

Metrologia: pilar da inovação

Humberto S. Brandi¹ & Taynah L. Souza²

1. Introdução

Para prover suas populações de alimentação, água potável, abrigo, transporte, saúde e um sistema de educação acessível, os países necessitam de uma infraestrutura básica. No entanto, para todas as sociedades que desejam ser capazes de inovar, uma sólida infraestrutura é mandatória.

Uma infraestrutura apropriada a estimular os processos de inovação pode ser incorporada por meio de regulamentos técnicos, metrologia, normas e procedimentos de avaliação da conformidade (ISO, 2006). Esses instrumentos são utilizados pelas sociedades para lidar com questões afetas à otimização da produção, da saúde, do consumidor, do meio ambiente, da segurança e da qualidade. Seu sólido desenvolvimento e efetiva implementação promovem desenvolvimento sustentável, bem-estar, inovação e facilitam o comércio. Uma forma simples de se entender como este arcabouço estabelece formalmente os três pilares da qualidade, do desenvolvimento sustentável e da inovação é verificar que eles respondem a três indagações fundamentais para que uma sociedade crie uma infraestrutura de qualidade, desenvolvimento e inovação. Há três premissas que estabelecem esta infraestrutura: a) Como uma sociedade expressa o que deseja;

¹ Diretor de Metrologia Científica e Industrial do Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (Inmetro).

² Assessora Técnica da Coordenação Geral de Articulação Internacional do Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (Inmetro).

b) Como verificar que o que ela deseja está de fato sendo entregue; c) Como saber que esta verificação está sendo feita corretamente. As respostas são: a) normas e regulamentos técnicos³; b) avaliação da conformidade⁴; c) metrologia.

Como resultado, há uma crescente conscientização da necessidade de se discutir, comparar e aprimorar infraestruturas no contexto de eficiência econômica global, bem como de acesso a mercados de bens e serviços. E é aí que metrologia, normalização e avaliação da conformidade se inserem. Constituem os pilares do conhecimento para desenvolver uma infraestrutura técnica e, portanto, permitir o desenvolvimento sustentável e a completa participação no comércio internacional, intimamente relacionados.

Os três pilares descritos acima são interdependentes. Metrologia e padrões físicos proveem a base para medições exatas, cujo desempenho pode ser traduzido em normas internacionais documentadas, que por sua vez podem ser usadas como base para atividades de avaliação da conformidade. O terceiro pilar acima mencionado – da ciência das medições, a metrologia – consiste no objeto de estudo do presente trabalho. Medições confiáveis são essenciais para garantir todos os aspectos requeridos para o desenvolvimento sustentável das nações.

Os efeitos sobre o comércio internacional vêm também sendo percebidos, reconhecendo-se a contribuição que a normalização internacional pode prestar para a transferência de tecnologia de países desenvolvidos para países em desenvolvimento e o papel de normas internacionais e de sistemas de avaliação da conformidade no aprimoramento da eficiência produtiva e na facilitação do comércio internacional.

3 Normas podem ser, em termos gerais, subdivididas em três categorias: produto, processo e sistemas de gestão. Normas de produtos referem-se à qualidade e segurança de bens ou serviços. Normas de processos referem-se às condições nas quais os bens e serviços são produzidos, embalados e refinados. Normas referentes ao sistema de gestão auxiliam as organizações na gestão de suas operações. Com a crescente globalização dos mercados, normas internacionais têm se tornado críticas para o processo de comercialização, assegurando campo para exportações, e para que importações atendam níveis de desempenho e segurança reconhecidos internacionalmente. Normas Internacionais Documentadas são normas voluntárias, e seu uso em regulamentos técnicos – de natureza compulsória – para produtos, métodos de produção e serviços exercem um importante papel no desenvolvimento sustentável e na facilitação do comércio por meio da promoção da segurança, qualidade e compatibilidade técnica. Os benefícios gerados são significativos.

4 Procedimentos de avaliação da conformidade são descritos pela Norma Internacional ISO/IEC 17000 como a “*demonstração de que requisitos específicos relacionados a um produto, processo, sistema, pessoa ou órgão são atendidos*”. Procedimentos de avaliação da conformidade, como ensaios, inspeções e certificações, asseguram que produtos atendem a requisitos especificados em regulamentos e normas. Em termos de desenvolvimento sustentável, os países devem decidir que tipo de avaliação da conformidade é necessário para cada propósito. Uma das decisões cruciais refere-se a tornar uma avaliação da conformidade compulsória por meio de regulamentos governamentais em setores específicos, deixar que o mercado determine, de modo voluntário, a avaliação da conformidade a requisitos nas transações normais entre compradores e vendedores^{1,2}. Essa decisão deve se basear numa avaliação dos riscos envolvidos em um produto ou processo em particular e no entendimento do impacto que custos e benefícios associados terão sobre o desenvolvimento sustentável almejado.

O Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio da Organização Mundial do Comércio (TBT/OMC) foi estabelecido com vistas a encorajar países membros a “sempre que possível” engajarem na harmonização de normas e regulamentos técnicos, além de procedimentos de avaliação da conformidade, bem como a aceitarem como equivalentes instrumentos implementados por parceiros membros da OMC, incluindo o estabelecimento de acordos de reconhecimento mútuo (MRA, da sigla em inglês). A harmonização de procedimentos de medição em escala internacional torna possível a construção de confiança nas capacidades tecnológicas dos países no apoio ao comércio integrado.

Países em desenvolvimento, contudo, se deparam com muitos desafios relacionados à padronização no comércio. Eles necessitam de acesso à infraestrutura técnica para participação no sistema comercial global, mas é reconhecido que para muitos países o custo de prover essas três atividades em seu nível mais avançado é proibitivo. Mesmo no caso de países desenvolvidos, há variações sobre o grau de sofisticação de cada parte da infraestrutura técnica e há muitos casos em que partes dessa infraestrutura podem ser compartilhadas entre um ou mais países. Outra possibilidade é que serviços de um país sejam confiados a uma terceira parte.

O que é importante para a qualidade, o desenvolvimento sustentável e os propósitos comerciais é assegurar que sociedades e indústrias em países em desenvolvimento tenham acesso à infraestrutura técnica que reflita suas necessidades específicas (JCDCMAS, 2005).

Medições confiáveis em um país dependem de um sistema de metrologia nacional organizado de tal modo que possa prover os meios para a transferência de seus valores para instrumentos de medição comuns de acordo com procedimentos aceitos internacionalmente. Ademais, a equivalência internacional das medições entre países é essencial, desde que apresentem a incerteza desejada. Medições “adequadas ao seu propósito” são aquelas cuja incerteza associada é pequena o bastante para que seja compatível com aquela requerida para a aplicação pretendida. Cada país, portanto, escolhe o nível metrológico a ser atingido de acordo com suas próprias necessidades (Idem).

