

FATOR DE CORREÇÃO DE VELOCIDADE - FV. O VILÃO DAS MEDIÇÕES PITOMÉTRICAS.

A medição de vazão de água pela pitometria, no que tange a seus erros ou incertezas, corrigimo-los por meio das correções físicas de natureza estática e dinâmica, introduzindo ou inserindo na fórmula de vazão ou equação da continuidade, sete correções básicas, hoje implementadas. As correções fazem parte da estrutura interna do programa MDHidro. Tais correções, hoje complementam aquelas antes usadas na pitometria tradicional.

Equação da continuidade;

$Q = A.V$ onde; Q = vazão em m^3/s ; A = área em m^2 e
 V = velocidade em m/s .

A área é uma grandeza física estática, mensurável, portanto, ela entra no sistema de cálculo da medição de vazão de forma exata. A velocidade, por sua vez, é uma grandeza física, dinâmica, medida e calculada de maneira indireta por uma fórmula matemática, ou seja, a equação de Bernoulli, onde o resultado do cálculo fica sujeito a uma série de correções de natureza física dinâmica, constituindo desta forma, o grande vilão da incerteza da medição. Assim sendo, toda atenção nas correções deve ser conduzida de forma a minimizar a incerteza dos resultados.

Das sete correções que vamos inserir na fórmula acima estudaremos doravante, apenas uma delas nesse artigo. As demais serão analisadas uma a uma em artigos futuros, sucessivos e específicos.

O fator que vamos analisar a partir de agora é o Fator de Correção de Velocidade, FV. Este fator é o responsável pelo maior dos percentuais de erro no cálculo da vazão.

A velocidade fluídica passante numa tubulação é determinada ou medida indiretamente por meio de tubo de Pitot, que é o nosso elemento primário da medição.

A equação padrão de velocidade originária da equação geral de Bernoulli, diz que:

$$V = K \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{\Delta p}{1000}}$$

onde:

V = velocidade fluídica (m/s)

K = constante de descarga do tubo de Pitot. Seu valor é 0,865 (valor default), para uma velocidade de $\pm 2,0$ m/s.

g = aceleração da gravidade local.

Δp = Diferencial de pressão gerado pelo tubo de Pitot (mmCA)

1000 = transformação de mmCA para mCA.

O diferencial gerado resultado do impacto frontal do vetor velocidade com a ponta do tubo de Pitot Cole, transforma a energia cinética pontual em energia de pressão, ilustração “A” da figura 2. Essa energia se soma à pressão reinante do lado a montante do tubo de Pitot, em detrimento do lado oposto a jusante que, teoricamente, permaneceria na mesma pressão a montante, gerando então o diferencial entre as duas extremidades dos tips. Quanto maior a velocidade maior o diferencial.

Por motivo de padronização e, obviamente para se obter maior sensibilidade do sistema primário da medição (tubo de Pitot), ele é sempre instalado fixo no centro da tubulação onde se tem a maior velocidade fluídica passante.

Na figura abaixo temos os 3 tipos de perfil de velocidade a ser analisados os quais são encontrados em tubulações de água com escoamento.

