

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

MARCELO EMÍDIO DA HORA E SILVA

OS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS E O IMPACTO AMBIENTAL

RIO DE JANEIRO

2015

MARCELO EMIDIO DA HORA E SILVA

OS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS E O IMPACTO AMBIENTAL

Orientação ao Trabalho de Conclusão de 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: MSc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

RIO DE JANEIRO

2015

MARCELO EMÍDIO DA HORA E SILVA

OS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS E O IMPACTO AMBIENTAL

Orientação ao Trabalho de Conclusão de 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: MSc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedicatória

Dedico e agradeço a Deus por mais esta conquista em minha vida profissional.

Aos meus pais que participaram da minha formação ética e profissional.

À minha companheira diária Maria Cecília Pereira que compartilhou comigo esta caminhada de aperfeiçoamento profissional.

Aos mestres, colegas e a empresa Transpetro que me permitiram desenvolver este aprendizado.

Resumo

Este trabalho visa analisar e buscar aspectos teóricos acerca dos combustíveis navais causadores de danos ao meio ambiente e aos equipamentos. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com autores que versam sobre o assunto, em bases de dados científicos, procurados nos últimos dez anos. Ampliamos o tempo para busca para que se possa fazer comparações e contrapor com a atualidade, baseados nas normas atuais para utilização do combustível e contemporizando a visão futurística para a indústria naval, de modo a compreender melhor o combustível naval utilizado atualmente e novas propostas descritas para aperfeiçoar o funcionamento dos motores as novas tecnologias para atender à crescente demanda do transporte marítimo.

Palavras Chave: Combustível marítimo; Contaminantes; Meio Ambiente.

Abstract

This work aims to analyze and seek theoretical aspects about the contamination of marine fuels cause damage to the environment and equipment. A literature with authors that deal with the subject in scientific databases, popular in the past decade was held. We extended the time to search so you can make comparisons and counter to the present time, based on current standards for use of fuel and temporizing a futuristic vision for the marine industry, in order to better understand the marine fuel currently used and described new proposals to improve the functioning of the new technology engines to meet the growing demand of maritime transport.

Keywords: Marine fuel; contaminants; Environment.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
1. ÓLEO COMBUSTÍVEL - BUNKER	6
1.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	6,7
1.1.1 OS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS PODEM SER.....	7
1.2 OBTENÇÃO NAS REFINARIAS.....	7,8
1.3 ESPECIFICAÇÃO ANP DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS.....	9,10
1.4 COMPOSTOS	11
1.5 BUNKER	12
1.5.1 CARACTERÍSTICAS DO BUNKER.....	12,13,14
1.5.2 ELEMENTOS DO PETRÓLEO PRESENTES NO BUNKER.....	14,15
1.5.3 CONTAMINANTES DO BUNKER.....	15
1.5.4 ADULTERANTES DO BUNKER.....	15,16
1.6 CONSEQUÊNCIAS DE UM COMBUSTÍVEL DE BAIXA QUALIDADE.....	17
2. MEIO AMBIENTE E POLUENTES.....	17
2.1 EMISSÃO DE GASES.....	17,18,19
2.1.1 PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO.....	19,20
2.1.2 ANALISADOR DE GASES DE EXAUSTÃO.....	21
2.2 PROPOSTAS PARA REDUÇÃO EMISSÃO DE GASES	21,22
2.3 NORMATIVIDADE VIGENTE.....	22
3. COMBUSTÍVEIS E PROPULSÕES ALTERNATIVAS.....	22
3.1 BIOCOMBUSTÍVEIS – BIODIESEL.....	22,23,24,25
3.1.1 SYNDARMA E ANP.....	25,26
3.2 UTILIZAÇÃO DOS VENTOS NA NAVEGAÇÃO.....	27,28
3.2.1 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	28
3.2.2 NAVIOS COM ROTOR FLETTNER.....	28,29,30
3.2.3 NAVIOS COM AUXÍLIO DE UMA PIPA PARA PROPULSÃO.....	31
3.3 ENERGIA SOLAR	32,33
3.4 PROPULSÃO A HIDRIGÊNIO.....	34,35
CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

