técnicas de medição utilizadas para sistemas de macro não podem ser usadas diretamente para a medição de parâmetros em sistemas na escala nanométrica. Para isto, diversas técnicas baseadas em fenômenos físicos têm sido desenvolvidas e aprimoradas, de modo que possam ser utilizadas para medir ou determinar os parâmetros para nanoestruturas e nanomateriais.

Uma das atividades mais importantes da nanometrologia envolve a calibração em escala nanométrica de medições de comprimento em nível macro e microscópico ou medidas de comprimento em relação a padrões primários de comprimento: lasers estabilizados.

xxi. 6.12.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Desenvolver a base nacional para nanometrologia via equipamento primário de medição absoluta;
- ii. prover rastreabilidade no País na área de nanometrologia dimensional;
- iii. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas no âmbito da ABNT.

6.13. Metrologia de Materiais

O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de materiais avançados, visando às suas aplicações particulares, junto com a construção de respectivos processos industriais de seu manufaturamento e controle de qualidade apoiam-se fundamentalmente na metrologia de materiais. A caracterização das propriedades físico-químicas, morfológicas, estruturais, magnéticas, térmicas, ópticas, eletrônicas e mecânicas dos materiais, nas escalas macro, micro e nano, é de suprema importância para a pesquisa de materiais para várias aplicações (semicondutores, sensores, fármacos e medicamentos, embalagens, minerais e argilas, metais e ligas, aços para fins elétricos, isolantes térmicos, implantes, próteses, pigmentos, etc.). Além disso, o desenvolvimento e a certificação de materiais de referência nessas áreas são atividades indispensáveis para garantir a confiabilidade de medições e, por fim, a qualidade dos produtos nacionais.

A importância da metrologia de materiais na busca por alternativas e soluções para o progresso científico e tecnológico deve ser considerada perante o caráter estratégico do domínio das técnicas de preparação, processamento e caracterização de materiais.

xxii. 6.13.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Atuar na área de microscopia eletrônica e microanálise, aprimorando sua utilização como ferramenta para a caracterização metrológica de materiais, disseminando conhecimento e desenvolvendo projetos de pesquisa em áreas como a caracterização de nanopartículas, materiais nanoestruturados e nanometrologia;

- ii. atuar na área de biomateriais e tribologia por meio da caracterização metrológica de propriedades tribológicas de materiais utilizados na indústria (incluindo a indústria de implantes médicos), além de novos materiais em desenvolvimento;
- iii. desenvolver pesquisas na área de materiais nanoestruturados de carbono;
- iv. desenvolver materiais de referência de nanopartículas de metais e óxidos metálicos;
- v. expandir atividades na área de caracterização de propriedades térmicas de materiais;
- vi. atuar no desenvolvimento de novos materiais para dispositivos orgânicos emissores de luz (OLEDs) e dispositivos fotovoltaicos orgânicos;
- vii. atuar no Sistema Nacional de Nanotecnologia (Sisnano) para desenvolvimento de materiais de referência na área de nanopartículas e nanotoxicologia;
- viii. apoiar questões de regulamentação relacionadas à caracterização de propriedades de materiais;
- ix. apoiar o desenvolvimento de projetos inseridos no polo tecnológico do Inmetro no que tange à metrologia de materiais;
- x. expandir a capacidade analítica e a oferta de ensaios para a indústria e a comunidade científica no que tange à metrologia de materiais;
- xi. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas no âmbito da ABNT e no âmbito de organismos internacionais.

6.14. Metrologia Ótica Aplicada a Tecnologias Eficientes de Iluminação

A evolução tecnológica tem-se refletido em vários mercados, dentre eles, pode-se destacar o de iluminação, onde o objetivo é garantir a melhoria da eficiência energética através do compromisso entre menor consumo e melhor iluminação. A tecnologia da lâmpada incandescente tradicional já atingiu seu limite quanto à sua eficiência e tempo de vida, não havendo atualmente outra escolha a não ser a sua substituição, o que já está sendo realizado no Brasil e em outras partes do mundo, por Lâmpadas Fluorescentes Compactas (LFC) com mais de 60 lm/W, cujo consumo é tipicamente 75 % menor. A tecnologia LED (*Light-Emitting-Diodes*), também tem sido utilizada na área e se tornando cada dia mais eficiente tanto em iluminação residencial como também em iluminação pública, com consumo de energia ainda menor do que as LFC, juntamente com previsão de maior tempo de vida sem a utilização de mercúrio, o que reduz os impactos ambientais da iluminação.

O Inmetro tem trabalhado na área de iluminação em programas de qualidade, através de regulamentos técnicos para a avaliação da conformidade e, atualmente, em área aplicada à tecnologia, voltada para iluminação pública, na realização de serviços metrológicos destinados à avaliação fotométrica de lâmpadas e luminárias através da utilização de técnicas goniofotométricas. Atualmente, concentra seus esforços na avaliação de lâmpadas e luminárias de fabricação brasileira, garantindo a confiabilidade das medições realizadas no

País, provendo assim ferramenta fundamental para ingresso desses produtos no mercado internacional, assim como em projetos de desenvolvimento de padrões LEDs. Por outro lado, também estão sendo discutidas parcerias com prefeituras que já possuem plano piloto de iluminação eficiente, para avaliar, através de ensaios fotométricos, as luminárias adquiridas para iluminação pública, fator importante e que impacta na segurança do cidadão dos centros urbanos.

xxiii. 6.14.1. Diretrizes estratégicas

- i. Desenvolvimento de padrões e métodos de medição fotométrica e colorimétrica de novas fontes de iluminação, priorizando o LED;
- ii. prover rastreabilidade aos laboratórios da Rede Brasileira de Calibração (RBC) e da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) nas grandezas ligadas à iluminação, para a tecnologia LED;
- iii. apoio aos fabricantes nacionais de lâmpadas e luminárias mediante realização de serviços de medição na fase de desenvolvimento dos produtos;
- iv. elaboração de um guia para iluminação pública com a finalidade de auxiliar as prefeituras, que passaram a ser responsáveis pelos sistemas de iluminação pública.

6.15. Metrologia na Área de Energia

xxiv. 6.15.1 Metrologia em Hidrogênio Energético

O hidrogênio é o elemento químico mais abundante do universo e é a fonte de energia dos processos energéticos de fusão das estrelas. No nosso planeta, ele é mais facilmente encontrado combinado com outros elementos do que na forma livre (água, hidrocarbonetos, biocombustíveis, etc.).

O hidrogênio tem aplicações energéticas renováveis, em especial atuando em conjunto com quase todas as demais formas de geração, particularmente as também renováveis como eólica, solar, hidrelétrica, biocombustíveis, assim como as não-renováveis como petróleo e gás natural.

O hidrogênio pode ser gerado (por exemplo, em processos de fotoprodução) ou convertido para outras formas de energia (como é o caso das células a combustível). A célula a combustível foi criada por William Robert Grove em 1844, sendo uma célula eletroquímica em que são consumidos um combustível (o hidrogênio ou um composto que o possua em sua composição) e um comburente (o oxigênio ou um composto que o possua), havendo a geração de energia elétrica e a liberação de calor. As principais células a combustível são a de polímero sólido (PEMFC) e a de óxido sólido (SOFC).

A célula PEMFC é para aplicações de baixa temperatura (até 100°C), tendo vocação para uso no futuro próximo em automóveis, ônibus, empilhadeiras e sistemas de backup de centros de processamento de dados e de residências. Quanto à célula SOFC vislumbra-se o uso em aplicações de alta temperatura (até 1000°C): centrais de energia ou acoplada a uma turbina a

gás. A fotoprodução de hidrogênio significa a produção de hidrogênio sobre um substrato adequado e a presença de luz visível e/ou outro comprimento de onda. O hidrogênio pode inclusive ser obtido a partir de degradação de resíduos orgânicos presentes em águas poluídas ou esgoto doméstico.

A economia do hidrogênio está quase em escala de produção em países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Coreia do Sul, China e Japão e o Brasil se destaca na parte de pesquisa do hidrogênio. Há, inclusive, desde 2003, parceira internacional IPHE (Parceria Internacional para o Hidrogênio e as Células a Combustível na Economia), composta de 17 países mais a Comissão Européia, da qual o nosso País faz parte, para o desenvolvimento do uso do hidrogênio no mundo.

O hidrogênio já vem sendo normalizado na ISO (comissão técnica TC-197), na IEC (comissão técnica TC-105) e na ABNT (comissão técnica CEE-67). Hoje, com a pesquisa para o uso do hidrogênio, há cada vez maior demanda para estudos ligados à produção fotocatalítica do hidrogênio, às células a combustível, assim como para a padronização, a rastreabilidade e a confiabilidade metrológicas.

6.15.1.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Implantar a padronização metrológica no Inmetro, através de laboratório de metrologia de hidrogênio energético;
- ii. consolidar o desenvolvimento de ferramentas metrológicas em sistemas de células a combustível dos tipos PEMFC e SOFC;
- iii. apoiar pesquisas e o uso da metrologia no processo de síntese, caracterização e seleção de um novo material polimérico para que torne viável a produção de PEMFC em larga escala;
- iv. incentivar o desenvolvimento de tecnologias de foto produção de hidrogênio com confiabilidade metrológica;
- v. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas no âmbito da ABNT e da ISO, assim como a troca de informações técnicas neste tema com a IPHE.

xxv. 6.15.2. Metrologia Óptica aplicada a Energia Solar Fotovoltaica

A geração de energia sempre foi um grande desafio para a humanidade e o século XXI trouxe o incentivo para os países de buscar novas fontes de energia, principalmente aquelas que minimizem o impacto ambiental, como a energia solar fotovoltaica e a energia eólica. A energia solar fotovoltaica é a energia renovável que mais cresce em todo o mundo e no Brasil esse crescimento tende a aumentar ao longo dos anos. Em muitos países, a adoção de políticas públicas e os incentivos governamentais decorrentes dessas políticas associadas à redução do custo de produção dos painéis fotovoltaicos têm ajudado para que essas energias renováveis se popularizem em indústrias, e principalmente em residências, com o custo de investimento diminuindo substancialmente nos últimos anos. Lembrando que há cinco anos, no Brasil, o custo do investimento em energia fotovoltaica era pago em 10 anos de uso e atualmente esse

custo é pago em torno de 5 a 8 anos e tende a diminuir a partir do momento que essa tecnologia se torne mais acessível. A transformação da radiação solar em formas úteis de energia, elétrica ou térmica, em uma central de energia solar, demanda medidas da magnitude, intensidade e qualidade da radiação incidente. Tais medidas são parâmetros essenciais para testes de desempenho, durabilidade e decisões de operação de sistemas de conversão de energia solar. Existe uma grande gama de possibilidades de pesquisa e desenvolvimento na área, principalmente aqueles focados no desenvolvimento de metodologias para prover confiabilidade às medições na área e na avaliação da qualidade dos painéis solares que são disponibilizados no mercado além de fornecer às indústrias envolvidas, medidas exatas de radiação solar e os dados que atendam às suas demandas, com as menores incertezas possíveis.