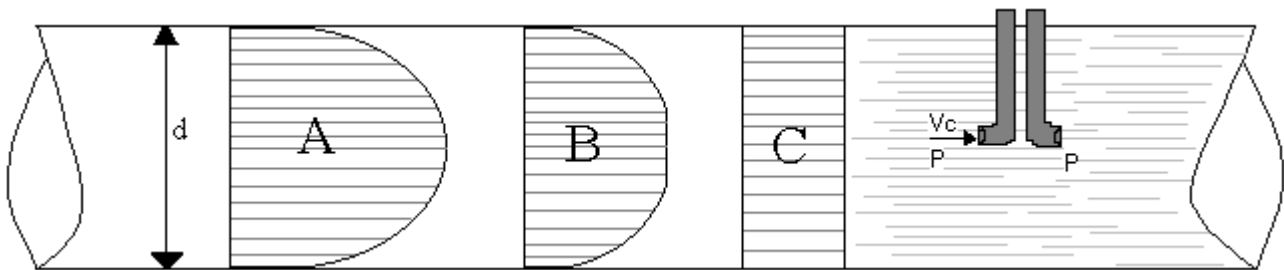


Fig. 1

No perfil “C” da figura 1, observamos uma caracterização de velocidade igual em todos os pontos ao longo do diâmetro da tubulação. Esses módulos vetoriais de velocidades iguais entre si e formando um retângulo, é o que caracteriza aquilo que chamamos de perfil ideal de velocidade fluídica. Na hipótese de trabalharmos com esse caso particular de perfil, bastaria introduzir o tubo de Pitot em qualquer ponto, ao longo do diâmetro da tubulação, mediríamos a velocidade de uma das flechas ou vetores, obtendo-se, por conseguinte, a vazão pela equação da continuidade. Esse tipo de perfil de velocidade é teórico e ideal, portanto, na prática, ele jamais ocorre, pois o fluido água é real, apresentando viscosidade e atrito entre as suas moléculas e, entre essas e a respectiva parede do tubo, comportando-se nesse caso de maneira real e não ideal. Por outro lado, a tubulação também é real, tendo rugosidade ou aspereza em suas paredes internas, o que vai originar atrito ou resistência ao escoamento. Portanto, a tubulação não é ideal. Assim sendo, o perfil ideal visto em “C” na figura 1 será aquele que vamos procurar encontrar ou dele nos aproximar durante os cálculos de transformação de um perfil real, de qualquer escoamento, para um perfil ideal, o qual seria, doravante, a nossa velocidade média V_m procurada.

O perfil “A” da figura 1 é um perfil real de formato parabólico onde as velocidades vetoriais são muito baixas e o fluido escoava tranqüila. Esse perfil é chamado de perfil laminar. Ele é por certo encontrado ou observado nos fluídos em escoamento lento ou quase parando. Sua forma característica se deve a sua viscosidade e a conseguinte adesão às paredes internas do tubo. A viscosidade, portanto, é a responsável pela adesão e resistência à ruptura intermolecular do fluido, o qual escoava de forma laminar sem agitação. Ainda devido a resistência oferecida pelas paredes ásperas da tubulação, o fluido apresentará seu formato característico, chamado de perfil parabólico laminar, conforme ilustração “A” da figura 1. Todavia, calculando a área desse perfil parabólico laminar e transformando-o numa figura retangular de mesma área como o retângulo da ilustração “C”, chegaremos a conclusão que o maior comprimento da flecha ou do módulo vetorial da ilustração “A” será duas vezes maior que o comprimento da flecha ou módulo vetorial do retângulo da ilustração “C” da figura 1. Assim sendo, podemos afirmar que a velocidade média V_m de uma curva parabólica ou perfil laminar é igual a sua velocidade central dividida por dois, ou seja,

$$V_m = \frac{V_c}{2} \quad \text{a velocidade média é a que nos interessa em qualquer cálculo de vazão.}$$

O valor $V_c/2$ é o “default” para velocidade média de um perfil laminar. Da mesma forma, $V_c/1,2$ é o “default” para o perfil de velocidade turbulento.

Na prática, nem sempre um perfil parabólico laminar levantado é igual ao perfil laminar parabólico teórico, assim como, para o perfil parabólico turbulento. É sempre desejável medir e traçar o perfil no ponto da medição para o cálculo real do fator de correção de velocidade, FV.

Velocidade média, portanto, é um número calculado que tem unidade, ou seja, metro por segundo. Na procura de um número ou fator sem unidade, definiu-se o FV como sendo a relação entre velocidade média V_m sobre a velocidade central V_c , ou seja:

$$Fv = \frac{V_m}{V_c} \rightarrow \text{fator numérico absoluto}$$

Portanto, FV é o fator numérico absoluto da correção de velocidade.

A partir do momento que se fornece mais e mais energia ao fluido, na forma de velocidade, a adesão entre as moléculas ou partículas fluídicas se rompem por uma espécie de cisalhamento entre elas. As lâminas fluídicas que se escoavam tranquilas e aderentes umas nas outras, se agitam, fazendo com que as moléculas ou partículas passem a girar de maneira desordenada ou em torno de si mesma ou de seu próprio eixo, formando o que conhecemos por turbulência.

A parede interna da tubulação devido a sua rugosidade continua a oferecer resistência na forma de atrito ao escoamento, retendo as laterais do fluido, caracterizando a curvatura típica, como a que foi apresentada no regime laminar. Assim sendo, observamos no fluido no regime de escoamento turbulento um novo perfil de velocidade que tem a forma “B” da figura 1.

