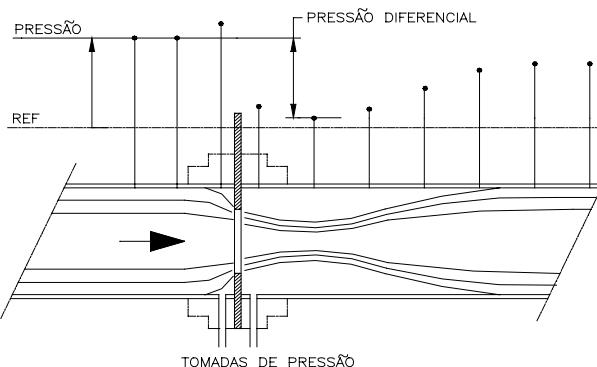


A – OPERAÇÃO

Os elementos geradores de pressão diferencial constituem-se em restrições para o fluxo quando montados em tubos; a análise do comportamento da pressão indica estabilidade na região montante do elemento primário, com pequeno aumento na região adjacente à placa; após a passagem do fluido pelo orifício ocorre uma queda brusca na pressão, iniciando-se, posteriormente, a recuperação parcial, completada na região de 8 diâmetros na juntade da placa.



B – EQUAÇÃO GERAL

VAZÃO VOLUMÉTRICA

$$Q = K (\Delta P)^{0.5}$$

VAZÃO MÁSSICA

$$W = K (\Delta P)^{0.5}$$

Onde: Q = vazão em volume

W = vazão em massa

K = constante da medição

ΔP = pressão diferencial

C – PLACAS DE ORIFÍCIO

C1 – PLACAS DE ORIFÍCIO CONCÊNTRICO

Operam com fluidos limpos ou com partículas de tamanho reduzido e de baixa concentração; possuem precisão elevada, ótima repetibilidade e durabilidade e as equações de seus coeficientes são regidas por normas (ASME, ISO, AGA).

Existem, basicamente, 3 estilos de orifícios concêntricos:

ORIFÍCIOS DE CANTO VIVO: Apresentam, na face de entrada, uma aresta viva, seguida de parte cilíndrica e um chanfro. A face de entrada deve ser bem acabada e plana e o canto vivo não pode apresentar rebarbas, pancadas ou outras irregularidades.

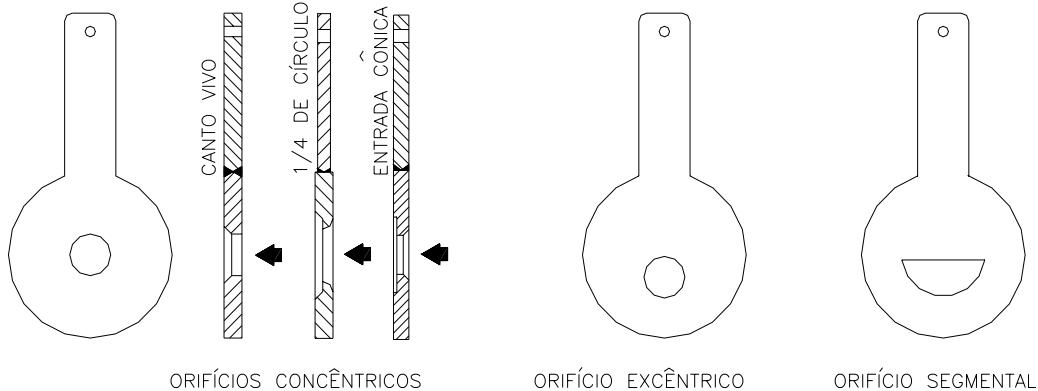
Este estilo opera com fluido de baixa viscosidade e sem partículas em suspensão, que poderiam acumular na face de entrada. É o tipo mais comum, sendo usado para ar, gases em geral, líquidos e vapor.

A forma de construção pode prever instalação entre flanges de orifício ou comuns; a vedação com as flanges pode ser executada por juntas comuns, espirotálicas ou por anéis metálicos (RTJ); construção especial pode incorporar as tomadas de pressão no corpo da placa.

A presença de condensados nos gases ou de gases nos líquidos pode determinar o uso de pequenos furos de dreno na parte inferior da placa ou de respiro na parte superior; altas pressões diferenciais, somadas à temperatura elevada, determinam placas mais espessas, a fim de evitar empenamento, o que iria contrariar a exigência de alta planicidade.

ORIFÍCIOS 1/4 DE CÍRCULO: Apresentam, na entrada do orifício, um raio na forma de um quadrante; são adequados para líquidos de viscosidade média para alta e somente devem ser usados quando os limites do número de Reynolds tenham sido ultrapassados pelos orifícios de canto vivo; a execução do raio com alta precisão é difícil, requerendo equipamentos e técnicas especiais na inspeção.

ORIFÍCIOS DE ENTRADA CÔNICA: A entrada do orifício possui um cone e, posteriormente, uma parte cilíndrica; são adequados para líquidos de viscosidade elevada, com baixos valores do número de Reynolds.



C2 – PLACAS DE ORIFÍCIO EXCÊNTRICO OU SEGMENTAL

Operam com fluídos particulados e tanto o orifício excêntrico como o segmental devem ser posicionados na base do tubo.

Apresentam os mesmos requisitos de acabamento e planicidade dos orifícios concêntricos. O estilo de construção permite que as partículas, que fluem pela base do tubo, escoem pelos orifícios, sem que haja acúmulo delas na face de entrada da placa.

C3 – MATERIAL DAS PLACAS

Para aplicações comuns usamos o inox 316 (ou 304), nas normas AISI ou ASTM; aplicações severas de corrosão ou compatibilidade com o fluido podem exigir materiais mais nobres como o Titânio, Monel, Tântalo, Hastelloy, Níquel ou Teflon. Para exigências de abrasão poderemos usar materiais de dureza elevada.

Aplicações em vapor com temperaturas superiores a 400°C exigem o uso do AISI 310; no caso de dúvidas quanto ao material adequado, sugerimos consultar o Guia de Corrosão neste Manual.

C4 – TUBOS E NORMAS

- A norma ISA RP 3.2 fornece as dimensões de placas para várias classes de pressão de flanges, para tubos de diâmetros nominais de 1" até 24".
- A norma ISO 5167 possibilita calcular e executar placas para tubos entre 2" e 40".
- A norma ANSI/API 2530 fornece dados para execução de placas entre 2" e 30".
- Entre diâmetros nominais de 1/2" e 1.1/2" a construção é baseada no "ASME FLUID METERS", apresentando sistema de centragem da placa e acabamento especial na superfície interna do tubo; o sistema de medição é composto por trechos retos de tubos calibrados, soldados em flanges especiais que fixam a placa de orifício (ver item C6).

C5 – PRECISÃO DA MEDIÇÃO

É dependente da relação β , de variações na pressão, temperatura, densidade, composição do fluido, centragem da placa e das juntas; sofre interferência da precisão na execução do furo da placa, da qualidade e precisão do instrumental e da existência de trechos retos mínimos.

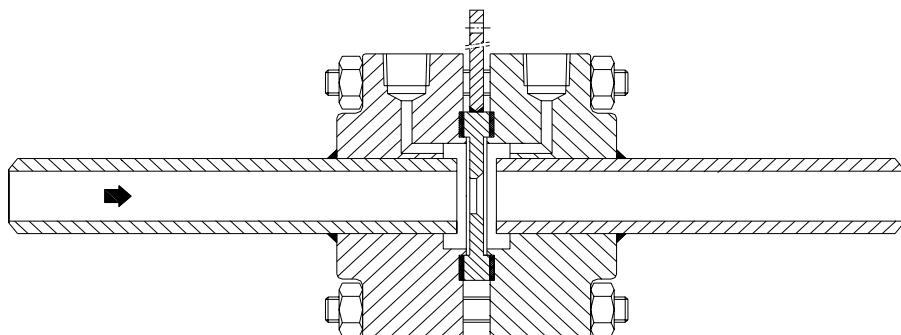
A precisão global da medição está entre 0.5 e 1% e pode ser aumentada com a utilização de sistemas informatizados de computação da vazão.

O aumento na precisão pode ser obtido pela execução do meter run (conjunto de medição), montado em bancada, composto por trechos de tubos, flanges, placa, estojos e porcas; este sistema elimina os problemas causados pela montagem no campo, principal fonte de erros na medição.

C6 – METER RUN PARA TUBOS REDUZIDOS

Adequado para dutos com diâmetros entre 1/2" e 1.1/2", sendo constituídos por trechos de tubo na montante e juzante da placa, por flanges especiais tipo orifício, pela placa autocentrante, juntas, porcas e estojos. A autocentragem e perpendicularidade da placa, em relação ao eixo do tubo, eliminam os erros de posicionamento da placa entre as flanges; a montagem do conjunto é executada em bancada.

A superfície interna dos tubos, nas proximidades da placa, é usinada e acabada por lixamento, a fim de dar precisão ao diâmetro interno do tubo e reduzir a interferência da rugosidade. A finalidade da existência dos trechos retos é eliminar fontes de perturbação que poderiam distorcer o perfil da velocidade do fluido; o trecho montante apresenta comprimento equivalente a 20 diâmetros do tubo e, na juzante, ao redor de 7 diâmetros.



CONEXÃO: Ao processo - por flanges, extremidades para solda ou por rosca.
Ao instrumento - 1/2" NPT ou encaixe para solda

MATERIAL: Das flanges - ASTM a 105 ou Inox 304 / 316
Dos tubos - ASTM a 106 Gr B ou Inox 304/316
Juntas - estilo Klingerit, de 1/16" de espessura
Estojos e porcas - ASTM A 193-B7 e 194-2H

TIPOS DE TOMADAS: Corner com câmaras anulares

PRECISÃO: Ao redor de 1.5%

CONSTRUÇÃO E CÁLCULO: Segundo ASME

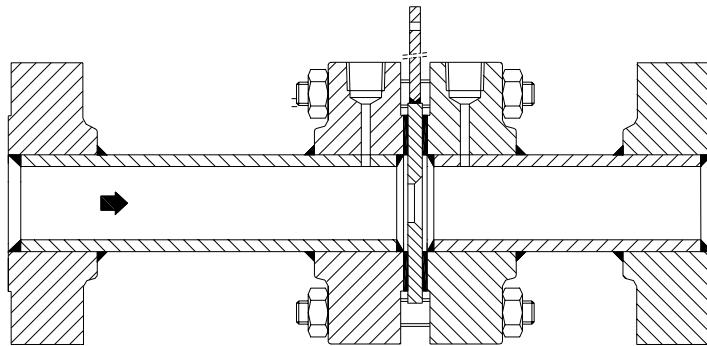
TUBOS/SCHEDULE: Diâmetros de 1/2" - 3/4" - 1" - 1.1/2". Dar preferência ao schedule 80

INSTRUMENTAL: Opera com os transmissores convencionais.

C7 – METER RUN PARA TUBOS DE 2" OU MAIORES

A montagem no campo de flanges e placas de orifício apresenta dificuldades que podem comprometer a precisão da medida. A mão-de-obra, geralmente, não é especializada e o local pode ser de difícil acesso. O custo da instalação é elevado e a experiência demonstra que os grandes erros na medição da vazão são provocados por instalações deficientes. Entre os erros comuns observados destacamos:

- centragem inadequada da placa em relação ao eixo do tubo;
- as juntas são executadas com medidas incorretas, avançando para dentro do tubo, formando obstáculos ao fluxo; observamos, freqüentemente, juntas fora de centro em relação ao eixo do tubo; juntas com diâmetro interno igual ao furo da placa já foram encontradas.
- a união por solda entre o tubo e flanges com pescoço é feita de topo; é comum observarmos a falta de alinhamento entre os diâmetros internos das flanges e do tubo, formando um degrau que perturba o perfil da velocidade; borras de solda na superfície interna do tubo produzem o mesmo efeito distorsivo, que será tão mais grave quanto mais perto das tomadas de pressão localizarem-se as borras; é o caso típico da solda no lado montante da placa, executada perto da tomada de alta pressão, ao se usar flanges de orifício com pescoço.
- a interseção da superfície interna do tubo ou da flange com o furo da tomada de pressão deve ser em canto aproximadamente vivo, sem rebarbas ou qualquer tipo de deformação. A presença de arredondamento ou chanfro exagerados na interseção pode gerar erros tão mais significativos quanto maior for a pressão do fluido.



O Meter Run montado em bancada reduz ou elimina as fontes de erro descritas acima; a montagem no campo é reduzida à solda do tubo do processo com os do Meter Run, efetuada distante da placa e das tomadas de pressão, onde erros de alinhamento não afetam a medida.

O uso de flanges sobrepostas elimina a solda de topo. As flanges são centradas em relação à linha de centro do tubo, o mesmo acontecendo com a placa e juntas. A junção entre a tomada de pressão e a superfície interna do tubo é executada em canto vivo.

CONEXÃO: Ao processo - por flanges, ou extremidades para solda
Ao instrumento - 1/2" NPT ou encaixe para solda

MATERIAL: Das flanges - ASTM a 105 ou Inox 304 / 316
Dos tubos - ASTM a 106 Gr B ou Inox 304/316
Juntas - estilo Klingerit, de 1/16" de espessura
Estojos e porcas - ASTM A 193-B7 e 194-2H

TIPOS DE TOMADAS: Normalmente, nas flanges; o estilo de tomadas no canto pode ser usado através de câmaras anulares ou nas próprias flanges em tomadas simples; os estilos D - D/2 e Vena Contracta somente devem ser usados em dutos maiores que 4" porque, em diâmetros menores, a tomada de baixa pressão poderá ficar posicionada sobre a flange juzante. O estilo tomadas na tubulação pode ser usado livremente.

