

FATOR DE CORREÇÃO DA TEMPERATURA - Ft

A temperatura da água impacta diretamente na vazão medida quando, a medição for realizado por elementos primários deprimogêneos. Nesses casos, pode-se facilmente introduzir um erro de medição da ordem de +/- 0,6% na vazão medida quando a temperatura variar, passando de 4°C, valor normalmente tomado como referência inicial para 32°C. A 4°C, a densidade da água é igual a 0,99996, ou seja 1,000; a 32°C vale 0,99505.

Nas Empresas de Saneamento, de um modo geral, ainda não se tem a cultura ou a preocupação de corrigir a temperatura da água impactante no sistema de medição primária que é o tubo de Pitot, então, com certeza se cometerá um pequeno erro na medição da vazão. Temperatura não corrigida, tem-se como valor de referência, densidade 1,000, equivalente a 4°C.

No Brasil, onde o clima é tropical, dificilmente encontraremos uma água de adutora ou mesmo na distribuição com temperatura tão baixa quanto 4°C, nem tão alta quanto 34°C, exceção para água extraída de alguns poços artesianos ou mesmo em alguns casos no verão nordestino. Sabemos que a temperatura da água não está em constante variação, por isso, podemos tratá-la na medição como sendo uma variável estática, ou seja, fixa durante as medições Pitométricas. Desta forma, medimos ou avaliamos a temperatura no momento da medição, introduzindo seu valor medido no firmware da Maleta ou no programa MDHidro para as devidas correções automáticas. Errar 3 ou 4°C numa avaliação da temperatura para efeito de correção da vazão é melhor que não avaliar e considerar a água como tendo densidade igual a 1,000 correspondente a 4°C.

POR QUE CORRIGIR

O tubo de Pitot Cole, no processo de medição, atua como um elemento primário de vazão, transformando a energia cinética da água fluindo, em energia potencial no Tip a montante do tubo de Pitot, onde se localiza a zona de estagnação ou de impacto do vetor velocidade central do fluido vazante. A transformação de energia de velocidade que ali acontece é função da velocidade impactante e da densidade do fluido. Mantendo-se a velocidade constante, resultará na equação da continuidade, um vazão também constante. Todavia, se a temperatura variar, pode-se perceber e afirmar que a vazão indicada no medidor Padrão Magnético permanece constante, enquanto que, no medidor Pitométrico a vazão cai ligeiramente, mostrando a necessidade de uma pequena correção, denominada Ft, “correção de temperatura” para ajustar a vazão lida com o Padrão Magnético.

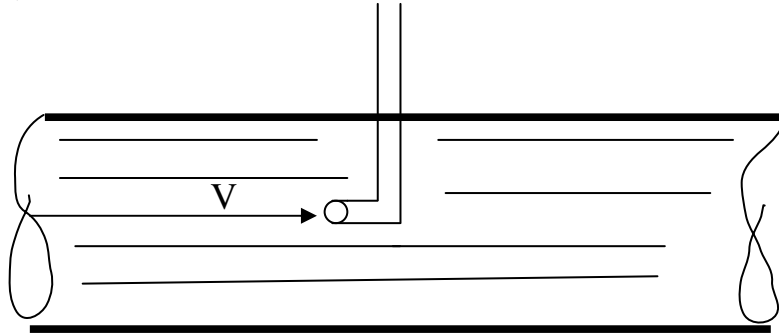
Sabemos que o medidor de vazão Magnético não depende da temperatura nem tão pouco da densidade do fluido para sua operação padrão, enquanto que, na Pitometria, a densidade é importante ou relevante para a condição padrão de medição.

Vazão Q, é igual a área A, vezes a velocidade V.

$$Q = A \cdot V \quad \text{Equação da continuidade.}$$

Por sua vez $V = K \cdot dP^{1/2}$. O dP gerado a partir do tubo de Pitot, além da velocidade impactante, dependerá também da densidade do fluido. Quanto maior a temperatura, menor a densidade e, conseqüentemente, para a mesma velocidade, dP será menor.

Então, compensamos seu valor menor, introduzindo na equação o fator de correção de temperatura, Fct.



Demonstração física da variação da energia impactante com a temperatura

Na figura acima, a ponta do tubo de Pitot (TIP) é impactado pelo vetor velocidade V. Considerando que a energia do impacto seja: $E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ e $m = \text{vol} \cdot d$ segue que, $E = \frac{1}{2} \text{vol} \cdot d \cdot V^2$. Considerando a $T1 = 4^\circ\text{C}$, segue que $E1 = \frac{1}{2} \cdot \text{Vol} \cdot d1 \cdot V^2$.

Aumentado a temperatura para $T2 = 32^\circ\text{C}$, vem $E2 = \frac{1}{2} \cdot \text{Vol} \cdot d2 \cdot V^2$. Como, $T2$ é maior que $T1$, logo $d2$ é menor que $d1$. Dai, conclui-se que $E2$ é menor que $E1$. Sendo $E2$ menor, logo o dP gerado pelo o impacto é menor, a despeito da velocidade V ter ficado constante.

$$V = K \cdot dP^{1/2} \cdot Fct.$$

$$Q = Sef \cdot Kd \cdot Kp \cdot FV \cdot Vc \cdot FcL \cdot Fg \cdot Ft$$

Equação geral da vazão corrigida numa medição pitométrica.

Como sabemos, a água não muda de temperatura a cada hora talvez dias e ou quando muda, da noite para um dia ensolarado, nesse caso, talvez haja uma pequena variação de 1 a 3°C. Portanto, o processo de correção com um fator fixo equivalente a uma dada temperatura medida sem considerar essa variação é bem melhor que registrar continuamente a temperatura da água apenas por registrar e não corrigi-la no firmware da Maleta ou no programa MDHidro.

Temperatura (°C)	Densidade H ₂ O	Fct
4	0,99996	1,0000
6	0,99994	1,0000
8	0,99985	1,0001
10	0,99970	1,0003
12	0,99950	1,0005
14	0,99924	1,0007
16	0,99894	1,0010
18	0,99859	1,0014
20	0,99820	1,0017
22	0,99777	1,0022
24	0,99729	1,0027
26	0,99678	1,0032
28	0,99623	1,0037
30	0,99564	1,0043
32	0,99505	1,0049
34	0,99439	1,0056

Tabela de variação da densidade da água com a temperatura

Nomenclatura:

V = velocidade (m/s)

K = Constante – adimensional

dP= diferencial de pressão gerado (m)

Fct=Fator de correção da temperatura (adimensional)

Q=vazão (m³/s)

Sef =área corrigida (m²)

Kd=correção do diâmetro (adimensional)

Kp= correção de penetração do Tap (adimensional)

FV=fator de correção de velocidade (adimensional)

Vc= velocidade central medida (m/s)

FcT= fator de correção de temperatura

Fg= fator de correção da aceleração da gravidade (adimensional)

FcL= fator de correção Lamon (adimensional (dinâmico))

d = densidade da água a 4°C (igual 1,000)

E = energia de velocidade (energia cinética)

Vol=volume na unidade de tempo (m³)

T = temperatura (°C)

Artigo desenvolvido pelo Eng° Geraldo Lamon em Dez. 2004
Revisado e editado em janeiro 2013