

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS – APMA

ANDRÉ VINÍCIUS GOMES DE CARVALHO

SISTEMAS DE COMBUSTÍVEIS E SUAS COMPATIBILIDADES PARA AS
EMBARCAÇÕES MERCANTES

RIO DE JANEIRO

2014

ANDRÉ VINÍCIUS GOMES DE CARVALHO

**SISTEMAS DE COMBUSTÍVEIS E SUAS COMPATIBILIDADES PARA AS
EMBARCAÇÕES MERCANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Prof./ Eng. Hermann Regazzi Gerk.

RIO DE JANEIRO

2014

ANDRÉ VINÍCIUS GOMES DE CARVALHO

**SISTEMAS DE COMBUSTÍVEIS E SUAS COMPATIBILIDADES PARA AS
EMBARCAÇÕES MERCANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Hermann Regazzi Gerk.

Professor/ Engenheiro Químico

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos amigos e companheiros mercantes e aos mestres que nos passam seus ensinamentos e experiências dentro das salas de aula para podermos aprimorar nossos conceitos de bordo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a D*us por me colocar entre pessoas tão especiais que me dão suporte e apoio quando mais preciso, principalmente minha família. Aos meus amigos que contribuíram com seus conhecimentos, mas principalmente por sua amizade. Aos mestres, por sua dedicação e paciência para transmitir seus ensinamentos e nos ajudarem a agregar maior valor a formação mercante. E, finalmente, ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA) por ceder sua infraestrutura para que tudo isso fosse possível.

EPÍGRAFE

“Cuidai das crianças e não será preciso punir os homens”

Pitágoras

RESUMO

O trabalho buscou identificar as principais variáveis dos óleos combustíveis a bordo de embarcações mercantes, primeiro observando as regras e padronizações que os mesmos devem obedecer. Em segundo, foram conceituados e identificados os parâmetros das principais legislações ratificadas pelas organizações internacionais como emissões de gases poluentes e regras de padronizações de características de óleos combustíveis. Por conseguinte foram analisados os principais elementos das plantas de óleos combustíveis básicas para as embarcações mercantes, bem como as preocupações e orientações de como devem ser observados esses produtos a bordo de navios. Foram pontuadas considerações sobre as mudanças de óleos combustíveis por necessidade de parada dos motores ou entrada das embarcações em áreas de maior regulamentação.

Palavras-chave: Combustíveis. MARPOL. Navios. Sistemas. Legislação Marítima.

ABSTRACT

The present document seeks to identify the main characteristics of maritime fuels on board of the vessels. First of all, it was described the rules and the standard issues that these fuels must to obey. Secondly, The most important rules and laws that were signed by the international community were listed and identified, as well the main contend about polluted gases emissions by merchant ships and theirs equipment. Then the most important elements of a vessel fuel oil plant were analyzed, as well the main concern about important matters about how to proceed with fuel oils on board. Also, this work pointed out considerations about the changeover maneuvering of fuel oil by the occasion of the need of stopping engine and also by the ship entering in the area of a controlled area.

Keywords: Fuels. MARPOL. Ship. System. Maritime Law.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Processo de Combustão em um Motor a Combustão	18
Figura 2 -	Gráfico Comparativo de Classes de Motores a Combustão	20
Figura 3 -	Limites de Teor de Enxofre	21
Figura 4 -	Atuais Áreas de Controle de Emissão	22
Figura 5 -	Planta de Destilação Petróleo de 3 (três) Estágios	26
Figura 6 -	Sistema Simplificado de Óleo Combustível de Navio	33
Figura 7 -	Sistema Simplificado de Óleo Pesado de Navio	35
Figura 8 -	Circuito Simplificado Óleo Diesel	36
Figura 9.A -	Circuito Simplificado MGO	37
Figura 9.B -	Trocador de Calor de MGO	37
Figura 10 -	Circuito Simplificado Cambagem HFO X MDO	39
Figura 11 -	Compatibilidade de Óleos Combustíveis por Região	39
Figura 12 -	Comparação de Viscosidade entre Óleos Combustíveis	40
Figura 13 -	Curvas de Viscosidade x Temperatura do MGO	41
Figura 14 -	Circuito Simplificado de Cambagem MGO x HFO	41
Figura 15.A -	Temperatura de Cambagem HFO x MGO por Tempo em minutos	42
Figura 15.B -	Viscosidade de Cambagem HFO x MGO por Tempo em minutos	42
Figura 15.C -	Mistura de Cambagem HFO x MGO por Tempo em minutos	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Anexos da Convenção MARPOL	16
Tabela 2 -	Emissão Permitida de NOx	19
Tabela 3.A -	Teor de Emissão de Enxofre Permitido	20
Tabela 3.B -	Teor de Emissão de Enxofre Permitido	21
Tabela 4 -	Tipos de Combustíveis Marítimos	26
Tabela 5 -	Comparação de Óleos Combustíveis Marítimos	28
Tabela 6 -	Combustíveis Residuais Marítimos	29
Tabela 7 -	Tabela de Preços Combustíveis Residuais / Intermediários	30
Tabela 8 -	Combustíveis Destilados Marítimos	31
Tabela 9 -	Tabela de Preços Combustíveis Destilados	31
Tabela 10 -	Condições Normais de Trabalho	32

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	11
1	LEIS, CONVENÇÕES E ÓRGÃOS LIGADOS AO MEIO AMBIENTE MARÍTIMO.	13
1.1	Convenções MARPOL	15
1.1.1	Anexo VI da Convenção MARPOL	17
1.1.2	Classificação NOx e SOx de emissão de gases	18
1.1.3	Áreas de Controle de Emissão (ECAs)	22
2	COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS	23
2.1	Propriedades dos Óleos Combustíveis	24
2.2	Óleo Combustível Residual	28
2.3	Óleo Combustível Destilado	30
3	SISTEMA DE COMBUSTÍVEL ABORDO DE NAVIOS	32
3.1	Circuito Simplificado de Óleo Pesado	35
3.2	Circuito Simplificado de Óleo Diesel	35
3.3	Circuito Simplificado de MGO	36
4	INTERAÇÃO ENTRE OS CIRCUITOS DE OLEOS COMBUSTÍVEIS	38
4.1	Circuito HFO x MDO	38
4.2	Circuito HFO x MGO	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

INTRODUÇÃO

Através de estudos socioambientais, iniciaram as categorizações e criações de parâmetros aceitáveis para a reconciliação entre a necessidade humana de produção e crescimento, e o fator de equilíbrio ecológico, conceituando o que vem a ser o desenvolvimento sustentável.

Para poder se adaptar a essas novas regras, que vem surgindo cada vez mais específicas e necessárias, as companhias de navegação, as empresas projetistas de embarcações, os estaleiros e até mesmo os produtores de equipamentos marítimos, tem que buscar novos métodos e formas de tecnologia para se enquadrar nos novos conceitos exigidos por tais normas.

Tal afirmação se torna notória quando o assunto de estudo é a forma de criação de energia. A bordo, sua principal fonte são os combustíveis provenientes do petróleo. Estes, em suma, são grandes responsáveis pela poluição do ar através de sua queima para obtenção de força motriz pela transmutação da energia química em energia motora.

Verifica-se atualmente um grande investimento em pesquisas e equipamento para a viabilização de combustíveis que ao serem consumidos causem menor poluição atmosférica através dos gases produzidos por sua queima.

A partir das frações mais leves do processo de refino (gasóleos atmosféricos) e diversos processos de tratamentos químicos, novos combustíveis com baixo teor de enxofre vem sendo pesquisados, como o gasóleo com baixo teor de enxofre (LS MGO).

Devido sua composição química diferenciada, sua viscosidade sofre alterações e outras propriedades do fluido combustível tornam necessários novos equipamentos e métodos de controle para que seja possível sua utilização a bordo. O próprio gasóleo marítimo (MGO), por exemplo, necessita de ser resfriado após uma primeira passagem pelo sistema de injeção de

combustível, para que fique dentro de um range aceitável de viscosidade para admissão ao motor.

Logo, esses novos conceitos acabam por trazer maiores custos e mais maquinário para as embarcações, além de cuidados com sua armazenagem, e criam novas rotinas / procedimentos de trabalho.

O objetivo do presente trabalho se posta em identificar as principais diferenças entre os combustíveis mais utilizados pelas unidades marítimas, as condições necessárias para sua empregabilidade a bordo das mesmas e as precauções exigidas ao pessoal envolvido nos trabalhos a eles associados e o meio ambiente.

1. Leis, Convenções e Órgãos ligados ao Meio Ambiente Marítimo.

Pode-se inferir que a preocupação com a preservação do meio ambiente marítimo tomou forma com a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição do Mar por Óleo de 1954. Posteriormente o Tratado de Moscou, em 1963, já proibia o teste de armas nucleares tanto no ar, quanto no mar. Em 1969, no Brasil, houve a assinatura em Brasília do Tratado da Bacia do Prata que regulamentava aspectos do meio ambiente e possuía como preâmbulo:

A ação conjugada permitirá o desenvolvimento harmônico e equilibrado, assim como o ótimo aproveitamento dos grandes recursos naturais da região e assegurará sua preservação para as gerações futuras, através da utilização racional dos aludidos recursos.

Ainda, no cenário internacional, o caso do derramamento de óleo pelo navio petroleiro Torre Canyon espalhou 320 mil toneladas do produto bruto pela costa francesa (fenômeno conhecido como “maré negra”). Este episódio motivou a Convenção sobre Responsabilidade Civil por Danos Causados por Poluição por Óleo, assinada em Bruxelas também no ano de 1969.

Estas e outras convenções e tratados que foram se desencadeando ainda no período que compreende o final da década de sessenta e o início da seguinte, eclodiram no marco do direito ambiental, que foi a Conferência de Estocolmo, que apesar de ainda ter um grande apelo econômico, trouxe grandes avanços para este movimento de conscientização.

O nosso meio marítimo não ficou para trás. Observa-se grande evolução no que concerne a salvaguarda da vida humana no mar, segurança da navegação e prevenção contra poluição advinda de unidades marítimas e embarcações mercantes.

Surgem, então, as convenções:

1. Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar, SOLAS 74/88, com o propósito estabelecer os padrões mínimos para a

construção de navios, para a dotação de equipamentos de segurança e proteção, para os procedimentos de emergência e para as inspeções e emissão de certificados. Hoje, SOLAS data de 1975, ano em que foi profundamente revista e apresenta 12 capítulos

2. Convenção MARPOL, com os objetivos:

- Preservar o ambiente marinho através da eliminação completa de poluição por óleo e por outras substâncias prejudiciais;
- Minimizar as consequências de descargas acidentais de substâncias nocivas ao meio marinho.