6.15.2.1. Diretrizes Estratégicas

- i. desenvolver uma infraestrutura laboratorial na área de metrologia focada nas medições de energia solar fotovoltaica;
- ii. desenvolver metodologias de medição óptica voltada para medidas de radiação solar fotovoltaica;
- iii. desenvolver capacidade nacional de calibração de instrumentos na área de óptica focada em energia solar fotovoltaica.

xxvi. 6.15.3 Metrologia para Energia Eólica

As fontes alternativas de energias renováveis como eólica e solar, por serem praticamente livres de emissões de gases de efeito estufa (GEE), passam a ter um papel cada vez mais proeminente na composição energética dos países, apesar de apresentarem ainda altos custos e algumas restrições técnicas. A Diretriz de Energias Renováveis da União Europeia (2009/28/EC) prevê que 23% da demanda no ano de 2030, seja atendida por energia eólica.

O Brasil, apesar de contar com uma matriz energética bastante limpa, certamente possui potencial eólico e solar em proporções que enseja o desenvolvimento de uma próspera indústria nessas áreas. Existe uma grande gama de possibilidades de pesquisa e desenvolvimento em turbinas eólicas: propriedades aerodinâmicas das pás do rotor, melhoria em projetos de mancais, avaliação de esforços mecânicos nas torres e nos aerogeradores (*nacelles*), materiais inovadores para aumentar a longevidade das peças móveis, desempenho em altas e baixas velocidades de ventos. Medidas confiáveis de velocidade de ventos com baixo grau de incerteza são fundamentais para um bom desempenho das turbinas eólicas. Todos esses fatores são altamente dependentes de conhecimentos metrológicos específicos.

6.15.3.1. Diretrizes Estratégicas

- i. Apoiar a criação de rede nacional de laboratórios especializados em medição de velocidades de ventos, incluindo técnicas de sensoriamento remoto, como tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*);

- ii. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas para a área no âmbito da ABNT;
- iii. apoiar a criação de laboratórios e serviços de calibração de sensores e sistemas utilizados na medição e avaliação dos esforços mecânicos na torre, no aerogerador e nos diversos componentes do sistema gerador;

xxvii. 6.15.4. Metrologia em Energias Renováveis - Biomassa

Energia é um vetor essencial para o desenvolvimento de um país, e cada vez mais será um ponto estratégico para o desenvolvimento das nações. Com a evolução dos problemas ambientais causados pela queima de combustíveis fósseis, a biomassa, em conjunto com outras formas de energia reconhecidamente mais limpas (fotovoltaica, eólica, etc.) desponta como uma alternativa com grande potencial de aplicação.

Os biocombustíveis líquidos em uso comercial são basicamente combustíveis derivados do etanol, proveniente, principalmente, de grãos, cana de açúcar ou beterraba, e o biodiesel, produzido de uma variedade de óleos vegetais e gordura animal. Aliado a isso, é esperado para o futuro, uma grande variedade de outras substâncias, como por exemplo, o etanol de segunda geração e o biobutanol. Além disso, o hidrogênio derivado de biomassa (esperado para um futuro a longo prazo), pode representar o combustível ideal, já que sua queima não leva a produção de dióxido de carbono.

Embora a biomassa tenha potencial técnico para atender a uma grande parte da demanda incremental de energia do País, devem ser solucionados alguns aspectos importantes, entre eles, a viabilidade econômica e social, a sustentabilidade ambiental, as vantagens comparativas de cada fonte para geração de energia e os aspectos referentes à qualidade dos combustíveis derivados da biomassa, representando, assim, um campo de atuação para a metrologia, sendo as questões referentes à rastreabilidade e confiabilidade altamente relevantes para a implantação destas tecnologias inovadoras.

Portanto, a aplicação das ferramentas metrológicas já existentes, bem como o desenvolvimento de novas abordagens para garantia da qualidade, onde pode-se citar o desenvolvimento de materiais de referência certificados, conferem à metrologia uma posição de destaque nesse cenário.

6.15.4.1. Diretrizes estratégicas

- i. Estabelecer uma política para produção de Materiais de Referência Certificados (MRC) para biocombustíveis em geral;
- ii. apoiar e desenvolver pesquisas envolvendo o etanol de segunda geração e o biobutanol;
- iii. expandir a capacidade analítica e a oferta de ensaios para a indústria e a comunidade científica no que tange à metrologia de biomateriais;
- iv. apoiar ações e programas envolvendo acreditação, certificação e o desenvolvimento de normas técnicas para biocombustíveis;

- v. apoiar o desenvolvimento de normas técnicas no âmbito da ABNT.

6.16. Metrologia da Gravidade Terrestre

xxviii. 6.16.1 Referência em Gravidade Terrestre

O Observatório Nacional é a instituição brasileira que há mais tempo tem realizado pesquisa em gravimetria no País. A gravimetria no Observatório Nacional remonta a meados do século XIX, quando Cândido Batista de Oliveira construiu um pêndulo de Foucault em setembro-outubro de 1851 nas dependências do então Imperial Observatório Nacional, reproduzindo a célebre experiência anterior de Jean Foucault em fevereiro do mesmo ano no Observatório de Paris. O objetivo então era o de determinar o período de rotação da Terra, observando-se a precessão de um pêndulo simples sobre a ação da gravidade terrestre. Décadas após esse experimento, no início do século XX, um dispositivo tetrapendular Sterneck passou a operar na “Sala da Gravimetria” no prédio do ON em São Cristóvão, hoje parte do Museu de Astronomia e Ciências Afins. Em 1955, o ON adquiriu o gravímetro Worden W178 e iniciou levantamentos gravimétricos terrestres no Brasil de forma sistemática, ao longo de Referências de Nível do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), IGG e SGE assentadas em rodovias, ferrovias, cidades e vilas. O objetivo era o de prover o País de uma rede gravimétrica de referência – atividade eminentemente metrológica – para apoiar atividades em geofísica e geodésia. A partir de 1967, o gravímetro LaCoste & Romberg G61, cedido em comodato pelo *Interamerican Geodetic Survey*, substituiu o W178 nesses levantamentos. Finalmente, a partir de 1976, o Observatório Nacional engajou-se na implantação da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira que provê *datum* e escala para todo e qualquer levantamento gravimétrico terrestre ou marinho no País.

Dentre as atividades executadas no ON, claramente com foco em metrologia da gravidade terrestre, destacam-se a pesquisa em algoritmos de ajustamento de redes gravimétricas, a proposição de procedimentos de calibração de gravímetros relativos e sua execução, a implantação e o refinamento de uma Linha de Calibração Gravimétrica desde o Observatório Nacional até o pico das Agulhas Negras, a implantação de uma Base de Dados Gravimétricos que permite o acesso público e irrestrito aos produtos acima, a determinação de g local e de seu gradiente vertical em laboratórios do Inmetro e em mais de 80 outros laboratórios metrológicos no País. A equipe do Laboratório de Gravimetria do ON é capaz de adquirir e reduzir dados gravimétricos relativos e absolutos de alta qualidade, utilizando a melhor tecnologia disponível na atualidade. A Norma ABNT ISO/IEC 17025:2005 encontra-se em implantação no laboratório, tendo por objetivo sua acreditação pelo Inmetro junto às Redes Brasileira de Calibração e de Laboratórios de Ensaio. Desnecessário enfatizar o quão prestigioso para o Observatório Nacional e para o MCTI será a acreditação de mais um de seus laboratórios, a exemplo do que já ocorre com o Laboratório Primário de Tempo e Frequência.

Especificamente com o Inmetro, desde 1988 ocorre colaboração em gravimetria, quando equipes do Observatório Nacional realizaram medições de g local no então Laboratório de Força e Dureza – Lafor e no Laboratório de Higrometria. Posteriormente, em 1996, quando o Lafor/Inmetro se preparava para receber seus grandes instrumentos de medição de força e de uso geral, essas medições foram refeitas, utilizando-se gravímetros relativos LaCoste &

Romberg modelo “G”, a melhor tecnologia em instrumentação gravimétrica disponível na época.

