PETROBRAS	**PROCEDIMENTO**	Nº **RG 061-22-P-58**	
	CLIENTE: **UO-ES**		FOLHA **1** de **12**
	PROGRAMA: **MANUTENÇÃO DE GUINDASTES**		NOTA:
	ÁREA: **UO-ES/ENGP/EFDEA**		**NP-1**
UO-ES/ENGP/EFDEA	TÍTULO: **PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS FIXADORES (PARAFUSOS E ESTOJOS) DO ROLAMENTO DE GIRO DOS GUINDASTES MEP DE P58 E P62**		

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO ORIGINAL

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	12/12/2022	16/12/2022							
PROJETO	CT7X	CT7X							
EXECUÇÃO	CT7X	CT7X							
VERIFICAÇÃO									
APROVAÇÃO									

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

PÚBLICA

SUMÁRIO

1	Introdução.	3
2	Tensionamento dos parafusos	3
3	Medição de Alongamento por Ultrassom	5
4	Documentação de referência	3
5	Equipamentos.	3
6	Características da Junta aparafusada Guindaste MEP P58 e P62	6
7	Adequação prévia dos fixadores	7
8	Aplicação de tensão de fixação	9
9	Manutenção Preventiva Trimestral	10
10	Manutenção Preventiva anual	12

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

1 Introdução

Fixadores (parafusos e estojos) de rolamento de giro de guindaste offshore são componentes que, pela responsabilidade do equipamento em que estão instalados, apresentam elevada criticidade e requerem avaliação em períodos regulares.

A forma convencional de avaliação de fixadores requer sua remoção para inspeção por END é demorada, de elevado custo. Por esse motivo, novos métodos foram desenvolvidos para realizar essa avaliação de forma mais rápida, com menor custo, mantendo a confiabilidade da avaliação.

Neste documento é apresentado uma alternativa para avaliar a condição de integridade dos fixadores do rolamento de giro dos guindastes MEP das Plataformas de P58 e P62, utilizando a medição do alongamento do fixador por ultrassom, sem a necessidade de remoção ou mesmo retirada da tensão de fixação.

A frequência de avaliação da fixação estabelecida neste documento é trimestral, conforme orientação do manual do fabricante. Adicionalmente mantida a avaliação tradicional com remoção de um percentual de fixadores para ensaio por END a cada 12 meses.

2 Documentação de referência

I-MA-3010.78-5260-900-LJG-004 MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

3 Equipamentos

Cabeçote Tensionador M36 x 4 Multi-Stage Typhoon Tensioner TTM-M036-49-00
Bomba Pneumática
Medidor Ultrassônico

Os manômetros devem estar calibrados.
A correlação entre a pressão da bomba hidráulica e a força aplicada pelo cabeçote no fixador deve ser calibrada.

4 Tensionamento dos parafusos

O processo de tensionamento dos fixadores de uma junta aparafusada ocorre pela aplicação de uma força no sentido axial do parafuso, introduzindo unicamente o alongamento e posterior ajuste da porca para manter o alongamento (Figura 1). Em oposição à fixação por torqueamento (Figura 2), no tensionamento não existe esforço para vencer o atrito de giro entre a porca e o fixador.

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.



Figura 1-Instalação por aplicação de força axial e medição de alongamento. Bomba pneumática e cabeçote de aplicação de força.

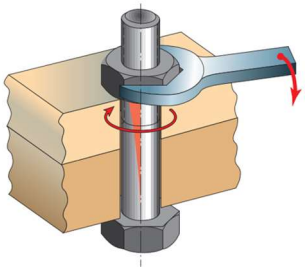


Figura 2-Instalação por aplicação de torqueamento

Após estabelecida a tensão, a qual promove a deformação axial do fixador dentro do regime elástico (a figura 3 apresenta o gráfico de tensão x deformação); a porca então é ajustada para garantir a manutenção da deformação e, com a utilização de um medidor ultrassônico é confirmado qual o alongamento foi estabelecido. O alongamento correlaciona-se com a tensão aplicada através da Lei de Hook.