PRECISÃO: Ao redor de 1%

CONSTRUÇÃO E CÁLCULO: Segundo ASME/AGA/ISSO

TUBOS/SCHEDULE: Diâmetros iguais ou maiores que 2" e em vários schedules

INSTRUMENTAL: Opera com os transmissores convencionais.

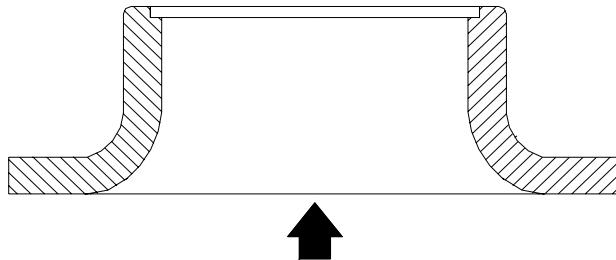
D – BOCAL DE VAZÃO

O princípio de operação é idêntico ao das placas de orifício, constituindo-se em elemento primário gerador de pressão diferencial; a relação entre a vazão e o diferencial de pressão segue a equação apresentada na folha 1, item B.

Pode operar com:

- líquidos limpos, sujos, viscosos ou corrosivos
- gases limpos ou sujos
- vapor

A aplicação principal dos Bocais é a medição de vapor em regime severo de pressão, temperatura e velocidade; pela sua rigidez é dimensionalmente mais estável que as placas de orifício em velocidade e temperatura elevadas; é o caso típico do vapor superaquecido em saídas de caldeira.



D1 – BOCAL ISA 1932

A face de entrada apresenta contorno com raio duplo.

D2 - BOCAL ASME LONG RADIUS

O contorno da face de entrada é a curvatura de um quadrante de uma elipse.

D3 – MATERIAL

Para temperaturas e fluídos normais usamos o inox 316 e para serviços mais severos, em temperaturas superiores a 400°C, recomendamos o inox 310.

D4 – TOMADAS DE PRESSÃO

BOCAL ISA: Devem ser do tipo no canto, em câmaras anulares ou por tomadas simples; é possível incorporar as tomadas de pressão ao Bocal.

BOCAL LONG RADIUS: As tomadas de pressão são posicionadas na parede do tubo.

D5 – PRECISÃO

BOCAL ISA: $\pm 1\%$

BOCAL LONG RADIUS: Entre ± 0.8 e 2%

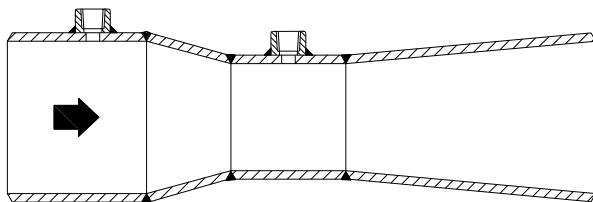
D6 – MONTAGEM

Para aplicações comuns os Bocais de Vazão são montados entre flanges e para operação com vapor superaquecido, em pressão e temperatura elevadas, serão necessárias flanges com vedação por anel metálico, em classes de pressão elevadas. A fim de reduzir a probabilidade de vazamentos o Bocal poderá ser soldado de topo com o tubo ou inserido no tubo e soldado.

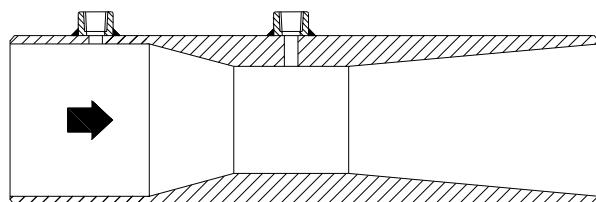
E – TUBO DE VENTURI

Pertence, também, à categoria dos elementos primários geradores de pressão diferencial e pode operar com líquidos, gases e vapor; são instalados em série com a tubulação e a passagem do fluido pela garganta gera aumento da velocidade e redução da pressão estática do fluido. A equação da vazão é idêntica à das placas de orifício.

Dentre as aplicações do Venturi destacamos a medição de ar de combustão de caldeiras, gases de baixa pressão onde se requer perda de carga permanente reduzida e, pelo mesmo motivo, medição de água em grandes dutos.



CONE CONVERGENTE EM CHAPA BRUTA



CONE CONVERGENTE USINADO

Apresenta custo de aquisição superior ao das placas de orifício e, como vantagens, gera valor reduzido de perda de carga permanente e pode ser aplicado em fluidos sujos; não possui obstáculos à passagem do fluido e, consequentemente, não retém partículas.

E1 – TIPOS

Podem ser aplicados em dutos circulares, quadrados ou retangulares; o estilo mais usado é o circular, apresentado em dois modelos:

- **CONE CONVERGENTE DE CHAPA BRUTA:** Recomendado até 48"; suas partes são calandradas e, se necessário, a garganta poderá ser usinada após a calandragem.

- **CONE CONVERGENTE USINADO:** Em tubos inferiores a 10" torna-se difícil a dobra das chapas nas calandas normais e, por este motivo, os Venturis abaixo deste valor são executados por usinagem, partindo de barras maciças ou tubos mecânicos.

E2 – CÁLCULO E EXECUÇÃO

Através do "ASME Fluid Meters".

E3 – MATERIAL

De uso normal o aço carbono e, se necessário, o inox 304 ou 316.

E4 – CONEXÃO

Ao processo - ponta para solda ou flange

Ao instrumento: meia luva 1/2" NPT ou flange

E5 - PRECISÃO

- **CONE USINADO:** $\pm 1\%$ (entre 2 e 8")

- **CONE DE CHAPA BRUTA:** $\pm 1.5 \%$ (entre 10 e 48")

F - SELEÇÃO DO MEDIDOR

O engenheiro de instrumentação, na escolha do medidor adequado, tem, no mercado, uma grande variedade de tipos e estilos, que abrangem diversas aplicações. Estima-se que existam, no mínimo, 100 tipos de medidores sendo comercializados. Os medidores são escolhidos com base no custo de aquisição e de instalação, necessidade de medidor reserva, tamanho da linha, precisão requerida, fluido a ser medido, seu estado (gás, vapor ou líquido) e faixa do medidor.

Os geradores de pressão diferencial são os mais escolhidos pelo longo histórico de uso em muitas aplicações. Quando outros estilos são selecionados, o motivo está na necessidade da alta rangeabilidade, precisão pontual maior, que não obstrua ou razões sanitárias. Como regra geral, podemos afirmar que outros estilos de medidores não serão competitivos em aplicações onde os geradores de pressão diferencial forem aplicáveis.

MEDIDOR	TUBO POL	GÁS/VAPOR				LÍQUIDOS				T E M	P R E	P R E	T O T A L O M D S
		L I M P O	S U J P O	L I M P O	V I S O	S U J O	C O R R O	F I B R A	A B R A S				
ORIFÍCIO													
CANTO VIVO	>1.1/2	A	C	A	C	B	B	C	C	A	A	1.5	10000
METER RUN	1/2 - 1.1/2	A	C	A	B	C	B	C	C	T	T	1.5 - 2	1000
1/4 DE CÍRCULO	>1.1/2	C	C	A	A	B	B	C	C	É	É	2	250
ENTRADA CÔNICA	>1.1/2	C	C	A	A	B	B	C	C			2	25
EXCÊNTRICO	>2	B	A	B	C	A	B	C	C	5	4	2	10000
SEGMENTAL	>4	B	A	B	C	A	B	C	C	4	2	2	10000
VENTURI	>2	A	B	A	B	B	B	B	B	0	0	1 - 2	75000
BOCAL	>2	A	B	A	B	B	B	C	C	°C	KG/CM ²	1 - 2	10000
ANNUBAR	>4	A	C	A	C	C	B	C	C	VER CAT 02	2.25		10000

A = RECOMENDADO

B = NORMALMENTE APLICADO

C = NÃO RECOMENDADO

G – PERDA DE CARGA PERMANENTE

Segundo R. W. Miller (1983), a perda de carga permanente dos elementos geradores de pressão diferencial pode ser obtida a partir das equações:

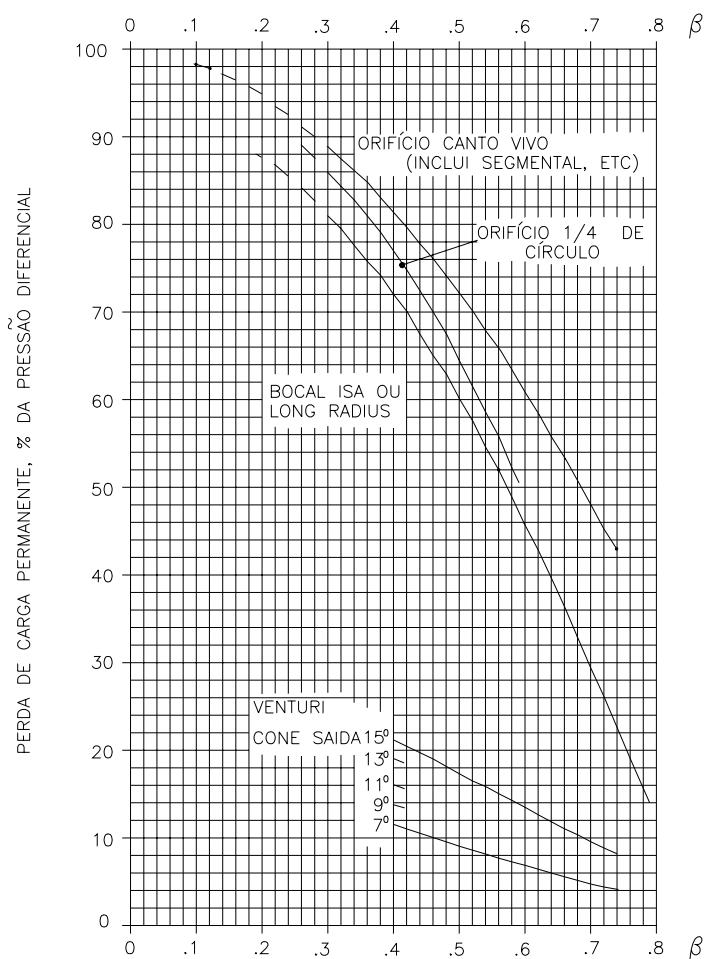
- orifício:	$\Delta PP = (1 - 0.24\beta - 0.52\beta^2 - 0.16\beta^3) \Delta P$
- bocal:	$\Delta PP = (1 + 0.014\beta - 2.06\beta^2 + 1.18\beta^3) \Delta P$
- venturi:	cone saída 15° $\Delta PP = (0.436 - 0.86\beta + 0.59\beta^2) \Delta P$ cone saída 7° $\Delta PP = (0.218 - 0.42\beta + 0.38\beta^2) \Delta P$
- annubar:	geralmente desprezível

Onde: ΔPP = perda de carga permanente

ΔP = diferencial de pressão

β = relação entre os diâmetros do orifício e do interno da linha

A perda de permanente pode ser apresentada sob a forma de um gráfico.



Exemplo: Dados $\Rightarrow \beta = 0.7$; vazão de cálculo (fundo de escala) = $Q = 150m^3/h$; vazão normal = $100m^3/h$; pressão diferencial de cálculo = $\Delta P = 2500$ mmca com placa de canto vivo.

Calcular a perda de carga permanente na vazão normal, usando o gráfico.

A equação $Q = K (\Delta P)^{0.5}$ permite obter $K = Q / (\Delta P)^{0.5} = 150 / (2500)^{0.5}$ logo $K = 3$.

Pela equação acima obtemos $\Delta P = (Q / K)^2$.

O diferencial de pressão para a vazão normal será: $\Delta P = (100 / 3)^2 = 1111$ mmca.

O gráfico mostra perda de carga de 48%. Logo $\Delta PP = (0.48)(1111) = 533$ mmca.

H - TRECHOS RETOS

Os trechos retos mínimos requeridos na montante e jazante dependem do tipo do elemento primário selecionado, da relação β e do tipo de perturbação na montante. Os trechos retos mínimos para orifícios, bocais e tubos de Venturi são determinados pelas normas ANSI/ASME 2530 e ISO 5167, sendo esta a mais exigente.

ANSI/ASME 2530

As figuras H1 até H5 apresentam os trechos retos mínimos recomendados para orifícios, bocais e Venturis, com e sem retificadores de fluxo (para Annubar consultar o catálogo 02). Sugerimos escolher a composição mais próxima da instalação existente ou planejada e determinar os trechos retos mínimos.

