

# P11 – Estudo sobre o Desempenho Metrológico de Medidores de Gás do Tipo Diafragma – Ciclo 2004/2005

Luiz Carlos Dutra<sup>1</sup>, Olga Satomi Yoshida<sup>2</sup>

1 Comgás

2 IPT

**Resumo** – O presente documento apresenta os resultados do projeto desenvolvido pelo IPT com a finalidade de analisar tecnicamente as condições metrológicas dos medidores de gás natural residencial instalados na malha de distribuição da COMGAS e com menos de 5 anos de utilização. A Portaria INMETRO Nº 31, de 24 de março de 1997, em sua Tabela 5, estabelece que os erros máximos de medição em serviço permitidos para medidores de gás natural do tipo diafragma são de - 6 % a +3 %, para vazões na faixa de  $Q_{mín}$  e  $0,1Q_{máx}$ , e de -3 % a +3 % para vazões na faixa de  $0,1Q_{máx}$  a  $Q_{máx}$ . O período de recalibração de medidores diafragma não está definido nas normas vigentes, sendo, ainda, objeto de investigação. Da mesma forma, o item 9.1 da Portaria Nº 31 do INMETRO não define um período para a recalibração de medidores em uso, mas determina que os intervalos de verificação de medidores diafragma não devem ser superiores a 10 anos.

Palavras-chave: teste, erro, metrologia, COMGÁS, INMETRO, calibração, medidores de gás

## Introdução

O objetivo do projeto foi desenvolver uma investigação experimental para a determinação de curvas de desempenho de medidores diafragma do tipo "erro de indicação versus idade do medidor". Este tipo de correlação é, ainda, desconhecida, muito, em função da diversidade de tipos e modelos de medidores, fabricantes e condições de utilização. No entanto, há evidências e um senso comum em torno da hipótese de que a curva de erro de indicação derive para o lado positivo ao longo do tempo de operação do medidor. A derivação positiva implica um sobrefaturamento, enquanto que a derivação negativa implica em subfaturamento. Em relação aos materiais de fabricação, de acordo com as informações da COMGAS, todos os medidores adquiridos a partir de 1999 possuem câmaras de medição em membrana de borracha. Entretanto, este componente pode variar de fabricante para fabricante, em função da qualidade e espessura do material, processo de fabricação, montagem, etc. O presente trabalho evidenciou que alguns modelos com 5 anos de operação apresentam erros de medição muito acima de 3 %, valor limite estabelecido na Portaria do INMETRO e, portanto, indica que o período de recalibração destes medidores diafragma deveria ser bem menor que os 10 anos atualmente definidos.

## Desenvolvimento

A metodologia adotada neste projeto consistiu na análise, por amostragem, dos erros de indicação dos medidores do tipo diafragma da COMGÁS. Uma amostra de medidores G1.6 e G2.5 foi cuidadosamente selecionada, retirada do parque de medidores da COMGAS e encaminhada para calibração no Laboratório de Gás do IPT. O objeto final deste trabalho foi avaliar a influência do tempo de operação dos medidores no parque sobre a sua confiabilidade metrológica, por meio da quantificação dos erros de indicação dos medidores em relação à bancada de calibração do IPT. O tempo de uso do medidor foi quantificado pela idade dos medidores. As seguintes relações foram analisadas no projeto:

- A proporção de medidores acima da margem de erro tolerável;
- A tendência do erro médio de indicação versus a idade dos medidores;
- A evolução da variabilidade dos erros de indicação ao longo do tempo de uso;
- A evolução da repetitividade dos medidores na bancada do IPT versus o tempo de uso.

A tolerância estabelecida pela Portaria INMETRO Nº 31 é de 3 % para os medidores G1.6 e G2.5 e para uma faixa de trabalho, respectivamente, de 0,016 m<sup>3</sup>/h a 2,5 m<sup>3</sup>/h e

de 0,025 m<sup>3</sup>/h a 4 m<sup>3</sup>/h. No entanto, a metodologia adotada no projeto teve como princípio buscar a confiabilidade metrológica dos medidores diafragma da COMGÁS nas vazões de operação e não nas vazões normalizadas. A amostra de medidores foi calibrada uma vez em cada uma das vazões anteriores, sendo que a repetitividade de cada medidor foi avaliada por meio de três medições seguidas na vazão 1,75 m<sup>3</sup>/h. A repetitividade foi avaliada somente na vazão de 1,75 m<sup>3</sup>/h por ser esta a vazão em que os medidores normalmente apresentam a melhor repetitividade. Além disso, esta é uma vazão de operação muito frequente nos perfis de consumo residencial levantados em campo pelo IPT.

