

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAXWEL ORTIZ CASTANHO

**AVALIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS MEDIÇÕES DE VOLUME DE GNV EM
SISTEMAS TIPO CORIOLIS E ROTATIVO**

CURITIBA

2011

MAXWEL ORTIZ CASTANHO

**AVALIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS MEDIÇÕES DE VOLUME DE GNV EM
SISTEMAS TIPO CORIOLIS E ROTATIVO**

Monografia apresentada como requisito para obter o título de especialista em metrologia legal do Curso de Especialização em Metrologia Legal da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Sérgio F. Lajarin
Co-orientador: Dr. Alessandro Marques

CURITIBA

2011

RESUMO

Cada vez mais o gás natural veicular (GNV) está sendo utilizado como alternativa para substituir a gasolina e o álcool em veículos automotores. Este crescente uso do GNV traz consigo uma necessidade a necessidade de maior embasamento legislativo para regulamentar seu comércio, tanto para proteger os consumidores quanto os postos de combustíveis. Este avanço no comércio de GNV também fez surgir alguns questionamentos, entre eles a diferença entre as medições de volume em sistemas do tipo coriolis e rotativo, causada principalmente pelas diferentes condições de estado que o gás é submetido no local de instalação dos medidores. Porém, a ausência do controle metrológico destes instrumentos também pode contribuir para esta diferença, e esta ausência é o elemento motivador deste trabalho. Assim, aplica-se o conhecimento adquirido em metrologia legal, no que diz respeito à regulamentação existente para o controle metrológico do GNV, para verificar a correta utilização dos medidores de vazão de GNV, bem como verificar se a supervisão metrológica é efetiva, nas entidades que realizam verificações, calibrações e ajustes em tais medidores. Discutem-se, ainda, as dificuldades de adequação à legislação, e a tecnologia utilizada na medição de vazão do GNV comercializado, bem como a implantação de possíveis melhorias na legislação ou no sistema de medição.

Palavras-chave: GNV, coriolis, medidor rotativo.

ABSTRACT

Increasingly, the natural gas (CNG) is being used as an alternative to replace gasoline and alcohol in motor vehicles. This increasing use of CNG brings a greater need for a legislative basis for regulating their trade, both to protect consumers as gas stations. This advancement in trade of CNG also raised some questions, among them the difference between the volume measurements on rotary type and coriolis type, mainly caused by different state conditions that the gas is subjected onsite gauges. However, the lack of metrological control of these instruments can also contribute to this difference, and this lack is the motivation of this work. So, apply the knowledge gained in legal metrology, with regard to the existeng regulations for the metrological control of CNG, to verify the correct use of flow meters of CNG, as well as verify if the metrological supervision is effective on the entities that performing inspections, calibrations and adjustments in such meters. We discuss also the difficulties of adherence to the legislation, and the technology used to measure the flow of CNG sold, as well as the implementation of possible improvements in legislation or in the measurement system.

Key word: CNG, rotary meter, coriolis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMA.....	7
1.2 HIPÓTESE.....	8
1.3 OBJETIVO GERAL.....	8
1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1 METROLOGIA LEGAL	9
2.2 EFEITO CORIOLIS.....	10
2.3 TERMINOLOGIA	11
2.4 REGULAMENTAÇÃO APLICADA.....	13
3 METODOLOGIA.....	15
4 ANÁLISE E RESULTADOS	16
4.1 MEDIDOR ROTATIVO.....	16
4.2 DISPENSER.....	17
5 CONCLUSÃO.....	26
6 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A medição de vazão de fluidos remonta à antiguidade, embora os desenvolvimentos que levaram à utilização em larga escala dos vários tipos de elementos primários datam do início do século XVII. Ainda hoje, a medição de vazão muitas vezes é considerada como "arte" ao invés de técnica. A tecnologia de medição dos volumes do petróleo e do gás natural produzidos tem sido objeto de inúmeros congressos, normas, recomendações e procedimentos desenvolvidos ao longo das últimas décadas, tanto em nível nacional como internacional, e não parece que o assunto vai se esgotar tão cedo (PINHEIRO FILHO, 2003).

Claramente, o elemento motivador do presente trabalho é o consumo crescente de gás natural veicular, o GNV, cada dia mais utilizado em automóveis como alternativa à gasolina e ao álcool. Este combustível é extremamente seguro se o veículo for preparado em uma oficina credenciada. Os acidentes até hoje são em função de adaptações realizadas por pessoas não habilitadas a realizá-las.

A economia com a utilização do GNV em veículos chega a 66 %, sendo indicado para usuários que rodam acima de mil quilômetros por mês, devido ao custo da transformação do veículo (ABGNV, 2010).

Contudo, é importante citar que a queima do GNV em motores do ciclo Otto é cerca de cem vezes mais lenta que a da gasolina. Isto faz com que haja um atraso na ignição da mistura ar/gnv, comparado ao tempo de ignição da mistura ar/gasolina. Desta forma, para tentar minimizar este problema, são usados "variadores de avanço". Estes dispositivos são módulos eletrônicos que adiantam o momento da centelha ocorrida nas velas, o que faz com que haja mais tempo para a queima do GNV no interior da câmara de combustão. Uma outra forma também empregada, de forma menos frequente, é a injeção calculada de combustível, em quantidade bem pequena, junto com o GNV, que acelera a ignição do GNV corrigindo o atraso natural de ignição do mesmo (ABGNV).

Mesmo assim, a vantagem social no uso do GNV compensa suas eventuais desvantagens, pois, além de ser um combustível com menos contaminantes, sua combustão completa tem um maior rendimento, emitindo uma quantidade menor de poluentes como monóxido de carbono (CO), óxido de nitrogênio (NOx), e hidrocarbonetos (HC). Logo, o impacto na saúde humana provocado pelo uso de

veículos automotores tende a diminuir com a utilização do GNV (PINHEIRO FILHO, 2003).