Desde então, o Laboratório de Gravimetria do Observatório Nacional adquiriu dois gravímetros absolutos, únicos em operação na América do Sul que constituem efetivamente os padrões primários de gravidade do Brasil. Ao se integrar aos esforços do Grupo de Trabalho de Gravimetria do Comitê Consultivo de Massa e da Associação Internacional de Geodésia e operar segundo a Norma ABNT ISO/IEC 17025:2005, o LabGrav/ON prepara-se para sua acreditação laboratorial junto às Redes Brasileira de Calibração e de Laboratórios de Ensaio implantando uma nova rede gravimétrica nos laboratórios da Dmtic, Dinam, Dimec e Diavi em Xerém (RJ).

xxix. 6.16.2 Diretrizes Estratégicas

Desde a aquisição dos dois padrões primários de gravidade a equipe do Laboratório de Gravimetria do Observatório Nacional decidiu por procurar a acreditação laboratorial. Até hoje, as eventuais parcerias entre o LabGrav/ON e o setor privado e outras instituições acadêmicas vem ocorrendo sob a égide do “notório saber”, sem qualquer tipo de certificação formal. A adesão do laboratório à Norma 17025:2005 implica em garantir alta qualidade nas medições e calibrações gravimétricas que executa, visando às necessidades de pesquisa tanto do Observatório Nacional como de clientes externos ao ON. Os produtos atuais e futuros gerados pelo laboratório exigem permanente atenção quanto aos melhores protocolos de aquisição de dados de campo, a otimização de fluxos de trabalho de redução em laboratório, o refinamento dos algoritmos de ajustamento de redes gravimétricas, a identificação de ontologias de dados gravimétricos, suas representações em bases de dados e em mapas temáticos das anomalias da gravidade e periódicas intercomparações laboratoriais. A acreditação pelo Inmetro se faz necessária, por constituir requisito internacionalmente reconhecido de competência técnico-científica do saber fazer. A existência de um laboratório nacional acreditado na grandeza gravidade atesta a rastreabilidade de padrões de força, pressão, tração, vazão e viscosidade, envolvidos em uma enorme variedade de processos, serviços e manufaturas executados no Brasil.

Por outro lado, a ausência de uma organização nacional acreditada permite a imposição de barreiras tarifárias não comerciais tanto em transações comerciais governo a governo, como por empresas multinacionais que, via de regra, possuem certificação *International Organization for Standardization* (ISO) e seus estatutos admitem relacionamento comercial somente com outra entidade igualmente acreditada. Todas as grandes empresas nacionais e estrangeiras da indústria de prospecção mineral e de hidrocarbonetos possuem algum tipo de certificação, usualmente ISO 9000/9001.

Após cuidadosa reflexão, constatou-se que, de fato, a grandeza gravidade no Brasil **i)** é fortemente demandada pelos laboratórios do Inmetro e outros laboratórios acadêmicos e industriais que necessitam dessas medições, e que **ii)** carece de efetiva implantação de uma cadeia de rastreabilidade. Mesmo o Instituto Metrológico Nacional, o Inmetro, está a descoberto, pois se apoia em medições executadas por instituição que não é formalmente acreditada ou designada para tal, o Observatório Nacional.

Claramente, a integração institucional de esforços no sentido de resolver a questão da cadeia de rastreabilidade da grandeza *gravidade* no País é necessária. Planeja-se executar três atividades de coleta e redução de dados gravimétricos absolutos e relativos visando atingir os

objetivos acima expostos: 1) ocupar as oito estações gravimétricas absolutas implantadas no passado recente por equipes da Universidade de Hanôver, Alemanha, e da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EUA) no período 1989 – 1992; 2) reocupar as cinco estações da Linha de Calibração de Agulhas Negras, que contam com medições gravimétricas absolutas feitas com o gravímetro A-10 #011; e 3) estudar a morfologia do campo da gravidade no campus do Inmetro em Xerém (RJ). Estas iniciativas visam estabelecer – à luz da Norma ABNT BR ISO/IEC 17025:2005 – procedimentos técnico-científicos de determinações absolutas e relativas da aceleração da gravidade local e de seu gradiente vertical e de calibração de gravímetros relativos analógicos e digitais. Novas estações gravimétricas absolutas deverão ser implantadas em todo o País durante a execução das atividades acima e serão devidamente conectadas à Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira (RGFB). A Linha de Calibração de Agulhas Negras também deverá ser estendida, permitindo um maior intervalo de calibração de gravímetros relativos no Brasil. O estudo detalhado do campo da gravidade no campus de Xerém (RJ) permitirá conhecer em detalhe sua morfologia e como esta se altera ao se movimentar grandes massas naqueles laboratórios, ou próximo deles, onde se realizam grandezas nas quais o valor da aceleração (campo) da gravidade local participa de suas relações constitutivas.

Portanto, as diretrizes estratégicas mais prementes são:

- i. ocupar as oito estações gravimétricas absolutas implantadas no período 1989 – 1992 pela Universidade de Hanôver e pela *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA);
- ii. implantar anualmente ao menos 12 novas estações absolutas no País e conectá-las à Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira;
- iii. realizar medições precisas dos gradientes verticais da gravidade (GVG) em cada um desses sítios;
- iv. permitir intercomparações entre os gravímetros absolutos – padrões nacionais primários de gravidade – A-10 #011 e FG-5 #223 em diferentes sítios no Brasil, visando estabelecer a compatibilidade de suas escalas e seus *offsets* (“erros de nulo”);
- v. reocupar e estender a Linha de Calibração de Agulhas Negras, melhorando sua ligação à RGFB, desta feita utilizando posicionamento *Global Navigation Satellite System* (GNSS) muito preciso das estações de calibração;
- vi. recalibrar os gravímetros relativos do Observatório Nacional ao longo da LKAN;
- vii. estudar a morfologia do campo da gravidade no campus de Xerém (RJ) do Inmetro, possibilitando a realização de grandezas em diversos laboratórios da instituição que exigem o conhecimento preciso da aceleração da gravidade local em determinado nível de referência laboratorial (altitude);
- viii. quantificar e reduzir ao mínimo a incerteza propagada pelas determinações gravimétricas;
- ix. elaborar e validar um conjunto de procedimentos técnico-científicos abrangendo desde a medição da gravidade local até a realização de padrões metrológicos onde o conhecimento da aceleração (campo) da gravidade participa dessa realização;

- x. a partir do acervo de novos dados gravimétricos absolutos e relativos e conhecendo-se o gradiente vertical da gravidade nestes sítios, executar um novo ajustamento da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira, vinculando-a totalmente ao *datum* absoluto no País;
- xi. comparar os coeficientes de escala de gravímetros relativos analógicos e digitais que atuam na RGFB com aqueles obtidos na Linha de Calibração;
- xii. participar das Comparações Internacionais de Gravimetria Absoluta, periodicamente ocorrendo na América do Norte, Europa, Rússia e China.
- xiii. patrocinar uma Comparação Internacional de Gravimetria Absoluta nas instalações do Laboratório de Gravimetria do Observatório Nacional.

6.17 Metrologia Térmica

A grandeza temperatura termodinâmica é a mais medida na indústria e tem aplicações muito relevantes nos demais setores econômicos. O laboratório de temperatura é responsável pela realização e disseminação da Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90) no Brasil para termômetros de contato, na faixa de temperatura de $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1084\text{ }^{\circ}\text{C}$ e realiza calibrações primárias na faixa de $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $962\text{ }^{\circ}\text{C}$ de termômetros padrões de resistência de platina (TPRP) e de células de ponto fixo. O Laboratório também é responsável pela realização e disseminação da Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90) acima de $962\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para isso, o Laboratório dispõe de uma célula de ponto de solidificação da prata com uma cavidade de corpo negro no seu interior e de termômetros de radiação padrão. A escala de temperatura também é mantida por meio de lâmpadas de tungstênio na faixa entre $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$ e calibra termômetros de radiação infravermelha desde a temperatura ambiente até $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$. O Laboratório de Temperatura do Inmetro é o responsável pela rastreabilidade dessa grandeza para toda a Rede Brasileira de Calibração.

6.17.1 Diretrizes Estratégicas

- i. Pesquisar e desenvolver o novo kelvin por meio da termometria acústica a gás;
- ii. consolidar sua estrutura metrológica para atender ao desenvolvimento tecnológico e científico em nosso País por meio da consolidação da ITS-90 tanto acima do ponto de solidificação da Ag (prata) como abaixo do ponto triplo do Ar (argônio);
- iii. consolidar a tecnologia de células de pontos fixos de calibração de temperatura já desenvolvida pelo Laboratório e sua transferência para a iniciativa privada;
- iv. consolidar a tecnologia de pontos eutéticos já desenvolvida para termometria de radiação com o respectivo oferecimento de serviços;
- v. desenvolver células de pontos eutéticos para termometria termoelétrica;
- vi. desenvolver SPRTs (Termômetros de Resistência de Platina Padrão) e transferência de

sua tecnologia para a iniciativa privada;

vii. desenvolver pesquisa em incertezas de medição com o objetivo de maior confiabilidade metrológica e menores incertezas nos processos laboratoriais de medição de temperatura;

viii. elaborar plano de ação para formação de doutores dentro da atual equipe de pesquisadores tecnologistas do Laboratório.

ix. elaborar plano de ação de treinamento permanente para os técnicos de nível médio do Laboratório, inclusive com incentivo ao Programa de Mestrado Profissional do Inmetro quando pertinente.

x. buscar ativamente o desenvolvimento de parcerias com a iniciativa privada e outras instituições;

xi. buscar a participação em programas de comparação interlaboratorial, nacional, regional e internacional bem como de comparações-chave, coordenados pelo BIPM;

xii. promover programas de comparação interlaboratorial, nacional e regional;

7. A METROLOGIA LEGAL

7.1. Conceituação Geral

A metrologia legal, na sua essência, é uma função exclusiva do Estado. Consiste em um conjunto de atividades e procedimentos técnicos, jurídicos e administrativos, estabelecidos por meio de dispositivos legais, pelas autoridades públicas, visando garantir a qualidade e a credibilidade dos resultados das medições envolvendo negócios jurídicos de natureza comercial, civil, trabalhista, fiscal, parafiscal, administrativa e processual e quando forem empregados em quaisquer outras medições presentes à incolumidade das pessoas, saúde, segurança e ao meio ambiente.

Conforme o Vocabulário internacional de termos de metrologia legal, a metrologia legal inclui:

- i. estabelecimento de requisitos legais;
- ii. controle e avaliação da conformidade dos produtos e atividades regulamentados;
- iii. supervisão dos produtos e atividades regulamentados;
- iv. provimento da infraestrutura necessária para a rastreabilidade das medições e dos instrumentos de medição regulamentados ao Sistema Internacional, SI ou aos padrões nacionais.

