

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>					Nº: ET-3000.00-1500-220-PEK-002			
	CLIENTE: PETROBRAS E&P					FOLHA: 1 de 50			
	PROGRAMA:								
	ÁREA: SISTEMA DE PRODUÇÃO SUBMARINO								
TÍTULO: REQUISITOS GERAIS DE PROJETO E TESTES DE VÁLVULAS E ATUADORES SUBMARINOS					INTERNA				
					SUB/ES/EECE/EES				
MS Word®/2016/ET-3000.00-1500-220-PEK-002_D.doc									
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>									
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>								
0	Original								
A	Itens revisados: 4, 6.7.3, 6.7.10.1, 6.7.10.3, 6.12.3, 6.17.6.1, 6.17.6.2, 7.1, 7.4, 7.9.3, 7.9.4, 7.11, 7.12.1, 7.13.9.1, 8.3.5.6, 8.4.6, 9.4.1.3, 9.4.1.5, 9.8, 11.2.2, 11.2.7 e 11.2.11.1c								
B	Itens revisados: 2.2, 3.18, 6.7.3, 6.7.9.6, 6.9.3, 6.10.1, 6.11.2, Figura 1, 6.17.8.5c, 6.17.9.5, 7.3, 9.4.1.5d, 9.8.2, 10.7.2, 10.7.3, Tabela 4 e 11.2.2 Itens incluídos: 9.8.4, 9.8.5, 9.8.6 e 9.9.2								
C	Itens revisados: 6.9.3, 6.17.9.5, Figura 2, Tabela 2, 9.8.4, 9.8.5, 9.8.6 e 10.7.1								
D	Revisão geral após alinhamento com mercado via <i>Request for Information</i> (RFI)								
Documento em conformidade com a lei federal nº 13.303/16.									
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	30/09/2019	03/04/2020	16/06/2020	22/07/2020	14/04/2021				
PROJETO	EES	EES	EES	EES	EES				
EXECUÇÃO	UPP8	UPP8	UPP8	UPP8	UPP8				
VERIFICAÇÃO	U4TD	C5DR	U4TD	U4TD	C5DR				
APROVAÇÃO	UP65	UP65	UP65	UP65	UP65				
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE A PETROBRAS N-0381 REV. L.									

**ÍNDICE**

1	OBJETIVO .....	3
2	CONFLITOS E DESVIOS .....	3
3	TERMOS E DEFINIÇÕES .....	4
4	ABREVIações .....	6
5	REFERÊNCIAS .....	8
6	REQUISITOS GERAIS DE PROJETO.....	10
7	REQUISITOS GERAIS DE TESTES.....	22
8	ESTRUTURA DE TESTE.....	30
9	PROCESSO DE QUALIFICAÇÃO DO PROJETO.....	35
10	CLASSES DE QUALIFICAÇÃO DO PROJETO.....	44
11	CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO.....	47

## 1 OBJETIVO

Esta especificação técnica define e estabelece os requisitos gerais de projeto e testes de válvulas e atuadores submarinos, sendo aplicável a válvulas de bloqueio com atuadores hidráulicos e elétricos (FSC, FSO ou FAI) ou mecânicos (ROV) utilizadas em águas rasas, profundas e ultra profundas, em instalações residentes ou recuperáveis.

## 2 CONFLITOS E DESVIOS

- 2.1 Esta especificação baseia-se nas referências dispostas no item 5 e atende integralmente, superando em alguns casos, os requisitos definidos nas normas e códigos internacionais da indústria de óleo e gás.
- 2.2 O atendimento integral por parte do fabricante aos requisitos dispostos nessa especificação, bem como aos requisitos dispostos nas referências do item 5, é de caráter mandatório. No entanto, caso seja tecnicamente comprovado que os desvios são, na verdade, resultados de aperfeiçoamentos e/ou soluções especiais propostas pelo fabricante, a PETROBRAS, a seu critério, poderá julgar os mesmos como sendo aceitáveis.
- 2.3 No caso da existência de desvios em relação aos requisitos aqui dispostos, o fabricante deve obrigatoriamente enviar à PETROBRAS uma notificação por escrito contendo, além da lista de todos os desvios, os pedidos de concessão com a tratativa e disposição técnica dada pela engenharia do fabricante.
- 2.4 No caso de haver qualquer conflito entre os requisitos dispostos nesta especificação com as normas e códigos internacionais da indústria de óleo e gás, o fabricante deve informar a PETROBRAS e prover à mesma uma lista dos conflitos existentes para que seja dado o devido tratamento. De maneira alguma, o conteúdo desta especificação deve ser interpretado como sendo um abrandamento de tais requisitos. Portanto, em caso de conflito, deve prevalecer o requisito mais conservador.
- 2.5 O não pronunciamento do fabricante durante o processo licitatório e antes da entrega da proposta técnica configura concordância com os requisitos especificados. Desta maneira, caso seja identificada posteriormente à fase de licitação, tanto pelo fabricante quanto pela PETROBRAS, necessidade de alteração de projeto para atendimento aos requisitos colocados originalmente no processo, tal modificação não poderá ser considerada como pleito para alteração de custo ou prazo no fornecimento, a menos que seja comprovada inviabilidade técnica.

### 3 TERMOS E DEFINIÇÕES

- 3.1 1 gota de líquido = 1/16 cm<sup>3</sup>.
- 3.2 *Backseat*: região em que ocorre a vedação da pressão contida no corpo da válvula gaveta, através do contato da haste contra o *bonnet* de duas superfícies metálicas, no final do curso de retorno do atuador para a posição de falha segura.
- 3.3 Classe de Pressão de Trabalho do Atuador (CPTA): pressão máxima na qual as partes de contenção de pressão do atuador, ou partes carregadas mecanicamente, são projetadas para operar continuamente e que resulta na força (ou torque) necessária para operar a válvula na pior condição incluindo o fator de segurança.
- 3.4 Cotas críticas: dimensões, acabamento superficial e tolerâncias (geométricas, de forma, orientação e posição) associadas a superfícies de vedação, componentes com movimento relativo da montagem do conjunto válvula-atuador ou tolerâncias de fabricação na casa de milésimos do milímetro.
- 3.5 Falha: não atendimento aos critérios definidos para cada modo de teste.
- 3.6 Fim de curso: posição em que a válvula se encontra completamente aberta ou completamente fechada. O fim da comunicação entre montante e jusante não é considerado como sendo o fim de curso da válvula.
- 3.7 Hiperbárico: refere-se à pressão externa equivalente à pressão hidrostática da coluna d'água na profundidade máxima de projeto.
- 3.8 *Manifold*: sistema de *headers* e derivações que pode ser utilizado para coletar ou distribuir fluidos. Os *manifolds* típicos incluem válvulas tipo esfera e gaveta para bloqueio dos fluidos e também tipo *choke* para controle de vazão e pressão.
- 3.9 Mecanismo de atuação principal: principal recurso do atuador para o acionamento da válvula. Em uma válvula dotada de atuador hidráulico (ou elétrico) o mecanismo de atuação principal é a atuação hidráulica (ou elétrica); em uma válvula dotada de atuador mecânico (manual/ROV), o mecanismo de atuação principal é a atuação por torque.
- 3.10 Mecanismo de atuação secundário (*override*): recurso de contingência do atuador para permitir o acionamento da válvula em casos de indisponibilidade do acionamento principal. Em uma válvula dotada de atuador hidráulico ou elétrico o mecanismo de atuação secundário é a atuação por torque ou linear; em uma válvula dotada apenas de atuador mecânico (manual/ROV), o acionamento secundário não existe.
- 3.11 PIG: componente que é deslocado por dentro do duto com o objetivo de realizar a sua limpeza ou inspeção interna.
- 3.12 Pressão de Projeto do Atuador (PPA): maior valor de pressão ao qual o atuador pode ser submetido em condições incidentais de pressurização, equivalente ao valor regulado no dispositivo de segurança de alívio de pressão da HPU.

- 3.13 Pressão de Trabalho do Atuador (PTA): pressão na qual o atuador é operado normalmente, equivalente à pressão regulada no *header* de baixa da HPU.
- 3.14 Protótipo: conjunto composto pela montagem do atuador (mecânico, hidráulico ou elétrico) na válvula, devendo ser representativo do projeto a ser qualificado.
- 3.15 Teste de desempenho de atuação: consiste na abertura e fechamento do conjunto válvula-atuador, sendo executado através do avanço e retorno do atuador pelos mecanismos de atuação principal e secundário. O acionamento deve ocorrer de forma lenta e controlada, coletando-se os dados de pressão (ou corrente elétrica) e/ou torque de atuação de forma sincronizada com as pressões nos pórticos de montante, corpo, jusante e *backseat* (quando aplicável) ao longo do tempo de execução do teste.
- 3.16 Testes de aceitação de fábrica (FAT): testes executados em todos os conjuntos válvula-atuador com o objetivo de evidenciar que os produtos apresentam desempenho, de vedação e de atuação, estatisticamente similar ao apresentado pelo protótipo durante os testes de qualificação. Deverão ser preparados para verificar todos os subsistemas do conjunto válvula-atuador, como o mecanismo de atuação principal, o mecanismo de atuação secundário (*override*), os elementos de vedação da válvula, etc.
- 3.17 Testes de qualificação (PVT): testes executados em válvulas protótipos com o objetivo de se verificar o atendimento aos requisitos de projeto, incluindo fatores de segurança adotados. Estes testes devem incluir testes estáticos e dinâmicos, testes de integridade, testes de vedação, testes funcionais, testes de pressão sob limites extremos de temperatura, testes de desgaste (cíclicos) que comprovem a confiabilidade requerida e até testes potencialmente destrutivos, para verificar a margem de segurança operacional do projeto.
- 3.18 Torque Máximo de Operação (TMO): torque máximo que poderá ser aplicado em operações de campo, sem gerar danos no atuador. É a margem de segurança operacional, devendo ser utilizado apenas para operações especiais e com histórico de problemas no equipamento.
- 3.19 Torque Nominal de Operação (TNO): torque necessário para acionar a válvula em qualquer condição operacional. É o valor que constará na placa de identificação do equipamento, sendo também este o valor ajustado na ferramenta de torque.
- 3.20 Torque de dano do projeto: valor máximo de torque que o sistema de acionamento pode suportar sem induzir deformações plásticas nos componentes do trem de acionamento a ponto de comprometer a operação do conjunto válvula-atuador.
- 3.21 *Underwater Safety Valve (USV)*: válvulas mestras e laterais da Árvore de Natal Molhada, tanto do *bore* de anular (M2 e W2) quanto do *bore* de produção (M1 e W1).
- 3.22 Vedação primária: é a primeira barreira de vedação, do meio interno para o externo, que entra em contato com o fluido de processo, sendo o principal elemento de vedação.



## 4 ABREVIações

AA	Acumulador do circuito do atuador
AM	Acumulador do circuito de montante
ANM	Árvore de Natal Molhada
API	<i>American Petroleum Institute</i>
BA	Bomba do circuito do atuador
BM	Bomba do circuito de montante
BR	Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras
CPTA	Classe de Pressão de Trabalho do Atuador
CRIT-N	Critério normativo
CRIT-S	Critério de similaridade
CVD	<i>Chemical Vapor Deposition</i>
DA	Densidade Absoluta
DLC	<i>Diamond-Like Carbon</i>
EPS	Especificação de Procedimento de Soldagem
ESDV	<i>Emergency Shut Down Valve</i>
ET	Especificação Técnica
FA	Filtro do circuito do atuador
FAI	<i>Fail As Is</i>
FAT	<i>Factory Acceptance Test</i> (teste de aceitação de fábrica)
FEA	<i>Finite Element Analysis</i> (análise por elementos finitos)
FS	<i>Fail Safe</i> (Close ou Open)
FSC	<i>Fail Safe Close</i>
FSO	<i>Fail Safe Open</i>
FV	Filtro do circuito da válvula
HVOF	<i>High Velocity Oxygen Fuel</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KP	<i>Key Point</i> (ponto chave)
LVDT	<i>Linear Variable Differential Transformer</i>
PH	Pressão Hidrostática
PIG	<i>Pipeline Inspection Gauge</i>
PLEM	<i>Pipe Line End Manifold</i>
PLET	<i>Pipe Line End Termination</i>
PPA	Pressão de Projeto do Atuador

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº

ET-3000.00-1500-220-PEK-002

REV.

D

SISTEMA DE PRODUÇÃO SUBMARINO

FOLHA

7

de 50

TÍTULO:

REQUISITOS GERAIS DE PROJETO E TESTES DE  
VÁLVULAS E ATUADORES SUBMARINOS

INTERNA

SUB/ES/EECE/EES

PR	<i>Performance Requirement</i>
PSL	<i>Product Specification Level</i>
PTA	Pressão de Trabalho do Atuador
PTFE	Politetrafluoretileno
PVD	<i>Physical Vapor Deposition</i>
PVT	<i>Performance Verification Test</i>
RGD	<i>Rapid Gas Decompression</i>
RNC	Relatório de Não Conformidade
ROV	<i>Remotely Operated Vehicle</i>
RQPS	Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem
RVDT	<i>Rotary Variable Differential Transformer</i>
SSIV	<i>Subsea Isolation Valve</i>
TFA	Tanque de fluido de atuação
TFV	Tanque de fluido de teste da válvula
TMO	Torque Máximo de Operação
TNO	Torque Nominal de Operação
USV	<i>Underwater Safety Valve</i>
VAA	Válvula agulha do circuito de avanço do atuador
VAB	Válvula agulha do circuito do <i>backseat</i>
VAJ	Válvula agulha do circuito de jusante
VAR	Válvula agulha do circuito de retorno do atuador
VBA	Válvula de bloqueio do circuito do atuador
VBC	Válvula de bloqueio do circuito do corpo
VBLB	Válvula de bloqueio do circuito de despressurização lenta do <i>backseat</i>
VBLJ	Válvula de bloqueio do circuito de despressurização lenta da jusante
VBM	Válvula de bloqueio do circuito de montante
VBRB	Válvula de bloqueio do circuito de despressurização rápida do <i>backseat</i>
VBRJ	Válvula de bloqueio do circuito de despressurização rápida da jusante
VSA	Válvula de bloqueio pilotada por solenoide do circuito de avanço do atuador
VSB	Válvula de bloqueio pilotada por solenoide do circuito do <i>backseat</i>
VSJ	Válvula de bloqueio pilotada por solenoide do circuito de jusante
VSM	Válvula de bloqueio pilotada por solenoide do circuito de montante
VSR	Válvula de bloqueio pilotada por solenoide do circuito de retorno do atuador

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº

ET-3000.00-1500-220-PEK-002

REV.

D

SISTEMA DE PRODUÇÃO SUBMARINO

FOLHA

8

de 50

TÍTULO:

REQUISITOS GERAIS DE PROJETO E TESTES DE  
VÁLVULAS E ATUADORES SUBMARINOS

INTERNA

SUB/ES/EECE/EES

## 5 REFERÊNCIAS

- 5.1 API 20E - *Alloy and Carbon Steel Bolting for Use in the Petroleum and Natural Gas Industries.*
- 5.2 API STANDARD 6AV1, *Third Edition, 2018 - Validation of Safety and Shutdown Valves for Sandy Service.*
- 5.3 ASTM B611 - *Standard Test Method for Determining the High Stress Abrasion Resistance of Hard Materials.*
- 5.4 DNVGL-RP-F112:2018 - *Design of duplex stainless steel subsea equipment exposed to cathodic protection.*
- 5.5 ET-3000.00-1500-220-PEK-001 - Sistema de compensação de válvulas submarinas.
- 5.6 ET-3000.00-1500-221-PEK-001 - Requisitos específicos de projeto e testes de válvulas gaveta para aplicação submarina.
- 5.7 ET-3000.00-1500-224-PEK-001 - Requisitos específicos de projeto e testes de válvulas esfera para aplicação submarina.
- 5.8 ET-3000.00-1500-251-PEK-001 - Fixadores em aço baixa liga de alta resistência para aplicação submarina.
- 5.9 ET-3000.00-1500-251-PEK-002 - Rastreabilidade de fixadores de alta resistência para utilização submarina.
- 5.10 ET-3000.00-1521-600-PEK-001 - Projeto de interfaces para operações com ROV.
- 5.11 ISO 10423:2009 - *Petroleum and natural gas industries — Drilling and production equipment — Wellhead and christmas tree equipment*
- 5.12 ISO 13628-1:2005 - *Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 1: General requirements and recommendations.*
- 5.13 ISO 13628-4:2010 - *Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 4: Subsea wellhead and tree equipment.*
- 5.14 ISO 13628-6:2010 - *Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 6: Subsea production control systems.*
- 5.15 ISO 13628-7:2005 - *Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 7: Completion/workover riser systems.*
- 5.16 ISO 13628-8:2002 - *Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 8: Remotely Operated Vehicle (ROV) interfaces on subsea production systems.*

AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

FORMULÁRIO PERTENCENTE A PETROBRAS N-0381 REV. L.