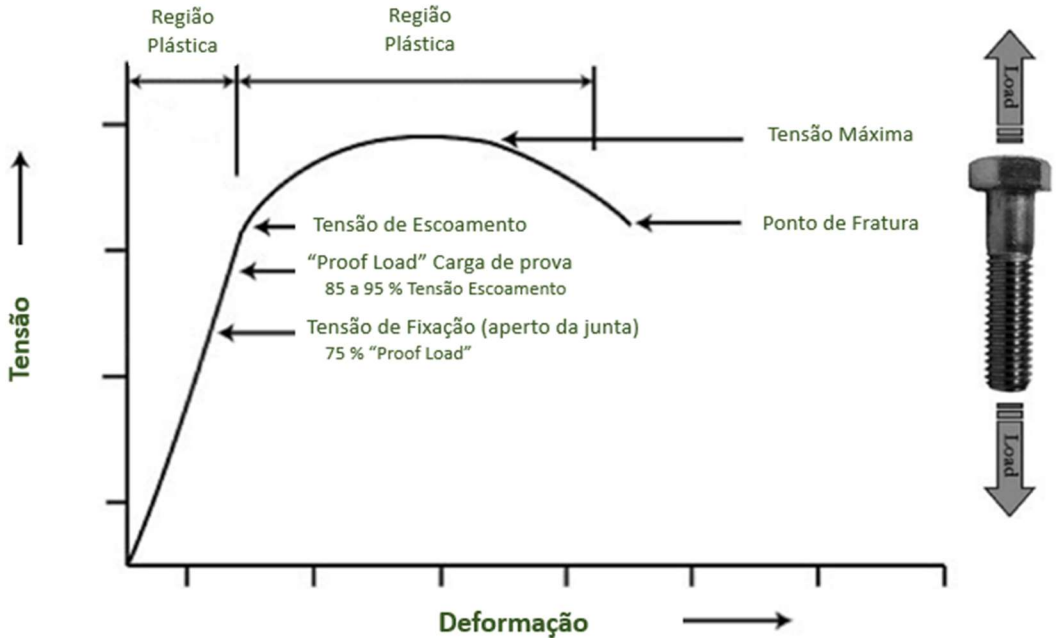


Figura 3 - Gráfico de tensão x deformação

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

O objetivo do tensionamento é manter a união da junta com aperto uniforme dos fixadores em determinado nível de tensão, para que as variações de carregamento devidas aos esforços submetidos à junta durante o uso do equipamento não representem uma variação brusca da carga do fixador.

Com o registro do alongamento inicial e o acompanhamento frequente desta medida é possível acompanhar o comportamento da força (ou tensão) remanescente em cada fixador, considerando a correlação dada pela Lei de Hook.

5 Medição de Alongamento por Ultrassom

Uma das maneiras de avaliar a tensão remanescente no fixador é medir o comprimento deste fixador (L_a, na ocasião da avaliação) e comparar com o comprimento do fixador sem carga (L_0).

Através da relação tensão x deformação, identifica-se a tensão aplicada. É necessário, portanto, o registro do comprimento do fixador sem carga (L_0) e do comprimento após a conclusão da instalação (L_{Fi}).

Durante uma avaliação, a diferença entre L_a e L_{Fi} indicará se ocorreu um comportamento de afrouxamento ou escoamento do fixador.

A medição do comprimento dos fixadores é realizada por ultrassom, utilizando-se dispositivos adequados para essa finalidade.