ABREVIATURAS

MF – MARINE FUEL

MGO – MARINE GASOIL

MDO – MARINE DIESEL OIL

DMA – DIESEL MARÍTIMO

TSP – POTENCIAL TOTAL DE SEDIMENTOS

TSA – ACELERAÇÃO TOTAL DE SEDIMENTOS

GEE – GASES EFEITO ESTUFA

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO

MARPOL - CONVENÇÃO INTERNACIONAL PARA A PREVENÇÃO DA
POLUIÇÃO POR NAVIOS

RESIDUAL MARINE FUEL (RMA, RMB, RMD, RME, RMF & RMG)

ASTM - INTERNATIONAL, ORIGINALMENTE CONHECIDA COMO
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

VIM - VOCABULÁRIO INTERNACIONAL DE METROLOGIA.

FIGURAS

FIGURA1- EMISSÃO DE GASES NA ATMOSFERA.....	19
FIGURA 2 - ANALISADOR DE GASES.....	21
FIGURA 3 - PRODUÇÃO BIODIESEL.....	24
FIGURA 4 – BIODIESEL.....	25
FIGURA 5 – FUNCIONAMENTO DO ROTOR FLETTNER.....	29
FIGURA 6 - NAVIO E SHIP 1.....	30
FIGURA 7 – NAVIO COM PIPA.....	31
FIGURA 8 -NAVIO ENERGIA SOLAR.....	32
FIGURA 9 - NAVIO HÍBRIDO.....	33
FIGURA 10 – NAVIO COM PROPULSÃO A HIDROGÊNIO.....	35

INTRODUÇÃO

O crescente aumento do transporte marítimo constitui parte importante na economia das nações desenvolvidas e em vias de desenvolvimento.

O oceano é fundamental para a vida no planeta, fornece recursos biológicos e minerais, além de significativa importância no transporte de mercadorias, porém, um dos grandes perigos a vida marinha é o petróleo, já que é um grande poluidor por vazamentos em grande escala por navios petroleiros e a poluição do ar.

O transporte marítimo depende essencialmente da energia dos derivados do petróleo e, em consequência, produz emissões de CO₂, SO_x, NO_x e material particulado entre outros. Hoje o transporte aquaviário responde por aproximadamente 4,5% das emissões de carbono, 4% das emissões de óxidos de enxofre e 7% das emissões de óxido de nitrogênio. Se a expansão desse modal de transporte se mantiver nos próximos anos, como se tem previsto, a sua participação na emissão destes tipos de poluentes deve aumentar e, certamente, haverá pressões da sociedade para introdução de medidas que contenham esse aumento.

Buscando proteger o meio ambiente marinho, existem diversas leis e convenções que visam acabar com a degradação das águas e aumentar a segurança à navegação e ao meio ambiente aquaviário, destacando-se a convenção MARPOL 73/78 elaborada pela IMO (Organização Marítima Internacional).

Esta pesquisa é de extrema relevância, vislumbra discorrer acerca do assunto, materializando e analisando conhecimentos, que nos tornam, sobretudo, hábeis a discernir e confrontar as ideias deste ou daquele autor, no que tange à análise dos combustíveis utilizados como agentes causadores e danos ao meio ambiente e a possíveis alternativas para minimizar estes impactos.

Tem como objetivos: analisar e buscar aspectos teóricos acerca dos contaminantes dos combustíveis navais precursores de danos aos equipamentos e ao meio ambiente. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, buscando autores que descrevam sobre o assunto, em bases de dados científicos, com dados dos últimos dez anos para que se possa fazer comparações e contrapor com a atualidade, baseados nas normas atuais para utilização do combustível e contemporizando a visão futurística para a indústria naval, de modo a compreender melhor o combustível naval utilizado atualmente e novas propostas descritas para aperfeiçoar o funcionamento dos motores as novas tecnologias.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. Óleo Combustível - Bunker

1.1 Características Químicas dos Combustíveis Navais e seus contaminantes

De acordo com o Manual Técnico de Combustíveis Marítimos da Petrobras, os combustíveis utilizados em navios podem ser classificados em duas categorias: os residuais ou óleos combustíveis marítimos, ou ainda bunker (MF), são produzidos a partir de formulações contendo principalmente frações pesadas da destilação (resíduos) e outros óleos diluentes, e os produzidos a partir das frações mais leves do processo de refino (gasóleos atmosféricos, majoritariamente) são chamados de diesel marítimo, DMA ou marine gasoil (MGO).

