

## 7

### Conclusões e recomendações

Resgatando os objetivos centrais do trabalho que se relacionam (i) à padronização primária para medição de vazão de gás natural em altas pressões e (ii) à harmonização de valores padrões de referência para a medição de vazão, o presente capítulo apresenta as principais conclusões consolidadas e encaminha recomendações para desdobramentos futuros da pesquisa objeto desta dissertação de mestrado.

#### 7.1

##### Conclusões

A busca da confiabilidade nas atividades de controle metrológico visa assegurar credibilidade e exatidão nas medições. A avaliação das características metrológicas dos medidores de vazão se faz necessário dado a sua importância econômica e legal nas atividades industriais e comerciais, em particular, à confiabilidade metrológica da medição, fator diretamente dependente da garantia da rastreabilidade. Outro aspecto crítico refere-se à exatidão com que os valores de referência da unidade de vazão considerados na pressão de operação devem ser estabelecidos. Do ponto de vista metrológico, a melhoria da medição depende de calibrações rastreáveis às unidades do SI. É nesse contexto que a manutenção da exatidão dos sistemas de medição requer cuidados e ações específicas.

A harmonização é um processo metrológico desenvolvido para reduzir as diferenças dos valores de referência dos laboratórios, estabelecer níveis de incerteza (CMC) correspondentes a partir de um valor comum de referência, reduzir considerável da incerteza de medição obtida pela combinação das cadeias independentes e equivalentes de rastreabilidade praticada pelos laboratórios participantes. Disseminando-se menores incertezas de medição para toda a cadeia de rastreabilidade atribui-se maior confiabilidade aos medidores operacionais, fiscal e de transferência de custódia de vazão de gás natural a alta pressão. No que concerne o rigor metrológico, um dos pré-requisitos básicos para a harmonização é a independência da cadeia de rastreabilidade presumindo-se que os padrões utilizados estejam rastreáveis às unidades básicas do SI e que não

seja afetada por qualquer outra cadeia. Para isto é necessário que se tenha no topo da cadeia de rastreabilidade um padrão primário como referência para medição de vazão de gás natural. Essa é exatamente a lacuna que ainda existe na cadeia de rastreabilidade nacional, já que o País não dispõe ainda desse padrão primário.

Definir o estado-da-arte dos sistemas primários de vazão de gás natural constitui-se no primeiro passo para se proceder a escolha adequada do padrão primário a ser desenvolvido no país. Com o desenvolvimento do padrão primário consegue-se assegurar a independência da rastreabilidade de medição efetuada durante ensaios e calibrações.

Combinando-se cadeias de rastreabilidade independentes, porém, equivalentes, através do processo de harmonização consegue-se uma considerável redução dos níveis da incerteza de medição, acarretando a estabilidade do valor de referência que é disponibilizado aos usuários que demandam credibilidade na medição de vazão, a exemplo dos contratos de custódia. A harmonização pode ser considerada como a primeira etapa para a realização de uma unidade unificada do volume de gás natural em condições operacionais adequadas.

Os sistemas primários são aqueles que determinam a vazão a partir da medição das grandezas de base massa, comprimento e tempo. Em sintonia com esse conceito, os sistemas primários para a vazão incluem os sistemas gravimétricos, os sistemas volumétricos dentre eles: “provador de campânula”, “provador de pistão” e o sistema PVTt, além do sistema óptico e dispositivo dinâmico de deslocamento apresentados e discutidos no capítulo 5. A experiência mostra que incerteza associada à medição para um nível de confiança de 95% para um sistema primário está tipicamente na faixa de  $\pm 0,01\%$  a  $\pm 0,25\%$ . Os sistemas secundários de calibração do medidor de vazão são aqueles calibrados a partir de um sistema primário. Dentre esses se incluem medidores com coeficiente experimentalmente determinado na calibração. Os principais padrões secundários de vazão são os medidores de vazão do tipo turbina e medidores críticos do tipo Venturi (bocal sônico). A incerteza total associada à medição de um sistema secundário de calibração está geralmente na faixa de  $\pm 0,20\%$  à  $\pm 0,75\%$ .

Os sistemas primários para calibração do medidor de vazão podem ser rastreados a padrões nacionais ou a padrões estrangeiros assim assegurando que as grandezas massa, comprimento e tempo sejam diretamente comparadas aos padrões existentes. Os sistemas secundários da calibração podem ser indiretamente rastreados a padrões existentes por meio da calibração que faz uso de um sistema primário. É importante notar que quanto maior o número de ligações na cadeia de rastreabilidade, maior será a incerteza agregada ao

resultado de medição na calibração do medidor.

