

IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE FLUXÍMETROS EMPREGADOS NA SOLDAGEM A ARCO COM PROTEÇÃO GASOSA

(1) Adriano Virgílio Maurici

(2) Jair Carlos Dutra

RESUMO

Este trabalho apresenta informações referentes à utilização de medidores de vazão. Para a seleção de um medidor, deve ser levado em conta a incerteza e a faixa de medição desejada, o tipo de aplicação e o custo dos instrumentos. A partir da montagem de uma bancada para calibração de medidores de vazão, são apresentados procedimentos de calibração de fluxímetros tipo turbina e área variável. Nestes procedimentos pôde-se constatar que, devido a maior sensibilidade à mudanças na pressão, os fluxímetros tipo turbina requerem uma calibração sob as mesmas condições a que estarão submetidos durante a soldagem. Quanto aos fluxímetros de área variável, estes requerem uma calibração com mesma temperatura, fluido e pressão para qual o instrumento foi especificado pelo fabricante. Caso uma das condições de calibração acima não forem respeitadas, torna-se necessário utilizar equações para correção dos valores medidos, caso contrário os erros de medição inviabilizam a utilização do instrumento.

Palavras-chave: calibração; medidores de vazão; fluxímetros; vazão de gás.

ABSTRACT

In this paper information about the application of flow meters is shown. To the instrument selection must be taken in account both the measurement range and measurement uncertainty, as the same as the kind of application desired to and the cost of the flow meter. Using a dedicated bench, calibration procedures of a turbine and a variable-area flow meters were made. In this procedures it was evidenced that, due to a higher pressure changes sensitive, the turbine type flow meter require a calibration at the condition that it will be submitted during welding. Regarding the variable-area type flow meter, these require a calibration procedure made at the same fluid type, temperature and pressure operation specified by the instrument manufacturer. In case of changes in one of these parameters, parametric relationships should be used to adjust the instrument readings. Otherwise, the errors will invalidate the flow rate measurement.

Key-Words: calibration; flow meter; gas flow.

(1) – Eng. Eletricista, Mestrando em Metrologia Científica e Industrial – LABSOLDA / UFSC
Rua do Imigrantes, s/n, Centro, Nova Trento – SC. Cep: 88270-000 - e-mail: avm@labsolda.ufsc.br

(2) – Dr. Eng., Eng. Mecânico, Prof. LABSOLDA / UFSC
Campus Universitário CP 476, Trindade, Fpolis – SC. Cep: 88040-900 e-mail: labsolda@emc.ufsc.br

1. INTRODUÇÃO

Dentre as variáveis que podem exercer influência relevante na soldagem a arco com proteção gasosa encontra-se a vazão de gás. Em processos como plasma e microplasma, de maior sensibilidade, variações na vazão de gás da ordem de $0,2 \text{ l.min}^{-1}$ já interferem na qualidade da solda [1]. Outros de menor sensibilidade, caso dos processos MIG/ MAG ou TIG, variações na vazão de gás, dentro de certos limites, não afetam a qualidade da solda. Nestes casos, é o fator econômico o que exerce sua influência sobre a escolha da vazão de gás a ser utilizada durante a soldagem, tanto nos processos industriais automatizados, quanto nos executados de forma manual ou mecanizada. Por este motivo, torna-se importante a disponibilidade de métodos para determinar, com menor erro possível, o fluxo de gás utilizado na soldagem, de forma a auxiliar na determinação de seu custo efetivo. Para fazer frente a esta demanda, é de fundamental importância uma base metrológica sólida, que permita a calibração dos instrumentos de medição utilizados no processo produtivo.

Um dos parâmetros mais importantes em um medidor de fluxo, pois define seu custo, corresponde à precisão do instrumento. Entretanto, não pode haver nenhuma precisão sem que se tenha boa repetitividade. Como informação, repetitividade representa o grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando, efetuadas sob as mesmas condições de medição [2]. Estas condições, denominadas condições de repetitividade, incluem: a) o mesmo procedimento de medição; b) o mesmo observador; c) a repetição das medições em um curto espaço de tempo e d) utilização do mesmo instrumento de medição, utilizado nas mesmas condições e no mesmo local. Sendo impossível fabricar um medidor de fluxo que apresente uma precisão que possa ser previamente especificada, torna-se necessário calibrar cada medidor de fluxo separadamente. Como qualquer instrumento metrológico, recomenda-se que os medidores de vazão sejam calibrados periodicamente, sendo usual a recalibração a cada seis meses [3]. Após este período, o instrumento poderá apresentar repetitividade, mais existe o risco dos valores medidos não corresponderem aos verdadeiros.