A MARPOL desmembra-se em seis anexos, cada um com um tema específico e sempre em evolução, no qual o sexto faz menção sobre regulamentações para reduzir o impacto ambiental através do controle das emissões de gases poluentes produzidas pelas embarcações através de seus motores, caldeiras, equipamentos produtores de gás inerte, incineradores, entre outras máquinas.

Segundo a ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2014),

É considerado impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas, que afete direta ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com o Art. 39 da Lei Federal nº 9.537 (LESTA), a Diretoria de Portos e Costas (DPC), representante da Autoridade Marítima em conjunto com outros setores da Marinha do Brasil também asseguram, a prevenção da poluição ambiental por parte de embarcações empregadas na Navegação de Mar Aberto (NORMAN 01) e embarcações empregadas na Navegação Interior (NORMAN 02).

Ainda visando a preservação do meio ambiente marinho, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) considerando dentre outros que:

- O meio marinho e seus organismos vivos são de importância vital para a humanidade, sendo do interesse de todos assegurar a manutenção da qualidade e da quantidade de seus recursos;
- A capacidade de suporte do mar não é ilimitada;
- A saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;
- O controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde e do meio ambiente ecologicamente equilibrado, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água;
- O petróleo e o gás natural são responsáveis por parcela significativa da matriz energética brasileira e que deverão permanecer com demanda crescente nos próximos anos;
- Cerca de 80% do petróleo nacional são produzidos através de plataformas marítimas localizadas ao longo da costa brasileira;
- As particularidades e limitações técnicas e tecnológicas de que se revestem a produção de petróleo e gás natural em plataformas e o tratamento de seus efluentes.

A princípio nos atermos a convenção MARPOL, que será mais importante para o desenvolvimento deste estudo, pois suas resoluções são as principais impulsionadoras das transformações a ocorrerem nas embarcações mercantes nos próximos anos.

1.1 Convenções MARPOL

A Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL 73/78), adotada em 17 de Fevereiro de 1973, modificada por protocolo em 1978, e com entrada em vigor em outubro de 1983, vem substituir a antiga a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição do Mar por Óleo de 1954.

É a mais importante convenção internacional marítima para a proteção do meio ambiente e trata de orientar atividades de bordo, bem como regulamentar

procedimentos para descarga e manutenção de consumíveis das embarcações mercantes.

Essa convenção vem sendo regularmente alterada para que se faça sempre atualizada perante as necessidades de se manter um nível satisfatório de proteção ao meio ambiente pelos impactos causados pela atividade marítima e novas tecnologias que são empregadas por esta última.

A MARPOL é composta por seis anexos que foram sendo incorporados ao seu texto a medida que vinham sendo elaborados e aceitos pela comunidade internacional. Vide tabela 1

Tabela 1 – Anexos da Convenção MARPOL

Convenção MARPOL 73/78		
Texto	Prevenção de Poluição	Entrada em vigor
Anexo I	Por Óleo	02 /10 / 1983
Anexo II	Por Substâncias Líquidas Nocivas Transportadas a Granel	02 /10 / 1983
Anexo III	Por Substâncias Prejudiciais Transportadas Empacotadas	01 / 07 / 1992
Anexo IV	Por Esgoto	27 /09 /2003
Anexo V	Por Lixo	31 /12 /1988
Anexo VI	Do Ar	19 / 05 / 2005

Fonte: <http://www.imo.org/> (18/10/2014)

Esta convenção tem força para as embarcações com bandeiras dos países signatários. Hoje 173 Estados, de acordo com site da Organização Marítima Internacional (IMO), são parte deste tratado. Se uma embarcação for de uma bandeira de um país não parte, mas estiver em águas de um Estado que tenha ratificado a mesma, aquela deverá se portar de acordo com as regras estabelecidas pela MARPOL.

Após breve explanação sobre a estruturação todo da MARPOL 73/78, o presente estudo se dedicará ao anexo VI, sobre Prevenção da Poluição do Ar, e o que ele e suas emendas estão trazendo como evolução para área naval.

1.1.1. Anexo VI da Convenção MARPOL

O anexo VI da Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios se foca em mitigar e/ou anular os agentes provocadores dos impactos ambientais causados pelos gases provenientes das embarcações, independente de sua origem a bordo, através do controle da emissão de substâncias para atmosfera.

De acordo com a regra 5, as vistorias feitas pela administração do Estado parte deverão ser realizadas a todo navio com arqueação bruta acima de 400, toda plataforma de perfuração fixa e outras plataformas, estando classificados como isentos e exceções, pela regra 3, as emissões provenientes de: necessidade para a salvaguarda e segurança do navio, avarias, testes de redução de emissão, navios de pesquisa e atividades minerais no fundo do Mar.

Este anexo, em sua regra 6, se refere também a algumas certificações que devem ser emitidas as embarcações como o Certificado Internacional de Prevenção da Poluição do Ar (IAPP), o qual se refere na conformidade daquela embarcação de ter suas emissões de substâncias redutoras de ozônio e nocivas aos seres vivos com os parâmetros e regras exigidas pelo Capítulo 3 deste anexo, e o Certificado Internacional de Eficiência Energética (IEEC), que assegura que a embarcação esta dentro das especificações do Capítulo 4 do anexo VI da MARPOL pelos índices de eficiência energética calculados para seus equipamentos e máquinas.

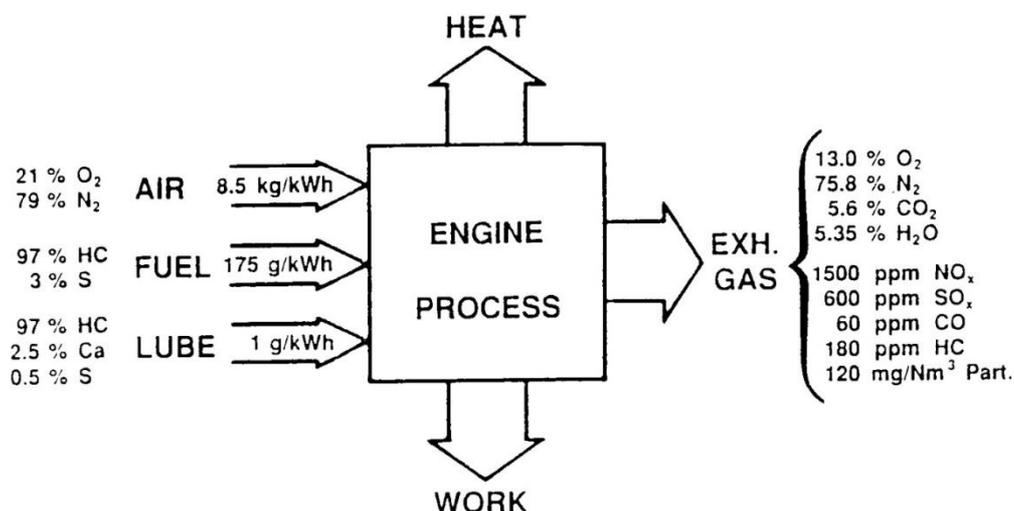
O IAPP tem validade máxima de 5 anos, devendo fazer vistorias periódicas de acordo com as regras do Capítulo 3 e baseado em sua data de aniversário, enquanto o IEEC tem validade para a vida toda da embarcação.

Portanto o referido anexo tem importante papel no que diz respeito a colocar limites e dar base as exigências das vistorias para que se possa fazer cumprir os procedimentos e regras sobre as emissões de substâncias poluentes para a atmosfera.

1.1.2 Classificação NOx e SOx de emissão de gases

A emissão proveniente das queimas dos motores e equipamentos auxiliares a bordo das embarcações contem muitos componentes que podem ser danosos ao meio biótico do nosso planeta, a seguir uma figura que representa um equipamento consumindo óleo combustível residual a 3% de teor de enxofre.

Figura 1 – Processo de Combustão em um Motor a Combustão



Fonte: <http://www.marineengineering.org.uk/page42.html> acesso 04/12/2014

Ao se verificar as regras 13 e 14 do referido anexo da MARPOL encontram-se listados valores a serem seguidos como limites máximos de emissão dessas substâncias nocivas, dentro de prazos estipulados para adaptação.

A começar pelos compostos Óxidos de Nitrogênio (NO_x) o site aria do brasil define da seguinte forma: “Este termo agrupa o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂). O NO, (...), é gerado em reações de combustão. Este é em seguida oxidado em NO₂ na atmosfera. (...). Os óxidos de nitrogênio são irritantes ao sistema respiratório que podem prejudicar a função pulmonar. Estes dão origem a chuvas ácidas e formação do ozônio.”.

A resolução 2 da Conferencia MARPOL de 1997 adotou o Código Técnico Sobre o Controle da Emissão de Óxidos de Nitrogênio por Motores Marítimos (NOX CODE), como emendado pela Organização, pela resolução MEPC 177(58) e com entrada em vigor em 01 de janeiro de 2010.

O NOX CODE estabelece procedimentos obrigatórios de testes, vistorias e certificações de motores a diesel marítimos os quais assegurarão a conformidade com tal código de emissões de gases provenientes de descarga dos equipamentos a combustão de acordo com a data de batismo de quilha da embarcação.

A regra 13 somente é válida para motores de combustão interna com potencia maior que 130 kW e que não estejam relacionados a operações de salvatagem e de emergência, ou seja, motores para embarcações de resgate e diesel gerador de emergência não necessitam obedecer a esta regra, pois precisam responder prontamente a atividades de segurança da vida humana e a propriedade no mar.