A forma “A” da figura 1, só aparece ou é observada, em escoamento onde a velocidade do fluido é muito baixa, a partir de zero até mais ou menos 0,03 m/s, o que nos dá um número de Reynolds de zero até mais ou menos 4000. Daí para cima o regime de escoamento passa a ser turbulento, portanto, para escoamento com o número de Reynolds superior a 4000 até ao infinito o regime é único e bem definido, chamado de turbulento.

Daqui para frente, vamos considerar e analisar apenas o formato “B” da figura 1, chamado de perfil de escoamento turbulento.

Considerando o perfil “B”, definido como perfil de escoamento turbulento, agora mostrado na figura 2, pode-se observar que a cada ponto do diâmetro da tubulação encontramos uma determinada velocidade.

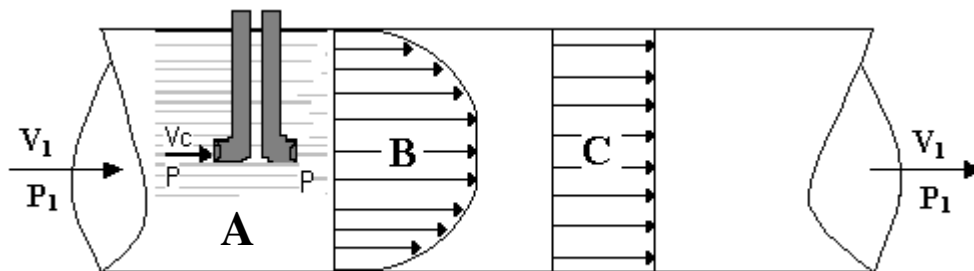


fig. 2

Quanto mais caminharmos para o centro da tubulação as velocidades ou comprimento vetorial das mesmas tende a ficar iguais, achatando-se. Na prática, o perfil turbulento da figura 2, só é encontrado quando a tubulação é nova, portanto, com baixa incrustação ou em tubulações de materiais menos suscetíveis à formação de incrustação interna. Um trecho reto antes e depois do ponto de medição se faz necessário, visando a qualidade dos resultados.

Todavia, se tivéssemos uma tubulação sem qualquer rugosidade, ou seja, uma tubulação ideal, escoando o fluido real, no caso água, a curva de velocidade se comportaria como uma curva de forma retangular, de perfil ideal. Com esse raciocínio podemos concluir que, quanto mais rugosidade na tubulação, mais comprido será o perfil parabólico. Fatos como esse se verifica na

prática, porém, as vezes de maneira assimétrica, porque a rugosidade acontece irregularmente, maior na parte superior que na inferior da tubulação. Esse fato é explicável pela condição de pequenas partículas sólidas, transportadas pelo fluido, causando erosão na parte inferior da tubulação em detrimento da parte superior.

O que vamos fazer a seguir é assegurar uma metodologia ou processo de cálculo para transformar o perfil real levantado, em um perfil ideal, ou seja, aquele perfil C da figura 1.

A figura 2 mostra-nos ainda uma curva parabólica com achatamento no centro, caracterizando um perfil turbulento real e seu equivalente retangular de mesma área.

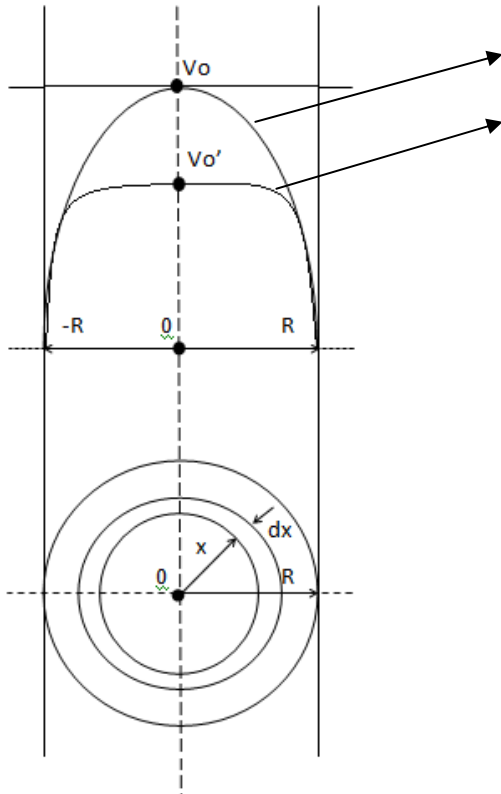


Fig. 2A

Perfil Laminar e perfil turbulento

$$y = f(x) = \frac{-V_0 x^2}{R^2} + V_0 \Rightarrow V_m = 0,5V_0 \text{ para qualquer diâmetro}$$