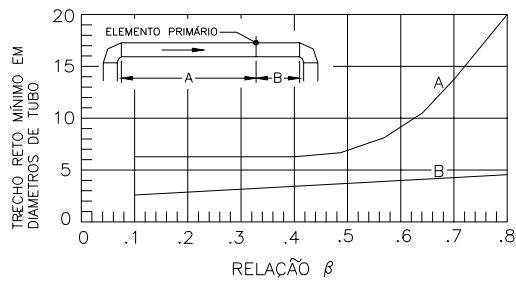


FIG H1 – TRECHO RETO MÍNIMO PARA ELEMENTOS PRIMÁRIOS PRECEDIDOS POR UMA CURVA EM PLANO SIMPLES

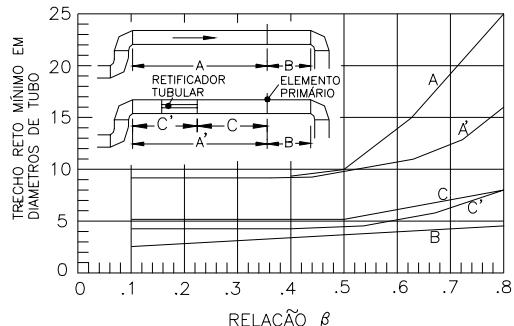


FIG H2 – TRECHO RETO MÍNIMO PARA ELEMENTOS PRIMÁRIOS PRECEDIDOS POR DUAS CURVAS EM UM PLANO

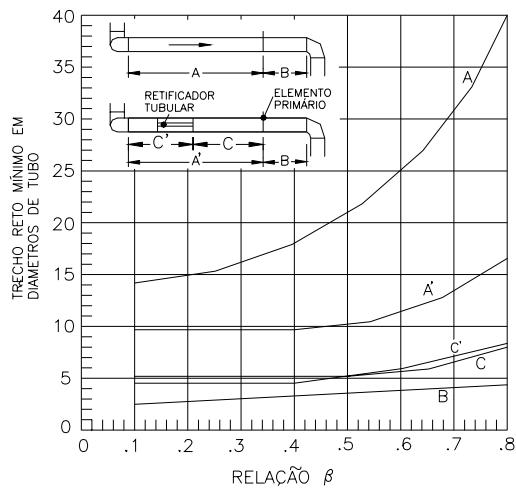


FIG H3 – TRECHO RETO MÍNIMO PARA ELEMENTOS PRIMÁRIOS PRECEDIDOS POR DUAS CURVAS EM PLANOS DIFERENTES

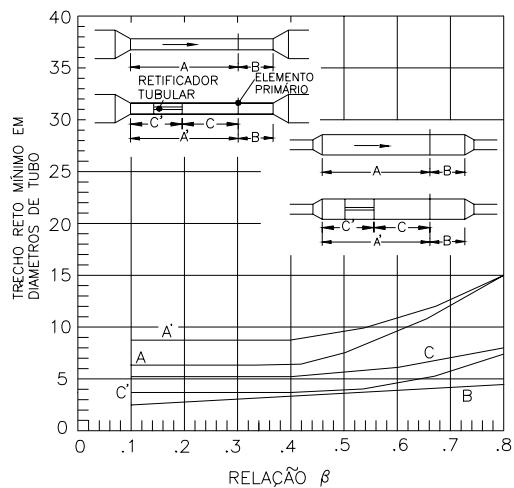


FIG H4 – TRECHO RETO MÍNIMO PARA ELEMENTOS PRIMÁRIOS PRECEDIDOS POR REDUÇÃO OU EXPANSÃO

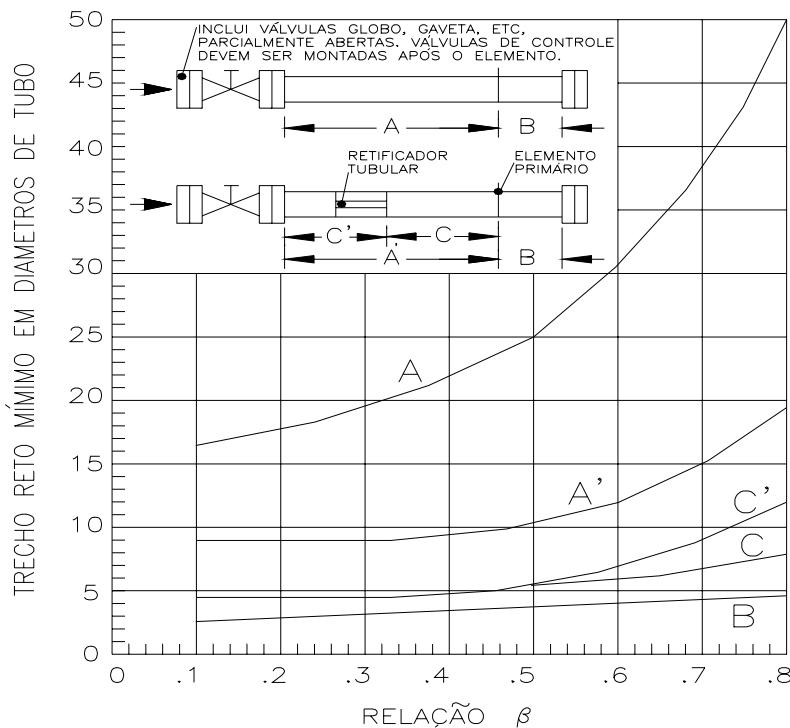


FIG H5 – TRECHO RETO MÍNIMO PARA ELEMENTOS PRIMÁRIOS PRECEDIDOS POR REGULADOR OU VÁLVULA

ISO 5167

Os trechos retos mínimos recomendados pela ISO 5167 são mostrados nas tabelas H1 (placas de orifício e bocais) e H2 (tubo de Venturi). A prática recomenda operar com grandes trechos retos; a combinação de curvas, válvulas de controle, registros e expansões podem causar grandes distorções no perfil de velocidade do fluido, exigindo o uso de retificadores de fluxo.

TABELA H1 - TRECHOS RETOS MÍNIMOS P/ PLACAS DE ORIFÍCIO E BOCAIS, EM DIÂMETROS DE TUBO

DISTÚRBIO	RELAÇÃO β											
	≤0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
MONTANTE												
CURVA SIMPLES 90°	10	10	12	14	14	14	16	18	22	28	36	46
2 OU MAIS CURVAS 90° NO MESMO PLANO	14	16	16	18	18	20	22	26	32	36	42	50
2 OU MAIS CURVAS 90° EM PLANOS DIFERENTES	34	34	36	36	38	40	44	48	54	62	70	80
REDUÇÃO (2D PARA D COMPR 1.5D ATÉ 3D)	5	5	5	5	5	6	8	9	11	14	22	30
EXPANSÃO (0.5D PARA D COMPR 1D ATÉ 2D)	16	16	16	16	17	18	20	22	25	30	38	54
VÁLVULA GLOBO 100% DE ABERTURA	18	18	18	20	20	22	24	26	28	32	36	44
VÁLVULA GAVETA 100% DE ABERTURA	12	12	12	12	12	12	14	14	16	20	24	30
JUZANTE												
TODOS OS DISTÚRBIOS DA TABELA	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8

TRECHO RETO MÍNIMO NA MONTANTE – TODOS OS VALORES DE β

REDUÇÃO SIMÉTRICA E BRUSCA COM RELAÇÃO DE DIÂMETRO ≥ 0.5 30 D

POÇO TERMOMÉTRICO DE DIÂMETRO $\leq 0.03 D$ 5 D

POÇO TERMOMÉTRICO DE DIÂMETRO ENTRE 0.03 D E 0.13 D 20 D

TABELA H2 - TRECHOS RETOS MÍNIMOS PARA TUBOS DE VENTURI, EM DIÂMETROS DE TUBO

DISTÚRBIO	RELAÇÃO β									
	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
MONTANTE										
CURVA SIMPLES 90° (1)	0.5	0.5	0.5	1	1.5	2.5	3	4	4	4.5
2 OU MAIS CURVAS 90° NO MESMO PLANO (1)	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	3.5	4.5	4.5	4.5
2 OU MAIS CURVAS 90° EM PLANOS DIFERENTES (1) (2)	0.5	0.5	0.5	0.5	8.5	13	18	24	28	30
REDUÇÃO (3D PARA D COMPR 3.5D) (3)	0.5	1.5	2.5	4.5	5.5	6.5	8.5	9.5	11	12
EXPANSÃO (0.75D PARA D COMPR 1D)	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	3.5	3.5	4.5	5.5	6.5
VÁLVULA GAVETA 100% DE ABERTURA	1.5	2.5	2.5	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	5.5	5.5

1 – O raio de curvatura da curva deve ser igual ou maior que o diâmetro do tubo.

2 – Valores válidos para incerteza adicional de 0.5% no coeficiente de vazão.

3 – Para o β de 0.30 não usar valor menor que 0.5, mesmo admitindo incerteza adicional.

4 – Conexões ou outros distúrbios, como apresentados na tabela, não interferem na precisão da medida quando localizados na juzante e distantes, pelo menos, 4d da tomada de baixa pressão.

I - TUBOS

I1- DIÂMETRO INTERNO MÉDIO

A norma ISO 5167-1980 estabelece critérios para a obtenção do valor do diâmetro interno do tubo que deve ser usado no cálculo do elemento primário.

O valor do diâmetro interno do tubo D deve ser a média dos diâmetros internos em uma distância de 0.5D na montante da tomada de alta pressão. Para obter o diâmetro interno médio são necessárias, pelo menos, 12 medições:

- ao nível da tomada de alta pressão: executar, no mínimo, a medição de 4 diâmetros com espaçamentos iguais;
- repetir a operação na seção transversal distante 0.5D da tomada de alta pressão, no sentido da montante desta.
- repetir a operação em seção transversal situada entre as duas anteriores.

O valor do diâmetro interno médio será:

$$D = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_{12}}{12}$$

(I-1)

I2 – CONCENTRICIDADE DO TUBO (ISO 5167)

PLACAS DE ORIFÍCIO E BOCAIS – MONTANTE

Dentro da faixa de 2D, na montante do elemento primário, todo diâmetro medido, em qualquer plano, não deve diferir por mais de 0.3% do diâmetro médio, como calculado pela equação (I-1):

$$0.997D \leq D_1, D_2, \dots, D_n \leq 1.003D \quad (I-2)$$

VENTURI - MONTANTE

O tubo deve ser cilíndrico no trecho de 2D na montante da junção com o cilindro de entrada do Venturi.

O diâmetro médio do tubo D, na junção com o Venturi, deve estar dentro de 1% do diâmetro do cilindro de entrada. Na distância de 2D, que precede o tubo de Venturi, nenhum diâmetro deve diferir por mais de $\pm 2\%$ do diâmetro médio obtido.

PLACAS DE ORIFÍCIO E BOCAIS - JUZANTE

Nenhum diâmetro à juzante do elemento primário, considerando trecho reto mínimo de 2D, deve diferir por mais de 3% do diâmetro médio montante, bastando a medição de um único diâmetro no trecho juzante.

VENTURI - JUZANTE

O diâmetro do tubo, imediatamente à juzante do Venturi, deverá ser maior ou igual a 90% do diâmetro final do cone divergente.

I3 – RUGOSIDADE DA PAREDE INTERNA DO TUBO

RUGOSIDADE EQUIVALENTE: É normalmente aplicável para tubos, sendo expressa em unidades de comprimento; é dependente da altura, distribuição, angularidade e outros aspectos geométricos que influenciam na rugosidade. A TAB I-1 apresenta o valor da rugosidade equivalente para os materiais normais do mercado.

TAB I-1 RUGOSIDADE EQUIVALENTE DA PAREDE INTERNA DO TUBO

MATERIAL	CONDICÃO	RUGOSIDADE EM MM
LATÃO, COBRE, ALUMÍNIO, PLÁSTICO E VIDRO	LISO, SEM SEDIMENTOS	< 0.03
AÇO	COMERCIAL, NOVO COM SOLDA ESPIRAL, NOVO LEVEMENTE RÚSTICO RÚSTICO INCRUSTADO COM INCRUSTAÇÕES SEVERAS NOVO, COM BETUME GALVANIZADO	0.05 A 0.1 0.1 0.1 A 0.2 0.2 A 0.3 0.5 A 2 >2 0.03 A 0.05 0.13

FERRO FUNDIDO	NOVO RÚSTICO INCRUSTADO NOVO, COM BETUME	0.25 1 A 1.5 > 1.5 0.03 A 0.05
CONCRETO	NORMAL	0.3 A 3

J – FLANGES

J1 – NORMA DE DIMENSIONAMENTO

- ANSI B 16.5 - Flanges comuns
- ANSI B 16.1 - Flanges comuns de grandes diâmetros
- ANSI B 16.36 - Flanges de orifício
- DIN - Flanges comuns

J2 - NORMA DE MATERIAL

Em aplicações comuns (água, ar e vapor), sob condições não severas de pressão e temperatura, usa-se o aço carbono segundo a norma ASTM A 105; em condições de pressão / temperatura elevadas aplicam-se materiais na norma ASTM A 182 F11 e F22, pertencentes a categoria dos aços ferríticos.

Para a escolha correta do material sugerimos consultar:

- Annual Book of ASTM Standards Section 1, volume 01.01
- ANSI B 31.1 - Power Piping
- ANSI B 16.5

J3 - TIPO DE FLANGE

- **Flange de orifício:** possui incorporadas as tomadas de pressão, com rosca 1/2" NPT ou encaixe para solda; pode ser aplicada em qualquer tamanho de tubo, encontrando grande uso em tubos até 6".
- **Flange comum:** deve ser usada somente em tubos superiores a 6", quando o par de tomadas não é do tipo "nas flanges".

