

COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS

Informações Técnicas

***Assistência
Técnica***

A Assistência Técnica Petrobras tem por objetivo prestar suporte técnico aos clientes, com foco na adequação ao uso e corretos manuseio, condicionamento e armazenagem dos produtos comercializados pela Companhia.

O cliente Petrobras conta com polos de atendimento por todo o Brasil onde os técnicos estão preparados para atender às diversas demandas.

Adicionalmente, o atendimento é reforçado pela divulgação de informações técnicas a respeito dos produtos da Petrobras tanto em nível local como institucional.

A publicação de manuais técnicos integra essa iniciativa.

Índice

1 - DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO	4
2 - PRINCIPAIS APLICAÇÕES	4
3 - TIPOS DE ÓLEOS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS	4
4 - REQUISITOS DE QUALIDADE E ESPECIFICAÇÃO	5
4.1. Principais Características de Qualidade do Óleo Combustível Marítimo	5
4.1.1. Qualidade de ignição	5
4.1.2. Viscosidade	5
4.1.3. Escoamento	5
4.1.4. Emissão de poluentes, corrosão e desgaste de materiais	6
4.1.5. Segurança no transporte, armazenamento e manuseio	6
4.1.6. Estabilidade e compatibilidade	6
4.2. Especificação ANP de combustíveis marítimos	6
5 - PRODUÇÃO	9
6 - CUIDADOS PARA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE	9
7 - ASPECTOS DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE	10
8 - INFORMAÇÕES ADICIONAIS	10
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

1 - DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO

Os combustíveis utilizados em navios podem ser classificados em duas categorias: os residuais ou óleos combustíveis marítimos, que recebem a denominação de OCM, MF (*marine fuel*), VLSFO (*Very Low Sulfur Fuel Oil*) ou bunker, e os produzidos a partir das frações mais leves do processo de refino (gasóleos atmosféricos, majoritariamente) e que são chamados de diesel marítimo, DMA, DMB ou *marine gasoil*

(MGO). Os óleos combustíveis marítimos são produzidos a partir de formulações contendo frações pesadas da destilação (resíduos) e outros óleos diluentes, sendo denominados óleos bunker. Apesar de poderem ser preparados com o mesmo tipo de matéria-prima residual que os óleos combustíveis industriais, diferem destes quanto à sua formulação e possuem especificações mais restritivas.

2 - PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Os óleos combustíveis marítimos (MF) e o Diesel Marítimo (DMA) são utilizados em motores principais, de grandes dimensões, nos sistemas de propulsão de navios de grande porte. São motores de combustão interna que operam segundo o ciclo Diesel e, por isso, apresentam requisitos de qualidade diversos daqueles

necessários aos óleos combustíveis industriais. O diesel marítimo é utilizado principalmente nos sistemas auxiliares de geração de energia ou de emergência dessas embarcações. Entretanto, pode ser utilizado em motores principais, de propulsão, em embarcações de médio e pequeno porte.

3 - TIPOS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS

Os combustíveis marítimos podem ser:

Óleos bunker ou MF, que são comercializados em diversos tipos, classificados de acordo com a viscosidade cinemática a 50 °C, desde o MF 10 até o MF 700. As diversas faixas de viscosidade atendem às necessidades dos motores, com base nas temperaturas possíveis de se aquecer o óleo na instalação que o utiliza. Além da diferença nos valores das viscosidades, a massa específica, os teores de água, vanádio, sódio, alumínio + silício, resíduo de carbono e teor de cinzas também distinguem os óleos combustíveis marítimos. Com relação ao teor de enxofre, a ANP especificou, em consonância com a IMO (Organização marítima mundial), em suas RANP 52/2010 e RANP 789/2019, para os óleos residuais, um teor máximo de 0,5% de enxofre para os sistemas de propulsão que não possuem sistemas de abatimento das emissões (*scrubbers*). A ISO 8217:2010, que não é mandatória, indica a adoção dos valores indicados pela IMO em função da área de circulação (global de 0,5% máximo e nas áreas de controle de emissões (ECAs), de 0,1%, ou aqueles definidos por especificações nacionais mais restritivas, como na Califórnia, Estados Unidos;