$$y' = f(x) = ? \Rightarrow y' = k \text{ para grandes diâmetros}$$

Obs. Cada diâmetro de tubulação tem sua equação particular para a condição de vazão turbulenta

$$V_m = \frac{1}{1,2} V_0' = 0,833 \text{ depende do diâmetro}$$

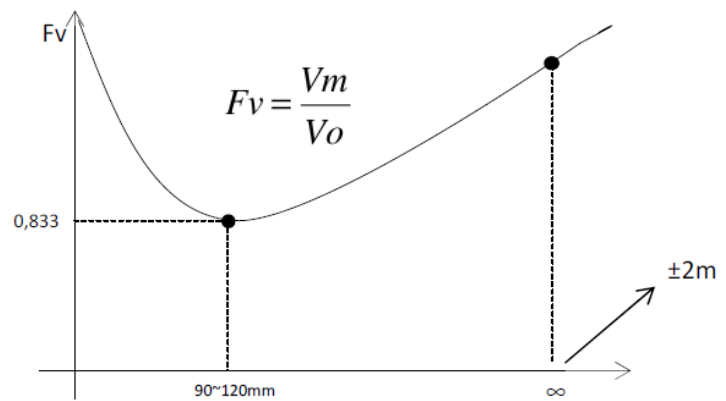


Fig. 2B

Vazão Q no centro é zero pois tenho velocidade mas não tenho área; $dS = 0$, $x=0$

$$ds = 2\pi x dx = Q = S \cdot V_m \therefore V_m = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi R^2}$$

$$dQ = ds \cdot f(x) = ds \cdot \left(\frac{-V_0 x^2}{R^2} + V_0 \right)$$

$$dQ = 2\pi x dx \cdot \left(\frac{-V_0 x^2}{R^2} + V_0 \right)$$

$$\int dQ = Q = \int_0^R 2\pi x dx \left(\frac{-V_0 x^2}{R^2} + V_0 \right) \Rightarrow 2\pi \int_0^R \left(\frac{-V_0 x^3}{R^2} + V_0 x \right) dx$$

$$Q = 2\pi \left(\frac{-V_0 x^4}{4R^2} + \frac{V_0 x^2}{2} \right)_0^R = \left(\frac{-V_0 x^4}{4R^2} + \frac{V_0 x^2}{2} \right)_0^R \Rightarrow \frac{-V_0 R^4 + V_0 R^4}{4R^2}$$

$$V_m = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{\pi \cdot V_0 \cdot R^2}{\pi R^2} = \frac{V_0}{2}$$

C.Q.D. - $V_0/2$

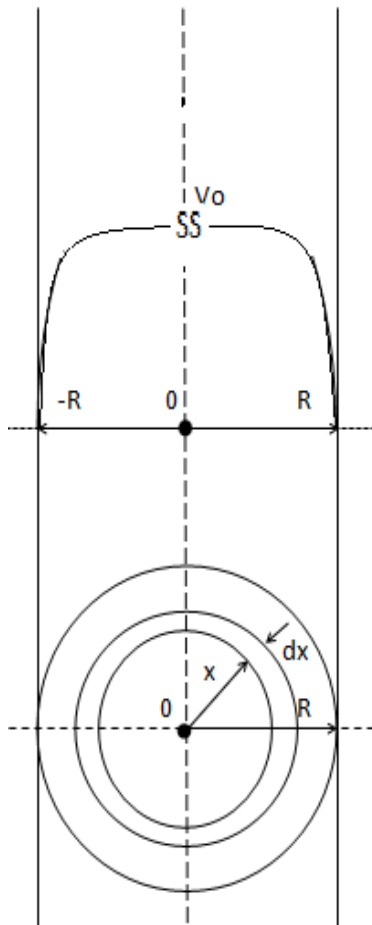


Fig. 2C

Perfil turbulento p/grande diâmetro

Na teoria, já dissemos anteriormente que $V_m = V_c / 1,2$ para o perfil turbulento, ou seja, $V_m = 0,833.V_c$. Portanto, 0,833 é um fator teórico “default” sugerido para tubulação a partir de ± 90 a 120 mm de diâmetro. Abaixo desse diâmetro o valor teórico de 0,833, cresce até atingir o valor próximo de 1,0 como mostrado na figura 3. Esse fato é facilmente entendido, pois, quanto mais tendemos o diâmetro para zero, no limite, a própria velocidade central tenderá a ser a própria velocidade média V_m .

