

Ensaio de exatidão para computadores de vazão utilizados para medição de petróleo: uma revisão de normas industriais para ensaios em condições dinâmicas de operação

Accuracy tests for flow computers used for oil accounting: an industrial standards review for testing on dynamic operation conditions

Lincoln Araujo S. Nogueira², Edísio Alves de Aguiar Junior¹, Rodrigo Ornelas de Almeida¹

¹ Inmetro; ² Petrobras

E-mail: lincolnogueira@gmail.com

Resumo: Apesar da relevância econômica dos computadores de vazão utilizados para contabilização da produção de petróleo, seus procedimentos de teste não são um consenso entre padrões, normas e recomendações do setor. A falta de requisitos técnicos e metroológicos mais objetivos tem levado a ensaios pouco transparentes e, na grande maioria dos casos, apenas sob condições estáticas. Esse trabalho apresenta argumentos para que o comportamento dinâmico desses equipamentos seja considerado, especialmente nos ensaios de apreciação técnica de modelo realizados pelo Inmetro, indo além dos testes estáticos normalmente realizados.

Palavras-chave: computador de vazão, metrologia legal, petróleo, medição de líquidos.

Abstract: Despite the economic relevance of flow computers used for accounting oil production, their testing procedures are not a consensus among standards, regulations and industry recommendations. Lack of accurate technical and metrological requirements has led to non-transparent tests and, in most cases, only under static conditions. This paper presents arguments for the dynamic behavior of these devices to be considered, especially in type approval procedures performed by Inmetro, going beyond the static tests usually performed.

Keywords: flow computer, legal metrology, oil, liquid measurement.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Metrologia legal é parte da metrologia relacionada às atividades resultantes de exigências obrigatórias, referentes às medições, unidades de medida, instrumentos e métodos de

medição, que são desenvolvidas por organismos competentes. Com a supervisão do Governo, o controle metroológico estabelece adequada transparência e confiança com base em ensaios imparciais. A exatidão dos instrumentos de

8º Congresso Brasileiro de Metrologia, Bento Gonçalves/RS, 2015

medição garante credibilidade nos campos econômico, saúde, segurança e meio ambiente. [1]

O controle metrológico de instrumentos de medição é uma atividade da metrologia legal, e compreende as atividades de apreciação técnica de modelo, verificação inicial e verificação subsequente, são previstas na Resolução Conmetro nº 11/88, capítulo III, item 8. A apreciação técnica de modelo é obrigatoriamente realizada pelo Inmetro, e consiste em conferir se os modelos dos instrumentos atendem aos requisitos de seus respectivos regulamentos técnicos. A aprovação é pré-condição para utilização dos equipamentos, e resulta em uma portaria de aprovação de modelo.

Computadores de vazão são dispositivos eletrônicos desenvolvidos especialmente para calcular e totalizar a vazão instantânea de fluidos, e devem atender a requisitos específicos, como a implementação de algoritmos rigorosamente descritos em normas, capacidade de compensação de temperatura e pressão, armazenamento de alarmes e eventos e inviolabilidade [2]. Por essas razões, as empresas produtoras de petróleo adotam esses equipamentos para contabilização de seus bilionários volumes de produção [3] na esperança de garantir o emprego das melhores práticas estipuladas pela indústria, uniformizar as metodologias de cálculo, e proporcionar maior confiabilidade para os resultados divulgados. Como as participações governamentais oriundas do petróleo são calculadas com base nos volumes produzidos, foi definido no Brasil que os computadores de vazão devem ser submetidos a um controle metrológico legal por parte do Estado [4]. Isso implica que todos modelos de equipamentos utilizados pelas empresas produtoras de hidrocarbonetos no Brasil devem ser aprovados no processo de apreciação técnica de modelo realizada pelo Inmetro [5].

Ensaios de exatidão são fundamentais no processo de apreciação técnica de modelo dos computadores de vazão, e consistem basicamente na injeção de sinais elétricos nos seus módulos de entrada e posterior verificação dos resultados gerados. São denominados estáticos se realizados com sinais de características constantes e dinâmicos se as características dos sinais variam durante o ensaio, a qual está mais próxima das condições reais de operação.

Com relação aos ensaios de exatidão, é possível observar que apesar de sua grande relevância econômica, os procedimentos de testes para computadores de vazão utilizados em sistemas de medição de petróleo não são oficialmente definidos em padrões, normas e recomendações do setor [6], culminando em ensaios pouco transparentes e na grande maioria dos casos apenas sob condições estáticas [7].

2. ENSAIOS PREVISTOS EM NORMAS

As principais organizações que apresentam recomendações para ensaios de exatidão em computadores de vazão são o *American Petroleum Institute* (API), a *Organisation Internationale De Métrologie Légale* (OIML) e o *European Cooperation in Legal Metrology* (WELMEC).