1.1 PROBLEMA

O consumo de gás natural veicular no Brasil está em constante crescimento, fato que serve como base suficiente para que o país se preocupe cada vez mais em manter um alto nível de confiança na comercialização deste combustível. Para que este nível seja alcançado e mantido, é de suma importância que o controle metrológico dos instrumentos de medição, aplicados na comercialização de GNV, seja eficiente. É claro que, este controle, não é o único fator a ser considerado, para se alcançar e manter um alto nível de confiança na comercialização de GNV.

Na comercialização do gás natural veicular estão envolvidas: a concessionária, responsável pela distribuição de gás natural em determinada região; o posto de combustível, responsável pelo comércio pontual do GNV; e o consumidor, que utiliza veículos movidos a gás natural veicular. Para entendimento comercial, tal relação é estabelecida no momento em que o posto de combustível adquire GNV da concessionária, e no momento em que o consumidor abastece seu veículo com gás natural veicular. Para que estas relações comerciais sejam confiáveis, a quantidade de GNV transferida em cada relação é detectada por medidores de vazão de gás natural veicular, os quais são fiscalizados pelo INMETRO, que é a parte imparcial na transação comercial.

De tempos em tempos, surge um questionamento por parte dos proprietários de postos de combustíveis, sobre a quantidade de GNV transferida nas relações comerciais em que estão envolvidos. Tal questionamento é baseado no balancete interno do posto de combustível, o qual indica que a quantidade total de GNV vendida pelo posto ao consumidor, é diferente da quantidade adquirida pelo posto junto à concessionária. Assim, o problema apresentado são as diferenças entre os resultados das medições apresentadas pelos medidores utilizados no levantamento do balancete interno dos postos de combustível.

1.2 HIPÓTESE

Dentre as várias hipóteses que podem ser fomentadas sobre as causas que resultam nesta diferença de medição entre os medidores em questão, testou-se a não confiabilidade metrológica dos responsáveis pela manutenção e verificação metrológica, dos instrumentos envolvidos em tal questionamento.

Na relação comercial entre a concessionária e o posto de combustível, foi verificada, dentro das condições possíveis, a correta utilização do medidor presente nesta relação, o qual é chamado de medidor rotativo. Já na relação comercial entre o posto de combustível e o consumidor proprietário de veículos movidos a GNV, foi verificada a correta utilização dos padrões de medição que fornecem rastreabilidade ao sistema de medição presente nesta relação, sistema o qual é chamado de dispenser de GNV.

1.3 OBJETIVO GERAL

Gerar material de auxílio para elaboração e aplicação das regulamentações que tratam da comercialização de gás natural veicular.

1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO

Verificar a correta utilização dos medidores de vazão envolvidos na comercialização de gás natural veicular, além da correta utilização dos procedimentos de supervisão e verificação metrológica que tratam destes equipamentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 METROLOGIA LEGAL

A Metrologia, ou seja, a ciência da medição e suas aplicações (VIM, 2008), é um termo bem conhecido pela sociedade brasileira. Porém, uma de suas vertentes chamada Metrologia Legal, ainda não atinge o mesmo nível de popularidade em nosso país.

A Metrologia Legal pode ser definida como parte da metrologia relacionada às atividades resultantes de exigências obrigatórias, referentes às medições, unidades de medida, instrumentos de medição e métodos de medição, e que são desenvolvidas por organismos competentes (VIML, 2000). Acrescenta-se, ainda, que o escopo da metrologia legal pode ser diferente de país para país.

A partir do momento que os legisladores introduzem exigências legais obrigatórias para as unidades de medição, para os métodos de medição e para os instrumentos de medição, a Metrologia converte-se em Metrologia Legal, com o objetivo de assegurar um nível adequado de confiabilidade e exatidão das medições (RÉCHE, 2003). O conjunto de regulamentos, meios técnicos e operações necessárias para assegurar tal condição são definidos “garantia metrológica” (VIML, 2008).

Com a supervisão do governo, o controle metrológico – conjunto de atividades de metrologia legal, visando a garantia metrológica - estabelece adequada transparência e confiança com base em ensaios imparciais. A exatidão dos instrumentos de medição garante a credibilidade nos campos econômico, saúde, segurança e meio ambiente. No Brasil as atividades da Metrologia Legal são uma atribuição do INMETRO, que também colabora para a uniformidade da sua aplicação no mundo, pela sua ativa participação no MERCOSUL e na Organização Internacional de Metrologia Legal – OIML (PRADO FILHO, 2010), e de seus órgãos delegados, identificados geralmente como Institutos de Pesos e Medidas – IPEMs.

2.2 EFEITO CORIOLIS

Também conhecido como “Força de Coriolis” ou “Aceleração Coriolis”, é dito como uma força inercial ou fictícia, assim como a força centrífuga, que atua sobre um corpo em movimento quando este corpo se move sobre um referencial não-inercial rotativo.

Um exemplo de sistema em que se nota o efeito Coriolis é o deslocamento de massas atmosféricas em nosso planeta. Considerando uma massa de ar como um corpo em movimento, esta massa de ar será defletida em sua trajetória em consequência do efeito Coriolis, o qual surge porque a massa de ar se desloca sobre um corpo em rotação, a Terra.

Este efeito surge, principalmente, porque a velocidade de um ponto na superfície de um referencial rotativo varia radialmente, e um objeto se deslocando sobre este referencial sofrerá influência desta variação de velocidade (RIBEIRO, 2002).

Atualmente, alguns medidores de vazão são construídos de forma que, durante a passagem do fluido pelo medidor, apareça um sistema simultâneo de translação e rotação no fluido, e conseqüentemente, apareça a força de Coriolis, a qual é proporcional ao fluxo mássico do fluido. Tendo o medidor um sistema eletrônico que consiga medir esta força ou sua variação, tem-se então a vazão mássica do fluido.