Considerando uma tubulação de grande diâmetro, temos:

$$y = f(x) = k$$

$$dQ = ds(x)$$

$$dQ = 2\pi x dx.k$$

$$Q = 2\pi k \int_0^R x dx$$

$$V_m = \frac{Q}{\pi R^2} \quad \text{mas} \quad Q = 2\pi k \left. \frac{x^2}{2} \right|_0^R$$

$$V_m = \frac{2\pi k \frac{R^2}{2}}{\pi R^2} \therefore V_m = k$$

$$F_v = \frac{V_m}{V_0} = \frac{k}{k} = 1$$

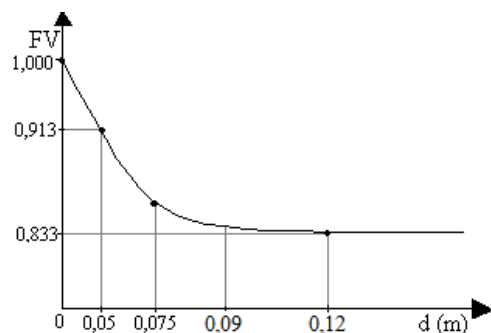


Fig 3

Da mesma forma, quando o diâmetro da tubulação cresce, digamos, para efeito de análise, para o infinito, a velocidade média também tende para o valor 1,0. Este fato, também facilmente explicável, pois os módulos vetoriais das velocidades no centro do perfil, para tubulações de grandes diâmetros tendem para uma reta, ou seja, se igualam à medida que se afastam mais e mais da superfície interna do tubo.

As figuras 4 e 5 nos dão uma idéia de como seria este postulado. Necessário se faz investigar com maior criticidade, a partir de qual diâmetro esse fato é mais marcante. A nossa sugestão, pela observação em campo, é que o FV começa a crescer, subindo de valor, a partir de seu “default”, (0,833), para diâmetros maiores que 120mm, assim como para diâmetros abaixo de 90 mm.

Na prática das medições pitométricas o que se faz é levantar o perfil, medindo vários pontos de velocidade equidistantes, ao longo do diâmetro da tubulação, quanto mais pontos melhor. Todavia, padronizaram-se para efeitos práticos que esses pontos sejam em número de 10 mais o