Óleo combustível bunker ou HFO: são comercializados em diversos tipos, classificados de acordo com a viscosidade que é definida para atender a cada necessidade dos motores. Sua formulação contém água, vanádio, sódio, alumínio e silício, resíduos de carbono e cinzas. Estes normalmente são utilizados nas grandes embarcações navais para geração de energia.

Diesel marítimo (MGO): é utilizado prioritariamente nos sistemas auxiliares de geração de energia ou de emergência destas embarcações. Entretanto são utilizados também em motores principais de propulsão em embarcações de médio e pequeno porte (FARAH,2012).

A ANP 52/2013 regula as análises físico-químicas dos óleos combustíveis com relação ao teor de enxofre, índice de cetano, água, resíduos de carbono, cinzas, todas essas características são analisadas e devem obedecer aos níveis preconizados por órgãos fiscalizadores. A composição final dos óleos combustíveis depende, não só do petróleo que os originou, como também do tipo de processamento, misturas que sofre nas refinarias. Também podem ser adicionados aditivos especiais, visando à estabilidade do produto ou para combater a ação corrosiva dos compostos de vanádio (SANDRES,2004).

De um modo geral, os óleos combustíveis podem ser classificados em destilados e residuais. Ambos os tipos por sua vez podem ser produtos primários ou craqueados. Assim, resumindo temos: resíduos craqueados; resíduos de destilação diretos ou primários; destilados craqueados; destilados de destilação direta (SANDRES,2004).

Vários tipos de contaminantes são encontrados nos óleos combustíveis, ocasionando efeitos prejudiciais aos equipamentos, corrosão dos oleodutos, catalisadores e ao meio

ambiente. Dentre eles temos: enxofre(S), nitrogênio(N) vanádio(V), níquel(N_i), ferro(Fe),cobre(Cu), sódio(Na) (FARAH,2012). Para limitar e controlar os níveis destas impurezas, existem regulamentações da IMO (Organização Marítima Internacional), MARPOL IV que estabelecem regras para a prevenção da poluição causada por navios.

1.1.1 Os óleos 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 indica, para os óleos residuais um valor de 3,5% enquanto a ISO 8217:2010 recomenda a adoção dos valores indicados pela IMO em função da área de circulação (global de 3,5% ou 1,nas áreas de controle de emissões, 0% atual e 0,1% a partir de 2015), ou aqueles definidos por especificações nacionais mais restritivas, como na Califórnia, Estados Unidos;

- O Diesel Marítimo, também denominado MGO ou DMA, possui requisitos de especificação diferentes dos MFs. A viscosidade cinemática e a massa específica são inferiores às observadas para o MF 10, deve atender propriedades como, por exemplo, o índice de cetano, estabilidade a oxidação e aparência. Com relação ao teor de enxofre, a Resolução ANP n°52 de 2010, especifica para os destilados 0,5% e enquanto que a norma ISO 8217 propõe que seja limitado em 1,5% para o DMA.(Manual Técnico de óleo combustível – Petrobrás) (4)

1.2 Obtenção nas refinarias

Os óleos combustíveis podem ser obtidos nas refinarias por vários processos. Os subprodutos de várias operações nas modernas refinarias são utilizados como componentes dos óleos combustíveis. A destilação atmosférica produz uma série de destilados, incluindo o querosene, o óleo diesel, os gasóleos leves e pesados e um resíduo pesado chamado cru reduzido. O destilado correspondente a um óleo diesel pode constituir o destilado n°2 da especificação norte americana de óleos combustíveis, enquanto o cru reduzido poderá dar origem a um óleo combustível n° 5 ou n° 6. O cru reduzido pode ser usado como componente

para óleo combustível, ou pode ser processado, a seguir, em uma torre de vácuo. Sob pressão reduzida obtém-se:

- Gasóleo
- Destilados leves, médios e pesados, adequados para produzir lubrificantes e parafina, ou para servir como carga de alimentação de craqueamento catalítico.