Para discutir tais questões, o presente trabalho é dedicado à estratégia brasileira na implementação de sua infraestrutura da qualidade, com ênfase sobre a relação entre um sólido desenvolvimento da metrologia e a promoção da inovação tecnológica. Para tanto, o artigo está dividido em cinco seções. Além desta introdução, a seção II é dedicada a uma breve discussão sobre diferentes aspectos da inovação e da construção do processo inovador, sendo apresentada não para especialistas no assunto, mas para levantar pontos considerados pelos autores como relevantes para uma compreensão do tema. Na seção III, é apresentada a estrutura internacional da metrologia e o seu papel no desenvolvimento sustentável e na promoção da inovação. Na seção IV, é discutida a situação da metrologia brasileira como instrumento de apoio à competitividade

da indústria nacional e o seu papel inovador, a inserção internacional da metrologia brasileira e principais desafios nos níveis nacionais e internacionais nas esferas política, econômica, social e ambiental. A seção V é dedicada às considerações finais e recomendações.

2. Considerações sobre inovação

Inovação é uma das principais alavancas econômicas da atualidade e é, provavelmente, um dos temas que provoca maior interesse nos meios acadêmico, empresarial e governamental. Embora introduzida há mais de 75 anos pelo economista Joseph Schumpeter, compreender o que realmente significa inovação, e principalmente como estabelecer condições para se criar um ambiente propício à inovação, é um desafio que precisa ser enfrentado por todos que pretendem inserir-se de forma competitiva, seja no plano nacional ou global, para obter os benefícios do que é hoje entendido como desenvolvimento sustentável. Dentre as várias definições propostas para o conceito, destaca-se aquela adotada, no Brasil, expressa na Lei nº 10.973, de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências: *“inovação diz respeito à introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços”*.

A inovação tecnológica deve estar ligada à agregação de valor a um produto e/ou processo novos (ou substancialmente aprimorados) para a empresa, não sendo esse produto e ou processo necessariamente novo para o mercado ou para o setor de atuação da empresa.

É uma tendência associar-se a ideia de inovação apenas a algo que é gerado a partir de investimentos pesados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e que envolve uma quebra de paradigma. Principalmente no Brasil, contudo, é importante enfatizar a importância das inovações incrementais, que surgem de modificações introduzidas em um produto, processo ou serviço, pela prática do dia a dia, ou pelo inovador quando estes não mais atendem suas necessidades. Há uma infinidade de exemplos de inovações incrementais, e um dos mais significativos refere-se aos cliques de segurar folhas de papel. O primeiro clipe, especificado para o uso de papel, foi patenteado em 1877, por Earlman J. Wright. A última inovação no clipe foi patenteada em 21/03/1995. A Figura 1 mostra a evolução dos cliques.

Figura 1. Evolução dos cliques para papel



De maneira geral, seja radical ou incremental, a inovação pode ser entendida como um processo que envolve a transformação do conhecimento em aumento do valor agregado a serviços, processos ou produtos, novos ou modificados. Muito mais complexo é ter respostas apropriadas a questões fundamentais que permitam aos setores públicos e privados a implantação de políticas que conduzam à inovação. Como se preparar para inovar? Como estabelecer as condições adequadas para fazer inovação?

No passado, economistas recorreram ao chamado modelo linear que, como sugere o nome, associa a inovação a um processo que começa com a produção do conhecimento científico e tecnológico, para posterior transformação em tecnologia aplicada e, finalmente, sua difusão por meio de novos produtos e processos. Vale também ressaltar que no modelo linear a inovação ocorre quando um agente inova para vender a inovação (inovação de manufatura), isto é, baseia-se no desenvolvimento de novas tecnologias. Esse é o modelo produtivo praticado, desde a revolução industrial até poucos anos atrás, onde a demanda é fortemente influenciada e/ou determinada pela oferta.

Baseado neste mesmo modelo, Vannevar Bush, um dos grandes mentores da política científico-tecnológica americana dos anos 30 a 50 do século XX, defendeu a necessidade de o país realizar investimentos massivos em ciência básica, argumentando que uma vez estando disponibilizado para a nação um tanque de conhecimentos, a sociedade estaria provida dos instrumentos fundamentais para transformá-los, quando necessitasse, em tecnologia aplicada e, em última instância, em inovação. O sucesso da política científica e tecnológica americana levou os Estados Unidos a uma incontestável liderança mundial, não apenas nestas áreas, mas a uma hegemonia econômica e militar, fortemente calcadas na sua hegemonia em ciência e tecnologia.

A modificação do panorama internacional ocorrida nas últimas décadas exige uma modelagem mais complexa do processo inovador, incluindo o estabelecimento de um ambiente propício à inovação. Neste processo, as necessidades sociais e do mercado são fatores determinantes para a inovação, isto é, há que se considerar a determinante influência da demanda sobre a produção. Portanto, além do capital, trabalho, matéria-prima, conhecimento, tecnologia e infraestrutura, a vontade do consumidor torna-se ponto chave no desenvolvimento de novas ideias, produtos ou serviços. Muitos são exemplos de produtos que se originaram de P&D, envolveram conhecimento, novas tecnologias e que, no entanto, não tiveram aceitação pelo mercado. Há algumas décadas na competição entre os sistemas de videocassetes, Betamax e VHS, o consumidor, ou o mercado, descartou o produto da Sony, que oferecia uma melhor tecnologia. Dentro desta última visão, Betamax não foi uma inovação. A Figura 3 representa o ambiente de inovação em um processo não linear.

Figura 2. Ambiente de inovação (cedido por Mauricio Arouca)



A inovação deve ser entendida como um fenômeno ubíquo, cujos principais aspectos referem-se à sua gradatividade e cumulatividade, chamando atenção, portanto, para o fato de que inovações futuras dependem daquelas introduzidas no passado (LUNDVALL, 1992). Especificamente a esse respeito, Freeman (1992) sustenta que a introdução de qualquer inovação no mercado – seja de ruptura ou incremental – é influenciada por contribuições científicas e técnicas precedentes, realizadas ao longo de décadas e até nos últimos anos de atividade de desenvolvimento, havendo quase sempre insumos de outras firmas, de usuários potenciais, de universidades e de instituições governamentais. É quase impossível, portanto, considerar qualquer inovação como o trabalho de um único indivíduo ou de uma única organização. O processo de inovação é um fenômeno coletivo em que a participação de diversos atores, que se complementam, resulta em algo maior que a soma das contribuições das partes. Isso significa que qualquer fraqueza em uma das partes do sistema pode afetar destrutivamente o sistema como um todo. Uma estratégia de inovação deve se basear na busca da excelência em toda cadeia de desenvolvimento das vantagens competitivas.

Nesse tipo de abordagem, ênfase é dedicada à natureza complexa dos agentes que exercem influência sobre o processo inovativo como um todo – incluindo a geração, a seleção e a difusão das inovações. De acordo com essa proposta, a dinâmica da inovação deve ser entendida como um processo dependente não apenas da capacidade inovativa das firmas individuais, mas também de como estas interagem entre si e com outros atores. Freeman (1982) foi o primeiro autor a utilizar o conceito de sistema nacional de inovação (SNI) para lidar com o ambiente que influencia a dinâmica inovativa, enfatizando a importância da infraestrutura

tecnológica para a competitividade internacional. Dentro do vasto conjunto de instrumentos de política de inovação, é interessante mencionar os *Technology and Innovation Centres* (TIC), que são instituições focadas na exploração de novas tecnologias, por meio de uma infraestrutura que conecta pesquisa e comercialização de tecnologias novas, promissoras ou já existentes. Os TIC desenvolvem sua própria metodologia e capacitação, trabalhando com o apoio de fundos públicos e programas de apoio a PD&I, junto a instituições públicas ou privadas de excelência e têm como objetivo ajudar as empresas a inovar e resolver problemas que estão além da capacidade de uma só empresa, devido à inexistência de infraestrutura, de pessoal ou de equipamentos necessários. O apoio público aos TIC permite adotar estratégias e coordenar ações para superar essas dificuldades.

