

Manual de boas práticas

-

DENGE – POCOS/SM/ES/MI

Manutenção de mangueiras
hidráulicas e de
transferência/recebimento

DIRETORIA DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

POÇOS

SM/ES/MI

Título:

Manual de Boas Práticas de manutenção de mangueiras hidráulicas e de transferência/recebimento

Consolidadores:

Danilo Feijo de Oliveira – POCOS/SM/ES/MI

Paulo Alberto Valente Laufer - POCOS/SM/ES/MI

Paulo Sergio Gomes Pinto - POCOS/SM/ES/MI

Palavras-chave:

Mangueiras hidráulicas, Manutenção, Vazamentos

Macaé, Rio de Janeiro

08 de outubro de 2024

Sumário

Sumário.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. MOTIVAÇÃO	3
3. DESENVOLVIMENTO	4
3.1 DEFINIÇÕES.....	4
3.2 CUIDADOS E INSPEÇÃO	5
3.2.1 Identificação e rastreabilidade	5
3.2.2 Criticidade dos ativos.....	6
3.2.3 Fabricação	8
3.2.4 Treinamento	8
3.2.5 Armazenamento	9
3.2.6 Instalação	9
3.2.7 Algemas de Segurança	13
3.2.8 Inspeção	16
3.3 ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS.....	20
3.3.1 BOP.....	20
3.3.2 Mangote de transferência/recebimento.....	22
4. EXEMPLOS DE SITUAÇÕES ADEQUADAS E INADEQUADAS	25
5. CONCLUSÃO.....	32
6. REFERÊNCIAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

As mangueiras desempenham um papel crucial nas operações que envolvem sistemas hidráulicos, fornecendo transferência de fluidos pressurizados. No entanto, devido à sua exposição a esforços mecânicos, variações de pressão e de temperatura e a outros fatores ambientais, as mangueiras hidráulicas sofrem contínuo desgaste e em algum momento irão falhar, caso não sejam substituídas. Por isso, a manutenção adequada dessas mangueiras é essencial para garantir a segurança e o desempenho eficiente dos sistemas hidráulicos.

Neste documento exploraremos técnicas para prevenir falhas e abordagens recomendadas para a gestão da manutenção de mangueiras hidráulicas, através de um resumo de boas práticas baseadas em informações técnicas encontradas em um guia produzido pela Sondagem Marítima da Petrobras, em normas e em materiais apresentados por especialistas em manutenção das empresas de sondagem (*drilling contractors*) e fornecedores de mangueiras à indústria de óleo e gás.

Ao seguir as boas práticas de gestão, fabricação, armazenagem, inspeção e treinamento, é possível evitar falhas prematuras e aumentar a confiabilidade. Com isso, convidamos o leitor a utilizar essas diretrizes como base para estabelecer práticas eficientes de manutenção, visando garantir operações seguras.

De antemão agradecemos todas as empresas que contribuíram e trouxeram sua rica experiência para ser compartilhada no ambiente das reuniões.

2. MOTIVAÇÃO

Vazamentos em mangueiras podem levar a interrupções nas operações, com aumento do tempo não produtivo (NPT) e danos ao meio ambiente ou pessoas. Ao analisarmos os dados de vazamentos nos anos de 2022 e 2023 na frota de sondas contratadas da Petrobras no nível “componente”, identificamos que as mangueiras representaram a maior quantidade, além de elevado “nível de risco”, cujo é medido pelo produto entre a “quantidade de falhas” e o “tempo não produtivo (NPT)” – esta é uma métrica utilizada na Sondagem Marítima para ranquear dados considerando as dimensões “Qtd” e “NPT” das falhas de forma combinada.

Component	NPT (h)	Qty	Risk Level
Hose, tubing, piping and fitting	156,0	94	14664
Control system, monitoring, protection (sensor / logic)	2,0	83	166
Elec/comm. parts (other)	335,0	73	24455
Others	84,0	62	5208
Torque wrench	142,0	60	8520
Hydraulic/pneumatic slips	571,5	59	33719
Electric pump	21,5	54	1161
Hydraulic/pneumatic elevator	78,0	48	3744

Figura 1 - Falhas x componente - vazamentos 2022 /2023

Component	NPT (h)	Qty	Risk Level
Hydraulic/pneumatic slips	571,5	59	33719
Elec/comm. parts (other)	335,0	73	24455
Gate valve	479,0	31	14849
Hose, tubing, piping and fitting	156,0	94	14664
Torque wrench	142,0	60	8520
Fitting	789,0	10	7890
Ram rubber	529,0	13	6877
Drill string	391,0	16	6256

Figura 2 - Nível de risco (NPT x Qty) - Vazamentos 2022 /2023

Com base nesses dados, a Sondagem Marítima juntou esforços com as engenharias das sondas contratadas e fornecedores de mercado para promover compartilhamento de conhecimento técnico e de gestão, a fim de reduzir as frequência e impacto das falhas, passando por temas como requisitos de periodicidade de inspeção, acondicionamento, fabricação, capacitação, especificação, entre outras melhores práticas.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 DEFINIÇÕES

As mangueiras são construídas com os seguintes elementos, conforme demonstra a figura 3:

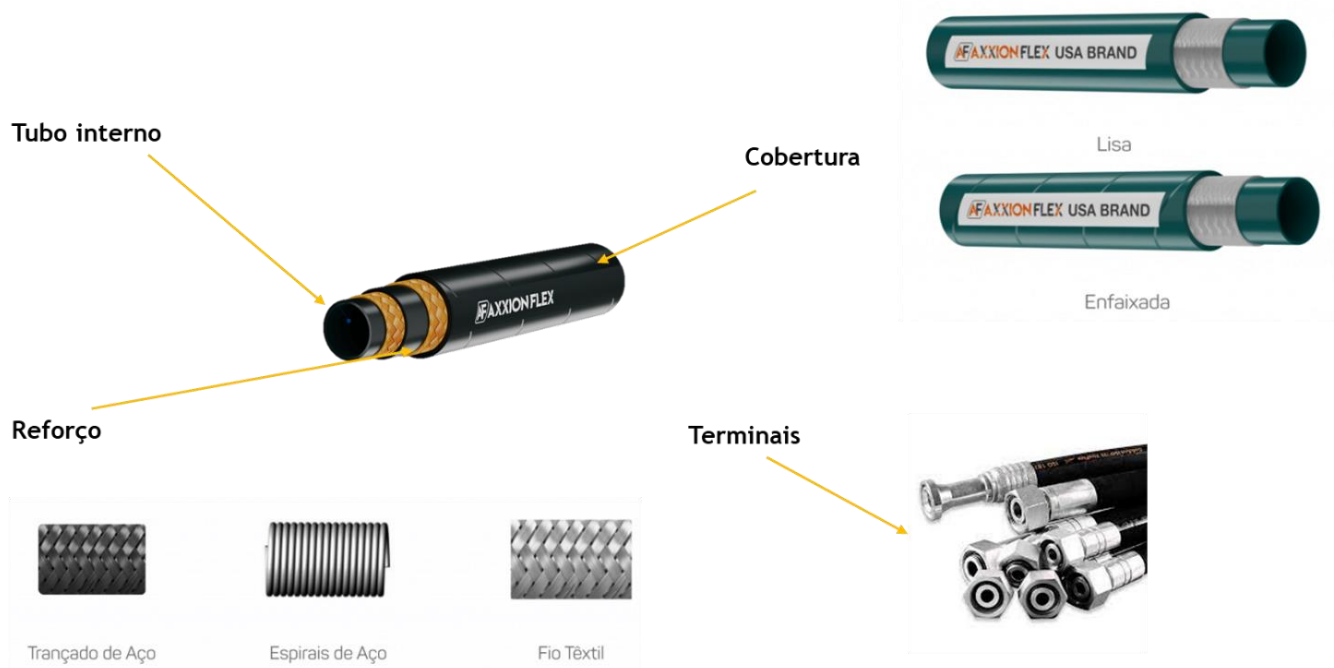


Figura 3: Componentes básicos de uma mangueira

a) Tubo interno

Elemento destinado a conduzir o fluido em seu interior, devendo apresentar características de impermeabilidade, uniformidade e resistência ao fluido a ser conduzido.

b) Reforço

Material utilizado para dar resistência mecânica à mangueira, tendo como objetivo resistir às forças internas, ou à ação de forças externas, ou ainda à combinação das duas. O reforço pode ser constituído de fibras têxteis (naturais ou sintéticas), fios metálicos ou a combinação dos dois.

c) Cobertura

Camada externa da mangueira, destinada a proteger o reforço. A cobertura pode ser construída em borracha (natural ou sintética), fibras têxteis (naturais ou sintéticas), fios metálicos, materiais termoplásticos ou a combinação destes.

d) Terminais

Também chamados de conexões, são as peças que, colocadas nas extremidades das mangueiras, fazem a conexão com outras mangueiras, equipamentos, tubulações e acessórios (flanges, esguichos, reduções, engates rápidos, dentre outros), podendo ser fixadas diretamente na peça por vulcanização ou fixadas externamente por braçadeiras.