FIGURA 1. Medidor por efeito Coriolis.

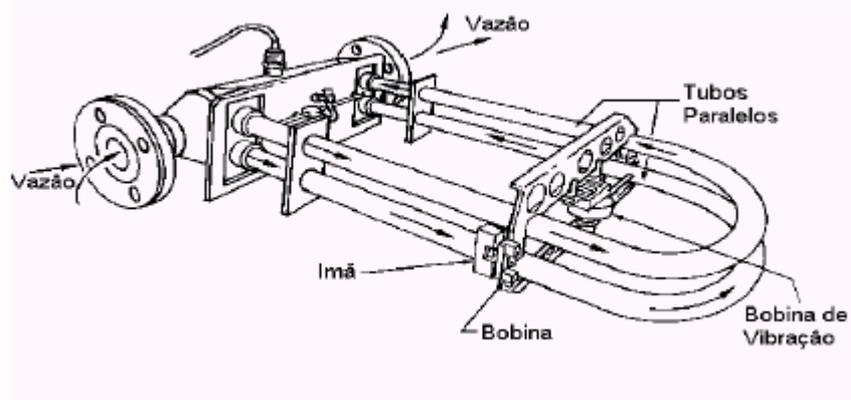


FIGURA 2. Diagrama construtivo de um medidor tipo Coriolis.

2.3 TERMINOLOGIA

Para este trabalho, caso avalie-se adequado, alguns termos na área de metrologia aplicada aos instrumentos aqui avaliados, serão simplificados ou receberão um termo correspondente.

2.3.1 MEDIDOR ROTATIVO

Um dos instrumentos a ser avaliado neste trabalho é o medidor de quantidade volumétrica tipo rotativo, empregado na medição volumétrica de gás natural veicular a baixa pressão. No decorrer deste estudo, este medidor será identificado simplesmente por medidor rotativo.

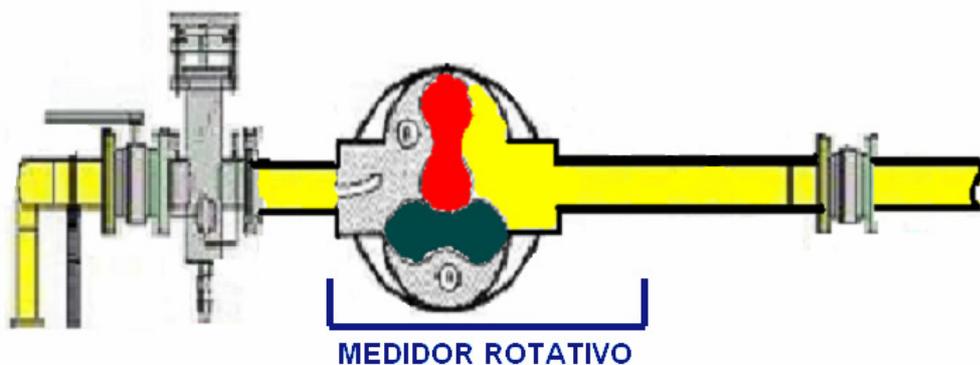


FIGURA 3. Diagrama ilustrativo de um medidor rotativo instalado.

2.3.2 DISPENSER

Sistema de medição presente em postos de combustíveis, com o objetivo de entregar gás natural veicular aos consumidores detentores de veículos movidos a GNV. Este sistema é vulgarmente chamado de “cabine de GNV”, e abrange um medidor de quantidade mássica tipo coriolis, além de dispositivos que auxiliam na obtenção da medição e no abastecimento de GNV. Eventualmente será identificado por dispenser objeto, não confundindo com o dispenser padrão.

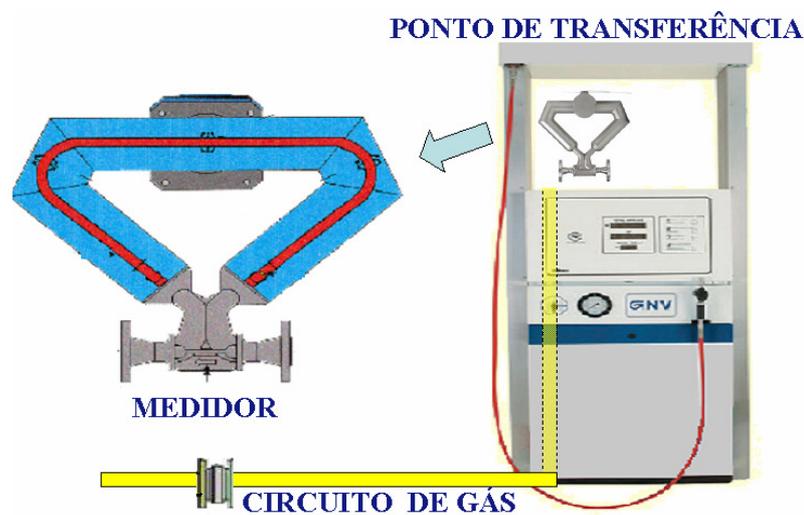


FIGURA 4. Dispenser à direita e destaque do medidor tipo Coriolis à esquerda.

2.3.3 DISPENSER PADRÃO

Instrumento portátil com características semelhantes ao dispenser, porém com uma melhor exatidão. É utilizado, quando devidamente calibrado, como referência de medição na comparação com o dispenser objeto.

2.3.4 PERMISSONÁRIAS

Empresas credenciadas junto aos IPEMs, e autorizadas a realizarem manutenção em instrumentos de medição no âmbito da metrologia legal. Neste estudo, permissionárias serão as empresas autorizadas a realizar manutenção em dispensers.