A seguinte tabela possui referencias adotadas pela Regra 13 da Convenção MARPOL, em seu Anexo VI:

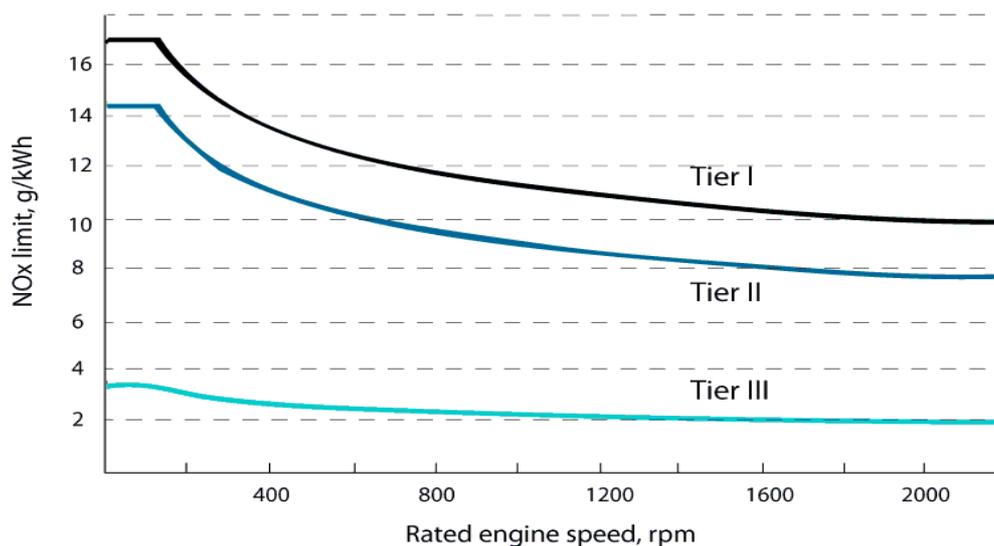
Tabela 02 - EMISSÃO PERMITIDA DE NOX

Classificação	Batismo de Quilha	Peso NO ₂	Rotação do Motor (n)
Categoria I	De 1º de janeiro de 2000 a 1º de janeiro de 2011	17,0 g/kWh	Menos de 130 RPM
		45 n ^(-0,2) g/kWh	130 ou mais, mas menos que 2.000 RPM
		9,8 g/kWh	2.000 RPM ou mais
Categoria II	De 1º de janeiro de 2011 a 1º de janeiro de 2016	14,4 g/kWh	Menos de 130 RPM
		44 n ^(-0,23) g/kWh	130 ou mais, mas menos que 2.000 RPM
		7,7 g/kWh	2.000 RPM ou mais
Categoria III	De 1º de janeiro de 2016	3,4 g/kWh	Menos de 130 RPM
		9 n ^(-0,2) g/kWh	130 ou mais, mas menos que 2.000 RPM
		2,0 g/kWh	2.000 RPM ou mais

Fonte: MARPOL 73/78 – Anexo VI – Regra 13

Pelo gráfico de cartesianas podemos identificas as emissões de óxidos de nitrogênio por cada classificação de motores durante as evoluções exigidas pela IMO.

Figura 02 - Gráfico Comparativo de Classes de Motores a Combustão



Fonte: <https://www.dieselnets.com/standards/inter/imo.php> (acesso 08/11/2014).

Já os compostos Óxidos de Enxofre (SOx) definido pelo mesmo site anterior como: “Dióxido de Enxofre (SO₂): Este poluente, de origem principalmente industrial, é gerado em processos de combustão (óleo pesado, carvão, gasolina...). Ele é bastante irritante para as membranas mucosas e vias respiratórias. Pode causar edema pulmonar e bronquite. Também é responsável pela chuva ácida.”.

O Anexo VI da MARPOL em sua Regra 14 descreve sobre a qualidade do óleo combustível com relação ao teor de enxofre de sua composição e de acordo com a regra devem seguir os valores contidos na seguinte tabela:

Tabela 03. A - Teor de Emissão de Enxofre Permitido

Área de Navegação	Período de Vigência	Teor de Enxofre Máximo
Global	Antes de 1º de janeiro de 2012	4,50% m/m
	1º janeiro 2012 a 1º de janeiro de 2020	3,50% m/m
	1º de janeiro de 2020 ou depois	0,50 m/m

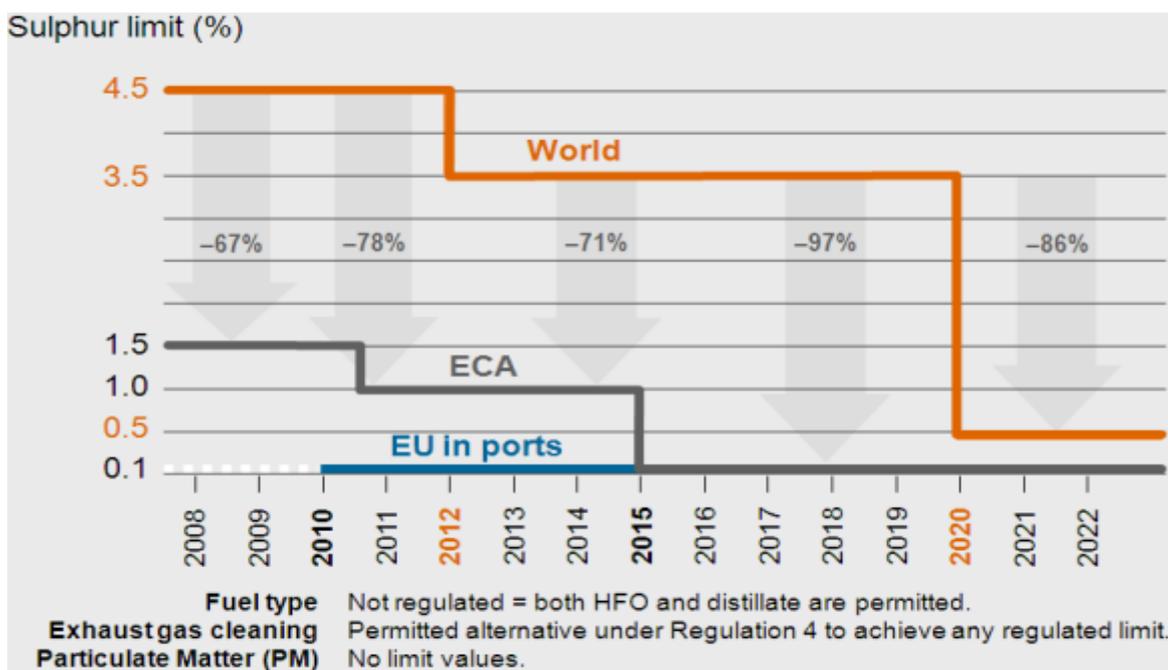
Tabela 03. B - Teor de Emissão de Enxofre Permitido

Área de Navegação	Período de Vigência	Teor de Enxofre Máximo
Áreas de Controle de Emissão	Antes de 1º de julho de 2010	1,50% m/m
	1º julho 2010 a 1º de janeiro de 2015	1,00% m/m
	1º janeiro 2015 a antes 1º de janeiro de 2020	0,10% m/m
	Antes de 1º de janeiro de 2020	Não aplicável (0,00% m/m)

Fonte: MARPOL 73/78 – Anexo VI – Regra 14

Para melhor visualização das tabelas anteriores, a figura 03 possui um gráfico cartesiano onde se verifica a diminuição do teor de enxofre, em relação aos anos.

Figura 03 – LIMITES DE TEOR DE ENXOFRE



Fonte: <http://gcaptain.com/wp-content/uploads/2012/10/Picture-5.png> (acesso 20/10/2014)

Pela regra o óleo combustível deve ser documentado pelo fornecedor do produto. Devendo conter informações sobre a formação, natureza e propriedades do combustível comercializado. Para que esses limites sejam alcançados, além da qualidade do óleo utilizado, também podem ser usados outros métodos de limpeza dos gases, como catalizadores nas chaminés das embarcações.

1.1.3 Áreas de Controle de Emissão (ECAs)

As áreas de controle de emissão (ECAs) estão definidas geograficamente pelas regras 13 e 14 do anexo VI MARPOL como qualquer área marítima designada pela Organização de acordo com os critérios pré-estabelecidos, a área Norte Americana e a área do Mar do Caribe dos Estados Unidos. Veja a figura 4.

Figura 04 - Atuais Áreas de Controle de Emissão.



Fonte: <http://marineurea.com/marpol-nox-regulation/> (acesso 19/10/2014)

Pela regra 2, definição numero 8 da Convenção MARPOL anexo VI, “Área de Controle de Emissão” significa uma área em que é exigida a adoção de medidas especiais obrigatórias para as emissões de navios, para impedir, reduzir e controlar a poluição do ar por NOX ou por SOX e por matéria sob a forma de partículas, ou pelos três tipos de emissões, e os consequentes impactos adversos sobre a saúde humana e o meio ambiente. As Áreas de Controle de Emissão deverão abranger as listadas nas Regras 13 e 14 deste Anexo, ou designadas de acordo com essas regras.

Importante salientar que os navios que utilizam óleos combustíveis diferentes para atender ao disposto nas regras acima citadas e que estejam entrando ou deixando uma Área de Controle de Emissão deverão levar a bordo um procedimento escrito mostrando como deve ser feita a passagem da queima de um óleo combustível para a queima de outro, dando um tempo suficiente para que sejam totalmente retirados do sistema de serviço de óleo combustível os óleos combustíveis cujo teor de enxofre seja superior ao teor aplicável especificado.

O volume de óleos combustíveis com baixo teor de enxofre em cada tanque, bem como a data, a hora e a posição do navio quando for concluída qualquer operação de passagem da queima de um óleo combustível para a queima de outro antes da entrada numa Área de Controle de Emissão, ou quando tal operação for iniciada depois da saída daquela área, deverão ser registrados no livro de registro.

2. Combustíveis Marítimos

De acordo com o site da Petrobras, óleo combustível derivado de petróleo é definido como:

O óleo combustível derivado de petróleo, também chamado óleo combustível pesado ou óleo combustível residual, é a parte remanescente da destilação das frações do petróleo, designadas de modo geral como frações pesadas, obtidas em vários processos de refino. A composição bastante complexa dos óleos combustíveis depende não só do petróleo que os originou, como também do tipo de processo e misturas que sofreram nas refinarias, de modo que se pode atender as várias exigências do mercado consumidor numa ampla faixa de viscosidade.

Largamente utilizados na indústria moderna para aquecimento de fornos e caldeiras, ou em motores de combustão interna para geração de calor, eletricidade e propulsão de meios de transporte, os óleos combustíveis subdividem-se em diversos tipos, de acordo com sua origem e características.

2.1 Propriedades dos Oleos Combustiveis

As propriedades mais importantes a serem observadas na comparação entre oleos combustiveis são:

1 - **Viscosidade cinemática** – é a medida de fluidez do fluido a uma determinada temperatura, ou seja, é a resistencia do fluido ao escoamento. Sua unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é m^2/s , contudo é mais utilizada a unidade de centistokes (cSt) que representa mm^2/s

2 – **Massa Específica**– é o quociente entre a quantidade de massa e o volume que a mesma ocupa. A unidade SI é kg/m^3 , mas a que se encontra no meio maritimo é a kg/l . É uma propriedade muito importante para definição de métodos de purificação de oleo combustivel, processo onde há a eliminação de agua e outros componentes mais pesados no oleo, em uma planta de combustivel.

3 – **Resíduo de carbono** (MRC – *Micro Carbon Residue*) – teste feito em laboratorio que indica a tendencia a formação de depositos (carbonização) nos equipamentos a combustão. Este índice está normalmente relacionado ao teor de asfaltenos no combustivel, cuja presença compromete a nebulização do oleo.

4 – **Cinzas** - resíduo mineral que permanece da combustão completa do óleo combustivel. Podem ser provenientes da origem do oleo ou mesmo de contaminações durante o caminho ate sua utilização. Quando em proporções elevadas, a cinza pode fundir-se e causar a corrosão, alem de prejudicar o aproveitamento termico das camaras de combustão.