Dentre os atores que fazem parte do SNI, o presente artigo enfatiza aqueles que se dedicam ao desenvolvimento da metrologia, a ciência das medições, especialmente o instituto nacional de metrologia, que exerce o papel central para as questões metrológicas em um determinado país (ver seção III). Sua interação com outros atores do SNI contribui de forma significativa para a dinâmica da inovação por meio dos vultosos investimentos em P&D, dado que, de acordo com o Manual Frascatti:

“Órgãos públicos e organizações de consumidores com frequência operam laboratórios cujo principal propósito é a realização de testes e padronização. A equipe desses laboratórios pode também dedicar algum tempo no desenvolvimento de novos ou substancialmente aprimorados métodos de ensaios. Tais atividades devem ser incluídas em P&D” (OCDE, 2002, p.39, tradução nossa).

Um exemplo que envolve metrologia e inovação, tema deste trabalho, é o GPS. Esse sistema é constituído por 24 satélites, localizados em seis planos orbitais, quatro satélites em cada plano, a 20.200 km de altitude. Sinais são transmitidos entre três satélites e um objeto localizado na Terra. Mede-se a diferença de tempo entre as chegadas dos sinais refletidos pelo objeto, em cada satélite, e, conhecendo-se a diferença, determina-se sua posição no tempo e no espaço. Hoje, o GPS é instrumento de múltiplas funções. Imprescindível para a aviação, usado para deslocamentos na cidade ou no campo e disponível até em telefones celulares. No entanto, o GPS só existe graças à possibilidade de se fazer uma medição com enorme exatidão, pois a unidade fundamental de tempo, o segundo, pode ser medida com uma incerteza menor que uma parte em 10^{13} (hoje o segundo é medido com uma incerteza inferior a 10^{-16}). Este nível de incerteza é o resultado do enorme trabalho desenvolvido durante anos por muitos grupos de pesquisa em todo mundo, que possibilitou armazenar e congelar átomos. Os cientistas William Phillips, Steven Chu e Claude Cohen-Tannoudji receberam o Prêmio Nobel de Física, em 1997, por sua contribuição nessa

linha de pesquisa. O GPS é um exemplo de inovação, originada por grande esforço em C&T e metrologia, que introduziu uma quebra de paradigma e deu origem a uma inovação radical.

O entendimento de como a metrologia pode influenciar a inovação tecnológica e atuar num determinado SNI será discutido na próxima seção, que procurará apresentar seus principais aspectos que a tornam instrumento chave para políticas de cunho científico, tecnológico e industrial que visem ao aumento da competitividade e ao desenvolvimento econômico.

3. Metrologia

Comparar é essencial para a vida. Os seres vivos estão sempre se valendo de sua capacidade de comparar situações ambientais para optar por aquelas que lhes garantem a sobrevivência: plantas buscam a luz, essencial para a fotossíntese que lhes provê energia; beija-flores buscam o néctar que os alimenta; animais, para resistirem ao frio, buscam abrigo no inverno. Intensidade luminosa, composição química e temperatura são as características físico-químicas envolvidas nas escolhas acima. Essas escolhas, frutos de comparações sensoriais, não necessitam de intelectos superiores – a informação genética selecionada no processo de evolução das espécies e repassada aos descendentes é suficiente para que elas sejam incorporadas.

Medir é a evolução natural do comparar: agrega-lhe o aspecto quantitativo ao estabelecer comparações com padrões pré-acordados; adiciona procedimentos matemáticos, sistemas de unidades e técnicas de medição às comparações; requer intelectos superiores. O ato de medir é um importante instrumento para o progresso da espécie humana, pois o método científico se baseia em experimentos cujos resultados se traduzem em medidas.

Metrologia é a sistematização do medir. Abarca o conjunto de metodologias e protocolos envolvidos nas medições. Seu objetivo primordial é prover confiabilidade às medidas e à avaliação de suas incertezas. Para tanto, ela lida com a definição de padrões, com sua realização baseada em fenômenos físicos, químicos ou biológicos e com toda a cadeia de intercomparações destinada a garantir a rastreabilidade das medidas.

A metrologia provê a base para atividades de avaliação da conformidade, como serviços de calibração, serviços metrológicos comerciais, testes de conformidade em relação a regulamentos técnicos, ensaios, acreditação, etc., tanto no setor compulsório quanto no voluntário (ISO, 2006).

Provê ao governo, e outras partes, base técnica segura para acordos mais amplos, relacionados a comércio internacional e questões regulatórias. Auxilia na eliminação de barreiras técnicas ao

comércio e promove maior confiança nas capacidades de medição dos países. O resultado representa bilhões de dólares de aumento no comércio.

4. Breve história da metrologia

O aparecimento de unidades de medida se confunde com a história da humanidade. À época dos primeiros escritos cuneiformes, originários na Mesopotâmia, ao redor de 2900 a.C., o sistema de medidas que foi a base para todos os sistemas da Antiguidade, até para os da China, já havia sido concebido e formalizado. Esse sistema foi mantido pelos árabes e usado na Europa medieval, inclusive na Rússia. O atual sistema inglês pode ser considerado uma evolução dele. Foi o sistema métrico francês que rompeu com essa tradição milenar, como será visto adiante. O sistema foi provavelmente organizado quando do advento da agricultura, na área entre a Síria e o Irã, por volta de 6000 a.C.. A necessidade de calcular estoques de alimentos e rações levou às primeiras medidas de volume, a partir do volume de grãos que cabia em uma mão.

Os egípcios usavam um sistema baseado no “cúbico” (distância do cotovelo à ponta do dedo maior da mão, com cerca de 45 centímetros) que era dividido em 24 “dedos” (largura de um dedo, com pouco menos de 19 milímetros). Os egípcios usavam também o “pé” com comprimento de 16 “dedos” (cerca de 30 centímetros). Assim, um “cúbico” correspondia a 1,5 “pés”. A unidade de peso era obtida enchendo um cubo de um “pé” de lado com água da chuva, o que corresponde a 27 quilogramas, e foi amplamente adotada até o fim do século XVIII, sendo conhecida como “pé cúbico”. Seu valor dependia do valor adotado para o “pé”, que variava de lugar para lugar. É interessante notar que a definição da unidade de massa adotada no sistema métrico decimal francês, no fim do século XVIII, usa o mesmo princípio de associar a massa de água contida em um cubo cujo lado tem um comprimento relacionado com a unidade de comprimento adotada. Unidades de tempo foram introduzidas com base nos períodos de translação da Lua em torno da Terra, da Terra em torno do Sol e da rotação da Terra (descrição atual, baseada no modelo heliocêntrico). Os diversos calendários de que se tem conhecimento sempre se basearam nestes fenômenos.