Óleo Diesel Marítimo, também denominado MGO ou DMA, possui requisitos de especificação diferentes dos MF's. A viscosidade cinemática e a massa específica são inferiores às observadas para o MF 10. O combustível deve atender a propriedades como, por exemplo, o índice de cetano, estabilidade à oxidação e aparência. Com relação ao teor de enxofre, a Resolução ANP n° 52 de 2010, especifica para os destilados 0,5% e enquanto a norma ISO 8217 indica que seja seguida a determinação da IMO, que, atualmente, também é de 0,5% S. MGO é uma denominação genérica de diesel marítimo, possuindo os mesmos requisitos de qualidade, mas sem a obrigação de atender uma especificação atual. No caso da Petrobras, existem dois tipos, o MGO 8217:2010 que atende a especificação da ISO 8217:2010, que pode ser comercializado para armadores de longo curso e de cabotagem e o MGO 8217:2005, que atende a especificação ISO 8217:2005, mas não atende a especificação brasileira atual e pode ser comercializado para armadores de longo curso, não sujeitos a especificação local.

4 - REQUISITOS DE QUALIDADE E ESPECIFICAÇÃO

Diesel Marítimo

- Por ser utilizado em motores de maiores dimensões e mais lentos (menor rotação), a exigência de qualidade de combustão, do diesel marítimo, avaliada pelo número de cetano é menor do que no caso do óleo diesel automotivo;
- Por outro lado, por ser armazenado em ambiente mais confinado (navios) possui requisito de segurança no armazenamento (ponto de fulgor $\geq 60^{\circ}\text{C}$), mais crítico do que o do óleo diesel automotivo.

Para uma mesma faixa de ebulição, os combustíveis marítimos podem apresentar maiores valores de densidade, maiores valores de CCAI e pior qualidade de ignição. Um ensaio alternativo que determina o retardo de ignição numa câmara de combustão a volume constante que opera conforme o ciclo Diesel, o FCA/FIA (*fuel combustion analyser*), em alguns casos é utilizado como complemento ao CCAI e como critério para avaliação da qualidade de ignição do óleo bunker. Entretanto o fabricante do equipamento descontinuou sua produção, mas está disponível em alguns laboratórios ao redor do mundo, inclusive na Petrobras

Óleo Combustível Marítimo

- Ser facilmente nebulizado para favorecer a sua vaporização, permitindo sua queima com o mínimo de emissões de particulados;
- Escoar adequadamente nas temperaturas de armazenamento e manuseio;
- Minimizar o desgaste de peças do motor;
- Minimizar emissão de poluentes;
- Apresentar características de segurança em seu manuseio e estocagem sem risco de inflamabilidade.

O resíduo de carbono indica a tendência à formação de depósitos no motor, o que pode acarretar uma característica de combustão pobre. Normalmente, está diretamente relacionado ao teor de asfaltenos, cuja presença compromete a nebulização e combustão do óleo bunker e do óleo industrial e provoca a precipitação de “borras” por incompatibilidade com outras substâncias presentes no óleo.

4.1. Principais Características de Qualidade do Óleo Combustível Marítimo

4.1.1. Qualidade de ignição

Esse requisito se constitui na principal diferença conceitual em relação aos requisitos de qualidade do óleo industrial. Apesar de não ser controlada diretamente no óleo bunker, é um item fundamental de qualidade do produto, devido ao seu uso no motor Diesel. Tal característica é calculada, não medida diretamente, pelo CCAI (*calculated carbon aromaticity index*), que é função da viscosidade e densidade, sendo que essas duas propriedades são controladas no óleo bunker.

4.1.2. Viscosidade

A viscosidade é uma característica de vital importância para a aquisição e uso dos óleos combustíveis marítimos, visto que sua escolha depende das restrições no armazenamento, manuseio, assim como da disponibilidade do sistema de aquecimento para atingir a viscosidade necessária para injeção no motor. Quanto mais viscoso for o óleo, maior será a temperatura a que ele deve ser aquecido para atender o valor requerido para injeção no motor.

4.1.3. Escoamento

Os óleos combustíveis devem escoar à temperatura de sua utilização, sem que ocorra a cristalização e deposição de parafinas nas tubulações. Isto é controlado por meio do ensaio de ponto de fluidez. Apenas óleos com pontos de fluidez menores do que

as temperaturas ambientes podem ser transportados por oleodutos e estocados em tanques sem aquecimento.