O laboratório deve sempre buscar o rigor metroológico na execução de calibrações, notadamente no que diz respeito à exatidão requerida. Para tal, o laboratório deve possuir equipamentos de medição e padrões que lhe assegurem resultados confiáveis, com uma incerteza adequada aos propósitos de medição. O laboratório deve previamente estabelecer os níveis de exatidão que pretende atingir com um determinado método de medição e, com isso, adquirir equipamentos e padrões que viabilizem o seu objetivo.

Os fatores que devem ser analisados para promover a escolha adequada do modelo a ser desenvolvido são: capacidades de operação (faixa de vazão e pressão), princípio de funcionamento, características construtivas, tecnologias envolvidas, características metroológicas (linearidade, repetitividade, reprodutibilidade, exatidão e incerteza de medição da bancada).

A análise cuidadosa da matriz laboratorial brasileira revela uma carência de laboratórios acreditados na Rede Brasileira de Calibração (RBC) para calibração de medidores de vazão de gás natural em alta pressão. O Inmetro tem feito investimentos para suprir a vulnerabilidade brasileira em metrologia de vazão. Hoje não há no País laboratório com capacitações para calibração de medidores de vazão nas condições operacionais de transferência de gás natural. O CTGÁS está implantando laboratório em Macaíba, o qual será o primeiro que terá capacidade de calibração utilizando gás natural a alta pressão. Entretanto, faz-se necessário ainda uma capacitação mais ampla para atender aos requisitos das novas demandas impostas por laboratórios nacionais e por contratos celebrados entre órgãos metroológicos, entidades de classe, fabricantes e distribuidores de gás no País e entre países.

A construção de um laboratório para calibração de medidores de vazão de gás com ampla capacidade de medição para cobrir todas as faixas de vazão e pressão é econômica e tecnicamente inviável. A alternativa viável é a delegação de competência técnica a laboratórios secundários capazes de prover serviços de calibração em diferentes faixas complementares de pressão e vazão. Como prova de sua competência técnica, conquistar a acreditação do laboratório por um organismo internacionalmente reconhecido, assegurando-lhe o acesso à rastreabilidade ao SI, constitui prerrogativa que é imposta a qualquer laboratório que se candidate a participar do esforço nacional de construção de uma infra-estrutura primária para calibração de medidores de gás natural.

A exemplo do controle metroológico de qualquer grandeza física, a manutenção dos padrões nacionais de medição de vazão de gás natural é de responsabilidade do Instituto Nacional de Metrologia (INM). No topo da hierarquia

metrológica do País, o Inmetro é também responsável pela disseminação das unidades de medida demandada por usuários, sejam estes laboratórios acreditados que integram a RBC, instituições de pesquisa, órgãos governamentais, laboratórios para controle da qualidade ou indústrias.

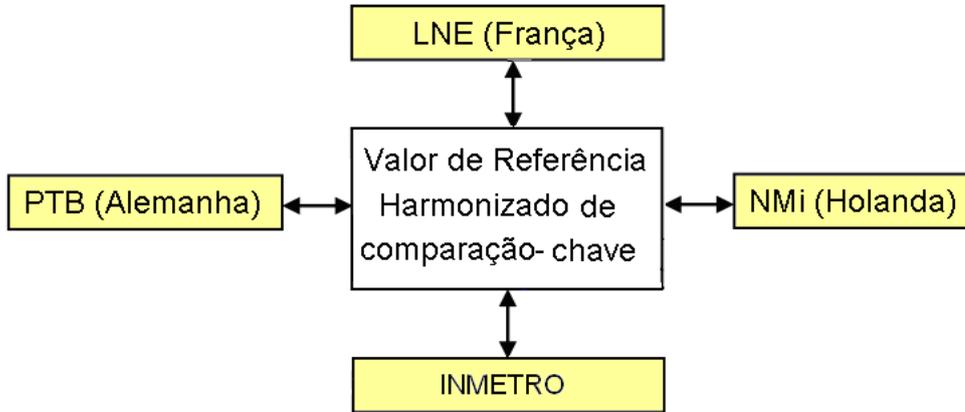


Figura 7.1: Proposição de participação de INM com padrão primário para obter valor harmonizado

Se o Instituto Nacional de Metrologia do País tiver condição de realizar ou reproduzir a unidade SI para uma determinada grandeza vazão de gás, o padrão nacional será rastreável ao padrão primário que realiza a unidade. Essa é uma possibilidade para a cadeia de rastreabilidade de vazão de gás natural no País. Obtendo-se independência metrológica em relação aos INM estrangeiros, estando em mesmo nível que os demais INM de referência discutidos neste trabalho, podendo então participar de comparação-chave e harmonizar o valor de referência conforme proposição ilustrada na figura 7.1.