2.4 REGULAMENTAÇÃO APLICADA

2.4.1 PORTARIA MIC / INMETRO n. 088 de 08 de julho de 1987

Estabelece as condições a que devem satisfazer as Sociedades Mercantis ou Comerciais e firmas individuais interessadas na atividade de conserto e manutenção de medidas materializadas e instrumentos de medir.

2.4.2 PORTARIA MICT / INMETRO n. 114 de 16 de outubro de 1997

Considera que os medidores tipo rotativo e tipo turbina, utilizados nas medições de gases, devem atender a especificações mínimas, e aprova, entre outras disposições, o Regulamento Técnico Metrológico que estabelece tais especificações.

2.4.3 PORTARIA MICT / INMETRO n. 32 de 24 de março de 1997

Considera que os sistemas de medição utilizados na comercialização de gás comprimido, para abastecimento de veículos automotores, devem atender às especificações estabelecidas pelo INMETRO, e entre outras disposições, aprova o Regulamento Técnico Metrológico que estabelece as condições mínimas a que devem satisfazer tais medidores (denominados dispensers).

2.4.4 Norma INMETRO n. NIE-DIMEL-075, Revisão n. 00, de março de 1999

Estabelece os procedimentos a serem adotados para a verificação metrológica de medidores de volume de gás tipo rotativo e tipo turbina, em instalações aprovadas pelo INMETRO.

2.4.5 Recomendação Internacional OIML R 137-1, edição de 2006

Esta recomendação é aplicada aos medidores de gás baseados em qualquer princípio de medição, utilizados para medir a quantidade de gás em volume, massa ou unidade energética, como por exemplo, o medidor tipo rotativo. Porém, esta recomendação não se aplica a dispensers para gás natural comprimido como os dispensers de GNV.

2.4.6 Recomendação Internacional OIML R 139, edição de 2007

Esta recomendação estabelece as condições metrológicas e técnicas que devem satisfazer os sistemas de medição para combustíveis gasosos veiculares, por exemplo, dispensers de GNV, em relação à aprovação de modelo, verificação metrológica inicial e subsequente, entre outras disposições sobre tais instrumentos.

3 METODOLOGIA

Primeiramente, obteve-se o conhecimento da existência de toda a regulamentação envolvida, bem como seu conteúdo, e então foi iniciada a coleta de possíveis questionamentos sobre o controle metrológico dos instrumentos envolvidos através de contato direto com usuários dos sistemas de medição em questão, assim como informações que sirvam de embasamento para tais questionamentos.

Após levantar tais informações, fez-se contato com os institutos e empresas que realizam a verificação metrológica e a calibração de medidores de vazão de GNV, a fim de conhecer qual a situação desta parte em relação aos questionamentos, concomitantemente observando a confiabilidade metrológica destes institutos e empresas.

Logo em seguida, verificou-se a possibilidade de simular experimentalmente medições comparativas de vazão, realizando tal simulação utilizando a infraestrutura tecnológica dos institutos contatados.

Iniciou-se, então, a interpretação dos dados adquiridos, verificando como a regulamentação envolvida trata destes dados, e analisaram-se os resultados que tais dados inter-relacionados apresentam.

Com os resultados em mãos, contatar os usuários fontes dos questionamentos para uma possível discussão sobre os dados interpretados e elaborar possíveis melhorias, concluindo este trabalho.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

4.1 MEDIDOR ROTATIVO

4.1.1 ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO APLICADA

O item 7.3 da Portaria MICT / INMETRO 114 de 1997 apresenta a seguinte redação: “Recomenda-se utilizar os limites para medidor em serviço na reavaliação de medidores desde que estes estejam com selos íntegros”. Nesta redação, nota-se a presença do termo “reavaliação”, o qual não é utilizado no âmbito da metrologia legal, mesmo com a Diretoria de Metrologia Legal do INMETRO recomendando a utilização do termo “avaliação subsequente”, o qual é definido como “qualquer avaliação de um instrumento de medição, posterior à avaliação inicial” (VIML, 2008), e que deveria ter sido utilizado na redação do item supracitado.

Outra questão a ser apresentada com relação à Portaria MICT / INMETRO 114 de 1997, é a existência de erros máximos admissíveis para “inspeção em serviço”. Tal termo é apresentado somente na tabela de erros máximos admissíveis, e retomado no item 7.3, sem ser apresentado como um item de controle metrológico do medidor rotativo na portaria em questão.

Além disso, a própria Organização Internacional de Metrologia Legal apresenta, no item 7.7 da Recomendação Internacional OIML R 137-1, que as orientações para as inspeções em serviço estão sendo redigidas, ou seja, não estão concluídas. Logo, tal condição deveria ter sido observada na elaboração da citada Portaria MICT / INMETRO 114 de 1997.

4.1.2 RASTREABILIDADE

Quanto à rastreabilidade metrológica do medidor rotativo, constatou-se que tais medidores são normalmente calibrados, ou seja, possuem certificado de calibração RBC. Porém, não foram relatadas evidências de que tal medidor é submetido à avaliação subsequente, por exemplo, o relato de possuir certificado de avaliação citado no item 12.1 da Norma INMETRO n. NIE-DIMEL-075, o qual é compulsório.

4.2 DISPENSER

4.2.1 ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO APLICADA

Os itens 6.1.2 e 9.1 presentes na Portaria MICT / INMETRO n. 32 de 1997, apresentam um conjunto de disposições que não refletem os procedimentos de verificação periódica utilizados desde a publicação desta portaria até hoje, ou seja, o procedimento utilizado atualmente para realizar a verificação periódica é totalmente diferente daquele apresentado pela Portaria MICT / INMETRO n. 32 de 1997.

É importante citar que, por meio de contato pessoal com a Divisão de Instrumentos de Medição de Fluidos do INMETRO, soube-se que a Portaria MICT / INMETRO n. 32 de 1997 está para ser substituída por “nova portaria”, porém esta não possui uma data limite para ser publicada.