Um resíduo que depende do cru pode ser usado como óleo Combustível, como lubrificante ou ainda como asfalto. Também são obtidos óleos combustíveis nos processos de craqueamento térmico ou catalítico, bem como no de viscorredução, que consiste em um craqueamento em condições mais suaves.(4)

1.3 Especificação ANP de Combustíveis Marítimos

A especificação dos Combustíveis Marítimos é estabelecida pela Resolução ANP N° 52 de 29 de Dezembro de 2010, complementada pela Resolução ANP N° 38 de 19 de novembro de 2012.

Tabela - Especificações dos óleos diesel marítimos (1)

Característica	Unidade	Limite		Método		
		Tipo		ABNT NBR	ASTM/IP/ ISO	
		DMA	DMB			
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/m³	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	mm²/s	2,0 - 6,0	2,0 - 11,0	10441	ASTM D445 ISO 3104	
Ponto de Fluidez, máx.	Tipo inverno	°C	-6	0	11349	ASTM D97 ISO 3016
	Tipo verão	°C	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.		-	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/m³	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) Limpo e isento de impurezas.

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

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

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

Tabela 1: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-combustiveis-maritimos-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>

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	120,0	180,0	380,0	10441	ASTM D445 ISO 3104
Resíduo de Carbono, máx.	% massa	14	15	18	15586	ASTM D4530 ISO 10370
Enxofre Total, máx. (2)	% massa	3,5			14533	ASTM D2622 ASTM D4294 ISO 8754 ISO 14596
Sulfeto de hidrogênio, máx.	mg/kg	2,0			-	IP 570
Número de acidez, máx.	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	0,070		0,100	9842	ASTM D482 ISO 6245
Ponto de Fulgor, mín.	°C	60,0			14598	ASTM D93 ISO 2719
Ponto de Fluidez, máx.		30			11349	ASTM D97 ISO 3016
Água, máx.	% vol.	0,50			14236	ASTM D95 ISO 3733
Sedimentos (com envelhecimento), máx.	% massa	0,10			-	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			-	IP 501 IP 470
Fósforo, máx (6)	mg/kg	15			-	IP 500 IP 501
Zinco, máx (6)	mg/kg	15			-	IP 501 IP 470

(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:

$$ICAC = p15 - 81 - 141 \cdot \log[\log(v + 0,85)]$$

Onde:

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

p 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.

Maiores informações podem ser encontradas no endereço eletrônico da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: www.anp.gov.br.

Tabela2: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-combustiveis-maritimos-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>

1.4 Compostos

➤ **Resíduos de Carbono**

- Quantidade de resíduo sólido produzido quando o produto é aquecido em uma atmosfera deficiente de oxigênio;
- Pode indicar tendência de o combustível depositar fuligem e o comportamento de queima em um motor a diesel, mas não há uma correlação direta;
- Teste usado pela ISO é o MCR (Micro Carbon Residue), mas há outros testes disponíveis;
- Limite entre 10 e 22%, dependendo do “grade”.

➤ **Cinzas**

Material inorgânico não combustível no produto:

- Metais inerentes do Petróleo (ex.: vanádio, níquel e cálcio);
- Elementos de água salgada (ex.: sódio)
- Finos de catalisadores (ex.: Alumínio e silício)
- Fragmentos “estranhos” (ex.: ferrugem, escama de tanques, terra, poeira).

Efeitos adversos:

- Depósito de fuligem na câmara de combustão do motor;
- Formação de fuligem nos anéis de pistões;
- Aumento no desgaste do motor;
- Depósitos na válvula e sistema de escapamento;
- Formação de fuligem no turbo compressor. (2)

1.5 Bunker – Óleo Combustível Marítimo

Bunker é resultante de uma mistura do óleo combustível básico (MF), com um diluente, Marine Gasoil (MGO) em proporções segundo a ISO 8217 (2012).