4.1.4. Emissão de poluentes, corrosão e desgaste de materiais

Os óleos combustíveis marítimos não devem conter sedimentos inorgânicos nem orgânicos, que podem se depositar nos bicos dos injetores, obstruindo a sua passagem e causando erosão. Isto é obtido por meio do controle do teor de cinzas, resíduo, água e sedimentos.

A água, quando presente, reduz o poder calorífico do óleo combustível, devendo ser eliminada na centrífuga, para não causar corrosão nas peças metálicas em ação conjunta com outros contaminantes. A água também aumenta a possibilidade de formar emulsões, se presente em elevadas quantidades, que podem acarretar problemas na nebulização do produto e poderá causar problemas de corrosão, especialmente nos casos em que o teor de enxofre é elevado.

Os sedimentos inorgânicos, mesmo em pequenas quantidades, poderão se depositar sobre as linhas dos bicos injetores prejudicando o escoamento e a combustão, contribuindo ainda para a erosão.

Os elementos metálicos existentes nos óleos combustíveis não queimam, formando óxidos que se concentram nas cinzas. Entre estes elementos destacam-se o alumínio, o silício, o sódio e o vanádio, os quais acarretam os seguintes inconvenientes:

- Esses óxidos se depositam sobre as paredes dos tubos provocando superaquecimento que pode levar à fragilização das partes do motor Diesel;
- Os compostos de alumino-silicatos, quando em elevadas quantidades têm ação abrasiva em bombas e motores, podendo causar erosão em válvulas injetoras e bicos injetores. Por este motivo, o produto deve ser tratado em centrífugas antes de ser utilizado.

A densidade tem importância no processo de centrifugação e de decantação da água presentes no óleo bunker. Quanto maior a densidade, maior a

aromaticidade e maior o CCAI, o que se reflete em maior dificuldade para a ignição do óleo bunker.

4.1.5. Segurança no transporte, armazenamento e manuseio

O manuseio dos óleos combustíveis, em geral, deve oferecer condições corretas de segurança, o que é avaliado por meio do ensaio do ponto de fulgor. Essa característica permite também avaliar a contaminação do óleo bunker com produtos mais leves (ponto de fulgor abaixo da especificação).

4.1.6. Estabilidade e compatibilidade

Combustíveis formulados a partir de diferentes componentes, como os MF's, podem apresentar diferentes graus de estabilidade de acordo com a natureza química predominante de seus componentes, qual seja parafínica, naftênica ou aromática, indicando uma maior ou menor tendência a deposição de asfaltenos.

Já no caso de tanques de armazenamento ou de embarcações que misturem combustíveis de diferentes origens, existe o risco da incompatibilidade, ou seja a tendência a precipitação dos asfaltenos pode ser afetada pela natureza química (naftênica ou parafínica) predominante dos óleos que estão sendo misturados. Ou seja, existe a necessidade de que se façam alguns testes que avaliem a compatibilidade de combustíveis de diferentes origens, que, embora não deem uma informação absoluta, são indicativos do risco da mistura. Outra possibilidade é ter tanques diferentes que permitam segregar os combustíveis e evitar o risco potencial da instabilidade.

4.2. Especificação ANP de combustíveis marítimos

A especificação dos Combustíveis Marítimos é estabelecida pela Resolução ANP Nº 52 de 29 de dezembro de 2010, complementada pela Resolução ANP Nº 38 de 19 de novembro de 2012 e pela RANP 789/2019, que reduz o teor de enxofre dos MF para 0,5% a partir de 2020.

Tabela I - Especificação de óleos diesel marítimos (1)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE TIPO		MÉTODO	
		DMA	DMB	ABNT NBR	ASTM / IP / ISO
Aspecto	-	LII (2)	anotar	Visual	-
Cor ASTM, máx.	-	3	-	14483	ASTM D1500
Enxofre Total, máx.	% massa	0,5		14533	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453 ISO 8754 ISO 14596
Sulfeto de hidrogênio, máx.	mg/kg	2,0		-	IP 570
Número de acidez, máx.	mg KOH/g	0,5		14448	ASTM D664
Massa Específica a 20°C, máx.	kg/m ³	876,8	896,8	7148 14065	ASTM D1298 ASTM D4052 ISO 3675 ISO 12185
Ponto de Fulgor, mín.	°C	60,0		14598	ASTM D93 ISO 2719
Viscosidade a 40°C	mm ² /s	2,0 - 6,0	2,0 - 11,0	10441	ASTM D445 ISO 3104
Ponto de Fluidez, máx.	Tipo inverno	-6	0	11349	ASTM D97 ISO 3016
	Tipo verão	0	6		
Índice de Cetano, mín.	-	40	35	14759	ASTM D4737 ISO 4264
Resíduo de Carbono no resíduo dos 10 % finais de destilação, máx.	% massa	0,30	-	15586	ASTM D4530 ISO 10370
Resíduo de Carbono, máx.	% massa	-	0,30		
Cinzas, máx.	% massa	0,010		9842	ASTM D482 ISO 6245
Água, máx.	% vol.	-	0,30	14236	ASTM D95 ISO 3733
Estabilidade à oxidação, máx.	g/m ³	25	25 (3)	-	ASTM D2274 ISO 12205
Sedimentos, máx.	% massa	-	0,10 (4)	-	ASTM D4870 ISO 10307-1
Lubricidade, máx. (5)	µm	520		-	ASTM D6079 ISO 12156-1

