

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001						
	CLIENTE: E&P		FOLHA: 1 de 34						
	PROGRAMA:		-						
	ÁREA: INSTALAÇÕES SUBMARINAS		SEM ESCALA / A4						
SUB/ES/EESU B/EMES	TÍTULO: FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA			PUBLICA					
				EESUB/EMES					
Microsoft Office Word 2010 / Português / ET-3000.00-1500-251-PEK-001_D									
ÍNDICE DE REVISÕES									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
0	Este documento cancela e substitui o documento ET-3000.00-1500-251-PAZ-001. Em relação ao documento substituído, as seguintes modificações foram aplicadas: reestruturação das seções, numeração de parágrafos, compatibilização com a API SPEC 20E, adequação à Lei Nº 13.300/16, adequação a esclarecimentos emitidos aos fornecedores, revisão geral do texto para torna-lo mais claro, modificações nos requisitos de: teste de tenacidade ao impacto, tratamentos térmicos, revestimentos, inspeção e critérios de aceitação, etc.								
A	Inclusão do item 6.3.9 com o novo modelo de atuação da Petrobras na atividade de inspeção de fabricação. Revisão dos itens 1.2.2, 4.5.2, 6.2.8.3 e AI.5 (anexo).								
B	Inclusão do fixador CRA conforme ASTM A453 para a situação de "exposed bolting". Inclusão do anexo II com requisitos adicionais para esse tipo de fixador.								
C	Inclusão de obrigatoriedade do uso de arruela de retenção de segurança para MCVs com conexão flangeada (item 6). Mudança nos itens 4.5.4 e 4.5.5.								
D	Modificações nos itens 1.2, tabela 1, item 4.5.4, 4.5.9.3, tabela 3, tabela 5. Inclusão dos itens 1.2.5, 1.2.6, 1.2.7, 1.2.8, 9.1.4, All.1. c, All.1. e, All.1. f. Inclusão do Anexo III. Inclusão das referências [54] a [58].								
PÚBLICA	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	30/11/2018	02/07/2020	18/11/2022	11/12/2023	06/03/2025				
PROJETO	EECE	EECE	EECE	EECE	EMES				
EXECUÇÃO	UPLW	BH8F	BH8F	BH8F	BH8F				
VERIFICAÇÃO	UPOV	U3DA	U3DA	C5DR	DVGN				
APROVAÇÃO	CXF0	UP65	UP65	UP65	U4SZ				
ESTE DOCUMENTO É DE PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS N-381 REV. L.									


	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 2 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. OBJETIVO	4
1.2. ESCOPO	4
1.3. REQUISITOS GERAIS	5
2. TERMOS E DEFINIÇÕES	5
2.1. FORMAS VERBAIS	5
2.2. DEFINIÇÕES	5
2.3. ABREVIACÕES	6
3. REFERÊNCIAS	7
3.1. REFERÊNCIAS APLICÁVEIS E CONFLITOS	7
3.2. REFERÊNCIAS ESSENCIAIS	7
3.3. REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES	9
4. REQUISITOS PARA PARAFUSOS, ESTOJOS, PRISIONEIRO E BARRAS ROSCADAS	10
4.1. MATÉRIA-PRIMA	10
4.2. PROPRIEDADES MECÂNICAS	10
4.3. FABRICAÇÃO	11
4.4. TRATAMENTO TÉRMICO	12
4.5. REVESTIMENTOS	13
5. REQUISITOS PARA PORCAS	14
5.1. MATÉRIA-PRIMA E PROPRIEDADES MECÂNICAS	14
5.2. FABRICAÇÃO	15
5.3. TRATAMENTO TÉRMICO	15
5.4. REVESTIMENTO	15
6. REQUISITOS PARA ARRUELAS DE RETENÇÃO E/OU DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	15
6.1. ESCOPO DE FORNECIMENTO	15
7. CONTROLE DE QUALIDADE	16
7.1. CERTIFICAÇÃO	16
7.2. INSPEÇÃO PELO FABRICANTE	17
7.3. INSPEÇÃO PELA COMPRADORA	22
7.4. RASTREABILIDADE	23
8. IDENTIFICAÇÃO E ACONDICIONAMENTO PARA TRANSPORTE	23
8.1. MARCAÇÃO	23
8.2. EMBALAGEM	24
9. DOCUMENTAÇÃO	24
9.1. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA REQUERIDA	24

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 3 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

9.2. ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE FABRICAÇÃO (MPS)	25
9.3. DATABOOKS (MANUAIS DE FABRICAÇÃO)	25
9.4. FOLHA DE DADOS	26
ANEXO I ESPECIFICAÇÃO API SPEC 20E BSL-2.....	27
AI.1. GERAL	27
AI.2. MATERIAL.....	27
AI.3. FABRICAÇÃO E TRATAMENTO TÉRMICO.....	27
AI.4. REVESTIMENTO.....	28
AI.5. AMOSTRAGEM E INSPEÇÃO	28
AI.6. RASTREABILIDADE	28
ANEXO II ESPECIFICAÇÃO API SPEC 20F BSL-3 PARA FIXADORES EXPOSTOS (EXPOSED BOLTING).....	29
AII.1. GERAL	29
AII.2. MATERIAL	29
AII.3. ENSAIOS MECÂNICOS.....	29
AII.4. REVESTIMENTO	30
AII.5. AMOSTRAGEM E INSPEÇÃO.....	30
AII.6. DIMENSIONAL, VISUAL E PMI	31
ANEXO III PROTOCOLO PARA TESTES NOS FIXADORES EXPOSTOS “EXPOSED BOLTING”	32
AIII.1. MECANISMO DE TRINCAMENTO	32
AIII.2. TESTES DE SCC.....	32
AIII.3. CORPO DE PROVA.....	32
AIII.4. TENSÃO APLICADA.....	33
AIII.5. MEIO CORROSIVO	33
AIII.6. DURAÇÃO DOS TESTES.....	33
AIII.7. TESTE DE GHSC	34
AIII.8. REFERÊNCIAS.....	34

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 4 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA


1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVO

- 1.1.1. O objetivo desta especificação técnica é estabelecer requisitos mínimos para a fabricação, inspeção, testes e fornecimento de fixadores em aço baixa liga de alta resistência para aplicação submarina e sujeitos à proteção catódica.
- 1.1.2. Esta especificação técnica complementa os requisitos da norma ASTM A320 para parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas, e da norma ASTM A194 para porcas.

1.2. ESCOPO

- 1.2.1. Esta Especificação Técnica aplica-se a fixadores fabricados em aço baixa liga de alta resistência (limite de escoamento igual ou superior a 105 ksi) para aplicação submarina, sujeitos a proteção catódica, com função de contenção de pressão ou não, do escopo de fornecimento contratado ou dos equipamentos a serem fornecidos para a PETROBRAS.
- 1.2.2. Esta Especificação Técnica também deve ser integralmente aplicada aos fixadores da interligação de topo de *risers* submarinos (rígidos, flexíveis e/ou umbilicais) com a UEP, mesmo quando esta interligação se encontrar em região não submersa.
- 1.2.3. Fixadores destinados a componentes e/ou equipamentos de uso temporário que não fazem parte do escopo de fornecimento contratado pela PETROBRAS e/ou que não serão fornecidos para a PETROBRAS não são obrigatoriamente abrangidos por esta Especificação Técnica. Caso não atendam a esta especificação, os fixadores em aço baixa liga de alta resistência para estas aplicações devem ser fornecidos conforme API SPEC 20E nível BSL-2, para os graus ASTM A193 B7, ASTM A320 L7 ou L43.
- 1.2.4. Para fixadores na situação de projeto de *exposed bolting*, deverá ser adotado fixador com liga do tipo CRA ASTM A453 Grau 660 Classe D, que deverá seguir os requisitos da API SPEC 20F nível BSL-3. O Anexo II dessa especificação possui requisitos adicionais obrigatórios para fixadores *exposed bolting* conforme ASTM A453.
- 1.2.5. Fixadores de média resistência ASTM A320 L7M poderão ser aplicados em situações de *exposed bolting*, desde que demonstradas as análises recomendadas pela referência [54]. Tais análises deverão ser avaliadas e aprovadas pela PETROBRAS.
- 1.2.6. Ligas base níquel como a Liga 625, Liga 825, Liga 718, dentre outras opções listadas na API STD 6A CRA, não devem ser utilizadas para fixadores submarinos. Casos específicos devem ser qualificados para aplicação e propostos para análise e aprovação prévia da PETROBRAS.
- 1.2.7. Exclusivamente para umbilicais submarinos expostos a água do mar, é permitida a aplicação de fixador em Liga 718, desde que estejam em contato com flanges de aço C-Mn ou Baixa Liga, conforme especificação técnica PETROBRAS [53], em conexões onde não há garantia de continuidade elétrica para proteção catódica e cujas conexões não sejam do tipo *pressure containment*.
- 1.2.8. Equipamentos submarinos fabricados com os materiais descritos neste documento, contendo concentradores geométricos de tensão e com funcionamento similar ao dos fixadores roscados, quando expressamente indicados para atendimento à esta Especificação Técnica, também poderão exigir requisitos adicionais que estarão

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 5 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

constantes em documentação específica do equipamento submarino, como por exemplo componentes submetidos a carregamento de fadiga sob proteção catódica.

1.3. REQUISITOS GERAIS

- 1.3.1. Alternativamente aos requisitos apresentados no corpo desta Especificação Técnica, é permitido fornecer fixadores conforme API SPEC 20E nível BSL-2, para os graus ASTM A320 Gr. L7 e Gr. L43 e ASTM 194 Gr. 4 e Gr. 7, contanto que sejam atendidos os requisitos adicionais apresentados no ANEXO I.
- 1.3.2. A CONTRATADA deve assegurar que os requisitos enumerados nesta especificação serão seguidos por todas as partes envolvidas no fornecimento dos fixadores e/ou dos componentes e equipamentos que os empregam.