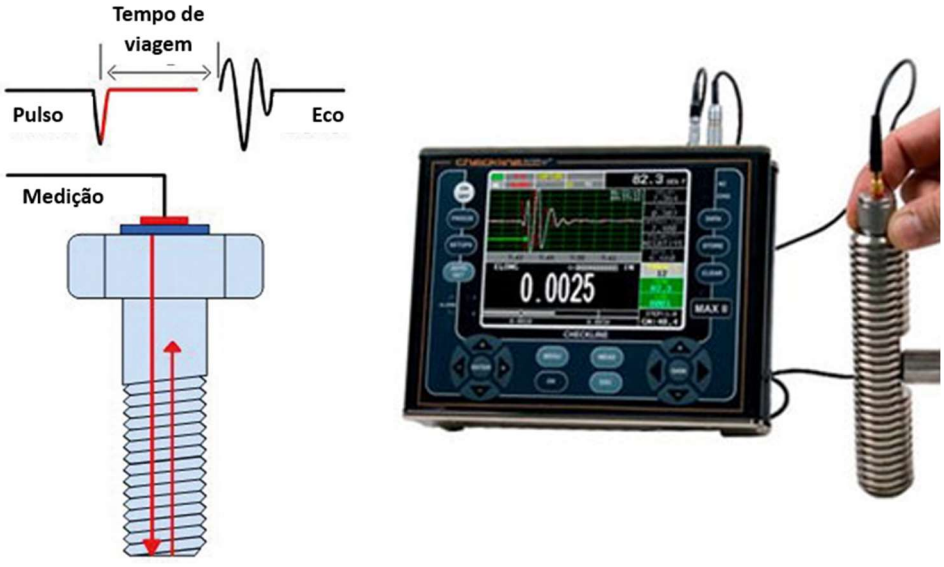


Figura 4 - Medição de comprimento de parafuso por ultrassom

Atenção

Deve-se registrar o comprimento de cada fixador, estando este, sem carga. Este valor servirá de base para as futuras monitorações. A medição do comprimento pressupõe um instrumento com resolução de 0,001mm.

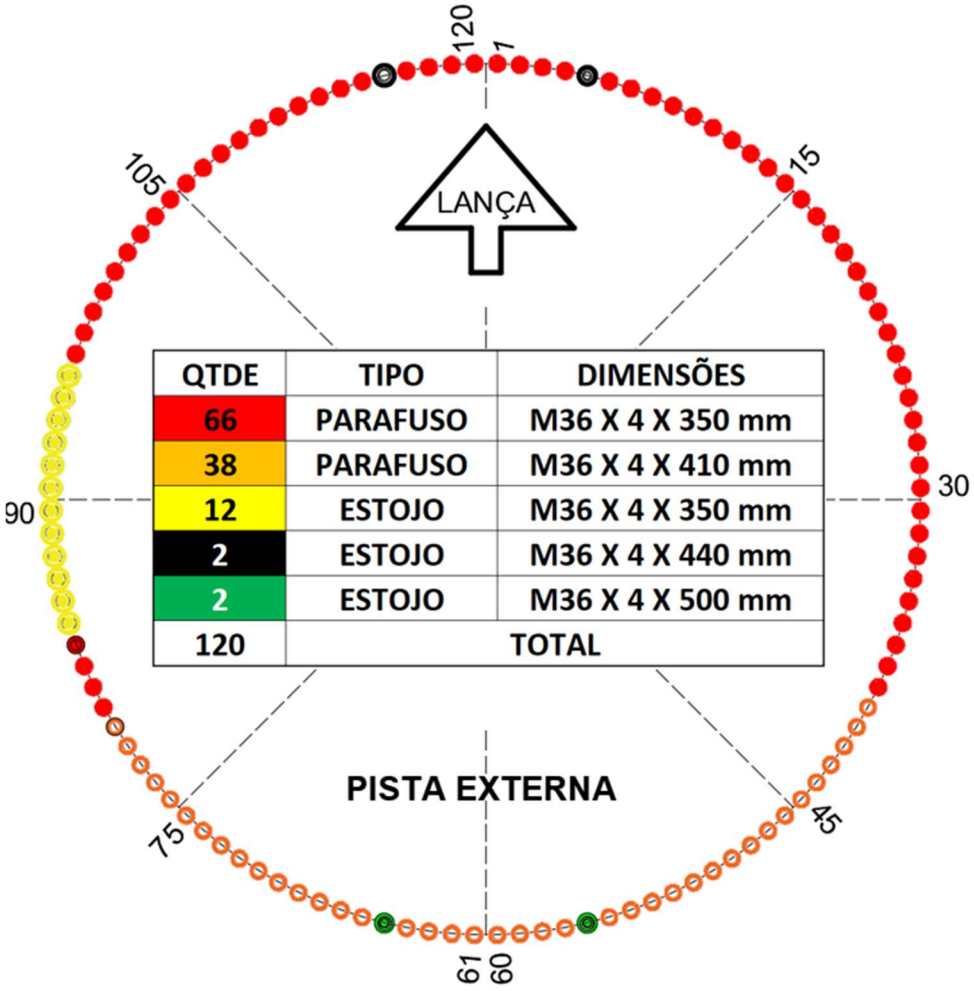
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

6 Características da Junta aparafusada Guindaste MEP P58 e P62

A junta aparafusada do rolamento de giro dos guindastes de P58 e P62 é constituída por um total de 240 fixadores, dos quais são 120 fixadores internos, que promovem a união do rolamento de giro ao pedestal do guindaste e outros 120 fixadores externos que fixam o rolamento ao chassi e parte superior giratória do guindaste.