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº

ET-3000.00-1500-220-PEK-002

REV.

D

SISTEMA DE PRODUÇÃO SUBMARINO

FOLHA

9

de 50

TÍTULO:

REQUISITOS GERAIS DE PROJETO E TESTES DE  
VÁLVULAS E ATUADORES SUBMARINOS

INTERNA

SUB/ES/EECE/EES

- 5.17 ISO 14723:2009 - *Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Subsea pipeline valves*
- 5.18 ISO 15156-1:2009 - *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H<sub>2</sub>S-containing environments in oil and gas production — Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials.*
- 5.19 ISO 15156-2:2009 - *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H<sub>2</sub>S-containing environments in oil and gas production — Part 2: Cracking-resistant carbon and low-alloy steels, and the use of cast irons.*
- 5.20 ISO 15156-3:2009 - *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H<sub>2</sub>S-containing environments in oil and gas production — Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant alloys) and other alloys.*
- 5.21 LD-3000.00-1500-600-PEK-013 - Lista de documentos de qualificação.
- 5.22 N-2037 Rev. D - Pintura de equipamentos submersos em água do mar.
- 5.23 NORSOK M-001, *Edition 5, 2014 - Materials selection.*
- 5.24 NORSOK M-601:2016 - *Welding and inspection of piping.*
- 5.25 NORSOK M-650, *Edition 4, 2011 - Qualification of manufactures of special materials.*
- 5.26 NORSOK M-710, *Edition 3, 2014 - Qualification of non-metallic materials and manufactures – Polymers.*

## 6 REQUISITOS GERAIS DE PROJETO

6.1 De acordo com o item G.2.3 da norma referenciada no item 5.12, as válvulas devem ser projetadas para uma vida útil mínima de 20 anos e 200 ciclos de operação sem que haja a necessidade de intervenção.

6.2 O nível de especificação de produto (PSL) deve ser o PSL 3G, sendo que os requisitos de qualidade devem estar de acordo com a norma referenciada no item 5.11 para o respectivo PSL.

6.3 O conjunto válvula-atuador deve ser projetado para atender às condições de teste, de instalação e de operação, em qualquer posição de montagem, sem resultar em alteração do seu desempenho de atuação ou de vedação. Devem ser atendidos todos os requisitos funcionais, ambientais e de serviço especificados na documentação de compra. Isto abrange a vida útil, a lâmina d'água, as classes de pressão e temperatura, as vazões, a composição química dos fluidos de instalação, produção/injeção, serviço, controle, compensação e água do mar. Algumas condições operacionais são listadas a seguir:

6.3.1 Classe de Pressão de Trabalho do Atuador (CPTA) e pressão ambiente igual à atmosférica (sem a influência da lâmina d'água).

6.3.2 Pressão máxima de trabalho na válvula e pressão ambiente igual à atmosférica (sem a influência da lâmina d'água).

6.3.3 Pressão atmosférica na válvula e pressão ambiente referente à máxima lâmina d'água de projeto.

6.4 O conjunto válvula-atuador deve ser auto lubrificado, não necessitando de lubrificação adicional ao longo de sua vida útil.

6.5 Caso não esteja especificado diferentemente na documentação de compra, a válvula deve ser bidirecional e de passagem plena, sendo que o diâmetro interno deve ser compatível com a aplicação, de modo a não causar obstrução ou interferência em operações de passagens de ferramentas, no caso de aplicações em sistema ANM, ou de FIG.

### 6.6 Classe de temperatura

6.6.1 As temperaturas máxima e mínima do projeto da válvula devem ser definidas com base na temperatura informada na documentação de compra emitida pela PETROBRAS, devendo as mesmas serem enquadradas nas classes definidas na tabela 2 da norma referenciada no item 5.11. Caso a temperatura máxima exceda o valor definido para as classes U e V (121°C), devem ser consideradas as temperaturas informadas na documentação de compra ou então as classes de temperatura da tabela G.1 da norma referenciada no item 5.11.

6.6.2 O atuador poderá ser qualificado para uma faixa de temperatura diferente da especificada para a válvula, conforme definido no item 5.1.2.2.1 da norma referenciada

no item 5.13. No entanto, no caso de equipamentos com isolamento térmico, essa flexibilização poderá ser considerada apenas mediante apresentação de estudo térmico comprovando que a temperatura em qualquer ponto do atuador não excederá o limite de 66°C definido.

6.6.3 Válvulas para aplicação em função de SSIV (ESDV) devem ser projetadas e testadas para classe P (-29°C a +82°C) da tabela 2 da norma referenciada no item 5.11.

## 6.7 Materiais

6.7.1 Os elementos de vedação não metálicos em contato com fluido de processo devem ser resistentes à descompressão explosiva (RGD). Os selos elastoméricos devem ser qualificados conforme norma referenciada no item 5.26.

6.7.2 Não é permitido o uso de material fundido em componentes de contenção de pressão (*pressure containing parts*) nem mesmo em componentes de controle de pressão (*pressure controlling parts*).

6.7.3 O uso de aço inoxidável martensítico em contato com o fluido de produção, ou injeção, será permitido apenas se as áreas molhadas forem revestidas com Inconel 625. Na hipótese de o componente submarino ser de aço inoxidável martensítico e estar em contato com a água do mar e exposto à proteção catódica, a sua fabricação deverá respeitar os limites de dureza dispostos da norma referenciada no item 5.20. Adicionalmente, o aço selecionado deve ter baixo carbono (máx. 0,05%) e tenacidade adequada para a temperatura mínima de projeto. Por fim, uma análise de elementos finitos deve ser conduzida para verificar a existência de concentradores de tensão que resultem em plastificação local do componente, o que não é permitido, podendo ser utilizado o critério definido na equação D.14 da norma referenciada no item 5.15.

6.7.4 A responsabilidade pela compatibilidade dos materiais metálicos e não-metálicos (entre si e com os fluidos de instalação, processo, serviço, controle e compensação declarados na documentação de compra do projeto) é exclusivamente do fabricante do conjunto válvula-atuador. Para componentes cujo material é definido na documentação de compra, caso seja identificada alguma incompatibilidade, o fabricante deve propor alternativas.

6.7.5 A seleção dos materiais a serem utilizados na fabricação dos componentes da válvula deve ser realizada de modo a evitar a formação de pares galvânicos, a ocorrência de *galling* e a corrosão por qualquer mecanismo, evitando desta maneira a perda de funcionalidade da válvula ou da sua capacidade de conter pressão.

6.7.6 Os materiais devem ser apropriados para as faixas de pressão e temperatura de trabalho definidas na documentação de compra.

6.7.7 Os materiais devem atender aos requisitos dispostos nas normas referenciadas nos itens 5.18, 5.19, 5.20, 5.23 e 5.25.

6.7.8 O processo de soldagem deve atender a norma referenciada no item 5.24, ou equivalente, e ser executado conforme Especificação de Procedimento de Soldagem

(EPS) devidamente qualificada e certificada previamente. A PETROBRAS poderá solicitar eventualmente a apresentação do Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS).

#### 6.7.9 Revestimento de Inconel 625 (*overlay*)

6.7.9.1 Caso não esteja diferentemente especificado na documentação de compra, a válvula deverá ser *partial clad*. Desta maneira, as áreas de vedação (estática ou dinâmica, metálicas ou não-metálicas) dos componentes de contenção de pressão da válvula devem ser revestidas com Inconel 625 por meio de processo de deposição por solda, não sendo aceitável a utilização de revestimentos anticorrosivos sem ligação metalúrgica com o substrato, tais como revestimento de Níquel químico e Cromo duro.

6.7.9.2 No caso de válvulas *partial clad*, deve ser prevista sobre-espessura de corrosão para o corpo nos casos em que o material do corpo servirá de anodo para a parte interna durante alagamento da válvula com água do mar.

6.7.9.3 Nos casos em que a documentação de compra especificar o uso de válvula *partial clad*, o fabricante da válvula poderá propor o uso de projeto *full clad*, caso seja identificada necessidade com base na especificação técnica de fluidos do projeto.

6.7.9.4 Caso seja especificado na documentação de compra que a válvula deve ser *full clad*, além das áreas de vedação, todas as áreas molhadas pelos fluidos de processo devem ser revestidas com Inconel 625 por meio de deposição por solda. Esse requisito não se aplica a canais de pórticos isolados do fluido de processo por vedação metálica (ex.: pórtico de verificação dos elementos de vedação do corpo para o ambiente). No entanto, os canais de pórticos isolados do fluido de processo por vedação não-metálica (ex.: pórtico da válvula de alívio do *bonnet*), bem como os canais expostos diretamente ao fluido de processo (ex.: pórticos de acesso ao corpo) devem receber o revestimento.

6.7.9.5 Nos casos de componentes que não admitam solda, de geometria complexa ou de dimensões pequenas, que inviabilizam a aplicação do revestimento de Inconel 625, os mesmos devem ser fabricados em Inconel 625 ou aço inoxidável superduplex (UNS S32750 - F53 ou UNS S32760 - F55). Outros materiais em liga de Níquel poderão ser considerados em substituição aos materiais anteriormente especificados (F-53 e F-55) desde que sejam compatíveis com os fluidos de processo com os quais o componente entra em contato e não sejam susceptíveis a mecanismos de falha devido ao contato externo com a água do mar e exposição à proteção catódica.

6.7.9.6 O teor de ferro no revestimento de Inconel 625 deve ser de, no máximo, 10%.

#### 6.7.10 Revestimento de Carbureto de Tungstênio

6.7.10.1 As superfícies de vedação metálica das sedes e do obturador devem ser revestidas com Carbureto de Tungstênio aplicado, de forma preferencial, por processo de aspersão térmica de alta velocidade tipo HVOF.

6.7.10.2 O revestimento deve possuir, de forma preferencial, a seguinte composição 86%WC-10%Co-4%Cr.

6.7.10.3 A espessura do revestimento deve ser de 150 µm a 250µm, medida após o processo de lapidação, e a rugosidade máxima de Ra = 0,15µm.

6.7.10.4 A força de adesão do revestimento ao substrato deve ser de, no mínimo, 69MPa (10.000psi).

6.7.10.5 A dureza média do revestimento deve ser de 1000HV0.3, não podendo existir medições pontuais inferiores a 900HV0.3. Níveis de dureza inferiores ao especificado poderão ser aceitos mediante comprovação de desempenho superior, que deve se dar por meio da execução de testes comparativos conforme a norma referenciada no item 5.3.

6.7.10.6 A porosidade do revestimento aplicado deve ser menor ou igual a 1% em volume. A aplicação de selantes na superfície do revestimento, visando a completa eliminação de poros, é permitida desde que a resina utilizada seja compatível quimicamente com os fluidos especificados na documentação de compra e se mantenha íntegra na máxima temperatura de projeto. Nos casos em que a temperatura máxima do projeto inviabilize o uso de resinas como selantes, a aplicação de um segundo revestimento (ex.: DLC aplicado por CVD ou PVD), aplicado sobre o Carbureto de Tungstênio, pode ser considerada.

6.7.10.7 Deve ser considerado que o processo de lapidação das superfícies de vedação por pressão, realizado com a válvula já montada, reduz de forma considerável a confiabilidade dos produtos, uma vez que uma parcela significativa do número de ciclos previsto para a vida útil do equipamento é consumida ainda em fábrica. Desta maneira, a execução desse processo será aceita apenas em duas condições:

- (a) Mediante uso de atuador dedicado para esse fim, que deve ser removido da válvula produto após a conclusão do processo de lapidação por pressão, sendo que o mesmo jamais poderá ser entregue como atuador produto; ou
- (b) Mediante ajuste do número de ciclos a ser realizado na qualificação, conforme definido no item 10.12.

### 6.7.11 Anéis metálicos

6.7.11.1 Os canais de assentamento dos anéis metálicos devem ser revestidos com Inconel 625 por meio de processo de deposição por soldagem.

6.7.11.2 As seguintes opções de material podem ser consideradas para a fabricação dos anéis metálicos: Inconel 625, Inconel 718, Inconel 725, Incolloy 825, C-276, UNS R30003 (AMS 5833) e R30035 (AMS 5834), sendo que tanto o Inconel 718 como o Incolloy 825 não podem ser expostos à água do mar. A escolha do tipo de liga do anel deve levar em consideração a especificação técnica de fluidos do projeto.

6.7.11.3 Para sistemas cuja vedação depende da deformação do anel, a dureza do material do canal de assentamento deve ser maior que a dureza do material do anel, sendo recomendada uma diferença de 30HB a 40HB de modo a evitar a ocorrência de *galling*. Conforme definido no item G.2.2 da norma referenciada no item 5.13, nos casos

em que há preocupação com a ocorrência de *galling* ou *fretting*, óleo de montagem pode ser usado para lubrificação do anel de vedação durante a montagem. A aplicação de revestimento de prata no anel para reduzir o risco de adesão também é aceitável.

6.7.11.4 Conforme descrito no item 7.6.1 da norma referenciada no item 5.13 não deve ser utilizada graxa para manter o anel de vedação posicionado em seu canal de assentamento durante a montagem. Ao invés disso, ferramentas de instalação específicas devem ser utilizadas.

6.7.11.5 Caso o anel de vedação seja revestido com PTFE, deve ser comprovado pelo fabricante que o uso do revestimento não impede o contato entre as superfícies metálicas do canal de assentamento e do anel de vedação após a sua instalação, garantindo assim vedação metal-metal e continuidade elétrica.

#### 6.7.12 Fixadores

6.7.12.1 Caso seja prevista a utilização de fixadores fabricados em aço baixa liga de alta resistência mecânica com limite de escoamento igual ou superior a 105ksi, sujeitos à proteção catódica, os requisitos que constam nas especificações referenciadas nos itens 5.8 e 5.9 devem ser atendidos. Para fixadores fabricados em aço liga ou aço carbono com limite de escoamento inferior ao especificado anteriormente, recomenda-se que os requisitos do nível BSL-2 da norma especificada no item 5.1 sejam atendidos.

6.7.12.2 Quando utilizados fixadores revestidos com PTFE, caso não seja constatada continuidade elétrica durante o processo de medição da resistência elétrica, que deve ser realizada em 100% dos fixadores, o fabricante deverá prever a utilização de cordoalhas de aço interligando os fixadores ao corpo da válvula.

#### 6.7.13 Proteção catódica

6.7.13.1 No que diz respeito à proteção catódica, para fins de projeto e seleção de material, considera-se que:

- (a) As superfícies externas de um conjunto válvula-atuador que estejam em contato com a água do mar estarão sujeitas à proteção catódica do equipamento ou duto submarino no qual a válvula esteja montada.
- (b) As superfícies internas de um conjunto válvula-atuador montado em equipamento submarino com proteção catódica, mesmo quando em contato com a água do mar e ainda que possuam continuidade elétrica com o corpo da válvula, não estarão sujeitas à proteção catódica.

6.7.13.2 Quando previsto o uso de materiais duplex ou superduplex em componentes do conjunto válvula atuador que estarão expostos à proteção catódica, devem ser seguidos os requisitos dispostos na recomendação prática referenciada no item 5.4.