J4 - FORMAS

- **Com pescoço:** é o tipo mais comum, especialmente para os flanges de orifício de porte médio e pequeno ou quando é exigido raio X na solda com o tubo. É importante conferir:
 - Se o diâmetro interno da flange é compatível com o usado no cálculo do elemento primário; o método de aferição do diâmetro interno é mostrado em (I1).
 - Se a concentricidade do furo da flange está de acordo com os requisitos do item (I2).
 - Se a rugosidade da parede interna da flange atende às exigências do item (I3).
 - Se na região da solda de topo, internamente ao tubo e flange, o acabamento é o mesmo do exigido para o tubo; o cordão da solda, no lado interno, não deve apresentar borras, saliências ou cavidades.
 - Se existe degrau na junção flange - tubo; o não alinhamento das paredes internas causa distorção no perfil da velocidade e, consequentemente, erros na medição de vazão.
 - Se a face de contato da flange com a junta apresenta o acabamento solicitado (ranhura espiral, concêntrica ou lisa); esta face deve ser perpendicular à linha de centro do tubo.
 - Se o diâmetro externo da flange (que será usado como base para centrar o elemento primário) é concêntrico com a linha de centro do tubo.
 - Se a concordância do furo da tomada de pressão com a parede interna da flange está em canto vivo; o eixo da tomada deve ser perpendicular ao eixo do tubo.

Obs: Em situações que não permitam a conferência adequada destes itens, especialmente dos que tratam da junção tubo - flange, sugerimos não usar flange com pescoço, a não ser que características do projeto exijam este tipo de flange.

- **Sobreposta:** Elimina o problema da junção tubo - flange; este penetra na flange até a face de entrada do elemento primário. Observar que:

- Após a execução do furo da tomada de pressão no tubo, não existam rebarbas na concordância com a parede interna do tubo. Na retirada da rebarba evitar chanfrar ou arredondar, mantendo a junção em canto vivo.

- Os critérios de centralização e perpendicularidade do elemento primário e flanges, em relação à linha de centro do tubo, sejam obedecidos. Os cálculos do diâmetro interno médio e concentricidade do tubo devem ser executados conforme os itens I1 e I2.

Obs: Sob o ponto de vista da medição de vazão, especialmente em dutos inferiores a 6", recomendamos o uso de flanges sobrepostas.

- **Encaixe para solda:** O tubo penetra parcialmente nas flanges; sugerimos evitar o uso deste tipo porque poderá existir a formação de um degrau entre as paredes internas do tubo e da flange.

- **Rosca:** Não usar este estilo; a rosca, quando exposta, é sério distúrbio para o fluxo. Construções que não exponham a rosca e cujo tubo penetra na flange até a entrada do elemento primário podem ser usadas, especialmente para tubos de diâmetro pequeno.

K – JUNTAS

- **Dimensão:** É importante que a junta não seja um obstáculo ao fluxo; o diâmetro interno dela deve concordar com o diâmetro interno do tubo e, com este, **estar concêntrica**. Juntas de diâmetro interno muito menor que o interno do tubo podem gerar erros de $\pm 60\%$ na medição da vazão, ao usar tomadas nas flanges (flanges de orifício) é **obrigatório** que a espessura seja de 1/16".

- **Material:** Sugerimos consultar normas ou literatura de fabricantes. As juntas de papelão hidráulico são adequadas para a grande maioria dos fluidos industriais, cobrindo valores elevados de pressão e temperatura, ao redor de 200 Kg/cm² e 550° C.

L – TOMADAS DE PRESSÃO (ORIFÍCIO CONCÊNTRICO DE CANTO VIVO)

L1 – POSICIONAMENTO

- Tomadas nas flanges (ISO 5167)

- Montante: a referência é a face montante da placa
- Juzante: a referência é a face juzante da placa
- Para ambas as tomadas teremos:

$$25.4 \pm 0.5 \text{ mm se, simultaneamente, } \beta > 0.6 \text{ e } 58 \text{ mm} < D < 150 \text{ mm}$$

$$25.4 \pm 1 \text{ mm em outros casos, ou seja: se } \beta \leq 0.6$$

$$\text{se } \beta > 0.6 \text{ e } 50 \text{ mm} \leq D \leq 58 \text{ mm}$$

$$\text{se } \beta > 0.6 \text{ e } 150 \text{ mm} \leq D \leq 760 \text{ mm}$$

- Tomadas D - D/2 (Radius taps - ISO 5167)

- Para ambas as tomadas a referência é a face de entrada.
- Montante: $1D \pm 0.1D$
- Juzante: $0.5D \pm 0.02D$ se $\beta \leq 0.6$
 $0.5D \pm 0.01D$ se $\beta > 0.6$

- Tomadas no canto (Corner taps)

O espaço entre a linha de centro das tomadas e a respectiva face da placa é igual à metade do diâmetro das tomadas; os furos das tomadas ficarão adjacentes às faces da placa e a medição das pressões poderá ser feita por tomadas simples ou por câmaras anulares.

- Tomadas na tubulação (Pipe taps)

- Montante: $2.5D \pm 0.1D$
- Juzante: $8D \pm 0.1D$

- Tomadas tipo Vena Contracta

Para ambas as tomadas a referência é a face de entrada da placa

- Montante: $1D$
- Juzante: conforme figura L1

Este estilo de par de tomadas não é usado com freqüência porque, na troca da placa com mudança no β , será necessário trocar a posição da tomada de baixa pressão.

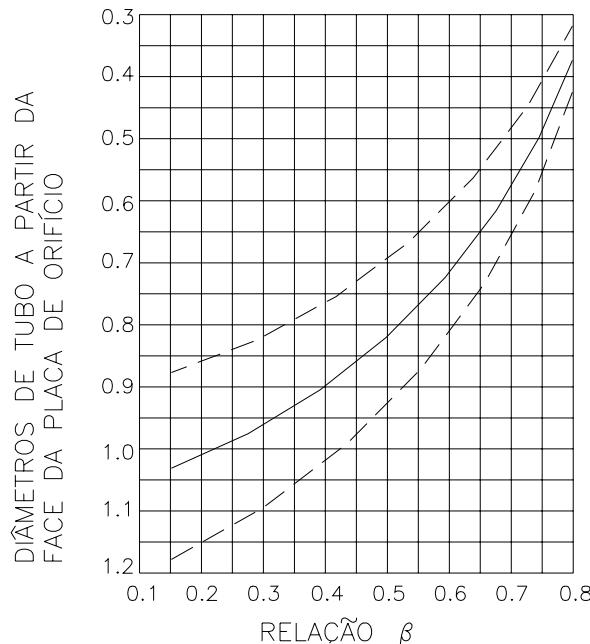


FIG L1 POSIÇÃO DA TOMADA DA VENA CONTRACTA PARA ORIFÍCIOS CONCÉNTRICOS DE CANTO VIVO
(LINHAS TRACEJADAS MOSTRAM LIMITES DE VARIAÇÃO)

L2 – DIÂMETRO MÁXIMO DOS FUROS DAS TOMADAS

- Segundo ASME FLUID METERS

DIÂMETRO D EM POL	DIÂMETRO DO FURO EM POL (MM)
< 2	1/4 (6.4)
2 a 3	3/8 (9.5)
4 a 8	1/2 (12.7)
≥10	3/4 (19)

- Segundo ISO 5167

O diâmetro do furo das tomadas deve ser menor que 0.08D e, de preferência, menor que 12mm. O valor mínimo deve ser determinado pela experiência, levando em conta entupimentos acidentais. As duas tomadas devem ter o mesmo diâmetro.

M – MONTAGEM DE PLACAS E BOCAIS

A principal fonte de erros em medição de vazão por geradores de pressão diferencial está na fase de montagem; para reduzir este tipo de erro devemos conferir:

- se a gravação da lingüeta está voltada para o lado montante;
- se o canto vivo das placas foi posicionado para o lado montante;
- se as juntas, flanges e elemento primário estão centralizados com a linha de centro do tubo;
- se durante o manuseio o elemento primário sofreu danos. Cuidados especiais devem ser tomados quanto ao canto vivo e face de entrada das placas e à parte interna dos bocais.

N – LINHAS DE IMPULSO

- Os tubos das linhas de impulso devem ter o mesmo diâmetro; para o caso de líquidos limpos, o diâmetro interno do tubo não deve ser inferior a 6 mm e, em casos de vapores condensáveis, onde bolhas podem ser liberadas, o diâmetro interno não deve ser inferior a 10 mm;

- As linhas de impulso horizontais de grande comprimento, com líquido, devem ter inclinação de 8%, a fim de permitir que as bolhas liberadas retornem ao duto do processo. Se o líquido é viscoso, entre 5 e 100 centipoise, recomendamos 25%.
- Analisar a possibilidade de diferença de temperatura entre as linhas de impulso, especialmente quando cheias de líquido; densidades diferentes nas linhas de impulso provocam o desbalanceamento das colunas líquidas, gerando erros tão maiores quanto maior for a diferença de temperatura e quanto menor for a pressão diferencial. Para sanar este problema, recomendamos que as linhas de impulso sigam juntas e, se necessário, protegidas termicamente. Se a diferença de temperatura for constante poderemos compensar o erro através do ajuste de zero do transmissor. A tabela N1 apresenta o diâmetro interno mínimo para as linhas de impulso, em função do tipo de fluído e do comprimento da linha.

TAB N1 DIÂMETRO INTERNO MÍNIMO, EM MM, PARA LINHAS DE IMPULSO

COMPRIMENTO DA LINHA DE IMPULSO, EM M	FLUÍDO MEDIDO			
	ÁGUA, VAPOR E GÁS SECO	GÁS ÚMIDO	VISCOSIDADE BAIXA P/ALTA	LÍQUIDO / GÁS SUJOS*
ATÉ 15	6	9	12.5	25
15 - 40 **	6	9	18.8	25
40-80	12.5	12.5	25	38

* SEM FLUÍDO DE SELAGEM

** EVITAR COMPRIMENTOS MAIORES QUE 15 M

FONTE: ISO 2186 (1973)

O – SELAGEM LÍQUIDA

É usada quando necessitamos isolar o transmissor do fluido do processo, com o objetivo de evitar corrosão, sujeira, sedimentos, condensação e solidificação.

O líquido de selagem mais comum para óleos é a mistura de 50% de água e 50% de glicerina ou etíleno glicol ou, para proteção contra baixa temperatura, a mistura de 60% de etíleno glicol; a mistura de etíleno glicol apresenta densidade de, aproximadamente, 1.07, enquanto a de glicerina 1.13; a mistura de 50% de etíleno glicol congela em -23°C e a de 60% em -49°C.

Como regra geral, o líquido de selagem não deve misturar ou reagir com o fluido do processo; deve apresentar densidade diferente do fluido medido e não evaporar sob as condições de operação e do ambiente.

P – SELAGEM POR DIAFRAGMA

Existem situações no processo que não permitem o uso de líquidos de enchimento ou a obtenção de materiais adequados para as partes molhadas do instrumental; para estas situações deveremos usar os diafragmas de selagem apresentados, normalmente, em 2 tipos:

- **em conjunto com o instrumento:** É constituído por um diafragma metálico soldado ao sistema que acopla com o tubo do processo e interligado ao instrumento por capilar cheio de líquido de selagem, geralmente com baixa pressão de saturação na temperatura do processo. Este sistema é, geralmente, executado pelo fabricante do instrumental com técnicas controladas e não disponíveis na maioria das oficinas de manutenção; a calibração do transmissor é feita após a montagem do conjunto.
- **entre flanges:** O diafragma é fixado entre flanges, a conexão com o processo sendo feita por tubo e ao instrumento por tubo com líquido de enchimento. Os materiais dos diafragmas devem atender às características de corrosão do fluido do processo, usando-se em aplicações comuns, o aço inox.

Q – PURGA

Os sistemas de purga somente devem ser usados se os métodos convencionais se mostrarem falhos na prevenção dos problemas de vaporização, condensação, corrosão ou entupimentos; o fluido de purga deverá:

- estar livre de partículas sólidas;
- não ser corrosivo;
- permanecer em fase simples nas condições de operação;
- não interferir com o processo;
- não reagir com o fluido do processo;
- possuir um sistema de controle de vazão que deverá ser mantida em valor reduzido, a fim de obter-se baixa velocidade dentro da linha de impulso; a existência de velocidade no fluido de purga provoca perda de carga, podendo gerar diferenças de pressão entre a tomada de impulso e o instrumento medidor da pressão diferencial; é importante que as vazões de purga sejam iguais nas linhas de impulso. É possível evitar os

problemas causados pela perda de carga montando o ponto de injeção do fluído próximo à tomada de pressão; para o controle da vazão recomendamos rotâmetro com controlador de vazão incorporado.

R – AQUECIMENTO DAS LINHAS DE IMPULSO

O sistema de aquecimento das linhas de impulso deve ser usado se o fluido nelas contido condensar, solidificar ou congelar na temperatura mais baixa esperada para o ambiente. O aquecimento comum é realizado por vapor de baixa pressão, através de tubos de cobre de diâmetro reduzido e com proteção térmica de cordões de amianto ou produto similar.

O aquecimento indevido do corpo do transmissor pode provocar danos ou desvios na calibração; a montagem do instrumento com a parte eletrônica ao mesmo nível do corpo minimiza os efeitos da temperatura.