A metrologia legal foca sua atenção em cinco direções básicas:

- i. a correta correspondência entre o conteúdo efetivo e o conteúdo nominal dos produtos pré-embalados;
- ii. a confiabilidade dos instrumentos de medição utilizados nas transações comerciais, na

- prática médica com finalidade de subsidiar o diagnóstico e o tratamento, para fins de monitoramento ambiental e para propiciar maior segurança às pessoas;
- iii. a segurança, a equidade e a eficácia das atividades essenciais do Estado, promovendo os meios para a realização de medições adequadas e confiáveis;
 - iv. as atividades produtivas, tendo em vista disponibilizar para as empresas instrumentos de medição mais adequados e compatíveis com suas necessidades;
 - v. o apoio à indústria nacional de instrumentos de medição e de produtos pré- medidos, visando à melhoria da confiabilidade das medições, à correta indicação do conteúdo nominal de seus produtos e ao aumento de sua competitividade.

7.2. Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Legal

- i. Expandir e buscar a melhoria contínua dos serviços de metrologia legal, tendo em vista o atendimento à demanda e a incorporação, no sistema metrológico, de novas áreas estratégicas, em especial:
 - ✓ nos setores de petróleo, gás e biocombustíveis para fins fiscais e de transferência de custódia;
 - ✓ nos setores de serviços públicos para medição e faturamento de energia elétrica, de gás e de água;
 - ✓ nos instrumentos de medição inseridos no âmbito da segurança do trânsito;
 - ✓ nos setores de meio ambiente, saúde humana e de recursos naturais.
- ii. fortalecer a Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade–Inmetro (RBMLQ-I) por meio da implantação de novos laboratórios, da modernização da infraestrutura laboratorial e da capacitação tecnológica e gerencial de seus integrantes e assegurar a uniformidade das atividades de metrologia legal em todo o território nacional, de acordo com as diretrizes do Conmetro.
- iii. Manter a rastreabilidade dos padrões utilizados nas atividades de metrologia legal:
 - ✓ implantar em parceria com a RBMLQ-I novos laboratório para prover a rastreabilidade dos padrões utilizados no País, expandindo a rede de laboratórios a nível nacional promovendo a cultura de rastreabilidade em todo território nacional, diminuindo os custos envolvidos nos processos logísticos;
 - ✓ desenvolvimento das unidades móveis para prover rastreabilidade no âmbito da metrologia legal em regiões de difícil acesso ou com escassez de laboratórios acreditados.
- iv. ampliar as atividades de vigilância da qualidade dos serviços prestados pela RBMLQ-I por meio de ações de supervisão do Inmetro nos Estados;

- v. ampliar e consolidar a incorporação de novos agentes na execução das atividades técnicas como, por exemplo, a realização de ensaios de avaliação técnica de modelo, ou parte deles, por laboratórios acreditados;
- vi. estimular e apoiar o desenvolvimento e a expansão da indústria nacional de instrumentos de medição e de produtos pré-embalados;
- vii. prover suporte às exportações de produtos nacionais ampliando as atividades de metrologia legal para os instrumentos envolvidos nas cadeias produtivas relativas à exportação, atuando nas medições em portos e aeroportos, diminuindo barreiras técnicas e perdas advindas de medições no comércio internacional;
- viii. fortalecer a integração e o reconhecimento externo da metrologia legal brasileira em fóruns internacionais e regionais e em instituições estrangeiras relevantes, visando apoiar a inserção internacional dos setores produtivos afins;
- ix. ampliar, diversificar e aprimorar os programas de capacitação de recursos humanos para as atividades técnicas e de gestão da metrologia legal;
 - ✓ aprimorar a capacitação dos agentes atuantes na metrologia legal;
 - ✓ criar programa para capacitação de gestores da RBMLQ-I que atuam na metrologia legal;
- x. consolidar e ampliar parcerias com agências e órgãos reguladores;
- xi. promover e estimular atividades de pesquisa nos diversos campos de atuação da metrologia legal;
 - ✓ pesquisar indicadores de determinação de impacto e cobertura das atividades de metrologia legal, tais como distorção econômica e lucro social;
 - ✓ realizar estudos na área da metrologia legal para as principais cadeias produtivas estratégicas para as exportações no país;
 - ✓ desenvolver em parceria com a RBMLQ-I, novos métodos de medição para instrumentos já consolidados;
- xii. ampliar parcerias e convênios com instituições brasileiras e estrangeiras, objetivando a realização de estudos, projetos de cooperação e estágios nas áreas de interesse para o desenvolvimento da metrologia legal do País;
- xiii. fortalecer a presença do Inmetro nos Estados em parceria com a RBMLQ-I por meio dos escritórios de representação regionais;
- xiv. aprimorar a interface entre a regulamentação técnica metrológica e a normalização brasileira, assim como difundir o emprego do Guia de Boas Práticas de Regulamentação aprovado pelo Conmetro;
- xv. estimular o uso das normas da série ABNT NBR ISO 9000 e da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 na Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade – Inmetro;

- xvi. assegurar o uso correto das unidades legais de medida para produtos e serviços;
- xvii. adotar ações visando à confiabilidade metrológica considerando a forte e ampla utilização da tecnologia da informação nos instrumentos e sistemas de medição;
 - ✓ prover suporte as atividade envolvendo *software* e sistemas de informação e comunicação em metrologia legal;
 - ✓ prover suporte a pesquisas em novas áreas relativas a ICT na metrologia legal;
- xviii. ampliar e intensificar as atividades e ações de supervisão metrológica;
- xix. adequar o alinhamento da regulamentação metrológica brasileira a novos parâmetros internacionais estabelecidos pela Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) e outros fóruns internacionais de metrologia;
- xx. instituir o Premio Nacional de Metrologia Legal como forma de prover incentivo à novos projetos, métodos e inovações na metrologia legal;
- xxi. implantar um sistema de certificação, por competência e de terceira parte, para técnicos da metrologia legal.
- xxii. Fortalecer a atuação de Organismos de Avaliação da Conformidade (OAC) acreditados, no âmbito da metrologia legal como agentes complementares às atividades de Verificação Periódica desenvolvidas pelos órgãos integrantes da Rede Brasileira de Metrologia e Qualidade do Inmetro (RBMLQ-I);
- xxiii. Fortalecer a participação nas atividades desenvolvidas em fóruns internacionais de metrologia, em especial a OIML, indicando representante no Comitê Internacional de Metrologia Legal (CIML);

8. A ESTRUTURA NACIONAL PARA A CONFIABILIDADE DAS MEDIÇÕES

8.1. Concepção Geral

Os sistemas de metrologia, em praticamente todo o mundo, têm na sua estrutura operacional um conjunto de laboratórios de calibração e de ensaios, de produtores de materiais de referência e de provedores de ensaios de proficiência acreditados pelo organismo de acreditação nacionalmente reconhecido, cujo objetivo, em última análise, é prover confiabilidade metrológica ao usuário final.

Forma-se assim uma longa cadeia que tem como ponto de partida, o correspondente INM, instituição que idealmente estabelece as inter-relações com os sistemas e instituições internacionais, regionais e estrangeiros, de metrologia primária. Trata-se, portanto de um conjunto de instituições – públicas, privadas, e não governamentais – da maior importância

para o desenvolvimento do País e para a competitividade das empresas nacionais, nos mercados interno e externo. Neste contexto, o fator básico de sucesso repousa na confiabilidade do sistema e de cada uma de suas partes.

A confiabilidade do conjunto é proporcionada pela acreditação (reconhecimento de competência) das instituições envolvidas, concedido por organismos de acreditação amplamente aceitos e reconhecidos, tanto em âmbito nacional pelo Governo, a indústria e outras partes interessadas, quanto no âmbito internacional, por meio dos acordos de reconhecimento mútuo regionais e internacionais.

Os sistemas de reconhecimento de competência por meio da acreditação, além de conferir credibilidade aos serviços a serem prestados pelos laboratórios, produtores de materiais de referência e provedores de ensaios de proficiência, constituem um importante instrumento para sua articulação. Todavia, o conjunto formado por laboratórios, produtores e provedores acreditados é amplo e diversificado, constituído por organizações de naturezas jurídicas, subordinações formais e interesses econômicos bastante distintos, portanto a articulação, coordenação e supervisão dos integrantes constitui um desafio institucional e organizacional dos mais complexos.

Conceitualmente, trata-se de “organizações em rede”, onde nenhuma parte, mesmo os seus “nós” principais, têm autoridade formal sobre as demais. Dessa forma, o planejamento global, a articulação e o direcionamento estratégico têm importância crucial no domínio da metrologia, tendo em vista o atendimento à demanda dos setores produtivos, a satisfação dos clientes e o adequado funcionamento do conjunto.

Duas questões de caráter tecnológico afetam a competitividade das empresas brasileiras, quer no mercado interno, quer no externo: a capacidade de incorporação de inovações tecnológicas e gerenciais e o atendimento a requisitos especificados em normas e regulamentos técnicos aplicáveis aos seus produtos, processos produtivos e sistemas de gestão.

No primeiro caso, a ênfase da estratégia competitiva está na agregação de valor e na capacidade de reagir às demandas dos mercados mais dinâmicos que, contínua e crescentemente, requerem novos bens e serviços.

No segundo caso, a ênfase é na apresentação de evidências objetivas de que os bens e serviços ofertados atendem às exigências de caráter voluntário ou compulsório expressas pelos certificados de conformidade e suas formas correlatas. Em ambos os casos, a dinâmica do mercado vem imprimindo velocidade e intensidade crescentes a esses desafios.

No plano internacional, a redução das barreiras tarifárias ao comércio vem dando-se de maneira contínua. Entretanto, a cena internacional, apresenta forte tendência protecionista, sobretudo pela proliferação de medidas não tarifárias, dentre as quais a intensa regulamentação com base em requisitos técnicos, que requerem o amplo domínio dos processos metrológicos.