## 6.8 Pintura

6.8.1 O conjunto válvula-atuador deve ser pintado sem desmontagem e de acordo com a norma referenciada no item 5.22.

6.8.2 Durante o processo de preparo da superfície e posterior pintura do conjunto válvula-atuador, os internos da válvula devem estar devidamente protegidos, por meio da instalação de tampões temporários nas extremidades da válvula, de modo a evitar o ingresso de detritos.

## 6.9 Sistema de vedação do corpo da válvula

6.9.1 No que diz respeito aos elementos de vedação do corpo, os mesmos devem ser bidirecionais.

6.9.2 A vedação deve ser metálica, preferencialmente do tipo BX, não sendo aceitos anéis do tipo C ou O como elementos de vedação.

6.9.3 Para válvulas de grande diâmetro, que inviabilize o teste em câmara hiperbárica durante a qualificação ou o teste de vedação a gás do corpo com a válvula submersa em um tanque com água durante o FAT, o projeto deve contemplar ainda o uso de um elemento de vedação de maior diâmetro em relação ao elemento de vedação principal especificado no item 6.9.1, que pode ser de material não-metálico. Como essa vedação será utilizada como recurso de teste do elemento de vedação principal, viabilizando a realização do teste de vedação no sentido de fora (ambiente) para dentro e possibilitando o monitoramento de vazamento no sentido de dentro para fora, deve ser previsto um pórtico para acesso ao volume definido entre as duas vedações.

## 6.10 Vedação da haste

6.10.1 A vedação da haste da válvula deve ser projetada para ser estanque durante toda vida útil do conjunto válvula-atuador, bem como nos testes de qualificação do projeto. O alojamento dos selos deve ser dimensionado conforme recomendação do fabricante dos selos utilizados.

6.10.2 A vedação da haste deve ser composta por dois sistemas de vedação, primário e secundário. Cada sistema de vedação da haste da válvula deve ter função bidirecional, vedando fluidos de processo (líquidos e gases) do interior da válvula para o atuador, ou ambiente, bem como impedindo a penetração de líquido para o interior da válvula, em qualquer condição de trabalho. Esta característica da vedação bidirecional não pode depender de componentes de vedação do outro sistema.

6.10.3 Os sistemas de vedação devem ser projetados conforme descrito a seguir. A Figura 1 apresenta apenas uma possível combinação/configuração para o sistema de vedação da haste dentre as diversas possíveis.

### 6.10.3.1 Sistema primário de vedação

(a) Deve ser o primeiro sistema a vedar o fluido de processo e ser o de maior robustez e maior tolerância a eventuais falhas em seus componentes de vedação.

(b) Deve ser composto por dois subsistemas de vedação. Sobre o sentido de vedação de cada subsistema:

- i. O primeiro subsistema primário de vedação deve vedar, necessariamente, do interior da válvula para o meio externo e deve ser composto de elementos de vedação unidirecionais de múltiplos estágios, tipo *v-packing*. Adicionalmente, o fabricante poderá propor a utilização de elemento de vedação metálica nesse subsistema.
- ii. O segundo subsistema primário de vedação deve vedar, necessariamente, do meio externo para o interior da válvula e pode ser constituído de elementos de vedação de único estágio (vedação labial, gaxetas com perfil U, anel tipo T ou anel tipo O) ou elementos de vedação de múltiplos estágios.

#### 6.10.3.2 Sistema secundário de vedação

Pode ser constituído tanto de elementos de vedação de único estágio (vedação labial, gaxetas com perfil U, anel tipo T ou anel tipo O) como de componentes de vedação de múltiplos estágio. Dependendo do tipo de componente utilizado, cuidados especiais devem ser tomados para que o sistema secundário de vedação seja bidirecional.

6.10.4 A aplicação de anel do tipo O no sistema de vedação da haste com movimento linear através do mesmo será permitida apenas com o uso de anel deslizante (*glide ring*).

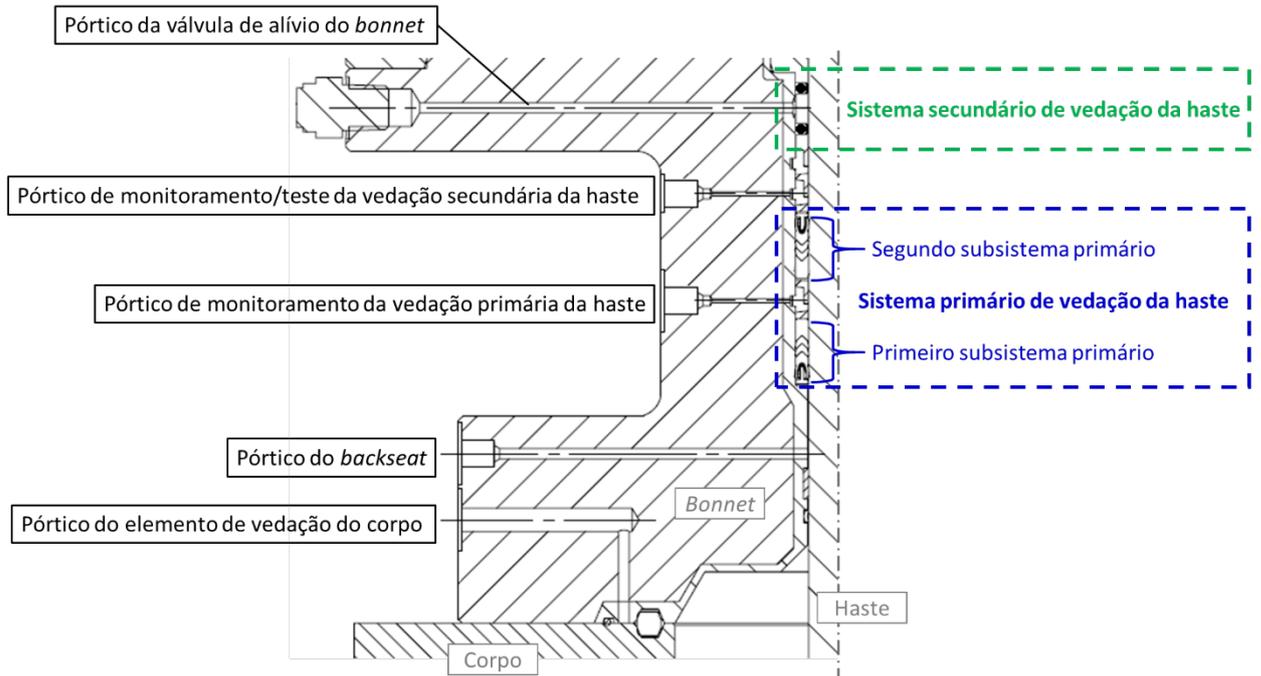
6.10.5 Para válvulas com diâmetro nominal de ½ polegada, ou menor, esquemas alternativos poderão ser propostos pelo fabricante para avaliação da Petrobras.

#### 6.11 Válvula de alívio do *bonnet*

6.11.1 De modo a atender o item 7.10.2.3.2 da norma referenciada no item 5.13, deve ser previsto uso de uma válvula de alívio no *bonnet* com o objetivo de evitar a pressurização da câmara de compensação e do atuador no caso de vazamento de fluido de processo através da vedação da haste.

6.11.2 O pórtico para instalação da válvula de alívio do *bonnet* deve ser usinado no ponto à jusante do sistema primário de vedação, considerando o sentido de vazamento da válvula para o atuador, entre os elementos do sistema secundário de vedação, conforme mostrado na Figura 1. Desde que os requisitos especificados em 6.10 sejam atendidos, configurações alternativas poderão ser propostas para avaliação da Petrobras.

6.11.3 A pressão de abertura da válvula de alívio do *bonnet* deve ser regulada para a faixa de 50psi a 100psi.



**Figura 1. Exemplo de sistema de vedação da haste e localização dos pórticos de teste e da válvula de alívio do bonnet de um protótipo de válvula gaveta.**

## 6.12 Pórticos de teste/monitoramento

6.12.1 Os seguintes sistemas de vedação serão aceitos para os pórticos de teste/monitoramento: (i) bujão roscado com dupla barreira de vedação, sendo a primária do tipo metal-metal bidirecional e a secundária do tipo resiliante, podendo as barreiras estar em peças diferentes; e (ii) plugues autoclaves com vedação metálica.

6.12.2 Os seguintes pórticos devem ser usinados na válvula protótipo: vedação primária da haste, vedação secundária da haste, acesso ao corpo (*vent* e dreno), elementos de vedação do corpo para o ambiente e *backseat* (quando aplicável).

6.12.3 No caso de válvulas produto, apenas os pórticos de verificação dos elementos de vedação do corpo para o ambiente (para casos em que os testes de vedação a gás não sejam realizados com a válvula submersa), da válvula de alívio do *bonnet* e os pórticos de acesso ao corpo (no caso de válvula esfera) devem ser usinados. Com exceção do pórtico da válvula de alívio do *bonnet*, os demais pórticos devem ser fechados e lacrados após o FAT. Caso o projeto do fabricante contemple a solda do sistema de vedação dos pórticos, seja para fins de travamento ou vedação, deve ser apresentado à PETROBRAS um estudo comprovando que o aporte de calor gerado pelo processo de solda desses componentes não irá resultar em dano aos elementos de vedação resilientes localizados nas proximidades da região da solda.

## 6.13 Trem de acionamento

6.13.1 O trem de acionamento do conjunto válvula-atuador deve ser projetado para resistir, sem apresentar qualquer dano, aos carregamentos gerados na atuação, ou tentativa de atuação, da válvula, aplicando-se pressão e/ou torque máximos de projeto

tanto no sentido de abertura quanto no sentido de fechamento, independentemente de a válvula ter atingido o fim de curso ou estar travada em posição intermediária.

6.13.2 A haste conectada ao obturador deve apresentar geometria que impossibilite a sua expulsão pela pressão na cavidade do corpo da válvula, mesmo quando o atuador não estiver montado na válvula.

#### 6.14 Extremidades/Flanges

6.14.1 Caso não esteja especificado diferentemente na documentação de compra, as extremidades da válvula devem ser flangeadas e atender aos requisitos dispostos no item 7.1 da norma referenciada no item 5.13.

#### 6.15 Pontos de içamento

6.15.1 O projeto dos pontos de içamento deve atender aos requisitos dispostos no Anexo K da norma referenciada no item 5.13.

6.15.2 Os pontos de içamento do conjunto válvula-atuador devem ser projetados para suportar o peso total da montagem, considerando o sistema de compensação preenchido. Além disso, os pontos de içamento devem ser posicionados acima do centro de gravidade e possuir número adequado para permitir uma movimentação segura.

6.15.3 De forma preferencial, a vertical dos pontos de içamento existentes no corpo da válvula deve estar livre para não haver interferência com o atuador. Caso não seja economicamente viável, a posição dos pontos de içamento deve ser definida de modo que a eslinga/corrente não provoque danos aos subsistemas do atuador, tais como: sistema de compensação, indicador de posição, instrumentação, dentre outros.

#### 6.16 Suporte

6.16.1 O conjunto válvula-atuador deve possuir suportes, ainda que provisórios, para mantê-lo na posição vertical enquanto não estiver instalado no equipamento.

#### 6.17 Atuador

6.17.1 O uso de *o'ring* em contato direto com superfícies dinâmicas do atuador não é permitido. Nesses casos, o uso de *o'ring* será aceito apenas como elemento energizador, combinado com anéis de vedação do tipo *cap (capped seal)*.

#### 6.17.2 Compensação da pressão externa

6.17.2.1 Para atuadores hidráulicos, os componentes sujeitos à pressão externa devem ser projetados para resistir a um diferencial de pressão (de dentro para fora ou de fora para dentro) de, no mínimo, 500psi. Caso o projeto do atuador considere a utilização de válvula de alívio conectada diretamente à câmara de compensação, o projeto da mesma deve atender aos requisitos dispostos na ET referenciada no item 5.5.

6.17.2.2 Para atuadores mecânicos, que não deslocam fluido durante a atuação, os componentes sujeitos à pressão externa poderão ser projetados para resistir a um

diferencial de pressão menor que o especificado no item 6.17.2.1.

6.17.2.3 Para fins de projeto, não deve ser considerada qualquer pressão maior que a pressão hidrostática referente à profundidade máxima de projeto atuando no sistema de compensação.

6.17.2.4 No caso de conjuntos válvula-atuador não integrados a um equipamento, o atuador deve prever uma câmara de compensação capaz de acomodar o volume de fluido deslocado durante a atuação e equalizar a pressão interna ao atuador com a pressão do ambiente. Os requisitos dispostos na ET referenciada no item 5.5 devem ser atendidos.

### 6.17.3 Função de falha segura

6.17.3.1 A função de falha segura em atuadores deve ser garantida pela utilização de molas, preferencialmente do tipo helicoidal, mesmo no caso de atuadores elétricos. Caso sejam utilizadas molas do tipo prato, cuidados especiais devem ser tomados no armazenamento em fábrica, evitando-se ao máximo a exposição à atmosfera, sendo recomendado o uso de embalagem com produto inibidor de corrosão.

6.17.3.2 Com exceção dos próprios suportes, não é aceitável que a mola atrite qualquer outro componente interno do atuador, tais como a camisa da mola e a haste.

6.17.3.3 Para fins de projeto, diferentemente do especificado no item 7.10.2.3.1 da norma referenciada no item 5.13 deve-se considerar que o retorno da válvula para a posição de falha segura é garantido essencialmente pela força da mola, não devendo ser considerada a força de expulsão da haste devido à pressão na cavidade do corpo da válvula.

### 6.17.4 Batentes de fim de curso

6.17.4.1 Quando aplicável, o atuador deve ser provido de batentes reguláveis independentes (abertura e fechamento) para garantir o correto posicionamento do obturador da válvula nos finais de curso.

6.17.4.2 Os batentes de fim de curso não devem ser incorporados no corpo da válvula, mas sim no atuador, no *bonnet* ou em componente intermediário. Dessa maneira, o obturador não pode ser considerado como sendo um batente de fim de curso.

### 6.17.5 Pressão de atuação

6.17.5.1 O projeto do atuador hidráulico deve ser capaz de operar com a Pressão de Trabalho do Atuador (PTA) definida na documentação de compra. Quando não informada, deve ser considerado que a PTA é igual à Classe de Pressão de Trabalho do Atuador (CPTA).

6.17.5.2 A CPTA deve ser maior ou igual à PTA e ser definida com base na tabela 2 da norma referenciada no item 5.14, podendo ser: 1500 psi, 3000 psi ou 5000 psi.

6.17.5.3 A Pressão de Projeto do Atuador (PPA) deve ser, no mínimo, 110% da CPTA.

### 6.17.6 Torques de atuação

6.17.6.1 O fabricante deve especificar dois valores de torque de atuação do conjunto válvula-atuador, a saber: Torque Nominal de Operação (TNO) e Torque Máximo de Operação (TMO), sendo que este último deve estar limitados à classe 4 da norma referenciada no item 5.16.

6.17.6.2 O TNO especificado deve ser suficiente para vencer o atrito estático (torque de quebra), bem como o atrito dinâmico (torque de passeio), e permitir a movimentação da válvula ao longo dos cursos de abertura e fechamento dentro dos critérios de aceitação definidos no item 11.2.7 e 11.2.10.

6.17.6.3 O TMO deve ser definido como sendo, no mínimo, 150% do TNO e deve ser inferior ao torque de dano do projeto, que também deve ser informado pelo fabricante.

6.17.6.4 Não serão aceitos projetos com valor de TMO inferior a 150lbf.ft.

6.17.6.5 O elemento-fusível ou ponto mais fraco do sistema de atuação por torque deve ser externo ao atuador.

6.17.6.6 A memória de cálculo do sistema de acionamento por torque do conjunto válvula-atuador deve contemplar a apresentação do torque de dano, bem como do elemento-fusível associado, além dos fatores de segurança para a aplicação dos torques de acionamento (TNO e TMO).