Logo, seria interessante revogar os itens 6.1.2 e 9.1 presentes na Portaria MICT / INMETRO n. 32 de 1997, complementando que o procedimento para a realização das verificações periódicas seria de acordo com o treinamento aplicado pelo INMETRO.

4.2.2 RASTREABILIDADE

O dispenser tem sua rastreabilidade baseada, fundamentalmente, no dispenser padrão, o qual é utilizado pelos órgãos delegados do INMETRO e pelas permissionárias. O dispenser padrão é aplicado nos procedimentos que objetivam verificar, calibrar e ajustar a exatidão do valor medido pelo dispenser objeto, logo, é de grande importância atestar que o dispenser padrão está de acordo com sua aplicação metrológica.

Uma das condições básicas para que isto esteja ocorrendo é a calibração periódica do dispenser padrão, a qual deve ser realizada por laboratórios pertencentes à Rede Brasileira de Calibração (RBC).

Assim, solicitou-se a cópia do certificado de calibração de todos os dispensers padrão pertencentes àqueles que atuam na verificação metrológica, calibração e ajuste dos dispensers utilizados em postos de combustíveis.

Na posse destas cópias, observou-se que os certificados apresentados foram emitidos por laboratórios pertencentes à RBC. Porém, aproximadamente 40% do total de certificados não foram apresentados, devido ao fato de os técnicos responsáveis pelo dispenser padrão de alguns IPEMs e algumas permissionárias estarem em viagem portando o certificado, pois não é de costume destes manter uma cópia do certificado em seus estabelecimentos.

4.2.3 RESOLUÇÃO

Após diálogo com os IPEMs, com as permissionárias, e com o INMETRO, observou-se que todos os dispensers padrão em utilização no Brasil possuem uma resolução de 0,001 kg. Logo, objetiva-se, nesta parte do trabalho, confirmar que esta resolução é suficiente para verificar a tolerância de 1% para o valor indicado no dispenser objeto, tolerância a qual é prevista em regulamento técnico.

Para tanto, utilizou-se como base o menor valor de indicação obtido no dispenser objeto em uma das muitas verificações realizadas pelos IPEMs, sendo este valor de 1,93 m³. Optou-se pelo menor valor porque a tolerância é uma porcentagem do valor indicado, ou seja, quanto menor o valor, menor será a tolerância e, conseqüentemente, melhor deverá ser a resolução do padrão.

A partir deste valor base, e considerando que o dispenser que forneceu este valor não possui erro de indicação, aplica-se a condição mínima de reprovação, a qual seria a indicação de 1,95 m³ para um erro positivo maior que 1%, e a indicação de 1,91 m³ para um erro negativo maior que 1%.

Assim, lembrando que, atualmente, os dispensers indicam a quantidade de combustível em m³ (metros cúbicos) com resolução de 0,01 m³, e os dispensers padrões indicam esta quantidade em kg (quilogramas), convertem-se os valores volumétricos supracitados em valores mássicos, utilizando a densidade recomendada pela concessionária de GNV do estado em que se localiza o dispenser do qual foi obtido o valor de base, sendo, neste caso, o valor de 0,75 kg/m³ para a densidade. A conversão é feita dividindo o valor volumétrico pela densidade.

TABELA 1. Condição mínima de reprovação com erro positivo.

	Valor base	Reprovação com erro positivo	diferença
m³	1,93	1,95	0,02
kg	1,447	1,462	0,015

TABELA 2. Condição mínima de reprovação com erro negativo.

	Valor base	Reprovação com erro negativo	diferença
m³	1,93	1,91	0,02
kg	1,447	1,432	0,015

As Tabelas 1 e 2, apresentam os valores convertidos e a diferença entre o valor base e o valor na condição mínima de reprovação. Observando os valores das diferenças em associação com os valores volumétricos e mássicos, conclui-se que o dispenser padrão deve ter uma resolução menor que a diferença mássica apresentada nas tabelas, ou seja, os dispensers padrão atualmente utilizados possuem uma resolução de 0,001 kg a qual é adequada com as condições de utilização destes.

Ainda com relação à resolução, no início de sua análise foi informado que a resolução do dispenser padrão foi obtida por diálogo com os responsáveis destes. Entretanto, esta informação poderia ser obtida observando os valores apresentados no certificado de calibração do dispenser padrão.

Pressão no Medidor	Massa corrigida no padrão ^b	Massa indicada no Medidor ^c	adim
kPa	kg	kg	
4,0	5,95	5,96	0,0
3,6	5,83	5,83	1,0
3,2	5,64	5,64	1,0
2,6	5,40	5,40	1,0
2,1	5,36	5,36	1,0
1,0	5,22	5,22	0,9

FIGURA 5. Dados de calibração do padrão A.

DADOS DA CALIBRAÇÃO	
Massa balança (kg)	Massa medidor (kg)
5,4100	5,4190
5,3837	5,3880
5,3840	5,3880
5,3639	5,3640
5,1620	5,1520
5,0920	5,0970

FIGURA 6. Dados de calibração do padrão B.

As Figuras 1 e 2 são fragmentos de dois certificados de calibração pertencentes a diferentes dispensers padrão, e emitidos pelo mesmo laboratório de calibração no ano de 2010.

Respectivamente, a “Massa Indicada no Medidor” e a “Massa medidor” apresentadas nas Figuras 1 e 2, representam a massa indicada no dispenser padrão durante a calibração deste.

Observando tais figuras, poderíamos concluir que o dispenser padrão da Figura 1 possui uma resolução de 0,01 kg, enquanto o dispenser padrão da Figura 2 possui uma resolução de 0,001 kg, pois tal resolução corresponde ao último algarismo no qual há variação.