A idade dos medidores na amostra foi controlada para garantir a representatividade de um possível efeito desse fator sobre os erros de indicação dos medidores na amostra e da representatividade das proporções de medidores não conformes. A amostra final calibrada foi composta de 318 medidores diafragma, sendo 195 unidades modelo G1.6 e 123 unidades modelo G2.5. As calibrações das amostras foram realizadas pelo Laboratório de Gás do Centro de Metrologia de Fluidos do IPT, acreditado pelo INMETRO e pelo DKD-Deutscher Kalibrierdienst da Alemanha. O medidor padrão utilizado nas calibrações foi um medidor de gás do tipo rotor semi-submerso, do fabricante SHINAGAWA e cuja incerteza sobre os resultados das calibrações foi avaliada em 0,8%.

## Resultados

Todas as calibrações das amostras de medidores modelos G1.6 e G2.5 estão graficamente representadas nas Figuras 1 e 2. Os limites de tolerância de 3% para os erros de indicação da Portaria do INMETRO estão representados nos gráficos, onde se vê claramente que os modelos G2.5 da ABB e Schlumberger têm trabalhado dentro das margens estabelecidas, mesmo aqueles com 3 a 5 anos do uso, assim como o modelo G1.6 da Schlumberger com até 5 anos de uso. Já os medidores G1.6 da LAO, com 5 anos de uso, têm mais pontos acima das margens de tolerância da Portaria, enquanto que os medidores G1.6 da ABB com 3 anos de uso têm alguns pontos acima da margem permitida. Os resultados das calibrações foram agrupados segundo o modelo, fabricante e tempo de uso no parque. Para cada grupo, a descrição dos erros em cada vazão calibrada é apresentada

na Tabela 1, por meio da média dos erros do grupo na vazão calibrada, desvio padrão da média, desvio padrão dos erros entre os medidores do grupo, número de medidores no grupo (n) e a repetitividade dos medidores do grupo, calculada pelo 30º quartil das repetitividades do grupo.

Erro (%) x Vazão (m<sup>3</sup>/h) por Idade e Fabricante - Diafragmas G1.6

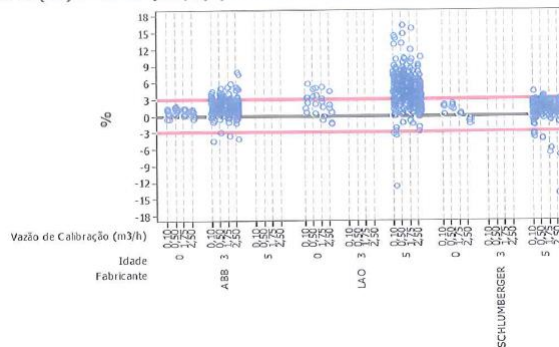


Figura 1 – Resultados das calibrações da amostra de medidores G1.6

Erro (%) x Vazão (m<sup>3</sup>/h) por Idade e Fabricante - Diafragmas G2.5

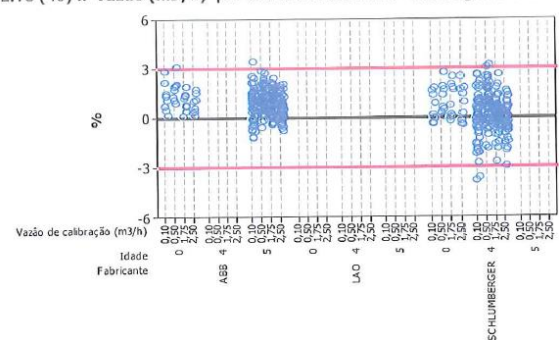


Figura 2 – Resultados das calibrações da amostra de medidores G2.5

Tabela 1 - Erro médio, desvio padrão da média, desvio padrão dos erros dos medidores G 1.6 e G2.5, classificados por vazão de calibração, idade do medidor e fabricação.

| Fabricante   | Idade (anos) | Vazão (m <sup>3</sup> /h) | Modelo G1.6    |                |          |    | repetibilidade (95%) |
|--------------|--------------|---------------------------|----------------|----------------|----------|----|----------------------|
|              |              |                           | Erro médio (%) | d.p. média (%) | d.p. (%) | n  |                      |
| ABB          | 0            | 0,10                      | 0,59           | 0,24           | 0,73     | 9  | 0,14                 |
|              |              | 0,50                      | 1,22           | 0,18           | 0,55     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 0,86           | 0,20           | 0,61     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 0,51           | 0,19           | 0,56     |    |                      |
|              | 3            | 0,10                      | 1,67           | 0,22           | 1,57     | 52 | 0,17                 |
|              |              | 0,50                      | 2,07           | 0,19           | 1,40     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 1,40           | 0,22           | 1,57     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 1,72           | 0,29           | 2,07     |    |                      |
|              | 5            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
| LAO          | 0            | 0,10                      | 2,86           | 0,72           | 1,77     | 6  | 0,99                 |
|              |              | 0,50                      | 3,28           | 0,72           | 1,76     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 2,00           | 0,89           | 2,17     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 0,94           | 0,91           | 2,23     |    |                      |
|              | 3            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              | 5            | 0,10                      | 4,48           | 0,50           | 4,13     | 69 | 0,19                 |
|              |              | 0,50                      | 5,54           | 0,38           | 3,16     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 4,54           | 0,35           | 2,87     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 3,62           | 0,45           | 3,72     |    |                      |
| SCHLUMBERGER | 0            | 0,10                      | 1,43           | 0,38           | 0,75     | 4  | 0,42                 |
|              |              | 0,50                      | 1,65           | 0,21           | 0,42     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 0,39           | 0,05           | 0,10     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | -0,91          | 0,21           | 0,42     |    |                      |
|              | 4            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              | 5            | 0,10                      | 0,77           | 0,24           | 1,75     | 51 | 0,23                 |
|              |              | 0,50                      | 1,48           | 0,21           | 1,50     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 1,01           | 0,25           | 1,78     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 0,56           | 0,36           | 2,57     |    |                      |