### 6.17.7 Interface de atuação ROV

6.17.7.1 O projeto da interface de atuação ROV deve atender aos requisitos dispostos da ET referenciada no item 5.10.

### 6.17.8 Mecanismo de atuação secundário (*override*)

6.17.8.1 Além do mecanismo de atuação principal, o projeto de atuadores com função de falha segura deve contemplar um mecanismo de atuação secundário, para atuação por ROV.

6.17.8.2 O mecanismo de *override*, bem como o trem de acionamento, deve ser projetado para suportar, sem sofrer danos, a combinação de esforços resultante da aplicação de pressão no atuador quando o mesmo já se encontra atuado pelo *override*.

6.17.8.3 O *override*, que pode ser do tipo rotativo ou linear, deve ser projetado para permitir a execução da mesma função do mecanismo de atuação principal, possibilitando a execução da abertura (fechamento) de válvulas FSC (FSO) quando da indisponibilidade da função principal, seja ela hidráulica ou elétrica.

6.17.8.4 Devem ser informados e documentados os parâmetros operacionais, tais como: número de voltas para abertura e fechamento completos, TNO, TMO e torque de dano de projeto, no caso de *override* rotativo, e força e curso de atuação, no caso de *override* linear. Deve ser informado também o número de voltas ou curso de atuação correspondente ao ponto de início e fim de comunicação entre montante e jusante.

**6.17.8.5 Override rotativo**

- (a) Não é aceitável que o atuador desloque fluido de controle durante a atuação via *override*.
- (b) No caso de atuadores com retorno por mola, não é aceitável que a mola seja comprimida durante a atuação via *override*.
- (c) Quando atuado pelo *override*, o atuador deve ser capaz de manter a válvula na posição, não sendo aceitável que o *override* se desfaça automaticamente.
- (d) A interface para acoplamento da ferramenta de torque deve ser projetada para suportar um momento fletor de, no mínimo, 3000Nm e uma força axial de compressão de 3000N, permanecendo operacional dentro dos valores de torque especificados.
- (e) Deve ser fabricado com materiais resistentes à corrosão, compatíveis com o ambiente marinho e capazes de minimizar o aparecimento/crescimento de vida marinha.

**6.17.8.6 Override linear**

Caso o projeto do atuador contemple o uso de *override* linear, deve ser atendido o especificado no item 9 da ET referenciada no item 5.10.

**6.17.9 Sistema de indicação de posição local**

6.17.9.1 O conjunto válvula-atuador deve ser equipado com sistema de indicação de posição da haste que indique o correto curso de abertura ou fechamento da válvula e permita a sua visualização clara e precisa por câmeras de vídeo do ROV mesmo durante o acionamento.

6.17.9.2 O sistema de indicação de posição deve ser projetado de modo a não impedir a atuação da válvula em caso de travamento do seu mecanismo.

6.17.9.3 Para a fabricação desse sistema, devem ser selecionados materiais resistentes à corrosão em ambiente marinho e que minimizem o aparecimento/crescimento de vida marinha.

6.17.9.4 No caso de SSIVs, quando especificado na documentação de compra, além do indicador de posição local, o atuador deve incorporar transdutor de pressão na linha de controle, indicador elétrico de fim-de-curso e/ou transdutor de deslocamento (LVDT ou RVDT). Estes dispositivos devem estar funcionais, bem como ter a leitura registrada durante todas as etapas de teste.

## 7 REQUISITOS GERAIS DE TESTES

- 7.1 O atuador deverá ser testado com a câmara de compensação e compensador devidamente preenchidos, com fluido adequado e com base no procedimento de preenchimento do sistema de compensação emitido pelo fabricante. Mesmo nos casos em que o fornecimento do atuador não contemple o fornecimento em conjunto do reservatório de compensação, uma vez que o atuador será interligado ao sistema de compensação do equipamento, um compensador temporário deverá ser montado no atuador para a execução dos testes de qualificação.
- 7.2 Não será permitida a pressurização do sistema de compensação (*boost*) além da pressão ambiente para fins de teste, mesmo nos casos em que seja prevista essa condição durante a operação do conjunto válvula-atuador no equipamento. Esse requisito é válido tanto para os testes atmosféricos, realizados no FAT e no PVT, quanto para os testes hiperbáricos, realizados no PVT.
- 7.3 O protótipo deverá ser testado na mesma posição em que a válvula será montada no equipamento. No caso de haver mais de uma posição, deve ser considerada a posição mais crítica para a operação do conjunto válvula-atuador. Exceções poderão ser avaliadas para os testes de temperatura e hiperbárico em função de limitação de espaço imposta pela infraestrutura (câmaras térmicas e hiperbárica).
- 7.4 Caso seja especificada na documentação de compra válvula do tipo *Double Block and Bleed*, com dois obturadores e dreno entre os mesmos, cada obturador deverá ser testado de forma independente seguindo os mesmos requisitos e critérios de teste dispostos nas especificações referenciadas no itens 5.6 e 5.7.

### 7.5 Pressão de teste

7.5.1 A pressão aplicada inicialmente para execução dos testes de vedação das sedes em alta pressão não deve ser maior que 5% da pressão especificada para o teste. Caso a pressão aplicada exceda o limite definido anteriormente, a pressão deve ser completamente drenada e a válvula deve ser ciclada uma vez (abertura e fechamento completos) antes da nova tentativa de execução do teste. No caso dos testes de vedação em baixa pressão, a pressão aplicada inicialmente deve se limitar ao valor máximo da faixa de pressão especificada para a execução do teste.

7.5.2 A pressão de teste não deve cair abaixo da pressão especificada para o teste durante o período de monitoramento. Caso isso ocorra, o teste deve ser interrompido e a pressão de teste deve ser reestabelecida, observando-se novamente o critério de estabilização da pressão.

### 7.6 Período de monitoramento

7.6.1 O período de monitoração só deve ter início após o isolamento da fonte de pressão e posterior estabilização da pressão e temperatura, conforme item F.1.10 da norma referenciada no item 5.11.

7.6.2 O tempo especificado para o período de monitoramento dos testes de vedação

deve ser entendido como sendo o mínimo necessário. Portanto, é permitido aumentar o período de monitoração para avaliar um eventual vazamento, de forma que a sensibilidade de identificação deste vazamento pelos instrumentos utilizados (resolução) seja compatível com os critérios de aceitação. No entanto, não é permitido reduzir o período de monitoração requerido nesta especificação, independentemente da sensibilidade do método de identificação de vazamentos que seja utilizado.

7.6.3 Deve ser executado um pré-teste que simule vazamentos similares aos definidos nos critérios de aceitação para validação dos períodos de monitoramento dos testes de vedação, considerando a sensibilidade de identificação de vazamentos pelos instrumentos utilizados nos testes.

## 7.7 Repetição de teste

7.7.1 No caso de dúvidas quanto aos resultados apresentados na execução de um teste, a sua repetição pode ser solicitada pelo fabricante, que deve aguardar a concordância e autorização da PETROBRAS.

7.7.2 O registro dos testes originais não deve ser substituído pelas suas repetições. Todas as instâncias de cada teste devem ser registradas, em ordem cronológica.

## 7.8 Testes de vedação hidrostático

7.8.1 Antes da realização de testes de vedação hidrostáticos, deve ser realizada desaeração da cavidade do corpo e das extremidades da válvula. A presença de ar nesses volumes aumenta de forma significativa o tempo necessário para se obter a estabilização de pressão.

## 7.9 Testes de vedação a gás

7.9.1 Antes da realização de testes de vedação a gás, deve ser realizada a drenagem do líquido presente na cavidade do corpo e nas extremidades da válvula.

7.9.2 Caso a válvula possua pórticos de monitoramento dos elementos de vedação do corpo para o ambiente (vedação primária), os testes de vedação a gás poderão ser realizados sem a necessidade de submergir a válvula em água, desde que tais pórticos sejam devida e constantemente monitorados durante toda a duração dos testes e as regiões de juntas, onde são montados os elementos de vedação do corpo, sejam mantidas molhadas com produto capaz de identificar o surgimento de vazamento (*gas leak detector spray*).

7.9.3 Caso ocorra vazamento acima do critério estabelecido durante a execução de testes de vedação a gás, havendo diminuição da taxa de vazamento durante o período de monitoramento, é permitida a realização de até três ciclos, sem pressão diferencial, para remoção de possível gás retido. Na sequência, o teste deve ser repetido e, em sendo o resultado satisfatório, a ação definida no item 7.9.5 deve ser seguida.

7.9.4 Caso o vazamento ainda esteja acima do critério estabelecido após execução do item 7.9.3, é permitida a realização de até três ciclos com diferencial pleno de pressão, sendo que, após cada ciclo, o teste deve ser repetido. Havendo resultado satisfatório, a

ciclagem com diferencial pleno de pressão deve ser interrompida e a ação definida no item 7.9.5 deve ser seguida.

7.9.5 Caso o vazamento tenha sido enquadrado ao critério estabelecido com as ações descritas nos itens 7.9.3 e 7.9.4, deverá ser realizado um novo ciclo, sem diferencial de pressão, e os testes devem ser integralmente repetidos para todas as condições aplicáveis (ex.: alta e baixa pressão), tanto para montante quanto para jusante.

7.9.6 Caso o vazamento ainda esteja acima do critério estabelecido após execução das ações descritas nos itens 7.9.3 e 7.9.4 (ou volte a ocorrer durante a repetição dos testes definida no item 7.9.5), a qualificação deve ser automaticamente considerada como reprovada, devendo ser emitido um Relatório de Não Conformidade (RNC) com a descrição do ocorrido.

### 7.10 Testes de desempenho de atuação (assinaturas)

7.10.1 Os movimentos de abertura e fechamento da válvula devem se dar sem reversão ao longo do curso e, de forma preferencial, sem que ocorra interrupção para ajuste da pressão na válvula.

7.10.2 A critério do fabricante, o número de assinaturas especificado para os testes de desempenho de atuação pode ser estendido até um limite de seis assinaturas, de modo a compensar um eventual ciclo que tenha apresentado uma dispersão atípica no resultado ou que tenha sido realizado em desacordo com o procedimento. No entanto, o(s) ciclo(s) realizado(s) conforme procedimento e que tenha(m) apresentado dispersão atípica deve(m) ser considerado(s) para o cálculo da média e do desvio-padrão do conjunto de assinaturas, não sendo aceitável substituição.

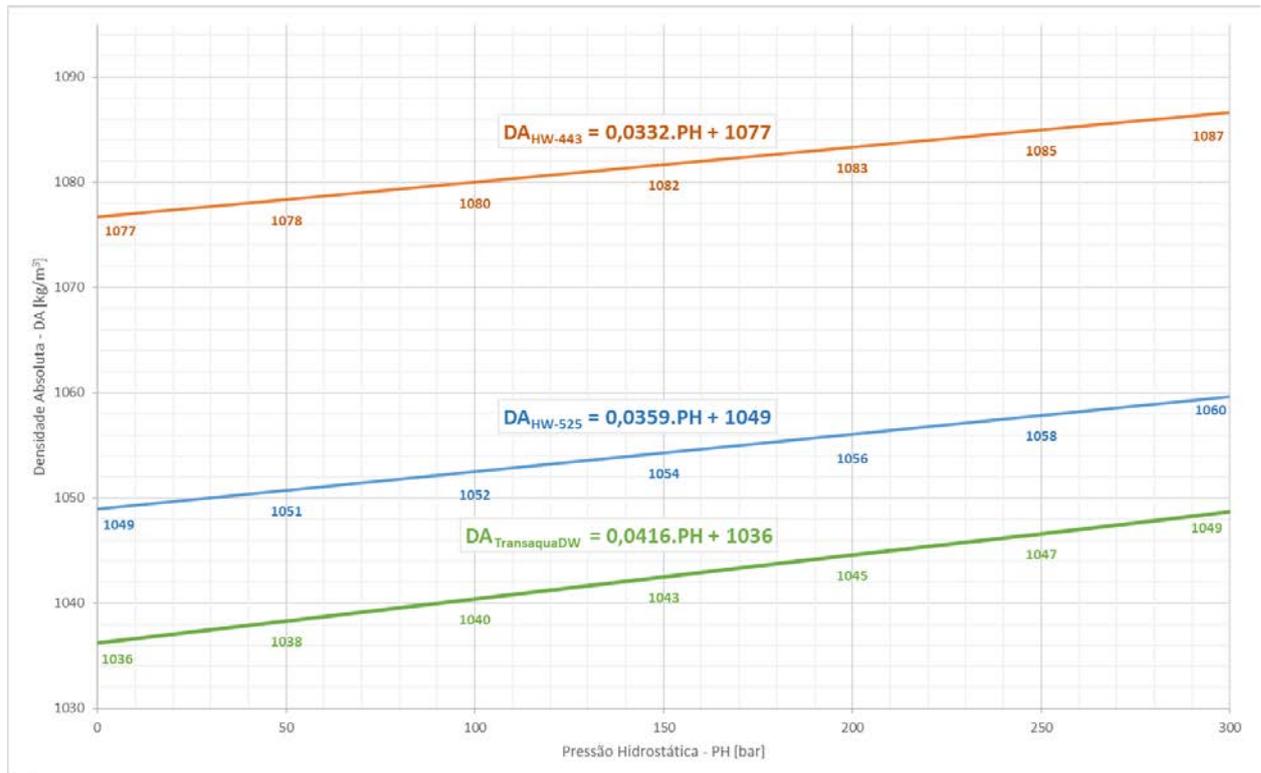
7.10.3 O teste de desempenho de atuação deve ser realizado utilizando-se líquido, conforme definido no item 8.2.1, como fluido de teste.

### 7.11 Testes hiperbáricos

7.11.1 A pressão hidrostática referente à lâmina d'água deve ser calculada para a profundidade máxima de projeto, que deve ser calculada considerando-se uma densidade absoluta de 1030kg/m<sup>3</sup> para a água do mar, conforme definido no item 7.10.2.3.3 da norma referenciada no item 5.13.

7.11.2 A pressão hidrostática na linha de controle deve ser calculada para a profundidade máxima de projeto adicionada de 30 metros, equivalente à distância do tanque da unidade de potência hidráulica (HPU) até a superfície do mar, além de considerar a densidade absoluta adequada à profundidade. O gráfico apresentado na Figura 2 mostra a variação da densidade absoluta com a profundidade de fluidos de controle comumente utilizados em unidades de produção da PETROBRAS.

7.11.3 Para projetos aplicados em profundidades iguais ou inferiores a 100 metros, os testes especificados na etapa "API 17D / ISO 13628-4" poderão ser realizados em condições atmosféricas, dispensando uso de câmara hiperbárica. Nessa condição, o teste de penetração de fluido, tanto para as vedações da haste quanto para as vedações do corpo, deve ser realizado considerando-se uma pressão de 15bar (218psi).



**Figura 2. Variação da densidade absoluta dos fluidos de controle com a lâmina d'água.**

## 7.12 Qualificação da mola

7.12.1 No caso de atuadores com retorno por mola (FSC e FSO), a mola (ou conjunto de molas) considerada no projeto deverá ser qualificada. Recomenda-se que a qualificação da mola (ou conjunto de molas) seja realizada antes do conjunto válvula-atuador protótipo ser submetido aos testes de qualificação.

7.12.2 Na qualificação do projeto da mola (ou do conjunto de molas), duas molas (ou dois conjuntos de molas) protótipo deverão ser submetidas a uma ciclagem igual a 5000 ciclos, em cada, com verificações de geometria, dimensão (incluindo a verificação do comprimento livre – L0) e força antes de iniciar a ciclagem e após 500, 1000, 2000 e 5000 ciclos.

7.12.2.1 A ciclagem deve ser realizada simulando a condição real de atuação, da posição de pré-carga (L1) até a posição completamente atuada (L2).

7.12.2.2 Caso seja prevista no projeto a utilização de molas de diferentes fabricantes, esse processo deve ser realizado para cada subfornecedor.

7.12.3 As molas ou os conjuntos de molas selecionadas devem apresentar uma força na posição de pré-carga (L1) o mais próximo possível dos limites inferior e superior considerados no projeto do atuador. Caso a variação entre o valor nominal da força na posição de pré-carga e os limites superior e inferior seja menor ou igual a 5%, poderá ser considerado o uso de apenas uma mola (ou conjunto de molas) protótipo no teste de ciclagem especificado no item 7.12.2.