Embora exerça influência na estabilidade, na qualidade e no custo, observa-se uma pequena profusão de equipamentos e procedimentos destinados à calibração de medidores de vazão de gás utilizados na soldagem. Muitas vezes, o ajuste da vazão é feito com base em uma escala contida no manômetro do regulador de pressão, sendo sua magnitude ajustada a partir da variação das condições de pressão. Embora bastante utilizado, este procedimento não é o mais indicado, visto que esta variação na pressão a jusante induz a um erro entre o valor indicado na escala e o valor verdadeiro da vazão. Um instrumento adequado pode ser obtido pela associação de um fluxímetro de área variável e de um regulador de pressão, de modo a este último permitir o ajuste da pressão para as condições de calibração do fluxímetro. Este instrumento fornece imunidade à variações da pressão à jusante. Embora simples, este sistema não oferece nenhuma melhoria na visualização da indicação, além de não permitir o monitoramento através de sistemas automatizados ou tampouco possibilitar a totalização da quantidade de gás consumida em um certo período de trabalho. Alguns tipos de medidores de vazão fornecidos com reguladores de pressão acoplados podem ser confundidos com um tipo específico denominado de rotâmetro devido a similaridade na forma construtiva do fluxímetro. Atenção a isto se faz necessário, uma vez que estes instrumentos são sensíveis à variações de pressão à jusante.

Neste trabalho são apresentadas considerações acerca da montagem de uma bancada para calibração de medidores de vazão de gás, assim como apresentadas informações referentes à calibração de um medidor de vazão tipo rotâmetro e de um tipo turbina.

2. CALIBRAÇÃO DE FLUXÍMETROS APLICADOS NA SOLDAGEM

2.1 CALIBRAÇÃO DE FLUXÍMETROS TIPO TURBINA

Os medidores de vazão em dutos fechados, chamados medidores de vazão tipo turbina, tem este nome derivado do elemento interno rotativo, que é, de fato, a parte principal do instrumento. Este medidor consiste em um rotor com um certo número de pás, suportado entre dois mancais no interior de uma carcaça (figura 1). Um escoamento de fluido pela turbina fará com que o rotor gire a uma certa frequência angular. Esta frequência de rotação, captada por um sensor opto-eletrônico, será convertida em um sinal elétrico, este proporcional à vazão do fluxo de gás. A partir deste sinal elétrico torna-se possível o monitoramento da vazão ou totalização do consumo de gás através de sistemas de aquisição automatizados. Detalhes de projeto e montagem tornam estes instrumentos complexos e determinam sua confiabilidade. O ângulo e o número de pás, a forma e a rigidez dos mancais, as dimensões dos canais de acesso correspondem a alguns dos requisitos a serem considerados no projeto destes instrumentos.

O projeto de norma ABNT/ISO 9951 [4], aplicável à medidores de vazão de gás tipo turbina, referencia os dados de calibração à serem fornecidos para estes medidores. Entre os principais itens, incluem-se: a) o erro na vazão mínima (q_{\min}) e máxima (q_{\max}), assim como nos valores intermediários 0,1, 0,25, 0,4 e 0,7 de (q_{\max}); b) o método de calibração; c) a incerteza estimada do método; d) a natureza das condições de pressão e temperatura do gás de teste e e) a posição de trabalho do medidor.

Muito embora o projeto de norma ABNT/ISO 9951 [4] estipule 4 valores intermediários entre a vazão mínima (q_{\min}) e máxima (q_{\max}), para a aplicação na soldagem pode ser necessário aumentar este número de pontos. Caso a turbina seja utilizada na saída da tocha de soldagem, a resposta em frequência é linear (figura 2), o que permite seguir a recomendação do projeto de norma sem interferir na precisão do instrumento. Entretanto, caso a turbina seja instalada antes da tocha de soldagem, recomenda-se que sejam executadas medições em pelo menos 10 pontos, de modo que o erro referente às curvas de interpolação sejam minimizados. Esta sugestão de mudança se deve ao fato dos medidores tipo turbina sofrerem forte influência da pressão à jusante. Isto porque cada processo de soldagem utiliza uma pistola de soldagem característica, gerando, conseqüentemente, uma diferente queda de pressão à jusante do medidor. Desta forma, os instrumentos instalados antes da pistola de soldagem devem ser calibrados considerando um determinado processo de soldagem. Muito embora esta informação específica não seja abordada em detalhes pela literatura técnica, este comportamento foi identificado a partir de ensaios de calibração conduzidos na bancada de calibração de medidores de vazão montada. Nas figuras 3 e 4 são apresentadas as respostas em frequência do fluxímetro tipo turbina para os processos de soldagem MIG/ MAG, TIG e plasma.