Entretanto, esta conclusão seria equivocada, pois para estes dois dispensers padrão em questão, obteve-se um contato visual do instrumento, confirmando que os dois padrões possuem resolução de 0,001 kg.

Assim, optou-se por obter a resolução dos dispensers padrão através de diálogo com seus responsáveis, mas tal equívoco não ocorreria se os certificados de calibração fossem padronizados, por exemplo, pelo INMETRO, já que este órgão é o mais alto hierarquicamente na cadeia da metrologia legal no Brasil.

4.2.4 INFLUÊNCIA DO ERRO DO PADRÃO

No momento, sabe-se que o dispenser presente em postos de combustíveis pode ter seu valor de indicação de quantidade de GNV, examinado de duas formas: durante uma verificação realizada pelo IPEM local; ou durante sua manutenção realizada pela permissionária contratada pelo proprietário do dispenser.

Na manutenção do dispenser, ao examinar o valor indicado com auxílio do dispenser padrão, caso seja observada uma diferença entre o dispenser padrão e o objeto, o técnico de manutenção faz o ajuste no dispenser levando em consideração o erro de medição do dispenser padrão.

Já na verificação metrológica do dispenser, durante o ensaio de exatidão com auxílio do dispenser padrão, o técnico metrologista não leva em consideração o erro do dispenser padrão para calcular o erro de indicação do dispenser objeto. Há ainda relatos de utilização da incerteza presente nos certificados para efetuar tal cálculo.

Assim, objetiva-se nesta parte do trabalho, identificar se a não utilização do erro de medição do dispenser padrão, causa uma avaliação equivocada do resultado apresentado na verificação metrológica.

Utilizando os valores mássicos obtidos nas Tabelas 1 e 2 como base, construiu-se tabelas nas quais é possível identificar, a partir de qual valor o erro de medição do padrão altera o resultado da verificação metrológica.

TABELA 3. Comportamento do resultado da verificação em função do erro relativo positivo.

valor-objeto (kg)	valor-padrão (kg)	erro (objeto)	erro relativo (objeto)	erro (padrão)	resultado da verificação
0,765	0,750	0,015	1,96	0,000	reprovado
0,765	0,751	0,014	1,83	0,001	reprovado
0,765	0,752	0,013	1,70	0,002	reprovado
0,765	0,753	0,012	1,57	0,003	reprovado
0,765	0,754	0,011	1,44	0,004	reprovado
0,765	0,755	0,010	1,31	0,005	reprovado
0,765	0,756	0,009	1,18	0,006	reprovado
0,765	0,757	0,008	1,05	0,007	reprovado
0,765	0,758	0,007	0,92	0,008	aprovado
0,765	0,759	0,006	0,78	0,009	aprovado
0,765	0,760	0,005	0,65	0,010	aprovado

TABELA 4. Comportamento do resultado da verificação em função do erro relativo negativo.

valor-objeto (kg)	valor-padrão (kg)	erro (objeto)	erro relativo (objeto)	erro (padrão)	resultado da verificação
0,737	0,750	-0,013	-1,76	0,000	reprovado
0,737	0,749	-0,012	-1,63	-0,001	reprovado
0,737	0,748	-0,011	-1,49	-0,002	reprovado
0,737	0,747	-0,010	-1,36	-0,003	reprovado
0,737	0,746	-0,009	-1,22	-0,004	reprovado
0,737	0,745	-0,008	-1,09	-0,005	reprovado
0,737	0,744	-0,007	-0,95	-0,006	aprovado
0,737	0,743	-0,006	-0,81	-0,007	aprovado
0,737	0,742	-0,005	-0,68	-0,008	aprovado
0,737	0,741	-0,004	-0,54	-0,009	aprovado
0,737	0,740	-0,003	-0,41	-0,010	aprovado

A Tabela 3 apresenta como valor indicado do dispenser objeto, a condição mínima para ser reprovado com erro positivo, 0,765 kg, para um valor verdadeiro de 0,750 sem erro de indicação no padrão. Ao variar-se positivamente o erro do padrão, como apresentado na Tabela 3, nota-se que para um determinado erro do padrão, o resultado da verificação metrológica se modifica.

Neste caso, observa-se que dispensers padrões com erro de medição menor ou igual a +0,007 iriam reprovar o dispenser objeto, enquanto que dispensers padrões com erro de medição maior ou igual a +0,008 iriam aprovar o dispenser objeto.

A Tabela 4, também apresenta o mesmo comportamento, mas para a condição mínima de reprovação com erro negativo. Observa-se que, agora, dispensers

padrões com erro de medição menor ou igual a -0,005 reprovariam o dispenser objeto, enquanto que dispensers padrões com erro de medição maior ou igual a -0,006 aprovariam o dispenser objeto.

Esta influência que o erro de medição do dispenser padrão causa no resultado da verificação metrológica, como apresentado nas Tabelas 3 e 4, pode ser confirmado verificando se tal comportamento continua ocorrendo para outros valores indicados no dispenser objeto.

TABELA 5. Comportamento do resultado da verificação em função do erro relativo positivo.

valor-objeto (kg)	valor-padrão (kg)	erro (objeto)	erro relativo (objeto)	erro (padrão)	resultado da verificação
7,072	6,997	0,075	1,06	0,000	reprovado
7,072	6,998	0,074	1,05	0,001	reprovado
7,072	6,999	0,073	1,03	0,002	reprovado
7,072	7,000	0,072	1,02	0,003	reprovado
7,072	7,001	0,071	1,01	0,004	reprovado
7,072	7,002	0,070	0,99	0,005	aprovado
7,072	7,003	0,069	0,98	0,006	aprovado
7,072	7,004	0,068	0,96	0,007	aprovado
7,072	7,005	0,067	0,95	0,008	aprovado
7,072	7,006	0,066	0,93	0,009	aprovado
7,072	7,007	0,065	0,92	0,010	aprovado