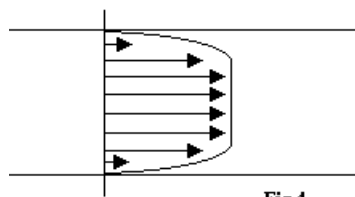


Fig 4

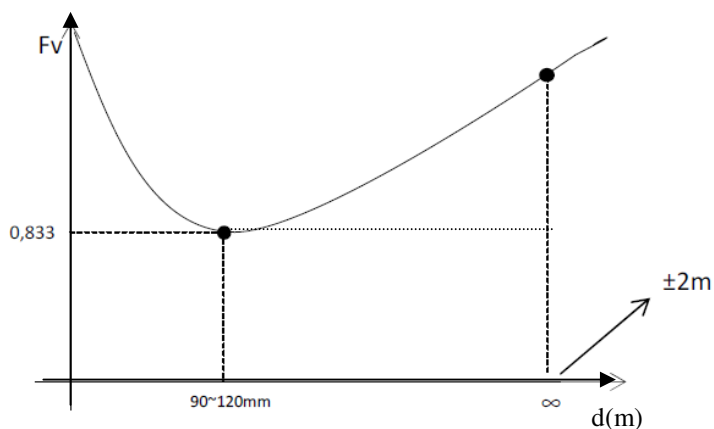


Fig. 5

ponto central, ou seja, 11 pontos. Ao somarmos os valores dos 11 pontos, teremos uma soma que dividida pelo número de pontos nos dará a média das velocidades. Ao dividirmos esse valor, agora chamado de velocidade média, pela velocidade central, anula-se a unidade (m/s), restando apenas um número adimensional que é o FV (Fator de Correção da Velocidade). O valor do FV, dessa forma determinado, passa a ser o mais importante agente de correção da velocidade pitométrica medida em uma tubulação. A responsabilidade do técnico ou engenheiro é levantar e formatar o perfil de velocidade no ponto da medição de vazão, com o máximo de exatidão possível. Quanto mais pontos medidos forem levantados, melhor será o delineamento e contorno do perfil. É muito importante na hora do trabalho de levantamento do perfil de velocidade, observar que a vazão não

esteja variando. Sabemos que o FV calculado a partir do perfil levantado, servirá para aquele ponto como um padrão para os próximos 18 ou 24 meses à frente até sua nova verificação ou confirmação. Portanto, quando houver variações na vazão, durante o levantamento do perfil, o trabalho deve ser abortado. Novo horário, ou possivelmente dia, deverá ser escolhido para tal.

Uma observação importante para os profissionais de Pitometria que sensatamente assumem e defendem que se deve retirar do cálculo da velocidade média o Ponto Central, pois ali se tem a máxima velocidade, porém, a vazão naquele ponto é zero pela condição estabelecida no cálculo da vazão com os círculos concêntricos de mesma área. Essa tese foi postulada pela Pitometer no seu data book, editado em Nova York no ano de 4/10/ 1922. Essa metáfora, sim verdadeira para a vazão no ponto central. Por outro lado, como estamos lidando com velocidade e buscando seu valor médio, nada mais claro e compreensivo que incluir o valor da velocidade central na extração de sua média.

Nas investigações práticas de laboratório e de campo, temos verificado que a vazão medida com a Pitometria quando se usa o valor médio e o FV com os cálculos aqui apresentados, os resultados da vazão medida, são bem mais próximos do Padrão Macro instalado do que aqueles com o FV planilhado nos moldes tradicionais antigo da Pitometer.

Quando falamos de mais pontos para a obtenção do perfil, da média e do próprio FV, falamos de trinta, quarenta, cinquenta, ou mais pontos. Este procedimento particular de obtenção automática de registro de muitos pontos, só se conseguirá por meio do programa MDHidro 2.30 com as maletas LAMON. O processo de registro e levantamento do perfil da vazão é exato.

LEVANTAMENTO DO PERFIL

Considerando que os equipamentos já estão instalados na estação pitométrica, programa-se o registrador eletrônico para coletar medições a cada segundo, por exemplo. Esse tempo de registro deve ser rápido e suficiente para que o levantamento do perfil possa ser também rápido e com muitos pontos.

Ao provocar o curto-circuito nos bornes externos da maleta durante a preparação inicial de posicionamento do tubo de Pitot, assim como, as preparações subseqüentes, estarão garantindo nível de sinal zero na entrada do registrador eletrônico (data-logger) interno, ou externo. Posiciona-se o tubo de Pitot no ponto inferior da tubulação (ponto zero). Libera-se o curto circuito do registrador para o início das aquisições. Deixa-se o registrador armazenar quantos registros se deseja, por exemplo, 15 registros, ou seja, 15 segundos. Curto circuita-se o registrador por meio dos bornes externos da maleta para interromper as aquisições. Recoloca-se o tubo de Pitot no ponto seguinte (ponto 1). Após fixar o tubo Pitot nessa nova posição, libera-se o curto-circuito. Daí, começaremos a registrar por mais 15 segundos os valores da velocidade de nossa segunda medição, equivalente ao ponto número 1. Assim sucessivamente, até atingirmos o décimo ponto, o que equivalerá a 11 registros. O tempo de duração dos registros para os 11 pontos corresponde a 2,7 minutos para as 165 medições.

Com este procedimento, obteremos um gráfico, automaticamente, com um perfil equivalente a figura 4. Observe que na figura 4, temos patamares de registros crescentes até o patamar 5 e decrescente até o patamar 10. Por si só, o gráfico já nos apresenta o perfil da velocidade.

CÁLCULO DO FV

Com os respectivos dados levantados e já transportados para o programa MDHidro 2.30, residente no microcomputador, podemos ampliar e visualizar cada patamar, se assim desejarmos.