- MF - Marines Fuels ou Óleos Combustíveis Marítimos (principais produtos);
- Segundo a ISO 8217 2012 – RMA a RML: » RME 180 / RMF 180 (180 mm²/s (cSt); » RMG 380 / RMH 380 (380 mm²/s(cSt)
- Cor negra;
- Várias viscosidades;
- Requer aquecimento para uso no motor (até 150° para alta viscosidade);
- São utilizados nos motores de propulsão de grandes navios;
- Em alguns navios pode ser usado para maquinário auxiliar.

Bunker MGO e MDO: Aproximadamente 50% mais barato que produtos destilados são espécies de BUNKER usados em larga escala atualmente: (4)

– **MGO** - Marine Gasoil – DMA:

- Destilado como produto claro;
- Aparência “clara e limpa”;
- Não requer aquecimento para uso;
- Usado em motores a diesel de alta velocidade.

– **MDO** - Marine Diesel-Oil.

- Destilado através de produtos escuros;
- Pode conter pequenas quantidades de combustível residual.

1.5.1 Características do Bunker

➤ **Viscosidade:**

- Determina a facilidade com que o óleo pode ser bombeado e a temperatura requerida para armazenagem, transferência e queima eficientes;
- Dependente da temperatura do óleo, onde o padrão para MF é 50°C;
- Medido em Stokes, geralmente escrito em 1/100 – centiStokes, ou cSt.
- Mais comuns são MF380 e MF180;

- Não é indicador de qualidade e tem efeito na temperatura do pré-aquecimento do produto, ou seja, maior viscosidade terá que se aquecer mais para ser injetado no motor;
- Impacta na qualidade de ignição.

➤ **Densidade:**

- Permite converter volume em peso e é medida em massa por unidade. O “peso” do óleo geralmente é dado em kg/m a uma dada temperatura padrão (15°C);
- Geralmente o MF é 991 kg/m³, que é aceito nas centrífugas convencionais. Centrífugas mais modernas podem utilizar 1010 kg/m³;
- Impactam na qualidade de ignição e energia específica;
- É um indicativo do grau de craqueamento.(4)

➤ **Qualidade de ignição:**

Segue as normas ISO 8217/2012 - Especifica os requisitos para combustíveis de petróleo para uso em motores marítimos a diesel e caldeiras, antes do tratamento adequado antes da utilização. As especificações para os combustíveis podem ser também aplicáveis aos combustíveis para motores diesel estacionários do mesmo ou similar marca e tipo dos utilizados para fins marítimos.

- **Ponto de Fluidéz (“Pour Point”)**

- É a temperatura na qual abaixo dela a substância fica imobilizada por 5 segundos, ou seja, para de fluir;
- Limita a temperatura mínima de estocagem e bombeamento do óleo;
- Máximo 30°C para a maioria das graduações.

- **Ponto de Fulgor (“Flash Point”)**

- É a temperatura na qual o óleo pode liberar vapores inflamáveis (atmosfera inflamável);
- Usado para avaliar os riscos de inflamar no transporte e armazenagem de combustíveis e para definir as medidas necessárias;
- Para todos os combustíveis utilizados em locais de maquinário o mínimo é de 60°C;
- Diferentes testes apresentam resultados diferentes e o ponto de fulgor não é um guia definitivo para segurança;

– Podem levar dias para que atinja um equilíbrio, pois hidrocarbonetos leves podem se acumular no topo do tanque e são encontradas atmosferas inflamáveis mesmo que o produto esteja armazenado abaixo do ponto de fulgor.

1.5.2 Elementos do Petróleo presentes no Bunker

Alguns elementos encontrados no petróleo bruto acabam “sobrando” no óleo combustível. Não são desejáveis, mas sua eliminação pode ser muito cara, portanto alguns de seus efeitos negativos devem ser tolerados.(5)

➤ **Enxofre (“Sulfur”):**

- limitado entre 1 e 4,5%;
- pode causar ataque ácido quando combinado com vapor de água em baixa temperatura, oxidando o motor;
- influi no tipo de óleo lubrificante usado;
- pode ser removido durante o processo de refino, porém, o processo tem alto custo e não está amplamente disponível;
- contribui para chuva ácida, formando ácido sulfúrico (H_2SO_4).