TABELA 6. Comportamento do resultado da verificação em função do erro relativo negativo.

valor-objeto (kg)	valor-padrão (kg)	erro (objeto)	erro relativo (objeto)	erro (padrão)	resultado da verificação
6,922	6,997	-0,075	-1,08	0,000	reprovado
6,922	6,996	-0,074	-1,07	-0,001	reprovado
6,922	6,995	-0,073	-1,05	-0,002	reprovado
6,922	6,994	-0,072	-1,04	-0,003	reprovado
6,922	6,993	-0,071	-1,03	-0,004	reprovado
6,922	6,992	-0,070	-1,01	-0,005	reprovado
6,922	6,991	-0,069	-1,00	-0,006	aprovado
6,922	6,990	-0,068	-0,98	-0,007	aprovado
6,922	6,989	-0,067	-0,97	-0,008	aprovado
6,922	6,988	-0,066	-0,95	-0,009	aprovado
6,922	6,987	-0,065	-0,94	-0,010	aprovado

As Tabelas 5 e 6, foram construídas a partir de valores indicados no dispenser padrão, mais próximos da quantidade mínima que alguns IPeMs adotam para

realizar a verificação. Novamente, verifica-se que o comportamento, antes evidenciado nas Tabelas 3 e 4, está confirmado.

Ainda com relação à influência do erro de medição do padrão, poderíamos cogitar a hipótese de que, aumentando a tolerância para o erro de medição do dispenser objeto, a qual atualmente é de 1%, o comportamento desta influência mudaria.

TABELA 7. Comportamento do resultado da verificação em função do erro relativo positivo.

valor-objeto (kg)	valor-padrão (kg)	erro (objeto)	erro relativo (objeto)	erro (padrão)	resultado da verificação
7,15	7,000	0,150	2,10	0,000	reprovado
7,15	7,001	0,149	2,08	0,001	reprovado
7,15	7,002	0,148	2,07	0,002	reprovado
7,15	7,003	0,147	2,06	0,003	reprovado
7,15	7,004	0,146	2,04	0,004	reprovado
7,15	7,005	0,145	2,03	0,005	reprovado
7,15	7,006	0,144	2,01	0,006	reprovado
7,15	7,007	0,143	2,00	0,007	aprovado
7,15	7,008	0,142	1,99	0,008	aprovado
7,15	7,009	0,141	1,97	0,009	aprovado
7,15	7,010	0,140	1,96	0,010	aprovado

TABELA 8. Comportamento do resultado da verificação em função do erro relativo negativo.

valor-objeto (kg)	valor-padrão (kg)	erro (objeto)	erro relativo (objeto)	erro (padrão)	resultado da verificação
6,859	7,000	-0,141	-2,06	0,000	reprovado
6,859	6,999	-0,140	-2,04	-0,001	reprovado
6,859	6,998	-0,139	-2,03	-0,002	reprovado
6,859	6,997	-0,138	-2,01	-0,003	reprovado
6,859	6,996	-0,137	-2,00	-0,004	aprovado
6,859	6,995	-0,136	-1,98	-0,005	aprovado
6,859	6,994	-0,135	-1,97	-0,006	aprovado
6,859	6,993	-0,134	-1,95	-0,007	aprovado
6,859	6,992	-0,133	-1,94	-0,008	aprovado
6,859	6,991	-0,132	-1,92	-0,009	aprovado
6,859	6,990	-0,131	-1,91	-0,010	aprovado

Para testar esta hipótese, construiu-se as Tabelas 7 e 8 utilizando o valor indicado pelo padrão, sem erro de medição, de 7,000 kg, a qual deverá ser a menor quantidade adotada para a verificação metrológica de um dispenser, segundo a Divisão de Instrumentos de Medição de Fluidos do INMETRO. Nestas tabelas

utilizou-se também uma maior tolerância, de 2%, a qual também deverá ser adotada em um novo Regulamento Técnico a ser publicado pelo INMETRO.

Observando as Tabelas 7 e 8, nota-se que o comportamento da influência do erro de medição do dispenser padrão continua o mesmo, confirmando que o erro de medição do dispenser padrão deve sofrer uma avaliação mais profunda, com relação a utilizar este erro no ensaio de exatidão dos dispensers presentes em postos de combustíveis.

Com relação a todas as tabelas apresentadas na discussão sobre a influência do erro de medição do dispenser padrão, os erros do padrão apresentados em tais tabelas não foram obtidos ao acaso. A faixa apresentada nestas tabelas corresponde à faixa de erros observada nos certificados de calibração dos dispensers padrões, apresentados pelos IPEMs.

5 CONCLUSÃO

Para o medidor rotativo, constatou-se que estes são calibrados periodicamente em no máximo 5 anos, conforme item 7.1 pertencente a Portaria 114 de 1997, apesar desta evidência ter sido identificada através de diálogos com os gerentes de operação das concessionárias. Também por diálogo com estes, foi identificado que os medidores rotativos que apresentam um erro próximo ao erro máximo admissível sofrem um ajuste baseado no certificado de calibração do medidor, ação que, se realmente estiver sendo realizada, atesta que o medidor rotativo está medindo corretamente.

Ainda sobre a discussão levantada acerca do medidor rotativo, houve muita dificuldade em obter evidências materiais, pois as partes envolvidas, de alguma forma, na rastreabilidade deste medidor, não queriam tornar público alguns dados. Em alguns casos, os dados não puderam ser fornecidos por se tratar de sigilo industrial, pois divulgar a exatidão de um padrão de calibração pode ter um reflexo negativo na estratégia de mercado.