### 7.13 Registros gráficos

7.13.1 Ao contrário do definido no item 7.4.9.5.3 da norma referenciada no item 5.11, todos os testes realizados, incluindo os testes a gás, devem ter seus parâmetros registrados digitalmente para propósito de elaboração de gráficos e tabelas a serem apresentados no relatório da qualificação. Os arquivos em formato digital poderão ser solicitados pela PETROBRAS para eventuais consultas.

7.13.2 Os gráficos devem conter as seguintes informações: número do procedimento de teste, seção do procedimento à qual o teste se refere, identificação do conjunto válvula-atuador testado, identificação dos instrumentos utilizados no registro dos parâmetros apresentados, legenda de cores, campos para assinaturas das partes (fabricante, terceira parte e/ou PETROBRAS), data e hora da execução do teste, além de controle de revisão.

7.13.3 Todos os parâmetros registrados em um determinado modo de teste devem ser apresentados no eixo y de um mesmo gráfico, sendo que os mesmos devem estar sincronizados ao longo do tempo de teste, que deve ser apresentado no eixo x no formato de hora (HH:MM:SS).

7.13.4 As unidades dos parâmetros apresentados nos gráficos devem ser informadas no eixo ao qual os mesmos estão atribuídos.

7.13.5 A escala dos gráficos deve ser ajustada de modo a permitir uma visualização clara da variação do(s) parâmetro(s) registrado(s). Quando necessário, poderá ser utilizado o eixo secundário do gráfico.

7.13.6 Deve ser adotado um padrão de cores que facilite a visualização dos parâmetros contidos nos gráficos, sendo que a cor de cada parâmetro deve ser mantida a mesma em todos os gráficos ao longo de toda a sequência de teste realizada.

#### 7.13.7 Testes de vedação

7.13.7.1 Os gráficos dos testes de vedação devem apresentar o início da pressurização (desde a pressão atmosférica), o período de estabilização, o período de monitoramento e a despressurização ao final do teste. Devem ser marcados os seguintes pontos na(s) curva(s) de pressão: pressão inicialmente aplicada, pressão estabilizada (início do período de monitoramento) e pressão ao final do teste.

7.13.7.2 Caso seja prevista pressurização de algum volume para fins de monitoramento quanto ao incremento de pressão gerado pelo vazamento de fluido através do componente em teste, a pressão no pórtico conectado a esse volume também deve ser apresentada no gráfico.

7.13.7.3 Quando for solicitada a atuação da válvula entre um modo de teste e outro (por exemplo, entre os testes de vedação a gás das sedes em alta e baixa pressão), o acionamento entre os dois períodos de testes deve ser mostrado no gráfico.

7.13.7.4 Os gráficos dos testes de vedação devem prever campos para informação a respeito da ocorrência de vazamentos. Nos testes em que algum vazamento for

permitido, deve ser previsto também campo para que o vazamento quantificado seja informado.

7.13.7.5 No que diz respeito aos testes realizados nas temperaturas máxima e mínima de projeto, devem ser apresentados nos gráficos a temperatura, tanto na válvula quanto no atuador. O teste de pressão e temperatura combinados do corpo deve ser registrado de forma sequencial e ininterrupta.

#### 7.13.8 Testes cíclicos

7.13.8.1 Os gráficos dos testes cíclicos hidráulico e de torque devem contemplar a apresentação de dez ciclos por gráfico.

#### 7.13.9 Testes de desempenho de atuação (assinaturas)

7.13.9.1 Quando o projeto do atuador prever o uso de indicadores de fim curso e/ou transdutor de deslocamento para indicação remota da posição da válvula, a funcionalidade desses dispositivos deve ser verificada, por meio do registro dos dados, durante todas as etapas de teste, tanto do PVT quanto do FAT, de modo a avaliar a robustez e confiabilidade desses componentes. Assim, além dos parâmetros especificados em cada modo de teste para registro, deverão ser apresentados os registros desses componentes nos gráficos de desempenho de atuação e ciclagem.

7.13.9.2 Os pontos chaves (KP) definidos na Tabela 1 devem ser marcados na curva de pressão do atuador, para os movimentos de Avanço (A) e Retorno (R), apenas das assinaturas hidráulicas realizadas, não sendo necessária a marcação desses pontos nos registros dos testes cíclicos hidráulicos. Os pontos A1, A3, A4, R2 e R3 não são identificáveis na assinatura hidráulica de baixa pressão, realizada com pressão atmosférica na válvula.

7.13.9.3 Os pontos chaves (KP) definidos na Tabela 2 devem ser marcados na curva de torque do atuador, para os movimentos de abertura e fechamento, das assinaturas de torque realizadas, não sendo necessária a marcação desses pontos nos registros dos testes cíclicos de torque. Os pontos RPO e RPC não são identificáveis na assinatura de torque de baixa pressão, realizada com pressão atmosférica na válvula. Os valores de torque devem ser apresentados nas assinaturas como valores positivos para o sentido horário e negativos para o sentido anti-horário.

7.13.9.4 Os pontos chaves, tanto das assinaturas de torque quanto das assinaturas hidráulicas, devem ser tabelados e a média e desvio padrão de cada ponto chave devem ser calculados para cada conjunto de assinaturas realizados ao longo da qualificação.

7.13.9.5 Os gráficos dos testes de desempenho de atuação hidráulica e de torque devem contemplar a apresentação de 1 ciclo por gráfico.

**Tabela 1. Definição dos pontos chaves das assinaturas hidráulicas.**

KP	Conjunto	Descrição	Definição	
			Válvula Esfera	Válvula Gaveta
A1	FSC FSO FAI	Início do movimento da haste do atuador	Valor da pressão de atuação quando se dá o início de movimento de giro da haste.	Valor da pressão de atuação quando o <i>backseat</i> está na iminência de abrir.
A2	FSC FSO FAI	Início do movimento do obturador	Valor da pressão de atuação no momento em que se dá o início de movimento da esfera.	Valor da pressão de atuação no momento em que se dá a equalização entre as pressões do corpo e do <i>backseat</i> e o início de movimento da gaveta.
A3	FSC	Início de comunicação ( <i>crack-open</i> )	Maior valor da pressão de atuação antes da sua queda abrupta, ainda com diferencial de pressão entre montante e corpo.	Maior valor da pressão de atuação antes da sua queda abrupta, ainda com diferencial de pressão entre montante/corpo e jusante.
	FSO FAI	Final de comunicação ( <i>pinch-off</i> )	Menor valor da pressão de atuação antes do seu aumento abrupto, ainda sem diferencial de pressão entre montante e corpo.	Menor valor da pressão de atuação antes do seu aumento abrupto, ainda sem diferencial de pressão entre montante/corpo e jusante.
A4	FSC	Completa equalização	Valor da pressão de atuação no momento em que ocorre a completa equalização entre as pressões de montante, corpo e jusante.	Valor da pressão de atuação no momento em que ocorre a completa equalização entre as pressões de montante/corpo e jusante.
	FSO FAI	Diferencial de pressão pleno	Valor da pressão de atuação no momento em que corpo e jusante da válvula atingem a completa despressurização devido ao fim de comunicação com a montante.	Valor da pressão de atuação no momento em que a jusante da válvula atinge a completa despressurização devido ao fim de comunicação entre montante/corpo e jusante.
A5	FSC FSO FAI	Final de avanço do atuador	Maior valor da pressão de atuação antes do seu aumento abrupto até a Classe de Pressão de Trabalho do Atuador (CPTA).	
R1	FSC FSO FAI	Início do retorno do atuador	Menor valor da reta vertical traçada pela pressão de atuação no início do movimento de retorno do atuador.	
R2	FSC	Fim de comunicação ( <i>pinch-off</i> )	Maior valor da pressão de atuação antes da sua queda abrupta, ainda com diferencial de pressão entre montante e corpo.	Maior valor da pressão de atuação antes da sua queda abrupta, ainda com diferencial de pressão entre montante/corpo e jusante.
	FSO FAI	Início de comunicação ( <i>crack-open</i> )	Menor valor da pressão de atuação antes do seu aumento abrupto, ainda sem diferencial de pressão entre montante e corpo.	Menor valor da pressão de atuação antes do seu aumento abrupto, ainda sem diferencial de pressão entre montante/corpo e jusante.

R3	FSC	Diferencial de pressão pleno	Valor da pressão de atuação no momento em que corpo e jusante da válvula atingem a completa despressurização devido ao fim de comunicação com a montante.	Valor da pressão de atuação no momento em que a jusante da válvula atinge a completa despressurização devido ao fim de comunicação entre montante/corpo e jusante.
	FSO FAI	Completa equalização	Valor da pressão de atuação no momento em que ocorre a completa equalização entre as pressões de montante, corpo e jusante.	Valor da pressão de atuação no momento em que ocorre a completa equalização entre as pressões de montante/corpo e jusante.
R4	FSC FSO FAI	Final de retorno do atuador ( <i>backpressure</i> )	Maior valor da pressão de atuação antes da sua queda abrupta até a completa despressurização.	Maior valor da pressão de atuação antes da sua queda abrupta até a completa despressurização. Neste ponto ocorre também a completa despressurização do <i>backseat</i> .

**Tabela 2. Definição dos pontos chaves das assinaturas de torque.**

KP	Atuador	Descrição	Definição
BTO	MEC FSC ( <i>override</i> ) FSO ( <i>override</i> ) FAI ( <i>override</i> )	<i>Break Torque to Open</i>	Torque máximo para o início de giro da ferramenta de torque, também conhecido por "torque de quebra para abrir".
RPO		<i>Running torque with Pressure to Open</i>	Torque máximo durante o giro da ferramenta de torque, com o obturador sob diferencial de pressão pleno, durante o movimento de abertura.
RNO		<i>Running torque with No pressure to Open</i>	Torque máximo durante o giro da ferramenta de torque, com o obturador sem diferencial de pressão, durante o movimento de abertura.
JTO		<i>Jam Torque to Open</i>	Torque aplicado pela ferramenta de torque no final de curso de abertura da válvula.
BTC		<i>Break Torque to Close</i>	Torque máximo para o início de giro da ferramenta de torque, também conhecido por "torque de quebra para fechar".
RNC		<i>Running torque with No pressure to Close</i>	Torque máximo durante o giro da ferramenta de torque, com o obturador sem diferencial de pressão, durante o movimento de fechamento.
RPC		<i>Running torque with Pressure to Close</i>	Torque máximo durante o giro da ferramenta de torque, com gaveta sob diferencial de pressão pleno, durante o movimento de abertura.
JTC		<i>Jam Torque to Close</i>	Torque aplicado pela ferramenta de torque no final de curso de fechamento da válvula.

## 8 ESTRUTURA DE TESTE

### 8.1 Equipamentos de teste

8.1.1 O conjunto válvula-atuador deve ser testado individualmente e, de forma preferencial, com as extremidades da válvula fechadas por meio do uso de flanges de teste. Não é permitida a execução de testes em bancadas que comprimam o corpo da válvula para garantir a vedação nas extremidades.

8.1.2 Os transmissores de pressão, indicadores digitais e manômetros usados nos testes devem ter como unidade padrão a libra por polegada quadrada (psi). A resolução do transmissor de pressão e do indicador digital deve ser de 1psi.

8.1.3 Os instrumentos utilizados na qualificação para registro dos parâmetros de teste devem estar devidamente calibrados e, de modo a evitar trocas, a calibração não deve expirar antes da data prevista para o término dos testes.

8.1.4 A infraestrutura de testes deve estar acessível e ser passível de verificação por parte da PETROBRAS a qualquer momento do processo de qualificação.

### 8.2 Fluidos de teste

8.2.1 Água comum (doce e potável): deve ser utilizada nos testes com líquido. A adição de anticongelante à água será aceita. A adição de inibidor de corrosão à água, em percentual mínimo e com o objetivo único de preservar a estrutura de teste, será aceita apenas para o teste de válvulas cujas áreas molhadas sejam fabricadas ou revestidas (*full clad*) em material resistente à corrosão. Não é aceito o uso de aditivo com propriedade lubrificante, ainda que de forma indireta, por meio da mistura de um fluido de controle. As folhas de dados dos aditivos utilizados devem ser apresentadas para avaliação da Petrobras.

8.2.2 Nitrogênio seco (N<sub>2</sub>): deve ser utilizado em todos os testes de vedação a gás e nos testes de temperatura.

8.2.3 Ar comprimido: é aceitável o uso apenas para auxiliar na purga de líquido e secagem da válvula e componentes da estrutura de teste.

8.2.4 Fluido de controle especificado na documentação de compra: deve ser utilizado somente na câmara do pistão de atuadores hidráulicos.

8.2.5 Fluido de compensação especificado na documentação de compra: deve ser utilizado somente no sistema de compensação.

### 8.3 Testes de vedação

8.3.1 Com o objetivo de aumentar a sensibilidade na detecção de vazamentos, deve ser utilizada tubulação de aço inox (*tubing*), com o menor comprimento possível, tanto nas linhas de pressurização quanto nas linhas de monitoramento. Alternativamente, no caso dos testes executados em condições atmosféricas de temperatura e pressão, poderão ser utilizadas mangueiras de alta pressão.

8.3.2 De forma a evitar que oscilações da temperatura ambiente sejam interpretadas como vazamento durante os testes de vedação, recomenda-se que a temperatura ambiente seja registrada durante os testes de vedação.

8.3.3 A estrutura utilizada na execução dos testes de vedação deve considerar o mínimo possível de componentes necessários aos testes. Válvulas, conexões e derivações não essenciais devem ser removidas. Os painéis de teste dedicados aos testes de vedação devem preferencialmente ser utilizados apenas para esta função.

8.3.4 Especificamente para os testes de vedação, a taxa de aquisição utilizada para registro dos parâmetros de teste pode ser de 1Hz.

### 8.3.5 Identificação e medição de vazamentos

8.3.5.1 O método preferencial de identificação e medição de vazamento deve ser por observação direta para comparação com o critério de aceitação aplicável ao teste. No caso de identificação de vazamentos de líquidos pela utilização de variação de nível num capilar, o diâmetro do mesmo está correlacionado com a capacidade de se identificar pequenos vazamentos.

8.3.5.2 Na impossibilidade de se observar o vazamento em testes com líquido de forma direta, visualmente, poderá ser monitorada a variação da pressão durante o período de teste. A detecção de um vazamento está associada à identificação de uma variação contínua de pressão, descontando-se o efeito da variação de temperatura, sem que ocorra sua estabilização ao longo do tempo. Nesse caso, para os testes nos quais o critério de aceitação seja sem vazamento visível, os métodos indiretos devem considerar que o vazamento é menor ou igual a uma gota (líquido), conforme definido no item 3.1.

8.3.5.3 Deve ser previsto no procedimento de testes de qualificação um método para quantificar, na infraestrutura de testes, a sensibilidade à detecção de vazamentos. No caso de identificação por variação de pressão, um exemplo de método seria a criação de um “vazamento”, pequeno e controlado, em que a variação de volume vazado seria correlacionada com a queda de pressão gerada por este “vazamento”, para cada condição de teste (nível de pressão, linhas de montante, jusante, *bonnet*, temperatura ambiente, etc.).

8.3.5.4 Para identificação de vazamentos em testes de vedação a gás, pode-se mergulhar totalmente a válvula em água e observar o surgimento de bolhas. Para os casos em que um determinado vazamento é aceitável, havendo o surgimento de bolhas, o mesmo deverá ser quantificado por outro método, de forma a permitir a sua comparação com o critério de aceitação estabelecido. Alternativamente, poderão ser monitorados os pórticos específicos usinados na válvula para identificar vazamentos para o meio externo, dispensando-se assim a necessidade de teste submerso, desde de que todos os possíveis caminhos de vazamento sejam direcionados para esses pórticos.