Esse fenômeno reforça o binômio qualidade – inovação, sendo o primeiro componente fortemente dependente da disponibilidade de uma robusta infraestrutura de Tecnologia Industrial Básica (TIB) (metrologia, normalização, avaliação da conformidade, acreditação, ensaios, inspeção, certificação, rotulagem e procedimentos de aprovação e de autorização, - esses últimos praticados por autoridades regulamentadoras), tanto quanto o esforço de

inovação depende de uma bem articulada capacidade de P&D, envolvendo parcerias entre empresas, universidades e centros de pesquisa.

A TIB, por reunir um conjunto de funções tecnológicas de uso indiferenciado pelos diversos setores da economia (indústria, comércio, agricultura e serviços), compreendendo, em essência, as funções de metrologia, normalização, regulamentação técnica e avaliação da conformidade (acreditação, ensaios, inspeção, rotulagem, certificação e outros procedimentos tais como autorização, aprovação, registro e homologação, etc.), tem suas atividades conduzidas pelo MCTIC, pelo MDIC/Inmetro e ainda pelos diversos ministérios setoriais e agências com atividades de regulamentação técnica (notadamente, saúde, energia, telecomunicações, transporte, trânsito, meio ambiente, saneamento e abastecimento de água e outros), bem como por diversas organizações da sociedade civil, o que confere grande complexidade à área.

Constata-se grande diversidade na base técnica que serve às distintas autoridades, sendo a mais abrangente e totalmente alinhada com os compromissos do Brasil junto à Organização Mundial do Comércio (OMC) a estrutura compreendida pelo Sistema metrológico brasileiro.

Tendo em vista o grande avanço que se obteve nesse campo pela utilização dos procedimentos adotados pelas entidades que integram o Sistema metrológico, por organismos regulamentadores, recomenda-se que seja realizado esforço com vistas à unificação dos diversos sistemas em uma base técnica única, preservando-se a autoridade regulamentadora nas diferentes áreas, de acordo com suas peculiaridades.

Os focos das ações devem estar dirigidos aos setores mais expostos à competição interna e externa, especialmente aqueles com maior impacto social.

8.2 Diretrizes Estratégicas para a Confiabilidade das Medições

- i. Ampliar a infraestrutura laboratorial, de provedores de ensaios de proficiência e produtores de materiais de referência na dimensão regional e setorial, com serviços de reconhecida competência, visando a atender à demanda;
- ii. aprimorar a qualidade e a competitividade dos serviços prestados e a excelência no atendimento ao cliente, segundo padrões internacionais;
- iii. manter uma constante harmonização entre as medições realizadas no País e aquelas realizadas no exterior;
- iv. estimular a utilização dos laboratórios prestadores de serviços metrológicos que tenham a competência técnica reconhecida.
- v. expandir e orientar o desenvolvimento dos laboratórios de calibração e de ensaio, tendo em vista o atendimento às demandas dos setores sócio-econômicos, às novas áreas da metrologia e às regiões mais carentes de serviços metrológicos;
- vi. expandir e orientar o desenvolvimento de provedores de ensaios de proficiência e produtores de materiais de referência tendo em vista o atendimento às demandas dos setores sócio-econômicos.

- vii. realizar de modo contínuo estudos de demanda e oferta de serviços metrológicos;
- viii. compor uma base de dados, de âmbito nacional, dos laboratórios metrológicos;
- ix. estimular os laboratórios do País a adotar práticas condizentes com as normas técnicas brasileiras e internacionais;
- x. conscientizar as entidades de classe e governamentais, agências reguladoras, empresas, técnicos e auditores, para os benefícios advindos da utilização dos serviços de laboratórios com reconhecida competência técnica;
- xi. criar mecanismos de incentivo a laboratórios, produtores de materiais de referência e provedores de ensaios de proficiência não acredita dos para buscarem a acreditação pela Coordenação-Geral de Acreditação (Cgcre) do Inmetro;
- xii. promover e articular políticas públicas que incentivem a demanda por serviços de laboratórios, produtores de materiais de referência e provedores de ensaios de proficiência acreditados, especialmente a sua divulgação e a sua promoção;
- xiii. apoiar as Redes Metrológicas Estaduais tendo como contrapartida destas o compromisso de estimular e auxiliar os laboratórios a se acreditarem junto à Coordenação-Geral de Acreditação (Cgcre) do Inmetro;
- xiv. apoiar os laboratórios, produtores de materiais de referência e provedores de ensaios de proficiência no sentido de identificar as demandas e capacitá-los a captar recursos junto aos fundos setoriais e agências de fomento para melhoria da capacitação e da infra-estrutura laboratorial;
- xv. sensibilizar os organismos de fomento de âmbito nacional e estadual e instituições municipais a apoiar projetos voltados para capacitação e infraestrutura de laboratórios de ensaios e de calibração, de provedores de ensaio de proficiência e de produtores de materiais de referência;
- xvi. incentivar a implantação de programas de ensaios de proficiência e a sua acreditação pela Coordenação-Geral de Acreditação (Cgcre) do Inmetro;
- xvii. incrementar a participação de laboratórios do País em programas de comparação e ensaios de proficiência nacionais, regionais e internacionais;
- xviii. apoiar e facilitar o esforço nacional para a normalização;
- xix. conduzir as atividades de reconhecimento da competência técnica de laboratórios, produtores de materiais de referência e provedores de ensaios de proficiência de forma alinhada com as práticas internacionais e levando-se em consideração as especificidades geopolíticas nacionais;
- xx. apoiar os comitês do Conmetro, bem como seus respectivos subcomitês, no âmbito do Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade (PBAC);

- xxi. incentivar a produção e a certificação de materiais de referência, e a sua acreditação pela Coordenação-Geral de Acreditação (Cgcre) do Inmetro.

9. METROLOGIA E MEIO AMBIENTE

9.1. Metrologia e Sustentabilidade

Políticas de proteção ambiental, social e econômica, isto é, de sustentabilidade, podem ser incorporadas por meio dos três pilares da Infraestrutura da Qualidade: regulamentos e normas técnicas, procedimentos de avaliação da conformidade e metrologia. Esses instrumentos são utilizados pelas sociedades para lidar com questões afetas à otimização da produção, saúde, proteção do consumidor, meio-ambiente, segurança e qualidade. Seu sólido desenvolvimento e efetiva implantação promovem desenvolvimento sustentável, bem-estar e facilitam o comércio. Governos e corporações adotaram políticas comprometidas com o desenvolvimento sustentável. Medições confiáveis são essenciais para garantir todos esses aspectos requeridos para o desenvolvimento sustentável das nações e regulamentos e padrões têm como requisito fundamental serem mensuráveis. Porém, infelizmente, não há ainda consenso sobre como medir sustentabilidade. Uma análise recente da base de dados do Scopus verificou que das 96.290 publicações listadas contendo a palavra Sustentabilidade, apenas 0,1% estão relacionadas à “*Sustainability and Measurements*”. Essa é uma situação que pode gerar situações conflitantes, pois o que não se medir não pode ser avaliado adequadamente, indicando a importância crucial de estudos nesta área.

O mundo atravessa um momento onde conflitos sociais, originários na busca por reformas e maior participação da sociedade na definição de suas prioridades, vêm desestabilizando diversos governos estabelecidos há décadas. A economia mundial, fortemente globalizada, passa por uma crise de extrema gravidade, que explodiu em 2008, cujas conseqüências se fazem sentir hoje em todo mundo e cujo desdobramento é imprevisível.

Uma das mais graves ameaças para as futuras gerações diz respeito às emissões de Gases do Efeito Estufa (GHG), devido às atividades do homem, que afetam o clima da Terra e levam ao aquecimento global, com conseqüências que poderão vir a ser dramáticas para a humanidade. Estas três situações presentes em nosso cotidiano estão associadas respectivamente a aspectos sociais, econômicos e ambientais, que podem ser claramente identificados como não sustentáveis e que desestabilizam não apenas regimes locais ou regionais, mas podem comprometer o próprio futuro do que hoje entendemos como civilização.

Encontrar uma solução adequada para esses tipos de situações é vislumbrar um mundo onde todos tenham as suas atuais necessidades sociais, econômicas e ambientais plenamente atendidas, nos diversos contextos políticos e culturais. No entanto, é importante que, ao mitigar os problemas do presente, a habilidade das futuras gerações definirem seus próprios caminhos e prioridades não seja comprometida. Este é o conceito de sustentabilidade, cujos benefícios do Desenvolvimento Sustentável são hoje metas de todas as sociedades.

Desenvolvimento Sustentável é “*o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade de gerações futuras em atender às suas necessidades*” (“Nosso Futuro Comum” – *Gro Harlem Brundtland - BrundtlandUN-Report*, 1987). Ele possui três dimensões (3D) básicas, interdependentes e mutuamente reforçadoras: ambiental, econômica e sócio-política, cuja intersecção constitui os “três eixos” (*Triple Bottom Line*,

TBL) do desenvolvimento sustentável: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são termos usados em muitas situações. Uma maneira simples de distingui-los é entender o desenvolvimento sustentável como o objetivo a ser alcançado através da sustentabilidade.

É inegável que as exportações de muitos produtos brasileiros têm sido bastante afetadas por medidas protecionistas que distorcem há décadas o mercado internacional. As barreiras tradicionais mais evidentes, mantidas particularmente por países desenvolvidos, têm sido relacionadas a preços, tais como quotas tarifárias e transferências diretas de recursos aos produtores. Estas barreiras vêm sendo substituídas gradativamente por novos mecanismos protecionistas, entre os quais se destacam as barreiras não tarifárias (BNT), especificamente as barreiras técnicas (BT) e, através de diretivas internacionais cada vez mais podem surgir barreiras não tarifárias envolvendo aspectos relacionados à sustentabilidade. Desenvolver metodologias capazes de medir sustentabilidade baseadas em princípios reconhecidos e aceitos internacionalmente, é importante para que o País possa avaliar o êxito de suas políticas ambientais, sociais e econômicas integradas em uma política de desenvolvimento sustentável. Isso possibilita enfrentar possíveis questionamentos em fóruns internacionais. Essas são algumas das razões que motivam e justificam a busca de metodologias sobre como se proceder para medir sustentabilidade adequadamente.