5 – **Ponto de fulgor** – é a temperatura em que o óleo inflama por 5 (cinco) segundos em contato com uma chama. Não tem relação direta com o desempenho do combustivel, porém é uma característica importante para a segurança operacional. Os combustiveis marítimos, por regra, devem ter o ponto de fulgor mínimo estabelecido em $60^{\circ}C$.

6 - Teor de enxofre – essa característica depende da origem e processo de refino do petróleo. Quando da queima do combustível, o enxofre presente em sua formação transforma-se em óxidos de enxofre (SOx). Estes últimos são ativos corrosivos para os equipamentos. Por também serem expelidos como gases de descarga e terem efeitos maléficos ao ambiente, a regulamentação quanto a presença deste agente químico nas fórmulas dos combustíveis tem sido cada vez mais forte.

7 – Água e sedimentos – Água é um contaminante que não acrescenta na criação de energia no combustível. Em verdade, ela influi negativamente nesse quesito e é uma grande preocupação a bordo. Existem etapas na planta de combustíveis de uma embarcação onde uma das maiores preocupações é a retirada de água contaminante do óleo combustível, como os purificadores e os tanques de sedimentação, que além da água retiram também outros sedimentos mais pesados, ou seja, com peso específico maior, maléficos ao sistema.

8 – Ponto de fluidez - é a menor temperatura em que o combustível ainda escoar. Este ponto é uma medida importante para a determinação das características de armazenagem e de transporte do combustível na instalação.

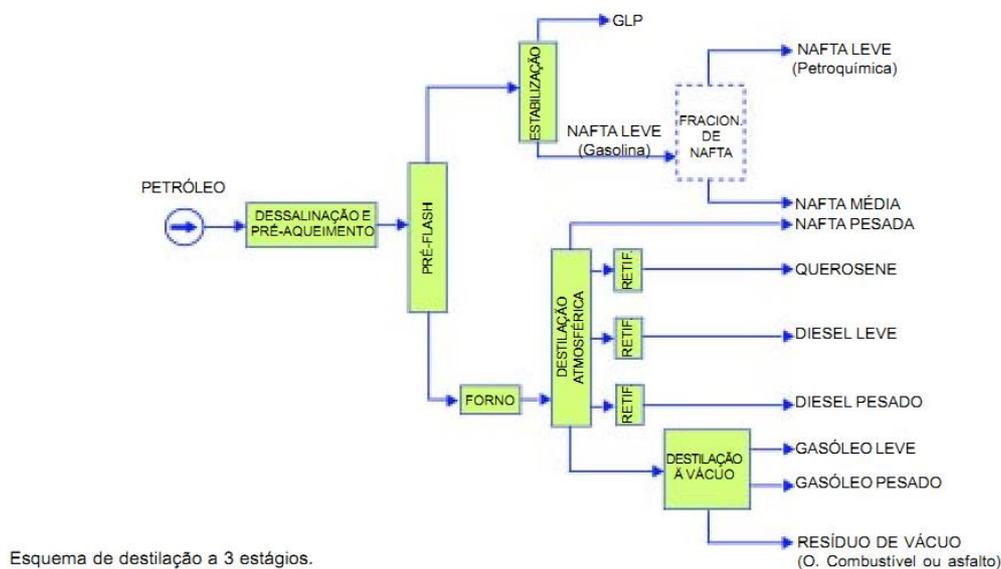
9 – Poder calorífico – é a quantidade de calor liberada pela reação de combustão completa de uma unidade de massa do combustível, sendo expresso normalmente em kcal/kg (no SI em kJ/kg).

10 – Índice de Aromaticidade do Carbono (CCAI) – é o indicador de atraso de ignição do combustível. É calculado pela densidade e viscosidade do óleo. Alguns fabricantes de equipamentos especificam limites de CCAI. Quanto maior o CCAI pior a qualidade de ignição.

Cada uma das propriedades acima relacionadas varia enquanto da origem do combustível fóssil e também em que processo da torre de destilação do petróleo o mesmo foi extraído para a comercialização. Alguns processos químicos e laboratoriais também alteram algumas características dos óleos combustíveis.

Esta divisão pode ser melhor visualizada na figura a seguir na qual esta representada a destilação do petróleo cru em subprodutos para comercialização em uma planta de tratamento de três estágios.

Figura 05 – Planta de Destilação Petróleo de 3 (três) Estágios



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAeolcAA/refino-fisico-petroleo-2?part=3>

De acordo com a agência nacional de proteção ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency – EPA) os combustíveis marítimos dividem-se basicamente em dois tipos: destilados e residuais, sendo que, a mistura destes proporciona um terceiro tipo comumente denominado de intermediário. Os tipos de óleo de utilização marítima seguem a tabela abaixo: (tradução livre do relatório técnico: In-Use Marine Diesel Fuel, EPA – 1999, pág. 3):

Tabela 04 – Tipos de Combustíveis Marítimos

Fuel Type	Fuel Grades	Common Industry Name
Distillate	DMX, DMA, DMB, DMC	Gas Oil or Marine Gas Oil
Intermediate	IFO 180 380	Marine Diesel Fuel or Intermediate Fuel Oil (IFO)
Residual	RMA-RML	Fuel oil or Residual Fuel Oil

Os óleos combustíveis marítimos estão padronizados pela *International Organization of Standards* (ISO) pela convenção ISO 8217 de 2010 como

combustíveis destilados e residuais de acordo com suas propriedades químico-físicas. Sua classificação é baseada tradicionalmente em relação a viscosidade cinemática do óleo. Outras informações importantes na classificação do óleo combustível são o Índice de Aromaticidade Calculado de Carbono (CCAI), que identifica a qualidade de ignição, e a quantidade de enxofre por massa no combustível.

Pela informação retirada do site dieselnet.com – artigo ISO Petroleum Marine Fuels, a nomenclatura de óleos combustíveis marítimos em uso são de acordo com sua propriedade. Início do nome com identificação da regra de padronização, a letra F (para combustíveis provenientes de petróleo), seguido por código de três letras e um número onde:

- Primeira identifica a qualidade da fração do petróleo da qual é proveniente. A letra D para destilado e R para residual;
- A segunda determina a aplicação do combustível. A utilização marítima possui a letra M;
- A terceira esta relacionada a propriedade particular do produto de acordo com as especificações ISO 8217
- Para combustíveis residuais, existe um numero correspondente a viscosidade cinemática máxima do produto em mm^2/s a 50°C .

Em exemplo podemos identificar o óleo combustível ISO-F-RMA 10 como sendo um combustível dentro dos padrões ISO definido pela letra F como derivado de petróleo, com a letra R quer referir-se a condição de destilação, ou seja, ele é residual. A letra M define como de utilização marítima. Já a letra A identifica características como massa especifica e teor de contaminantes, quanto mais longe de A, em ordem alfabética, maiores são esses Valores. O numero 10 corresponde a viscosidade cinemática de $10 \text{ mm}^2/\text{s}$ a 50°C .

Os combustíveis marítimos usados e o significado de suas abreviações, em ordem decrescente de valor comercial e crescente de viscosidade, são:

- MGO – (Marine Gas Oil) Gasóleo Marítimo;
- MDO – (Marine Diesel Oil) Óleo Diesel Marítimo;
- IFO – (Intermediate Fuel Oil) Óleo Combustível Intermediário;

- HFO – (Heavy Fuel Oil) Óleo Pesado ou simplesmente Óleo Combustível Marítimo (Marine Fuel Oil – (MFO))

A tabela a seguir mostra uma comparação entre as classificações de óleo combustíveis apresentados:

Tabela 05 – Comparação de Óleos Combustíveis Marítimos

INDUSTRIAL NAME	ISO NAME	COMPOSITION	ISO SPECIFICATION SULFUR WEIGHT %	WORLD AVERAGE
Intermediate Fuel Oil 380 (IFO 380)	MRG35	98% residual oil 2% distillate oil	5%*	2.67%
Intermediate Fuel Oil 180 (IFO 180)	RME 25	88% residual oil 12% distillate oil	5%*	2.67%
Marine Diesel Oil	DMB	Distillate oil with trace of residual oil	2%	0.65%
Marine Gas Oil	DMA	100% distillate oil	1.5%	0.38 %

* IMO regulation capping sulfur at 4.5% supercedes ISO specification

Fonte: (ICCT, Air Pollution and GHG Emissions from Ocean-going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth, March 2007)

2.2 Óleos Combustíveis Residuais

Os combustíveis marítimos residuais são o grupo formado pelos HFO e pelos IFO. O óleo combustível pesado, também conhecido como *bunker* ou ainda heavy fuel oil (HFO) é a fração mais pesada retirada da destilação do petróleo, com alta viscosidade e grande concentração de poluentes.

O combustível IFO é formado pela mistura do HFO com um óleo destilado, sendo que a maior porcentagem é do óleo residual. É utilizado para conseguir um óleo combustível com melhores características tanto de viscosidade quanto menos poluente, mas ainda com um preço por tonelada menor que os combustíveis destilados.

Suas principais características são a alta densidade e massa específica, bem como grande número de elementos contaminantes em sua fórmula, já que são provenientes da parte mais baixa da torre de destilação.

Tabela 06 – Combustíveis Residuais Marítimos

Limit	Parameter	RMA 10	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMG				RMK		
						180	380	500	700	380	500	700
Max.	Viscosity at 50°C (mm ² /s)	10.00	30.00	80.00	180.0	180.0	380.0	500.0	700.0	380.0	500.0	700.0
Max.	Density at 15°C (kg/m ³)	920.0	960.0	975.0	991.0	991.0				1010.0		
Max.	Micro Carbon Residue (% m/m)	2.50	10.00	14.00	15.00	18.00				20.00		
Max.	Aluminium + Silicon (mg/kg)	25	40	50	60							
Max.	Sodium (mg/kg)	50	100	50	100							
Max.	Ash (% m/m)	0.040	0.070			0.100				0.150		
Max.	Vanadium (mg/kg)	50	150			350				450		
Max.	CCAI	850	860			870						
Max.	Water (% V/V)	0.30	0.50									
Max.	Pour point (upper) in Summer (°C)	6	30									
Max.	Pour point (upper) in Winter (°C)	0	30									
Min.	Flash point (°C)	60.0										
Max.	Sulphur (% m/m)	Statutory requirements										
Max.	Total Sediment, aged (% m/m)	0.10										
Max.	Acid Number (mgKOH/g)	2.5										
	Used lubricating oils (ULO): Calcium and Zinc; or Calcium and Phosphorus (mg/kg)	The fuel shall be free from ULO, and shall be considered to contain ULO when either one of the following conditions is met: Calcium > 30 and zinc > 15; or Calcium > 30 and phosphorus > 15.										
Max.	Hydrogen sulphide (mg/kg)	2.00										

Fonte: ISO 8217/2010

Por serem produtos mais brutos e menos nobres em sua composição, possuem menor valor de mercado em relação aos combustíveis destilados.