Em relação aos dispensers padrões, o acesso aos dados técnicos destes foi sem complicação, sendo tais dados fornecidos com grande interesse pelos proprietários dos padrões. É claro que, mesmo tendo adquirido estes dados, algumas informações foram obtidas através de diálogos com os proprietários dos padrões. O primeiro item a ser observado, com relação a estes instrumentos, foi a resolução, a qual poderia ser identificada pelos valores apresentados nos certificados.

Porém, os certificados de calibração não possuem uma padronização entre si, o que implica em dizer que a resolução real do instrumento de medição pode não ser aquela observada no certificado. Sendo, assim a resolução de 0,001 kg para os dispensers padrões foi obtida através de diálogo com seus proprietários, e simulando condições de uso, concluiu-se que esta resolução está adequada com o uso do padrão.

Em seguida, analisou-se a influência do erro de medição do dispenser padrão, ao proceder com o ensaio de exatidão dos dispensers presentes nos postos de combustíveis. Esta influência só tem significado quando discutida sobre os procedimentos aplicados pelos IPEMs, pois estes não são responsáveis pelo ajuste do dispenser objeto.

Simulando algumas condições de medição, concluiu-se que o erro do dispenser padrão pode influenciar no resultado da verificação metrológica, ou seja, um dispenser objeto pode ser reprovado, quando o cálculo do ensaio de exatidão não levar em consideração o erro do padrão, e ser aprovado quando o cálculo do ensaio de exatidão levar em consideração o erro do padrão, ocorrendo também o inverso.

Com relação ao problema que motivou este trabalho, seria importante informar que, durante a execução deste trabalho, foram obtidos relatos de que a simples troca, ou a manutenção do medidor rotativo, foi suficiente para zerar a diferença de quantidade de gás natural veicular que aparecia no balancete de alguns postos de combustíveis.

Enfim, analisando este trabalho como um todo, pode-se dizer que o controle metrológico dos instrumentos aqui estudados é realizado em todo o país, no que diz respeito à condição adequada de utilização destes. Talvez não com a máxima eficiência a que pode ser executada, mas tal eficiência requer, cada vez mais, avanços nesta área da metrologia legal.

Pode-se sugerir, por exemplo, um maior envolvimento dos IPEMs na fiscalização dos medidores rotativos, os quais, segundo os proprietários de postos de combustíveis, não sofrem qualquer inspeção visual pelos técnicos que executam as verificações dos dispensers presentes nos postos.

Apesar dos resultados, até aqui apresentados, serem razoavelmente satisfatórios, é importante salientar que só uma hipótese foi testada para o desenvolvimento deste trabalho. Por exemplo, outra hipótese que pode ser testada é a instabilidade e a diferença das grandezas de estado, às quais são submetidos os medidores, pois esta também pode ser a causa da diferença encontrada entre a totalização de GNV medida pelo medidor rotativo e pelo dispenser.

Outra sugestão seria um trabalho de pesquisa mais aprofundado, podendo ser a avaliação da mesma hipótese testada neste, ou a avaliação de outra hipótese, mas com dados experimentais. Provavelmente, em um futuro próximo, um novo regulamento técnico para os dispensers será publicado, juntamente com normas de orientação para facilitar e melhorar o entendimento das grandezas envolvidas em tais relações comerciais.

Assim, conclui-se que a hipótese testada se demonstrou equivocada, apesar de existirem algumas ressalvas que já foram citadas durante o transcorrer deste

trabalho. O que ficou ainda em dúvida, é se os procedimentos utilizados são realmente aplicados, e neste caso, se são adequados. Também se a fiscalização está sendo feita de forma eficiente, e se esta fiscalização abrange de forma adequada os instrumentos relacionados no âmbito da metrologia legal.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - CONMETRO. **Resolução n. 11, de 12 de outubro de 1988**. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 10/12/2010.

_____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n. 088, de 08 de julho de 1987**. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 01/12/2010.

_____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n. 114, de 16 de outubro de 1997**. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 01/12/2010.

_____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n. 32, de 24 de março de 1997**. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 01/12/2010.

_____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia - VIM**. 5. ed. Rio de Janeiro: SENAI, 2007.

_____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal - VIML**. 5. ed. Rio de Janeiro: SENAI, 2008.

FRANÇA. Organização Internacional de Metrologia Legal - OIML. **Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal - VIML**. 2000. Disponível em: <www.oiml.org>. Acesso em: 01/12/2010.

FERRAZ, F. T.; SILVA, L. G. e. A metrologia legal como diferencial de qualidade para os instrumentos de medição em um mundo globalizado. In: CONGRESSO DA QUALIDADE EM METROLOGIA, 2008, São Paulo. **Artigos...** Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 01/12/2010.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE METROLOGIA LEGAL (OIML). **OIML R 137-1**: Medidores de gás - Parte1: Requisitos. França, 2006. Disponível em: <www.oiml.org>. Acesso em: 01/12/2010.

_____. **OIML R 139**: Sistemas de medição para combustíveis gasosos veiculares. França, 2007. Disponível em: <www.oiml.org>. Acesso em: 01/12/2010.

PINHEIRO FILHO, J. A. **Medição de vazão de gás natural**. PETROBRÁS, abril 2003.

PRADO FILHO, H. R. do. **QUALIDADE ONLINE'S BLOG**. Disponível em: <<http://qualidadeonline.wordpress.com>>. Acesso em: 01/12/2010.

RÉCHE, M. M. Modelo de gestão aplicado à metrologia legal: novas formas de atuação para o controle metrológico. In: ENEGEP, 23., 2003, Ouro Preto. **Artigos...** Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 01/12/2010.

RIBEIRO, M. A. **Instrumentação**. Tek Treinamento e Consultoria Ltda, 2002.

SILVA, P. S. e. **A importância da metrologia na PETROBRÁS**, 2009.

VENÂNCIO, J. **Identificação de anomalias em sistemas de medição utilizados em postos de abastecimento de GNV**. Associação Brasileira do Gás Natural Veicular, 2004.