2. TERMOS E DEFINIÇÕES


2.1. FORMAS VERBAIS

- 2.1.1. Os significados das diferentes formas verbais utilizadas no texto desta Especificação Técnica estão definidos a seguir:

Deve:	Requisito obrigatório
É recomendável:	Requisito não obrigatório, mas preferível entre as demais alternativas
Pode:	Requisito com adoção a critério do usuário desta Especificação Técnica
Não pode:	Ação ou requisito proibido

2.2. DEFINIÇÕES


- 2.2.1. **Aço baixa liga de alta resistência:** Aço baixa liga cuja classe apresenta limite de escoamento mínimo especificado igual ou superior a 105 ksi.
- 2.2.2. **Certificação:** Emissão de um atestado por uma entidade independente, baseado no resultado das atividades de verificação de conformidade, de que o cumprimento de requisitos especificados relacionados a produtos, processos, sistemas ou pessoas foram demonstrados.
- 2.2.3. **CONTRATADA:** Empresa diretamente contratada pela PETROBRAS para fornecer componentes, equipamentos e/ou parte ou toda instalação submarina. Quando previsto em contrato, a CONTRATADA pode subcontratar outras partes (COMPRADORAS) para fornecer parte do escopo de fornecimento, no qual os fixadores serão empregados. Dependendo da situação, a CONTRATADA e a COMPRADORA (ou mesmo o FABRICANTE) podem ser a mesma entidade.
- 2.2.4. **Componentes de uso temporário:** Componentes ou dispositivos designados para serem usados em uma mesma campanha de instalação e que serão retirados antes de o sistema entrar em operação, não permanecendo submersos.
- 2.2.5. **Entidade Certificadora:** Entidade independente acreditada que presta serviços de verificação de conformidade e certificação.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 6 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

- 2.2.6. **FABRICANTE:** Empresa que produz os fixadores, responsável pela aquisição e rastreabilidade da matéria-prima, assim como a confecção das roscas.
- 2.2.7. **COMPRADORA:** Empresa que compra os fixadores e os emprega em seus componentes, equipamentos e/ou instalação submarina.
- 2.2.8. **Fixador:** Nome genérico adotado para parafusos, estojos, prisioneiros e porcas. Para esta Especificação Técnica, o termo fixador também inclui barras roscadas (por exemplo, fusos de acionamento de conectores submarinos do tipo *clamp*).
- 2.2.9. **Lote de Fabricação:** Conjunto de fixadores de mesmo diâmetro provenientes de matéria-prima da mesma corrida de fabricação e do mesmo lote de tratamento térmico, independente da Ordem de Compra.
- 2.2.10. **Ordem de Compra:** Pedido de fornecimento de materiais entre duas (ou mais) das seguintes entidades: PETROBRAS, CONTRATADA, COMPRADORA e FABRICANTE.
- 2.2.11. **Requisição de Material:** Documento emitido pela PETROBRAS para definir o escopo de fornecimento dos componentes, peças, equipamentos, instalações e/ou projetos.
- 2.2.12. **Exposed bolting – “Fixadores Expostos”:** define-se como fixadores capazes de manter a estanqueidade de equipamentos pressurizados internamente (fixadores de contenção de pressão – pressure containing bolts). Trata-se de fixadores que possam se tornar “expostos” a um evento de vazamento de uma conexão pressurizada nas seguintes condições: a) diretamente expostos a fluidos (de produção ou injeção) contendo salmouras e gases ácidos (H₂S e/ou CO₂); b) enterrados ou imersos em lama marinha (subsea mud); c) cobertos por isolamento térmico ou selos externos. A presença de isolamento, que venha a cobrir a face de vedação da conexão, define a condição do fixador como “Fixador Exposto” (exposed bolting). Os fixadores de contenção de pressão que estejam próximos do isolamento e que inadvertidamente venham a ser cobertos pelo isolamento também devem ser considerados como “Fixadores Expostos”.

2.3. ABREVIÇÕES

BSL:	Níveis de Especificação de Fixadores (<i>Bolting Specification Levels</i>)
CP:	Corpo de Prova
END:	Ensaio Não Destrutivo
ET:	Especificação Técnica
FAT:	Testes de aceitação de fábrica (<i>Factory Acceptance Tests</i>)
FPB:	Flexão 4 pontos (<i>Four Point Bending</i>)
GHSC:	Trincamento Sob Tensão por Hidrogênio Induzido Galvanicamente
INMETRO:	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LP:	Líquido Penetrante
MPS:	Procedimento de Fabricação (<i>Manufacturing Procedure Specification</i>)
NACE:	National Association of Corrosion Engineers
NQA:	Nível de Qualidade Aceitável
PIT:	Plano de Inspeção e Testes
PM:	Partículas Magnéticas
PMI:	<i>Positive Material Identification</i>
RBC:	Rede Brasileira de Calibração
RM:	Requisição de Material
RLM:	Relatório de Liberação de Material
RRM:	Relatório de Rejeição de Material
SCC:	Corrosão Sob Tensão por Cloretos (<i>Stress Chloride Cracking</i>)
UT:	Tração Uniaxial

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 7 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA


3. REFERÊNCIAS

3.1. REFERÊNCIAS APLICÁVEIS E CONFLITOS


- 3.1.1. Os documentos listados na seção 3.2 são indispensáveis para a aplicação desta Especificação Técnica. Os documentos indicados em 3.3 são complementares.
- 3.1.2. Para as referências listadas com edição e/ou ano de publicação específico, somente a versão mencionada é aplicável. Para referências listadas sem edição e ano de publicação, a última edição (incluindo emendas), vigente da data da assinatura do contrato de fornecimento, é a aplicável.
- 3.1.3. Em caso de conflito entre requisitos desta Especificação Técnica e das referências citadas, a Especificação Técnica deve ser seguida.
- 3.1.4. Qualquer desvio técnico relativo a esta Especificação Técnica e/ou aos documentos listados requer uma consulta técnica formal para análise da PETROBRAS.

3.2. REFERÊNCIAS ESSENCIAIS

Ref.	Norma/Código	Título	Ed.	Ano
1	ABNT NBR 5426	Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos		
2	ABNT NBR ISO 9001	Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos		
3	API SPEC 6A ISO 10423	Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment		
4	API SPEC 20E	Alloy and Carbon Steel Bolting for Use in the Petroleum and Natural Gas Industries		
5	ASME B18.2 series	Square and Hexagon Bolts and Nuts (inch and metric series)		
6	ASME B18.3 series	Socket Cap, Shoulder, and Set Screws, Hex and Splined Keys (inch and metric series)		
7	ASTM A194/A194M	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both		
8	ASTM A320/A320M	Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for Low-Temperature Service		
9	ASTM A370	Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products		
10	ASTM A751	Standard Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products		
11	ASTM A962/A962M	Standard Specification for Common Requirements for Steel Fasteners or Fastener Materials, or Both, Intended for Use at Any Temperature from Cryogenic to the Creep Range		
12	ASTM B117	Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus		

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 8 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA


Ref.	Norma/Código	Título	Ed.	Ano
13	ASTM B201	Standard Practice for Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmium Surfaces		
14	ASTM B602	Standard Test Method for Attribute Sampling of Metallic and Inorganic Coatings		
15	ASTM B766	Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Cadmium		
16	ASTM B841	Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc Nickel Alloy Deposits		
17	ASTM B850	Standard Guide for Post-Coating Treatments of Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement		
18	ASTM D5894	Standard Practice for Cyclic Salt Fog/UV Exposure of Painted Metal, (Alternating Exposures in a Fog/Dry Cabinet and a UV/Condensation Cabinet)		
19	ASTM D610	Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces		
20	ASTM E3	Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens		
21	ASTM E7	Standard Terminology Relating to Metallography		
22	ASTM E8	Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials		
23	ASTM E10	Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials		
24	ASTM E18	Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials		
25	ASTM E23	Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials		
26	ASTM E45	Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steel		
27	ASTM E112	Standard Test Methods for Determining Average Grain Size		
28	ASTM E140	Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness		
29	ASTM E381	Standard Method of Macroetch Testing Steel Bars, Billets, Blooms, and Forgings		
30	ASTM E384	Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials		
31	ASTM E407	Standard Practice for Microetching Metals and Alloys		
32	ASTM E1268	Standard Practice for Assessing Degree of Banding or Orientation of Microstructure		
33	ASTM E1417/E1417M	Standard Practice for Liquid Penetrant Testing		
34	ASTM E1444	Standard Practice for Magnetic Particle Testing		

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 9 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

Ref.	Norma/Código	Título	Ed.	Ano
35	ASTM F788	Standard Specification for Surface Discontinuities of Bolts, Screws, and Studs, Inch and Metric Series		
36	ASTM F812	Standard Specification for Surface Discontinuities of Nuts, Inch and Metric Series		
37	ASTM F2328	Standard Test Method for Determining Decarburization and Carburization in Hardened and Tempered Threaded Steel Bolts, Screws, Studs, and Nuts		
38	ISO 898-1	Mechanical Properties of Fasteners Made of Carbon Steel and Alloy Steel		
39	ISO 2859-1	Sampling Procedures for Inspection by Attributes – Part 1: Sampling Schemes Indexed by Acceptance Quality Limit (AQL) for Lot-by-Lot Inspection		
40	ISO 9001	Quality Management Systems – Requirements		
41	ISO 17024	Conformity Assessment – General Requirements for Bodies Operating Certification of Persons		
42	ISO 17025	Conformity Assessment – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories		

3.3. REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

Ref.	Norma/Código	Título	Ed.	Ano
43	ASTM E1823	Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing		
44	API RP 17A/ ISO 13628-1	Design and Operation of Subsea Production Systems – General Requirements and Recommendations		
45	API SPEC 17D ISO 13628-4	Design and Operation of Subsea Production Systems – Subsea Wellhead and Christmas Tree Equipment		
46	API SPEC 17E ISO 13628-5	Specification for Subsea Umbilicals		
47	API SPEC 17J	Specification for Unbonded Flexible Pipe		
48	API RP 17P ISO 13628-15	Design and Operation of Subsea Production Systems – Subsea Structures and Manifolds		
49	ISO 17000	Conformity Assessment – Vocabulary and General Principles		
50	ET-0000.00-0000-972-1AL-001	Requisito Geral da qualidade de bens		
51	API SPEC 20F	Corrosion Resistant Bolting for Use in the Petroleum and Natural Gas Industries		
52	API 17Q	Recommended Practice on Subsea Equipment Qualification		

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 10 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

Ref.	Norma/Código	Título	E d	Ano
53	ET-3000.00-1500-29B-PMU-001	FIXADORES DE LIGAS RESISTENTES A CORROSÃO PARA UTILIZAÇÃO EM UMBILICAIS SUBMARINOS	.	
54	001-2025-SUB-ES-EESUB	REVISÃO DE MATERIAIS PARA FIXADORES SUBMARINOS NA CONDIÇÃO EXPOSED BOLTING	0	2025
55	NACE MR0175/ISO 15156	National Association of Corrosion Engineers - International Organization for Standardization. Petroleum and Natural Gas Industries - Materials for Use in H ₂ S-containing Environments in Oil and Gas Production 2020.	0	2020
56	NACE TM0177	National Association of Corrosion Engineers. Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H ₂ S Environments	0	2016
57	NACE TM0316	Four-Point Bend Testing of Materials for Oil and Gas Applications	0	2016
58	NACE MR0175/ISO 15156-3	2020/Cir.2:2022(E)	0	2022


4. REQUISITOS PARA PARAFUSOS, ESTOJOS, PRISIONEIROS E BARRAS ROSCADAS

4.1. MATÉRIA-PRIMA

- 4.1.1. A matéria-prima utilizada para fabricação de parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas deve atender aos requisitos da norma ASTM A320.
- 4.1.2. A razão de redução mínima entre os forjados ou laminados e o produto de partida deve ser 4:1.