Este fator econômico é muito importante, pois toneladas de combustíveis são queimadas por diversos equipamentos a bordo, e quanto maior o custo dessa fonte energética, menor o lucro conseguido pela empresa administradora da embarcação.

Com as exigências quanto a concentração de enxofre no óleo a ser consumido há a produção de combustíveis residuais com menor teor de enxofre (LS) através de processos químicos para diminuição do teor desse componente para apenas 1,00%.

Para informação, segue tabela de preço de alguns óleos combustíveis residuais em Dólar por Tonelada Métrica do produto:

Tabela 07 – Tabela de Preços Combustíveis Residuais / Intermediários

Local/Produto	IFO 180 LS	IFO 180	IFO 380 LS	IFO 380	Crude
Singapura	530,00	475,50	525,00	464,00	-
Rotterdam	441,50	432,00	420,00	411,50	-
Barranquilla	697,50	501,50	605,50	461,50	66,02
Global		494,00		460,50	78,33

Fonte: <http://www.bunkerworld.com/prices/> (acesso 26/11/2014)

2.2 Óleos Combustíveis Marítimos Destilados

O conjunto de óleos combustíveis marítimos destilados engloba o óleo diesel marítimo (DMO) e o gasóleo marítimo (MGO). São produtos provenientes da parte mais alta da torre de destilação do petróleo, ou seja, são mais leves do que os óleos residuais.

Esses óleos apresentam range de fluidez maior que os combustíveis apresentados anteriormente e também um melhor grau CCAI, o que potencializa o rendimento dos equipamentos a bordo. Os óleos destilados são “mais limpos” que os residuais, pois grande parte dos metais pesados e outros componentes potencializadores de gases poluentes já foram retirados no processo de destilação.

Há uma pequena diferença entre os DMO e o MGO, quanto à sua composição. O primeiro contém traços de óleos residuais, enquanto o último é um produto 100% destilado.

A tabela seguinte mostra os parâmetros para óleos combustíveis marítimos destilados definidos pela norma de padronização ISSO 8217, de 2010:

Tabela 08 – Combustíveis Destilados Marítimos

Limit	Parameter	DMX	DMA	DMZ	DMB
Max.	Viscosity at 40°C (mm²/s)	5,500	6.000	6.000	11.00
Min.	Viscosity at 40°C (mm²/s)	1.400	2.000	3.000	2.000
Max.	Micro Carbon Residue at 10% Residue (% m/m)	0.30	0.30	0.30	-
Max.	Density at 15°C (kg/m³)	-	890.0	890.0	900.0
Max.	Micro Carbon Residue (% m/m)	-	-	-	0.30
Max.	Sulphur (% m/m)	1.00	1.50	1.50	2.00
Max.	Water (% V/V)	-	-	-	0.30
Max.	Total sediment by hot filtration (% m/m)	-	-	-	0.10
Max.	Ash (% m/m)	0.010	0.010	0.010	0.010
Min.	Flash point (°C)	43.0	60.0	60.0	60.0
Max.	Pour point in Summer (°C)	-	0	0	6
Max.	Pour point in Winter (°C)	-	-6	-6	0
Max.	Cloud point (°C)	-16	-	-	-
Min.	Calculated Cetane Index	45	40	40	35
Max.	Acid Number (mgKOH/g)	0.5	0.5	0.5	0.5
Max.	Oxidation stability (g/m³)	25	25	25	25
Max.	Lubricity, corrected wear scar diameter (wsd 1.4 at 60°C) (µm)	520	520	520	520
Max.	Hydrogen sulphide (mg/kg)	2.00	2.00	2.00	2.00
	Appearance	Clear & Bright			-

Fonte: ISO 8217/2010

Seus preços comerciais são seu principal revés, pois são razoavelmente superiores que os de óleos residuais. Como o consumo de combustível nas embarcações é muito alto, inviabiliza o consumo contínuo desses produtos para as atividades diárias de bordo, citando em exemplo as navegações de longo curso.

A seguir, uma tabela com a cotação de óleos destilados marítimos em principais localidade e distribuidoras no mundo.

Tabela 09 – Tabela de Preços Combustíveis Destilados

Local/Produto	LS MGO	MGO	MDO
Singapura	737,50	707,50	697,50
Rotterdam	681,50	681,50	681,50
Houston	807,50	804,00	804,00
Barranquilla	1057,00	1038,00	1038,00
Global	772,00	778,50	778,50

Fonte: <http://www.bunkerworld.com/prices/> (acesso 26/11/2014)

3. SISTEMAS DE COMBUSTÍVEL A BORDO DE NAVIOS

O sistema de óleos combustíveis a bordo de um navio varia de acordo com os produtos a serem utilizados pela embarcação. Cada tipo de óleo possui uma peculiaridade e um cuidado que não necessariamente estará presente no sistema de outro combustível.

Cada equipamento a bordo tem uma característica para a queima do combustível, como uma faixa de viscosidade e temperatura, pressão dentre outras variáveis.

Portanto, como as composições dos óleos são diferentes entre si, para que se possa atender a uma característica em comum, deverão existir entre seus tanques e o equipamento final processos para que se possa atingir a condição exigida pelo maquinário.

Dados obtidos junto aos principais fabricantes de equipamentos marítimos demonstram a diversificação de características necessárias para que as máquinas possa alcançar um rendimento próprio para sua atividade.

Tabela 10 - Condições Normais de Trabalho

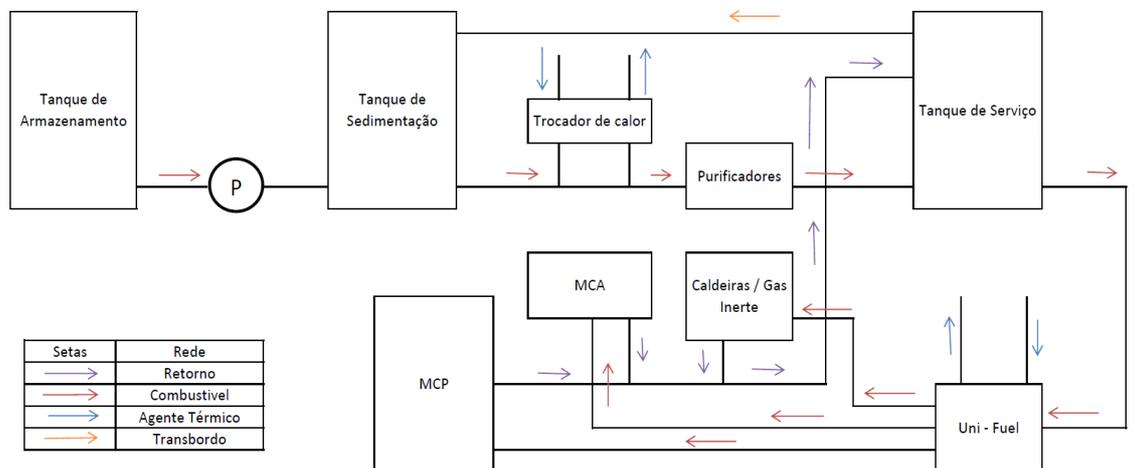
Condições Normais de Trabalho (utilizando HFO / IFO)				
Equipamento	Viscosidade	Temperatura	Potência	Consumo
MCA	12 cSt	90° C	1290 kW / 900 RPM	150 g/kWh
MCP	12 cSt	90°C	20000 kW / 110 RPM	172g/kWh
Caldeira	15 cSt	65°C	12500Kg/h de vapor	150 – 950 kg/h

Fonte: manuais de equipamentos marítimos.

Para adequar as características físico-químicas dos óleos às necessidades das máquinas, aqueles sofrem um processo através de equipamentos auxiliares para que cheguem ao destino final em condição própria para consumo.

A próxima figura remonta um sistema básico para os óleos combustíveis a bordo de uma embarcação mercante.

Figura 06 – Sistema Simplificado de Óleo Combustível de Navio



Fonte: Arquivos Pessoais

A planta de sistema de óleos combustíveis se torna bem simples assim que conhecemos a propriedade dos produtos. Assim teremos a sequencia a seguir:

1. **Tanque de Armazenamento** – Tanque onde o óleo combustível fica armazenado após a operação de recebimento do óleo (*bunkering*). É a quantidade total desses tanques que dará a autonomia de deslocamento da embarcação sem uma nova faina de *bunkering*.
2. **Bomba de Transferência** – é o equipamento responsável por deslocar o óleo combustível dentro da embarcação. Normalmente com ela é possível fazer a transferência entre tanques de armazenamento, por conta de necessidade de lastro, e dos tanques de armazenamento para o próximo estagio da planta de combustível.
3. **Tanque de Sedimentação** – Neste tanque o óleo combustível será repousado afim de que haja decantação de impurezas mais pesadas e também uma separação por gravidade/densidade da

água. Esses produtos contaminantes poderão ser retirados por uma válvula de dreno instalada próximo ao fundo do tanque.

4. **Trocador de Calor** – esse procedimento visa melhora de viscosidade do produto para que possa ser bombeado para próxima fase de purificação. Importante saber que a viscosidade do fluido depende diretamente da temperatura em que o mesmo se encontra.
5. **Purificador** – Este equipamento, através de força centrífuga, separa contaminantes pesados e água ainda restante e não retiradas no tanque de sedimentação do combustível mais limpo. O líquido entra em um rotor que através de transmissão de movimentos gira em alta velocidade. Assim, os contaminantes de peso específico maior são enviados para periferia do rotor e, em processo de lavagem do equipamento, descartados para tanque de borra. Essa limpeza contribui para uma queima mais limpa do combustível.
6. **Tanque de Serviço** - Neste estágio o óleo combustível se encontra pronto para utilização no sistema. Deste tanque ele será retirado para equipamento de destino final. O tanque de serviço também possui dreno para retirada de impurezas e água que ainda possam ter restado no líquido.
7. **Unidade de Controle de Óleo** – Esta unidade possui um conjunto de equipamentos os quais são importantes para controle de viscosidade antes da entrada do óleo no equipamento. É formada basicamente por um viscosímetro – para aferição da viscosidade do óleo -, um trocador de calor – cujo objetivo é conceder ao fluido a viscosidade e temperatura corretas de trabalho - e bombas – que deslocarão o fluido pelo sistema.