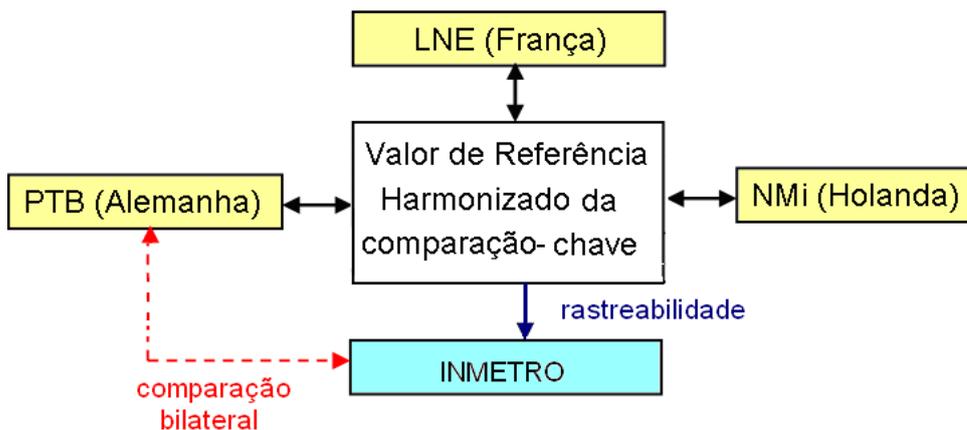


Figura 7.2: Proposição de rastreabilidade do NMI em relação ao valor de referência da e comparação bilateral

Se o INM do país não tiver condição de realizar ou reproduzir a unidade SI para a grandeza física, ele precisa garantir que as suas medições sejam rastreáveis a um padrão primário, calibrando seus padrões de referência em Instituto Nacional de Metrologia de outro País que mantenha um padrão primário dessa grandeza. Essa é outra possibilidade para a cadeia de rastreabilidade de vazão de gás natural no País. Podendo ainda realizar uma comparação-chave bilateral com um dos INM de referência para demonstrar o seu grau de equivalência e coerência do padrão com o Valor de Referência Harmonizado conforme proposição ilustrada na figura 7.2.

## 7.2

### Recomendações para desdobramentos futuros do trabalho

O desenvolvimento da cadeia metrológica para a medição do gás natural a alta pressão e a conquista do reconhecimento do que se denomina “um laboratório primário de referência” para harmonização do valor de referência da unidade de volume de gás natural requer:

- desenvolvimento de padrão primário próprio para medição de vazão de gás natural.
- manutenção do desempenho do laboratório capaz de produzir ensaios de longa duração,
- implementação de sistema de qualidade e aderência total à norma ISO 17025, atribuindo-lhe confiabilidade de sua competência técnica.
- identificação de todas as fontes de incerteza que possam afetar os diversos processos de medição do laboratório.
- elaboração de procedimentos de cálculo das incertezas de medição para todas as calibrações realizadas, utilizando-se como referência o ISO GUM, estabelecendo uma base de credibilidade para se definir a melhor capacidade de medição (CMC).
- designação do laboratório que deve ser reconhecido pelo INM, estabelecendo-se que os métodos e procedimentos de calibração devem possibilitar a obtenção de resultados de medição com a exatidão requerida, de modo a manter o laboratório executor como referência no País na área de atuação.
- comparação de resultados com outros laboratórios congêneres, ou seja, efetiva participação em programas de comparação interlaboratorial.
- participação efetiva nos Comitês Consultivos do BIPM, permitindo acesso à participação em programas de comparações-chave.

- participação em comparações regionais e comparações suplementares no âmbito de sua região, sempre que a participação em comparação-chave não for possível.
- participação em programas de qualidade laboratorial de âmbito bilateral ou multilateral envolvendo outros NMI, independentemente da necessidade de participar das comparações anteriormente citadas.

Dentre as necessidades apresentadas, o desenvolvimento de padrão primário e posterior harmonização denotam ações significativas que ainda precisam ser implementadas no País.

Os INM que operam as bancadas de calibração devem, sempre, compartilhar uma visão comum com respeito aos serviços equivalentes e imparciais demandadas pelos diferentes segmentos da sociedade. O objetivo de se criar um valor comum de referência para medições de vazão de gás natural em alta pressão visa à redução das diferenças nos valores medidos e dos níveis da incerteza associados aos sistemas de medição. No contexto de suas rotinas laboratoriais os INM devem procurar eliminar ou reduzir eventuais diferenças que ainda persistem entre valores que resultem de medições realizadas em bancadas de calibração dos laboratórios de referência.

Finalmente recomenda-se fortalecer a cooperação no âmbito do Sistema Inter-Americano de Metrologia (SIM) por meio da participação em programas de comparação interlaboratorial e desenvolvimento cooperativo de padrões primários.