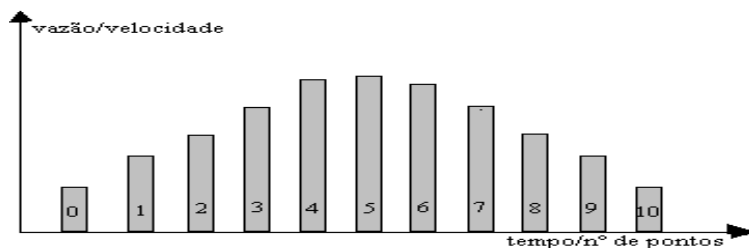


Fig.6

Com o mouse marcamos, um a um, os pontos médios dos patamares, incluindo o patamar central. Vá até a célula de cálculo do FV, transporte para lá, os pontos marcados previamente. Informe ao programa o valor do ponto central. Peça em seguida ao programa que calcule o FV e, pronto! O FV será calculado e, exibido na tela. Todavia, se quisermos obter um FV mais trabalhado, a partir de uma curva com mais representatividade e número de pontos da ordem de quarenta ou mais pontos, retornamos a figura 6, exibida na tela do microcomputador, apagamos todos os pontos zero da figura ou perfil, aqueles equivalentes ao curto circuito entre as medições. Automaticamente, todos os patamares irão se unir, delineando uma nova figura contínua, que será exatamente o perfil de velocidade do ponto de medição, porém, agora com uma quantidade de pontos muito grande. Ainda na figura 6, vá com o mouse no início do perfil ou curva, marque o ponto inicial, aperte o botão “shift”, continue com ele apertado, desça até o último ponto ou final do perfil, marque-o com o mouse e solte o “shift”. Toda a curva ou perfil será marcado de maneira fácil e rápida. Vá até a célula de cálculo do FV, clique nela e todos os pontos marcados irão se transferir para lá. Informe para a célula o valor médio do patamar número 5. Peça ao programa que calcule e, pronto! O FV será calculado e exibido. O valor do FV, assim que encontrado, será ligeiramente diferente daquele calculado com dez pontos, provavelmente, a diferença estará em milésimos, que em alguns casos pode ser significativa.

Obs. O levantamento do FV mencionado acima faz parte do procedimento anterior das maletas mais antigas com seu respectivo aplicativo introduzido no ano de 2004. Hoje o sistema de levantamento e cálculo esta todo automatizado dentro do firmware da própria maleta o que lhe confere mais rapidez, confiabilidade e exatidão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

- A. O FV é uma das identidades de ponto ou da estação pitométrica. Seu valor, na prática, é dito não alterar com a variação da velocidade. Todavia, o intervalo de variação estudado no passado era pequeno, faixa de variação de 3:1. Sendo a variação da velocidade bem maior que 3:1, o FV varia levemente, o que pode comprometer a real exatidão da medição. Com o passar do tempo, devido às deformações internas nas paredes da tubulação, por incrustações, principalmente aquelas que acontecem de forma irregular, nesse caso o FV altera. Desta forma, é oportuno que aproximadamente a cada 18 meses, refaça-se o cálculo do FV naquela estação pitométrica onde seu valor foi determinado no passado reajustando-o para a nova realidade caso necessário.
- B. As medições pitométricas a despeito do que alguns técnicos ou mesmo entidades de classe propalam, afirmando por aí que a pitometria não pode ser aplicada para medições em tubulações abaixo de 300 mm, é pura falta de informação prática. Acreditamos que as medições podem e devem ser realizadas em tubulações com até 50mm. Ademais, já realizamos em laboratório, medições de vazão em tubulações com até 75 mm, onde medimos vazões, baixa, média e alta, sem nenhum problema de ordem prática, com

resultados excelentes em comparação com o padrão em série ali instalado. Estamos preparando um tubo de 50 mm e aguardando a oportunidade para o teste limite nesse diâmetro. Quando nos referimos a 50 milímetros, como diâmetro limite, é pelo fato da dificuldade externa na preparação do tap, para a introdução do tubo de Pitot Cole normal. Sob o ponto de vista da influência e perturbação no perfil de velocidade, quando da introdução do tubo de Pitot Cole em tubo de pequeno diâmetro, é óbvio. Todavia, devemos ter todo o cuidado e domínio no conhecimento do perfil ali estabelecido e sua devida correção.