A OIML menciona duas abordagens diferentes para verificação dos requisitos metrológicos de sistemas de medição. A primeira abordagem consiste na verificação do computador de vazão como parte do sistema completo de medição, e a segunda abordagem consiste na verificação dos componentes do sistema de medição de maneira isolada [8]. A segunda abordagem é mais adequada à realidade atual dos sistemas de automação industrial, na qual o sistema de medição é composto por instrumentos de diversos fabricantes, os quais buscam comprovar individualmente a adequação de uso de seus equipamentos. A segunda abordagem prevê a

utilização de sinais simulados ou sinais gerados por sensores reais. A simulação de sinais foi a única abordagem analisada neste trabalho, pois na visão dos autores permite testes em diversas condições de operação e exige infraestrutura laboratorial mais simples.

A recomendação R 117 da OIML especifica os requisitos metrológicos e técnicos aplicáveis para sistemas de medição dinâmica de líquidos além de água sujeitos a controle metrológico legal. Enquanto a primeira parte da recomendação é mais voltada em determinar os requisitos, a segunda parte tem como objetivo definir modos para comprovação de atendimento. A OIML recomenda que o teste de exatidão de dispositivos calculadores e conversores como computadores de vazão inclua as seguintes etapas:

- Verificar se o volume final nas condições de medição apresenta erro inferior a 1 décimo do erro máximo permitido (MPE) na linha A da Tabela 1.
- Verificar se o volume nas condições de medição é convertido para condições base com erro inferior a 1 décimo do MPE na linha A da Tabela 1.
- Verificar se cada característica do líquido transmitida para o computador de vazão é indicada por ele com erro inferior aos indicados na Tabela 2. Quando os instrumentos se comunicam com o computador de vazão utilizando sinais digitais, o MPE é restrito apenas a erros de arredondamento.

Tabela 1 - MPE para volume indicado. Linha B para medidores e A para sistema de medição completo.

Linha	Classe de exatidão	
	0.3	1.0
A	0,3%	1,0%
B	0,2%	0,6%

Tabela 2 – MPE para indicação de características simuladas por sinal analógico.

Erro Máximo Permitido (MPE)	Classe de exatidão dos sistemas de medição	
	0.3	1.0
Temperatura	$\pm 0,18^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,30^{\circ}\text{C}$
Pressão	$< 1 \text{ MPa} \quad : \pm 30\text{kPa}$ $\text{Entre } 1 \text{ MPa e } 4 \text{ MPa} \quad : \pm 3\%$ $> 4 \text{ MPa} \quad : \pm 120 \text{ kPa}$	
Densidade (Conversão de massa para volume)	$\pm 0,6 \text{ kg/m}^3$	$\pm 1,2 \text{ kg/m}^3$
Densidade (Conversão de temperatura ou pressão)	$\pm 3 \text{ kg/m}^3$	

De acordo com o regulamento técnico de medição emitido pela ANP, a medição de óleo produzido se enquadra na classe de exatidão 0.3[5]. Logo, os computadores de vazão devem ser ensaiados utilizando esse critério.

A segunda parte da OIML recomenda que enquanto o efeito de uma característica do líquido estiver sendo avaliada, todas as outras devem ser mantidas constantes em valores próximos às condições de referência [9], e que os testes sejam conduzidos nas vazões mínima, média e máxima de operação do equipamento.

A API possui um conjunto de normas separadas em capítulos denominadas “manual de padrões para medição de petróleo”, as quais não têm foco nas atividades de metrologia legal, e sim em estabelecer requisitos bem específicos e detalhados para sistemas de medição na indústria do petróleo. O capítulo 21 trata sobre medição de vazão utilizando sistemas eletrônicos, sendo a seção 1 voltada para gás e a seção 2 voltada para líquidos. Os requisitos propostos para testes de

computadores de vazão são diferentes, uma vez que a transmissão de sinais de vazão para líquidos é tradicionalmente feita por pulsos, e de vazão de gases por corrente elétrica ou protocolos digitais.

Além de requisitos de funcionalidade, a seção do capítulo 21 para líquidos sugere que a exatidão das entradas do computador de vazão seja avaliada utilizando sinais elétricos bem conhecidos. Para sinais analógicos, sugere-se que a fonte de tensão ou corrente não exiba flutuações acima de $\pm 0,1\%$ durante um período de 150% do tempo em que a medição está sendo realizada. Para sinais de pulsos, sugere-se que o gerador seja capaz de fornecer metade da frequência teórica de operação até o dobro desse valor, com amplitude 5% abaixo do valor mínimo esperado e acima do máximo [2].