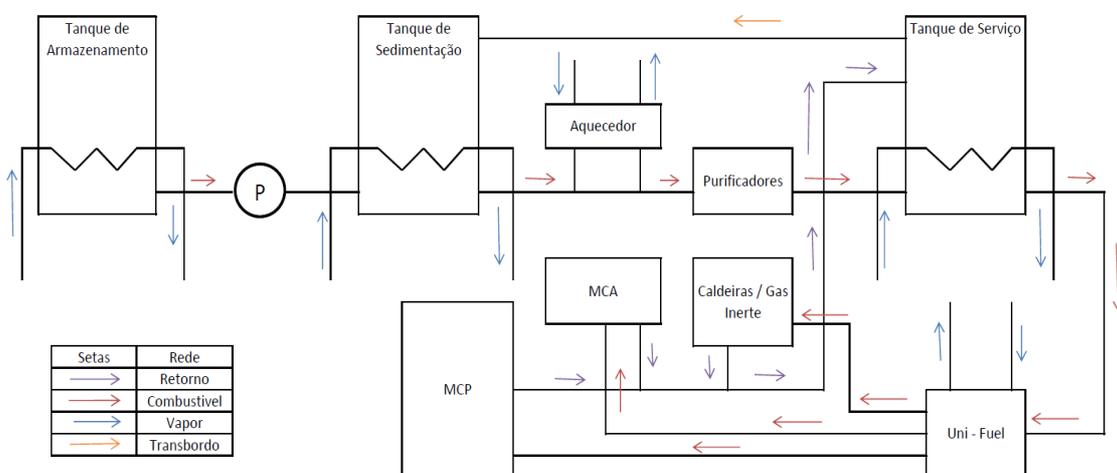
Os sistemas em si, só apresentam diferenças mais ao final da planta de consumo, ou seja, após o tanque de serviço, pois nessa parte do processo é que o óleo precisa estar necessariamente nas condições adequadas para combustão dentro do equipamento.

3.1 Circuito Simplificado de Óleo Pesado

Os óleos residuais utilizados como combustíveis de equipamentos marítimos, por serem óleos com maior viscosidade cinemática em temperatura ambiente, possuem grandes resistências a escoamento, então para serem utilizados com eficiência a bordo, a primeira preocupação de projeto é o seu pré-aquecimento, para que o produto possa escoar mais facilmente pelas redes e melhorar o rendimento das bombas durante os processos da planta de máquinas.

Além da sua viscosidade, outra característica dos HFO é a grande concentração de materiais pesados em sua composição, o que prejudica tanto a longevidade do sistema por originar pontos de corrosão e entupimentos, em função da qualidade dos gases proveniente de sua queima.

Figura 07 – Sistema Simplificado de Óleo Pesado de Navio



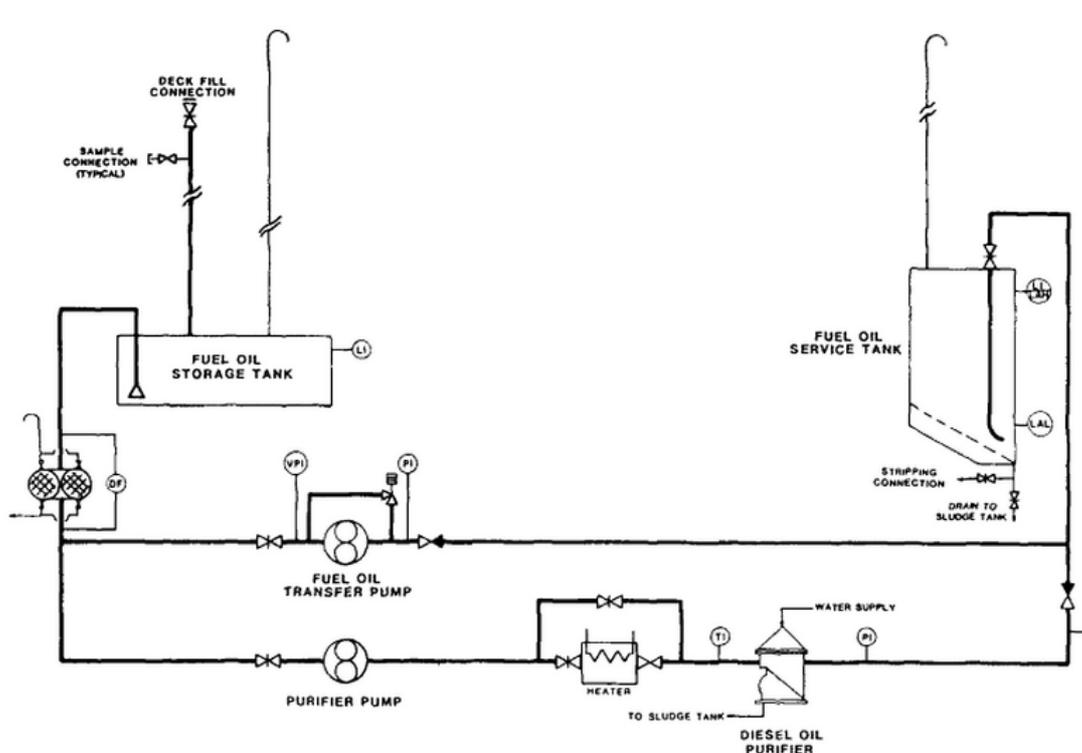
Fonte: Arquivos Pessoais.

3.2 Circuito Simplificado de Óleo Diesel

O óleo diesel marítimo, por suas características de óleo combustível destilado, não necessita de tratamento prévio em condições normais de

navegação, para a sua viscosidade. Porém, normalmente sua planta também contém sistema aquecimento caso a embarcação trabalhe em regiões com extremo frio.

Figura 08 – Circuito Simplificado Oleo Diesel



Fonte: McGeorge, H.D. – Marine Auxiliary Machinery

3.3 Circuito Simplificado de MGO

O gasóleo marítimo por ser um produto 100% destilado, possui sua viscosidade muito baixa em relação aos óleos residuais e até mesmo o óleo diesel, sendo assim, para que se possa trabalhar dentro de um range satisfatório para os equipamentos é necessário que passe em trocador de

calos com fonte fria, a fim de que o fluido combustível se torne mais viscoso e possa ser deslocado através de bombas e injetores para a destinação final.

Figura 09. A – Circuito Simplificado MGO

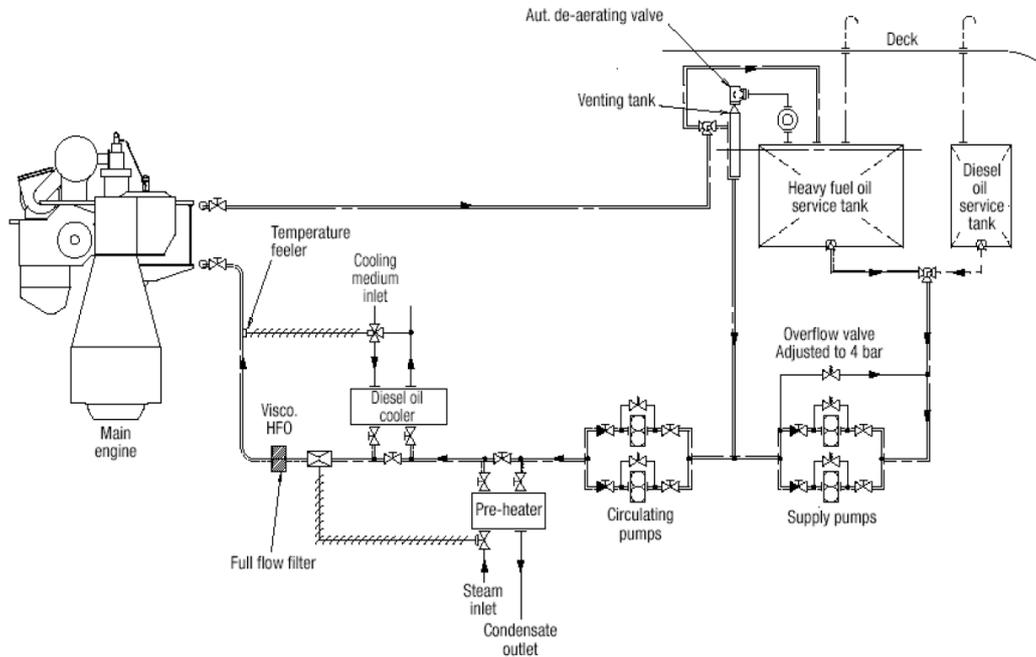
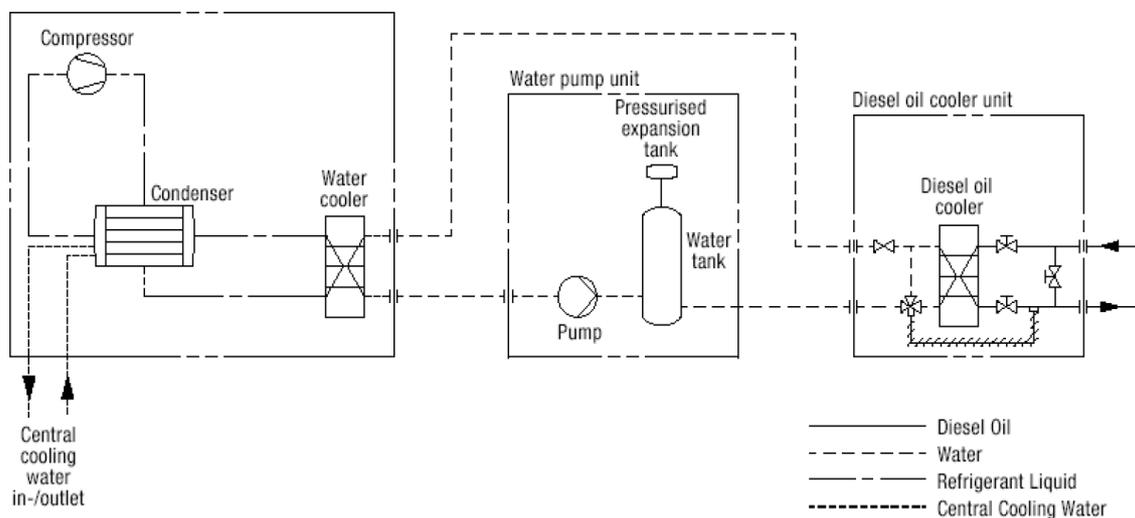


Figura 09. B – Trocador de Calor de MGO



Fonte: Guidelines on operation on Low-viscosity distillate fuels for Doosan - MAN B&W two-stroke engine

Sua unidade de resfriamento é dotada de um sistema de refrigeração como o de uma frigorífica, tendo compressor e um agente refrigerante que irá diminuir a temperatura da água para que a mesma faça a troca de calor com o

MGO, em um circuito fechado de reaproveitamento, para que assim o óleo tenha a viscosidade necessária para trabalho.