4.2. PROPRIEDADES MECÂNICAS

- 4.2.1. Adicionalmente aos requisitos da norma ASTM A320, o material dos fixadores deve atender aos requisitos apresentados na Tabela 1.
- 4.2.2. Outras especificações de aço baixa liga podem ser propostas para análise e aprovação da PETROBRAS, desde que demonstrado o atendimento aos requisitos apresentados na Tabela 1.


	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 11 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	

4.3. FABRICAÇÃO

- 4.3.1. Os corpos dos parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas, antes da fabricação das roscas, não podem ser obtidos por processos de conformação a frio.
- 4.3.2. As roscas devem ser fabricadas por usinagem ou laminação.
- 4.3.3. Para roscas fabricadas por laminação, o processo deve garantir a não ocorrência de dobras de laminação e trincas e dureza localizada superior a aceitável, conforme Tabela 1.
- 4.3.4. Os materiais não podem ser submetidos a cortes por cisalhamento, oxicorte, eletrodo de grafite ou laser.
- 4.3.5. Não é permitida a remanufatura, reprocessamento ou a execução de tratamentos térmicos complementares em fixadores já fabricados segundo outras especificações para adequação a esta especificação.

Tabela 1: Especificação de material para parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas

Propriedades	Diâmetro até 2 ½" (65 mm)	Diâmetro até 4" (100 mm)	Normas de referência para ensaio
Classe e grau de material	Gr. L7 ou Gr. L43	Gr. L43	ASTM A320
Composição química	Fósforo e Enxofre máximos: 0,025%, conforme API 20E classe BSL-2		ASTM A751
Tenacidade ao impacto	Energia absorvida média de 27 J (20 lbf.ft); e Energia individual mínima de 20 J (15 lbf.ft), testados a -101°C		ASTM A370 ASTM A320
Limites de escoamento	Mínimo: 105 ksi (725 MPa) Máximo: 138 ksi (950 MPa)		ASTM E8
Limites de dureza	Mínimo: 26 HRC (258 HB) Máximo: 32 HRC (301 HB)		ASTM E10 ASTM E18
Limite de microdureza em bandas de segregação (seção 7.2.6)	Máximo: 450 HV0,05 ou 470 HK0,05		ASTM E384
Macroestrutura	Sem dobras, trincas, vazios ou grandes heterogeneidades estruturais. ASTM E381 S1, R1, C2 (Plate I)		ASTM E381
Bandeamento (segregação)	Não são permitidas microestruturas com bandeamento elevado conforme ASTM E1268 Figuras A1.5 e A1.6		ASTM E1268
Microestrutura	Microestrutura homogênea, grão fino (ASTM 5 ou maior), uniforme e martensita revenida. Nível de inclusão máximo conforme ASTM E45, método "A": igual a 2 para inclusão fina A/B/C/D; e igual a 1,5 para inclusão grossa A/B/C/D.		ASTM E3 ASTM E7 ASTM E45 ASTM E112

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 12 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			SUB/ES/EESUB/EMES

4.4. TRATAMENTO TÉRMICO

- 4.4.1. Os fixadores devem ser submetidos a duplo revenimento com temperatura mínima, em ambos os ciclos, de 593°C. A temperatura do segundo ciclo, ou quaisquer ciclos térmicos posteriores (mesmo sem função de revenimento), não pode ser superior à do primeiro ciclo de revenimento.
- 4.4.2. O tempo mínimo no patamar de temperatura de revenimento deve ser de uma hora por polegada de espessura do fixador ou trinta minutos, o que for maior.
- 4.4.3. Não é permitido o resfriamento no forno após revenimento, devendo ser reportado o meio de resfriamento adotado.
- 4.4.4. Após tratamento térmico, os fixadores devem estar livres da presença de martensita não revenida. A Figura 1 ilustra exemplos de microestruturas com e sem presença de martensita não revenida.

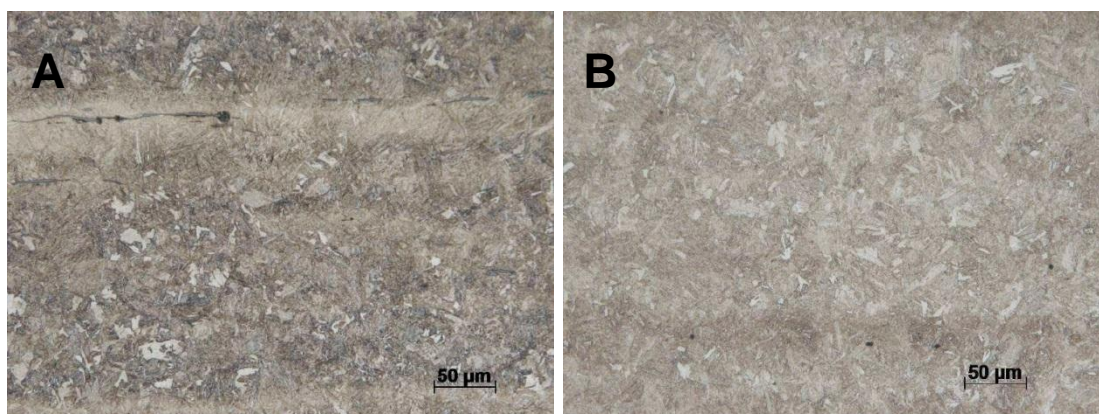



Figura 1: Imagem (A) de microestrutura contendo martensita não revenida (linhas claras) e imagem (B) de microestrutura sem presença de martensita não revenida

- 4.4.5. Ensaios de metalografia conforme seção 7.2.5 devem ser executados em corpos de prova de amostras de cada lote de tratamento térmico, de forma a identificar a presença de martensita não revenida. Ensaios de microdureza conforme seção 7.2.6 devem ser realizados nas bandas de segregação dos corpos de prova de metalografia de forma a caracterizar as bandas.
- 4.4.6. Para os parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas cuja rosca é confeccionada por laminação após o segundo revenimento, deve ser realizado um tratamento de alívio de tensões em temperatura entre 550°C e a do último revenimento realizado.
- 4.4.7. O tratamento de alívio de tensões pode ser suprimido caso o último ciclo de revenimento seja executado após a laminação da rosca e desde que atenda às especificações dos parágrafos 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3.
- 4.4.8. Os ciclos de tempo e temperatura do tratamento térmico de fixadores devem estar integralmente registrados em gráficos e planos de operação.
- 4.4.9. A disposição das peças dentro do forno deve garantir homogeneidade de encharque na temperatura definida. As peças não podem ser acomodadas por empilhamento.
- 4.4.10. Os fornos de tratamento térmico devem ter aferição anual e os instrumentos de registro e controle de temperatura devem ser calibrados a cada 3 meses, conforme Apêndice M da API SPEC 6A.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 13 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES


- 4.4.11. O tratamento térmico de revenimento não pode ser executado após a aplicação do revestimento metálico anticorrosivo (risco de fragilização por metal líquido/sólido).
- 4.4.12. Para tratamentos térmicos por indução, caso sejam utilizadas temperaturas acima de 700°C, corpos de prova devem ser retirados para teste de dureza, com amostragem conforme ASTM A320 para teste de lote de barras tratadas termicamente. Deve ser realizado um perfil de dureza Rockwell C, desde o diâmetro externo até o centro da barra. Todas as durezas devem estar dentro dos limites especificados e com uma diferença máxima de 3 HRC entre si.

4.4.13. DESCARBONETAÇÃO

- 4.4.13.1. O processo de tratamento térmico deve buscar evitar a descarbonetação.
- 4.4.13.2. Um teste de descarbonetação deve ser executado conforme ISO 898 ou ASTM A962 seção 14 e requisito suplementar S54.3 e atender a critério de aceitação conforme ISO 898-1 ou ASTM F2328 Tabela 2. A frequência de teste deve ser conforme ASTM A962, seção 14 e S54.3.
- 4.4.13.3. Não é necessário teste de descarbonetação caso a diferença entre o diâmetro da peça após tratamento térmico e o diâmetro da peça final após usinagem seja superior a 1,5 mm.

4.5. REVESTIMENTOS

- 4.5.1. Conforme informado no parágrafo 9.2.1, o *MPS* dos fixadores deve incluir a especificação do revestimento, a qual deve conter no mínimo as informações detalhadas no parágrafo 9.2.2.
- 4.5.2. O processo de aplicação do revestimento deve estar homologado por entidade independente acreditada que presta serviços de avaliação de conformidade, conforme ISO 17025. A homologação do revestimento deve ser de acordo com os critérios dos respectivos códigos ASTM.
- 4.5.3. A COMPRADORA deve assegurar que a faixa de coeficientes de atritos dos revestimentos especificados é adequada para se obter a pré-carga especificada pela engenharia da COMPRADORA para a união, de acordo com o método de aperto designado. Um Memorial de Cálculo ou a referência normativa para a determinação do torque de aperto devem ser acrescidos ao Manual ou Relatório de Projeto dos equipamentos/instalações.
- 4.5.4. Os fixadores devem ser fornecidos com um dos seguintes revestimentos metálicos:
- Zinco-Níquel, de acordo com ASTM B841, Classe 2, Gr. 10, Type CN/E.
 - Zinco-Níquel, de acordo com ASTM B841, Classe 1, Gr. 10, Tipo B/E.
 - Cádmiu Bicromatizado, de acordo com ASTM B766, Classe 12, Tipo II.
- Nota: Revestimento de Cádmiu Bicromatizado deve ser obrigatoriamente utilizado nos fixadores e porcas para operações de intervenção e montagem submarina. Esse revestimento não possui restrições de fabricação no Brasil.
- 4.5.5. Os revestimentos devem ser qualificados através de teste de corrosão acelerada em névoa salina conforme norma ASTM B117 e tempo de exposição de 1000 horas. O critério de aceitação é ausência de corrosão vermelha. O teste de corrosão acelerada é considerado destrutivo e deve ser repetido sempre que houver alteração no processo de revestimento. Devem ser utilizados cupons de teste conforme ASTM B766. O número de cupons a ser testado deve ser determinado por amostragem, conforme tabela 4 da ASTM B602.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 14 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

- 4.5.6. Um relatório cronológico com o registro da data e hora das entradas e saídas das partidas de materiais da planta de revestimento (e do forno de tratamento de desidrogenação, conforme seção 4.5.8 abaixo) deve ser elaborado pelo FABRICANTE e incluído no *Databook* (Manual de Fabricação).
- 4.5.7. Os ensaios para controle de qualidade de composição, de espessura, cor, adesão e abrasão devem ser realizados conforme ASTM B766 ou ASTM B841, dependendo do revestimento especificado.