8.3.5.5 A monitoração de vazamentos de gás em pórticos de pressão para vazamentos pequenos (inferior a 50 bolhas por minutos) ou inconstantes deve ser realizada por meio do uso de bureta graduada, imersa parcialmente num aquário transparente preenchido com água limpa, na qual uma linha de monitoração é inserida de modo que a sua

extremidade fique posicionada no mesmo nível da água contida no aquário, porém abaixo do nível de água interno à bureta. A monitoração do vazamento é feita pelo registro do deslocamento do menisco dentro da bureta. Caso o nível de água caia abaixo da extremidade da linha de monitoração contida na bureta, o volume ocupado pela linha de monitoração poderá ser descontado da leitura realizada.

8.3.5.6 A monitoração de vazamentos de gás em pórticos de pressão para vazamentos grandes (superior ou igual a 50 bolhas por minutos) e constantes deve ser realizada por meio do uso de rotâmetro, que deve estar devidamente calibrado e possuir escala e resolução apropriadas para quantificar o vazamento.

8.3.5.7 Alternativamente ao disposto nos itens 8.3.5.5 e 8.3.5.6, poderão ser utilizados um medidor de vazão com resolução e fundo de escala adequados ao nível de vazamento observado ou um dispositivo traçador de Hélio (*sniffer*) para identificação e quantificação de vazamento. Nesse último caso, será necessário realizar a mistura de gás Hélio, em percentual a ser definido pelo fabricante, ao Nitrogênio utilizado nos testes.

#### 8.4 Teste de desempenho de atuação

8.4.1 A estrutura de teste deve permitir o ajuste das vazões de suprimento e dreno de fluido de controle do atuador, no caso da assinatura hidráulica, e/ou do torque de atuação, no caso da assinatura de torque, de modo que os tempos de avanço e de retorno completos sejam de, no mínimo, 2 minutos, com duração mínima total da assinatura de 4 minutos. Para válvulas com diâmetro nominal igual ou menor que 1 polegada, a duração total da assinatura pode ser reduzida para 1 minuto.

8.4.2 A estrutura de teste deve prever também um circuito para permitir a despressurização da jusante e do *backseat*, no caso de válvulas gaveta, ou da jusante e do corpo, no caso de válvulas esfera. Um esquemático do diagrama necessário para a execução do teste de desempenho de atuação hidráulica de válvulas gaveta é mostrado na Figura 3.

8.4.3 A ferramenta de torque utilizada nos testes de desempenho de atuação por torque e nos testes cíclicos de torque deve estar devidamente calibrada e não deve induzir esforços axiais na haste do atuador. Deve ser prevista a utilização de uma célula de torque, com acurácia melhor que 1% do fundo de escala, para registro eletrônico dos valores de torque ao longo de todo o curso de abertura e fechamento da válvula. A velocidade de acionamento típica é de 5 rotações por minuto (rpm) quando a válvula estiver sob diferencial de pressão, podendo ser aumentada para 20 rpm ou mais, quando a válvula estiver sem diferencial de pressão.

8.4.4 Deve ser prevista a utilização de contador de número de voltas para a execução da assinatura de torque.

8.4.5 Deve ser prevista a utilização de transdutor de deslocamento para registro da posição da haste da válvula para a execução da assinatura hidráulica (aplicável apenas à qualificação ou conforme item 7.13.9.1).

8.4.6 O sistema de aquisição de dados deve ser capaz de registrar os valores de pressão e torque com uma taxa de aquisição igual ou superior a 5Hz.

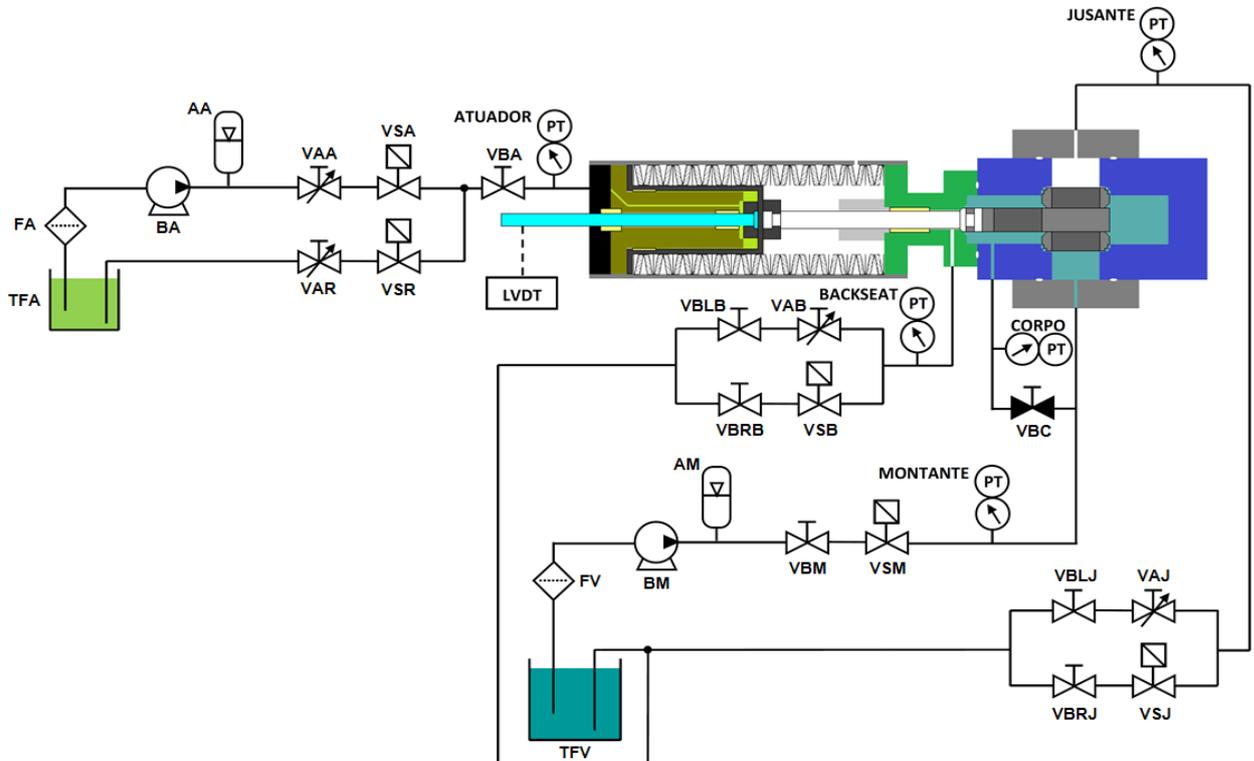


Figura 3. Esquemático do diagrama hidráulico utilizado na execução do teste de desempenho de atuação hidráulica de uma válvula gaveta.

## 8.5 Testes em temperatura

8.5.1 Devem ser colocados sensores de temperatura, tanto na superfície externa do protótipo como em seu interior, conforme definido no item F.1.9 da norma referenciada no item 5.11. O sensor interno deve ser considerado como referência para a execução do teste.

8.5.2 Recomenda-se que o isolamento térmico da câmara de temperatura seja dimensionado para manter a temperatura da superfície externa do protótipo com uma variação menor que 9°C, medidos num período de uma hora.

8.5.3 Caso a temperatura saia dos limites estabelecidos no item F.1.10c o teste deve ser invalidado e, após enquadramento e estabilização da temperatura, o teste deve ser repetido.

## 8.6 Recomendações de segurança

8.6.1 Realizar previamente à execução dos testes um estudo de mapeamento e avaliação dos riscos envolvidos para cada modo de teste (testes com líquido, testes com gás, testes atmosféricos, testes em temperatura, testes hiperbáricos, etc.).

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº

ET-3000.00-1500-220-PEK-002

REV.

D

SISTEMA DE PRODUÇÃO SUBMARINO

FOLHA

34 de 50

TÍTULO:

REQUISITOS GERAIS DE PROJETO E TESTES DE  
VÁLVULAS E ATUADORES SUBMARINOS

INTERNA

SUB/ES/EECE/EES

8.6.2 Realizar testes com pressão em *bunker* apropriado e designado especificamente para esse fim. O *bunker* deve isolar, de forma segura e adequada, o equipamento em teste, impedindo o ingresso de pessoas quando houver pressão aplicada no equipamento e despressurizando-o caso ocorra tentativa de acesso nessa condição.

8.6.3 Realizar o acesso visual ao equipamento em teste apenas por meio da utilização de câmeras de vídeos adequadas para esse propósito, com funções de *pan*, *tilt* e *zoom*, além de alta resolução.

8.6.4 Caso sejam observados vazamentos em conexões, tanto da estrutura de teste quanto do equipamento em teste, jamais permitir que seja realizado aperto das conexões sem que o sistema seja integral e completamente despressurizado.

8.6.5 A linha de dreno de gás utilizada nos testes deve ser direcionada para a parte externa do laboratório (ou da fábrica).

8.6.6 Nos casos em que o teste a gás for realizado com o equipamento submerso em água, deve ser previsto uso de detector de gás no *pit* de teste de modo a evitar o ingresso de pessoas, após a despressurização do equipamento, em atmosfera inapropriada.

## 9 PROCESSO DE QUALIFICAÇÃO DO PROJETO

9.1 O processo de qualificação compreende a comprovação pelo fabricante do atendimento aos requisitos estabelecidos nesta ET, resultando, ao final do processo, no congelamento do projeto e na aprovação dos critérios de aceitação dos produtos que deverão constar no procedimento de teste de aceitação de fábrica (FAT), referentes aos testes de desempenho de atuação hidráulica, elétrica e/ou por torque.

9.2 Considerando que a fabricação, inspeção e montagem fazem parte do projeto a ser qualificado, uma vez formalizada a notificação da execução de um teste de qualificação conforme esta especificação PETROBRAS, não existe a figura de montagem interna ou testes internos. O processo de qualificação será acompanhado de acordo com o Plano de Inspeção e Testes previamente estabelecido.

9.3 O conjunto válvula atuador protótipo deve ser representativo do projeto, podendo sofrer alteração relacionada apenas à usinagem dos pórticos de teste, conforme item 6.12.2, para permitir o registro da pressão, ou a ocorrência de vazamentos, nos volumes monitorados, viabilizando assim a correta execução dos testes de qualificação. Quando for especificada uma válvula *full clad*, caso não seja prevista a entrega do protótipo como produto, o fabricante poderá optar também por realizar os testes de qualificação utilizando um protótipo *partial clad*, desde que não haja diferença no dimensional entre as duas opções.

### 9.4 Etapas do processo de qualificação

#### 9.4.1 Atividades preliminares ao início dos testes de qualificação

##### 9.4.1.1 Reuniões e apresentações

Deverão ser realizadas reuniões entre fabricante/fornecedor e a PETROBRAS, a fim de dirimir dúvidas existentes e aprimorar o entendimento. Na primeira reunião deverão ser feitas apresentações do fabricante e da PETROBRAS.

##### 9.4.1.2 Apresentações do fabricante

(a) Apresentação do fabricante deverá conter, no mínimo, as seguintes informações: premissas consideradas no projeto do conjunto válvula-atuador, aspectos construtivos adotados do conjunto válvula-atuador, desenhos, procedimento preliminar de qualificação, estrutura preparada para o teste e profissionais envolvidos no processo de qualificação, estrutura fabril do fabricante, cronograma preliminar de qualificação, etc.

(b) Entende-se por apresentação dos aspectos construtivos, a apresentação das memórias de cálculo, tanto analítica como por métodos numéricos (FEA) dos principais componentes da válvula (sedes, obturador, corpo, haste, adaptadores, etc.) e do atuador (pistão, mola, hastes, câmara da mola, mecanismos de transferência de movimento, etc.).

- (c) As memórias de cálculo, analíticas ou numéricas, devem estar disponíveis para análise pela PETROBRAS e englobar todas as combinações de processo e instalação, tais como profundidade, temperatura e diferencial de pressão.

#### 9.4.1.3 Apresentação da PETROBRAS

A apresentação da PETROBRAS terá por objetivo promover o esclarecimento quanto ao processo de qualificação do conjunto válvula-atuador, e abordará, dentre outros pontos, os seguintes: filosofia de qualificação de projeto, detalhes de testes específicos da qualificação, estrutura necessária para execução dos testes, definição dos critérios de aceitação, documentação a ser apresentada e responsabilidades.

#### 9.4.1.4 Inspeção dimensional pré-teste

- (a) A inspeção dimensional pré-teste deve ser realizada em 100% das partes do protótipo, conforme definido no item 7.4.2.3.4 da norma referenciada no item 5.11.
- (b) Todas as cotas definidas como críticas devem estar conforme o projeto. As cotas críticas devem ser definidas com base no item 3.4, podendo o fabricante definir cotas adicionais, não ficando limitado à definição. A matriz de cotas críticas deve ser apresentada pelo fabricante para aprovação da Petrobras.
- (c) Desvios em cotas definidas como não críticas devem ser devidamente registrados em RNC, com as respectivas tratativas e disposições de engenharia. Disposições de “use como está” somente serão aceitas mediante a definição de ação solicitando a revisão do desenho para atualização da tolerância de modo a descaracterizar a não conformidade.
- (d) O relatório dimensional, bem como os RNC, devem ser apresentados para avaliação da PETROBRAS em momento anterior à montagem do protótipo, observando-se a política de tratamento de informações sensíveis do projeto do próprio fabricante quando não houver instrumento contratual que garanta o sigilo e a proteção adequada.

#### 9.4.1.5 Montagem

- (a) O conjunto válvula-atuador protótipo deve ser montado utilizando-se o mesmo procedimento de montagem dos produtos, no entanto, com lubrificante de viscosidade que não exceda SAE 10W. Caso não seja previsto o uso de lubrificantes na montagem do conjunto válvula-atuador, o protótipo deve ser montado na mesma condição, ou seja, sem o uso de lubrificantes.
- (b) A rastreabilidade dos componentes (SN e PN), além da revisão do desenho utilizado para fabricação dos componentes, deve ser verificada na ocasião da montagem do protótipo.
- (c) A montagem do protótipo será liberada apenas após a aprovação do relatório dimensional do item 9.4.1.4d.

- (d) A montagem do atuador deve ser feita preferencialmente em sala limpa a fim de evitar contaminação e atender aos requisitos de classe de limpeza.
- (e) Após o término da montagem, os elementos de fixação e os componentes do protótipo devem receber lacre que permita confirmar a originalidade da montagem. O lacre deve resistir a todas as etapas de teste, em especial aos testes de temperatura e aos testes hiperbáricos, sem a necessidade de ser substituído.
- (f) Não é permitida qualquer intervenção no protótipo após o teste de qualificação ter sido iniciado, ainda que esta seja feita sem a necessidade de desmontar a válvula. Se for constatada a perda de originalidade da montagem, a relubrificação do conjunto ou uso de compostos selantes, os testes já realizados serão invalidados e a qualificação será automaticamente reprovada, demandando a desmontagem do protótipo para avaliação dos componentes e reinício da qualificação.
- (g) No caso de atuadores com retorno por mola, quando disponível um lote de molas, a mola (ou conjunto de molas) selecionada para montagem do protótipo deve apresentar força na posição de pré-carga (L1) o mais próximo possível do limite inferior considerado no projeto do atuador.
- (h) A sequência do processo de montagem deve ser registrada por meio de fotos e os componentes listados a seguir devem ser fotografados em detalhe, permitindo a visualização da rastreabilidade e da condição inicial, principalmente dos elementos de vedação e das superfícies submetidas a movimento relativo.
- i. sedes (dois lados identificados, montante e jusante);
  - ii. corpo / *bonnet* (alojamento das sedes, superfície de contato com a vedação da haste e canais de assentamento dos anéis metálicos);
  - iii. obturador (dois lados identificados);
  - iv. hastes;
  - v. pistão do atuador e cilindro, no caso de atuadores hidráulicos;
  - vi. mecanismos de transferência de movimento (roscas, engrenagens, parafuso sem fim, coroa, pinhão, cremalheira, garfo escocês, etc), no caso de atuadores;
  - vii. mola e face interna da camisa ou guia de mola, no caso de atuadores com retorno por mola; e
  - viii. elementos de vedação dinâmica.