É interessante notar a inter-relação entre a necessidade de medir, metrologia e os avanços da matemática, da geometria e das técnicas de construção. Um excelente exemplo é o papiro de Ahmes ou de Rhind. O papiro tem o nome do escocês Alexander Henry Rhind, que o comprou por volta de 1850 em Luxor, no Egito. É também designado por papiro de Ahmes, o escriba egípcio que o copiou e encontra-se atualmente no Museu Britânico. Esse papiro está escrito em hierático, da direita para a esquerda, tem 32 cm de largura por 513 cm de comprimento.

É datado de cerca de 1650 a.C., embora o texto diga que foi copiado de um manuscrito, de cerca de 200 anos antes. O papiro contém uma série de tabelas e 84 problemas e as suas soluções. Um grande número de problemas refere-se ao cálculo de superfícies de terrenos e volumes de recipientes, de diferentes formas geométricas. Invariavelmente, são mencionados que esses recipientes contêm cereais ou cerveja e que os terrenos são utilizados para a produção de cereais. O problema 48 compara a área de um círculo com a de um quadrado a ele circunscrito e o problema 50 pergunta: "Um campo circular tem 9 khets (unidade de comprimento). Qual a sua área?". A solução é dada e mostra como os egípcios calculavam a área do círculo: "Diminui-se um khet do diâmetro. Obtém-se 8 khets. Multiplica-se 8 por 8, o que faz 64 (a ser comparado com 63,62). Esta é a área do campo". De fato, esta é também a área de um quadrado de lado 8, o que indica que os egípcios buscavam a quadratura do círculo. Esses são alguns dos exemplos que demonstram a conexão entre a mais sofisticada matemática da época e a necessidade de medir corretamente. Outra quantidade usada pelos egípcios, que também demonstra a importância dada pelos egípcios às medições, é o *pesu*. *Pesu* é a razão entre o número de pães ou o número de jarros de cerveja e o número de hegats (quadrado do khet) de cereais usados em sua produção. Os egípcios usavam mais cereais para produzir cerveja do que para produzir pães e, portanto, com a mesma quantidade de cereais, produziam-se mais pães do que jarros de cerveja. De acordo com o papiro de Rhind, o valor do *pesu* dos jarros de cerveja variava de 1 a 4 e o dos pães de 5 a 45. Desta forma, o faraó podia determinar a produção de mais jarros de cerveja, ou mais pães, dependendo da produção de cereais. Sobre a importância da medição para os egípcios e como ela influenciou o desenvolvimento da matemática, com suas consequências no comércio, nas construções e na economia, conta Heródoto em seu clássico livro *Historias*, que Ramsés II concedeu a todos os seus súditos terrenos quadrados idênticos, de modo que todos pagariam os mesmos impostos. Mas todos os anos, as cheias do Nilo modificavam as formas destes terrenos, tornando-as bastante irregulares. Para cobrar impostos justos aos seus súditos, o faraó enviava anualmente seus escribas para medir as novas superfícies e desta forma reajustar devidamente os impostos. Heródoto então se indaga se a geometria não teria se originado no Egito e não na Grécia, como se pensava na época. Talvez seja mais adequado se perguntar: Seria a metrologia a origem da geometria? Os egípcios introduziram conceitos que até hoje são utilizados na metrologia. Devido à impossibilidade de se utilizar o "cúbico" do Faraó (padrão primário) para realizarem-se medições na prática do dia a dia, fez-se necessária a confecção de "cúbitos" de granito (padrões secundários), que correspondiam ao comprimento do "cúbico" do faraó. Estas barras de granito ficavam expostas em locais públicos. No entanto, as barras de granito eram caras e pesadas, o que dificultava seu uso por comerciantes, artesões, construtores, etc., sendo então utilizadas barras de madeira, do mesmo comprimento das de granito (padrões terciários), para as tarefas cotidianas que exigiam medições. Estas deviam ser comparadas (calibração) com as de granito (rastreadibilidade) por ocasião de toda lua cheia. A importância dada pelos egípcios a esse

procedimento pode ser aferida pela penalidade imposta àqueles que não o fizessem: pena de morte. No Antigo Egito, a uniformidade das medidas era obtida com uma acurácia relativa de 0,05% em 230 metros. Estes são alguns exemplos que mostram claramente como o desenvolvimento de uma preocupação com a confiança nas medições esteve sempre associado ao que havia na época de mais avançado em matemática, engenharia e técnicas.

O sistema desenvolvido na Antiguidade foi migrando por várias civilizações, sendo alterado e adaptado às características de cada uma delas. Assim, é possível identificar inúmeros sistemas de medidas: mesopotâmico, védico (Índia), persa, árabe, egípcio, grego e romano. Mais recentemente: inglês, escocês, espanhol, francês, alemão, dinamarquês, norueguês, sueco, finlandês e norte-americano.

As dimensões humanas e as de fenômenos naturais do cotidiano serviram de base para a criação dos vários sistemas de medição. Apesar da raiz comum, eles apresentavam diferenças que complicavam as transações comerciais e o intercâmbio de informações. Isso levou Carlos Magno, já no século IX, a tentar impor um sistema unificado de medidas para todo o território sob sua jurisdição, mas que não perdurou após seu período de governo. Em meio à multiplicidade de sistemas com suas origens na Antiguidade, o sistema inglês tornou-se amplamente disseminado por meio do comércio com as colônias e com outros países, atendendo em parte ao anseio por uma uniformização. As raízes do sistema inglês provinham do sistema romano, que usava a base 12, e do uso de frações com denominador com potências de 2, como $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, etc. Algumas de suas medidas, como a polegada, emanavam de nomes romanos. Do século XVII ao XIX, o sistema expandiu-se, abrangendo os países da comunidade britânica e os Estados Unidos sem, contudo, tornar-se um sistema global.

O anseio de cientistas e negociantes europeus pela criação de um sistema métrico único que facilitasse intercâmbios científicos e comerciais só viria a ser atendido no período da Revolução Francesa. Sua origem histórica remonta à proposta de Luís XVI, acolhendo proposta da Academia de Ciências, de criação de um sistema métrico decimal. A proposta de usar a notação decimal havia sido feita pelo holandês Simon Stevin, em um livro publicado em 1585, cujo título era O décimo. Em 1670, Gabriel Mouton havia proposto que o novo sistema métrico utilizasse, como padrão de comprimento, um arco de meridiano terrestre, enquanto Jean Picard, astrônomo francês, sugeriu uma unidade baseada na oscilação de um pêndulo. No entanto, somente em 1790, durante a Revolução Francesa, a Assembleia Nacional da França encarregou a Academia Francesa de Ciências de criar “modelos imutáveis para todos os pesos e medidas”. A Academia recomendou, e a Assembleia Nacional adotou, um sistema de unidades ao mesmo tempo simples e científico, baseado na proposta de Mouton. Sua unidade de comprimento era o *metro*, um décimo milionésimo do quadrante do meridiano que passa por Paris. Múltiplos e

submúltiplos eram decimais. Sua unidade de massa era o *quilograma*, a massa de um decímetro cúbico de água pura à temperatura de máxima densidade 4 °C. Após uma década de trabalho, em 22 de junho de 1799, os padrões de massa e comprimento, fabricados em platina, de acordo com as definições acima foram depositados nos Arquivos da República em Paris. Apesar de inicialmente não ter sido aceito com entusiasmo, o sistema métrico decimal francês começou a ser adotado por várias nações a partir de 1837, quando se tornou obrigatório na França. Não por acidente, sua popularidade coincidiu com o progresso tecnológico na Europa e na América. Ao final da década de 1860, iniciava-se uma nova era de paz e globalização (com uma curta interrupção devido à guerra franco-prussiana) e sentia-se a necessidade de internacionalizar o sistema métrico decimal, desvinculando-o da dependência de um único país.