4.5.8. DESIDROGENAÇÃO

- 4.5.8.1. Após aplicação do revestimento, independentemente de sua resistência mecânica, os fixadores devem ser submetidos a tratamento térmico de desidrogenação conforme ASTM B850 classe ER-9 (190 a 220°C por no mínimo 8 horas).
- 4.5.8.2. Este tratamento térmico deve ser realizado antes do tratamento de cromatização, conforme ASTM B850.
- 4.5.8.3. A disposição das peças deve garantir homogeneidade de encharque na temperatura de patamar. As peças não podem ser acomodadas por empilhamento.
- 4.5.8.4. O tratamento térmico de desidrogenação deve ser registrado por meio de gráficos (temperatura x tempo) em registrador gráfico. Este gráfico deve ser anexado ao *Databook*.
- 4.5.8.5. A data e hora das entradas e saídas das partidas de materiais do forno de tratamento de desidrogenação devem ser registradas e incluídas no relatório cronológico mencionado no parágrafo 4.5.6.

4.5.9. OUTROS REVESTIMENTOS

- 4.5.9.1. Outras especificações de revestimentos anódicos ou não metálicos podem ser propostas para análise e aprovação da PETROBRAS, desde que demonstrado o atendimento aos requisitos presentes nesta especificação técnica.
- 4.5.9.2. No caso específico de revestimentos não metálicos deve ser comprovada sua continuidade elétrica nos testes de *FAT* do equipamento que recebeu os fixadores ou após a conexão executada em campo, e não é exigido tratamento térmico de desidrogenação.
- 4.5.9.3. Revestimentos orgânicos devem ser qualificados através de teste de corrosão acelerada conforme norma ASTM D5894, com duração de 1000 horas. O critério de aceitação é ausência de corrosão vermelha, conforme ASTM D610. Este teste deverá ser feito no lote piloto de fornecimento e repetido sempre que houver alteração no processo de revestimento. O número de cupons a ser testado deve ser determinado por amostragem, conforme tabela 4 da ASTM B602.

5. REQUISITOS PARA PORCAS

5.1. MATÉRIA-PRIMA E PROPRIEDADES MECÂNICAS

- 5.1.1. O material das porcas deve atender aos requisitos da norma ASTM A194 acrescidos dos requisitos apresentados na Tabela 2, após conformação e tratamento térmico final.


	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 15 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

Tabela 2: Especificação de material para porcas

Propriedades	Valores	Normas de referência para ensaio
Classe e grau de material	Gr. 4 ou Gr. 7	ASTM A194
Tenacidade ao impacto	Energia absorvida média: 27 J (20 lbf.ft), e Energia individual mínima: 20 J (15 lbf.ft), testados a -101°C	ASTM A370 ASTM A320
Limites de dureza	Mínimo: 24 HRC (247 HBW) Máximo: 32 HRC (301 HBW)	ASTM E10 ASTM E18

5.1.2. As porcas para uso submarino fornecidas sob esta especificação devem ser submetidas ao ensaio de impacto Charpy de acordo com os requisitos da ASTM A320. O local de retirada dos corpos de prova deve seguir os critérios estabelecidos na ASTM A962. O ensaio deve ser realizado após todos os tratamentos térmicos e o critério de aceitação deve ser o mesmo dos parafusos.

5.1.3. Outras especificações de materiais podem ser propostas para análise e aprovação da PETROBRAS, desde que demonstrado o atendimento aos demais requisitos apresentados na Tabela 2 com excessão da classe e grau do material.

5.2. FABRICAÇÃO

5.2.1. O processo de fabricação deve atender aos requisitos da norma ASTM A194 para os graus especificados.

5.3. TRATAMENTO TÉRMICO

5.3.1. O tratamento térmico deve atender aos requisitos da norma ASTM A194 para os graus especificados.

5.3.2. Os ciclos de tempo e temperatura do tratamento térmico de fixadores devem estar integralmente registrados em gráficos e planos de operação.


5.4. REVESTIMENTO

5.4.1. O revestimento deve atender aos requisitos da seção 4.5 desta Especificação Técnica.

6. REQUISITOS PARA ARRUELAS DE RETENÇÃO E/OU DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

6.1. ESCOPO DE FORNECIMENTO

6.1.1. Arruelas de retenção, com a função de dispensar as alavancas de reação e de backup no torqueamento de estojos das conexões flangeadas e/ou dispositivos com funcionalidade

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 16 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA


similar. O objetivo é prevenir acidentes durante as conexões e desconexões dos flanges de dutos flexíveis e/ou umbilicais. Essas arruelas e/ou dispositivos que eliminam as alavancas deverão ser fornecidas conjuntamente com os fixadores (estojos) e as porcas, conforme definido nessa especificação.

- 6.1.2. A ferramenta necessária para montagem da arruela de retenção de segurança será fornecida pela embarcação de instalação de contrato Petrobras. Portanto, a CONTRATADA deverá confirmar com a PETROBRAS os modelos de ferramentas disponíveis.
- 6.1.3. Equipamentos Submarinos como conjuntos ANM, Manifolds, PLETs, PLEMs, “flexible-joints”, e demais conexões flangeadas montadas em fábrica “onshore”, estão desobrigados do fornecimento e montagem de arruelas de retenção e/ou dispositivos de segurança na conexão.
- 6.1.4. O acessório deve manter a qualificação existente do flange tipo API. Caso haja alguma mudança na conexão do estajo, e/ou nas pré-cargas de tensionamento/torqueamento definidas pelas normas API, a mudança deverá ser qualificada conforme referências [3], [45] e [52].
- 6.1.5. O plano de qualificação deve prever os modos de falha na fase de projeto e caso necessário, incluir as mitigações necessárias no projeto para que o nível de risco seja tolerável.
- 6.1.6. O plano de qualificação deverá ser avaliado pela PETROBRAS. A PETROBRAS pode propor a revisão do plano caso seja verificada alguma lacuna.
- 6.1.7. A base de projeto e o plano de qualificação da proposta do item 6.1.5 devem ser emitidas em até 180 dias após a assinatura do contrato.
- 6.1.8. Caso necessário alguma etapa de teste de qualificação, este prazo deve ser previsto no cronograma da CONTRATADA e deve ser emitido um relatório com o teste de qualificação.
- 6.1.9. Caso seja usado algum elemento entre o corpo do flange e a porca, o teste de qualificação deve prever a verificação do torque residual da porca e a força de aproximação entre os flanges, considerando uma vida útil desta conexão de 25 a 30 anos.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

7.1. CERTIFICAÇÃO

- 7.1.1. O FABRICANTE deve possuir certificação ISO 9001, ou sua correspondente brasileira ABNT NBR ISO 9001.
- 7.1.2. Os seguintes requisitos devem ser atendidos sempre que o equipamento ao qual os fixadores se destinam for objeto de Certificação:
1. A CONTRATADA deve assegurar que o inspetor da Entidade Certificadora acompanhe todo o processo de inspeção dos fixadores detalhados na Tabela 3;
 2. Os fixadores devem receber uma certificação independente, assegurando o atendimento aos requisitos desta ET, dentro do conjunto de certificações relativas ao equipamento/instalação a ser fornecido pela CONTRATADA.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 17 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

7.2. INSPEÇÃO PELO FABRICANTE

- 7.2.1. A Tabela 3 resume as atividades de inspeção obrigatórias do FABRICANTE.
- 7.2.2. Todos os ensaios devem ser executados por profissionais devidamente qualificados, independentemente do local (laboratório próprio ou entidade credenciada).

Tabela 3: Escopo mínimo de ensaios obrigatórios a ser executado pelo FABRICANTE no produto

Aplicável a	Ensaio	Amostragem por lote	Critérios de aceitação		Ensaio em Entidade Independente
			Exceto porcas	Porcas	
Matéria-prima	Análise química, macrografia e análise do nível de inclusões	Mínimo 1 CP	Tabela 1	Tabela 2	Obrigatório
Material do fixador em processamento ^A	Metalografia	Mínimo 3 CPs	Tabela 1 e 7.2.5	Não aplicável	Obrigatório
	Microdureza	Em todos os CPs da metalografia	7.2.6	Não aplicável	
	Tenacidade ao impacto	Mínimo 3 CPs (ver 7.2.7.2 caso $\varnothing < 1/2''$)	Tabela 1 e 7.2.7	Não aplicável	
	Tração	Mínimo 3 CPs	7.2.8	Não aplicável	
	Dureza ^B	100% do lote	Tabela 1 e 7.2.9	Tabela 2 e 7.2.9	A critério do FABRICANTE ^C
Produto final	Visual	100% do lote	7.2.10	7.2.10	
	Dimensional	100% do lote	7.2.11	7.2.11	
	Líquido penetrante ou partículas magnéticas	100% do lote Porcas: ver 7.2.12.2	7.2.12	7.2.12	
	PMI (Positive Material Identification)	100% para os fixadores em liga ASTM A320 L43 e porcas ASTM A194	Tabela 1	Tabela 1	


NOTA A Ver 7.2.4.6.

NOTA B Ver 7.2.4.3, 7.2.4.7 e 7.3.6.

NOTA C Ver 7.2.4.3, 7.2.4.4 e 7.2.4.5.

7.2.3. TESTES DE MATÉRIA-PRIMA

- 7.2.3.1. Além dos testes e certificados fornecidos pelo fabricante da matéria-prima dos fixadores, o FABRICANTE dos fixadores deve realizar novamente análise química, macrografia e análise do nível de inclusões para aceitação da matéria-prima. Os critérios de aceitação para estes ensaios devem ser os da Tabela 1 e Tabela 2, referentes à classe e grau de material, composição química, macroestrutura e microestrutura.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 18 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES


- 7.2.3.2. Os testes de matéria-prima devem ser realizados em entidade independente, acreditada pelo INMETRO para realizar os ensaios necessários ou, no caso de laboratórios localizados no Exterior, acreditado por um órgão metrológico que atenda a ISO 17025.
- 7.2.3.3. Os relatórios destes testes devem ser disponibilizados para o Inspetor da COMPRADORA.