#### 9.4.1.6 Documentação

Para que se possa dar início aos testes de qualificação, os documentos listados nos itens de “1” até “11” da lista de documentos referenciada no item 5.21 devem estar devidamente aprovados pela PETROBRAS. No caso de não haver testemunho previsto para a montagem do protótipo por parte da PETROBRAS, o item “12” deve ser acrescentado à lista de documentos anterior.

#### 9.4.2 Atividades durante a execução dos testes de qualificação

9.4.2.1 Para diminuir o impacto de uma execução inadequada dos testes no cronograma da qualificação, recomenda-se que os resultados dos testes sejam enviados ao longo da qualificação, na forma de gráficos, no máximo três dias úteis após a execução.

9.4.2.2 Caso sejam identificados desvios na execução de testes, a PETROBRAS solicitará a repetição dos mesmos após a análise dos resultados.

#### 9.4.3 Atividades posteriores à conclusão dos testes de qualificação

##### 9.4.3.1 Relatório de testes da qualificação do projeto

Após execução dos testes e inspeção final do protótipo, deve ser emitido um relatório contendo os resultados dos testes de qualificação, assinados pelo fabricante e pela PETROBRAS ou seu representante (terceira parte), conforme item 13 da lista de documentos referenciada no item 5.21.

##### 9.4.3.2 Congelamento do projeto

Com o objetivo de registrar a tecnologia do conjunto válvula-atuador e permitir a sua adequada reprodução nos produtos subsequentes, após aprovação do relatório de teste da qualificação do projeto, o mesmo deve ser "congelado". Para tanto, deve ser emitida uma lista de rastreabilidade de componentes e da montagem, conforme item 14 da lista de documentos referenciada no item 5.21.

##### 9.4.3.3 Desmontagem

- (a) A desmontagem do protótipo poderá ser realizada apenas após a aprovação, pela PETROBRAS, dos resultados dos testes de qualificação.
- (b) Na ocasião da desmontagem do protótipo, será verificada novamente a rastreabilidade dos componentes.
- (c) A sequência do processo de desmontagem deve ser registrada por meio de fotos e, após limpeza, os componentes listados no item 9.4.1.5h devem ser novamente fotografados em detalhe, de modo a permitir a visualização da rastreabilidade e a condição de desgaste após o teste, principalmente dos elementos de vedação e das superfícies submetidas a movimento relativo.

##### 9.4.3.4 Inspeção dimensional pós-teste

- (a) Ao contrário da inspeção dimensional pré-teste, definida no item 9.4.1.4, a inspeção dimensional pós-teste poderá ser realizada apenas nas cotas críticas.
- (b) Os resultados da medição pós-teste devem ser comparados com os valores obtidos da medição pré-teste, destacando-se possíveis desvios encontrados, que devem ser justificados.
- (c) Um relatório de desmontagem do protótipo, contendo o relatório dimensional e a

análise da condição de desgaste dos componentes do protótipo, além das fotos do processo de desmontagem, deve ser emitido conforme item 15 da lista de documentos referenciada no item 5.21, observando-se a política de tratamento de informações sensíveis do projeto do próprio fabricante quando não houver instrumento contratual que garanta o sigilo e a proteção adequada.

## 9.5 Reaproveitamento de componentes do protótipo

9.5.1 O fabricante/fornecedor poderá, mediante concordância e autorização da PETROBRAS, reaproveitar alguns dos componentes do conjunto submetido à qualificação. Para isso deve listar quais componentes e/ou peças são passíveis de reaproveitamento em produto após os testes de qualificação, desmontagem e inspeção final.

9.5.2 Os componentes reaproveitados devem ser reconicionados de forma a atender integralmente aos requisitos e parâmetros do projeto congelado.

9.5.3 Em hipótese alguma será permitido o reaproveitamento de componentes que:

9.5.3.1 Estão sujeitos a desgastes mecânicos, ainda que considerados normais, tais como: hastes, guias ou mancais de deslizamento e rolamentos.

9.5.3.2 Trabalhem como elementos de vedação estática ou dinâmica (metálicos e não-metálicos).

9.5.3.3 Estejam sujeitos a mecanismos de acumulação de danos (deformação plástica residual após ciclagem, fadiga, etc.), mesmo que projetados para a vida infinita e que ainda estejam conforme parâmetros de projeto, tais como molas e arruelas com efeito de mola.

9.5.3.4 Vierem a sofrer desgastes inesperados durante os testes de qualificação, identificados durante a desmontagem e inspeção final.

## 9.6 Aprovação da qualificação

9.6.1 O processo de qualificação do projeto do conjunto válvula-atuador somente será considerado concluído e aprovado se forem atendidos todos os requisitos desta especificação técnica.

9.6.2 A aprovação do procedimento dos testes de FAT faz parte do processo de qualificação do projeto e por este motivo o procedimento de FAT deverá ser submetido para aprovação da PETROBRAS, ainda dentro do processo de qualificação do projeto.

9.6.3 A empresa fabricante deve submeter à aprovação da PETROBRAS um dossiê contendo, além de toda a documentação especificada na lista de documentos referenciada no item 5.21, as não-conformidades relativas à execução do PVT, caso existam, e as atas de reuniões entre fabricante/fornecedor e a PETROBRAS. A aprovação desse documento configura o término do processo de qualificação do projeto.

9.6.4 O Resumo de Qualificação do Projeto para as condições específicas da aplicação para as quais o projeto foi qualificado deverá ser preenchido e submetido para a aprovação da PETROBRAS.

9.6.5 A qualificação do projeto do conjunto válvula-atuador estará aprovada mediante a assinatura do Resumo de Qualificação pela PETROBRAS.

### 9.7 Alterações de projeto qualificado

9.7.1 Uma modificação substantiva (de ajuste, forma, função ou material), que afete o desempenho do produto na condição de serviço para o qual o mesmo foi qualificado, pode exigir verificações de projeto que vão desde análises computacionais até um novo teste de qualificação, parcial ou total, a depender do nível de criticidade associado à alteração.

9.7.2 Se o fabricante possuir uma diretriz para a gestão de alterações de projeto, em função da criticidade de cada tipo de alteração e do componente que seria alterado, o fabricante deve apresentar para apreciação da PETROBRAS a listagem dos componentes e desenhos contendo o índice de criticidade associado.

9.7.3 Caso o fabricante não possua a diretriz para a gestão de alterações de projeto, todas as eventuais alterações de projeto serão tratadas como críticas e devem ser previamente submetidas para avaliação da PETROBRAS, que decidirá sobre eventual necessidade de requalificação (parcial/integral) ou análises complementares.

9.7.4 Modificações no sistema de vedação da haste, nos elementos de vedação das sedes e/ou no revestimento duro das sedes e do obturador demandam requalificação do projeto. A troca de fabricante dos elementos de vedação, mesmo nos casos em que a especificação desses elementos pertence ao fabricante da válvula, bem como de empresa responsável pela aplicação do revestimento duro, é considerada modificação de projeto.

9.7.5 Extensão da faixa de temperatura para a qual um determinado projeto fora qualificado demandará, no mínimo, a repetição dos testes da etapa "API 6A / ISO 10423" definidos no item 10.1.

9.7.6 Extensão da profundidade máxima para a qual um determinado projeto fora qualificado demandará, no mínimo, a repetição dos testes da etapa "API 17D / ISO 13628-4" definidos no item 10.1.

### 9.8 Validação de projetos previamente qualificados

9.8.1 Desde que atendam aos requisitos gerais dispostos nesta ET e aos requisitos específicos dispostos na ET referenciada no item 5.6, os projetos de válvulas gaveta qualificados anteriormente para aplicação em ANMs do Pré-Sal poderão ser validados para as classes 1 ou 2, definidas no item 10.1 desta ET, desde que sejam realizados testes complementares para cumprir integralmente com as sequências de testes definidas para as respectivas classes.

9.8.2 Desde que atendam aos requisitos gerais dispostos nesta ET e aos requisitos específicos dispostos nas ETs referenciadas nos itens 5.6 e 5.7, os projetos aprovados previamente com base nas revisões anteriores das ETs de válvulas submarinas da PETROBRAS (“ET 3500.00-1510-221-PPC-001 Rev. C” para válvulas gaveta e “ET-3500.00-1510-224-PPC-001 Rev.E e ET-3500.00-1510-224-PPC-002 Rev.0” para válvulas esfera) estão automaticamente validados para a classe 3 de qualificação definida no item 10.1 desta ET.

9.8.3 Desde que atendam aos requisitos gerais dispostos nesta ET e aos requisitos específicos dispostos nas ETs referenciadas nos itens 5.6 e 5.7, os projetos qualificados previamente com base nos requisitos e sequência de testes dispostos nas normas referenciadas nos itens 5.11 e 5.13 poderão ter a qualificação validada para a classe 4 definida no item 10.1 desta ET mediante apresentação de toda documentação de projeto e qualificação por parte do fabricante para avaliação da PETROBRAS. Nesse caso, deverá ser apresentado comparativo entre produto e protótipo (*gap analysis*), destacando-se as diferenças para cada componente do projeto em termos de desenho, incluindo controle de revisão, e número de parte.

9.8.4 Os requisitos dispostos nos itens 6.7.10.3, 6.10.2 e 6.10.3 poderão ser desconsiderados apenas mediante compensação do número de ciclos total realizado no teste, conforme definido abaixo. Nesses casos, entende-se que a robustez do projeto será confirmada via teste, independentemente do atendimento aos requisitos anteriormente referenciados.

9.8.4.1 No caso de válvulas gaveta com atuação hidráulica para aplicação em ANM, classes 1, 2 e 3 definidas no item 10.1 desta ET, deve ser considerada uma qualificação com uso de um protótipo e realização de 3100 ciclos na etapa de *Endurance*, no lugar dos 2000 ciclos especificados no item 10.2, totalizando 3700 ciclos.

9.8.4.2 No caso de válvulas gaveta com atuação hidráulica para aplicação em *Manifold*, classes 1 e 3 definidas no item 10.1 desta ET, deve ser considerada uma qualificação com uso de dois protótipos e realização de 3100 ciclos na etapa de *Endurance*, no lugar dos 2000 ciclos especificados no item 10.2, totalizando 3700 ciclos em cada protótipo.

9.8.4.3 No caso de válvulas gaveta com atuação mecânica, classe 4 definida no item 10.1 desta ET, deve ser considerada uma qualificação com uso de um protótipo e realização de etapa de *Endurance* com 1400 ciclos, totalizando 2000 ciclos.

9.8.4.4 No caso de válvulas esfera com atuação hidráulica para aplicação em *Manifold*, classes 1 e 3 definidas no item 10.1 desta ET, deve ser considerada uma qualificação com uso de dois protótipos e realização de 300 ciclos na etapa de *Endurance*, no lugar dos 600 ciclos especificados no item 10.2, totalizando 900 ciclos em cada protótipo.

9.8.4.5 No caso de válvulas esfera com atuação mecânica, classe 4 definida no item 10.1 desta ET, deve ser considerada uma qualificação com uso de um protótipo e realização de etapa de *Endurance* com 600 ciclos, totalizando 1200 ciclos.

9.8.5 Caso o protótipo tenha sido qualificado em posição diferente da qual as válvulas serão montadas no equipamento, a influência da posição de montagem nos

desempenhos de atuação e de vedação deve ser avaliada por meio de testes específicos e análises de engenharia. A depender dos resultados, poderá ser necessário realizar requalificação do conjunto válvula-atuador.

9.8.6 Caso a velocidade de atuação das válvulas na aplicação pretendida seja maior do que a considerada nos testes de ciclagem da qualificação, a influência da velocidade de atuação nos desempenhos de atuação e de vedação deve ser avaliada por meio de testes (FAT + 600 ciclos + FAT) e análises de engenharia. A depender dos resultados, poderá ser necessário realizar requalificação do conjunto válvula-atuador.

### 9.9 Validação de projetos por “*scaling*”

9.9.1 Com exceção dos testes com areia especificados na Classe 2 da Tabela 3, de forma alguma a PETROBRAS aceitará qualificação por “*scaling*”, seja por classe de pressão, diâmetro, classe de temperatura, classe de fluido de teste padrão para selos não metálicos ou mesmo nível de especificação de produto.

9.9.2 No que diz respeito à classe de material, desde que o projeto do conjunto válvula-atuador seja o mesmo, com a diferença apenas da classe de material, e que seja comprovado que a diferença da classe de material não tem impacto nos desempenhos de atuação e de vedação nas diferentes condições de temperatura e pressão especificadas, será aceita a validação da qualificação realizada em uma determinada classe de material para as classes superiores. Para tanto, um estudo comparativo entre os dois projetos (*gap analysis*), bem como análises por elementos finitos para avaliação das tensões de contato nas interfaces de vedação nos diferentes cenários de temperatura e pressão, deverão ser apresentados para avaliação da PETROBRAS. Com base nessas análises, será escolhida a classe de material do protótipo a ser submetido à qualificação. O mesmo é aplicável para validação de testes com areia, sendo que, nesse caso, deve ser adicionado à análise um comparativo da resistência à abrasão dos diferentes materiais considerados.

### 9.10 Validação de projeto quanto à atuação

9.10.1 Especificamente para as classes 1 e 3 definidas no item 10.1 desta ET, quando for especificado no projeto do equipamento o uso de conjuntos válvula-atuador com falha segura fechada (FSC) e falha segura aberta (FSO), a qualificação do projeto do conjunto FSO poderá ser utilizada para validar a qualificação do conjunto FSC de mesmo diâmetro nominal e mesma classe de pressão, desde que o atuador seja o mesmo e que a diferença entre as válvulas esteja apenas no obturador. Para tanto, um estudo comparativo (*gap analysis*) entre os dois conjuntos deve ser apresentado para avaliação da Petrobras. A qualificação do projeto de um conjunto FSC não poderá ser utilizada para validar a qualificação de um conjunto FSO.

9.10.2 A qualificação de uma válvula com atuação hidráulica não valida a qualificação de uma válvula com atuação mecânica e vice-versa.

9.10.3 A PETROBRAS entende que os conjuntos são projetos distintos e, por isso, requer qualificações específicas para cada projeto.



### 9.11 Responsabilidades

9.11.1 Definição das responsabilidades das empresas envolvidas no processo de qualificação: fabricante, fornecedor/integrador, inspeção de terceira parte e PETROBRAS.

9.11.2 O fabricante deve dispor de toda a infraestrutura, equipamentos e instrumentos necessários para a execução dos testes de qualificação, sendo sua responsabilidade a execução dos mesmos.

9.11.3 O acompanhamento e testemunho dos testes de qualificação deve ser realizado por uma terceira parte, de acordo com o definido no Plano de Inspeção e Teste.

9.11.4 Nos casos em que exista a figura do fornecedor/integrador do conjunto válvula-atuador no equipamento, o mesmo também deve prever o acompanhamento e testemunho dos testes de qualificação.

9.11.5 A PETROBRAS, a seu critério, poderá optar por realizar o testemunho das fases consideradas críticas do processo, tais como: montagem e testes iniciais, testes em temperatura, testes hiperbáricos, testes finais e desmontagem.

## 10 CLASSES DE QUALIFICAÇÃO DE PROJETO

10.1 O projeto de um conjunto válvula-atuador para aplicação submarina poderá ser qualificado com base nas quatro classes dispostas na Tabela 3.

**Tabela 3. Classes de qualificação de projeto.**

Classes	Fase API / ISO			Fase BR	Protótipos e Sequência de Testes
	API 6A / ISO 10423	API 17D / ISO 13628-4	API 6AV1		
<b>1</b>	Anexo F PR2	Anexo L	Classe III	<i>Endurance</i>	P1: API 6A + API 17D + Fase BR P2: API 6AV1
<b>2</b>	Anexo F PR2	Anexo L	Classe II	<i>Endurance</i>	P1: API 6A + API 17D + Fase BR P2': API 6AV1
<b>3</b>	Anexo F PR2	Anexo L	-	<i>Endurance</i>	P1: API 6A + API 17D + Fase BR
<b>4</b>	Anexo F PR2	Anexo L	-	(*)	P1: API 6A + API 17D + Fase BR

(\*) Apesar da Classe 4 não contemplar a execução dos testes cíclicos de *Endurance*, é prevista a realização de testes específicos, não cobertos pelas normas API / ISO, na "Fase BR" dessa classe.