Como mencionado, políticas de sustentabilidade podem ser incorporadas de maneira muito eficiente por meio da Infraestrutura de Qualidade. Requisitos da sustentabilidade podem ser introduzidos por padrões metrológicos, normas e regulamentos que guiam o desenvolvimento sustentável de um produto, um processo ou um serviço, exigindo medições confiáveis aceitas globalmente.

Medir sustentabilidade implica em encontrar indicadores representativos capazes de prover informações adequadas sobre as três dimensões (3D) da sustentabilidade, a partir de bancos de dados de governos, organizações, corporações e indivíduos. Esses indicadores devem representar dimensões ou aspectos associados a cada uma das 3D. Portanto, sustentabilidade está associada a sistemas multidimensionais complexos e dinâmicos. O conjunto dos indicadores escolhidos deve ser ótimo, representativo e caracterizar adequadamente o sistema complexo.

No entanto, devido à dificuldade de tratarmos sistemas multidimensionais complexos, embora possam ser encontradas importantes iniciativas, presentemente não existe uma metodologia padrão para de medir sustentabilidade, o que torna difícil a comparação de resultados e uma avaliação quantitativa dos sucessos e fracassos. É importante ressaltar que o conceito de sustentabilidade é sempre relativo, dinâmico e dependente do contexto. Implantar políticas de sustentabilidade significa fazer escolhas avaliando diferentes alternativas. Nestas situações, métricas são instrumentos que muito auxiliam nas tomadas de decisões. Evidentemente, a dificuldade em analisar um sistema complexo aumenta com suas dimensões e sempre é interessante procurar técnicas capazes de simplificar sua complexidade reduzindo suas dimensões. Um desafio é encontrar um método capaz de agregar todos os indicadores que definem um sistema multidimensional em um único indicador i.e., em uma única métrica ou um indicador composto. Todos estes aspectos devem estar presentes ao se procurar uma métrica que defina sustentabilidade adequadamente.

9.2. Metrologia para o Meio Ambiente

As questões relativas à proteção ambiental aparecem como um dos temas mais relevantes deste século, especialmente devido às dúvidas que se colocam sobre os impactos da ação do homem sobre o meio ambiente. Do ponto de vista histórico, o debate sobre sustentabilidade ganhou visibilidade internacional devido às implicações que a ação do homem teve sobre o meio ambiente, em particular os diferentes cenários associados às mudanças climáticas, podem afetar o futuro de nossa civilização.

Atualmente, é sabido que as emissões de origem antropogênica contribuem para o aumento dos Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera e, portanto, são um fator importante na compreensão dos possíveis cenários das mudanças climáticas. No entanto, uma avaliação mais precisa e confiável destes cenários enfrenta uma série de desafios, onde as medições e, portanto, a metrologia têm importância fundamental.

Políticas e programas de proteção ambiental, incorporadas à agenda nacional têm na infraestrutura brasileira de regulamentos e normas técnicas, avaliação da conformidade, acreditação e metrologia, os instrumentos e as alianças necessárias para alicerçar sua implementação e reconhecimento.

Regulamentos e normas técnicas exprimem formalmente o que uma sociedade deseja implantar; exercem importante papel na promoção da segurança, qualidade e compatibilidade técnica, proteção de consumidores e meio-ambiente e, com a globalização dos mercados, tornou-se crítica para o comércio internacional. Os procedimentos de avaliação da conformidade, ensaios, inspeções e certificações, demonstram à sociedade que os produtos, processos e serviços satisfazem às suas exigências expressas em requisitos dos regulamentos e das normas.

A acreditação reconhece competência de quem executa os procedimentos de avaliação da conformidade. A metrologia, ciência das medições e dos padrões, fornece o indispensável ferramental para medições confiáveis. Esses instrumentos são cada vez mais úteis para lidar com questões de otimização da produção, condições de saúde e segurança, de proteção do consumidor, de preservação do meio-ambiente e da qualidade. Desenvolvidos e implantados de forma sólida apóiam a promoção do desenvolvimento sustentável, o bem-estar e a facilitação do comércio.

Em meio às crescentes preocupações com a escassez de recursos naturais e ao aumento da geração de resíduos é cada vez mais importante a aplicação de ferramentas, de políticas e de metodologias que reduzam os impactos ambientais negativos das atividades produtivas e promovam os padrões de consumo ambientalmente conscientes.

Uma das ferramentas utilizadas para apoiar as políticas de sustentabilidade, é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de produtos, processos e serviços. A ACV é um instrumento de gestão ambiental que permite às organizações entenderem as incidências ambientais dos materiais, dos processos e dos produtos, podendo a informação obtida permitir a inovação, o desenvolvimento de novos produtos e detecção de melhorias a serem aplicadas, além de formular estratégias comerciais específicas. Segundo definição da *United Nations Environment Programme* (UNEP), ACV é um processo para avaliar as cargas ambientais associadas a um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação de energia e materiais usados e resíduos liberados.

Medições confiáveis são essenciais para garantir aspectos requeridos para um desenvolvimento sustentável. Na vertente ambiental, por exemplo, a proteção ambiental passa pelo cumprimento de limites poluentes pré-estabelecidos no ar, água e solo e, conseqüentemente, em medições físicas, químicas e biológicas acuradas.

Medições acuradas são fundamentais para serem utilizadas em bases de dados de modelagens computacionais que são os instrumentos disponíveis para projetar cenários futuros de mudanças climáticas. Devido à natureza do problema climático, essas modelagens envolvem sistemas caóticos, não lineares, que dependem fortemente das condições iniciais e de contorno, ou seja, da base de dados utilizada. Pequenas variações nestas condições podem levar a resultados completamente diferentes. A metrologia tem uma contribuição fundamental a dar nesta área reduzindo as incertezas nas projeções dos diferentes modelos.

Outro aspecto a ser considerado é que, para colocar muitos de seus produtos de forma competitiva no mercado internacional, o Brasil terá que se preparar para avaliar, prever e responder adequadamente sobre os impactos sócio-ambientais. É fato que as tradicionais barreiras tarifárias estão sendo substituídas por novos mecanismos protecionistas, entre os quais se destacam as barreiras não tarifárias ambientais.

Tendo em vista a importância global do tema, o Brasil deve, portanto se estruturar para responder às demandas e desafios que surgem neste setor, estabelecendo ações estratégicas da Metrologia para o Meio Ambiente.

9.3. Diretrizes Estratégicas

- i. Desenvolver metodologias adequadas para medir sustentabilidade;
- ii. estabelecer parcerias, nacionais e internacionais, no tema sustentabilidade, para estudar, definir e harmonizar procedimentos e métodos para métricas para sustentabilidade;
- iii. apoiar iniciativas que visem estabelecer métodos e procedimentos para garantir exatidão nas medições das emissões e concentrações de poluentes no ar, na água e solo;
- iv. incentivar a produção e o uso de Materiais de Referência Certificados (MRC);
- v. estabelecer parcerias, nacionais e internacionais, no tema de emissões de GEE, para (a) estudar, definir e harmonizar procedimentos e métodos para medições, verificação e quantificação de fontes e sumidouros de GEE; (b) desenvolver padrões e procedimentos visando harmonizar internacionalmente as avaliações de emissões de GEE; (c) expandir a base científica necessária para atuar na área de medições e de modelagem de GEE e estabelecer procedimentos para melhor compreender as fontes e sumidouros no Brasil;
- vi. apoiar a implantação do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV), especialmente na elaboração dos inventários e nos estudos que auxiliem na identificação das principais categorias de impactos ambientais para o Brasil

10. A EDUCAÇÃO EM METROLOGIA

10.1. Contexto

O reaquecimento da economia, o crescimento da indústria e das exportações brasileiras e, conseqüentemente, a superação da crise que o País atravessa vêm exigindo cada vez mais investimentos em formação de mão de obra especializada, sobretudo em atividades de qualificação técnica, entre os quais os profissionais de metrologia.

A educação de qualidade em todos os níveis é um fator fundamental para o desenvolvimento e o principal mecanismo de redução permanente da desigualdade social. Atualmente existe consenso de que o investimento permanente na formação de cidadãos, além de um elemento chave para a melhoria das condições de vida da população em geral, é fundamental para o crescimento da nação. As novas tecnologias e os desafios de um mercado globalizado altamente competitivo conferem um relevante papel à educação, e em particular à educação profissional, que pode ser considerada estratégica para a Inovação e competitividade na nova ordem econômica mundial.

É necessário frisar que o desenvolvimento industrial, a melhoria da qualidade de nossos processos e produtos e o aumento da competitividade exigirão profissionais com boa formação em metrologia e avaliação da conformidade. A sociedade empresarial tem demandado capacitações específicas, de modo a atender aos requisitos exigidos pela competitividade.

Contudo, em muitas das áreas de formação profissional, ainda há uma carência clara de conceitos fundamentais de metrologia. Profissionais não afeitos à área metrológica, como profissionais das áreas da saúde e ambientais, técnicos de laboratórios e dos setores industriais, entre outros, necessitam cada vez mais lidar com equipamentos e instrumentos sofisticados, de alta tecnologia, em situações em que os processos de medição e as grandezas medidas devem ser bem conhecidos, interpretados, analisados e tratados no sentido de refletirem valores confiáveis, muitas vezes com grande impacto na saúde, segurança e meio ambiente. Mesmo nas ciências físicas e engenharia são realizadas medições em que se utilizam normas e regulamentos técnicos que necessitam da compreensão adequada do processo de medição, bem como expressão correta dos resultados e das incertezas associadas.

É nesse contexto que a ampliação e disseminação de informações acerca dos princípios de metrologia, barreiras técnicas, avaliação da conformidade e normalização para a população em geral poderá proporcionar à sociedade conhecimentos técnicos que auxiliem o cidadão a conhecer os seus direitos e melhorar sua qualidade de vida.