7.2.4. TESTES DO PRODUTO

- 7.2.4.1. Para cada Lote de Fabricação devem ser realizados com o produto no mínimo os testes descritos na Tabela 3, para os quais a amostragem e os critérios de aceitação ali informados devem ser seguidos.
- 7.2.4.2. Os ensaios do produto em processamento (com exceção dos ensaios de macrodureza) devem ser realizados em entidade independente acreditada pelo INMETRO para realizar os ensaios necessários ou, no caso de laboratórios localizados no Exterior, acreditado por um órgão metrológico que atenda a ISO 17025.
- 7.2.4.3. Para macrodureza, fica a critério do FABRICANTE realizar ensaios em laboratório próprio ou em entidade independente acreditada (contudo, considerar o especificado em 7.3.3).
- 7.2.4.4. Para demais ENDS (inspeções visual, dimensional e LP ou PM), fica a critério do FABRICANTE realizar os ensaios por profissionais próprios (devidamente qualificado), em entidade independente acreditada ou por profissional qualificado externo (contudo, considerar o especificado em 7.3.3 e 7.3.4).
- 7.2.4.5. Em caso de compra direta de fixadores pela PETROBRAS (ou seja, a COMPRADORA é a PETROBRAS), o FABRICANTE deve obrigatoriamente executar os ensaios de macrodureza e demais ENDS em entidade independente acreditada.
- 7.2.4.6. Os testes de dureza, metalografia, microdureza, impacto e tração devem ser executados após a realização de todas as etapas de tratamento térmico do material.
- 7.2.4.7. O ensaio de dureza pode ser executado com o produto final. Neste caso, no entanto, deve ser observado o item 7.2.9.5, e não é possível retrabalho do lote conforme previsto em 7.2.13.2, em caso de não conformidade.
- 7.2.4.8. Toda a documentação técnica deve ser disponibilizada para a análise do Inspetor da COMPRADORA, de acordo com o que prevê este documento.
- 7.2.4.9. Nas subseções de 7.2.5 a 7.2.12 são apresentados mais requisitos e informações a respeito dos testes especificados.
- 7.2.4.10. Em caso de rejeição de algum fixador por não atendimento aos critérios de aceitação, os critérios para rejeição do Lote de Fabricação apresentados na seção 7.2.13 devem ser observados.

7.2.5. ENSAIO DE METALOGRAFIA

- 7.2.5.1. O ensaio de metalografia deve ser realizado em parafuso, estojo, prisioneiro ou barra roscada, no estado acabado, na seção longitudinal, a meio diâmetro, de acordo com a amostragem indicada na Tabela 3, conforme método ASTM E3 e ASTM E7.
- 7.2.5.2. Os critérios de aceitação deste ensaio são os descritos na Tabela 1.
- 7.2.5.3. Os Corpos de Prova dos ensaios de metalografia devem ser guardados pelo FABRICANTE por no mínimo 5 anos e mantidos disponíveis para verificação futura, devidamente rastreáveis aos seus respectivos relatórios.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 19 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			SUB/ES/EESUB/EMES

7.2.5.4. Para o ataque metalográfico é recomendável utilizar o reagente Nital (conforme ASTM E407).

7.2.5.5. O ensaio de metalografia não é aplicável a porcas.

7.2.6. ENSAIO DE MICRODUREZA

7.2.6.1. Ensaio de microdureza Vickers ou Knoop conforme ASTM E384 devem ser realizados nas bandas de segregação a meio diâmetro em todos os corpos de prova utilizados nos ensaios de metalografia (seção 7.2.5) para verificação da presença de martensita não-revenida na microestrutura do material (bandas de martensita não-revenida apresentam-se com coloração clara após ataque metalográfico Nital, conforme ASTM E407).

7.2.6.2. Todos os durômetros de microdureza devem ser calibrados com padrões rastreáveis à Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou entidade similar quando o componente for fabricado no exterior.

7.2.6.3. Os ensaios de microdureza devem ser realizados com carga de 50 gramas e a área da impressão deve estar totalmente contida na banda (ver Figura 2).

7.2.6.4. Devem ser realizadas pelo menos 5 indentações por banda clara identificada suspeita de ser martensita não revenida.

7.2.6.5. Caso não sejam identificadas bandas de martensita não-revenida pelo ataque metalográfico, devem ser realizadas pelo menos 5 indentações em uma banda de segregação de coloração mais escura, em corpo de prova de metalografia retirado a meio diâmetro.

7.2.6.6. Para os casos descritos nos itens 7.2.6.4 e 7.2.6.5, a microdureza de cada indentação não pode ser superior a 450 HV_{0,05} ou 470 HK_{0,05}.

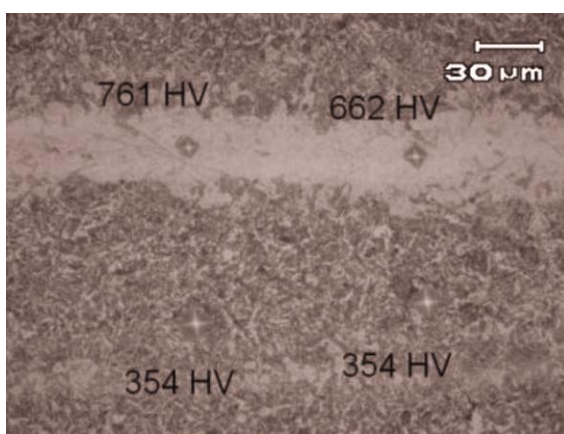



Figura 2: Imagem ilustrando a medida de dureza realizada na banda de martensita não revenida (região clara) e dureza na região de martensita revenida (região escura)

7.2.6.7. Os Corpos de Prova devem ser guardados e mantidos disponíveis, conforme 7.2.5.3.

7.2.6.8. O ensaio de microdureza não é aplicável a porcas.

7.2.7. ENSAIO DE TENACIDADE AO IMPACTO

7.2.7.1. Ensaio de tenacidade ao impacto devem ser executados pelo método Charpy V-notch, conforme ASTM A370, segundo critérios desta norma e da Tabela 1.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 20 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

- 7.2.7.2. Conforme ASTM A320, para fixadores com diâmetro inferior a 12,5 mm (1/2") não é necessário o ensaio Charpy. Caso for executado, utilizar os fatores de ajuste da Tabela 4 conforme a dimensão do CP utilizado.
- 7.2.7.3. Os corpos de prova devem ser retirados a meio diâmetro para diâmetros de 25 mm ou inferiores, e a meio raio para diâmetros acima de 25 mm, conforme ASTM A320.
- 7.2.7.4. Deve ser feito um ensaio de impacto (três corpos de prova) para cada Lote de Fabricação.

Tabela 4: Fatores de ajuste para corpos de prova de impacto reduzidos


Dimensão do CP	Fator de ajuste
10 mm x 7,5 mm	0,833
10 mm x 5,0 mm	0,667
10 mm x 2,5 mm	0,333

7.2.8. ENSAIO DE TRAÇÃO

- 7.2.8.1. Deve atender aos requisitos de limite de escoamento, tensão de ruptura, alongamento e redução de área estabelecidos na Tabela 1 e norma ASTM A320 Gr. L7 ou Gr. L43.
- 7.2.8.2. Os corpos de prova devem ser retirados a meio diâmetro para diâmetros até 38 mm e a meio raio para diâmetros superiores, conforme ASTM A370.
- 7.2.8.3. A quantidade de ensaios por Lote de Fabricação deve ser definida conforme a tabela 3 e ASTM A962, e isso é válido mesmo para para lotes inferiores a 50 peças.
- 7.2.8.4. Os corpos de prova rompidos dos ensaios de tração devem ser guardados pelo FABRICANTE por no mínimo 5 anos e mantidos disponíveis para verificação futura, devidamente rastreáveis aos seus respectivos relatórios.
- 7.2.8.5. O ensaio de tração não é aplicável a porcas.
- 7.2.8.6. O limite de escoamento mínimo deve ser determinado através do método offset especificado na norma ASTM A370. O extensômetro utilizado deve atender no mínimo a classe B2.

7.2.9. ENSAIO DE DUREZA

- 7.2.9.1. Ensaios de dureza Brinell ou Rockwell C devem ser realizado em todos os fixadores do Lote de Fabricação, conforme ASTM E10 ou ASTM E18, respectivamente.
- 7.2.9.2. Todos os durômetros devem ser calibrados com padrões rastreáveis à Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou entidade similar quando o componente for fabricado no exterior.
- 7.2.9.3. Os níveis aceitáveis de dureza são conforme a Tabela 1 para parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas; e conforme a Tabela 2 para porcas.
- 7.2.9.4. Os resultados dos ensaios de dureza podem ser convertidos entre as escalas Brinell e Rockwell C de acordo com a norma ASTM E140.
- 7.2.9.5. Caso o revestimento seja removido para a execução dos testes de dureza, a região testada do fixador deve ser pintada com tinta resistente a imersão em água salgada e adequada para a aplicação sobre superfície não jateada.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 21 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

7.2.10. ENSAIO VISUAL

- 7.2.10.1. As normas ASTM F788 e ASTM F812 devem ser atendidas na íntegra.
- 7.2.10.2. Todas as superfícies dos fixadores devem estar livres de dobras, costuras, protuberâncias, trincas e outros defeitos superficiais.

7.2.11. ENSAIO DIMENSIONAL


- 7.2.11.1. Todos os fixadores devem ser verificados com relação ao dimensional.
- 7.2.11.2. O dimensional deve atender às dimensões e tolerâncias estabelecidas nas normas de geometria especificadas pela Compradora.
- 7.2.11.3. As roscas devem ser verificadas através de calibradores em bom estado, certificados por entidade competente (no Brasil, pela Rede Brasileira de Calibração, RBC).

7.2.12. ENSAIO POR LÍQUIDO PENETRANTE OU PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

- 7.2.12.1. Os fixadores devem ser inspecionados por partículas magnéticas, conforme ASTM E1444. Na impossibilidade de executar o ensaio por partículas magnéticas, os fixadores devem ser inspecionados por líquido penetrante conforme ASTM E1417.
- 7.2.12.2. Para parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas a amostragem deve ser 100% do lote. Para porcas a amostragem deve ser conforme NBR 5426 – nível de inspeção geral II para plano de amostragem simples – normal. Alternativamente, a ISO 2859-1 poderá ser usada em substituição à NBR 5426, desde que utilizados os mesmos parâmetros anteriores.
- 7.2.12.3. Critério de aceitação: nenhuma descontinuidade detectada é aceitável.