10.2 A etapa de testes da Fase BR, denominada *Endurance*, apresentada na Tabela 3, contempla a execução de 2000 ciclos adicionais para válvulas do tipo gaveta com atuador (hidráulico ou elétrico) e 600 ciclos adicionais para válvulas do tipo esfera com atuador (hidráulico ou elétrico).

10.3 O protótipo para execução dos testes das fases "API / ISO" e "BR" das classes de qualificação 1 a 4 (P1) deve possuir mesmo diâmetro e classe de pressão do projeto a ser qualificado, definido na documentação de compra.

10.4 O protótipo para execução dos testes com areia da classe de qualificação 1 (P2) deve ser idêntico ao P1. Alternativamente, o fabricante poderá utilizar um único protótipo para toda a sequência de teste, podendo, neste caso, executar uma desmontagem parcial após a conclusão da sequência "API 6A + API 17D + Fase BR", na qual poderá ser realizado recondicionamento apenas dos elementos resilientes de vedação da válvula. A desmontagem parcial deve ser entendida como sendo apenas a retirada do atuador, mantendo-se o mesmo montado, para acesso aos internos da válvula (sedes e obturador). No caso da utilização de um único protótipo, os 500 ciclos executados na etapa "API 6AV1" somente poderão ser descontados da "Fase BR" caso o fabricante opte por não realizar a desmontagem parcial.

10.5 O protótipo para execução dos testes com areia da classe de qualificação 2 (P2') poderá ser de 2.1/16 in (52 mm), 5000 psi (34.5 MPa), conforme definido no item 4.4.1 da norma referenciada no item 5.1.

- 10.6 Para atuadores hidráulicos (ou elétricos) com função de falha segura e montagem permanente na válvula aplicados em equipamentos de grande porte (*manifolds* e equipamentos de processamento e bombeamento), caso seja especificado no projeto que os mesmos serão residentes, sem a possibilidade de recuperação do conjunto válvula-atuador para a superfície em caso de falha, três protótipos P1 deverão ser submetidos à sequência de testes definida para a classe aplicável. Nesse caso, a mesma sequência de testes deve ser executada em cada um dos protótipos, com exceção dos testes hiperbáricos, que devem ser executados apenas no protótipo com pior desempenho de atuação como último teste.
- 10.7 O enquadramento de um projeto quanto à classe de qualificação vai depender da aplicação, conforme definido a seguir.
- 10.7.1 **Classe 1:** válvulas com atuação hidráulica (ou elétrica, quando especificada) FSC e FSO aplicadas em equipamentos submarinos para trabalho com fluido contendo areia (em teor maior ou igual a 5 ppmv e partícula de tamanho superior a 25  $\mu\text{m}$ ).
- 10.7.2 **Classe 2:** válvulas com atuação hidráulica (ou elétrica, quando especificada) FSC aplicadas nas funções principais de ANM de produção ou de injeção (*Master, Wing, Crossover e Swab*) para trabalho com fluido sem areia.
- 10.7.3 **Classe 3:** válvulas com atuação hidráulica (ou elétrica, quando especificada) FSC aplicadas em funções auxiliares de ANMs de produção ou de injeção, bem como nos demais equipamentos submarinos, e FSO para trabalho com fluido sem areia (ex.: *manifold* submarino de produção, *manifold* submarino de injeção, PLEM, PLET, SSIIV e equipamentos de processamento e bombeamento).
- 10.7.4 **Classe 4:** válvulas com atuação hidráulica (ou elétrica, quando especificada) FAI e válvulas com atuação mecânica aplicadas em equipamentos submarinos para trabalho com fluido sem areia.
- 10.8 Caso seja previsto no projeto de um equipamento para trabalho com fluido contendo areia o uso de válvulas com atuação hidráulica FAI ou atuação mecânica, as mesmas deverão ser submetidas aos testes com areia aplicáveis à classe 1. No entanto, caso o projeto do equipamento contemple o uso de válvulas de mesmo diâmetro, porém com atuação hidráulica FSC e/ou FSO, uma vez que estas serão enquadradas na classe 1, os testes com areia das válvulas com atuação hidráulica FAI ou atuação mecânica serão dispensados, desde que o projeto da válvula em si, incluindo seus sistemas de vedação, seja o mesmo.
- 10.9 Caso seja previsto no projeto do equipamento o uso de válvula com atuação mecânica operada por um atuador elétrico (dedicado ou compartilhado) em substituição à válvula com atuação hidráulica, com previsão de ciclagem e aplicação diferente da apresentada na Tabela 4, a mesma não poderá ser qualificada pela classe 4, devendo ser enquadrada na classe 3.

**Tabela 4. Quantidade de ciclos prevista durante a vida útil de acordo com a aplicação.**

Aplicação		Tipo de Válvula	Atuação	Ciclagem Prevista Durante a Vida Útil
ANM		Gaveta	FSC	250
		Gaveta	Mecânica	30
Manifold (módulos)	Função <i>crossover</i>	Esfera	FSC	120
		Gaveta		
	Demais	Gaveta	FS	250
ESDV		Esfera	FSC	120
		Gaveta		
Manifold (header) & Demais Equipamentos		Esfera	FAI	60
		Gaveta	FAI	60
		Esfera	Mecânica	30
		Gaveta	Mecânica	30

10.10 De modo a garantir uma confiabilidade mínima de 90% para a ciclagem prevista informada na Tabela 4, o número total de ciclos acumulado no mecanismo de atuação principal ao final da sequência de testes com o protótipo P1 para as classes 1, 2 e 3 deve ser de 2600 ciclos para válvulas do tipo gaveta com atuador (hidráulico ou elétrico) e 1200 ciclos para válvulas do tipo esfera com atuador (hidráulico ou elétrico), sendo de apenas 600 ciclos no caso da classe 4 independentemente do tipo de válvula.

10.11 A Tabela 4 não tem por objetivo definir o tipo de válvula para as aplicações listadas, devendo ser interpretada apenas como uma referência no que diz respeito ao número de ciclos necessários na qualificação para se atingir a confiabilidade mínima informada anteriormente para uma dada ciclagem prevista durante a vida útil. Observe, por exemplo, que a opção de utilizar uma válvula gaveta, que é submetida a um maior número de ciclos na qualificação, no módulo *crossover* de um *manifold* irá resultar em um projeto de maior confiabilidade, considerando que a estimativa de ciclagem será mantida.

10.12 Caso seja prevista na documentação de compra uma ciclagem na vida útil maior do que a apresentada na Tabela 4 e também nos casos em que o fabricante prevê a realização de processo de lapidação por pressão (item 6.7.10.7), deverá ser realizado um ajuste do número de ciclos a ser realizado no protótipo P1 de modo a se manter a confiabilidade mínima requerida informada anteriormente. Desta maneira, para válvulas com atuação hidráulica ou elétrica (FSC, FSO ou FAI), para cada ciclo adicional na vida útil do equipamento, devem ser realizados 10 (dez) ciclos adicionais na qualificação, enquanto que para válvulas com atuação mecânica, para cada ciclo adicional na vida útil do equipamento, devem ser realizados 20 (vinte) ciclos adicionais na qualificação.

## 11 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Com exceção de eventuais falhas decorrentes do manuseio do conjunto válvula-atuador em componentes considerados acessórios, tais como indicador de posição, compensador e conexões, não serão permitidas falhas durante a execução dos testes de qualificação. No caso da ocorrência de uma eventual falha durante a qualificação, os testes devem ser imediatamente suspensos e uma análise de causa raiz deve ser realizada. Após a definição da causa raiz, os testes devem ser reiniciados do princípio e não a partir do ponto onde ocorreu a falha. Neste caso, poderá ser utilizado o protótipo recondicionado ou um novo protótipo.

### 11.1 Critérios de aceitação de vazamento

11.1.1 Não são aceitos vazamentos para o meio externo, ou do meio externo para o interior da válvula, por nenhuma das vedações do corpo.

11.1.2 Não são aceitos vazamentos pelo sistema de vedação da haste da válvula, independentemente da condição de teste (atmosférica, hiperbárica, nas temperaturas mínima e máxima, estática ou dinâmica).

11.1.3 O critério de aceitação para o vazamento de passagem, entre obturador e sede, deve ser conforme definido no descritivo de testes das especificações técnicas referenciadas nos itens 5.6 e 5.7.

### 11.2 Critérios de aceitação para a força de atuação

11.2.1 O movimento do conjunto válvula-atuador deve ser suave em ambas as direções (avanço e retorno), não sendo aceitável a ocorrência do fenômeno conhecido por *stick-slip* nem mesmo a emissão de ruídos anormais durante a atuação.

11.2.2 Os critérios de aceitação especificados para a pressão e o torque de atuação da válvula devem ser atendidos tanto nos testes de assinatura hidráulica quanto nos testes de ciclagem, ao longo de toda a qualificação, para qualquer condição de pressão e temperatura. Ainda que os valores dos pontos chaves estejam de acordo com os critérios estabelecidos a seguir, caso seja identificado desgaste anormal ou dano nos componentes do protótipo (ex.: deslocamento/trincamento do revestimento de Carbureto de Tungstênio, deformação de componente do mecanismo de transmissão de força ou de elemento de fixação, dentre outros) na inspeção após a desmontagem, a qualificação poderá ser reprovada, a depender da análise da causa.

11.2.3 A influência da lâmina d'água no desempenho de atuação hidráulica deve ser calculada inicialmente de forma analítica. Após a execução dos testes hiperbáricos, a influência da lâmina d'água na pressão de atuação deverá ser calculada subtraindo-se os valores médios de cada ponto chave obtido das assinaturas hidráulicas (baixa e alta pressão) em condição hiperbárica dos valores médios de cada ponto chave obtido das assinaturas hidráulicas (baixa e alta pressão) em condição atmosférica. O valor obtido de forma analítica poderá ser utilizado preliminarmente como referência para obtenção dos critérios de aceitação definidos nos itens 11.2.5 e 11.2.6 a seguir para propósito de avaliação dos testes iniciais do protótipo. No entanto, o valor teórico deve ser substituído

pelo valor real, obtido por meio dos testes, para cálculo do critério de aceitação dos produtos.

11.2.4 A influência da lâmina d'água no torque de atuação só deve ser considerada se os testes constatarem que o torque em ambiente hiperbárico é maior que o torque em ambiente atmosférico. Nos testes de torque em câmara hiperbárica, caso seja utilizado motor externo e um eixo transpassando a câmara hiperbárica para conexão à haste da válvula, pode-se obter o torque líquido da válvula descontando-se o torque resistente dessa interface. Este torque resistente da interface deve ser medido em função da profundidade de teste, desacoplando-se a válvula da interface de torque.

#### 11.2.5 Atuação hidráulica no avanço do atuador em condição atmosférica

Os valores da pressão de atuação hidráulica durante o movimento de avanço do atuador em condição atmosférica (CRIT-N<sub>A</sub>) devem ser menores que a soma das seguintes parcelas:

- [+] 90% da CPTA;
- [+] influência da lâmina d'água na pressão de atuação;
- [-] a incerteza total dos instrumentos.

#### 11.2.6 Atuação hidráulica no retorno do atuador em condição atmosférica

Os valores da pressão de atuação hidráulica durante o movimento de retorno do atuador em condição atmosférica (CRIT-N<sub>R</sub>) devem ser maiores ou iguais à soma das seguintes parcelas:

- [+] 100psi (ambiente hiperbárico);
- [+] a diferença entre pressão hidrostática referente à coluna de fluido de controle e à lâmina d'água;
- [+] influência da lâmina d'água na pressão de atuação;
- [+] a incerteza total dos instrumentos de leitura.

#### 11.2.7 Atuação por torque em condição atmosférica

O torque máximo de operação durante a atuação da válvula em condição atmosférica (CRIT-N<sub>T</sub>) deve ser menor que a soma das seguintes parcelas:

- [+] 90% do valor do TNO;
- [-] influência da lâmina d'água no torque de atuação;
- [-] a incerteza total da ferramenta de torque e do sistema de aquisição.

### 11.2.8 Atuação hidráulica no avanço do atuador em condição hiperbárica

Os valores da pressão de atuação hidráulica durante o movimento de avanço do atuador em condição hiperbárica devem ser menores que a soma das seguintes parcelas:

[+] 90% da CPTA;

[-] a pressão hidrostática referente à coluna de fluido de controle;

[-] a incerteza total do sistema de aquisição.

### 11.2.9 Atuação hidráulica no retorno do atuador em condição hiperbárica

Os valores da pressão de atuação hidráulica durante o movimento de retorno do atuador em condição hiperbárica, devem ser maiores ou iguais à soma das seguintes parcelas:

[+] 100psi (ambiente hiperbárico);

[+] a diferença entre pressão hidrostática referente à coluna de fluido de controle e à lâmina d'água<sup>(1)</sup>;

[-] a pressão hidrostática referente à lâmina d'água;

[+] a incerteza total do sistema de aquisição.

<sup>(1)</sup> Aplicável apenas para projetos especificados para operar com sistema hidráulico direto. No caso de projetos especificados para operar com sistema eletro-hidráulico multiplexado, a contrapressão a ser considerada nessa parcela do somatório deve ser igual à pressão regulada na válvula de alívio da linha de retorno do SCM.

### 11.2.10 Atuação por torque em condição hiperbárica

O torque máximo de operação durante a atuação da válvula deve ser menor que a soma das seguintes parcelas:

[+] 90% do valor do TNO.

[-] a incerteza total da ferramenta de torque e do sistema de aquisição.

### 11.2.11 Critérios de aceitação específicos do FAT

O conjunto válvula-atuador deve atender aos critérios de aceitação atmosféricos normativos (CRIT-N), definidos nos itens 11.2.5, 11.2.6 e 11.2.7, e aos critérios de similaridade entre produto e protótipo (CRIT-S). A verificação de similaridade é feita comparando-se os valores médios dos pontos chaves das assinaturas (hidráulica e/ou de torque) do FAT com os critérios de similaridade definido a partir dos dados do PVT.

### 11.2.11.1 Cálculo do critério de similaridade

(a) O critério de similaridade (CRIT-S) considera a média aritmética ( $X_{KP}$ ) e o desvio padrão ( $S_{KP}$ ) para cada um dos pontos chaves (KP) listados nas seguintes condições de teste:

- i. Assinatura hidráulica de alta pressão, onde  $KP = A2, A3, A4, A5, R1, R2$  e  $R4$ .
- ii. Assinatura hidráulica de baixa pressão, onde  $KP = A2, A5, R1$  e  $R4$ .
- iii. Assinatura de torque de alta pressão, onde  $KP = RPO, RNO, RNC$  e  $RPC$ .
- iv. Assinatura de torque de baixa pressão, onde  $KP = RNO$  e  $RNC$ .

(b) O cálculo do  $CRIT-S_{KP}$  para cada ponto chave (KP) deve ser calculado conforme mostrado a seguir.

$CRIT-S_{KP} = X_{KP} \pm 2.S_{KP}$ , onde:

$X_{KP}$ : média aritmética dos valores de cada ponto chave obtidos do primeiro conjunto de assinaturas (hidráulica e/ou de torque) realizado com o protótipo na qualificação.

$S_{KP}$ : desvio padrão máximo de cada ponto chave obtido dos conjuntos de assinaturas (hidráulica e/ou de torque) realizados com o protótipo ao longo da qualificação.

(c) Caso seja identificado que um conjunto válvula-atuador produto apresenta desempenho de atuação estatisticamente diferente do protótipo, com valores de ponto(s) chave(s) fora do intervalo definido pelo critério de similaridade, desde que o mesmo atenda aos critérios de aceitação atmosféricos normativos (CRIT-N), o fabricante poderá propor para aprovação da PETROBRAS uma memória de cálculo com a definição de um novo intervalo aceitável, necessário para compensar eventuais dispersões de teste e tolerâncias de fabricação.