S – INSTRUMENTAL

O transmissor de pressão diferencial/vazão deve possuir as seguintes características:

- **alta precisão** - a "imprecisão" do instrumental é, normalmente, referenciada ao fundo de escala e, para uma determinada pressão diferencial de calibração, teremos, como consequência, um aumento da imprecisão com a diminuição do valor do diferencial de pressão; como exemplo, uma imprecisão de 0.5% de fundo de escala representa 1% quando em 50% da escala, provocando imprecisão
- **versatilidade na calibração** - a faixa disponível para ajuste deve ser ampla e a calibração simples e rápida e a preferência deve ser para os equipamentos inteligentes. Para o cálculo Inicial de um elemento primário gerador de pressão diferencial sugerimos usar, como pressão diferencial de cálculo, o valor médio da faixa disponível do transmissor, a fim de possibilitar eventuais mudanças no valor máximo da vazão.
- **material do corpo** - o material das partes molhadas deve atender às exigências de corrosão do fluido contido nas linhas de impulso.
- **segurança** - os requisitos de segurança do local da instalação devem determinar o nível de proteção do equipamento.

T – INSTALAÇÃO DO INSTRUMENTAL

REGRAS GERAIS:

- o instrumento deve ser montado perto do elemento primário;
- deve ficar livre de tensões mecânicas e de vibrações excessivas;
- a posição de montagem deve permitir fácil acesso;
- deve ser protegido contra alta temperatura e contra vazamentos do fluido do processo.

POSIÇÃO:

O posicionamento do transmissor, em relação ao elemento primário, depende do fluido do processo:

LÍQUIDOS:

- em dutos horizontais (figuras T1 e T2), as tomadas de pressão devem ser laterais, permitindo-se, para ambas as tomadas, simultaneamente, orientação para baixo até 45°.
- para dutos verticais, a posição radial das tomadas pode ser qualquer ao redor do tubo (figura T5).
- o instrumento deve ser montado em nível inferior ao elemento primário, a fim de permitir que eventuais bolhas sejam drenadas para o duto do processo; caso não seja possível (dutos junto ao chão), recomenda-se instalar o instrumento em nível superior, cuidando que as linhas de impulso, a partir das tomadas de pressão, inicialmente desçam e posteriormente subam, até atingir o instrumento; é necessário purgar as linhas de impulso e as câmaras do transmissor antes de colocar o sistema medidor em operação.

GASES:

- para tubo horizontal e gases limpos, as tomadas de pressão devem ficar na vertical (figura T3) e para gases sujos ou condensáveis as tomadas devem ficar na lateral (figura T4); para dutos verticais ver figuras T6 e T7; se as linhas de impulso contiverem ar, será necessário efetuar a purga, especialmente se o fluido do processo apresentar densidade diferente do ar e se a pressão diferencial for de baixo valor.

VAPORES:

- as tomadas devem ser laterais para dutos horizontais (figura T4) e para tubos verticais ver figura T7.

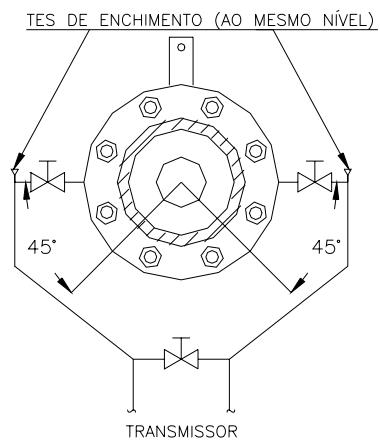


FIG T1 – INSTALAÇÃO HORIZONTAL PARA FLÚIDOS SUJOS OU CORROSIVOS, COM FLÚIDO DE ENCHIMENTO

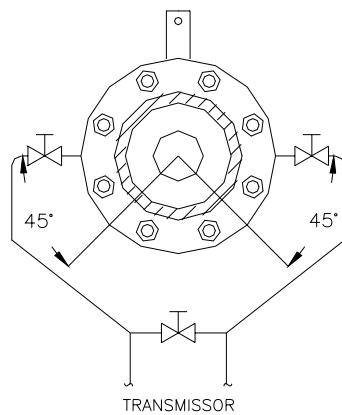


FIG T2 – INSTALAÇÃO HORIZONTAL PARA LÍQUIDOS LIMPOS

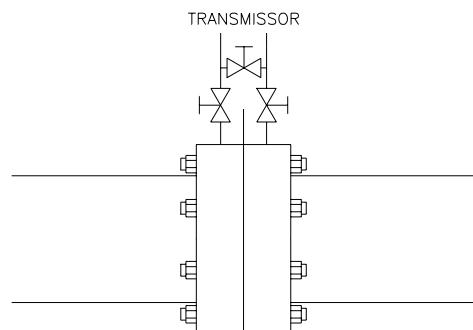


FIG T3 – INSTALAÇÃO HORIZONTAL PARA GASES NÃO CONDENSÁVEIS

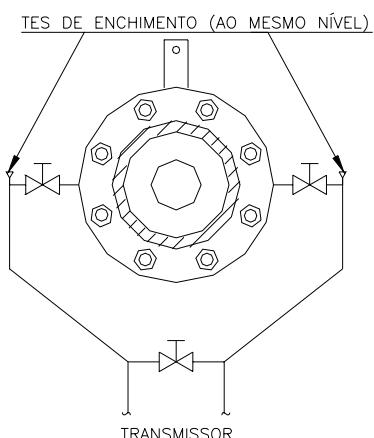


FIG T4 – INSTALAÇÃO HORIZONTAL PARA VAPOR OU GASES

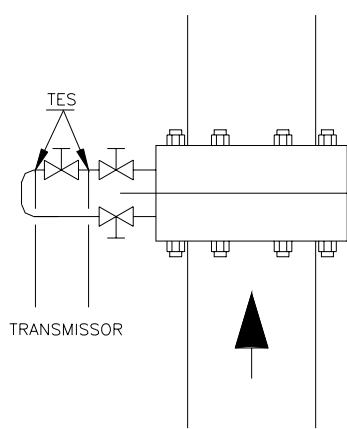


FIG T5 – INSTALAÇÃO VERTICAL PARA LÍQUIDOS LIMPOS. SE O LÍQUIDO É SUJO OU CORROSIVO USAR TES DE ENCHIMENTO NOS PONTOS ASSINALADOS.

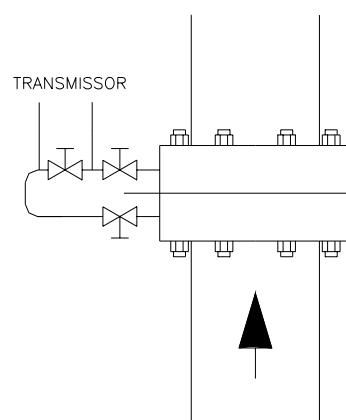


FIG T6 – INSTALAÇÃO VERTICAL PARA GASES NÃO CONDENSÁVEIS E LIMPOS

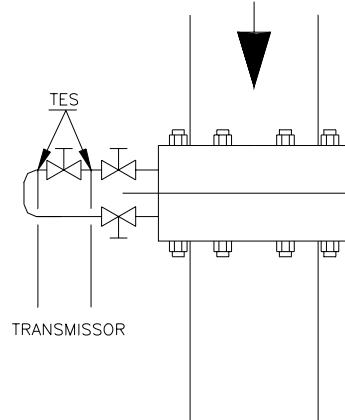


FIG T7 – INSTALAÇÃO VERTICAL PARA VAPOR, GASES CONDENSAVEIS OU GASES SUJOS

U – PARTIDA DA UNIDADE

A planta poderá, antes da partida, ser submetida a um processo de limpeza por água, vapor ou agentes químicos, com a finalidade de eliminar sujeiras, contaminantes, borrões de solda, etc. Durante este processo o elemento primário não deve permanecer montado; as linhas de impulso devem ser desconectadas

e, somente após a limpeza, deve ocorrer a montagem do elemento primário, conexões e selagens. Verificar a ocorrência de vazamentos nas linhas de impulso e efetuar as purgas das linhas de impulso e do transmissor.

A partida do transmissor com o processo em andamento deve seguir as etapas:

- manter as válvulas de bloqueio fechadas e a de equalização aberta;
- abrir o bloqueio da baixa pressão;
- fechar a equalização (o registro não deve dar vazamentos);
- abrir o bloqueio da alta pressão.

Se o sistema de medição possuir ajuste de amortecimento, recomendamos não usar taxas elevadas, especialmente quando se deseja precisão elevada; com amortecimento, o instrumento fornece a pressão diferencial média, extraíndo-se dela, a raiz quadrada; o correto seria obter-se a média das raízes quadradas das pressões diferenciais. Sob este ponto de vista é conveniente amortecer o sinal após a extração da raiz.

V - GUIA DE EFEITOS DOS DESVIOS

DEFEITO NO ELEMENTO PRIMÁRIO	ELEMENTO PRIMÁRIO	β	ERRO %
ARESTA ARREDONDADA	ORIFÍCIO DE CANTO VIVO		- 450 (RAIO ARESTA) $\div d$
	ORIFÍCIO SEGMENTAL		- 175 (RAIO ARESTA) \div (ALT SEGMENTO)
ORIFÍCIO MUITO ESPESSO	ORIFÍCIO CANTO VIVO, TOMADAS CORNER, D-D/2 E VENA CONTRACTA	0.2	-1% P/ O DOBRO DA ESPESSURA CORRETA
PLACA MUITO ESPESSA	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	<0.7	<+1% P/ O DOBRO DA ESPESSURA CORRETA
POSIÇÃO DA TOMADA DE PRESSÃO	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	<0.67	- 0.1% SE DISTÂNCIA 0.05D DO CANTO - 1.2% SE DISTÂNCIA 0.5D DO CANTO
	BOCAL	<0.6	- 0.5% SE DISTÂNCIA 0.05d DO CANTO - 2.6% SE DISTÂNCIA 0.5D DO CANTO
	ORIF CANTO VIVO, TOMADAS D-D/2	0.7	- 1% SE TOMADA JUZANTE 0.1D AFASTADA OU + 1% SE 0.1D MAIS PRÓXIMA
TOMADA COM TAMANHO EXCESSIVO	ORIFÍCIOS, TOMADAS NA FLANGE		POSITIVO
TOMADAS COM REBARBAS	TODOS		+ 30%
Ø DA CÂMARA ANULAR MUITO PEQUENO	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.7	DE -2% A +5% PARA 10% DE DESVIO
	BOCAL	0.75	DE -6% A +1% PARA 10% DE DESVIO
JUNTA MENOR / EXCÉNTRICA ENTRE CÂMARA ANULAR E FLANGE	ORIFÍCIOS E BOCAIS		\pm 60%
POSIÇÃO EXCÉNTRICA DO ELEMENTO	ORIFÍCIOS E BOCAIS	0.8	\pm 1% SE EXCÉNTRICO 0.015D MAX <5%
ÂNGULO CONE DE ENTRADA ERRADO	VENTURI		+ 2% SE ÂNGULO 12°
ÂNGULO CONE DE SAÍDA ERRADO	VENTURI		0%, AFETA SÓ A PERDA DE CARGA
RAIO ENTRE CONE E GARGANTA	VENTURI		ATÉ 1.5% SE INCORRETO
RUGOSIDADE DA FACE DE ENTRADA	ORIFÍCIOS	0.5	ERRO NEGATIVO SE RUGOSIDADE AUMENTA
			- 3% P / ÁGUA SE ($d/RUGOSIDADE$) = 80 E N° DE REYNOLDS = 20000
			- 2% P / ÁGUA SE ($d/RUGOSIDADE$) = 620 E N° DE REYNOLDS = 20000
AUMENTO DA RUGOSIDADE	VENTURI		ERRO POSITIVO
CURVATURA DO ORIFÍCIO	ORIFÍCIOS		IMPREVISÍVEL
TRECHO MONTANTE CURTO APÓS:			
- CURVA SIMPLES	TODOS		ERRO VARIA COM O PLANO DA TOMADA E O COMPRIMENTO DO TRECHO
- 2 CURVAS NO MESMO PLANO	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.55	<+0.5% SE TRECHO > 4D
		0.75	<+3% SE TRECHO > 4D
- 3 CURVAS EM ÂNGULOS RETOS	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	<0.75	<-5% SE TRECHO > 4D
- VÁLVULA GLOBO ABERTA	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.55	<+1.5% SE TRECHO > 4D
		0.75	<+5% SE TRECHO > 8D
	ORIF CANTO VIVO, TOMADA D-D/2 OU NAS FLANGES	<0.75	<+2% SE TRECHO > 6D
- EXPANSÃO (0.5D P/ D EM 1.8D)	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.40	-10% SEM TRECHO RETO TOTAL
		0.70	-50% SEM TRECHO RETO TOTAL
- REDUÇÃO (1.25D P/ D EM D)	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.40	\pm 0.5% SEM TRECHO RETO TOTAL
		0.70	+ 2% SEM TRECHO RETO TOTAL
TRECHO MONTANTE CURTO APÓS:			
- POÇO TERMOMÉTRICO	ORIFÍCIO		<+2% P/ Ø DO POÇO >0.04D E TRECHO<15D
- SOLDA DE 2 TUBOS DE Øs DIFERENTES	ORIFÍCIO		\leq 0% SE Ø MUDA <20% E TRECHO >7D
TRECHO JUZANTE CURTO ANTES:			