2.2 CALIBRAÇÃO DE FLUXÍMETROS TIPO ÁREA VARIÁVEL

Possuindo diferentes princípios construtivos, o mais conhecido se constitui naquele denominado por rotâmetro (figura 5). Nestes instrumentos, o fluido escoar em um tubo cônico vertical, sempre no sentido de baixo para cima, movimentando um flutuador [5]. A posição do flutuador, neste caso, fornece a indicação da vazão de gás.

Uma característica operacional dos rotômetros, e que os distingue dos medidores tipo turbina, reside no fato destes não serem afetados pela pressão à jusante. Na utilização dos

rotômetros, devem ser observadas, tanto a pressão, quanto a temperatura em que foi executada a calibração, assim como o tipo de fluido utilizado neste procedimento. No caso de haverem discrepâncias em algum destes parâmetros, torna-se necessário utilizar equações paramétricas com o objetivo de corrigir a leitura fornecida pelo instrumento [6]. O procedimento de correção toma por base a expressão

$$F_c = F_t * F_d * F_p \quad [1]$$

onde (F_c) corresponde ao fator de correção da leitura do fluxímetro, (F_t) ao fator de correção devido à temperatura do gás, (F_d) o fator de correção devido à densidade do gás e (F_p) o fator de correção devido à pressão do gás. Cada um destes fatores pode ser calculado por

$$F_t = ((T_{cal} + 273) / (T_t + 273))^{1/2} \quad [2]$$

$$F_d = (d_{rel} / d_t)^{1/2} \quad [3]$$

$$F_p = ((P_t + P_a) / (P_{cal} + P_a))^{1/2} \quad [4]$$

onde

T_{cal} – Temperatura à qual o instrumento foi calibrado (°C);

T_t – Temperatura de trabalho (°C);

d_{rel} – Densidade relativa ao ar, do gás com que o instrumento foi calibrado;

d_t – Densidade relativa ao ar, do gás utilizado;

P_t – Pressão no interior do instrumento, com o gás utilizado (bar);

P_a – Pressão atmosférica (bar);

P_{cal} – Pressão de calibração do instrumento (bar);

Abaixo tem-se uma amostra de como utilizar as equações de correção citadas, quando o instrumento opera fora das condições de calibração. A vazão utilizada para efeito do cálculo do fator de correção é de $15,0 \text{ l.min}^{-1}$, sendo as condições de calibração do fluxímetro definidas como:

$T_{cal} = 20 \text{ °C}$

$P_{cal} = 3 \text{ bar}$

Fluido = ar

a) Fator de correção devido à temperatura do gás

Para uma variação na temperatura de calibração de $+5 \text{ °C}$, o cálculo do fator de correção devido à temperatura é definido por

$$F_t = ((20 + 273) / (25 + 273))^{1/2}$$

$$F_t = 0,991$$

Promovendo as substituições, para a taxa de vazão especificada, o erro em relação a uma variação de temperatura em $+5 \text{ °C}$, corresponde a

$$E = 15 - (15 * 0,991) = 0,12 \text{ l.min}^{-1}$$

b) Fator de correção devido à densidade do gás

Utilizando um fluxímetro calibrado para ar, para medição de vazão de CO₂, o fator de correção devido a densidade do gás corresponde a

$$F_d = (1,0000 / 1,5194)^{1/2}$$
$$F_p = 0,811$$

o que gera um erro, decorrente da mudança na densidade do fluido, de

$$E = 15 - (15 * 0,811) = 2,83 \text{ l.min}^{-1}$$

c) Fator de correção devido à pressão do gás à montante

Para uma variação na pressão de calibração de -0,5 bar, o fator de correção relativo à pressão deve ser calculado por

$$F_p = ((2,5 + 1,0135) / (3,0 + 1,0135))^{1/2}$$
$$F_p = 0,935$$

Portanto, para uma taxa de vazão de 15,0 l.min⁻¹, o erro em relação à variação da pressão em -0,5 bar, corresponde a

$$E = 15 - (15 * 0,935) = 0,97 \text{ l.min}^{-1}$$

Assim, pode-se dizer que os fatores de correção que exercem maior influência na medição de vazão realizada com fluxímetros do tipo rotâmetro são a densidade e a pressão do gás utilizado. Estes resultados permitem afirmar que, muito embora se encontre na literatura afirmações que somente a densidade do gás exerce forte influência sobre a leitura da vazão nos fluxímetros tipo rotâmetro, a pressão de calibração também deve ser considerada. Caso esta correção não seja efetuada, grande divergência poderá surgir entre o valor medido e a vazão real da vazão do gás.