Os fixadores internos são todos iguais e do tipo estojo M36 x 4 mm, com 330 mm de comprimento. A configuração da distribuição dos fixadores externos é apresentada na Figura 1 e detalhamento de fixação interno e externo é apresentado na Figura 2.

A classificação de resistência do fixador indica a resistência à tração, à ruptura e ao escoamento. Os fixadores utilizados nos guindastes de P58 e P62 são construídos conforme classe de resistência 10.9, conforme a norma ISO 898 parte 1.



QTDE	TIPO	DIMENSÕES
66	PARAFUSO	M36 X 4 X 350 mm
38	PARAFUSO	M36 X 4 X 410 mm
12	ESTOJO	M36 X 4 X 350 mm
2	ESTOJO	M36 X 4 X 440 mm
2	ESTOJO	M36 X 4 X 500 mm
120	TOTAL	

Figura 5 - Distribuição dos fixadores externos

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

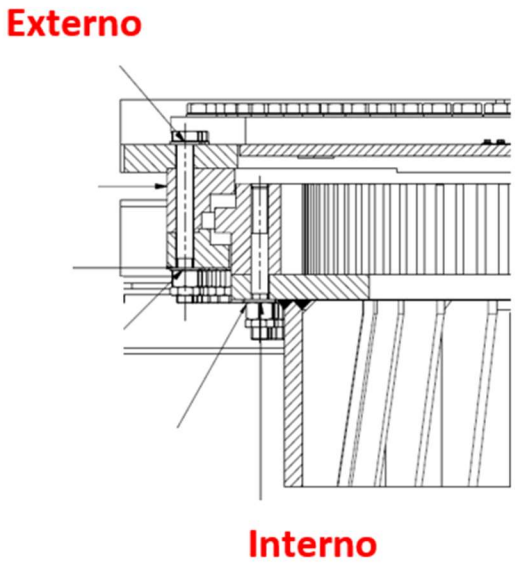


Figura 6- Detalhe da instalação dos fixadores

7 Adequação Inicial dos fixadores

A adequação inicial deve ser realizada para viabilizar o início do monitoramento dos fixadores por medição ultrassônica e eliminar a necessidade de remoção de estojos a cada três meses para avaliação convencional por END.

Para se estabelecer um programa de avaliação da fixação pela medição do comprimento do fixador, é necessário realizar END em um determinado percentual de fixadores e medição do seu comprimento inicial (L_0).

Atenção:

Para realização das manutenções e avaliações dos fixadores de cada pista do rolamento de giro, o guindaste deve estar com a lança posicionada no berço e desligado.

Uma vez iniciado o serviço em cada pista, este deve ser concluído antes de retornar com o guindaste à operação. Entre o término do serviço em uma pista e o início em outra, se todos os fixadores estiverem com a tensão de aperto final, o guindaste poderá funcionar.

A distribuição de carga uniforme nos fixadores exige adoção de uma metodologia de aperto cruzado, sempre buscando a realização de tensionamento em elementos opostos, conforme Tabela 1.

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

Tabela 1 - Sequência de Aplicação de tensão nos fixadores em P58 e P62

Sequência	ORDEM DE APLICAÇÃO DA TENSÃO							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Sequência 1	**1**	**2**	**61**	**62**	**31**	**32**	**91**	**92**
Sequência 2	**15**	**16**	**75**	**76**	**45**	**46**	**105**	**106**
Sequência 3	**3**	**4**	**63**	**64**	**33**	**34**	**93**	**94**
Sequência 4	**17**	**18**	**77**	**78**	**47**	**48**	**107**	**108**
Sequência 5	**5**	**6**	**65**	**66**	**35**	**36**	**95**	**96**
Sequência 6	**19**	**20**	**79**	**80**	**49**	**50**	**109**	**110**
Sequência 7	**7**	**8**	**67**	**68**	**37**	**38**	**97**	**98**
Sequência 8	**21**	**22**	**81**	**82**	**51**	**52**	**111**	**112**
Sequência 9	**9**	**10**	**69**	**70**	**39**	**40**	**99**	**100**
Sequência 10	**23**	**24**	**83**	**84**	**53**	**54**	**113**	**114**
Sequência 11	**11**	**12**	**71**	**72**	**41**	**42**	**101**	**102**
Sequência 12	**25**	**26**	**85**	**86**	**55**	**56**	**115**	**116**
Sequência 13	**13**	**14**	**73**	**74**	**43**	**44**	**103**	**104**
Sequência 14	**27**	**28**	**87**	**88**	**57**	**58**	**117**	**118**
Sequência 15	**15**		**75**		**45**		**105**	
Sequência 16		**30**		**90**		**60**		**120**