Elementos Primários de Vazão

- CURVA SIMPLES	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO		ERRO VARIA COM O PLANO DA TOMADA
- 2 CURVAS NO MESMO PLANO	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.55	<-2% SE TRECHO > 1D
		0.75	<-3% SE TRECHO > 1D
- 3 CURVAS EM ÂNGULOS RETOS	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.55	<-2% SE TRECHO > 1D
		0.75	<-2.5% SE TRECHO > 1D
- VÁLVULA GLOBO ABERTA ELEMENTO E REDUÇÃO (D P/0.5D EM D)	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	0.55	<-0.5% SE TRECHO > 1D
		0.75	<-1% SE TRECHO > 1D
- SEM TRECHO JUZANTE ENTRE	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO	<0.4	+1%
		0.7	-1%
TUBO:			
- DIÂMETRO D ERRADO	ORIFÍCIO CANTO VIVO	0.74	>-4% SE D=D+5%
- RUGOSIDADE ANORMAL	ORIFÍCIO CANTO VIVO	<0.3	DESPREZÍVEL
- RUGOSIDADE = 6 MM	ORIF CANTO VIVO, TOMADA CANTO (O ERRO PROVAVELMENTE SERÁ MENOR P/OUTROS ELEMENTOS E TOMADAS)	0.5	+9% SE D=3"
		0.7	+40% SE D=3"
		0.5	+2% SE D=12"
		0.7	+8% SE D=12" +1% P/D=12" SE LIMPO EM 5D MONTANTE +0.5% P/D=12" SE LIMPO EM 7D MONTANTE ≥0% P/D=12" SE LIMPO EM 15 D MONTANTE +2% P/D=3" SE LIMPO EM 5D MONTANTE +1% P/D=3" SE LIMPO EM 15D MONTANTE ≥0% P/D=3" SE LIMPO EM 30 D MONTANTE
			VENTURI
			NEGATIVO
OUTROS			
- MATERIAL ESTRANHO NO ORIFÍCIO	TODOS		POSITIVO, AUMENTANDO COM O β
- DEPÓSITO NA FACE DE ENTRADA	ORIFÍCIOS		NEGATIVO, AUMENTANDO COM O β
- VAZÃO PULSANTE	TODOS		NORMALMENTE POSITIVO E GRANDE
- N° DE REYNOLDS MUITO BAIXO	ORIF CANTO VIVO, TOMADA VENA OU FLANGE	0.3	-7.5% P/REYNOLDS=1000, ATÉ -17% P/REY- NOLDS=250
		0.6	-19% P/REYNOLDS=1000, ATÉ -26% P/REY- NOLDS=250
	ORIF CANTO VIVO, TOMADAS D-D/2 OU CANTO	0.3	-2.5% P/REYNOLDS=1000, ATÉ -14% P/REY- NOLDS=100
		0.6	-20% P/REYNOLDS=1000, ATÉ -25% P/REY- NOLDS=200

TECSONDA MOD AN9

É uma variação do tubo de Pitot; o modo de operação é baseado na extrapolação do teorema de Bernoulli e utiliza os cálculos de Chebyshev sobre a média dos perfis de veias fluidas. A sonda atravessa completamente o duto, sendo sensível à velocidade de impacto do fluido em 4 ou mais furos, distribuídos no tubo sonda. Os furos são posicionados na montante da sonda e a posição segue a técnica de Chebyshev para obtenção da velocidade média, usando o sistema de segmentos anulares de áreas iguais.

A pressão do fluido, em cada um dos orifícios, afeta a pressão no interior do tubo sonda; o tubo de interpolação, localizado no interior do tubo sonda, sente a pressão resultante através de sua abertura, posicionada no eixo do tubo do processo. Esta pressão é conectada na alta pressão do transmissor, sendo representativa da velocidade média do fluido e, consequentemente, da vazão. Um tubo de medição da pressão estática é montado na juzante do tubo sonda e é ligado na baixa pressão do transmissor; este posicionamento permite obter pressão menor que a estática normal, maximizando, portanto, o diferencial gerado.

APLICAÇÃO

- Sucção ou recalque de bombas, ventiladores, compressores e sopradores;
- Dutos de ar condicionado;
- Saída de gases de caldeira, alto fornos, reatores, exaustores;
- Sistemas de distribuição de água, vapor e ar comprimido;
- Equipamentos de secagem de ar.

A Tecsonda AN9 é adequada para instalação em dutos horizontais ou verticais, circulares, quadrados ou retangulares; o acoplamento ao processo é feito por flanges ou conexões tipo meia-luva; os transmissores de pressão diferencial / vazão são os convencionais do mercado, tornando a sonda compatível com todos os sistemas de registro, controle, indicação, alarme e totalização.

MODO DE OPERAÇÃO

Utiliza os estudos de Tchebychev sobre a média dos perfis de veias fluidas. A sonda atravessa totalmente o duto, sendo sensível à velocidade de impacto do fluido em 4 ou mais furos distribuídos no tubo sonda, na face montante e a localização deles segue a técnica de Tchebychev para a obtenção da velocidade média, usando segmentos anulares de áreas iguais.

A pressão do fluido, em cada um dos orifícios, afeta a pressão no interior do tubo sonda; o tubo de interpolação, localizado no interior do tubo sonda, sente a pressão resultante através de sua abertura, posicionada no eixo do tubo do processo. Esta pressão é conectada à alta pressão do transmissor, sendo representativa da velocidade média do fluido e, consequentemente, da vazão. A pressão estática é medida na jazante do tubo sonda, através de um tubo ligado à baixa pressão do transmissor; esta localização permite obter pressão bem menor que a pressão estática normal, aumentando a pressão diferencial gerada.

Os segmentos anulares possuem a mesma área e cada um deles é representado por um orifício posicionado por cálculo.

FENÔMENO DE NÃO ENTUPIMENTO

A alta pressão criada na entrada dos orifícios forma um tampão de proteção que desvia o escoamento, conservando limpos os furos do tubo sonda. Se o fluido for carregado de impurezas, recomendamos usar um sistema de purga.

SELEÇÃO DO MEDIDOR

A determinação do modelo da sonda deve considerar o diâmetro da linha, a pressão e a velocidade do fluido; a necessidade de manutenção constante na sonda pode conduzir ao uso de uma sonda para montagem em carga; a conexão ao processo deve considerar a espessura da parede da linha e os fatores de segurança do operador e do processo.

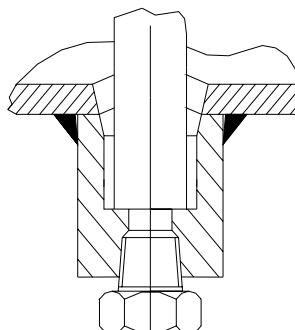
TABELA DE SELEÇÃO

MOD AN	TUBO, EM POL		VELOCIDADE	MONTAGEM EM CARGA	PRESSÃO	CONEXÃO AO PROCESSO	APLICAÇÃO					
	GUIA											
	SIMPLES	DUPLA										
90	6-60		ALTA-MÉDIA	NÃO	MÉDIA	MEIA-LUVA	GERAL					
		10-180	ALTA			1" NPT	DUOT CIRCULAR					
93	6-60		ALTA-MÉDIA	NÃO	MÉDIA-ALTA	FLANGE 1.1/2"	GERAL					
		10-180	ALTA				DUOT CIRCULAR					
95		6-180	BAIXA	DEPENDE DA PRESSÃO	BAIXA	FLANGE 1.1/2"	DUOT RETANG/QUADR VENTILADOR, EXAUSTOR					

RELAÇÃO VAZÃO X PRESSÃO DIFERENCIAL - Ver CAT 01, pg. 1, item B

SISTEMAS COM DUPLA GUIA

Em processos que apresentem velocidade elevada, densidade típica de líquidos ou grandes diâmetros de linha recomendamos instalar uma segunda guia na extremidade da sonda, soldada ao tubo. A ausência da segunda guia para os casos acima, pode ocasionar a deformação por curvatura, introduzindo erros na medição e dificultando a retirada; casos extremos podem provocar a quebra da sonda.

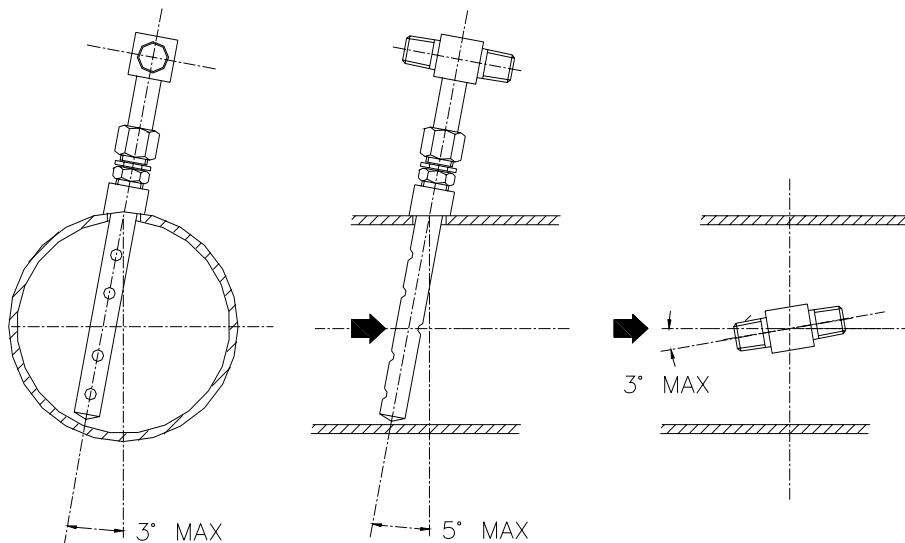


DUPLA GUIA

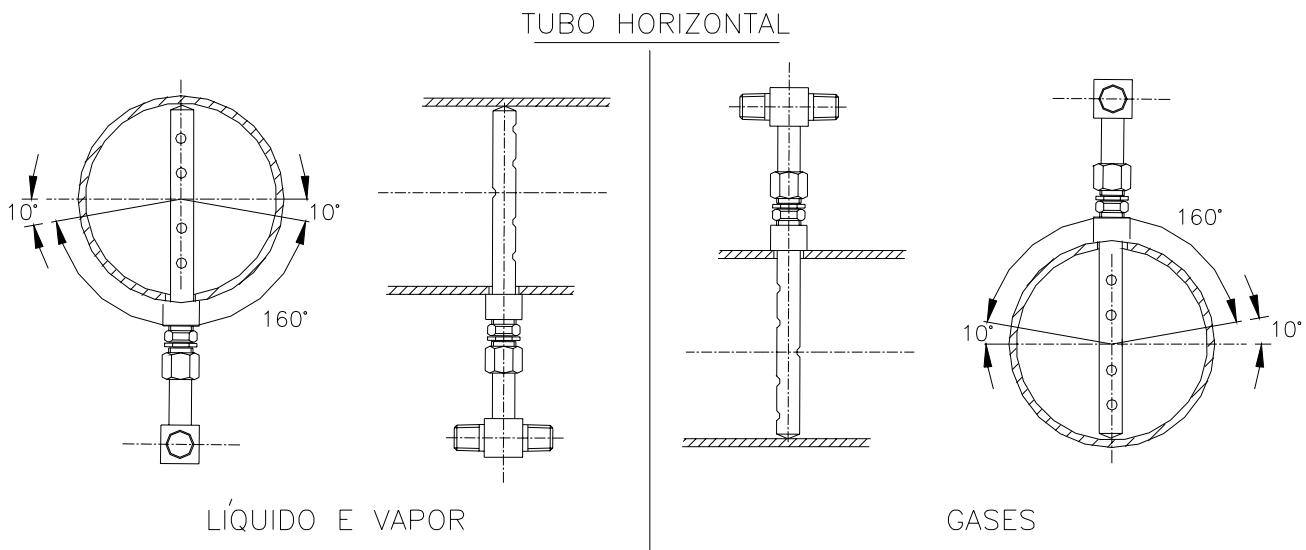
INSTALAÇÃO E CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ERRO DE ALINHAMENTO

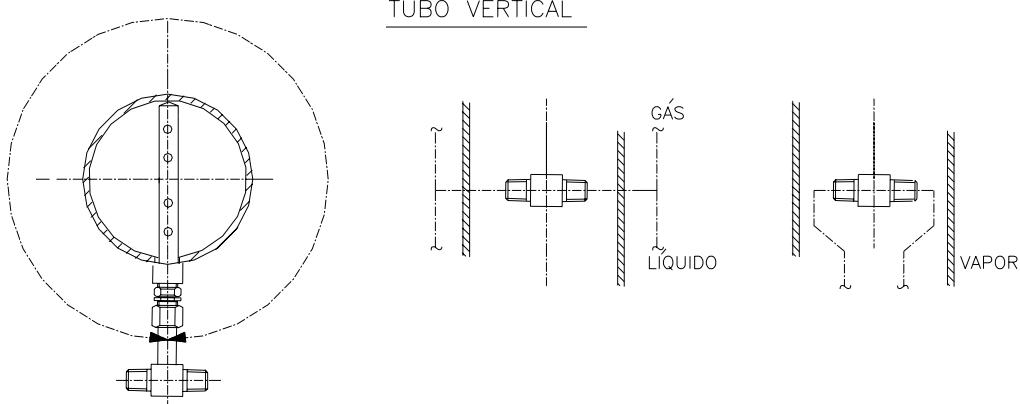
A Tecsonda (Annubar) sente a pressão total através dos furos do tubo sonda e a pressão pseudo-estática no furo à jazante e ambas podem ser afetadas pelo alinhamento dos furos. Os coeficientes de vazão foram obtidos com a sonda montada perpendicularmente ao eixo do duto e desvios superiores aos da figura abaixo podem afetar a precisão.



POSICIONAMENTO EM TUBO HORIZONTAL



POSICIONAMENTO EM TUBO VERTICAL



ERRO DE DIMENSIONAMENTO

Os furos sensitivos da Tecsonda devem ficar posicionados em pontos determinados do fluxo; o posicionamento é função do diâmetro interno do tubo e o uso das sondas em diâmetros diferentes ocasiona erro na medição.