(1) Admite-se um teor máximo de 0,1 % em volume de biodiesel aos óleos diesel marítimos pelo método ABNT NBR 15568 ou EN 14078.

(2) Limpido e isento de impurezas.

(3) A determinação desta característica é requerida quando o produto se apresentar límpido e isento de impurezas.

(4) A determinação desta característica é requerida quando o produto não se apresentar límpido e isento de impurezas.

(5) A determinação desta característica é requerida quando a amostra for límpida e o enxofre total for inferior a 0,05 % massa.

Tabela II - Especificações de óleos combustíveis marítimos

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	TIPO			MÉTODO	
		OCM 120	OCM 180	OCM 380	ABNT NBR	ASTM/IP/ISO
Viscosidade a 50 °C, máx. (1)	mm ² /s	120	180	380	10441	ASTM D445 ISO 3104
Resíduo de Carbono, máx.	% massa	14	15	18	15586	ASTM D4530 ISO 10370 ASTM D524(8)
Enxofre Total, máx. (2)	% massa	0,50 (9) (Alterado pela Resolução nº 789, de 22.5.2019 - DOU 23.5.2019 - Efeitos a partir de 23.5.2019)			14533	ASTM D2622 ASTM D4294 ISO 8754 ISO 14596
Sulfeto de hidrogênio	mg/kg	2			-	IP 570
Número de acidez, máx. (7)	mg KOH/g	2,5			14448	ASTM D664
Massa Específica a 20 °C, máx. (3)	kg/m ³	981,8	987,8		7148 14065	ASTM D1298 ASTM D4052 ISO 3675 ISO 12185
ICAC, máx. (4), (5)	-	860		870	-	-
Cinzas, máx.	% massa	0,07		0,1	9842	ASTM D482 ISO 6245
Ponto de Fulgor, mín.	°C	60			14598	ASTM D93 ISO 2719
Ponto de Fluidez, máx.	°C	30			11349	ASTM D97 ISO 3016
Água, máx.	% vol.	0,5			14236	ASTM D95 ISO 3733
Sedimentos (com envelhecimento), máx.	% massa	0,1			-	ISO 10307-2
Alumínio mais Silício, máx.	mg/kg	40	50	60	-	ASTM D5184 ISO 10478
Vanádio, máx.	mg/kg	150		350	-	ASTM D5708 ASTM D5863 ISO 14597
Sódio, máx.	mg/kg	100	50	100	-	ASTM D5863 IP501 IP470
Cálcio, máx.(6)	mg/kg	30			-	IP501 IP470
Fósforo, máx (6)	mg/kg	15			-	IP500 IP501
Zinco, máx (6)	mg/kg				-	IP501 IP470

(1) A comercialização de óleos combustíveis marítimos com viscosidades distintas das especificadas nesta Tabela está autorizada mediante acordo entre fornecedor e consumidor final.

(2) Áreas costeiras e portuárias de alguns países poderão requerer limites mais restritivos conforme Anexo VI do Protocolo de 1997 da Organização Marítima Internacional - IMO. No caso de a embarcação trafegar em áreas ambientais controladas, o enxofre total no combustível deverá ser no máximo 1,0 % massa.

(3) O método de referência em caso de disputa será o ABNT NBR 7148.