A seção 5 do quinto capítulo das normas API também apresenta maneiras para se testar as entradas de pulso dos computadores de vazão. A primeira é injetar uma quantidade de pulsos conhecida a uma frequência fixa no canal do computador de vazão, e então verificar quantos pulsos foram efetivamente contados. A segunda é injetar um trem de pulsos com frequência fixa para avaliar se o computador de vazão é capaz de indicar corretamente qual a frequência transmitida [10].

A seção do capítulo 21 voltada para gases sugere que para qualquer calibração realizada, o equipamento de referência seja ao menos duas vezes mais exato que o equipamento sendo calibrado. Essa seção destaca a importância de testes dinâmicos dos computadores de vazão para verificação de seu algoritmo interno, procedimentos que estão previstos para a seção 5 do capítulo 22, a qual se encontra em elaboração [11].

O apêndice E sugere o uso de formas de onda quadrada e dente de serra para avaliar como o algoritmo interno do computador de vazão lida

com as variações de sinal. Uma forma de onda quadrada que permanece 50% do tempo zerada e 50% com uma vazão fixa é capaz de revelar erros na maneira como o computador de vazão calcula o tempo de fluxo, que deveria ser 50% do tempo total de teste. Esse tipo de forma de onda também é capaz de revelar erros na forma com que o computador de vazão calcula as médias de pressão diferencial, pressão estática e temperatura, pois como a média só deve ser calculada quando o valor está acima de zero, ela deverá ser igual ao valor máximo da forma de onda quadrada. Já a forma de onda de dente de serra é de grande utilidade para verificar como os algoritmos de média das variáveis se comporta. Uma vez que o sinal de dente de serra varia uniformemente entre os valores máximos, ele pode ser utilizado para estimar o valor real que deveria ser indicado pelos computadores de vazão[6].

A WELMEC com seu documento 10.4 procura proporcionar um guia para a aplicação da recomendação R 117 da OIML, uma vez que os procedimentos de teste não estão claramente definidos e harmonizados em padrões [7]. Esse documento é anterior à parte 2 da recomendação R 117 emitida em 2014, que procura fornecer mais detalhes para os testes metrológicos dos equipamentos. A WELMEC, assim como a API, demonstra preocupação com o comportamento dinâmico dos computadores de vazão ao sugerir a realização de testes para verificar o tempo com que os computadores de vazão são capazes de responder às variações em suas entradas.

3. CONCLUSÃO

As normas disponíveis atualmente não definem procedimentos de testes bem consolidados para testes de exatidão de computadores de vazão. A maioria dos testes realizados são estáticos, e utilizam valores fixos para os sinais de entrada dos computadores de vazão. É preciso elaborar procedimentos mais

detalhados e bem definidos para conferir maior segurança quanto à exatidão dos computadores de vazão, os quais devem considerar o comportamento dinâmico desses equipamentos.

REFERÊNCIAS

1. INMETRO. A Metrologia Legal no Brasil. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/metlegal/metBrasil.asp>>. Acesso em: 16 jul. 2015.
2. API. **Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 21.2—Electronic Liquid Volume Measurement Using Positive Displacement and Turbine Meters**. American Petroleum Institute. Washington. 2011.
3. INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCMBUSTÍVEIS. **Monitor IBP**. [S.l.]. 2014. (ISSN: 2176-5464).
4. INMETRO. Instrumentos sujeitos ao controle metrológico legal. **Inmetro**. Disponível em: <<http://inmetro.gov.br/metlegal/instrumentosApresiasiacao.asp>>. Acesso em: 16 jun. 2015.
5. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Resolução Conjunta ANP/Inmetro nº.1, de 10 de junho de 2013**. DOU 1 de 12/06/2013. Brasília.
6. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 21.1 - Electronic Gas Measurement**. API. Washington, p. 94. 2013.
7. EUROPEAN COOPERATION IN LEGAL METROLOGY. **Guide for Testing of Electronic Calculators with Conversion Function and Conversion Devices**. WELMEC. Vienna, p. 40. 2006.
8. OIML. **Internation Recommendation R 117-1 Dynamic measuring systems for liquids other than water. Part 1: Metrological and technical requirements**. Paris, p. 127. 2007.
9. OIML. **International Recommendation R 117-2 Dynamic measuring systems for liquids other than water. Part 2: Metrological controls and performance tests**. Paris, p. 169. 2014.
10. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 5.5 - Fidelity and Security of Flow Measurement Pulsed-Data Transmission Systems**. API. Washington, p. 8. 2010.
11. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Annual Standards Plan. Disponível em: <<http://www.api.org/publications-standards-and-statistics/standards/annual-standards-plan/standards%20plan%20segments/measurement>>. Acesso em: 30 ago. 2015.