VAZAMENTOS EM LINHAS OU CONEXÕES

Vazamentos geram, em todos os elementos geradores de pressão diferencial, erros que serão tão maiores quanto menor for a pressão diferencial e quanto maior for a taxa do vazamento; o sinal do erro depende de ocorrer na alta ou na baixa pressão; vazamentos na alta pressão geram indicações para menos e para mais na baixa pressão. Recomendamos testar linhas e conexões antes de colocar a sonda em operação.

MUDANÇAS NOS PARÂMETROS DE CÁLCULO

A pressão diferencial gerada pela sonda é dependente de uma série de variáveis, entre elas a pressão, a temperatura, o diâmetro interno da linha e a densidade; mudanças nestes parâmetros ocasionam erros na medição, sendo necessário novo cálculo da pressão diferencial ou a introdução de sistemas de correção ou computação da vazão.

ACÚMULO DE IMPUREZAS

A forma da sonda permite que ela possa operar com fluídos que contenham impurezas; as partículas fluem ao redor do tubo sonda, sem depósitos sobre a superfície. O impacto das partículas não afeta significativamente a performance do equipamento, a não ser em casos extremos, onde existe a obstrução completa dos orifícios sensitivos ou a deformação do tubo sonda.

DISTÚRBIOS NA VAZÃO - MONTANTE

O posicionamento dos furos sensitivos foi determinado por cálculo, usando características de vazão do regime turbulento; isto implica em que o perfil de velocidade do fluido seja simétrico em todas as direções e, não existindo tal simetria, haverá mudanças no coeficiente de vazão.

Vários equipamentos situados na montante da sonda podem alterar a simetria e, entre eles, destacamos curvas, válvulas de controle, registros, reduções, etc. Trechos retos na montante da sonda asseguram o regime turbulento e, a fim de reduzir tais trechos, poderemos usar os retificadores de fluxo.

TRECHOS RETOS MÍNIMOS P/ TECSONDA, EM DIÂMETROS		MONTANTE (1)					(1) JUZANTE B	
ESQUEMA DE MONTAGEM		SEM RETIFICADOR		COM RETIFICADOR				
		NO PLANO	FORA DO PLANO	A'	C	C'		
	A	A					3	
	7	9						
			6	3	3		3	
	9	14						
			8	4	4		4	
	19	24						
			9	4	5		3	
	8	8						
			8	4	4		3	
	8	8						
			8	4	4		4	
	24	24						
			9	4	5			

1 - OS VALORES MOSTRADOS SÃO AS DISTÂNCIAS MÍNIMAS, EM DIÂMETROS, PARA APLICAÇÕES INDUSTRIALIS NORMAIS. PARA AUMENTAR A PRECISÃO ACRESCENTAR 25% AOS VALORES ACIMA.

2 - INCLUI VÁLVULAS GLOBO, GAVETA E OUTROS TIPOS PARCIALMENTE ABERTAS. VÁLVULAS DE CONTROLE DEVEM SER MONTADAS APÓS A SONDA.

Obs.: Os termos "no plano" ou "fora do plano" devem ser entendidos como a comparação entre o plano que passa pelo eixo do distúrbio (ou distúrbios) e o plano perpendicular ao eixo do tubo sonda e que contem os eixos dos furos sensitivos.

VÁLVULAS DE BLOQUEIO E DE EQUALIZAÇÃO

As operações de lançamento, montagem e retirada do transmissor exigem segurança para o operador e equipamento e, por este motivo, recomendamos a instalação de válvulas de bloqueio no cabeçote da sonda e de um conjunto manifolde junto ao transmissor.

MANUTENÇÃO DA SONDA

LIMPEZA

Deve ser tão mais freqüente quanto mais impurezas possuir o fluido e poderá ser executada com ar comprimido, vapor ou solventes. Cuidar que não haja danos à superfície externa da sonda e aos furos sensitivos.

VEDAÇÃO

Para os modelos que usam anéis de vedação sugerimos, durante a manutenção, trocá-los; são de baixo custo e, se danificados, podem provocar vazamentos.

AFERIÇÃO / CALIBRAÇÃO

Este tipo de sonda não requer aferição ou calibração.

LIMITES DE APLICAÇÃO

A Tecsonda AN9 não deve ser usada em 3 situações específicas:

- Em fluídos cuja viscosidade seja $\geq 300 \text{ cP}$;
- Em casos cujo fluído apresenta 2 fases, tal como líquido/gás ou situações severas de líquido/sólido e gás/sólido. Como exemplo, vapores altamente saturados, produtos espumantes ou gases com excesso de partículas em suspensão.
- Na medição de vapor, havendo possibilidades de condensação, evitar pressões diferenciais inferiores a 150 mmca.

PRECISÃO: $\pm 2\%$

MATERIAIS

O inox 316 pode operar com a maioria dos fluídos comerciais e o 304, com uso mais limitado, pode operar com fluídos comuns, tais como água e ar. Em aplicações mais severas, com fluídos corrosivos, cáusticos ou alta temperatura, outros materiais serão necessários e, sob consulta, poderão ser fornecidos pela [**BRINGER**](#).

MONEL

É material resistente à corrosão; a literatura apresenta casos de corrosão de 1 mm/ano operando com água salgada agitada e aerada. É resistente aos compostos clorados e à maioria dos álcalis.

HASTELLOY C

Apresenta alta resistência à corrosão em substâncias oxidantes, ácidos e solventes. É um dos poucos materiais resistentes ao gás clorídrico úmido.

TITÂNIO

Apresenta excelente performance em muitos ácidos orgânicos, compostos sulfúricos e cloretos metálicos.

CORROSÃO

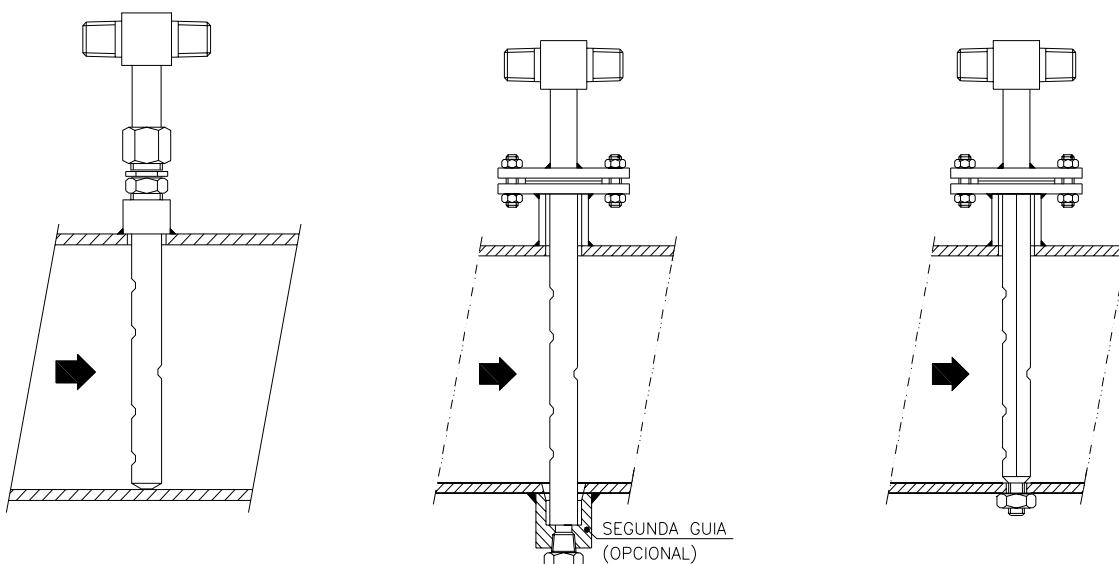
O CAT 03 possibilita a escolha do material adequado.

MODELOS

MOD AN90

MOD AN93

MOD AN95



	MODELO		
	AN90	AN93	AN95
FORMA DO DUTO	CIRCULAR	CIRCULAR	QUADRADO / RETANGULAR
APLICAÇÃO	LÍQUIDO, GÁS E VAPOR	LÍQUIDO, GÁS E VAPOR	GÁS
CONEXÃO:			
- AO PROCESSO	LUVA 1" NPT	FLANGE 1.1/2"	FLANGE 1.1/2" - 150 LB
- AO INSTRUMENTO	1/2" NPT MACHO	1/2" NPT MACHO	1/2" NPT MACHO
SISTEMA DE TRAVA	PINÇA	ESTOJO E PORCA	ESTOJO E PORCA
VEDAÇÃO	O-RING	JUNTA	JUNTA
GUIA:			
- SIMPLES	DUTO 6 A 60"	DUTO 6 A 60"	DUTO 6 A 60"
- DUPLA	DUTO 10 A 180"	DUTO 10 A 180"	DUTO 60 A 180"
LIMITES:			
- PRESSÃO	10 KG/CM ²	50 KG/CM ²	1000 MMCA
- TEMPERATURA	150°C	300°C	200°C

PRESSÃO DIFERENCIAL MÁXIMA, MMCA (MODELOS AN90 E AN 93) *

TUBO, POL	GUIA SIMPLES	GUIA DUPLA	TUBO, POL	GUIA SIMPLES	GUIA DUPLA
6	9000	-	36	450	1300
8	5000	-	48	190	900
10	3800	11000	60	130	520
12	2800	8800	72	-	380
14	2300	6200	90	-	250
16	1900	4400	100	-	190
18	1750	3800	120	-	120
20	1250	3100	150	-	70
24	800	2250	180	-	50

* **MOD AN95** - Devido à baixa velocidade e densidade do fluído, não há necessidade de estipular o limite da pressão diferencial.

DIMENSÕES E PESO DE TUBOS COM E SEM COSTURA - NORMA ANSI/ASME B36.10 (ATÉ 48") E B36.19 (ATÉ 12")

DN POL ØE MM	SCH AÇO C	IDT	SCH AÇO INOX	ESP MM	ØINT MM	PESO KG/M	DN POL ØE MM	SCH AÇO C	IDT	SCH AÇO INOX	ESP MM	ØINT MM	PESO KG/M	DN POL ØE MM	SCH AÇO C	IDT	ESP MM	ØINT MM	PESO KG/M
1/8	-	-	10S	1.24	7.82	0.28	8	-	-	5S	2.77	213.6	14.8	20	-	-	6.35	495.3	78.6
	40	STD	40S	1.73	6.84	0.37		-	-	10S	3.76	211.6	20.0		20	STD	9.53	488.9	117
10.3	80	XS	80S	2.41	5.48	0.47		20	-	-	6.35	206.4	33.3		30	XS	12.7	482.6	155
	40	STD	40S	2.24	9.22	0.63		30	-	-	7.04	205.0	36.8		40	-	15.09	477.8	183
1/4	-	-	10S	1.65	10.4	0.49		40	STD	40S	8.18	202.7	42.6		60	-	20.62	466.8	248
	40	STD	40S	3.02	7.66	0.8		60	-	-	10.31	198.5	53.1		80	-	26.19	455.6	311
13.7	80	XS	80S																