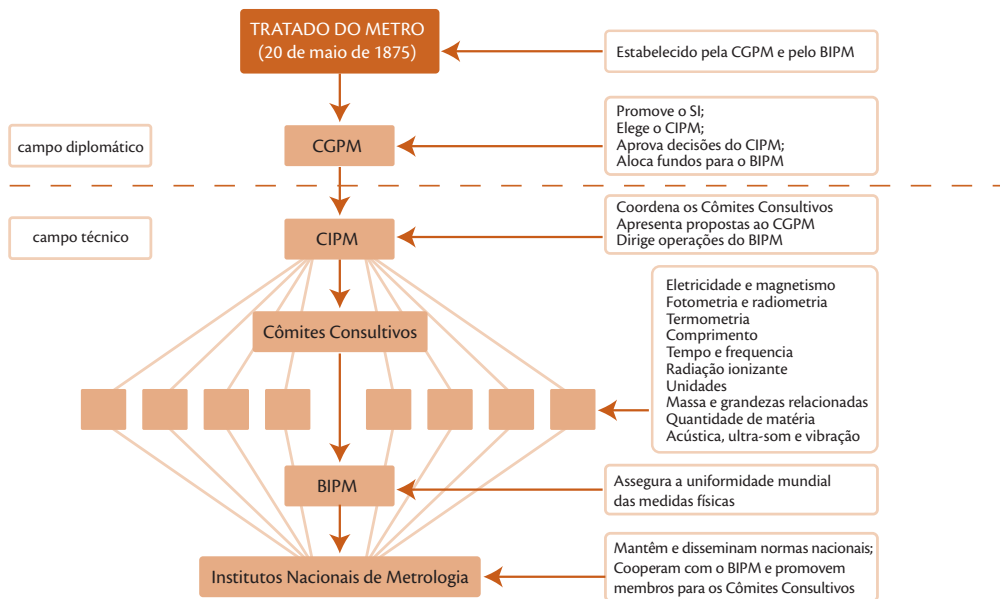
Assim, após algumas reuniões preparatórias, um grupo de países interessados decidiu estabelecer um Tratado Diplomático, conhecido como Convenção do Metro. O tratado foi assinado por 17 países, incluindo o Brasil, em 20 de maio de 1875. Em 1900, o número de signatários havia crescido para 35 e hoje são 51. O tratado estabelecia a criação do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures* – BIPM), científico, permanente e sediado em Paris; do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (*Comité International des Poids et Mesures* – CIPM); e determinava a construção de novas materializações para o metro e para o quilograma, utilizando e desenvolvendo tecnologias baseadas em novos desenvolvimentos científicos, que passariam a ser os padrões internacionais de massa e comprimento. Estabeleceu ainda que o BIPM funcionaria sob a direção e a supervisão exclusiva do CIPM, o qual, por sua vez, estaria sob a autoridade da Conferência Geral de Pesos e Medidas (*Conférence Générale des Poids et Mesures* – CGPM). O BIPM é encarregado da conservação dos protótipos internacionais e das comparações desses padrões com os padrões nacionais e com outros padrões, conforme se torne necessário. Ao longo do tempo, foram atribuídas ao BIPM outras funções de apoio ao bom andamento dos trabalhos para promover a uniformização das unidades de medidas. O BIPM estendeu o trabalho de padronização internacional a sistemas elétricos (1921), sistemas de iluminação (1933) e sistemas de radiação ionizante (1960). Em 1960, implementou-se uma simplificação generalizada do sistema métrico batizada de Sistema Internacional de Unidades (SI). Essa simplificação foi aperfeiçoada em 1964, 1967-1968, 1971, 1975, 1979, 1983 e 1991. O SI é hoje adotado em todo o mundo e atende à constante necessidade de determinar novos padrões métricos e de tornar os existentes cada vez mais refinados.

O Acordo de Reconhecimento Mútuo do CIPM (MRA), estabelecido em outubro de 1999, provê o reconhecimento internacional e a aceitação de padrões de medição e calibração nacionais, cujos certificados tenham sido emitidos por INM signatários do acordo. O MRA é baseado em

comparações metroológicas (www.bipm.fr/KCDB) para assegurar equivalência nas medições ao redor do mundo.

Na Figura 3, está apresentada a estrutura metroológica internacional, com os principais atores e instituições que a compõem.

Figura 3. Representação esquemática da estrutura metroológica internacional



Swann (1999) sustenta que um sistema de medições nacional que exceda certo nível mínimo pode oferecer significativas vantagens às firmas daquele país, já que os institutos que realizam atividades de metrologia, conforme afirma, não realizam apenas pesquisa, mas também auxiliam na incorporação dos resultados atingidos por parte daqueles que não têm entendimento mais amplo da pesquisa básica. Swann (*op. cit.*) defende, ademais, o papel do Estado na provisão desses recursos:

“Sistemas de medição financiados pelo setor público encorajam os tipos de inovação introduzidos que rompem a estabilidade e a familiaridade. Então, mesmo que competindo por parte do orçamento alocado à inovação, a Metrologia deve ser vista como uma atividade complementar à inovação. Na ausência das técnicas de medição necessárias, não é possível obter sucesso na inovação. Aqueles que não são bem-sucedidos nas novas características não investirão na

criação de metodologias de medição relevantes. 'Clubes' de Metrologia talvez venham a ser capturados por aqueles que são resistentes a novas dimensões de produto que ameacem sua posição competitiva. Portanto, uma infraestrutura metrológica de caráter público é necessária para o avanço inovativo mais radical" (p. 36, tradução nossa).

Nesse sentido, o instituto nacional de metrologia (INM) tem um papel estratégico no apoio à inovação, entendendo que a metrologia atuará como um pilar fundamental, sem o qual o próprio processo inovativo fica comprometido. O INM atuará não apenas apoiando a introdução de inovações por parte da indústria, mas também transferindo tecnologias desenvolvidas por sua equipe de pesquisadores à indústria para a posterior introdução tanto de inovações incrementais quanto radicais.

5. Metrologia no Brasil

Em 26 de junho de 1862, treze anos antes da Convenção do Metro, a lei imperial 1.157 determinou oficialmente a adoção do sistema métrico decimal no Brasil. Ela autorizava a compra e a aferição dos padrões na França, extinguia, no prazo de dez anos, o uso legal dos antigos padrões e introduzia, nas escolas, textos explicando o sistema métrico decimal (DIAS, 1998).

Anteriormente, eram utilizadas no país antigas unidades e medidas portuguesas, que sofriam fortes influências locais, mudando muitas vezes de nome e de valor. Somente em 1816, chegaram ao Brasil padrões mais precisos, enviados no âmbito de um programa organizado pela Academia de Ciências de Portugal.