3.2 CUIDADOS E INSPEÇÃO

3.2.1 Identificação e rastreabilidade

A norma internacional ISO 18752 detalha em seu item 9.1 informações que devem conter nas mangueiras hidráulicas, dentre elas:

- Nome do fabricante
- Norma aplicável
- Tipo construtivo
- Diâmetro nominal
- Pressão máxima de trabalho
- Trimestre e ano de fabricação

Ademais, é de boa prática manter plaquetas de identificação com os dados da mangueira, como comprimento, diâmetro interno, pressão de trabalho, pressão de teste, número do certificado, terminal, data da instalação, número do desenho hidráulico de referência.

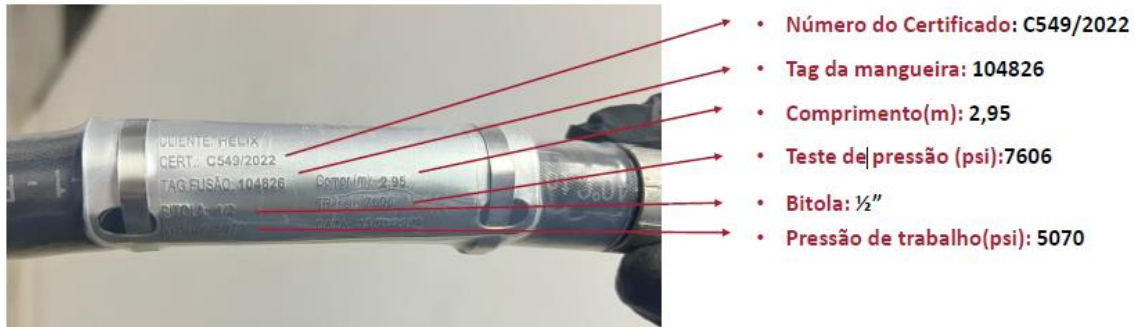


Figura 4 – Ex. plaqueta de identificação, Fonte: empresa Helix



Figura 5 – Ex. plaqueta de identificação, Fonte: empresa Constellation

O sistema de gestão de dados da empresa deve possuir todas as variáveis das mangueiras e possibilitar rastreabilidade adequada. Essa abordagem garante que, quando houver a necessidade de fazer um pedido de compra, todas as informações essenciais para a fabricação e fornecimento das mangueiras estejam prontamente disponíveis.

Um sistema bem estruturado permite a gestão eficiente do inventário de mangueiras, ajudando a identificar a disponibilidade de mangueiras, controlar o tempo de vida útil e planejar a substituição adequada. Isso contribui para a gestão de custos e a otimização do processo de manutenção.

3.2.2 Criticidade dos ativos

É de boa prática possuir uma metodologia de análise de riscos para definir a criticidade dos ativos (sistemas, subsistemas e partes/componentes), levando em consideração a aplicação específica de cada um. O uso de referências como o *Guidelines for The Management of Flexible Hose Assemblies, 2011*, disponibilizado pelo *Energy Institute*, pode auxiliar nesse processo. Definir a criticidade dos ativos permite uma alocação mais eficiente dos recursos disponíveis, redução de custos, aumento da confiabilidade dos ativos e sistemas, e contribui para a melhoria contínua das operações. Diferentes estratégias de manutenção podem ser aplicadas de acordo com a criticidade de cada ativo, otimizando assim a gestão de manutenção e preservando o desempenho dos ativos ao longo do tempo.

Probability of damage	P3	Class 2	Class 3	Class 4	Class 4	Class 5
	P2	Class 2	Class 3	Class 3	Class 4	Class 5
	P1	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
	Scores	C1	C2	C3	C4	C5
Consequence of failure						

Figura 6 - Matriz de criticidade, Fonte: empresa Valaris

A gestão de dados, combinada com técnicas de engenharia de confiabilidade, como análise de falhas, FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e RCM (*Reliability-centered Maintenance*), fortalece a estratégia de manutenção de mangueiras hidráulicas, assegurando a identificação dos modos de falha, racionalização dos planos de manutenção e aumento de confiabilidade e disponibilidade dos sistemas.

Os equipamentos de sondas flutuantes operando para a Petrobras que apresentaram maior ocorrência de falhas e tempos não produtivos mais longos relacionados a falhas em mangueiras no período de 2021 a 2023 são: *top drive*, equipamentos de manuseio de tubos “girafas” e equipamentos de torque em colunas “robôs”.

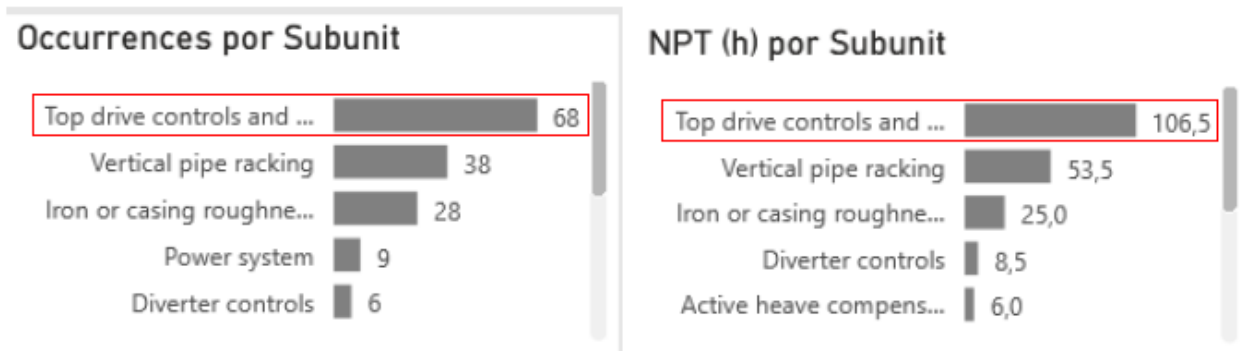


Figura 7 - Falhas devido a vazamentos em mangueiras 2021 a 2023 (dados openwells)

Além do impacto operacional citado anteriormente, é importante dar atenção especial às mangueiras de equipamentos localizados em áreas sensíveis, como *moonpool*, onde uma falha tem uma alta probabilidade de ocasionar danos ao meio ambiente. Nesses casos, é necessário avaliar estratégias adicionais para minimizar o grau de risco de ocorrências, garantir a integridade das mangueiras e, quando possível, buscar soluções de engenharia que substituam as mangueiras, reduzindo a dependência de mangueiras vulneráveis.

Ao longo dos anos de 2022 e 2023 na frota de sondas da Petrobras, equipamentos como *diverter*, *BOP crane/trolley* e, cesta de trabalho configuram-se como os maiores volumes vazados, sendo o *BOP crane/trolley* o equipamento com o maior volume com “danos ao meio ambiente”, aproximadamente 2,5m³.

3.2.3 Fabricação

A fabricação a bordo deve ocorrer apenas em situações emergenciais, e estas substituições não-programadas devem constar no registro de manutenção por meio de ordens corretivas, para rastreamento destas ações.

NOTA: é recomendável adquirir novas mangueiras certificadas para substituir os conjuntos fabricados a bordo, garantindo assim a confiabilidade necessária para a vida útil esperada dos equipamentos.

Optar por um fornecedor especializado e qualificado na fabricação deve ser a prioridade, uma vez que utilizam máquinas de crimpagem avançadas, que oferecem recursos de controle e automação, como programas pré-definidos, monitoramento de força de crimpagem e detecção de terminais defeituosos. Esses recursos contribuem para aumentar a precisão, eficiência e qualidade da crimpagem, reduzindo os erros de montagem.

Além disso, é importante enfatizar a correta especificação e aquisição dos materiais, assim como a qualificação da equipe responsável pela compra. A equipe deve ser capaz de compreender e selecionar os materiais adequados para cada aplicação, além de garantir a autenticidade das conexões originais, que representam o maior custo dos conjuntos de mangueiras. Embora as conexões originais possam ter um custo mais elevado, esse investimento garante a segurança e durabilidade dos conjuntos de mangueiras, protegendo os equipamentos e proporcionando o desempenho esperado.

A ISO 17165-2, item 6, menciona que apenas pessoas treinadas para o manuseio correto do equipamento e seus materiais devem fabricar conjuntos de mangueiras. É necessário seguir as instruções do fabricante, pois a montagem incorreta das terminações está entre as principais causas de falhas das mangueiras, assim como a falsificação de terminações. Além disso, o treinamento auxilia na correta utilização dos EPIs para segurança dos colaboradores.

Cuidados devem ser tomados para determinar a correta compatibilidade entre as mangueiras e terminais. Mangueiras de um fabricante não são, usualmente, compatíveis com terminais de outros fabricantes, e não devem ser misturadas sem a aprovação de ambos.

Recomenda-se manter a identificação e rastreabilidade da mangueira fabricada, bem como realizar um teste de pressão após sua fabricação e registrar a data da instalação.

3.2.4 Treinamento

O pessoal designado na plataforma envolvido no gerenciamento de mangueiras deve estar treinado para a correta seleção, instalação, manuseio, inspeção e fabricação. É uma boa prática envolver o fabricante na construção do treinamento, que deve ser específico para a finalidade, com emissão de certificado garantindo a habilitação, e não apenas ciência em procedimento corporativo.

A prática de treinar simplesmente através da leitura de padrões, procedimentos ou manuais com coleta de assinatura de “ciência” dos documentos pelos técnicos, não é recomendado. O ideal é que os técnicos

recebam treinamentos estruturados, com uso de plataformas visuais e interativas, etapa prática supervisionada e avaliação do conhecimento.

3.2.5 Armazenamento

A ISO TS 17165-2 menciona que o controle de tempo da mangueira armazenada (com ou sem terminais) deve ser controlado para que seja usada antes que sua vida útil expire:

- 4 anos a partir da data de sua fabricação para mangueiras armazenadas sem terminais (*bulk hoses*);
- Para mangueiras com terminais montados no máximo 2 anos;
- Esses dois períodos podem ser interpretados como consecutivos para uma duração máxima de armazenamento de 6 anos;
- Após os 6 anos de armazenamento as mangueiras não poderão ser utilizadas.

Durante o armazenamento, é importante tomar precauções para evitar danos ou deteriorações que possam reduzir a vida útil da mangueira. É recomendado seguir as instruções do fabricante para o armazenamento adequado.

A norma internacional J1273 detalha em seu item 9.2 alguns fatores que podem afetar adversamente mangueiras durante seu armazenamento. Exemplos:

- Temperatura
- Ozônio
- Óleos, gasolina, querosene ou seus vapores
- Líquidos corrosivos e fumos
- Umidade
- Luz ultravioleta
- Solventes
- Materiais radioativos
- Luz solar ou irradiação de calor
- Ácidos, álcalis
- Bordas afiadas e superfícies abrasivas
- Campos elétricos ou magnéticos fortes
- Bolor e fungos

3.2.6 Instalação

Verifique se a mangueira e as conexões selecionadas são adequadas para a aplicação, considerando os requisitos específicos do ambiente operacional. Por exemplo, as mangueiras utilizadas no piso de perfuração estão sujeitas a grandes esforços de abrasão, portanto, devem ser utilizadas mangueiras com cobertura que possua características adequadas a este ambiente. A norma ISO 18752 aborda materiais de construção, dimensões e tolerâncias de mangueiras e coberturas, bem como propriedades físicas, como resistência a fluidos, requisitos de desempenho. Os fabricantes de mangueiras podem ter suas próprias recomendações, mas elas devem ser analisadas em relação ao padrão universal, e requisitos rigorosos

devem ser adotados a fim de garantir características fundamentais que assegurem a durabilidade e desempenho para cada aplicação específica.

É importante transportar as mangueiras de maneira adequada, sem arrastá-las, a fim de evitar danos à cobertura e aos terminais. É necessário garantir que o raio de curvatura das mangueiras durante o transporte não seja menor do que o recomendado pelo fabricante.

Verificar se a mangueira não ficará em contato com estruturas que possam provocar danos, como partes móveis, afiadas ou fontes de calor. Nestes casos, suportes adequados ou proteção adicional devem ser providenciados antes da operação de transferência do fluido. É preferível instalar as mangueiras apoiadas sobre o piso ou placas, evitando o uso de suportes isolados que possam causar a formação de “barrigas”.

Verificar se a mangueira está instalada de modo a evitar flexão excessiva próximo aos terminais, pois essa flexão pode forçar um raio de curvatura menor do que o admissível, podendo ser necessário utilizar um dispositivo com curva para posicionar o terminal nesta instalação.

Caso o terminal da mangueira seja do tipo “conexão rápida” para uso em ponto fixo da unidade, é importante garantir o correto uso da algema de segurança (dispositivo anti-chicoteamento) e contrapino “R” (dispositivo anti-giro). A figura 8 traz um exemplo.

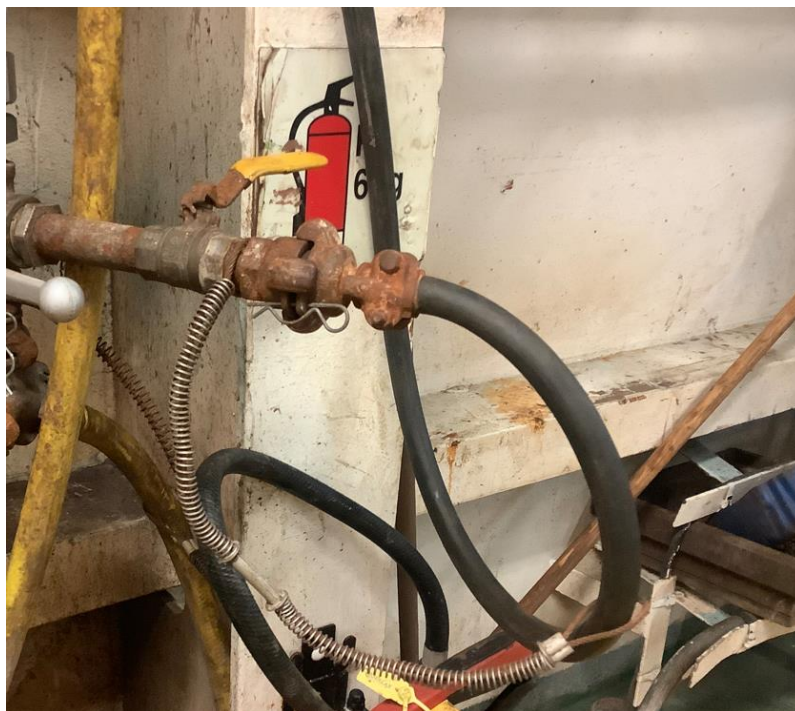
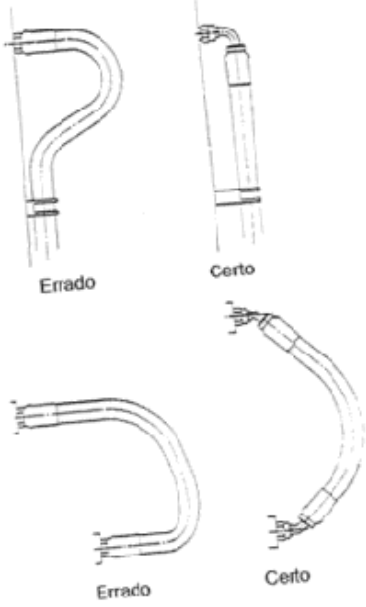
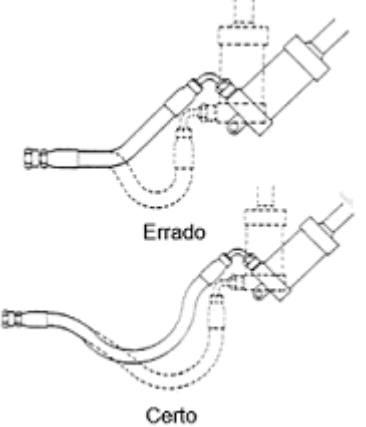
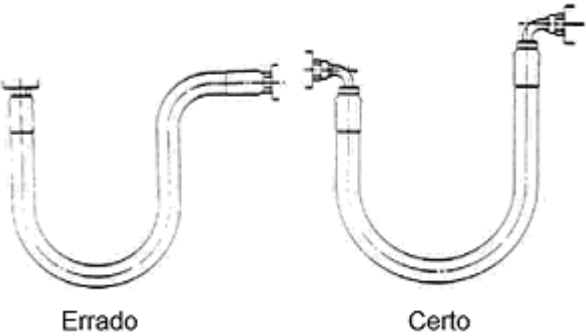


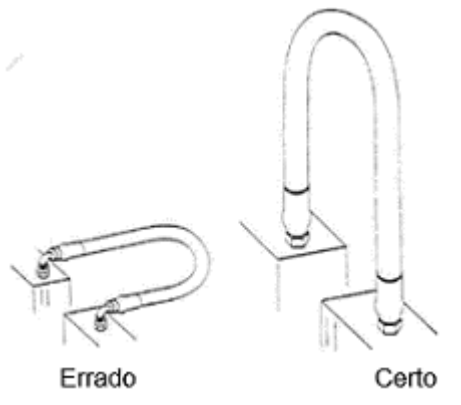
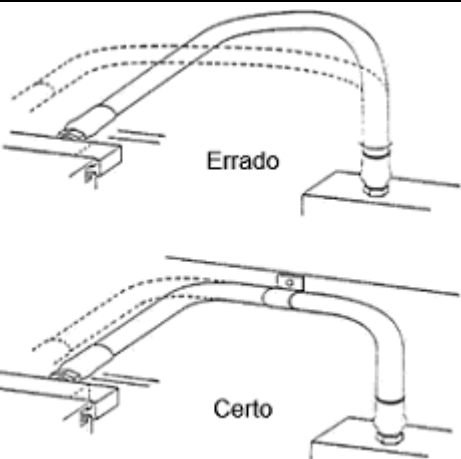
Figura 8: Ilustração da algema de segurança e do contrapino tipo “R” antigiro

Verificar se a mangueira está instalada sobre rotas de fuga, locais de circulação de pessoas ou locais de difícil acesso para manutenção, fixação ou inspeção. Nestes casos, é necessário providenciar o isolamento da área e/ou a indicação de uma rota de fuga alternativa.

Nas instalações de mangueiras, é importante avaliar a adoção das seguintes boas práticas:

	<p>Não instalar a mangueira torcida. Se houver movimento de torção durante uso, considerar a instalação de <i>swivels</i> como conectores.</p>
	<p>Instalar a mangueira com uma folga no comprimento de forma a compensar o efeito de compressão quando pressurizado.</p>
	<p>Não instalar a mangueira com excesso de comprimento para que não seja curvada de forma severa. Havendo enrolamento horizontal dentro do raio adequado, avaliar ainda uso de suportes para evitar “embarrigamento” da mangueira.</p>
<p>Figure 2A - Minimum bend radius</p> <p>Figure 2B - Minimum bend radius</p>	<p>Respeitar o raio mínimo de curvatura da mangueira.</p>

 <p>Errado Certo</p> <p>Errado Certo</p>	<p>Para mudanças bruscas de direção é recomendado o uso de conexões em curva.</p>
 <p>Errado</p> <p>Certo</p>	<p>A instalação deve permitir o seu movimento conforme previsto.</p>
 <p>Errado Certo</p>	<p>A instalação deve respeitar o raio mínimo de curvatura da mangueira em quaisquer pontos de forma a se evitar restrição do fluxo e/ou danos.</p>

 <p>Errado</p> <p>Certo</p>	<p>Evitar curvar a mangueira em dois ou mais planos para evitar tendência de torção.</p>
 <p>Errado</p> <p>Certo</p>	<p>No caso de ser imprescindível a curvatura em mais de um plano, utilizar <i>clamps</i> para limitar os graus de liberdade e aumentar comprimento para acomodar as deformações.</p>

3.2.7 Algemas de Segurança

As algemas de segurança, também denominados dispositivos anti-chicoteamento (whip check), são equipamentos construídos utilizando corrente, linga de cabo de aço ou cinta têxtil. Seu propósito é reduzir o movimento da mangueira no caso de desconexão por falha mecânica.

A figura 9 traz exemplos desse tipo de equipamento.



Algema de segurança do tipo "HOSE CHOKERS".



Algema de segurança do tipo "WHIP STOP ou WHIP SOCK".



Algema de segurança do tipo "HOSE HOBBLE" com correntes.



Algema de segurança do tipo "HOSE HOBBLE" com uso de linga de cabo de aço.



Algema de segurança do tipo "HOSE HOBBLE" com uso de cinta têxtil.

Figura 9: Exemplos de algemas de segurança do tipo hose chockers, whip sock e hose hobble

A ISO 17165-2 item 4.3, menciona que, quando houver risco de chicoteamento da mangueira solta, é necessário considerar o uso de proteções e restrições para proteger contra ferimentos.

A algema de segurança deve ser dimensionada de acordo com a classe de pressão da mangueira em que será instalada. Preferencialmente, cada mangueira de uso geral deve possuir sua algema de segurança fixada à sua extremidade.

A inspeção da algema de segurança deve ser realizada antes do acionamento do sistema para uso da mangueira.

As algemas de segurança devem ser instaladas conforme figura 10, de modo que as molas, quando aplicáveis, fiquem comprimidas contra o laço e o cabo, ou a malha, esticada para evitar esforços dinâmicos em caso de desconexão da mangueira. Também é importante destacar que os cabos da algema devem ficar cruzados no lado oposto da mola em cada lado, a fim de assegurar que não soltem a mangueira quando tencionados.



Figura 10: Exemplo de instalação adequada de algema de segurança

Mangueiras de equipamentos manuseados por pessoas, como as chaves de torque dos parafusos de *riser*, têm potencial de liberar óleo hidráulico em spray sob pressão ao falharem, resultando em riscos de chicoteamento e contaminação das pessoas envolvidas na operação.

Geralmente, essas ferramentas possuem pequenos trechos de mangueiras acopladas às ferramentas, conhecidos como “*jumper*”, que fazem a ligação entre a ferramenta e a mangueira de suprimento principal. Importante que os “*jumpers*” também sejam contemplados em relação à rastreabilidade e controle nos moldes da gestão das demais mangueiras, garantindo assim segurança e confiabilidade.



Figura 11 - Exemplo de mangueiras em chave de torque de riser com jumpers.

Além do risco de ferimentos devido ao chicoteamento das mangueiras, o vazamento de óleo sob alta pressão pode causar as lesões por injeção de alta pressão. Essas lesões resultam em uma pequena ferida perfurante que pode ser indistinta. A dor e o inchaço ao redor da ferida podem ser leves até horas mais tarde. A pessoa pode acabar perdendo a função na parte do corpo afetada, com os músculos podendo ficar

permanentemente enrijecidos, e a pessoa pode experimentar dor crônica e sensações anormais. O diagnóstico imediato e correto é essencial para prevenir consequências graves. No entanto, devido aos sintomas iniciais às vezes serem leves, é fácil subestimar a gravidade dessas lesões.

Portanto, a integridade e segurança das mangueiras são fundamentais para evitar lesões por injeção de alta pressão e outros riscos associados. Verificar a adequação das mangueiras, seguir as orientações do fabricante, utilizar materiais autênticos e adotar medidas de prevenção adequadas são medidas essenciais para garantir a proteção dos trabalhadores e o bom funcionamento dos sistemas.

3.2.8 Inspeção

As mangueiras devem ser inspecionadas visualmente antes da instalação e, posteriormente, de forma periódica. O profissional responsável pela operação da mangueira deve realizar inspeção visual antes de pressurizar o equipamento, verificando se não há danos externos, marcas, bolhas, riscos, vincos, amassamento, tramas de aço expostas ou desgastes externos que possam permitir a entrada de umidade e causar corrosão na estrutura metálica interna ao longo do comprimento da mangueira.

Para inspeção visual dos terminais, é necessário verificar se há roscas ou filetes amassados ou danificados, problemas nos cones de vedação, oxidação de capas e/ou terminais, trincas ou outras marcas nas conexões que possam comprometer a capacidade de suportar a pressão.

Conectores e adaptadores soldados a bordo devem passar por inspeção visual e partícula magnética (pode ser utilizada a inspeção por líquido penetrante).

A figura 12 ilustra defeitos típicos identificados em mangueiras.



Abrasão na cobertura da mangueira



Enrijecimento da mangueira



Múltiplas prensagens



Prensagem excessiva da conexão



Ressecamento da cobertura



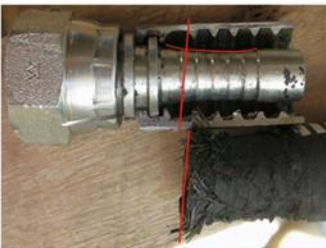
Ruptura da mangueira devido a desgaste da cobertura



Preparação incorreta para prensagem de terminal



Pressão excessiva



Profundidade incorreta de inserção da mangueira na conexão



Raio mínimo de curvatura



Ruptura da mangueira na base da conexão



Torção na prensagem da mangueira

Figura 12: Defeitos típicos identificados em mangueiras

Fatores como as características e a criticidade da aplicação, histórico e informações do fabricante devem ser avaliados para estabelecer a frequência das inspeções visuais e testes de pressão. Os testes de pressão determinam se os sistemas com conjunto de mangueiras estão livres de vazamentos e irregularidades no material ou fabricação.

A ISO 1402 recomenda, como critério de aceitação, que não deve haver vazamento ou evidência de falha. Além disso, no item 9, são estabelecidas as recomendações que devem estar incluídas nos relatórios de testes, tais como: descrição completa da mangueira, método e referência normativa utilizada, pressão de teste, taxa de acréscimo de pressão, data de realização e resultado obtido.

A norma internacional SAE J1273 estabelece em seu item 8.2 uma lista de verificação visual, incluindo algumas diretrizes rápidas de principais causas de problemas e possíveis ações corretivas, conforme apresentado na tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Lista de Verificação visual conforme SAE J1273

Item		Main Cause	Corrective Actions to be Taken
Leakage from threaded connector		Defective connector seat due to presence of flaw, dirt, or other foreign objects	Clean connector seat
		Loose connector or O-ring wear	Tighten the connector or replace O-ring
		Mismatching of seat surface	Replace the connector as necessary
Leakage from flange connection		Loose fixture bolt or deterioration of O-rings/seals	Tighten the bolt or replace O-rings/seals
Leakage from hose/fitting interface hose fitting slippage on hose		Deterioration of hose (due to heat, oil, long use, etc.)	Replace the hose
		Improper routing	Avoid sharp bending at the assembly part
Deformation	(Kink or dent)	External impact	Impact prevention (protection), replace the defective hose
	(Swell, bulge)	Oil spillage (leak)	
Visible defect (damaged, cut or abraided cover; exposed reinforcement; kinked, crushed, flattened, or twisted hose; blistered, soft, degraded, or loose cover; cracked, damaged, or badly corroded hose fittings; wear flaws; scratch etc.)		Component interference External shocks	Impact prevention (protection), replacement
Visible external cracks		Ozone, radiation, paint, other fluids	Exterior protection, replacement
Unusual hose movement at starting of operation		Improper hose length	Replace the hose
		Improper routing	Correct routing or use of adaptive devices
Hardening/softening, heat cracked, or charred hose		Deterioration due to fluid or temperature mismatch.	Replacement as necessary
Unusual noise, odor, heat		Improper circuitry	Check the circuit
Rusting of joints		Sand dust, water, air salinity	Use of protective paint (but not on the exterior surface of the hose)
Product lifetime (useful service life has been reached)		Deterioration and wear	Replace hose and/or hose assembly based on criteria defined in Section 8

A norma SAE J1273 fornece, em seu apêndice A, um guia de exemplos de falhas em mangueiras resultantes do uso incorreto, para auxiliar em possíveis investigações de causa básica. Esses exemplos são divididos em mangueiras reforçadas com fios de aço (figura 13) e mangueiras reforçadas com fibra (figura 14).

<u>Classification</u>		<u>Symptom</u>	<u>Actual Failure</u>	<u>Causes</u>
1	Breakage of reinforced layer	Premature bursting →	Oblique or large rupture of reinforced layer due to lack of resistance to pressure	↓ Insufficient pressure resistance ↓ Insufficient protection against corrosion
		Fatigue of reinforced layer →	Shredding of reinforced layer ^a	
		Corrosion and breakage of reinforced layer →	Rusting due to exposure to seawater and other corrosive liquid ^b	
2	Crush	Deformation due to external stress →	Hose is crushed by external stress leading to breakage of reinforced layer	↓ Negligence ↓ Improper routing
		Bending →	Hose is crushed by severe bending causing breakage of reinforced layer	
		Twisting →	Breakage of twisted hose due to repeated pressure shocks	
3	Bulge	Internal peeling →	Vapor discharged from fluid or air trapped in the system penetrates into the hose to cause peeling of internal layer ^c	↓ Incompatibility with the fluid ↓ Improper routing arrangement, such as misplaced throttle valve ↓ Incompatibility with the fluid ↓ Insufficient temperature resistance
		Flaking of internal layer →	Jet current in the circuit is concentrated at a particular point to cause destruction of hose internal layer	
		Hardening →	Internal layer is hardened due to extraction of its ingredient by the fluid, causing cracks in the layer	
4	Leakage or disconnection at hose fitting end	Hardening and cracks on the outside layer →	Cracks on the internal and/or external layer due to high internal/external temperature	↓ Negligence ↓ Improper mounting ↓ Insufficient resistance to low temperature
		Breakage of external rubber surface at the end →	Severe bending at the hose fitting end arising from deformation of adjacent connections	
		Bending or falling of hose fitting neck →	Deformation due to twisted mounting or stress from tension	
5	Leakage from hose fitting connection	Large leaks from hose fitting end →	Internal and external layers become fragile due to low temperature, causing cracks	↓ Improper mounting ↓ Incompatibility of O-ring with the fluid or temperature
		Leakage from screw threads →	Improper matching of seat surface and damaged threads	
		Leakage from the flange →	Degradation or extrusion of O-rings	

- a. If this occurs after a long use, the hose life is likely to be over.
 b. Use of protective cover or sealing of the hose assembly.
 c. This occurs often as a result of a combination of high temperature and high water content.

Figura 13: Exemplos de falhas reais resultantes do uso inadequado de mangueiras de borracha reforçadas com fio de aço

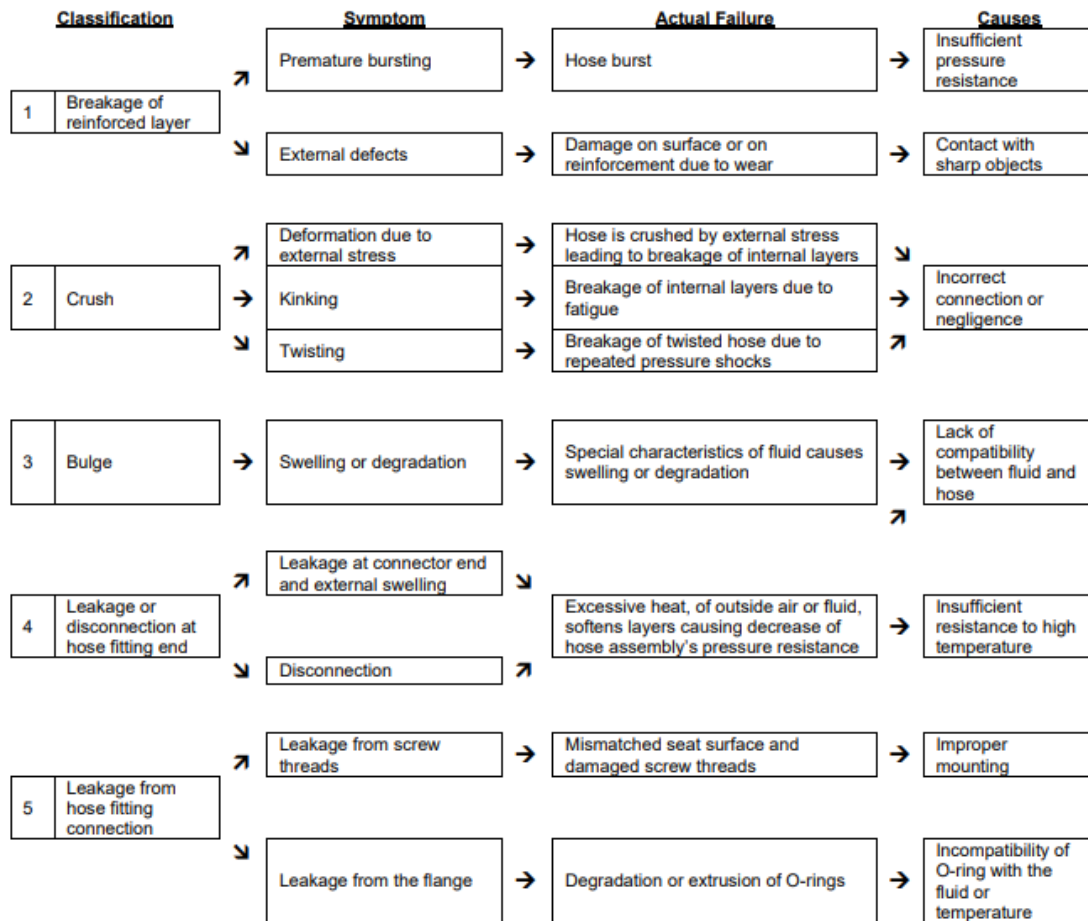


Figura 14: Exemplos de falhas reais resultantes do uso inadequado de mangueiras de borracha reforçadas com fibra

3.3 ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS

3.3.1 BOP

A API RP 7L em seu Adendo 1 Apêndice C estabelece algumas recomendações específicas de inspeção para mangueiras presentes no sistema, já que mangueiras ainda são muito utilizadas no sistema de controle do BOP. Dentre as principais recomendações, tem-se:

C.4.3.n. Mangueiras flexíveis devem ser inspecionadas visualmente com frequência anual e, assim como qualquer mangueira, uma inspeção mais detalhada deve ser feita caso seja observado:

- Dano ou deterioração da camada externa (cobertura) da mangueira;
- Torção evidente no corpo da mangueira;
- Dano ou deterioração das terminações/conexões da mangueira;

C.4.3.o. É recomendado substituição das mangueiras flexíveis a cada 5 anos. Esse intervalo pode variar a depender das inspeções visuais e condições de serviço.

A API estabelece ainda algumas recomendações adicionais em seu item C.5.1.h:

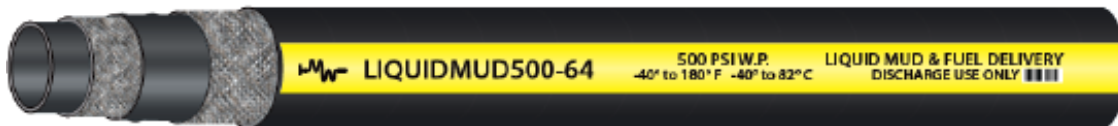
- As mangueiras devem ser selecionadas, fabricadas, testadas, limpas e instaladas de acordo com recomendações do fabricante;
- O uso de mangueiras deve ser restrito ao mínimo necessário para garantir a compensação de vibrações, expansões térmicas, contrações, desalinhamentos e demais movimentos relativos entre as terminações;
- As mangueiras devem ter pressão de trabalho igual ou superior a pressão do sistema em que ela está instalada. A máxima pressão da mangueira (pressão de ruptura) deve ser no mínimo quatro vezes a pressão de trabalho em que está conectada, conforme estabelecido pelo fabricante;
- Somente terminais instalados por prensagem hidráulica devem ser utilizados. É recomendado o uso de terminais com encaixe final giratório (swivel-type), a fim de evitar torções durante instalação e remoção. Terminais galvanizados não devem ser utilizados;
- O material do corpo (tubo interno) usado para fabricar as mangueiras não deve ter mais de 5 anos da data de fabricação, e deve ser adequado ao tipo de fluido que será transportado;
- Tinta não deve ser aplicada na camada externa (cobertura) da mangueira;
- As mangueiras devem ser limpas internamente na medida do possível após teste de pressão, a fim de garantir que qualquer contaminação dentro da mangueira não afete negativamente a operação. As mangueiras devem ser tampadas e vedadas após teste e limpeza;
- Ao instalar as mangueiras, estas devem estar seguras de tal forma a evitar dobras ou curvas "acentuadas" (com raio inferior ao mínimo permitido pelo fabricante). Deve ser fornecida proteção adicional para a cobertura externa da mangueira em caso de contato com superfícies sujeitas a vibração;
- Cada mangueira deve sofrer teste de pressão com no mínimo 1,5 vezes a pressão de trabalho, previamente a limpeza. É altamente recomendado utilizar água para este teste de pressão;
- Quando a mangueira for fabricada por um terceiro qualificado, o usuário deve solicitar a aplicação dos requisitos acima e solicitar a emissão de um certificado para cada conjunto de mangueiras, a fim de verificar se esses conjuntos estão em conformidade com os requisitos acima e com a pressão de teste especificada no certificado. Cada certificado deve ter um número exclusivo;
- É altamente recomendado que o usuário mantenha em sistema uma lista de todos os conjuntos de mangueiras utilizados, a fim de permitir rápida fabricação de novos conjuntos de mangueiras para substituição. Essa lista deve especificar, no mínimo, o fabricante da mangueira e o número da peça, o tipo e o número das peças de conexões finais, o comprimento total e a pressão de trabalho do conjunto de mangueiras. Se algum conjunto for fabricado por terceiros, o número do certificado deve ser incluído nessa lista;

3.3.2 Mangote de transferência/recebimento

Os conjuntos de mangueiras usados durante a transferência entre embarcações em uma configuração lado a lado são um elo crítico entre as unidades flutuantes, pois são submetidos a esforços dinâmicos devido aos movimentos das embarcações e do mar, além das forças do vento e da corrente marítima. Esses conjuntos de mangueiras são empregados para transferir uma variedade de substâncias, incluindo produtos secos em pó (granel), diferentes tipos de tipos de lama a base de óleo e água, diesel, entre outros, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente caso ocorra a perda de contenção.

A maioria das mangueiras é fornecida com diâmetro de 4", com exceção dos mangotes de cimento e barita, que geralmente são fornecidos com um diâmetro de 5".

Todas as mangueiras fornecidas devem ser apropriadas para aplicação pretendida. Utilizar um mangote para transportar fluidos diferentes daquele para o qual o mangote foi fabricado pode causar danos ao equipamento. Cada montagem individual de mangueira deve ter um número de identificação único gravado na conexão final, fornecendo as informações do logotipo do fabricante, tipo de mangueira, mês e ano de montagem, pressão de trabalho e número de série exclusivo. É importante que o tamanho e a classificação de pressão da união sejam adequados para o serviço da mangueira.



Part Number LIQUIDMUD500-XX

Figura 15 - Exemplo de mangote de transferência/recebimento, Fonte: empresa Diamond



Figura 16 – Exemplos de estações de recebimento, Fonte: empresas Seadrill e Etesco

Recomenda-se o uso de acoplamentos de desconexão rápida e auto vedantes nas conexões entre as seções de mangotes para evitar vazamentos durante a conexão ou desconexão, especialmente em produtos à base de hidrocarbonetos. Esses acoplamentos têm a função de prevenir a ruptura da mangueira por tensão excessiva, evitando assim a necessidade de descartar todo o comprimento da mangueira. Esses tipos de acoplamentos também devem ser utilizados para produtos corrosivos e prejudiciais à saúde.



Figura 17 - Corte de acoplamento de desconexão rápida

As linhas de mangotes devem ser monitoradas através de inspeções visuais com periodicidade definida em procedimentos específicos para cada terminal. O objetivo é identificar, em toda a área externa da montagem da mangueira, bolhas, lacerações profundas ou abrasões que exponham o núcleo interno ou tecido, desgaste da capa externa, rachaduras na superfície e desalinhamento das marcas de tinta do acoplamento. Os colares de flutuação devem estar firmes e na posição correta.

Todas as mangueiras em estações de transferências, bem como conexões, válvulas, equipamentos associados e equipamentos de içamento, devem ser inspecionados antes de qualquer operação de carregamento ou descarregamento, ou após eventos climáticos adversos.

ATENÇÃO: não se deve realizar testes de pressão em mangotes visivelmente danificados.

Os danos constatados devem ser registrados de modo a permitir o descarte de mangotes que apresentem cortes e rasgos expondo o arame do corpo ou outros danos que comprometam a operacionalidade do sistema.

Reparos em mangotes não são permitidos, a menos que sejam especificamente autorizados pelo fabricante. Reparos não aprovados não devem ser realizados e os mangotes devem ser descartados imediatamente.



Sempre que possível, as mangueiras devem ser armazenadas planas, fora da luz solar direta e minimizando qualquer contato com água. A exposição à radiação ultravioleta e o dobramento durante o armazenamento reduzem consideravelmente a vida útil projetada da mangueira.



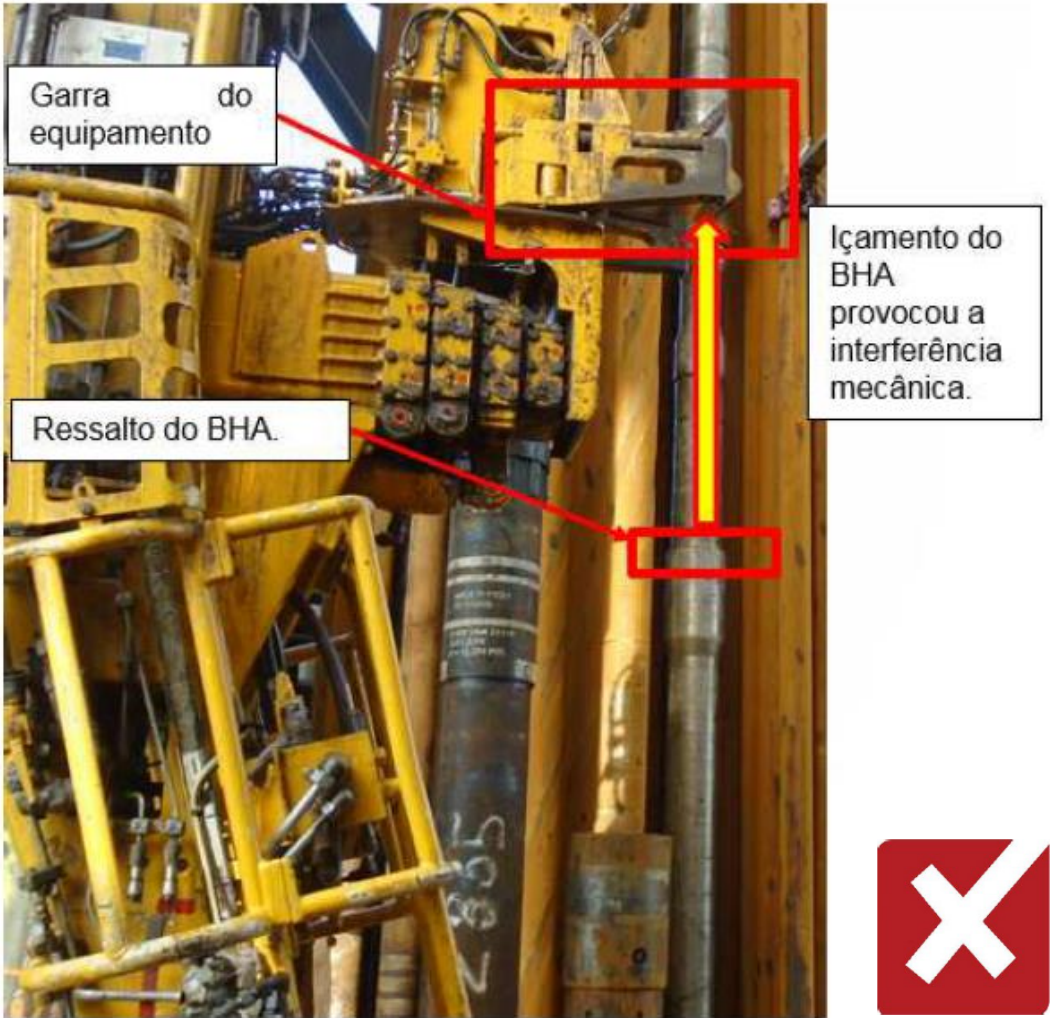
Figura 18 - Mangotes armazenados no convés principal, Fonte: empresa Seadrill

A forma "pendurada" de armazenamento de mangotes apresenta a desvantagem de poder alterar o comprimento e a resistência ao colapso/pressão. A alternativa mais adequada é o armazenamento em carretéis. Essa forma de armazenamento em carretéis oferece organização e segurança, evitando tensões excessivas nos mangotes e preservando sua integridade.

4. EXEMPLOS DE SITUAÇÕES ADEQUADAS E INADEQUADAS

A seguir são apresentadas situações consideradas adequadas  e inadequadas  relacionadas ao tema manutenção de mangueiras. Essas situações foram retiradas das apresentações sobre eventos ocorridos na frota de sondas da Petrobras.

Interferência mecânica em içamento BHA



Garra do equipamento

Recesso do BHA.

Içamento do BHA provocou a interferência mecânica.




Figura 19 - Colisão BHA com garra inferior ocasionando rompimento de mangueiras

Boa prática
Verificar possíveis interferências mecânicas entre os equipamentos de movimentação e tubulares ao realizar operações não convencionais, realizando avaliações de risco previamente. A equipe deverá ter presença de profissionais experientes e supervisores para avaliar o risco da operação.

Desgaste na cobertura



Figura 20 - Exemplo de mangueira com desgaste na cobertura

Boa prática

Verificar se há marcas, bolhas, riscos, vincos, amassamento, tramas de aço expostas ou desgastes externos por onde possa entrar umidade e causar corrosão da estrutura metálica interna ao longo do comprimento da mangueira.

Enrijecimento da mangueira

Figura 21 - Exemplo de mangueira com enrijecimento

Boa prática

Monitorar o tempo de armazenamento das mangueiras para garantir que não ultrapasse o período recomendado em normas aplicáveis e orientações do fabricante.

Processo de fabricação inadequado

Figura 22 - Rompimento de mangote durante recebimento de diesel, Fonte: empresa Foresea

Boa prática

Deve-se avaliar se foi seguida norma técnica apropriada para fabricação de mangotes de transferência/recebimento no momento da aquisição do material pela equipe de suprimentos.

Ausência de manutenção preventiva adequada

Figura 23 - Desconexão da válvula breakaway durante transferência de cadit, Fonte: empresa Ventura

**Boa prática**

Deve-se realizar inspeção visual das mangueiras e conjunto de conexões da mangueira. Incluir periodicidade de troca do conjunto.

Projeto específico de estaleiramento

Figura 24 - Exemplo de suporte para estaleiramento de mangotes, Fonte: empresa Etesco

**Boa prática**

As mangueiras devem ser apoiadas utilizando materiais e métodos apropriados que sejam compatíveis com a mangueira e tipo de carga.

Suporte específico para a finalidade



Figura 25 - Exemplo de suporte para transporte de mangueira, Fonte: empresa Halliburton

Boa prática

O suporte deve ter uma capacidade de carga segura (SWL) grande o suficiente para suportar o peso e o conteúdo da mangueira em um ambiente dinâmico.

Ausência de dispositivo ante chicoteamento

Figura 26 - Exemplo de rompimento e chicoteamento de mangueira hidráulica, Fonte: empresa Seadrill

Boa prática

Garantir o correto uso da algaema de segurança (dispositivo anti-chicoteamento) e contra-pino "R" (dispositivo anti-giro).

Padronização do inventário

Non-Compliant Hoses being Phased Out				Appropriate Replacement Hose for General Use				Appropriate Replacement Hose for Pipe Handling and Drill Floor Equipment			
OLD AIM PART	MFG	MFG PN	ICS DESCRIPTION	NEW AIM PART	NEW PN	ICS DESCRIPTION	UOM	NEW AIM PART	NEW PN	ICS DESCRIPTION	UOM
1012	PH	2172	HOSE, HYDRAULIC, 1/2 IN.								
10249	PH	8224	HOSE, HYDRAULIC, 1/2 IN SYNTHETIC RUBBER TUBE NO SKIVE. TEMPERATURE RANGE: -40F TO +235F								
10249	PH	8224	HOSE, HYDRAULIC HIGH PRESSURE NO. 8 NO SKIVE SAE 100R12 TYPE AT								
10251	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC NO SKIVE SOLD PFR FOOT - 1 EACH EQUALS 1 FT								
10251	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 1/2 IN ID TOUGH COVER 4250 PSI								
10252	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC NO SKIVE SAE 100R16 1/2 IN								
10252	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 1/2 IN 4000 PSI NO SKIVE SAE 100R12 ABRASION RESISTANT ABS OVM AND OHS APPROVED								
10252	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC NO SKIVE 1/2 IN TYPE AT								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC, 1/2", O.D., 3/4" WORKING PRESSURE 4000 PSI, BURST PRESSURE 16000 PSI, BEND RADIUS 3-1/2", NO SKIVE SAE 100R12, TYPE R12 - ISO 3862-L, ABRASION RESISTANCE TOUGH COVER, PARTS 3/IN 2112C-8								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 4000 PSI, DASH 8, TOUGH								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC NO SKIVE SOLD PFR FOOT - 1 EACH EQUALS 1 FT								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 3/8 IN TOUGH COAT								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 3/8 IN								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC TOUGH COVER 3/8 IN ID 5000 PSI WP								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 3/8 IN 4000 PSI NO SKIVE SAE 100R12 ABRASION RESISTANT ABS OVM AND OHS APPROVED								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 3/8 IN 4000 PSI WP 16000 PSI BURST NO SKIVE SAE 100R12 TYPE AT								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC NO SKIVE 3/8 IN TYPE AT SAE 100R12								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC NO SKIVE 3/8 IN (20 MPa) ID 3/8 IN (17 MM) OD 4000 PSI (27.5 MPa) WP								
10273411	PH	2228	HOSE, HIGH PRESSURE HYDRAULIC NO. 6								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 20 FT SPOOL								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC ID 3/8 IN X OD 0.8 WORKING PRESSURE 4000 PSI BURST PRESSURE 16000 PSI BEND RADIUS 2-1/2 IN NO SKIVE SAE 100R12, TYPE R12 - ISO 3862-L, ABRASION RESISTANCE TOUGH COVER								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 3/8 IN, ABRASION RESISTANT "TOUGH COVER" 4000 PSI CONSTANT WORKING PRESSURE								
10273411	PH	2228	HOSE, HYDRAULIC 3/8 4000PSI								

Figura 27 - Exemplo de controle de inventário, Fonte: empresa Transocean



Boa prática

Assegurar a correta seleção das mangueiras de acordo com o projeto/função através de análises de engenharia.

Treinamentos

Knowledge Check

Use the Torque chart below. Is a fitting torqued to 130 Newton-Meters on a 45 degree 1-16 Dash Steel Machined Fitting within the proper range?

YES NO CORRECT

For 37° & 45° (Machined or Flared)

Dash	Fractional (in.)	Steel		Brass	
		Ft. Lbs. Min.	Ft. Lbs. Max.	Newton-Meters Min.	Newton-Meters Max.
-4	1/4	10	11	13	15
-5	5/16	13	15	18	20
-6	3/8	17	19	23	26
-8	1/2	34	38	47	52
-10	5/8	50	56	69	76
-12	3/4	70	78	96	106
-16	1	94	104	127	141
-20	1-1/4	124	138	169	188
-24	1-1/2	156	173	212	235
-32	2	219	243	296	329



Figura 28 - Exemplo de treinamento em instalação, fabricação e inspeção em mangueiras, Fonte: Transocean

Boa prática

Preferencialmente, realizar treinamentos ministrados por fabricantes de mangueiras. Para treinamentos locais, utilizar recursos interativos que simulem cenários e incluam testes de conhecimento.

Engenharia de confiabilidade

Equipment related downtimes	17	18	19	20	21	22	23	Total
Lower Guide Arm (LGA) / Hidraracker	3	10	6	2	6	2	3	32
Top Drive Package	4	11	5	1	3	4	1	29
Elevators (BX 3 / BX 4 / BX5)	3	3	2	0	2	0	0	10
Drilling accessories	3	3	1	2	0	0	0	9
BOP	0	2	1	1	2	1	0	7
Iron Roughneck / Torque Master / Hydratong	3	0	3	0	0	1	0	7
Riser Package	0	1	1	0	0	0	2	4
Riser Feed Machine (RFM) / Riser Gantry Crane	2	1	0	1	0	0	0	4
Choke Manifold System	0	1	1	0	0	0	0	2
Cranes / Transportation / Winch	0	1	0	0	1	0	0	2
Drawworks	0	2	0	0	0	0	0	2
Wash Pipe Swivel Packing	0	0	1	0	0	1	0	2
Compensator (Passive / Active)	0	1	0	0	0	0	0	1

Figura 29 - Exemplo de estudo de confiabilidade, Fonte: empresa Foresea



Boa prática

Utilizar engenharia de confiabilidade para apoiar as ações estruturantes e prioridades, visando reduzir número de falhas.

5. CONCLUSÃO

As diretrizes apresentadas neste guia ressaltam a importância da manutenção adequada das mangueiras hidráulicas e de transferência/recebimento, e esperamos que ao seguir as boas práticas recomendadas, estamos agindo no sentido de garantir a integridade e o desempenho eficiente desses sistemas essenciais.

Através da identificação e rastreabilidade das mangueiras, é possível gerenciar de forma eficiente o inventário, controlar o tempo de vida útil e planejar substituições adequadas. Além disso, a análise da criticidade dos ativos possibilita uma alocação eficaz de recursos, redução de custos e aumento da confiabilidade dos sistemas. A fabricação adequada, utilizando materiais de qualidade e contando com uma equipe qualificada, é fundamental para garantir a segurança e a durabilidade dos conjuntos de mangueiras. O treinamento adequado do pessoal envolvido no gerenciamento das mangueiras também desempenha um papel crucial, assegurando a correta seleção, instalação, manuseio, inspeção e fabricação. Ao adotar essas práticas, é possível prevenir falhas prematuras, reduzir o tempo não produtivo e garantir operações seguras.

Por meio do compartilhamento de conhecimento e experiências, buscamos promover a melhoria contínua das operações e a redução dos impactos causados por vazamentos em mangueiras, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente, segurança das pessoas e o sucesso operacional das sondas de perfuração que trabalham com a Petrobras.

6. REFERÊNCIAS

API RP 7L - Procedures for Inspection, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Drilling Equipment

Energy Institute - Guidelines for the management of flexible hose assemblies, 2011.

ISO 1402 - Rubber and plastics hoses and hose assemblies — Hydrostatic testing - Fifth edition

ISO 17165-2 - Hydraulic fluid power Hose assemblies Part 2: Recommended practices for hydraulic hose assemblies

ISO 1823 Rubber hose and hose assemblies for oil suction and discharge service

ISO 18752 - Rubber hoses and hose assemblies — Wire- or textile-reinforced single-pressure types for hydraulic applications

Michael I. Greenberg, 2022. MSD Manuals. (s.d.). Lesões por injeção de alta pressão. MSD Manuals. Recuperado de <https://www.msdmanuals.com/pt-br/casa/assuntos-especiais/medicina-ocupacional-e-ambiental/les%C3%B5es-por-inje%C3%A7%C3%A3o-de-alta-press%C3%A3o>

Lima, G., 2023. Guia de boas práticas - Prevenção a Vazamento em Mangueiras

NWEA Guidelines for the Safe Management of Offshore Supply and Rig Move Operations

OCIMF - Guidelines for the handling, storage, use, maintenance and testing of STS hoses

SAE J1273 - Recommended Practices for Hydraulic Hose Assemblies