Elementos Primários de Vazão

3/8	-	-	10S	1.65	13.8	0.63		219.1	80	XS	80S	12.7	193.7	64.6		100	-	32.54	442.9	382	
17.1	40	STD	40S	2.31	12.48	0.84			100	-	-	15.09	188.9	75.9		120	-	38.1	431.8	442	
	80	XS	80S	3.2	10.7	1.1			120	-	-	18.26	182.6	90.4		140	-	44.45	419.1	508	
	-	-	10S	2.11	17.08	1.0			140	-	-	20.62	177.9	101		160	-	50.01	408.0	565	
1/2	40	STD	40S	2.77	15.76	1.27			-	XXS	-	22.23	174.6	108		10	-	6.35	546.3	86.6	
213	80	XS	80S	3.73	13.84	1.62			160	-	-	23.01	173.1	111		20	STD	9.53	539.9	129	
	160	-	-	4.78	11.74	1.95			-	-	5S	3.4	266.2	22.6		30	XS	12.7	533.6	171	
	-	XXS	-	7.47	6.36	2.55			-	-	10S	4.19	264.6	27.8		60	-	22.23	514.5	294	
¾	-	-	5S	1.65	23.4	1.02			20	-	-	6.35	260.3	41.8		80	-	28.58	501.8	374	
26.7	-	-	10S	2.11	22.48	1.28			30	-	-	7.8	257.4	51.0		100	-	34.93	489.1	452	
	40	STD	40S	2.87	20.96	1.69			40	STD	40S	9.27	254.5	60.3		120	-	41.28	476.4	527	
	80	XS	80S	3.91	18.88	2.2			60	XS	80S	12.7	247.6	81.5		140	-	47.63	463.7	601	
	160	-	-	5.56	15.58	2.9			80	-	-	15.09	242.8	96.0		160	-	53.98	451.0	672	
	-	XXS	-	7.82	11.06	3.64			100	-	-	18.26	236.5	115		10	-	6.35	597.3	94.5	
1	-	-	5S	1.65	30.1	1.29			120	-	-	21.44	230.1	133		20	STD	9.53	590.9	141	
	-	-	10S	2.77	27.86	2.09			140	XXS	-	25.4	222.2	155		-	XS	12.7	584.6	187	
33.4	40	STD	40S	3.38	26.64	2.5			160	-	-	28.58	215.8	172		30	-	14.27	581.5	210	
	80	XS	80S	4.55	24.3	3.24			-	-	5S	3.96	315.9	31.2		40	-	17.48	575.0	255	
	160	-	-	6.35	20.7	4.28			-	-	10S	4.57	314.7	36.0		60	-	24.61	560.8	355	
	-	XXS	-	9.09	15.22	5.45			20	-	-	6.35	311.1	49.7		80	-	30.96	548.1	442	
1.1/4	-	-	5S	1.65	38.9	1.65			30	-	-	8.38	307.0	65.2		100	-	38.89	532.2	548	
42.2	-	-	10S	2.77	36.66	2.69			-	STD	40S	9.53	304.7	73.9		120	-	46.02	518.0	640	
	40	STD	40S	3.56	35.08	3.39			40	-	-	10.31	303.2	79.7		140	-	52.37	505.3	720	
	80	XS	80S	4.85	32.5	4.47			-	XS	80S	12.7	298.4	97.4		160	-	59.54	490.9	808	
	160	-	-	6.35	29.5	5.61			60	-	-	14.27	295.3	109		26	10	-	7.92	644.2	127
	-	XXS	-	9.7	22.8	7.77			80	-	-	17.48	288.8	132		660	-	STD	9.53	640.9	153
	-	-	5S	1.65	45.0	1.9			100	-	-	21.44	280.9	160		20	XS	12.7	634.6	203	
1.1/2	-	-	10S	2.77	42.76	3.11			120	XXS	-	25.4	273.0	187		28	10	-	7.92	695.2	137
48.3	40	STD	40S	3.68	40.94	4.05			140	-	-	28.58	266.6	208		711	-	STD	9.53	691.9	165
	80	XS	80S	5.08	38.14	5.41			160	-	-	33.32	257.2	239		20	XS	12.7	685.6	219	
	160	-	-	7.14	34.02	7.25			10	-	-	6.35	342.9	54.7		30	-	15.88	679.2	272	
	-	XXS	-	10.15	28.0	9.55			20	-	-	7.92	339.8	67.9		30	10	-	7.92	746.2	147
2	-	-	5S	1.65	57.0	2.39			30	STD	-	9.53	336.5	81.3		762	-	STD	9.53	742.9	177
60.3	-	-	10S	2.77	54.76	3.93			40	-	-	11.13	333.3	94.6		20	XS	12.7	736.6	235	
	40	STD	40S	3.91	52.48	5.44			-	XS	-	12.7	330.2	107		30	-	15.88	730.2	292	
	80	XS	80S	5.54	49.22	7.48			60	-	-	15.09	325.4	127		32	10	-	7.92	797.2	157
	160	-	-	8.74	42.82	11.1			80	-	-	19.05	317.5	158		813	30	-	15.88	781.2	312
	-	XXS	-	11.07	38.16	13.4			100	-	-	23.83	307.9	195		40	-	17.48	778.0	343	
2.1/2	-	-	5S	2.11	68.78	3.69			120	-	-	27.79	300.0	225		10	-	7.92	848.2	167	
	-	-	10S	3.05	66.9	5.26			140	-	-	31.75	292.1	254		34	-	STD	9.53	844.9	201
	40	STD	40S	5.16	62.68	8.63			160	-	-	35.71	284.2	282		864	20	XS	12.7	838.6	267
73.0	80	XS	80S	7.01	58.98	11.4			10	-	-	6.35	393.7	62.7		30	-	15.88	832.2	332	
	160	-	-	9.53	53.94	14.9			20	-	-	7.92	390.6	77.8		40	-	17.48	829.0	365	
	-	XXS	-	14.02	44.96	20.4			30	STD	-	9.53	387.3	93.3		36	-	STD	9.53	894.9	213
3	-	-	5S	2.11	84.68	4.52			40	XS	-	12.7	381.0	123		20	XS	12.7	888.6	282	
88.9	-	-	10S	3.05	82.8	6.46			60	-	-	16.66	373.1	160		10	-	7.92	898.2	177	
	40	STD	40S	5.49	77.92	11.3			80	-	-	21.44	363.5	204		914	30	-	15.88	882.2	352
	80	XS	80S	7.62	73.66	15.3			100	-	-	26.19	354.0	246		40	-	19.05	875.9	421	
	160	-	-	11.13	66.64	21.4			120	-	-	30.96	344.5	287		965	-	STD	9.53	945.9	225
	-	XXS	-	15.24	58.42	27.7			140	-	-	36.53	333.3	333		1016	-	STD	9.53	996.9	237
4	-	-	5S	2.11	110.1	5.84			160	-	-	40.49	325.4	365		42	-	STD	9.53	1048	249
114.3	-	-	10S	3.05	108.2	8.37			10	-	-	6.35	444.3	70.6		1067	-	XS	12.7	1042	330
	40	STD	40S	6.02	102.3	16.1			20	-	-	7.92	441.2	87.7		44	-	STD	9.53	1099	261
	80	XS	80S	8.56	97.18	22.3			-	STD	-	9.53	437.9	105		1118	-	XS	12.7	1093	346
	120	-	-	11.13	92.04	28.3			30	-	-	11.13	434.7	122		46	-	STD	9.53	1149	272
	160	-	-	13.49	87.32	33.5			-	XS	-	12.7	431.6	139		1168	-	XS	12.7	1143	362
	-	XXS	-	17.12	80.06	41.0			40	-	-	14.27	428.5	156		48	-	STD	9.53	1200	284
6	-	-	5S	2.77	162.8	11.3			60	-	-	19.05	418.9	206		1219	-	XS	12.7	1194	378
168.3	-	-	10S	3.4	161.5	13.8			80	-	-	23.83	409.3	255		40	-	STD	9.53	1149	272
	40	STD	40S	7.11	154.1	28.3			100	-	-	29.36	398.3	310		46	-	STD	9.53	1143	362
	80	XS	80S	10.97	146.4	42.6			120	-	-	34.93	387.1	364		48	-	STD	9.53	1200	284
	120	-	-	14.27	139.8	54.2			140	-	-	39.67	377.7	408		1219	-	XS	12.7	1194	378
	160	-	-	18.26	131.8	67.6			160	-	-	45.24	366.5	459		0	X	0	X	0	
	-	XXS	-	21.95	124.4	79.2										0	X	0	X	0	

GUIA DE CORROSÃO

CÓD DE SERVIÇO:		X = MUITO BOM			+ = MODERADO			- = LIMITADO			0 = INSATISFATÓRIO			
PRODUTO		316	MONEL	HAST C	TITÂNIO			PRODUTO			316	MONEL	HAST C	TITÂNIO

Elementos Primários de Vazão

ÁCIDO CLORÍDRICO, CONC	0	0	+	0	FLUORETO DE SÓDIO	-	+	X	X
ÁCIDO CLORÍDRICO, DIL	0	-	+	-	FOSFATO DE AMÔNIA $(\text{NH}_4)_1\text{H}_2\text{PO}_4$	X		X	X
ÁCIDO CLORIDRÍCO, GÁS SECO	X	-	X		FOSFATO DE AMÔNIA $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	X			
ÁCIDO CLOROACÉTICO	0	+	X	X	FOSFATO DE AMÔNIA $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	X	X	X	
ÁCIDO FLUORÍDRICO, CONC	0	+	+	0	FOSFATO DE SÓDIO (TRI)	X	+	X	X
ÁCIDO FLUORÍDRICO, DIL	0	+	+	0	GASOLINA REFINADA	X	+	X	
ÁCIDO FOSFÓRICO, 100%	-	-	X		GLICOL ETILENO	X	+		
ÁCIDO FOSFÓRICO, >45%, QUENTE	0	0	-		HIDROCARBONETOS	X	X	X	
ÁCIDO FOSFÓRICO, >45%, FRIO	X	-	X	-	HIDROGÊNIO, GÁS		X	X	
ÁCIDO FOSFÓRICO, <45%, FRIO	X	-	X	X	HIDRÓXIDO DE ALUMÍNIO	X	+		X
ÁCIDO NÍTRICO, CONC	+	0	+	X	HIDRÓXIDO DE AMÔNIA	X	0	+	X
ÁCIDO NÍTRICO, DIL	X	0	X	X	HIDRÓXIDO DE CÁLCIO	X	X	X	X
ÁCIDO SULFÚRICO, CONC, 66°C	0	0	+	0	HIDRÓXIDO DE MAGNÉSIO	X		X	X
ÁCIDO SULFÚRICO, CONC, FRIO	X	+	X	0	HIDRÓXIDO DE POTÁSSIO	+	X	+	-
ÁCIDO SULFÚRICO, 75-95%	0	0	X	0	HIDRÓXIDO DE SÓDIO, CONC	-	X	+	X
ÁCIDO SULFÚRICO, 10-75%	0	-	X	-	HIDRÓXIDO DE SÓDIO, DIL	+	-	+	X
ÁCIDO SULFÚRICO, 10%	-	-	X	X	HIPOCLORITO DE CÁLCIO	-	0	-	X
ÁGUA SALGADA	0	X	X	X	HIPOCLORITO DE SÓDIO	-	0	+	X
ÁLCOOL ETÍLICO	X	+	X		HIPOSULFATO DE SÓDIO	X	X		
AMÔNIA ANIDRA, 100% SECA, 100°C	+	0	+	+	IODO, ÚMIDO	0	0	+	
AMÔNIA, GÁS, ÚMIDA	X	-	X	-	METANOL, CONC	+	+	X	
ANIDRIDO ACÉTICO	X	-	X	X	METANOL, DIL			X	
ANIDRIDO FOSFÓRICO, SECO/ÚMIDO	X				MERCÚRIO	X	+	X	-
ANIDRIDO FOSFÓRICO, FUNDIDO	X	0			NAFTA, PETRÓLEO	X	+	X	
BENZENO	X	+	+	X	NITRATO DE AMÔNIA	X	X	X	
BICARBONATO DE SÓDIO	X	X	X		NITRATO DE COBRE	X	0	X	X
BICROMATO DE POTÁSSIO	X	-	X	X	NITRATO DE POTÁSSIO	X	+	X	
BUTANOL	X	X	X		NITRATO DE PRATA	X		+	
CARBONATO DE CÁLCIO	X	X	X	X	NITRATO DE SÓDIO	X	+	+	
CARBONATO DE POTÁSSIO	X	X	X		NITRATO FÉRRICO	X	0	+	
CARBONATO DE SÓDIO	+	+	X	X	NITROBENZENO	X			
CIANETO DE POTÁSSIO	X	X	X		ÓLEO COMBUSTÍVEL	X	X	X	
CLORETO DE ALUMÍNIO	0	0	+	X	ÓLEOS, CRUS, 20°C	0	X	X	X
CLORETO DE AMÔNIA	-	+	+	X	PERMANGANATO DE POTÁSSIO	+	-	X	X
CLORETO DE CÁLCIO	-	+	X	X	PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO, CONC	0	-	X	X
CLORETO DE COBRE	0	0	X	X	PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO, DIL	+	+	X	
CLORETO DE ENXOFRE, ÚMIDO	0	-	+	0	QUEROSENE	X	X	X	
CLORETO DE MAGNÉSIO	+	+	X	X	SULFATO DE ALUMÍNIO	-	X	X	X
CLORETO DE NÍQUEL	-	-	X	X	SULFATO DE AMÔNIA	-	+	X	X
CLORETO DE POTÁSSIO	-	+	X	X	SULFATO DE CÁLCIO	X	+	+	
CLORETO DE PRATA	0	+	+	X	SULFATO DE COBRE	X	-	X	X
CLORETO DE SÓDIO	-	+	+	X	SULFATO DE MAGNÉSIO	+	+	+	X
CLORETO DE ZINCO	-	+	+	X	SULFATO DE NÍQUEL	-	+	+	X
CLORETO FERRICO	0	0	+	X	SULFATO DE POTÁSSIO	+	+	+	X
CLORETO FERROSO	0	0	X	X	SULFATO DE SÓDIO	-	+	X	X
CLORO, SECO	X	X	X	0	SULFATO DE ZINCO	+	+	+	X
CLORO, ÚMIDO	0	-	X	+	SULFATO FÉRRICO	X	0	+	X
CLOROBENZENO	X	-	X		SULFATO FERROSO	0	0	+	X
CLOROFÓRMIO	X	X	X	X	SULFETO DE HIDROGÊNIO, SECO	X	-	X	
DICLOROETANO	X	X	X		SULFETO DE HIDROGÊNIO, ÚMIDO	X	0	+	X
DICLORETO ETILENO	X	+	X		SULFETO DE POTÁSSIO	X			
DIÓXIDO DE CARBONO, SECO	X	X	X	X	SULFETO DE SÓDIO	X	+	X	X
DIÓXIDO DE CARBONO, ÚMIDO	X	-	X	X	SULFITO DE SÓDIO	-	-	X	X
DIÓXIDO DE ENXOFRE, SECO	X	0	X		TETRACLORETO DE CARBONO	-	+	X	X
DIÓXIDO DE ENXOFRE, ÚMIDO	X	0	X	+	TOLUENO		X		

As informações da tabela são baseadas em testes de laboratório e poderão não ser adequadas para determinadas condições de processo. A maneira correta de escolha do material é testá-lo nas condições reais do processo.

Pelo acima exposto, não nos responsabilizamos pela garantia de resistência à corrosão em aplicações particulares, baseadas nesta tabela. Quanto aos produtos, supomos sólidos em suspensão e, quando não especificada, temperatura ambiente.