Em 8 de janeiro de 1833, foi criada uma comissão para apresentar projeto de melhoramento do sistema de pesos e medidas em voga no Brasil, cujo trabalho resultou em um relatório que vigorou legalmente a partir de 1834 e, possivelmente, deu origem à lei de 24 de setembro de 1835, cujo texto desapareceu.

A lei determinava o uso da vara ($1/36.363.636$ do comprimento da circunferência do meridiano terrestre = 110cm) e da braça (2 varas) como padrões de comprimento; do marco (peso da água de chuva, na temperatura de 28°C e sob pressão atmosférica de 31,1 polegadas inglesas, no nível do mar, contida no volume de $1/10.005642$ de vara cúbica = 64 polegadas cúbicas) como padrão de peso (note a confusão entre peso e massa); e da canada (0,002 vara cúbica = 128 polegadas cúbicas) como padrão de volume.

Em 1875, o Brasil participou da conferência que aprovou a criação do BIPM, porém, como esse ato não foi ratificado no Brasil, não se estabeleceu o vínculo formal, não tendo o país recebido cópias dos padrões.

Em 6 de outubro de 1921, se deu a adesão do Brasil à Convenção do Metro e, a partir daí, foram tomadas várias iniciativas para atualizar a legislação metroológica brasileira, culminando com o decreto-lei de 4 de agosto de 1938, que criou a Comissão de Metrologia e deu ao país uma estrutura inteiramente nova para a metrologia científica, industrial e legal.

Dessa data até 1961, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), na época órgão do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, passou a ser o órgão responsável, por intermédio da sua Divisão de Metrologia, pela fiscalização e execução das diretrizes nacionais para metrologia.

Em 29 de dezembro de 1961, foram extintas a Comissão de Metrologia e a Divisão de Metrologia do INT e foi criado o Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), subordinado ao Ministério de Indústria e Comércio, que assumiu as atribuições dos órgãos extintos.

A lei 5.966, de 11/12/1973, criou o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), cuja entidade de mais alto nível é o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial responsável por formular, coordenar e supervisionar a política nacional de metrologia, normalização industrial e certificação da qualidade de produtos industriais no país, dentre outras atribuições.

A lei também criou o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), órgão executivo central do sistema, executor das políticas e diretrizes nacionais da metrologia, normalização e qualidade industrial, cuja missão consiste em *"Prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, através da metrologia e da avaliação da conformidade, promover a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País"* (INMETRO, 2006).

Ao longo de sua evolução, o Inmetro se estruturou e se desenvolveu segundo várias funções: um instituto nacional de metrologia, responsável pelos padrões nacionais, com sua harmonização internacional, disseminação das unidades de medida, etc.; órgão responsável pela metrologia legal no país; organismo acreditador de laboratórios; órgão articulador e estruturador de ações de avaliação da conformidade, conduz negociações com vistas à promoção de acordos de reconhecimento mútuo e, também, exerce as funções de ponto focal e de organismo notificador, para o Acordo TBT da OMC.

Os documentos *"Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira 2008-2012"*, *"Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira 2003-2007"*, aprovados pelo Conmetro, foram elaborados com

o objetivo dotar o Inmetro de todos os instrumentos necessários para que ele seja um *locus* de conhecimento avançado com grande investimento em pesquisa, sendo prioritário o seu desenvolvimento e fortalecimento científico.

A estratégia de fortalecimento do Inmetro é também consistente com as ações propostas para as políticas de desenvolvimento do país, inicialmente com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), continuando com a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP). Nesse sentido, vale ressaltar o lançamento, pelo governo federal, do documento “*Diretrizes para Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior*”, no ano de 2003, que definiu as bases para posterior lançamento da PITCE em 2005. O documento reconhece a inovação tecnológica como elemento central para o desenvolvimento, enfatizando a estruturação do SNI brasileiro:

“O Brasil precisa estruturar um Sistema Nacional de Inovação que permita a articulação de agentes voltados ao processo de inovação do setor produtivo, em especial: empresas, centros de pesquisa públicos e privados, instituições de fomento e financiamento ao desenvolvimento tecnológico, instituições de apoio à metrologia, propriedade intelectual, gestão tecnológica e gestão do conhecimento, instituições de apoio à difusão tecnológica” (BRASIL, 2003, p. 11, grifo nosso).

Claramente, tal política dedica importância especial ao papel da metrologia na estruturação do SNI, além de enfatizar o papel da pesquisa laboratorial: “*É necessário estruturar laboratórios nacionais que possam reunir infraestrutura de porte e criar sinergia de pesquisa e desenvolvimento, organizar os estágios iniciais de pesquisa empresarial e transferir tecnologia e gestão para o setor produtivo*” (Idem, p.12).

O Inmetro passou também a receber atenção especial, no que diz respeito ao seu papel no SNI brasileiro. O instituto ficou responsável pela execução de cinco medidas dentre as sete incluídas no plano de ação horizontal denominado inovação de produto, processo e gestão da PITCE. Em maio de 2008, foi lançada a PDP, constituindo a Fase II da PITCE, na qual a promoção da denominada tecnologia industrial básica (TIB) – que abarca, dentre outras, as atividades desenvolvidas pelo Inmetro – foi incluída como um das ações sistêmicas elencadas como instrumentos fundamentais à modernização do parque industrial brasileiro.

Como parte dessa estratégia, o Inmetro vem participando ativamente de diversas instâncias institucionais internacionais, em programas de comparações chave dentro do MRA do CIPM/BIPM. O Inmetro, dinamizando suas atividades de P&D e de apoio à inovação industrial, reconhece sua importância para assegurar a qualidade dos serviços prestados pelo instituto, como referência metrológica do país, como alavanca da competitividade da empresa brasileira, como instrumento fundamental para a projeção internacional do Brasil na área de metrologia e como

peça fundamental de apoio às exigências técnicas do sistema de controle metrológico de caráter compulsório, em áreas sujeitas à regulamentação.

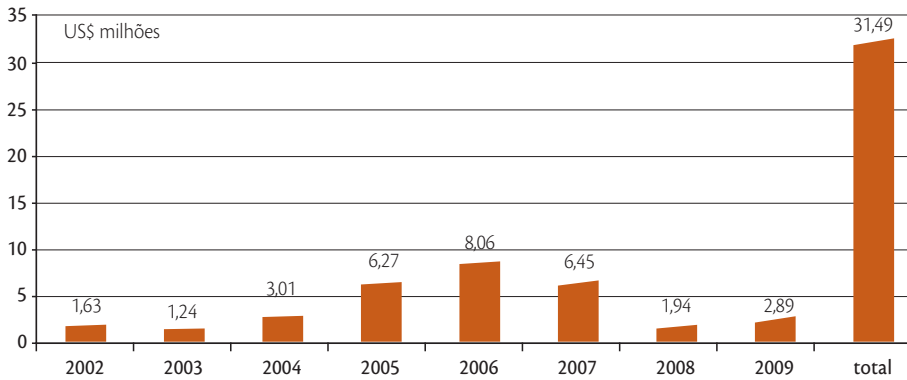
Seguindo a tendência dos países industrializados, onde se observa um alto grau de centralização da metrologia primária em uma ou poucas instituições, com alta competência técnico-científica, o Inmetro implantou novos laboratórios, nas áreas da metrologia química (2003), metrologia de materiais (2004), metrologia de telecomunicações (2006), de dinâmica de fluidos (2007) e o de metrologia para a biologia (2007). Dessa forma, se integram no Inmetro pesquisa básica, pesquisa aplicada na área de metrologia, fundamentais para que o Inmetro cumpra sua missão de apoiar a competitividade, e a inovação na indústria brasileira.