Em relação à Formação e Qualificação Profissional, está claro que a demanda por mão de obra qualificada, oriundos de cursos técnicos e profissionalizantes em todos os níveis, cresce a taxas superiores à do crescimento da economia. Além disso, o perfil da formação profissional precisa adequar-se às necessidades de crescimento baseado na inovação.

A importância e o apoio do governo ao ensino profissional tem sido asseverado em diversas ações, entre elas o Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec), o Plano Nacional de Educação (PNE), e o

Plano Brasil Maior, que enfatizam como uma das principais metas do governo o apoio e o aumento de oferta de educação profissional.

O Plano Nacional de Educação para o decênio 2011-2020 (PNE - 2011/2020) tem diversas metas e estratégias voltadas para a expansão do ensino profissionalizante no País, como a expansão da oferta de matrículas na educação profissional técnica, que se alinham completamente com os cursos técnicos de metrologia e de biotecnologia ofertados pelo Inmetro. Do mesmo modo, a recente reforma do ensino médio, uma mudança na estrutura do sistema atual, visando aproximar a escola da realidade dos estudantes à luz das novas demandas profissionais do mercado de trabalho, facilita a formação técnica e profissional. O novo ensino médio permitirá que o jovem opte por uma formação técnica profissional dentro da carga horária do ensino médio regular.

Considerando o atual contexto, as ações no campo da educação, particularmente nas áreas de metrologia e avaliação da conformidade, realizadas ou apoiadas pelo Inmetro, devem partir de alguns pressupostos básicos, inerentes às suas características como Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, descritas ao longo deste documento:

- i. a consolidação do Inmetro como uma instituição de ensino, em consonância com a Lei nº 12.545, de 14 de dezembro de 2011, que reformulou as atribuições do Inmetro, exigindo do Instituto um papel de fundamental importância na pesquisa e produção de conhecimento em metrologia e qualidade, contribuindo para a formação de profissionais especializados em metrologia;
- ii. o Inmetro deve atuar na formação de profissionais que possam contribuir significativamente para a continuidade do crescimento da economia e para as exportações das indústrias brasileiras; deve ter papel central na introdução de conceitos básicos de metrologia na formação profissional, seja na educação formal, em seus diversos níveis, seja na educação continuada, formando profissionais altamente qualificados para atender à demanda por estes profissionais, entre outros, nas indústrias, universidades, laboratórios acreditados, laboratórios atuantes junto aos órgãos reguladores;
- iii. a consolidação do Inmetro para o efetivo exercício de suas funções e para garantia de capacidade de resposta à dinâmica da produção de ciência e tecnologia, com o desenvolvimento de novos processos e equipamentos, requer política permanente de capacitação de seus servidores, bem como dos profissionais envolvidos em suas atividades finalísticas.

10.2. Diretrizes estratégicas

A consolidação do Inmetro como instituição de referência na educação e na disseminação da cultura metrológica e da avaliação da conformidade norteia a proposição das diretrizes estratégicas abaixo elencadas:

- i. intensificar as parcerias com as instituições de ensino brasileiras visando a inserção de conteúdos de metrologia nas disciplinas dos cursos de nível superior e profissionalizantes;
- ii. promover e estimular a produção e publicação de literatura, incluindo livros didáticos,

- teses, estudos e pesquisas no âmbito da metrologia;
- iii. promover uma política de incentivo à realização de cursos especializados, congressos, seminários, workshops e outros eventos de capacitação em metrologia, incluindo a consolidação e expansão dos eventos nacionais, estrangeiros e internacionais de metrologia;
 - iv. promover, estimular e realizar programas e ações para conscientização e sensibilização dos poderes públicos, setores produtivos de ensino, consumidores e população em geral, sobre os aspectos estratégicos associados à metrologia legal;
 - v. estimular a mobilização nas associações técnicas e científicas, bem como entidades de classe, para a difusão da cultura metrológica e da normalização técnica junto aos seus associados;
 - vi. ampliar e aprimorar os programas de capacitação de recursos humanos para as operações e administração da metrologia legal, especialmente para os integrantes da RBMLQ-I e Redes Metrológicas Estaduais, bem como criar mecanismos para multiplicar o número de auditores e avaliadores qualificados no Brasil;
 - vii. consolidar e expandir os programas de ensino técnico profissional e de Pós-Graduação do Inmetro, ampliando a oferta à sociedade de cursos relacionados à Metrologia, Avaliação da Conformidade e Tecnologia;
 - viii. incentivar a implantação de escolas e de cursos técnicos profissionalizantes de nível médio em todas as regiões do Brasil, em consonância com os programas de governo existentes;
 - ix. elaborar o programa de residência tecnológica em metrologia, avaliação da conformidade e tecnologias, visando à capacitação técnica associada ao treinamento especializado;
 - x. promover a capacitação de docentes e a realização de cursos especializados em metrologia e avaliação da conformidade;
 - xi. implementar programas para formação e certificação de pessoas com competências necessárias para exercer as funções de técnicos, especialistas e agentes em metrologia e avaliação da conformidade;

11. METROLOGIA PARA APOIO À INOVAÇÃO

O desafio de promover a capacidade de converter ideias em valor é fator preponderante para o sucesso da atividade empresarial de um país. Em um cenário crescentemente competitivo inovações tecnológicas acrescentam valor aos produtos e ganhos em processos produtivos. A promoção de uma cultura inovadora é fundamental para as nações que buscam a ampliação de seus mercados, a geração de empregos qualificados, o aumento da renda dos trabalhadores e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Mudanças tecnológicas cada vez mais rápidas têm obrigado países como o Brasil a realizar enorme esforço para avançar na geração e utilização do conhecimento técnico-científico, a

partir da criação de capacidades e competências em áreas estratégicas. Por isso é fundamental que o avanço da indústria brasileira se apoie, sobretudo, no desenvolvimento científico e tecnológico endógeno e em sua incorporação crescente ao processo produtivo, diferenciando-se competitivamente por meio de inovações.

Nos últimos anos muito se avançou na construção de um ambiente favorável à inovação no País e ajustes têm sido feitos nos mecanismos de apoio empresarial e as questões de inovação têm constituído pauta da agenda empresarial, dentro de uma estratégia competitiva.

Os esforços públicos para a consolidação da cultura da inovação encontram suporte no Programa Brasil Mais Competitivo, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços e na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Telecomunicações para o período 2013-2017. Ambas as políticas têm como foco a inovação e o adensamento produtivo do parque industrial brasileiro, objetivando ganhos sustentados da produtividade do trabalho.

O Programa visa trazer ganhos de eficiência em curto prazo para as pequenas e médias empresas, atuando na dimensão microeconômica da política industrial, oferecendo instrumentos para melhorar o padrão médio de desempenho da indústria brasileira e um dos pilares da Estratégia Nacional de C&T&I é a realização de investimento em inovação produtiva com o intuito de superar as defasagens tecnológicas observadas na indústria brasileira.

Nesse esforço de apoio à inovação nas empresas, a metrologia tem papel estruturante, pois a infraestrutura laboratorial metrológica existente, organizada em suas diversas redes como ofertantes de serviços metrológicos, com a qualidade exigida pelo mercado, pode contribuir para o setor empresarial reduzindo custo e tempo do desenvolvimento e avaliação das inovações.

Hoje, o Sistema Brasileiro de Metrologia conta com um Inmetro forte, competente e respeitado, bem como com diversas redes, estaduais e temáticas, que asseguram uma oferta de serviços metrológicos os quais, embora havendo carências setoriais e espaciais, possuem plenas condições para apoiar, de forma eficaz, o setor produtivo, agilizando os processos de inovação nas empresas, além de validar etapas do processo de desenvolvimento e minimizar riscos para as empresas.

Para isso é fundamental compreender as reais necessidades do setor produtivo, de forma a permitir a construção de políticas e instrumentos públicos de apoio efetivo à competitividade do setor produtivo brasileiro.

No esforço de potencializar a inovação nas empresas, o Sistema Brasileiro de Metrologia, com fulcro no Inmetro, pode contribuir da seguinte forma:

- i. conhecer adequadamente a demanda empresarial por ensaios, calibrações e materiais de referência certificados, e sua distribuição geográfica e setorial;
- ii. avaliar, dentro dos preceitos de resultado, os investimentos e os serviços do Sistema Brasileiro de Metrologia;
- iii. prospectar e desenvolver novas tecnologias no campo metrológico, com foco nas

necessidades da empresa nacional e na disseminação do conhecimento para a sociedade;

- iv. oferecer ambiente de negócio propício ao desenvolvimento de novos empreendimentos tecnológicos, por meio da incubação de projetos tecnológicos;
- v. colaborar na atração de investimento externo e instalação de centros e projetos de P&D de empresas estrangeiras no seu Parque Tecnológico;
- vi. 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;
- vii. ampliar a disseminação de informações sobre o potencial prestador de serviços metrológicos do sistema brasileiro de metrologia;

11.1. Diretrizes estratégicas

- i. desenvolvimento de materiais de referência para a indústria em áreas estratégicas identificadas e priorizadas na Estratégia Nacional de C&T&I para o período 2013-2017;
- ii. desenvolvimento de pesquisas para geração de novas tecnologias buscando a transferência deste conhecimento para empresas interessadas;
- iii. promoção de eventos com objetivo de compartilhar experiências e encontrar soluções tecnológicas em conjunto com a indústria;
- iv. promoção de painéis setoriais, visando aproximar os pesquisadores do Instituto da indústria;
- v. incubação de projetos tecnológicos para desenvolver tecnologias com o auxílio dos laboratórios do Instituto;
- vi. implantação do Parque Tecnológico do Inmetro, lócus para o desenvolvimento colaborativo de P&D entre setor público e privado;
- vii. ampliar esforços de intercomparação e ensaios de proficiência entre laboratórios;
- viii. complementar e fortalecer a capacidade laboratorial metrológica de forma a atender às demandas do setor produtivo, observando as especificidades setoriais e territoriais;
- ix. construir mecanismos para as empresas de menor porte disporem de acesso e uso de serviços metrológicos;
- x. ampliar a capacitação e qualificação de profissionais para atuar nas questões metrológicas nos laboratórios, redes e empresas;
- xi. adotar os mecanismos previstos em lei para comercialização dos produtos da pesquisa tecnológica institucional;

- xii. adotar os mecanismos previstos em lei para remunerar os criadores das tecnologias da Instituição transferidas ao mercado.