3. CONCLUSÕES

Um fator importante na escolha do instrumento padrão para calibração de medidores de vazão está na incerteza de medição desejada. O ideal é que a relação entre a precisão requerida para o medidor a calibrar e o padrão seja de um para dez (1/10), ou pelo menos, de um para cinco (1/5). Na determinação do procedimento de calibração dos medidores tipo turbina, constatou-se que os mesmos, por serem fortemente dependentes da pressão a jusante, requerem uma calibração sob as mesmas condições à que estarão sujeitos durante sua utilização. Já, os fluxímetros tipo área variável, apesar de não serem sensíveis à estas variações, devem ser utilizados nas mesmas condições de temperatura, fluido e pressão à montante especificados pelo fabricante. Se uma ou mais destas condições de calibração não forem respeitadas, torna-se necessário utilizar equações para correção dos valores medidos, caso contrário os erros de medição inviabilizam a utilização do instrumento.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de manifestar seus sinceros agradecimentos ao pessoal técnico do LABSOLDA / UFSC, em especial aos Engenheiros Carlos Eduardo I. Baixo e Moisés Alves de Oliveira pelo apoio técnico e sugestões. Agradecem também à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro ao pessoal envolvido na execução deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DE PAULA Jr., O. S., Desenvolvimento e aplicação da soldagem plasma pela técnica keyhole, Dissertação de Mestrado, UFSC, Brasil. 1997.
- [2] Apostila "Incerteza de Medição", CERTI / LABMETRO, agosto 1996, p11.
- [3] MILLER, RICHARD W., Flow Measurement Engineering Handbook, McGraw-Hill Company, 1983.
- [4] ABNT/ISSO 9951, Projeto de norma, Medição de vazão de gás em condutos fechados, Medidores de turbina.
- [5] PEREIRA, Marcos Tadeu, Uso Racional de Energia na Indústria, Nº 3, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT, p.5.
- [6] MACHADO, I. Guerra, Soldagem & Técnicas Conexas: Processos, Editado pelo autor, 1996, p. 423.

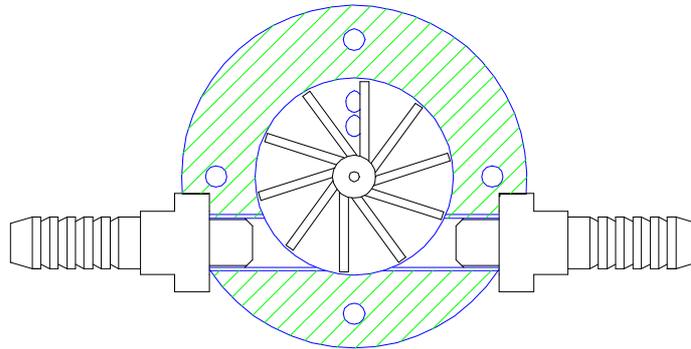


Figura 1 – Fluxímetro tipo turbina.

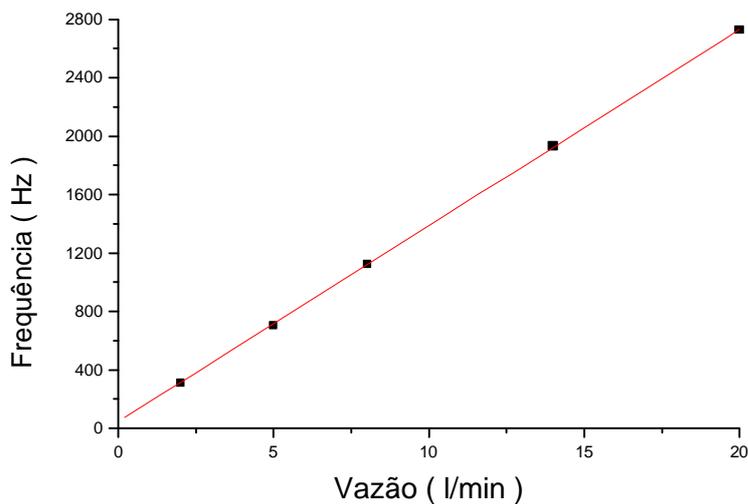


Figura 2 – Resposta em frequência de um fluxímetro tipo turbina à variação da vazão de gás sem a tocha de soldagem. Fluido: Argônio; Temperatura: 20 °C; Pressão: 3 bar