Faz-se necessário, portanto, ilustrar algumas ações desenvolvidas no Inmetro que respondem a desafios tecnológicos que devem ser enfrentados pelo Brasil, no intuito de avançar em sua posição competitiva em âmbito internacional.

6. Metrologia como um instrumento de desenvolvimento tecnológico no Brasil

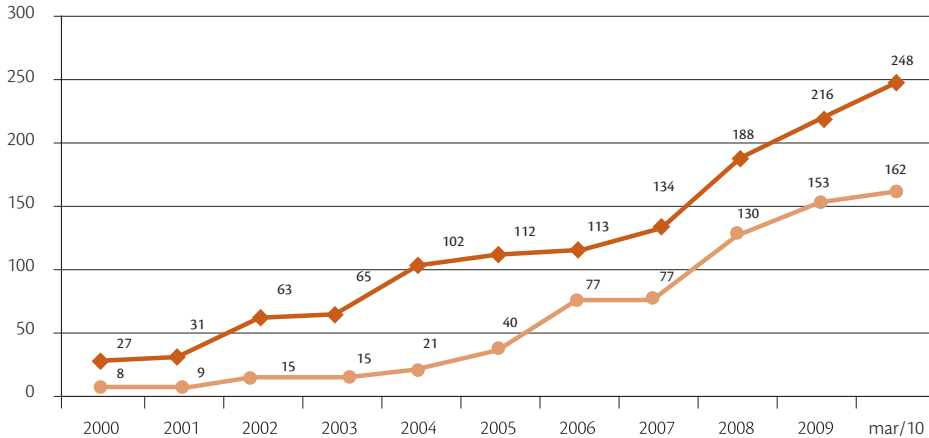
Com base no entendimento de seu papel chave no SNI brasileiro e de modo a atender às demandas da indústria brasileira em termos de desenvolvimento tecnológico e apoio à competitividade e à inovação, o Inmetro vem dedicando vultosos investimentos para a realização de P&D em setores estratégicos, de alto conteúdo científico e tecnológico. O Gráfico 1 fornece informações sobre os investimentos em equipamentos realizados pelo instituto, na presente década, totalizando mais de 30 milhões de dólares. Como pode ser observado, especialmente entre 2003 e 2006, houve significativo aporte de investimentos no Instituto, que coincidiu com a montagem de laboratórios nas áreas mais avançadas da metrologia, como aquelas aplicadas à química e a materiais, dentre outras.

Gráfico 1. Investimentos em laboratórios realizados no Inmetro

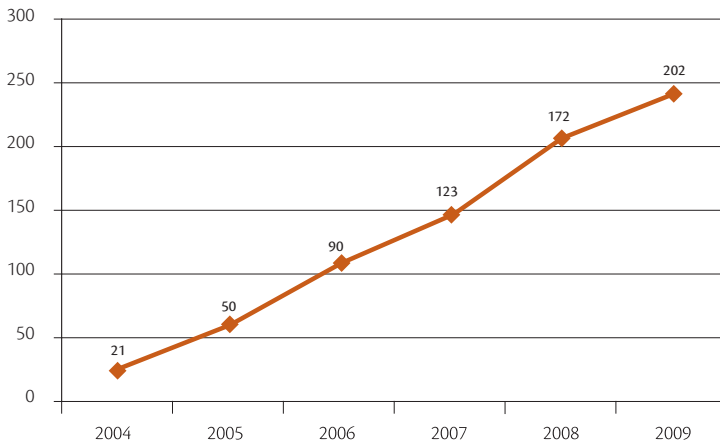


O Gráfico 2, por sua vez, indica a evolução no número de mestres e doutores trabalhando no instituto, fator indispensável para o necessário avanço em P&D.

Gráfico 2. Mestres e doutores na força de trabalho do Inmetro



Outro importante indicador que reflete a evolução e a presença do Inmetro na comunidade científica refere-se ao número de publicações de sua força de trabalho, que apresentou, segundo dados apresentados no Gráfico 3, entre 2004 e 2009, crescimento de mais de 900%.

Gráfico 3. Número de publicações da força de trabalho do Inmetro

Setores onde resultados inovadores podem ser aferidos serão brevemente descritos a seguir, a título de ilustração do posicionamento de destaque assumido pelo instituto, tanto em âmbito nacional quanto internacional.

Metrologia aplicada a biocombustíveis: Para atender à demanda da indústria brasileira, foi delineada uma estratégia nacional de transformar o álcool combustível brasileiro em commodity internacional. Ponto crucial nessa estratégia consistiu no desenvolvimento de padrões bem definidos para o etanol combustível, pelo Inmetro, os denominados materiais de referência certificados (MRC). O primeiro passo adveio da realização, no ano de 2005, de um painel setorial específico para o tema, com a ampla participação dos principais atores envolvidos nas questões afetas à padronização do produto, ocasião em que foi possível identificar as necessidades para o desenvolvimento do MRC para etanol combustível.

A partir de então, estudos visando ao desenvolvimento de MRC para álcool etílico combustível anidro e hidratado foram iniciados. Dentre os vários parâmetros que compõem a especificação desses álcoois, ficou acordado, inicialmente, que os mais relevantes a serem estudados seriam: pH, condutividade, massa específica, teor de água, teor de álcool. Posteriormente, em reunião realizada setembro de 2006, ficou decidido que os parâmetros acidez e cobre seriam incluídos. O MRC foi finalizado em julho de 2007, passando a estar disponível à indústria no início de 2008.

No que tange à elaboração do padrão internacional para álcool combustível, compondo as bases de sustentação para o comércio internacional do produto, esforços técnicos e políticos são

necessários para a obtenção desse padrão. A definição de uma especificação internacional para etanol é um trabalho complexo, que exige a participação de técnicos, produtores, clientes, usuários e governos.

Os esforços políticos foram iniciados a partir de interesse do Brasil e dos EUA – os dois maiores produtores mundiais de etanol combustível – no avanço do mercado de biocombustíveis, com a assinatura, em março de 2007, do Memorando de Entendimento entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo dos Estados Unidos da América para Avançar a Cooperação em Biocombustíveis.

No mesmo ano, uma força-tarefa tripartite foi organizada no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis (FIB), composta por EUA, Brasil e UE, com o intuito de analisar os parâmetros de qualidade para o etanol combustível dos três parceiros, buscando uma possível harmonização. O trabalho da força-tarefa foi publicado em dezembro de 2007, na forma do Livro Branco sobre Padrões Internacionalmente Compatíveis para Biocombustíveis (FIB, 2007).

Com base nas conclusões do Livro Branco, Inmetro e NIST reuniram-se, em janeiro de 2008, para decidirem que parâmetros constariam do futuro MRC para etanol combustível, bem como para biodiesel, e para o estabelecimento das ações a serem conduzidas por cada instituto com vistas a procederem à conclusão do referido MRC – o que ocorreu ao final de 2008. Como fruto dessa parceria, NIST e Inmetro trocaram amostras de etanol combustível – e também de biodiesel – para que cada instituto realizasse suas análises acerca das amostras preparadas pela outra contraparte, no intuito de comparar os resultados das medições realizadas.