7.2.13. CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DO LOTE DE FABRICAÇÃO PARA OS ENSAIOS EXECUTADOS PELO FABRICANTE

- 7.2.13.1. A rejeição de qualquer fixador de um Lote de Fabricação obriga o FABRICANTE (e/ou a COMPRADORA) a rejeitar todo o Lote de Fabricação em questão.
- 7.2.13.2. Para evitar a rejeição do Lote de Fabricação inteiro, o lote pode sofrer retrabalho uma única vez, de acordo com as regras estabelecidas nos parágrafos 7.2.13.3, 7.2.13.4 e 7.2.13.5.
- 7.2.13.3. Os fixadores rejeitados em ensaios realizados em 100% do lote podem ser segregados dos demais fixadores de seu Lote de Fabricação, podendo estes últimos (demais fixadores) ser aceitos. Os fixadores que forem rejeitados em ensaios de dureza e segregados podem ser retrabalhados (uma única vez) ou descartados definitivamente a critério do FABRICANTE. O conjunto dos fixadores segregados e retrabalhados de um determinado lote passa a configurar um novo Lote de Fabricação. Fixadores rejeitados na inspeção visual, dimensional e/ou LP/PM não podem ser retrabalhados, apenas segregados e descartados definitivamente.
- 7.2.13.4. O Lote de Fabricação que tiver, pela primeira vez, um ou mais Corpos de Provas rejeitados em ensaios feitos por amostragem (Tabela 3) deve ser ou inteiramente retrabalhado ou inteiramente e definitivamente rejeitado, a critério do FABRICANTE.
- 7.2.13.5. Todos os ensaios de controle de qualidade estabelecidos na Tabela 3 desta Especificação Técnica (com exceção dos ensaios de matéria-prima) devem ser repetidos para o Lote de Fabricação de fixadores retrabalhados. Caso ocorra nova reprovação em qualquer fixador

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 22 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	

do lote retrabalhado, todo o Lote de Fabricação retrabalhado deve ser rejeitado definitivamente.

- 7.2.13.6. Um RRM (Relatório de Rejeição de Material) deve ser emitido para todos os Lotes de Fabricação rejeitados (definitivamente ou não).
- 7.2.13.7. O Lote de Fabricação de fixadores que for rejeitado definitivamente por esta Especificação Técnica deve ser adequadamente identificado de forma a ser reconhecido como impróprio para utilização submarina.
- 7.2.13.8. Caso nenhum fixador seja rejeitado pela inspeção do FABRICANTE, da COMPRADORA ou Terceira Parte contratada, o Lote de Fabricação pode ser aceito, para o qual deve ser emitido o correspondente RLM (Relatório de Liberação de Material).

7.3. INSPEÇÃO PELA COMPRADORA


- 7.3.1. A Tabela 5 resume as atividades de inspeção obrigatórias da COMPRADORA.
- 7.3.2. A COMPRADORA deve realizar, sob sua responsabilidade e em entidade independente acreditada pelo INMETRO (ou, no caso de laboratórios localizados no Exterior, acreditado por um órgão metrológico que atenda a ISO 17025), ensaios de dureza e inspeção visual e dimensional segundo amostragem determinada aplicando o critério da NBR 5426 – Nível de inspeção geral I para plano de amostragem simples – normal, atendendo a NQA 0,040. Alternativamente, a ISO 2859-1 poderá ser usada em substituição à NBR 5426, desde que utilizados os mesmos parâmetros anteriores. Qualquer peça não conforme reprova todo o Lote de Fabricação. As inspeções visual e dimensional podem ser realizadas na COMPRADORA por profissional externo qualificado, como alternativa à entidade independente acreditada.

Tabela 5: Resumo das atividades de inspeção mínimas obrigatórias da COMPRADORA

Ensaio / requisitos	Amostragem	Critério de aceitação
Dureza	NBR 5426 – Nível de inspeção geral I para plano de amostragem simples – normal, atendendo a NQA 0,040. Qualquer peça não conforme reprova o Lote de Fabricação ^D	Fixadores exceto porcas: Tabela 1 e 7.2.9 Porcas: Tabela 2 e 7.2.9
Visual		7.2.10
Dimensional		7.2.11
PMI (para fixadores liga L43)		Tabela 1
Avaliação da documentação técnica do FABRICANTE (Databook)	Toda a documentação	Não são aceitos desvios com relação às especificações constantes nesta ET e nas normas aplicáveis

NOTA D Ver parágrafo 7.3.6.

- 7.3.3. Caso o ensaio de macrodureza e/ou de inspeções visual e/ou dimensional do FABRICANTE, previstos na seção 7.2, forem realizados por entidade independente acreditada (ver 7.2.4.3 e 7.2.4.4), não é necessária a realização dos respectivos ensaios (já realizados em entidade independente) previstos na Tabela 5 (e no parágrafo 7.3.2).
- 7.3.4. Caso as inspeções visual e/ou dimensional do FABRICANTE, previstos na seção 7.2, forem realizados por profissional externo qualificado (ver 7.2.4.4), não é necessária a repetição da(s) inspeção(ões) já realizada(s), desde que a COMPRADORA tenha

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 23 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

testemunhado a(s) inspeção(ões) no FABRICANTE em um nível de amostragem equivalente ao indicado na Tabela 5.

- 7.3.5. Com exceção da amostragem, os ensaios de dureza, visual e dimensional devem seguir os requisitos das seções 7.2.9, 7.2.10 e 7.2.11, respectivamente.
- 7.3.6. Para evitar que qualquer não conformidade encontrada nos ensaios visual e dimensional leve à rejeição de todo o Lote de Fabricação (conforme 7.3.2), a COMPRADORA pode executar inspeção em 100% do lote e, neste caso, descartar apenas os fixadores não conformes. Esta permissão para evitar a rejeição de todo o lote não é válida para o ensaio de macrodureza, visto que um fixador rejeitado na inspeção da COMPRADORA indica que o laboratório do FABRICANTE não apresenta controle de qualidade suficiente para identificar e segregar produtos não conformes.
- 7.3.7. Ao final da inspeção, a COMPRADORA deve avaliar a documentação técnica emitida pelo FABRICANTE (*Databook*). Qualquer não conformidade sem tratamento adequado e sem a aprovação da COMPRADORA, identificada na avaliação da documentação, implica na rejeição de todo o Lote de Fabricação.
- 7.3.8. Ao final da inspeção executada pela COMPRADORA, esta deve emitir um documento (Relatório de Inspeção) consolidando os resultados da sua inspeção, conforme parágrafo 9.3.3.
- 7.3.9. Para os casos em que a Petrobras realizar compra diretas de fixadores em aço baixa liga de alta resistência para aplicação submarina, a Inspeção pela Compradora deverá ser realizada pelo próprio Responsável pela Inspeção de Fabricação do Fornecedor, conforme definido na referência 50.


7.4. RASTREABILIDADE

- 7.4.1. O FABRICANTE deve dispor de procedimento descrevendo a sistemática de identificação dos fixadores e deve garantir o controle da rastreabilidade por Lote de Fabricação até a liberação final e entrega.
- 7.4.2. Os fixadores devem ser individualmente marcados conforme requisitos da seção 8.1. Suas embalagens devem ser identificadas conforme requisitos do parágrafo 8.2.6.
- 7.4.3. Os corpos de prova rompidos dos ensaios de tração e de metalografia, especificado na seção 7.2, devem estar identificados, devidamente rastreáveis aos seus respectivos relatórios de teste e serem mantidos disponíveis (ver parágrafo 7.2.5.3).

8. IDENTIFICAÇÃO E ACONDICIONAMENTO PARA TRANSPORTE

8.1. MARCAÇÃO

- 8.1.1. Todos os fixadores devem ser identificados com marcação em relevo do logotipo do FABRICANTE e do grau do material, a qual deve ser realizada na face de maior comprimento da rosca para o caso de prisioneiros e barras roscadas, e conforme ASTM A962 para os demais tipos de fixadores.
- 8.1.2. Todos os fixadores com diâmetro nominal igual ou superior a 3/4 de polegada devem ser marcados adicionalmente com a identificação do Lote de Fabricação.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 24 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA


8.2. EMBALAGEM

- 8.2.1. Os fixadores devem ser acondicionados em caixas de material apropriado e protegidos de modo a evitar o contato entre si durante o transporte.
- 8.2.2. As embalagens devem proteger os fixadores de danos de transporte e corrosão.
- 8.2.3. As caixas devem ser projetadas com resistência suficiente para acondicionar os fixadores durante o período de armazenamento no almoxarifado da COMPRADORA.
- 8.2.4. Cada caixa só pode conter fixadores de um mesmo Lote de Fabricação.
- 8.2.5. As caixas devem ser projetadas para movimentação por empilhadeira (quando não puderem ser erguidas e manuseadas cheias por uma só pessoa).
- 8.2.6. As caixas devem ser identificadas adequadamente com as informações constantes na Folha de Dados dos fixadores (conforme seção 9.4, com a exceção de que as informações de quantidade e de peso total são relativas ao conteúdo da caixa, e não do Lote de Fabricação).

9. DOCUMENTAÇÃO

9.1. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA REQUERIDA

- 9.1.1. Os seguintes documentos relativos ao processo de fabricação dos fixadores devem ser elaborados/disponibilizados pelo FABRICANTE e fornecidos para aprovação da PETROBRAS:
1. Certificação ISO 9001;
 2. Especificação do Procedimento de Fabricação (*MPS*);
 3. Plano de Inspeção e Testes (*PIT*);
 4. Procedimento descrevendo a sistemática de identificação dos fixadores e controle de rastreabilidade (conforme 7.4.1);
 5. *Databook* (Manual de Fabricação);
 6. Certificado de qualidade dos fixadores (conforme 7.1.2, alínea 2); e
 7. Folha de Dados (conforme 9.4).
- 9.1.2. A COMPRADORA deve apresentar, para aprovação da PETROBRAS, os resultados de sua inspeção em Relatórios de Inspeção próprios, e incluí-los no seu *Databook*, conforme parágrafo 9.3.3.
- 9.1.3. Deve ser observado ainda que a COMPRADORA e/ou a CONTRATADA devem incluir um Memorial de Cálculo ou referência normativa para determinação do torque de aperto dos fixadores no Manual ou Relatório de Projeto dos equipamentos a ser emitidos por elas, conforme parágrafo 4.5.3.
- 9.1.4. É obrigatório, independente do fornecedor, o acompanhamento da inspeção de fabricação via a emissão de um *PIT* (Plano de Inspeção e Testes) com uma terceira parte independente na validação do processo. A terceira parte deverá ser definida pela COMPRADORA. Esse documento deverá ser recebido, comentado e aprovado pela PETROBRAS.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 25 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

9.2. ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE FABRICAÇÃO (MPS)

9.2.1. No mínimo as seguintes informações devem ser incluídas na Especificação do Procedimento de Fabricação (MPS) dos fixadores:

1. Especificações do material, incluindo composição química com respectivas tolerâncias e propriedades mecânicas requeridas;
2. Qualificação do material;
3. Relação de todos os subfornecedores que executam ou participam na execução de qualquer etapa do fornecimento, desde o fornecimento da matéria-prima até a inspeção e liberação final, devidamente avaliados e registrados na sua lista de fornecedores (*Vendor List*);
4. Método de fabricação do aço, inclusive lingotamento;
5. Método de conformação das barras;
6. Método de fabricação dos fixadores, incluindo processos de conformação;
7. Procedimento de tratamento térmico incluindo o ciclo térmico, descrição das práticas adotadas para normalização, têmpera e revenimento (inclusive o meio de resfriamento), temperaturas com tolerâncias, curvas de aquecimento, resfriamento e patamar;
8. Especificação do Revestimento (conforme 9.2.2); e
9. Requisitos dos ensaios não destrutivos;

9.2.2. A Especificação do Revestimento deve conter no mínimo as seguintes informações:


1. Tipo de revestimento;
2. Processo de aplicação do revestimento;
3. Faixas de espessura;
4. Teste de qualificação do revestimento, incluindo ensaio de corrosão;
5. Plano de Inspeção e Testes; e
6. Relação de normas técnicas aplicáveis.