O circuito do MGO é o mais complexo dos três sistemas. Nele são adicionados outros equipamentos que necessitam de cuidados especiais para o seu bom funcionamento. Além desse revés de manutenção, os equipamentos extras em relação aos sistemas de óleo diesel e HFO, ocupam mais espaço útil a bordo e também um custo maior para sua instalação.

4. INTERAÇÃO ENTRE OS CIRCUITOS DE OLEOS COMBUSTÍVEIS

4.1 Circuito HFO x MDO

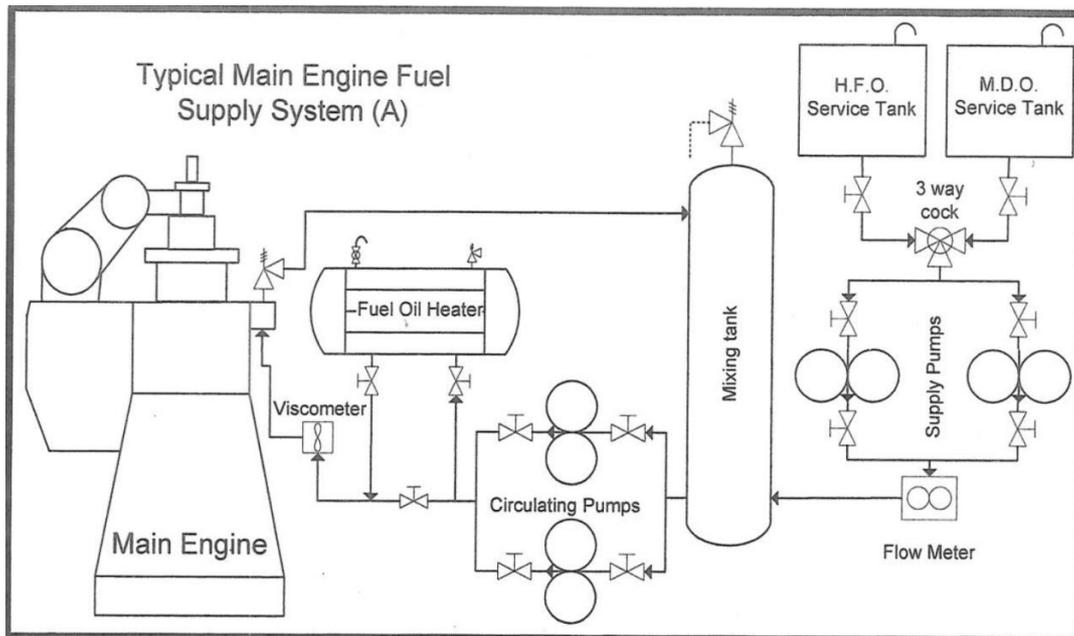
Essa interação é a mais comum entre as embarcações mercantes por trazer o melhor custo benefício de construção, operação e manutenção do navio.

Como existe a necessidade de partida com motor a frio devida a uma parada de um motor por um longo período de tempo, seja carregando ou descarregando em um porto, ou ainda, por estar em um estaleiro para reparo por seguidos meses, utiliza-se o óleo combustível destilado nos primeiros instantes para que os equipamentos possam atingir suas temperaturas de trabalho.

O óleo diesel, com temperatura ambiente possui essas condições necessárias para a partida. Contudo, tão logo a embarcação consiga sua estabilização total durante a preparação, e esteja dentro da área permitida pelas legislações já citadas, há o momento em que se procede a cambagem do óleo combustível diesel para o óleo mais residual.

Isto ocorre principalmente por razões econômicas, pois a necessidade de consumo da embarcação, por ser grande, existe a preferencia de consumir, em regime de viagem, um produto que seja mais barato para o armador, sendo utilizado então preferencialmente os óleos residuais.

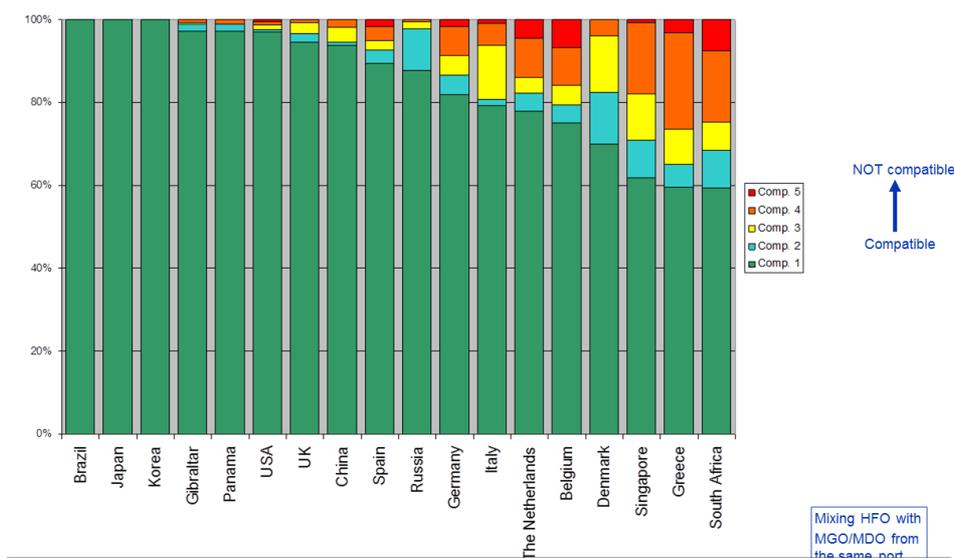
Figura 10 – Circuito Simplificado Cambagem HFO x MDO



Fonte: Technical Considerations of Fuel Switching Practices (2009)

Primeiro ponto importante a salientar é que para haver essa interação e troca de combustíveis é necessário saber a procedência de ambos os óleos, pois se os mesmos não forem compatíveis poderão haver danos maiores aos equipamentos e entupimentos de redes e sistemas de combustíveis.

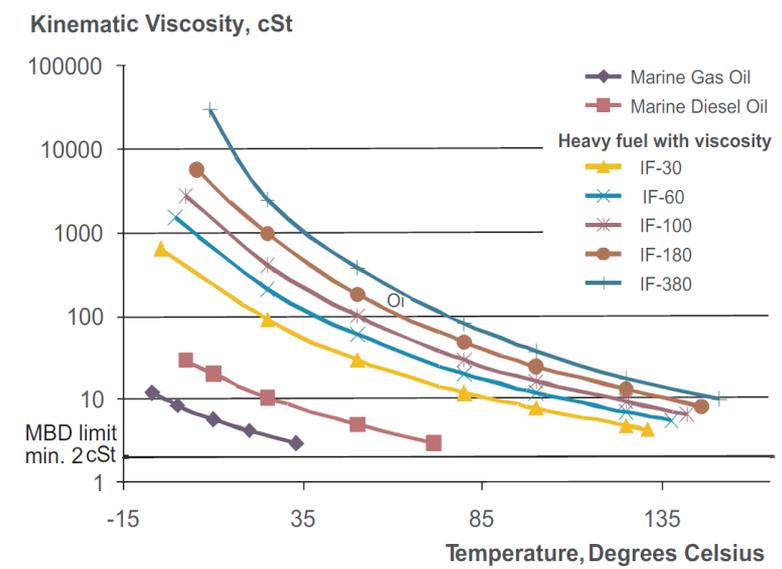
Figura 11 – Compatibilidade de Oleos Combustiveis por Região



Fonte: Thoresen, Hakon B. Fuel changeover considerations HFO-MGO. DNV (2009)

Outra preocupação é a viscosidade. Para que haja uma cambagem sem brusca mudança dessa característica, normalmente na central de controle de óleo combustível, existe um tanque de mistura, onde há gradual troca de propriedades entre os combustíveis, além de um viscosímetro que analisa se o óleo a ser injetado nos equipamentos se encontra em condições ideais.

Figura 12 – Comparação de Viscosidade entre Óleos Combustíveis



Fonte: Operation on Low-Sulphur Fuels – MAN B&W Two Strokes Engines

No tanque de mistura também há uma troca de calor entre o óleo sendo utilizado e o óleo a ser utilizado, evitando assim qualquer fadiga ou falha por choque térmico entre os produtos a serem consumidos e as temperaturas dos equipamentos com os óleos a serem utilizados no circuito.

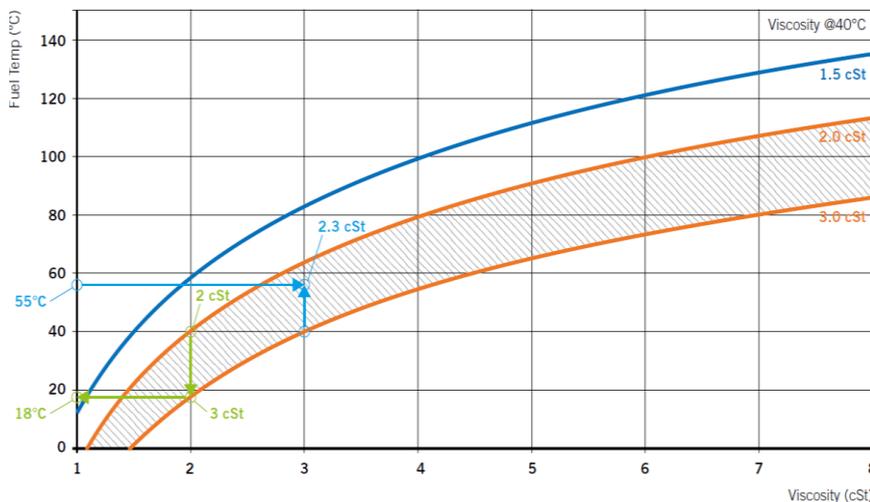
4.2 Circuito HFO x MGO

O circuito de cambagem do sistema de óleo residual para o gasóleo marítimo requer muito mais cuidado do operador e do projetista da embarcação em relação ao óleo diesel.

O MGO por ser 100% destilado possui sua viscosidade muito inferior ao óleo diesel e, como dito já anteriormente, para que possam ser utilizados a

bordo, os equipamentos exigem, de acordo com os principais fabricantes de equipamentos marítimos, um mínimo de viscosidade, que pode ser verificado na figura a seguir.

Figura 13 – Curvas de Viscosidade x Temperatura do MGO



Depending on installation the viscosity of MGO should be min. 2–3 cSt when entering the engines.

Example 1

When MGO 2 cSt @40°C is used and 3 cSt viscosity is required the temperature is to be approximately 18°C.