- C. Em local com pontos de medição, ou estação pitométrica mal localizada, isto é, muito próxima de válvulas de retenção, reguladoras, joelhos; derivação, redução de diâmetro, curvatura de linha, válvula de bloqueio, etc, podem ser trabalhados em forma de medição de vazão, desde que se levante no instante da medição o FV do local.
- D. Para se obter uma melhoria na incerteza do cálculo do FV, nos casos onde há possíveis deformações na tubulação ou mesmo em casos de uma má localização do ponto pitométrico, por dificuldade do local, como já foi mencionado no item “C”, recomenda-se levantar o perfil de velocidade no eixo vertical e no eixo horizontal da tubulação. Este procedimento quando possível melhora o grau da incerteza ou a confiabilidade do FV determinado.
- E. A constante de descarga do tubo de Pitot Cole é 0,865, para uma velocidade fluídica ao redor de 2 m/s. Todavia essa velocidade varia para cima até 3 m/s e para baixo até 1 m/s. Nessa faixa de variação estaremos com uma rangeabilidade na razão de 3 para 1. Nessa condição, a constante de descarga do tubo de Pitot Cole, varia introduzindo um erro de aproximadamente 2,8% de extremo a extremo e, mais ou menos 1,4% em relação ao meio da faixa que é de 2m/s. Valor esse de erro aceitável pelas empresas de saneamento. Quanto mais se variar essa velocidade, mais erro é adicionado no resultado da medição. O gráfico abaixo mostra essa informação do erro para variação da velocidade na razão de 35 para 1, ou seja, variação de 3,5 m/s até 0,1 m/s. Os dois limites podem ser facilmente alcançados em rede de distribuição de água potável. Assim sendo, se o fator de descarga

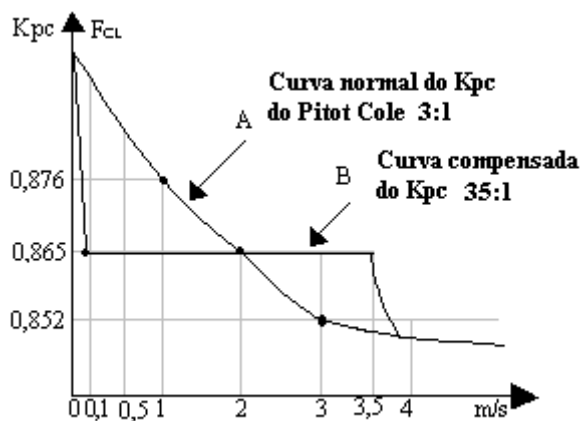


Fig. 7

do tubo de Pitot Cole, não for devidamente corrigido, o erro na medição pode chegar aos extremos em até 8% ou mais.

Dentro desta preocupação, a LAMON desenvolveu uma correção automática dentro de seu programa de computador, que quando ele recebe as informações do data-logger, o programa corrigirá o fator de descarga K_{pc} do tubo de Pitot Cole, por meio do fator de correção Lamon (F_{CL}).

No gráfico, podemos observar que a curva “B” é linear e paralela desde 0,1 m/s até 3,5 m/s. Teoricamente não haveria mais erro, pois, dentro dessa nova rangeabilidade de 35 para 1 estaríamos sempre trabalhando com o valor 0,865, que, nesse caso, é o “default” do sistema pitométrico fixado pela correção dinâmica.

O sistema de correção hoje empregado está em forma de tabelamento. Futuramente, iremos operar com a equação de formato; $F_{cl}=0,001x^4-0,011x^3+0,036x^2-0,064x+1,050$ que é a equação muito próxima do valor real da constante de descarga do tubo de Pitot Cole com a velocidade. Com o uso dessa equação de correção, o tabelamento seria desnecessário, aumentaríamos a eficiência da correção, bem como não teríamos mais os pequenos saltos de ajuste impostos nas correções antes efetuadas pelo tabelamento no intervalo de 3,5 m/s até 0,1 m/s.

Atualmente, com a nova Maleta Lamon, além de a equação estar dentro do programa MDHidro 3.60 ela esta também dentro do Firmware da Maleta, podendo ser executável ou não, (auto/manual), a critério do operador.

Artigo desenvolvido pelo Eng. Geraldo Lamon
Belo Horizonte, maio/2004
Revisado e editado dez/2012