Estão sendo produzidos vários MR de biodiesel a partir de diferentes tipos de materiais tais como soja, mamona, gordura animal etc. Ademais, está em andamento a participação no Projeto Biorema, em conjunto com o IRMM, NPL, VSL, GLC e NIST, para produção de MRC de biocombustível e biodiesel. Está participando em um programa de ensaios de proficiência internacional, envolvendo 35 laboratórios de diversas regiões continentais. Está trabalhando com a UFPA e UFR da Amazônia para caracterização de óleos de fontes nativas para produção de biodiesel, objetivando atendimento da demanda regional de biodiesel.

Destaca-se a parceria Inmetro/Fiat para o desenvolvimento/adaptação de motores para uso de óleo vegetal puro. Outra ação importante é a cooperação Inmetro/LNE/PTB na área de biocombustíveis para desenvolvimento de métodos de ensaios e sua validação para a caracterização de biocombustíveis de diferentes fontes e estudo das propriedades físico-químicas. Na área de energia, há também a cooperação Inmetro/LNE, envolvendo P&D em eletricidade, óptica, térmica, materiais e química, incluindo pesquisas na área de biocombustível. Está também em andamento uma parceria Inmetro/Fiat para o desenvolvimento de motores diesel que possibilitarão o uso

de mistura biodiesel num percentual superior a B30 (30% biodiesel, 70 % diesel), atualmente usa-se B5 (5% biodiesel, 95% diesel).

Metrologia aplicada ao setor de telecomunicações (TV Digital): Foi inaugurado laboratório especialmente equipado para a realização de medições em campo em diversos sistemas de telecomunicações, incluindo TV Digital. Está estruturado em uma caminhonete Sprinter adaptada com: mastro telescópico de 13 m, sistema de nivelamento e estabilização, ar condicionado, gerador de 5KVA, sistema de *no-break*, televisor LCD Full-HD de 27 polegadas, painel de energia e *racks* para equipamentos. Esse sistema de equipamento é adaptável para cada tipo de medida a ser realizada e dispõe de sistemas completos para medições de TV Digital, Sistemas Celulares 3G e WI-MAX. O primeiro serviço foi realizado em parceria com Ministério das Comunicações, Anatel, Consórcio DRM, e Rádio TV Cultura que consistiu de medições de sinais de Rádio Digital. Estas medidas, realizadas em São Paulo, têm por objetivo definir o sistema de rádio digital que o Brasil vai adotar.

Metrologia aplicada à dinâmica de fluidos: Montagem de dois laboratórios equipados com instrumentos no estado da arte para a condução de pesquisas em quaisquer temas que envolvam a medição de velocidade de fluidos e de medidas materializadas de volume (vazão). Podemos destacar como potenciais beneficiários desses laboratórios:

- Engenharia do Petróleo: colaboração com a Petrobras em pesquisas que envolvam escoamentos multifásicos, técnicas de elevação artificial e simulação de poços horizontais, entre outros; tema de significativa importância no contexto do descobrimento da camada pré-sal;
- Ciências Atmosféricas: a medição da velocidade do vento, bem como a dispersão de poluentes na atmosfera, pontos essenciais nas recentes pesquisas sobre mudanças climáticas e aquecimento global;
- Ciências Aeronáuticas: recentemente, um acidente aéreo reacendeu as atenções sobre um instrumento clássico para a medição de velocidade de fluidos, o tubo de Pitot. O Laboratório de Velocidade de Fluidos do Inmetro possui atualmente não só o tubo de Pitot, mas também técnicas sofisticadas de medição de velocidade. Pesquisas relacionadas à aeronáutica podem ser realizadas no túnel de vento aerodinâmico, como por exemplo, a análise de separação do escoamento, análise de modelos em escala reduzida, análise da interação do escoamento com estruturas aeroelásticas, entre outros;
- Ciências Hidráulicas: atuação no projeto e construção de um canal de água que proverá condições para a investigação do escoamento em modelos de estruturas hidráulicas, assim como a realização de pesquisas em métodos de contenção de processos erosivos. Outro

tema de grande relevância é a investigação de métodos de redução do arrasto em navios e embarcações. Os resultados positivos destas e outras investigações permitirão uma redução significativa do consumo de combustíveis e redução da emissão de poluentes.

É importante frisar, ademais, que o Inmetro vem recebendo atenção internacional por sua competência de atuação em setores de ponta. Atualmente, o instituto mantém mais de 20 acordos internacionais com institutos congêneres de países de todo o mundo, tanto no que se refere à condução de cooperação técnica com parceiros quanto a prestação de assistência técnica a países em desenvolvimento, tornando-se referência na América Latina e até, em alguns casos, mundial.

7. Comentários finais

Este trabalho apresenta uma breve visão da estrutura da metrologia internacional e do importante papel desempenhado pelos INM como instrumentos de desenvolvimento tecnológico e de apoio à inovação.

Freeman (1992) sustenta que, em seu processo de *catching-up* frente ao Reino Unido, ao final do século XIX, EUA e Alemanha obtiveram êxito, dada a relevância de instituições científicas e técnicas formais, com destaque para seus INM. Cita, por exemplo, o INM alemão (*Physikalisch Technische Bundesanstalt* – PTB), criado em 1887, estabelecido como um instituto robusto, cujas atividades são marcadamente intensivas em P&D. O estabelecimento, pelo Reino Unido, de seu instituto (o *National Physical Laboratory* – NPL), apenas 10 anos depois, foi considerado pelo autor um dos fatores fundamentais para o seu atraso frente à Alemanha e aos EUA.

Nessa mesma linha de argumentação, percebe-se, apesar de um importante atraso, dado que o primeiro instituto de metrologia estabelecido no país (Instituto Nacional de Pesos e Medidas, o INPM) foi criado apenas em 1961 e sem investimentos em P&D, que o Brasil vem, recentemente, transformando o Inmetro, seu INM, em um instrumento estratégico para seu desenvolvimento tecnológico.

Os números apresentados na seção VI são indicadores dos fortes investimentos feitos em equipamentos, laboratórios, pessoal qualificado, do Inmetro, buscando atender às demandas da indústria nacional no que diz respeito à promoção de sua competitividade.

Esse tipo de estratégia, para alavancar o desenvolvimento tecnológico e a competitividade industrial, tem merecido atenção das políticas públicas, em particular da PITCE e posteriormente da PDP, com resultados bastante gratificantes. A continuidade dessas políticas visando manter a

taxa de investimento já iniciada, especialmente no INM brasileiro, mas também em toda a rede que atua em metrologia no país, é determinante para a consolidação do país como um dos polos desenvolvimento da metrologia mundial dotado de uma infraestrutura metrológica adequada às demandas da inovação.

A estratégia brasileira vem recebendo atenção de outros países em desenvolvimento, também interessados em promover seu avanço tecnológico, e o Brasil representa hoje um papel de destaque dentre a comunidade internacional, não apenas via concessão de assistência técnica a outros países de menor desenvolvimento relativo, como também via atividades de cooperação com países mais avançados.