VAZÃO (l.min ⁻¹)	SOLDAGEM		
	MIG/ MAG Frequência (Hz)	TIG Frequência (Hz)	PLASMA Frequência (Hz)
5,0	683	688	644
10,0	1305	1330	1112
15,0	1709	1760	1350
20,0	2025	2113	1500

Figura 3 – Resposta em frequência de um fluxímetro tipo turbina para tochas de soldagem de diferentes processos. Fluido: Argônio; Temperatura: 20 °C; Pressão: 3 bar

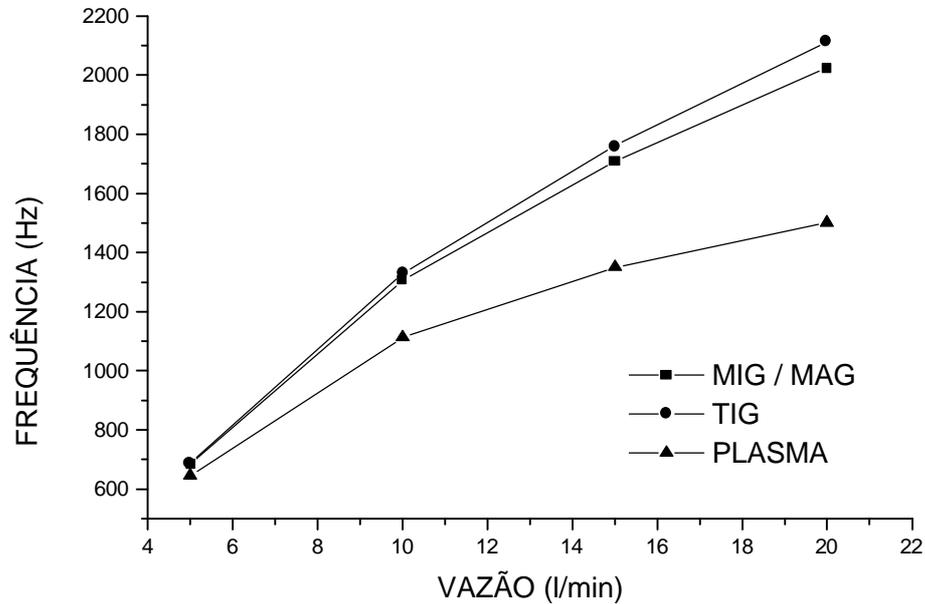


Figura 4 – Resposta em frequência de um fluxímetro tipo turbina para as soldagem MIG/ MAG, TIG e plasma.

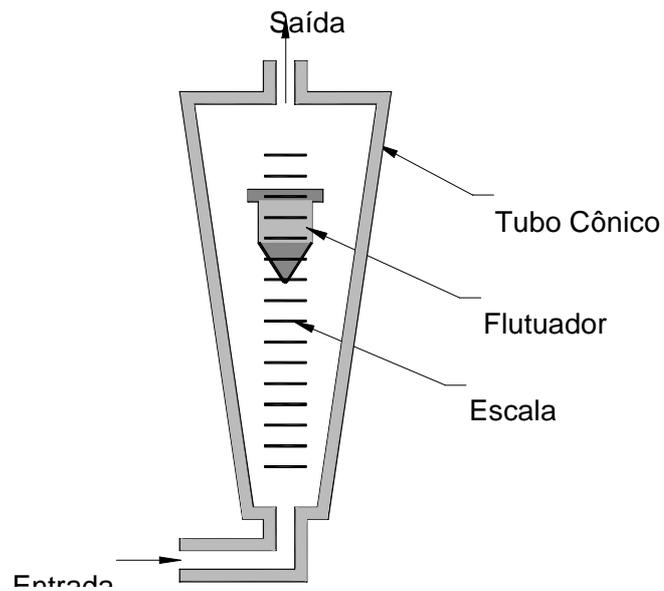


Figura 5 – Fluxímetro tipo rotâmetro