9.3. DATABOOKS (MANUAIS DE FABRICAÇÃO)

9.3.1. Tanto o FABRICANTE quanto a COMPRADORA devem emitir o seu próprio *Databook* para os fixadores.

9.3.2. O *Databook* do FABRICANTE deve incluir no mínimo as seguintes informações:

1. Certificados de materiais;
2. Gráficos de tratamento térmico, inclusive desidrogenação (observando 4.4.8, 4.5.8.4 e 5.3.2);
3. Relatório cronológico de entrada e saída de material, conforme parágrafos 4.5.6 e 4.5.8.5;
4. Procedimentos;
5. Registros de qualificação;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 26 de 34
	TÍTULO: FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA		PUBLICA

6. Plano de inspeção;
7. Relatórios de Inspeção;
8. Relatórios dos ensaios com os resultados, informando locais de retirada dos corpos-de-prova; e
9. Resultados dos ensaios nos fixadores retrabalhados (conforme 7.2.13.5).

9.3.3. O *Databook* da COMPRADORA deve conter no mínimo:


1. Relatórios dos ensaios executados pela COMPRADORA;
2. Atestado confirmando que avaliou o *Databook* do FABRICANTE relativo aos Lotes de Fabricação em questão, incluindo no atestado a conclusão da avaliação;
3. Relatórios de Inspeção, com resultados dos ensaios (ver 7.3.8); e
4. Relação de RRM's e RLM's emitidos (ver 7.2.13.6 e 7.2.13.8).

9.4. FOLHA DE DADOS

9.4.1. Uma Folha de Dados, com o seguinte conteúdo mínimo, deve ser emitida para cada Lote de Fabricação:

Seq.	Descrição	Valor e Unidade	Observações
1	Aplicação	"PARA APLICAÇÃO SUBMARINA"	Conforme ET-3000.00-1500-251-PEK-001 rev. D
2	Designação (dimensões) dos fixadores		
3	Quantidade		
4	Peso total		
5	Nome do FABRICANTE		
6	Código do Lote de Fabricação		
7	Data do fornecimento		
8	Número da Nota Fiscal		
9	Número da Ordem de Compra		
10	Número do item na Ordem de Compra		
11	Número da Parte (<i>Part Number</i>) da COMPRADORA		
12	Código da Especificação do Material		
13	Código da Especificação do Revestimento		
14	Código da Especificação do Procedimento de Fabricação (<i>MPS</i>)		
15	Código do <i>Databook</i> do FABRICANTE		

NOTA: Os códigos de documentos devem ser informados com o número da revisão do documento.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 27 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			SUB/ES/EESUB/EMES

ANEXO I ESPECIFICAÇÃO API SPEC 20E BSL-2

AI.1. GERAL


- AI.1.1. Devido às similaridades de requisitos e de forma a facilitar o fornecimento e o entendimento desta Especificação Técnica, é permitido especificar fixadores conforme API SPEC 20E nível BSL-2, para os graus ASTM A320 Gr. L7 e Gr. L43 e ASTM 194 Gr. 4 e Gr. 7, considerando os requisitos adicionais descritos a seguir.
- AI.1.2. Estes requisitos adicionais devem fazer parte da especificação da COMPRADORA, que deve ser submetida à PETROBRAS para aprovação.

AI.2. MATERIAL

- AI.2.1. O limite de escoamento máximo é limitado a 138 ksi (950 MPa).
- AI.2.2. Os valores de dureza mínima e máxima para fixadores (exceto porcas) estão limitados a 26 HRC e 32 HRC, respectivamente.
- AI.2.3. Os valores de dureza mínima e máxima para porcas estão limitados a 24 HRC e 32 HRC, respectivamente.
- AI.2.4. O ensaio de impacto deve ser realizado na temperatura de -101°C conforme ASTM A320.
- AI.2.5. Ensaio de microdureza Vickers ou Knoop devem ser realizados em bandas de segregação a meia espessura em um corte longitudinal para verificação da presença de martensita não revenida, conforme seção 7.2.6.

AI.3. FABRICAÇÃO E TRATAMENTO TÉRMICO

- AI.3.1. Os materiais não podem ser submetidos a cortes por cisalhamento, oxicorte, eletrodo de grafite ou laser.
- AI.3.2. Além do Grau ASTM A320 L43, o Grau ASTM A320 L7 também deve passar por duplo revenimento.
- AI.3.3. Para os parafusos, estojos, prisioneiros e barras roscadas cuja rosca é confeccionada por laminação e após o segundo revenimento, deve ser realizado um processo de alívio de tensão em temperatura entre 550°C e a do último revenimento realizado.
- AI.3.4. O tratamento de alívio de tensão pode ser suprimido caso o último ciclo de revenimento seja executado após a laminação da rosca e desde que atenda às especificações do parágrafo 4.4.1.
- AI.3.5. Não é permitido o resfriamento no forno, devendo ser reportado o meio de resfriamento adotado.
- AI.3.6. O tratamento térmico de revenimento não pode ser executado após a aplicação do revestimento metálico anticorrosivo (risco de fragilização por metal líquido/sólido).
- AI.3.7. Os requisitos da seção 4.4.13 (Descarbonetação) desta ET devem ser atendidos.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 28 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

AI.4. REVESTIMENTO

AI.4.1. Os requisitos de revestimento devem ser conforme seção 4.5 do presente documento, incluindo tratamento térmico de desidrogenação conforme ASTM B850 Classe ER-9.

AI.5. AMOSTRAGEM E INSPEÇÃO


AI.5.1. Os requisitos de inspeção e acompanhamento para ensaios mecânicos, de metalografia e não destrutivos devem ser conforme estabelecidos na Tabela 5 do presente documento.

AI.5.2. A amostragem para ensaios mecânicos, de metalografia e END deve ser conforme estabelecido na Tabela 3 do presente documento.

AI.5.3. A frequência de amostragem deve cumprir com os requisitos do item 6.2.12 dessa especificação técnica ao invés dos critérios estabelecidos pela API SPEC 20E nível BSL 2.

AI.6. RASTREABILIDADE

AI.6.1. Os requisitos de rastreabilidade devem ser conforme seção 7.4 do presente documento.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 29 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

ANEXO II ESPECIFICAÇÃO API SPEC 20F BSL-3 PARA FIXADORES EXPOSTOS (EXPOSED BOLTING)

AII.1. GERAL


- All.1. a) Conforme item 1.2.4, para fixadores na situação de projeto de *exposed bolting*, pode ser adotado material conforme especificação ASTM A453 Gr.660D API SPEC 20F.
- All.1. b) Se aplicam todos os requisitos do nível BSL-3 da API SPEC 20F, exceto quando modificados pelo texto do presente anexo.
- All.1. c) O uso de fixador com liga ASTM A320 L7M em componentes sob isolamento térmico (*exposed bolting*) é permitido mediante aprovação da PETROBRAS, conforme indicado no item 1.2.5.
- All.1. d) Estes requisitos adicionais constantes nesse anexo II devem fazer parte da especificação da COMPRADORA, que deve ser submetida à PETROBRAS para aprovação.
- All.1. e) Caso o meio corrosivo assumido para a condição de campo seja mais severo que os limites da NACE MR0175 para a especificação ASTM A453 Gr.660D (liga UNS 66286), o material deverá ser qualificado (testes de corrosão sob tensão) para as condições de serviço ácido conforme ANEXO III.
- All.1. f) Deve ser considerado que o material pode ser exposto ao seguinte meio corrosivo: fH₂S = 1,5 psia, pH = 4,0, salinidade (assumindo exposição a água do mar) = 35 g/L, temperatura de até 135 °C. Eventuais meios corrosivos de maior severidade para serviço ácido as condições deverão ser questionadas pela COMPRADORA por meio de consulta técnica e encaminhadas para avaliação da PETROBRAS.
- All.1. g) Temperaturas inferiores podem ser consideradas desde que sejam apresentadas pela COMPRADORA análises de elementos finitos comprovando a temperatura na superfície do fixador e apresentadas para análise e aprovação da PETROBRAS. Neste caso, os ajustes necessários para o meio corrosivo dos testes devem ser estimados pela COMPRADORA, baseado em simuladores termodinâmicos, e apresentados para avaliação e aprovação da PETROBRAS.

AII.2. MATERIAL

- All.2. a) O tratamento térmico para o material deve estar de acordo com a norma ASTM A453 Ed. 2017, tabela 4.
- All.2. b) O processo fabril deve evitar a introdução de concentradores de tensão, como por exemplo marcas de ferramentas e usinagem. Os filetes podem ser usinados ou rolados.
- All.2. c) Os materiais não podem ser submetidos a cortes por cisalhamento, oxicorte, eletrodo de grafite ou laser.

AII.3. ENSAIOS MECÂNICOS

- All.3. a) Os ensaios mecânicos devem ser executados após todos os tratamentos térmicos, incluindo o endurecimento por precipitação.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 30 de 34
	TÍTULO: FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA		PUBLICA

- All.3. b) Em caso de ensaios mecânicos realizados pelo fornecedor da matéria-prima, o FABRICANTE do fixador deverá realizar re-testes.
- All.3. c) Os testes devem ser realizados em cada Lote de Fabricação conforme tabela 3.
- All.3. d) As propriedades mecânicas deverão atender a tabela 5 ASTM A453 Ed. 2017 para o Grau 660 e Classe D.
- All.3. e) A reprovação de qualquer ensaio mecânico e/ou dos itens All.3 (f) e (g) resulta na reprovação de todo o lote, que poderá sofrer novo ciclo de tratamento térmico para adequação por somente mais uma única (1) vez.
- All.3. f) O ensaio de macrodureza deve ser feito em 100% dos fixadores e porcas. Os valores de dureza mínima e máxima estão limitados a 24 HRC e 35 HRC, respectivamente.
- All.3. g) Ensaios de microdureza Vickers ou Knoop devem ser realizados a partir da parte inferior das roscas do parafuso, há cerca de 2 mm de profundidade a partir do filete de rosca, com uma distância de 200 µm entre os pontos de medição. A microdureza deverá ser realizada com carga de 100 gramas. O critério de aceitação é de dureza máxima de até 450 HV ou 470 HK. Lotes que possuam corpos de prova com microdureza acima desse valor devem ser rejeitados. A Figura 3 possui o detalhamento.