| Fabricante   | Idade (anos) | Vazão (m <sup>3</sup> /h) | Modelo G2.5    |                |          |    | repetibilidade (95%) |
|--------------|--------------|---------------------------|----------------|----------------|----------|----|----------------------|
|              |              |                           | Erro médio (%) | d.p. média (%) | d.p. (%) | n  |                      |
| ABB          | 0            | 0,10                      | 1,30           | 0,31           | 0,88     | 8  | 0,23                 |
|              |              | 0,50                      | 1,78           | 0,25           | 0,69     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 1,02           | 0,21           | 0,59     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 0,89           | 0,20           | 0,57     |    |                      |
|              | 3            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              | 5            | 0,10                      | 0,78           | 0,14           | 1,02     | 59 | 0,17                 |
|              |              | 0,50                      | 1,20           | 0,11           | 0,81     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 0,96           | 0,10           | 0,72     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 0,65           | 0,11           | 0,74     |    |                      |
| LAO          | 0            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              | 3            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              | 5            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
| SCHLUMBERGER | 0            | 0,10                      | 0,57           | 0,29           | 0,87     | 9  | 0,29                 |
|              |              | 0,50                      | 1,04           | 0,31           | 0,92     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 0,97           | 0,34           | 1,01     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | 0,85           | 0,36           | 1,08     |    |                      |
|              | 4            | 0,10                      | -0,35          | 0,26           | 1,91     | 56 | 0,14                 |
|              |              | 0,50                      | 0,74           | 0,15           | 1,11     |    |                      |
|              |              | 1,75                      | 0,18           | 0,13           | 0,95     |    |                      |
|              |              | 2,50                      | -0,24          | 0,12           | 0,89     |    |                      |
|              | 5            | 0,10                      | *              | *              | *        | 0  | *                    |
|              |              | 0,50                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 1,75                      | *              | *              | *        |    |                      |
|              |              | 2,50                      | *              | *              | *        |    |                      |

## Conclusões e Contribuições

Os resultados do projeto permitiram confirmar a existência de derivação positiva dos erros de indicação em função da idade. Previa-se, inicialmente, quantificar o efeito somente em função da idade do medidor, sem especificar o fabricante. No entanto, constatou-

se que as diferenças de desempenho entre os medidores dos fabricantes são significativas, tendo como origem exatamente as derivas características das amostras de cada fabricante. Decidiu-se, então, apresentar os resultados finais considerando-se também os fabricantes. A deriva positiva dos erros dos medidores pelo tempo de utilização é muito maior no tipo G1.6 quando comparado com o tipo G2.5. Os medidores testados de modelo demonstraram maior estabilidade do erro de indicação em função da idade, tendo sido evidenciada apenas uma pequena derivação negativa nos medidores dos fabricantes Schlumberger e ABB. Para estes modelos G2.5 os erros nas vazões de operação não ultrapassaram o limite superior de 3% normalizado pelo INMETRO ao longo de 5 anos de uso para o G2.5-ABB e 4 anos de uso para o G2.5-Schlumberger. As amostras dos modelos G1.6 apresentaram desempenhos diferentes para cada fabricante. Foi verificada deriva positiva dos erros ao longo do tempo de uso para todos os modelos G1.6 em diferentes intensidades para cada fabricante, uma leve deriva nas amostras da Schlumberger em 5 anos de uso, uma média deriva nas amostras da ABB em 3 anos de uso, e uma alta deriva para as amostras do LAO em 5 anos de uso. A deriva positiva dos erros provocou a extrapolação do limite de 3% para 84% dos medidores G1.6 da LAO com 5 anos e 36% dos medidores G1.6 da ABB com 3 anos de uso. Já os medidores da Schlumberger tiveram melhor desempenho, com 6% dos medidores com 5 anos de uso acima do limite de 3%.