➤ **Vanádio:**

- limitado entre 50-450 mg/kg;
- causa depósitos de fuligem no motor em temperaturas moderadas e pode gerar corrosão quando combinado com Sódio;
- altos níveis (>250ppm) podem causar desgaste acelerado de certas partes do motor;
- não pode ser removido por tratamento a bordo;
- alguns motores modernos são mais resistentes à corrosão por alta temperatura, principalmente pelo uso de componentes metalúrgicos melhorados.

➤ **Sódio (originado do petróleo):**

- limitado entre 50-100 mg/kg;
- causa incrustações no motor e corrosão se combinado com o Vanádio;
- se o nível de Sódio for entre 20% e 40%, do nível do Vanádio, o combustível poderá formar depósitos corrosivos no sistema de exaustão.(2)

1.5.3 Contaminantes do Bunker

Alguns elementos encontrados no óleo combustível são contaminantes originados do processo de refino ou do transporte.

- **Água:**
 - limite máximo 0,5%;
 - presença de água fresca é mais questão comercial;
 - água salgada pode causar incrustações sérias no motor (Sódio).
- **Alumínio + Silício:**
 - limite máximo combinado de 80 ppm (Revisão ISO 8217/2010 reduziu para 60 ppm);
 - provenientes do Craqueamento Catalítico, pois estão em catalisadores usados no processo;
 - podem causar danos severos de abrasão nas bombas de combustível e cilindros;
 - purificação deste produto pode reduzir a níveis abaixo de 12ppm.
- **Sódio (de água salgada):**
 - geralmente o produto é contaminado no tanque, porém umidade, vapor e borriço de água salgada no ar de combustão também são fontes potenciais;
 - combinado com o vanádio causa incrustações no motor e corrosão; – tratamento do combustível pode reduzir drasticamente.
- **Ferro:**
 - proveniente da ferrugem em dutos e válvulas.

1.5.4 Adulterantes do Bunker

Alguns fornecedores desonestos descartam resíduos de produtos usados na mistura do Bunker. Um exemplo é misturar resíduo de lubrificantes, antes considerada uma forma ecologicamente correta de se desfazer do produto, mas hoje proibida. Outros resíduos químicos caros de serem desfeitos adequadamente são ilegalmente adicionados ao bunker. São difíceis de rastrear, porém mesmo em pequenas quantidades podem causar enormes danos rapidamente.

- Cálcio, Zinco e Fósforo (algumas vezes com Ferro) – provenientes de resíduo de lubrificantes.
- Ácidos fortes;
- Ácidos inorgânicos;
- Alguns ácidos orgânicos (solventes de limpeza e resíduos de outros processos industriais):

– alguns podem destruir um motor. A ISO 8217 especifica que o MF deve ser livre de **ULO**. O MF deve ser considerado conter **ULO** quando estiverem encontradas as seguintes condições : Cálcio > 30 e zinco > 15 ou cálcio > 30 e fósforo > 15.(mg/Kg)

➤ **Impactos Negativos:**

- prejudica a eficiência da centrífuga;
- aumento da carga de cinzas no motor leva a depósitos no turbo compressor;
- clientes não querem pagar por “resíduos” de outras pessoas.

➤ **Precisão dos testes e interpretação dos resultados (ISO 4259)**

Qualquer parâmetro, se medido duas vezes, os resultados obtidos dificilmente serão exatamente os mesmos (VIM 2012). Um resultado único poderá não significar o “real” valor. Todos os testes padrões têm um enunciado de precisão expresso como repetibilidade e reprodutibilidade (com 95% de confiança).

- Repetibilidade: – Testes pelo mesmo operador, mesmo equipamento e mesma amostra.
- Cor escura.(5)

➤ **Requisitos de qualidade e especificação**

O MGO possui os mesmos requisitos de qualidade do óleo diesel, diferindo em dois aspectos:

- Por ser utilizado em motores de maiores dimensões e mais lentos (menor rotação), sua exigência de qualidade de combustão, 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) mais crítico do que o do óleo diesel. (5)

➤ **Principais requisitos de qualidade são os seguintes:**

- 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.