Em P58 e P62, deve-se proceder conforme a sequência abaixo (Tomando como referência a Figura 5 e a Tabela 1):

1. Remover os fixadores na seguinte sequência cruzada: 1 e 2; 61 e 62; 31 e 32, 91 e 92.
2. Realizar END nas roscas dos fixadores.
3. Se algum dos fixadores for reprovado no END, este deve ser substituído.
4. Fazer o registro do comprimento inicial (L_0) de cada fixador antes da instalação.
5. Reinstalar cada fixador e aplicar tensionamento com valor de 165 kN.
6. Remover os parafusos/estojos na seguinte sequência cruzada: 15 e 16; 75 e 76; 45 e 46, 105 e 106.
7. Repetir passos 2 a 5.
8. Remover os parafusos/estojos na seguinte sequência cruzada: 2 e 4; 63 e 64; 33 e 34, 93 e 94.
9. Repetir passos 2 a 5.
10. Prosseguir com a opção A ou opção B, conforme resultado obtido.

<u>Opção A</u> - O que fazer se algum fixador for reprovado no END

11. Se nos passos anteriores (1 a 9) algum fixador tiver sido **reprovado** durante avaliação por END, é necessário estender a avaliação a todos os fixadores. Então a

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

sequência cruzada deve ser continuada (conforme Tabela 1) até que seja realizado END em todos os fixadores.

12. Ao final todos os fixadores terão sido inspecionados por END e os danificados, deverão ser substituídos. Ao final desta etapa todos os fixadores estarão com 165 kN e com os comprimentos L_0 registrados.

<u>Opção B</u> - O que fazer se nenhum fixador for reprovado no END

11. Se nos passos anteriores (1 a 9) todos os fixadores tiverem sido **aprovados** no END, deve-se continuar o procedimento na sequência cruzada, **<u>apenas</u>** retirando o tensionamento do fixador, realizando a medição do comprimento L_0 e reaplicando o tensionamento de 165 kN

12. Ao final todos os fixadores estarão tensionados com 165 kN e com os comprimentos L_0 registrados. 24 terão sido inspecionados por END.

8 Aplicação de tensão de fixação

Após a adequação dos fixadores, conforme estipulado no item 7, deve-se realizar as etapas 2 e 3, aplicando tensionamento cruzado em todos os fixadores em cada etapa, conforme ordenação da Tabela 2.

Tabela 2 - Etapas de aplicação de força nos fixadores

Etapa	Percentual de tensão aplicada	Força (kN)
2	60%	**285**
3	100%	**475**

Após a etapa 3, deve-se aguardar 1 hora, para aplicação do repasse de 100% (etapa 4). <u>Esse repasse pode ser em sequência, não precisa ser realizado de forma cruzada como nas etapas anteriores</u>.

Tabela 3 - Etapa final de aplicação de força nos fixadores

Etapa	Percentual de tensão aplicada	Força (kN)
4	100%	**475**

Após a aplicação da Força estabelecida na etapa 4, deve ser medido e registrado o comprimento final de instalação L_{Fi} de cada fixador.

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

9 Manutenção Preventiva Trimestral

Com os fixadores adequadamente instalados e seus comprimentos L_0 e L_{Fi} registrados, é possível avaliar periodicamente a condição de fixação pela medição do alongamento.

Essa avaliação é realizada pela medição do comprimento do fixador e, uma vez conhecendo o comprimento inicial L_0, calcula-se o alongamento remanescente. O alongamento remanescente é avaliado considerando-se as tabelas 4 a 6.

Periodicidade Avaliação do alongamento dos Fixadores

Trimestral

Fixadores a serem avaliados trimestralmente

30 fixadores. (Mês 1: Colunas A e B, Mês 2: Colunas C e D, Mês 3: Colunas E e F, Mês 4: Colunas G e H), repetindo-se o ciclo a cada 12 meses.

A tabela 4 apresenta o alongamento mínimo e máximo permitido para os fixadores, em função do comprimento. Tolerância admissível de + ou – 0,050 mm

Tabela 4 - Alongamento permitido para os fixadores

POSIÇÃO	EXTERNO	EXTERNO	EXTERNO	EXTERNO	EXTERNO	INTERNO
QTDE	2	2	12	66	38	120
TIPO	ESTOJO	ESTOJO	ESTOJO	PARAFUSO	PARAFUSO	ESTOJO
COMPRIMENTO	440	500	350	350	410	330
Alongamento Máximo Tração Máx. = 508,4 KN	0,887	1,042	0,738	0,873	1,025	0,620
Alongamento Alvo Tração Alvo = 474,5 KN	0,828	0,972	0,689	0,815	0,957	0,578
Alongamento Mínimo Tração Mín. = 440,6 KN	0,769	0,903	0,639	0,757	0,888	0,537

A pré-carga é verificada através da medição por ultrassom dos fixadores e o critério de aceitação é apresentado a seguir:

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

Tabela 5 - Critério de Aceitação

Condição da Junta	Aceitação	Ação	
Todos os fixadores dentro dos limites da tabela 04	Aprovado	Encerrar ordem com aprovação do serviço	
Encontrado fixador(es) fora dos limites da tabela 04	Necessário ações.	Se alongamento estiver superior ao alongamento máximo da tabela 4, avaliar conforme Tabela 6.	Se alongamento estiver abaixo do alongamento mínimo, remover tensão e reaplicar força alvo.

Tabela 6 - Alongamento Superior ao Máximo Requerido

	Alongamento medido					
POSIÇÃO	1	2	3	4	5	6
APROVADO SE: 1 - Aprovação por END. 2 - Ausência de deformação plástica após remoção da tensão. [ΔL≤0,030 mm*]	até 1,121 mm	até 1,316 mm	até 0,932 mm	até 1,103 mm	até 1,295 mm	até 0,783 mm
REPROVADO	Superior a 1,121 mm	Superior a 1,316 mm	Superior a 0,932 mm	Superior a 1,103 mm	Superior a 1,295 mm	Superior a 0,783 mm

*ΔL: Diferença entre o comprimento do fixador sem carga, na época da avaliação e o comprimento quando da instalação inicial. Para verificar deformação plástica.

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

10 Manutenção Preventiva Anual

A cada 12 meses, além da avaliação do alongamento dos fixadores com medidor de ultrassom, devem ser removidos e realizado ensaio por líquido penetrante em 24 fixadores. Os fixadores a serem removidos são conforme agrupamento por Ano de avaliação na Tabela 7.

Em caso de reprovação de algum fixador no ensaio por líquido penetrante, este deve ser substituído e o equipamento somente deve retornar à operação após avaliação por Profissional Habilitado.

Tabela 7 - Agrupamento para avaliação por END a cada 12 meses

Sequência	ORDEM DE APLICAÇÃO DA TENSÃO								Ano de Avaliação
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Sequência 1	1	2	61	62	31	32	91	92	1
Sequência 2	15	16	75	76	45	46	105	106	
Sequência 3	3	4	63	64	33	34	93	94	
Sequência 4	17	18	77	78	47	48	107	108	2
Sequência 5	5	6	65	66	35	36	95	96	
Sequência 6	19	20	79	80	49	50	109	110	
Sequência 7	7	8	67	68	37	38	97	98	3
Sequência 8	21	22	81	82	51	52	111	112	
Sequência 9	9	10	69	70	39	40	99	100	
Sequência 10	23	24	83	84	53	54	113	114	4
Sequência 11	11	12	71	72	41	42	101	102	
Sequência 12	25	26	85	86	55	56	115	116	
Sequência 13	13	14	73	74	43	44	103	104	5
Sequência 14	27	28	87	88	57	58	117	118	
Sequência 15	15		75		45		105		
Sequência 16		30		90		60		120	

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.