(4) O valor do índice calculado de aromaticidade carbônica se obtém da seguinte fórmula:

$$ICAC = \rho_{15} - 81 - 141 \cdot \log[\log(v + 0,85)]$$

Onde:

8 Combustíveis Marítimos

Informações Técnicas (versão jan/2021)

v - é a viscosidade cinemática a 50 °C, expressa em milímetros ao quadrado por segundo;

ρ_{15} - é a massa específica a 15 °C, expressa em quilogramas por metro cúbico;

log - é o logaritmo na base 10.

(5) Deve ser reportado, entre parênteses, ao lado do valor da característica ICAC o valor da massa específica a 15 °C;

(6) O óleo será considerado contaminado por óleo lubrificante usado, se o teor de cálcio e o teor de zinco ou fósforo superarem os limites indicados.

(7) Para produto obtido de petróleo de natureza naftênica, aplica-se o disposto na norma ISO 8217 relativo à característica número de acidez.

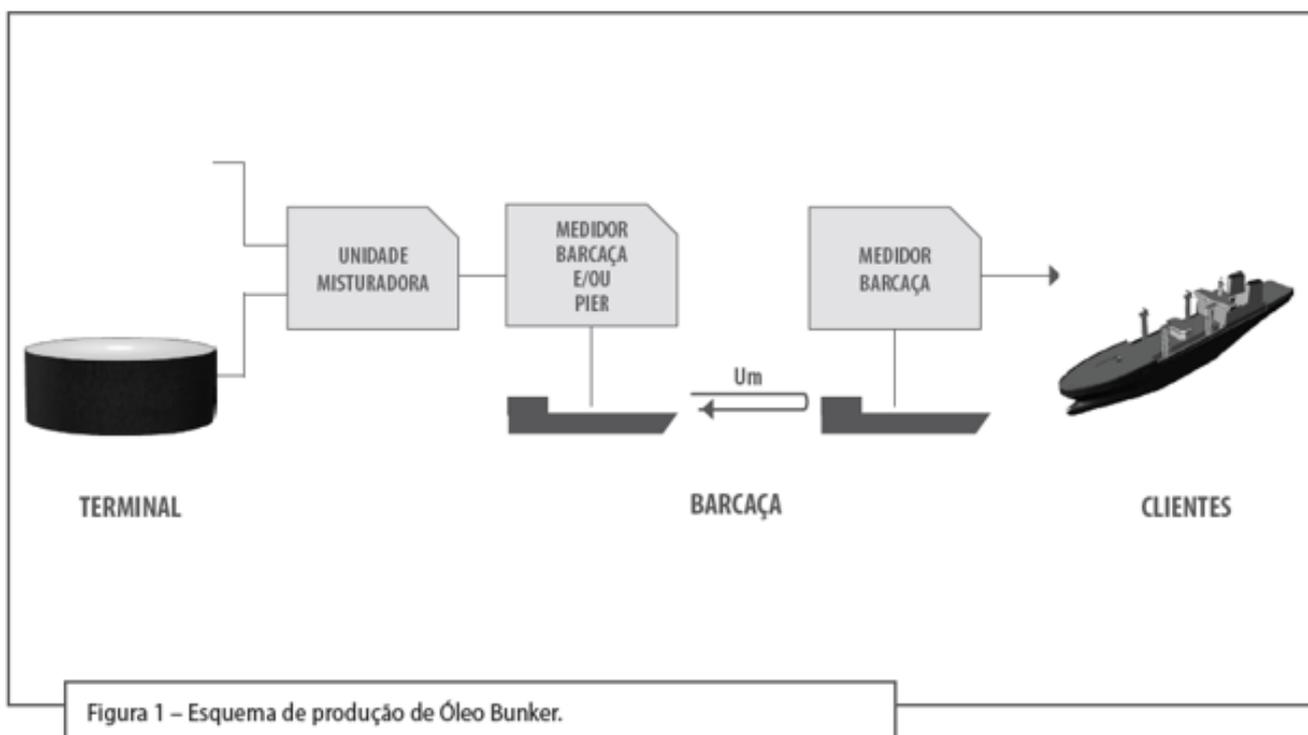
(8) O resultado obtido por este método deve ser convertido para resíduo de carbono Conradson.

(9) As embarcações dotadas de sistema de limpeza de gases de escape poderão ser abastecidas com combustíveis marítimos cujo teor de enxofre seja de no máximo 3,50% em massa. (Adição dada pela Resolução nº 789, de 22.5.2019 - DOU 23.5.2019 - Efeitos a partir de 23.5.2019)

5 - PRODUÇÃO

A matéria-prima básica para produção dos óleos bunker é o resíduo da destilação a vácuo, ao qual devem ser adicionados diluentes para acerto da viscosidade, em função do tipo de óleo desejado.