12. Balanço Social: identificação de ações sociais do Governo

Com o intuito de atender aos anseios de cidadãos cada vez mais exigentes, foi criada no século XX uma série de ferramentas que possibilitam as empresas apresentarem-se de modo cada vez mais transparente, quantificando suas ações, outrora despercebidas, apresentando-as sob a forma do que se convencionou chamar “Balanço Social”. Estes balanços buscam retratar as questões de sustentabilidade e o relacionamento entre as instituições no setor privado, quantificando-as. Desse modo, o desafio das empresas tem sido formalizar e buscar quantificar e qualificar as ações voltadas não só a aspectos econômicos e financeiros como também questões sociais.

Porém, a forma como estas informações são apresentadas são de difícil entendimento, não só para a população, como para a classe política. Afinal, se o social é a razão de ser do Estado, é necessário um modelo mais simples, enxuto, que apresente de forma fácil e intuitiva os resultados apresentados por uma empresa pública. Não só os valores financeiros poderiam ser abordados, como também as evidências quantitativas de como esses valores melhoram as condições de vida da população.

Nesta linha, questões precisam ser respondidas: assumindo que a sociedade é o beneficiário direto das ações decorrentes de empresas públicas, como apontar o retorno social dessas ações? Como quantificar este “retorno” em função das ações ou dos processos gerenciados/fiscalizados por entidades públicas? Como mensurar o benefício, o valor ou a economia gerados pela ação direta ou indireta do Estado?

Para responder a essas perguntas, foi elaborado um modelo voltado exclusivamente para o setor público, enfatizando a variável “Lucro Social” como uma ferramenta de transparência das ações sociais do Governo. Por definição, lucro social “é a quantificação do retorno e/ou economia, em prol da sociedade, dos investimentos feitos em função da ação de um órgão governamental, quer seja diretamente, através das ações de fiscalização, regulação e controle, ou indiretamente, através de desdobramentos de duas ações.

Numa visão simplista, a ferramenta realiza um balanço entre o custo operacional para execução de um processo (pessoal, infraestrutura, treinamento, etc.) e seu retorno (quantificável) para a sociedade. Sendo a função primária do Inmetro sustentar a autodeterminação do Brasil, agindo como agente regulador de comércio de bens e serviços no Brasil e do país com o mundo, atendendo aos princípios fundamentais da República Federativa do Brasil, insculpidos nos artigos 1º, incisos I e IV, 3º inciso II e 4º incisos I e IX da CF 088 que tratam da soberania, valores sociais do trabalho e da livre iniciativa, garantia da independência nacional, cooperação entre os povos para o progresso da humanidade, o Balanço Social e a variável “Lucro Social” se mostram extremamente úteis na elaboração de estratégias direcionadas que produzam o maior impacto social positivo com o menor custo na execução, servindo inclusive como ferramenta de análise e gestão, além de transparência e *marketing*.

Exemplos:

1. A ação de controle metrológico legal por parte do Inmetro e Polícia Rodoviária Federal nas balanças rodoviárias instaladas em rodovias federais gera uma economia aos cofres públicos cerca de 1 bilhão de reais/ano em recapamento.

2. A ação do Inmetro em perícias e verificações por solicitação de usuário/proprietário em medidores de energia elétrica gerou no estado do Maranhão, no ano de 2015, cerca de 1 milhão de reais em arrecadação de imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) por recuperação de receita e foi responsável direto na revisão dos valores da tarifa de energia elétrica em São Luís.

3. A disponibilização pelo Inmetro de serviços de medição, principalmente por meio da Diretoria de Metrologia Científica e Tecnologia (Dimci), reduz o ônus do parque de laboratórios de ensaios, calibração e produção de materiais de referência e, conseqüentemente, de toda a cadeia produtiva. A disponibilização de tais serviços evita que laboratórios e outras organizações tenham que recorrer aos serviços de laboratórios e Institutos Nacionais instalados em outros países. Isso reduz, substancialmente, o custo dos laboratórios, seus clientes e, conseqüentemente, de toda a sociedade. Tais serviços envolvem diversas áreas da atividade econômica e representam uma forma de mantermos a soberania tecnológica e capacidade produtiva do país, com o nível de qualidade e reconhecido por meio de acordos internacionais.

SIGNIFICADO DAS SIGLAS USADAS NESTE DOCUMENTO

Sigla	Significado
ABC	Agência Brasileira de Cooperação
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AEB	Agência Espacial Brasileira
ANA	Agência Nacional de Águas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ANS	Agência Nacional de Saúde
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BAM	<i>Bundesanstalt für Materialforschung und – prüfung</i> (da Alemanha)
BIPM	Bureau Internacional de Pesos e Medidas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BNM	Bureau Nacional de Metrologia
CBAC	Comitê Brasileiro de Avaliação da Conformidade
CBM	Comitê Brasileiro de Metrologia
CCQM	Comitê Consultivo de Quantidade de Substância
CMED	Câmara de Regulação do Mercado de Medicamentos
CENAM	Centro Nacional de Metrologia (do México)
CODIS	<i>Combined DNA Index System</i>
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CTEC	Centro De Tecnologia E Qualidade
CGPM	Conferência Geral de Pesos e Medidas
CIML	Comitê Internacional de Metrologia Legal (do OIML)
CIPM	Comitê Internacional de Pesos e Medidas (do BIPM)
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CRCN	Centro Regional de Ciências Nucleares
CSIR	<i>Council of Scientific and Industrial Research</i>
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DGKC	<i>Deutscher Gesellschaft für Klinische Chemie</i> (da Alemanha)
DNA	Ácido Desoxirribonucleico

DKD	Deutscher Kalibrierdienst (da Alemanha)
DSHO	Divisão Serviço da Hora (do Observatório Nacional)

EAD	Ensino a distância
END	Estratégia Nacional de Defesa
ENTIB	Escola Nacional de Tecnologia Industrial Básica
FBI	<i>Federal Bureau of Investigation</i>
FINAME	Financiamento de Máquinas e Equipamentos (do BNDES)
GATS	Acordo Geral de Comércio e Serviços (<i>General Agreement on Trade in Service</i>)
GEE	Gases de Efeito Estufa
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GVG	Gradientes Verticais da Gravidade
HLB	Hora Legal Brasileira
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação e Mercadorias e Serviços
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEN	Instituto de Engenharia Nuclear
ILAC	<i>International Laboratory Accreditation Cooperation</i>
INM	Instituto Nacional de Metrologia
IMEKO	<i>International Measurement Confederation</i>
INNOQ	Instituto Nacional de Normalização e Qualidade
IPEM	Instituto de Pesos e Medidas
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria (da CNEN)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LED	<i>Light-Emitting Diodes</i>
LFC	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
LGC	Laboratory of the Government Chemist
LNE	<i>Laboratoire National de Métrologie et d'Essais</i> (da França)
LNMRI	Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (do IRD)
LPTF	Laboratório Primário de Tempo e Frequência (do ON)
MAA	<i>Mutual Acceptance Arrangement</i> (no âmbito da OIML)
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MD	Ministério da Defesa
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MEC	Ministério da Educação
MEP	<i>Manufacturing Extension Partnership</i> (Programa do NISDT)
MESURA	Nome de um programa específico do CENAM, do México
MoU	Memorando de Entendimento
MPE	Micro e pequena empresa

MRA	<i>Mutual Recognition Arrangement (do CIPM)</i>
MRC	<i>Material de referência certificado</i>
MS	<i>Ministério da Saúde</i>
NBR	<i>Norma Brasileira (Norma Técnica Brasileira, da ABNT)</i>
NEL	<i>National Engineering Laboratory (dos Estados Unidos)</i>

NIST	<i>National Institute of Standards and Technology (dos Estados Unidos)</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NPL	<i>National Physical Laboratory (do Reino Unido)</i>
NWML	<i>National Weights & Measures Laboratory (dos Estados Unidos)</i>
OAC	Organismo de Avaliação de Conformidade
OCD	Organismo de Certificação Designado (na área da ANATEL)
OIML	Organização Internacional de Metrologia Legal
OMC	Organização Mundial do Comércio
ON	Observatório Nacional (do Rio de Janeiro)
PAC	Programa de Aceleração do Desenvolvimento (do Governo)
PACTI	Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação (do MCT)
PBAC	Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade
P&D&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDE	Plano de Desenvolvimento da Educação (do MEC)
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PIB	Produto Interno Bruto
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PNAE	Programa Nacional de Atividades Espaciais (da AEB)
PNQ	Plano Nacional de qualificação
PROMINP	Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural
PTB	<i>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</i>
RBC	Rede Brasileira de Calibração
RBLE	Rede Brasileira de Laboratório de Ensaios
RBMLQ-I	Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade - Inmetro
REBLAS	Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde.
RF	Rádio Frequência
RGFB	Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira
SAC	Serviço de Atendimento ao Cliente
SBM	Sociedade Brasileira de Metrologia
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESI	Serviço Social da Indústria
SINMETRO	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
SFC	Sistemas Físicos- Cibernéticos
SI	Sistema Internacional de Unidades

SIBRATEC	Sistema Brasileiro de Tecnologia
SIM	Sistema Interamericano de Metrologia
SMAT	Sistemas de Medição de Alta Tensão
SIME	Ministério da Indústria Sideromecânica
SINDAE	Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
SISMETRA	Sistema de Metrologia Aeroespacial
SMN	Serviço de Medicina Nuclear

SPEA	Strategic Planning and Economic Analysis (do NIST)
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
TIB	Tecnologia Industrial Básica
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TIP	<i>Technology Innovation Program</i> (Programa do NIST)
UBA	<i>Umweltbundesamt</i> (da Alemanha)
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UTC	Tempo Universal Coordenado
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados