
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3000.00-1210-610-PPQ-005							
	CLIENTE:		RES/EE e POCOS/SPO/PEP/PROJ-SCA					Folha 1 de 15		
	PROGRAMA:		POÇOS							
	ÁREA:		COMPLETAÇÃO							
POCOS/CTPS/QC	TÍTULO:		VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA					NP - 1		
								POCOS/CTPS/QC		
ÍNDICE DE REVISÕES										
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS									
0	Emissão original.									
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H	
DATA	31/01/2018									
PROJETO	CTPS/QC									
EXECUÇÃO	CTPS/QC									
VERIFICAÇÃO	RES/EE									
APROVAÇÃO	CTPS/QC									
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.										
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS										

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 2 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC


SUMÁRIO

1 ESCOPO

Especificação Técnica para Válvulas de Injeção Química e dispositivos associados, instaladas em mandril de bolsa lateral ou mandril integral em poços marítimos da PETROBRAS.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 2.1 ISO 17078-2 – *Flow-control devices for side-pocket mandrels*
- 2.2 ET-3010.00-1260-010-PNG-036 – Qualificação de produtos químicos para injeção submarina

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 3 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

3 TERMOS DE DEFINIÇÕES

- 3.1 Pressão de abertura:** pressão na qual é identificada vazão perceptível através da válvula.
- 3.2 Pressão de fechamento:** pressão registrada a montante da válvula 30 minutos após o fim da injeção, conforme metodologia estabelecida no item 6.3.4.
- 3.3 Pressão de operação:** Pressão na qual é identificada vazão através da válvula de modo estável.
- 3.4 Pressão de ruptura:** pressão na qual o sistema de bloqueio provisório, instalado na válvula de injeção química, se torna permanentemente inoperante.

4 SIGLAS OU ABREVIATURAS


- 4.1 MEG** – Monoetileno Glicol;
- 4.2 VIQ** – Válvula de Injeção Química;
- 4.3 P_{tro}** – Ver definição na ISO-17078-2/API19G2;
- 4.4 P_{vc}** – Ver definição na ISO-17078-2//API19G2;


5 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS

5.1 Requisitos gerais:

Os itens 5.1.1 a 5.1.4 são aplicáveis tanto a válvulas insertáveis em mandril de bolsa lateral como instaladas em mandril integral;

- 5.1.1** Toda válvula de injeção química instalada em poços marítimos da PETROBRAS deve possuir filtro, como parte integral do equipamento ou como dispositivo externamente acoplado, cuja função é evitar a entrada de detritos carreados pelo fluido injetado. O sistema de filtragem deve possuir dispositivo de by-pass que permita continuidade da injeção através da válvula em caso de obstrução do elemento filtrante;
- 5.1.2** Toda válvula de injeção química instalada em poços marítimos da PETROBRAS deve possuir, no mínimo, duas válvulas de retenção, posicionadas em série, para evitar a entrada de fluido do poço no sistema de injeção química;
- 5.1.3** Deve estar disponível um sistema de bloqueio provisório da injeção através da válvula, como disco de ruptura, pino cisalhante ou equivalente, com o intuito de permitir o teste de estanqueidade do sistema de injeção química após sua instalação. A inserção deste sistema de bloqueio na válvula é solicitada a critério da PETROBRAS, que define a pressão de ruptura. O sistema deve ser projetado de forma que a pressão de ruptura não dependa do correto funcionamento de qualquer componente da válvula, tal como válvulas de retenção. Além disso, o projeto da válvula deve garantir que o processo que torna o sistema de bloqueio provisório

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 4 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	
			NP - 1
		POCOS/CTPS/QC	
<p>permanente inoperante não resulte em dano aos componentes do equipamento;</p> <p>5.1.4 O envelope operacional da válvula, composto pelos seguintes parâmetros, será definido em cada processo de aquisição. Seguem abaixo valores de referência:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Vazão de injeção: 1 a 100 L/h; b. Pressão em ambiente de operação: zero a 15.000psi; c. Temperatura em ambiente de operação: 20 a 150°C; d. Pressão de operação: 100psi a 3.500psi; e. Classe de limpeza do fluido injetado: não mais restritiva que o disposto na especificação técnica ET-3010.00-1260-010-PNG-036; f. Compatibilidade de fluidos: conforme especificação técnica ET-3010.00-1260-010-PNG-036. Complementarmente; o equipamento deve ter compatibilidade com os seguintes fluidos: <ul style="list-style-type: none"> a. MEG; b. Etanol; c. Aromáticos (xileno, tolueno); d. HAN (Heavy Aromatic Nafta); <p>5.1.5 Referente à localização e às conexões de válvulas instaladas em mandril integral:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. A válvula pode ser instalada junto à parte externa do mandril ou em um receptáculo específico integrante do corpo do mandril. Quando instalada junto à parte externa do mandril, a válvula deve ser devidamente protegida de possíveis impactos ocorridos durante a descida da coluna de produção no poço. b. Todas as conexões entre “válvula x mandril” e “válvula x linha” devem ser testáveis externamente para pressões diferenciais de até 10kpsi; c. Deve-se disponibilizar adaptador de conexão para teste, sempre que solicitado pela PETROBRAS; <p>5.2 Atendimento a ISO 17078-2/API19G2</p> <p>Os dois próximos itens são aplicáveis apenas a válvulas insertáveis em mandril de bolsa lateral.</p> <p>5.2.1 Teste de compatibilidade:</p> <p>Atender aos requisitos da norma ISO 17078-2/API19G2, <i>Interface testing</i>, grau V1.</p>			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 5 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

5.2.2 Teste de inserção:

Atender aos requisitos da norma ISO 17078-2/API19G2, *Insertion testing*, grau V1, observadas as seguintes modificações:

1. P_{tro} e P_{vc} devem ser substituídas pela pressão de abertura e de fechamento, definidas neste documento.
2. O critério de aceitação, item F.2.4 da ISO 17078-2/API 19G2, deve ser tomado como 5% da pressão de abertura;

6 REQUISITOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES

Os itens descritos neste capítulo são aplicáveis tanto a válvulas insertáveis em mandril de bolsa lateral como instaladas em mandril integral.

Há duas sequências teste independentes, definidas por:


1. Sequência 1
 - a. *Back-check testing*, conforme item 6.1
 - b. Teste de durabilidade, conforme item 6.2
 - c. *Back-check testing*, conforme item 6.1
2. Sequência 2
 - a. Teste de abertura e fechamento, conforme item 6.3

Os testes descritos a seguir podem ser realizados em instalações escolhidas a critério do fornecedor, desde que o aparato de teste esteja de acordo com o modelo apresentado no anexo A. A observância deste requisito deve ser validada por instituição certificadora reconhecida internacionalmente.

6.1 *Back-check testing*

Atender aos requisitos I.5 e I.6 da norma ISO 17078-2/API 19G2, *Back-check testing*, imediatamente antes e após a execução do teste descrito no item 6.2 desta especificação técnica.

6.2 Teste de durabilidade

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 6 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

6.2.1 Objetivo:

Avaliar o comportamento do equipamento quando submetido a longo tempo de operação.

6.2.2 Quantidade de equipamentos:

2 exemplares do mesmo modelo.

6.2.3 Pressão de operação:

Os exemplares para teste devem ser calibrados com pressões de operação distintas e acordadas entre PETROBRAS e fornecedor. Como valores de referência, consideram-se 1.000psi e 2.500psi;

6.2.4 Procedimento de teste:

Submeter o exemplar à injeção contínua de 50 L/h de água durante um mínimo de 48 h e máximo de 120 h.

6.2.5 Critério de aceitação:

Os critérios de aceitação a seguir devem ser atendidos em um período contínuo das últimas 24h de teste, não ultrapassando as 120h previstas como duração máxima.

1. Vazão: não pode ultrapassar, em nenhum momento, a faixa de $\pm 20\%$ do valor médio da vazão no período.
2. Pressão a montante da válvula: não pode ultrapassar, em nenhum momento, a faixa de $\pm 20\%$ do valor médio da pressão no período.
3. Pressão de abertura: não pode ultrapassar a faixa de $\pm 20\%$ do valor médio da pressão de operação no período.

6.2.6 Documentação

Todos os resultados do teste, registrados em documentação própria, devem ser validados por uma instituição certificadora reconhecida internacionalmente.

6.3 Teste de abertura e fechamento

6.3.1 Objetivo

Verificar a repetibilidade das pressões de abertura e fechamento da válvula.

6.3.2 Quantidade de equipamentos


O teste deve ser realizado em sete exemplares de válvula de injeção química do mesmo modelo.

6.3.3 Pressão de operação

Os exemplares testados devem ser calibrados em qualquer valor de pressão de operação contido entre 50% e 100% da máxima pressão de operação admissível para o equipamento. Todos os exemplares devem ser calibrados com a mesma pressão;

6.3.4 Procedimento de teste

O seguinte procedimento de teste deve ser realizado em cada exemplar.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 7 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

1. pressurizar a montante da válvula a 70% da pressão de abertura estimada pelo fabricante e registrar a pressão a montante por 10 minutos.
2. escolher uma vazão de injeção contida na faixa de 1 a 20 L/h.
3. injetar água na vazão escolhida e registrar a pressão a montante da válvula por um período de 5 minutos, contados a partir do momento que a vazão injetada esteja contida na faixa de variação de $\pm 20\%$. Registrar a pressão de abertura;
4. interromper a injeção e registrar a pressão a montante da válvula por um período de 30 minutos.
5. calcular a média dos 5 minutos de pressão registrada no passo 3.
6. registrar a pressão a montante da válvula ao final dos 30 minutos descritos no passo 4. Este valor é denominado pressão de fechamento.
7. repetir o processo contido nos passos de 1 a 6 por 5 vezes.
8. calcular a média das 5 repetições dos valores de pressão obtidos nos passos 5 e 6, separadamente.

6.3.5 Critério de aceitação

1. A vazão registrada no passo 1 do item 6.3.4 deve ser inferior a 0,1 L/h durante os 10 minutos da etapa. Admitem-se no máximo 4 ciclos entre os 35 realizados que não atendam este requisito.
2. Os valores de pressão obtidos nos passos 5 e 6 do item 6.3.4, para cada um dos exemplares testados, devem estar compreendidos entre $\pm 5\%$ dos correspondentes valores calculados no passo 8 do mesmo item.
3. A pressão de fechamento (P_F) deve obedecer à seguinte relação:

$$P_F \geq P_O - \frac{\Delta P}{2}$$


onde:

- P_O é a pressão a montante da válvula registrada no momento da interrupção da injeção
- ΔP é a diferença entre as pressões a montante e jusante da válvula no momento da interrupção da injeção

Admitem-se no máximo 4 ciclos entre os 35 realizados que não atendam a este requisito.

6.3.6 Documentação

Todos os resultados do teste, registrados em documentação própria, devem ser validados por uma instituição certificadora reconhecida internacionalmente.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 8 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

7 REQUISITOS DE DOCUMENTAÇÃO E INSPEÇÃO

Os requisitos a seguir fazem parte do processo de recebimento do equipamento e são obrigatórios para que seja aprovado o recebimento do equipamento.

7.1 REQUISITOS DE DOCUMENTAÇÃO

7.1.1 Todo equipamento deverá ter Data Book contendo toda a documentação mencionada anteriormente, além dos documentos abaixo, **sendo todos rastreáveis**:

- a. Origem da matéria prima, com seus ensaios mecânicos;
- b. Manuais de operação, de instalação e de manutenção;
- c. Desenhos de montagem e instalação;
- d. Lista de materiais;
- e. Lista de sobressalentes, quando houver;
- f. Resultados de testes solicitados por quaisquer normas ou procedimentos citados nesta ET;
- g. Resultados de todos os testes adicionais requeridos por esta ET.

7.1.2 O Data Book pode ser entregue por lote de equipamentos.

7.2 REQUISITOS DE INSPEÇÃO


7.2.1 Quando ocorrer qualquer modificação nas especificações de um equipamento já qualificado, o mesmo deverá ser novamente inspecionado e aceito pela PETROBRAS. A inspeção e o teste de aceitação em fábrica deverão ser fiscalizados por um representante legal da PETROBRAS e conduzidos pelo fabricante de forma a demonstrar que todos os componentes do sistema atendam ou superam os requisitos contidos nesta especificação técnica.

7.2.2 Após os testes bem-sucedidos do sistema, o representante da PETROBRAS atestará sua aprovação e total aceitação do mesmo, ficando o sistema liberado para ser entregue no local estipulado em contrato.

8 ANEXOS

ANEXO A - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE INJEÇÃO QUÍMICA

O propósito deste documento é complementar as informações da ET de válvulas de injeção química (VIQ). Como as características do sítio de testes influencia na validação dos resultados, segue o aparato para teste de válvulas de injeção química, que deve ser

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 9 de 15
	TÍTULO: VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA		NP - 1

composto no mínimo pelos elementos apresentados na Figura 1. A descrição de cada elemento é dada a seguir.

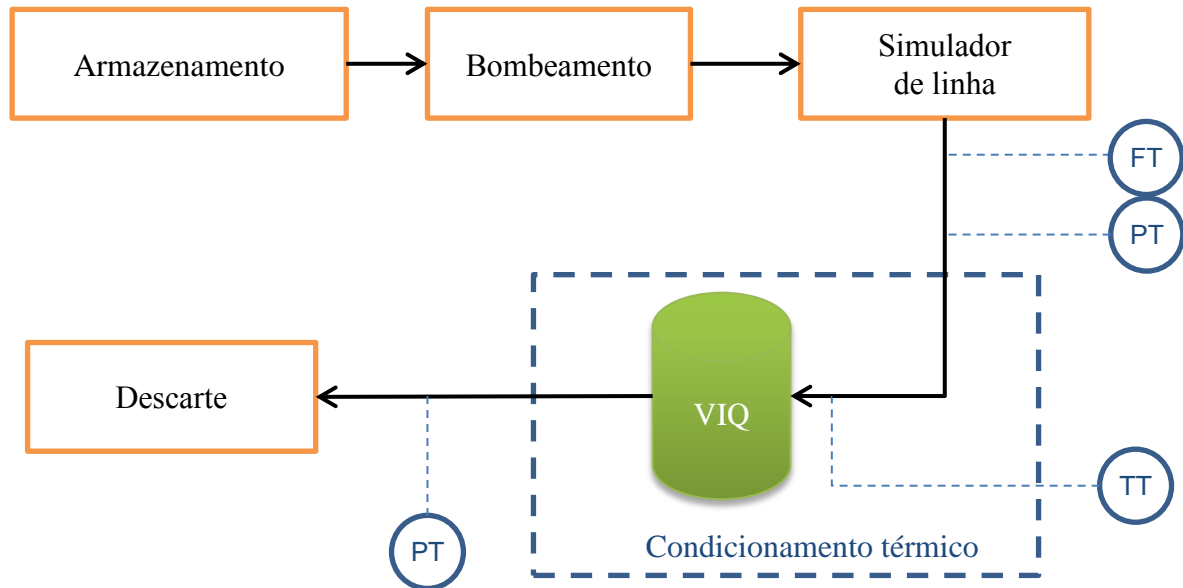



Figura 1: Elementos mínimos constitutivos de aparato para teste de válvulas de injeção química.

O Armazenamento corresponde a qualquer sistema que forneça fluido com grau de limpeza apropriado para a finalidade de teste de VIQ, como um tanque de armazenamento ou tubulação de suprimento de fluido.

O Bombeamento consiste em qualquer sistema para elevar a pressão do fluido até um valor suficientemente alto e capaz de suprir a vazão requerida. O sistema de bombeamento deve permitir um controle suficientemente fino sobre a vazão, ao menos em termos médios temporais. Um exemplo é uma bomba de deslocamento positivo a pistão com ciclagem e volumetria conhecidas cuja vazão, embora cíclica, é constante em média, desde que se mantenha constante sua velocidade de rotação. Outro sistema apropriado seria um header pressurizado acrescido de válvulas de controle de vazão (FCV) na saída. É imprescindível que a vazão que sai do bombeamento seja conhecida e controlável. Caso seja pulsante, como no caso da mencionada bomba de deslocamento positivo, deve ser acompanhada de um amortecedor de pulsações.

Não são aceitáveis, por outro lado, sistemas baseados exclusivamente em controle de pressão a montante da VIQ, nos quais a vazão não seja controlável, mas flutue conforme a dinâmica da interação entre componentes.

O Simulador de linha deve prover uma dinâmica hidráulica para o fluido semelhante a uma

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 10 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

linha real de injeção química submarina. Deve conter, necessariamente, capacitância hidráulica e resistência hidráulica em valores apropriados. Estes termos são definidos no Apêndice.

	mínimo	Máximo
Capacitância hidráulica ($m^3 Pa^{-1}$)	$1.2 \cdot 10^{-10}$	$1.2 \cdot 10^{-9}$
Resistência hidráulica ($kg s^{-1} m^{-4}$)	$1.7 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{12}$

O Condicionamento térmico consiste em um sistema de aquecimento para o fluido e para a VIQ, de forma a simular as condições de temperatura de operação num poço.

A VIQ é o equipamento cujo desempenho se pretende avaliar, montado em suporte ou mandril que lhe dê o necessário apoio mecânico e adequada vedação nos pontos de selagem.


Descarte consiste num circuito composto de:

- i) válvula ou sistema para manter a pressão constante a jusante da válvula, simulando o efeito de uma coluna de produção;
- ii) trocador de calor para ajuste de temperatura do fluido com fins de reciclagem ou descarte e;
- iii) filtragem do fluido e recirculação para o sistema de armazenamento ou descarte.


FT, PT e TT são transmissores de vazão, pressão e temperatura, respectivamente. Estes dados devem ser aquisitados em frequência apropriada à finalidade do teste.

Entre os transmissores de pressão a montante e a jusante da VIQ deve haver a menor distância e a menor resistência hidráulica possível, de modo a assegurar que os valores lidos são, efetivamente, imediatamente a montante e a jusante do equipamento sob teste.

Entre o transmissor de vazão e a VIQ deve haver a menor capacitância hidráulica possível, de modo que a vazão aquisitada seja, efetivamente, a vazão que circula através da válvula a cada instante. Exemplo de capacitância parasita que pode afetar o funcionamento do

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 11 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

sistema é a existência de bolhas de ar presas na tubulação entre o transmissor de vazão e a VIQ. Tais bolhas, em condições de variação de pressão, levam o transmissor de vazão a registrar um valor que não corresponde exatamente à vazão que circula através da VIQ.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 12 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

Apêndice

Definem-se neste apêndice a capacitância hidráulica e a resistência hidráulica para fins de especificação de um sistema de teste de válvulas de injeção química. Consideram-se nestas definições que o sistema é fechado, ou seja, uma variação da quantidade de fluido em seu interior implica em variação da pressão reinante no sistema. Um exemplo é uma tubulação fechada, com apenas uma entrada de fluido, ou um acumulador de hidráulico.

O propósito destas definições é permitir estabelecer características básicas do circuito de teste para torna-lo hidraulicamente equivalente a um típico circuito de injeção química em poços submarinos.

Capacitância hidráulica

A capacitância hidráulica C_h de um sistema fechado é definida como:

$$C_h \equiv \frac{dV}{dP}$$

onde V é o volume de fluido no sistema e P é a pressão reinante. A capacitância hidráulica exprime o volume de fluido que um sistema pode receber e ao qual corresponde determinado aumento de pressão. Alguns sistemas têm fórmulas relativamente simples para determinação da capacitância hidráulica. Dois deles são mostrados abaixo

a) Acumulador de pressão tipo balão


Um acumulador deste tipo contém um balão interno com nitrogênio pressurizado a um valor P_0 (pressão de calibração). Quando líquido é introduzido no acumulador, se a pressão for acima de P_0 , o balão é comprimido e a pressão aumenta conforme a compressibilidade do nitrogênio. Para um acumulador com volume nominal V_0 contendo líquido a uma pressão P , a capacitância hidráulica é simplificada por:

$$C_h \cong \frac{P_0 V_0}{P^2}$$

b) Tubulação:

Uma tubulação com volume interno V_t contendo líquido, cujas paredes sofram ligeira expansão com a pressão, tem capacitância hidráulica simplificada por

$$C_h \cong (c_f + c_t)V_t$$

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 13 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

Onde c_f e c_t são a compressibilidade do líquido e a compressibilidade (ou expansibilidade) da tubulação, respectivamente. Estas compressibilidades, por sua vez, definem-se como

$$c_f = -\frac{1}{v} \frac{dv}{dP}$$

e

$$c_t = \frac{1}{V_t} \frac{dV_t}{dP}$$

onde v é o volume específico do fluido. V_t , já definido anteriormente, é o volume interno da tubulação.

Resistência hidráulica

A resistência hidráulica de uma tubulação é definida como

$$R_h \equiv \frac{dP_d}{dq}$$

onde P_d é a queda de pressão por atrito (perda de carga) através da tubulação e q é a vazão de fluido medida em condições locais. Em outros termos, a resistência hidráulica reflete o aumento da perda de carga com a vazão.


Em tubulações de secção circular em escoamento laminar de líquidos pouco compressíveis, comuns em sistemas de injeção química, a resistência hidráulica pode ser aproximada por

$$R_h \cong \frac{128 \mu L}{\pi d^4}$$

onde L e d são, respectivamente, o comprimento e o diâmetro interno da tubulação e μ é a viscosidade do fluido. A expressão acima deriva trivialmente da equação de Hagen-Poiseuille.

Exemplo 1

A Figura 2 mostra o esquemático de uma tubulação de injeção química para poço

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 14 de 15
	TÍTULO: VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA		NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

submarino composta por 2 km de riser, 3 km de linha submarina e 3 km de tubing interno ao poço. O fluido para este exemplo é água à temperatura ambiente cuja compressibilidade é $4.5 \cdot 10^{-10} Pa^{-1}$ e cuja viscosidade é $10^{-3} kg m^{-1} s^{-1}$. Admite-se que o tubing interno ao poço tenha compressibilidade (ou expansibilidade) nula. À mangueira termoplástica atribui-se a típica compressibilidade de $1.45 \cdot 10^{-9} Pa^{-1}$.

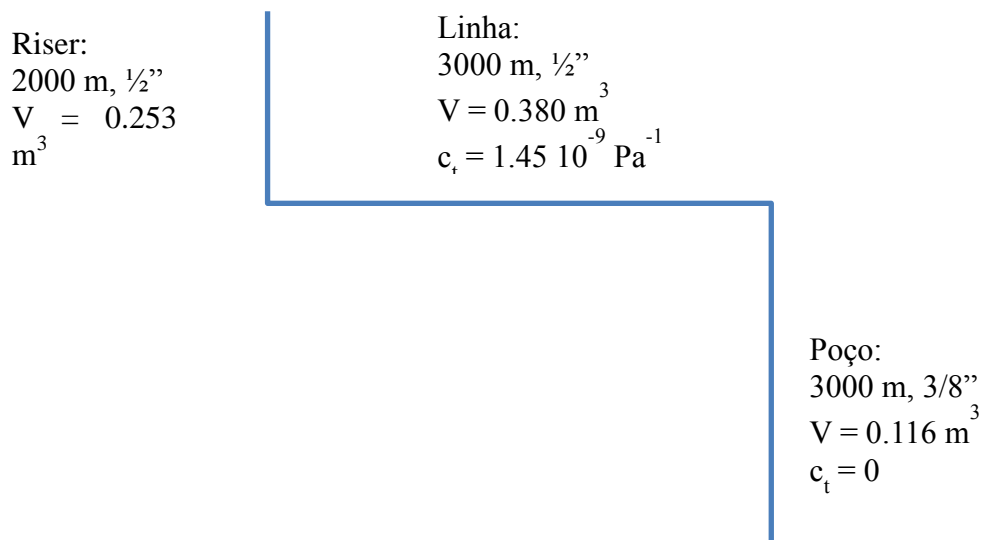



Figura 2: esquemático de uma tubulação de injeção química composto por riser e linha de mangueira termoplástica (trecho submarino) e umbilical de aço (trecho interno ao poço).

A capacitância hidráulica deste sistema é de

$$\begin{aligned}
 C_h &= (c_f + c_t)V_{riser} + (c_f + c_t)V_{linha} + (c_f)V_{tubing} = \\
 &= (1.45 \cdot 10^{-9} + 4.5 \cdot 10^{-10})0.253 + (1.45 \cdot 10^{-9} + 4.5 \cdot 10^{-10})0.380 + (4.5 \cdot 10^{-10})0.116 = \\
 &= 1.25 \cdot 10^{-9} m^3 Pa^{-1} = 0.125 L bar^{-1}
 \end{aligned}$$

A resistência hidráulica deste sistema, considerando escoamento laminar, é

$$R_h = \frac{128 \mu L}{\pi d^4} = \frac{128 \cdot 0.001 (2000 + 3000)}{\pi \cdot 0.0127^4} + \frac{128 \cdot 0.001 \cdot 3000}{\pi \cdot 0.0074^4} =$$

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-610-PPQ-005	REV. 0
	POÇOS		Folha 15 de 15
	TÍTULO:	VÁLVULA DE INJEÇÃO QUÍMICA	NP - 1
			POCOS/CTPS/QC

$$= 7.83 \cdot 10^9 + 50.9 \cdot 10^9 = 5.87 \cdot 10^{10} \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-4} = 0.163 \text{ bar L}^{-1} \text{ h}$$

Exemplo 2

Este exemplo trata de um acumulador hidráulico de balão com volume nominal de 6 litros e pressão de calibração de 40 *bar*. Este componente, quando submetido a uma pressão de operação ao redor de 70 *bar*, tem capacitância de

$$C_h = \frac{P_0 V_0}{P^2} = \frac{40 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{(70 \cdot 10^5)^2} =$$

$$4.9 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3 \text{ Pa}^{-1} = 0.049 \text{ L bar}^{-1}$$

Quanto à resistência hidráulica, pode-se considera-la nula para um acumulador, vez que suas dimensões são tais que praticamente não se constata perda de carga por atrito no fluido que entra ou sai.