Dessa forma, a matéria-prima para produzir esses óleos, deve ser fabricada de acordo com as especificações, e diferente daquela usada para óleos combustíveis industriais



6 - CUIDADOS PARA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE

Para manter a qualidade final do óleo bunker, os seguintes cuidados devem ser tomados:

- Garantir a limpeza e a ausência de água e sedimentos/borras no transporte e armazenamento do produto. A água e materiais sólidos devem ser drenados dos tanques, pois podem alterar a qualidade do óleo bunker e

todo cuidado deve ser tomado para se evitar que contaminem o produto;

- Adotar rotina de inspeção e limpeza nos sistemas de armazenagem do produto, checando, entre outros itens, o estado de conservação do interior dos tanques;

- Não estocar o óleo bunker por tempo prolongado. A estocagem por longos períodos sem uso pode levar à degradação do produto.

A estabilidade e a compatibilidade são características que, embora não estejam presentes nas especificações, são importantes para a produção e utilização do óleo bunker. Um óleo é considerado estável se os asfaltenos e/ou parafinas permanecem em suspensão ao longo do tempo nas

condições de transporte, armazenamento ou processamento. Duas ou mais correntes ou óleos são considerados compatíveis quando o produto resultante da mistura permanece estável, sem a deposição de asfaltenos. A instabilidade provoca a deposição de asfaltenos que podem obstruir bicos injetores e problemas de escoamento e queima incompleta.

7 - ASPECTOS DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE

Todas as recomendações de armazenamento, manuseio e utilização segura do óleo bunker estão contidas na correspondente Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ).

Para efeito de transporte, o óleo bunker está enquadrado na classe de risco 3 (líquido inflamável) e tem o número de identificação 3256 (LÍQUIDO A

TEMPERATURA ELEVADA, INFLAMÁVEL, N.E. (Óleo combustível), com ponto de fulgor superior a 60 °C, conforme classificação da ONU, adotada pelo Ministério dos Transportes. Sendo considerado como carga perigosa, as pessoas envolvidas com seu transporte devem estar devidamente treinadas e capacitadas para realizar tais operações.

8 - INFORMAÇÕES ADICIONAIS

O uso adequado do óleo bunker propiciará aos seus usuários evitar gastos excessivos com combustível e com a manutenção dos equipamentos e sistemas de combustão, além de atender aos requisitos de segurança. Para que se possa tirar o máximo proveito desse combustível, recomenda-se a adoção dos seguintes cuidados:

- Realizar as manutenções periódicas especificadas pelo fabricante do motor;
- Caso seja necessário usar o óleo bunker estocado por um longo período de tempo, realizar os ensaios de especificação do produto para atestar a qualidade do produto. O tanque de armazenamento deverá ser drenado para eliminar a água e sedimentos que possam ter decantado;

- Realizar inspeção e limpeza periódicas dos tanques de armazenamento de modo a garantir a manutenção da qualidade do combustível;
- Verificar a necessidade de aquecimento das linhas de transferência de óleo bunker em função da sua viscosidade e da temperatura ambiente de modo a evitar obstrução da linha;
- No caso de armazenamento do óleo bunker a temperaturas superiores a 100 °C, a presença de água pode acarretar o fenômeno conhecido como “boil over” devido à vaporização rápida da água e provocar acidentes e danos ambientais.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [a] Farah, M. A. Petróleo e seus derivados. LTC, 2012.
- [b] RANP 52/2010- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: <http://www.anp.gov.br/>
- [c] RANP 52/2010 e RANP 789/2019
- [d] ISO 8217:2010
- [e] BRASIL, N. Í. e Colaboradores. Processamento de Petróleo e Gás. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Ltd., 2ª Edição, 2014.

Para contatar o SAC Petrobras, o cliente pode utilizar o telefone 0800 728 9001 ou enviar um e-mail para sac@petrobras.com.br

Elaborado por:

Gerência de Relacionamento com Clientes - Comercialização no Mercado Interno
Gerência de Planejamento e Inteligência de Mercado - Comercialização no Mercado Interno
Gerência de Produtos - P&D em Refino e Gás Natural - Cenpes