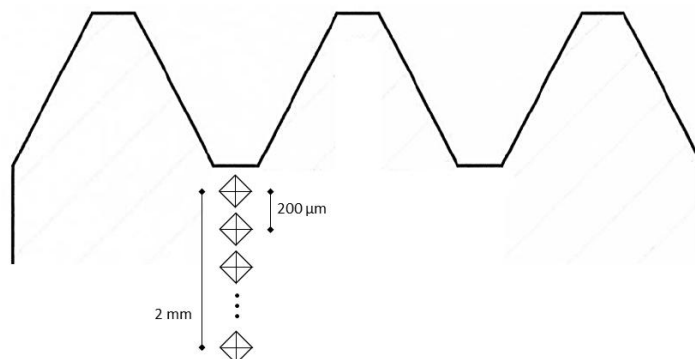



Figura 3: Imagem ilustrando os pontos de medição de dureza em função do perfil do filete de rosca

AII.4. REVESTIMENTO

- All.4. a) Caso sejam adotados revestimentos não-metálicos e não condutores (Ex: base PTFE), deverá ser realizado o teste de continuidade elétrica após a montagem dos fixadores. Adicionalmente, indicar no *databook* essa verificação.

AII.5. AMOSTRAGEM E INSPEÇÃO

- All.5. a) A frequência de amostragem para ensaios mecânicos, de metalografia e ensaios não destrutivos superficiais (END) devem ser conforme API 20F nível BSL-3.


	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 31 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

All.5. b) Ensaios não-destrutivos volumétricos (ultrassom) devem ser realizados em 100% dos fixadores (qualquer diâmetro). O critério de aceitação deve ser conforme API 20F nível BSL-3.

AII.6. DIMENSIONAL, VISUAL E PMI

All.6. a) Para inspeção visual e dimensional, aplicam-se os requisitos da API 20F nível BSL-3, com inspeção e verificação de todas as peças do lote (100% do lote).

All.6. b) Para verificação por *Positive Material Identification* (PMI), aplicam-se os requisitos da API 20F nível BSL-3, com inspeção e verificação de todas as peças do lote (100% do lote);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 32 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	
			PUBLICA
			SUB/ES/EESUB/EMES

ANEXO III PROTOCOLO PARA TESTES NOS FIXADORES EXPOSTOS “EXPOSED BOLTING”

AIII.1. MECANISMO DE TRINCAMENTO


- AIII.1. a) A Liga 660 (UNS S66286) é um aço inoxidável austenítico endurecido por precipitação e apresenta como potencial mecanismos de trincamento principais em serviço com H₂S a Corrosão Sob Tensão por Sulfetos (SSC), a Corrosão Sob Tensão por Cloretos (SCC) e a Corrosão Sob Tensão pelo hidrogênio e o Trincamento Sob Tensão por Hidrogênio Induzido Galvanicamente (GHSC), conforme Tabela B.1 da parte 3 da NACE MR0175/ISO 15156 (1).
- AIII.1. b) Para o mecanismo de SCC a máxima temperatura de exposição é a mais crítica, ao passo que a temperatura baixa (ambiente ou inferior) é considerada mais crítica para os mecanismos de SSC e GHSC.
- AIII.1. c) A seguir são apresentadas orientações para a realização dos testes na Liga 660 para qualificação para serviço ácido em meio equivalente ao considerado para os cenários de aplicação dos equipamentos submarinos da PETROBRAS. São demandados testes de somente os mecanismos de SCC (itens AIII.2 a AIII.6) e GHSC (item AIII.7).

AIII.2. TESTES DE SCC

- AIII.2. b) Os testes de corrosão sob tensão devem ser realizados conforme diretrizes do anexo B (sobretudo item B.5) da parte 3 da NACE MR0175/ISO 15156 (1), seguindo preferencialmente o Método A (Tração Uniaxial – UT) da norma NACE TM0177 (2).
- AIII.2. b) O método FPB, conforme NACE TM0316 (3), pode alternativamente ser considerado, no caso de necessitar testar alguma microestrutura mais representativa (e.g. próximo à superfície do corpo de prova) ou no caso de maior facilidade de confecção dos CPs a partir da amostra de material disponível.

AIII.3. CORPO DE PROVA

- AIII.3. a) O corpo de prova do teste UT deve ser fabricado em conformidade com a norma e NACE TM0177 e usinado de modo que aplicação do carregamento mecânico (longitudinal) seja no mesmo sentido de aplicação do carregamento do fixador em campo. Deve ser preferencialmente utilizado o tamanho “size” da norma, em detrimento do “subsize”. O último pode ser considerado na impossibilidade geométrica, ou por falta de material suficiente para confeccionar todos os corpos de prova. No caso dos testes tipo FPB, os CPs devem ser confeccionados em conformidade com a norma NACE TM0316.
- AIII.3. b) A(s) amostra(s) de onde os corpos de prova será(ão) extraídos deverão ter metalurgia e microestrutura representativa ou conservadora da condição do material utilizado em campo. Diferentes condições de manufatura, incluindo tratamentos térmicos ou graus de encruamento (caso aplicável), demanda novas qualificações. Os itens 8.3.2 (parte 1) e B.2.2 (parte 3) da NACE MR0175/ISO 15156 devem ser observados neste contexto.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 33 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

AIII.4. TENSÃO APLICADA

AIII.4. a) Deve ser aplicado 90% da Tensão de Escoamento Real (AYS) no teste UT (método A), ou 100% do AYS para o teste FPB. A tensão de escoamento do material deve ser obtida conforme orientado no item B.3.4 da parte 3 da NACE MR0175/ISO 15156.

AIII.5. MEIO CORROSIVO

AIII.5. a) As condições do teste e meio corrosivo podem ser projetados conforme item B.3.5.2 da parte 3 da NACE MR0175/ISO 15156, preferencialmente simulando as condições reais e/ou conservadoras e abrangentes de serviço. Assim, define-se realizar os testes de SCC nas seguintes condições:

- Pressão total = 40 bara;
- Temperatura = 135°C;
- Gases ácidos = 99,7% mol CO₂ e 0,3% mol H₂S;
- Solução aquosa = 35 g/L NaCl e 120 mg/L NaHCO₃.

Estima-se nessas condições uma fH₂S de 1,5 psia e pH de 4,0.

AIII.5. b) Alternativamente o teste pode ser realizado conforme “Level VII” da Tabela D.1 da NACE MR0175/ISO 15156. Não considerar enxofre elementar (S) nem acoplamento galvânico com o aço C-Mn. A solução aquosa deve ter volume máximo de 75% do volume da autoclave de teste.


AIII.5. c) A solução aquosa deve ser previamente desaerada à temperatura e pressão ambiente por meio de borbulhamento contínuo com N₂ de alta pureza com fluxo de borbulhamento mínimo de 200 mL/min por litro de solução, por no mínimo 1 hora. Deve ser demonstrado que o teor de oxigênio foi reduzido para pelo menos 10 ppb (preferencialmente inferior a 5 ppb).

AIII.5. d) Após a desaeração, a temperatura deve ser elevada até a temperatura de teste (130°C) e em seguida admitida a entrada dos gases ácidos (de maior pureza possível) para a pressurização do sistema (40 bara). A saturação da solução aquosa deve ser realizada nas condições de temperatura e pressão do teste, com fluxo de borbulhamento mínimo de 200 mL/min para cada litro de solução, por no mínimo 4 horas. O borbulhamento contínuo pode ser reduzido para 10 mL/min por litro de solução e deve ser mantido durante a duração de todo o teste.

AIII.5. e) Deve haver cuidados para evitar a contaminação de oxigênio nos testes, incluindo a escolha de gases de elevada pureza, tipo de *tubing* utilizado etc. Simulações com modelos termodinâmicos podem ser realizadas, considerando a pureza dos gases utilizados, para demonstrar que o protocolo, incluindo a vazão e tempo, do borbulhamento adotado para a desaeração e saturação do sistema é suficiente para esse fim.

AIII.6. DURAÇÃO DOS TESTES

AIII.6. a) A duração dos testes deve ser de no mínimo 3 meses, conforme circular técnico 2 do ano de 2022 (4) para a parte 3 da norma NACE MR0175/ISO 15156.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3000.00-1500-251-PEK-001	REV.: D
	INSTALAÇÕES SUBMARINAS		FOLHA: 34 de 34
	TÍTULO:	FIXADORES EM AÇO BAIXA LIGA DE ALTA RESISTÊNCIA PARA APLICAÇÃO SUBMARINA	PUBLICA

AIII.7. TESTE DE GHSC

- AIII.7. a) As orientações do anexo B (sobretudo item B.8) da parte 3 da NACE MR0175/ISO 15156 devem ser seguidos para realizar o teste de GHSC. Assim como para a avaliação da CTS, o método de teste recomendado também é o UT (Método A da NACE TM0177), com carga aplicada de 90% do AYS, sendo alternativamente aceito realizar o FPB (conforme NACE TM0316) com carga de 100% do AYS.
- AIII.7. b) Pode ser utilizada a solução A da NACE TM0177, ou a solução projetada para a condição mais severa de aplicação dos fixadores em campo (ver item B.3.5.4 (ambiente tipo 3a) da parte 3 da NACE MR0175 como referência). Na segunda opção, o teste deve ser projetado para ser realizado nos seguintes parâmetros:
- Pressão total = 1 atm
 - Temperatura = 24°C
 - Gases ácidos: 10% H₂S/90% CO₂
 - Solução aquosa = 35 g/L NaCl e 4 g/L de C₂H₃NaO₂, com adição de HCl até alcançar o pH de 4,0, antes da mistura com os gases ácidos.
- Deve-se atentar que o teste de GHSC deve ser realizado em temperatura ambiente (24°C) e pressão ambiente (1 atm).
- AIII.7. c) A solução aquosa deve ter volume de 80% do volume da autoclave de teste. A solução aquosa deve ser desaerada por meio de borbulhamento contínuo com N₂ de alta pureza com fluxo de borbulhamento mínimo de 200 mL/min por litro de solução, por no mínimo 1 hora. Deve ser demonstrado que o teor de oxigênio foi reduzido para pelo menos 10 ppb (preferencialmente inferior a 5 ppb). Então deve ser admitido a entrada dos gases ácidos (de maior pureza possível) para saturação da solução aquosa com fluxo de borbulhamento mínimo de 200 mL/min para cada litro de solução, por no mínimo 4 horas. O borbulhamento contínuo pode ser reduzido para 10 mL/min por litro de solução e deve ser mantido durante a duração de todo o teste.
- AIII.7. d) O tempo de teste é de 30 dias (720 horas).

AIII.8. REFERÊNCIAS

Referências [55], [56], [57] e [58] inclusas no item 3.2.