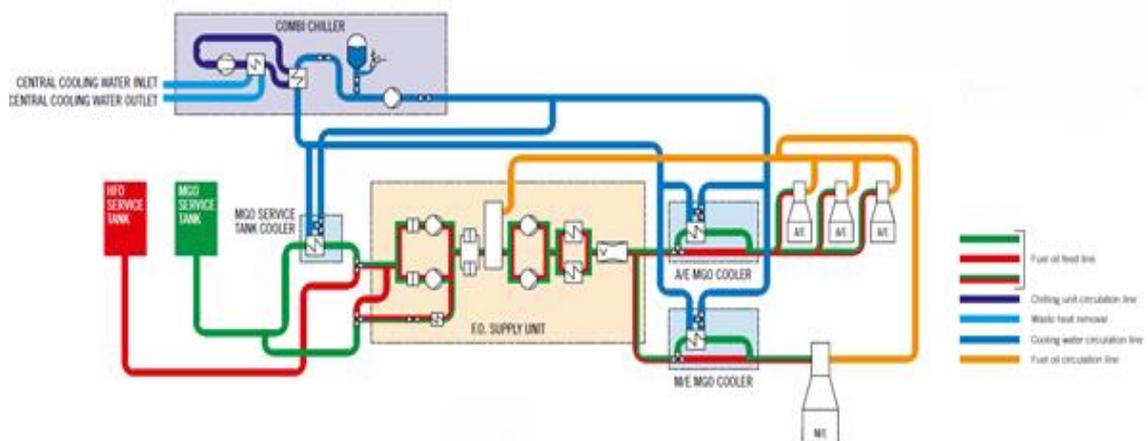
Example 2

MGO with viscosity of 3 cSt @40°C is entering the engines at 55°C. According to curves the viscosity is then between 2 and 3 cSt; approximately 2.3 cSt.

Fonte: Aura Marine Gas Oil (MGO) Cooling System

Para que essas características sejam satisfeitas, o sistema de controle de óleo combustível tem o seguinte esquema básico.

Figura 14 – Circuito Simplificado de Cambagem MGO x HFO



Fonte: Aura Marine Gas Oil (MGO) Cooling System

Através do esquema acima, percebe-se a preocupação com a instalação de trocadores de calor antes da unidade de mistura e controle e também antes da injeção do combustível nos equipamentos de destino.

Resolvida a questão da viscosidade, verifica-se a temperatura do óleo MGO significativamente inferior a dos óleos residuais. O controle de abertura da válvula de mistura deve ser gradual para que a mudança de temperatura de trabalho não seja crítica.

Existem equipamentos de controle de combustível que fazem essa mistura de modo automático e de forma gradual como observado nos gráficos a seguir das variáveis: temperatura, viscosidade e mistura por tempo.

Figura 15.A – Temperatura de Cambagem HFO x MGO por Tempo em minutos

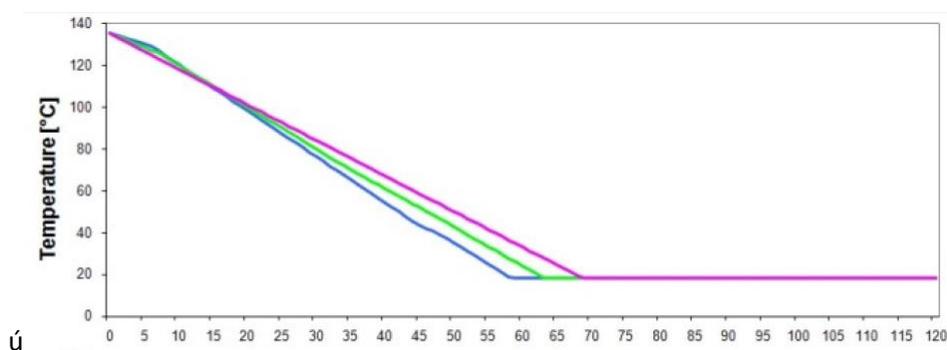


Figura 15.B – Viscosidade de Cambagem HFO x MGO por Tempo em minutos

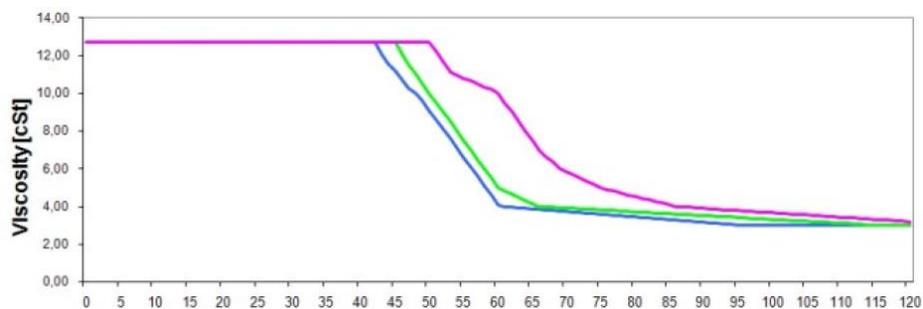
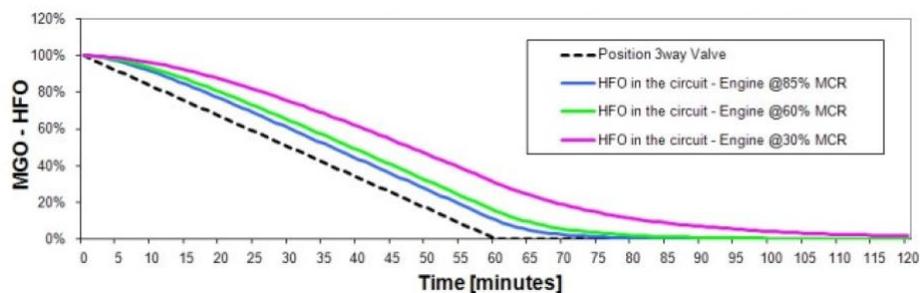


Figura 15.C – Mistura de Cambagem HFO x MGO por Tempo em minutos



Fonte: Alfa Laval – ACS Module

Esses procedimentos e características devem ser observados tanto na mudança de HFO para MGO, quanto para a comutação inversa de combustível.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os dados apresentados nesse trabalho, pode-se inferir que a busca por procedimentos mais benéficos ao meio ambiente vem influenciando a forma de construir navios e a criação de novas regras e procedimentos. Estes, por sua vez, impulsionam novas tecnologias para obtenção de produtos que as satisfaçam.

Verificou-se também o desempenho e as características necessárias dos óleos combustíveis marítimos e a importância de se preocupar com sua origem e sua composição e, o quanto essas características influenciam nos processos a serem utilizados a bordo, para poder obter a melhor eficiência e rentabilidade destes produtos.

Com os combustíveis com baixo teor de enxofre depara-se com a questão da viscosidade cinemática baixa, que interfere no circuito de óleo combustível como um todo. Devido à peculiaridade de suas características químico-físicas, torna-se necessária a instalação de mais componentes no sistema de injeção de óleo combustível a fim de compatibilizar o óleo para uma utilização eficiente.

Por último, é importante ressaltar que devido à característica dos óleos combustíveis de baixo teor de enxofre, em que eles recebem mais tratamento químico ou outros tipos de processamento para diminuir a concentração de tal elemento, tornam-se produtos mais caros que os combustíveis básicos gerando acréscimo nos gastos de um armador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aalborg KBSDG - Steam atomizing oil burner for diesel oil and heavy fuel oil. Alfa Laval.
- Alfa Laval. ACS Module - Advanced Cooling System for Marine Gas Oil.
- Auramarine Marine Gas Oil (MGO) cooling system. Auramarine.
- API Technical Issues Workgroup. Technical Considerations of Fuel Switching Practices. 2009.
- ABS. Fuel Switching Advisory Notice.
- Catterpillar. Diesel Fuels & Diesel Fuels Systems. 2012.
- Clean North Sea Shipping. The challenge of emission control in maritime law. 2014.
- Corbellini, Gisele. Evolução histórica do Direito Internacional do Meio Ambiente. DireitoNet <<http://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/7282/Evolucao-historica-do-Direito-Internacional-do-Meio-Ambiente>> acesso em 18/10/2014
- Cummins Inc. Meeting the Next Challenge. IMO Tier II and III.
- da Silva, André Luis Figueira. Filho, José Erasmo de Souza. Ramalho, João Batista Vianey da Silva. Melo, Marcel de Vasconcelos. Leite, Mauro de Moura. do Brasil, Nilo Índio. Junior, Oswaldo de Aquino Pereira. de Oliveira, Roberto Carlos Gonçalves. Alves, Robson Pereira. Costa, Roni Fabio Dalla. Kunert, Rosana. Gomes, Walmir. Processamento primário de petróleo. Petrobras. Rio de Janeiro. 2007.
- Doosan Engine. Guidelines on operation on Low-viscosity distillate fuels – 2010.. TECHNICAL BULLETIN - I.D. NO. : TB-2010-01.
- Fathom Shipping. Emission Control Areas: the guide part 2: on board manual.
- Junior, Antonio Fernandez Prada. Avaliação da qualidade de ignição para utilização de petróleos pesados e asfálticos como combustíveis marítimos. Programa de pós-graduação em engenharia química. UERJ. 2007.
- MAN Diesel & Turbo. Operation on Low-Sulphur Fuels..2010.

- MAN Diesel & Turbo. MAN B&W G60ME-C9.5-TII - Project Guide - Electronically Controlled Two stroke Engines. Dinamarca. 2014.
- Martins, Eliane M. Octaviano. Direito marítimo internacional: da responsabilidade internacional pelos danos causados ao meio ambiente marinho.
- McGeorge, H.D. Marine Auxiliary Machinery. Sétima Edição.
- Milhench, Claire. New fuel rules for ships could prompt gasoil price spike. Londres. 2014. Site: <http://www.reuters.com/assets/print?aid=USL6N0M03GM20140304>. Acesso em 17/10/2014.
- Notteboom, Theo. Analysis of the Consequences of Low Sulphur Fuel Requirements. Bélgica. 2010.
- Petrobras. Combustíveis marítimos – informações técnicas.2013.
- Sardinha, Alvaro. Poluição e o transporte marítimo. Lisboa. 2013.
- SFOC Optimisation Methods For MAN B&W Two-stroke IMO Tier II Engines. MAN Diesel & Turbo.Dinamarca.2012.
- U.S. Environmental Protection Agency. In-Use Marine Diesel Fuel.1999.
- Vermeire, Monique B. Everything you need to know about marine fuels. Global Marine Products. Ghent, Bélgica. 2007.
- IMO. ISM Code.
- ISO 8217/2010.
- IMO. MARPOL 73/78.
- Meio Ambiente - Impactos Ambientais. ANTAQ. Site: http://www.antaq.gov.br/portal/MeioAmbiente_ImpactosAmbientais.aspx acesso em 18/10/2014.
- Member States – International Maritime Organization <http://www.imo.org/About/Membership/Pages/MemberStates.aspx> > acesso em 19/10/2014.
- [http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx) (18/10/2014)

- <http://www.ariadobrasil.com.br/pollutant_effects.php>
02/11/2014

Acesso