1.6 Consequências causadas por um Combustível de baixa qualidade.

- 65% dos acidentes marítimos em todo o mundo envolvem máquinas, colisão, falha ou encalhe;
- insuficiência de máquinas é a maior causa de acidentes, representando cerca de 25% das incidências;
- desses acidentes, muitos são causados pela qualidade do combustível abaixo do ideal;
- além dos prejuízos materiais e financeiros, vidas humanas podem ser colocadas em grande risco;
- prejuízos ao ecossistema e ao meio ambiente.(5)

2. O Meio Ambiente - Poluentes Gerados pelos motores no Transporte Marítimo

2.1 Emissão de Gases

Trata-se de um problema que gera grande preocupação à comunidade Internacional e é reconhecido como um problema crescente. As emissões são geradas principalmente em função da potência da instalação propulsora dos navios. Como todo sistema de combustão, os motores marítimos queimam um combustível derivado do petróleo para liberar energia. Isso envolve oxidação dos hidrocarbonetos, gerando emissões de gases. (Eyring et al., 2005b). Os componentes principais são dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), e material particulado. Eles se misturam com a atmosfera podendo alterar a sua composição química, contribuindo de maneira significativa para a diminuição da qualidade do ar, repercutindo na saúde pública e no clima.

As emissões dos motores têm diversas consequências negativas para a saúde humana, entre os problemas mais comuns estão as dificuldades respiratórias, irritação pulmonar, bronquite crônica, edema pulmonar, dor da cabeça, alteração da percepção e pensamento, tontura, asma, ataque cardíaco, câncer pulmonar (WHO;2006), podendo produzir até a morte. Cerca de 70% a 80% destas emissões se produzem dentro de uma distância de 400 km do litoral, ocasionando a morte de mais de 60.000 pessoas ao ano (OMI 2000; Corbett et al.;2007). Isso ocorre porque a maioria dos navios faz rotas de cabotagem próximas ao litoral. Segundo este estudo, a cifra pode-se elevar em 40% para 2012 chegando assim a 84000

mortes prematuras ao ano. As emissões dos navios também têm consequências negativas sobre o clima da terra já que contribuem de alguma maneira, ao aquecimento global; este tema é um dos principais desafios que enfrenta a humanidade neste momento. O principal gás que contribui para o aquecimento global é o CO₂.

O CO₂ é o componente que é gerado em maior quantidade (IPCC; 2007). O CO₂ passou de 280 ppm para 379 ppm em 2005 (UNCTAD;2008).

Os navios são uma fonte importante de geração desse gás e em 2007 só o transporte marítimo produziu 1,12 milhões de toneladas métricas de CO₂ (OMI; 2008). Há uma série de estudos que contabilizam a quantidade de emissão de CO₂ gerada pelo transporte marítimo.

As emissões vêm ligadas à qualidade do combustível, no transporte marítimo os dois principais combustíveis são os destilados e os residuais, sendo os destilados divididos em dois tipos: Marine Gasoil (MGO) e Marine Diesel Oil (MDO), segundo a OMI no ano 2007 o consumo de combustíveis marinhos foi de 369 milhões de toneladas e poderia aumentar a 486 milhões de toneladas.

A concentração de gases do efeito estufa na atmosfera atingiu níveis recordes em 2013, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM). A taxa de acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera teve o crescimento mais rápido em um ano desde 1984.

A OMM afirmou que o relatório ressalta a importância de um acordo mundial para limitar a emissões de gases do efeito estufa.

Em 2009, líderes de todo o mundo concordaram em fechar um tratado para manter um aumento na temperatura global de no máximo 2°C até 2020.

O Boletim anual de Gases do Efeito Estufa não mede a produção de emissões, mas registra a quantidade de gases que permanecem na atmosfera depois das interações com terra, ar e oceanos. Cerca de metade das emissões acaba absorvida por mares, florestas e seres vivos.

Mesmo assim, a concentração de CO₂ na atmosfera bateu 396 partes por milhão (ppm) em 2013, um aumento de quase 3ppm em comparação com o ano anterior.

A Agência Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) informou: “pela primeira vez desde que medimos a concentração de dióxido de carbono na atmosfera global, a concentração mensal deste gás de efeito estufa ultrapassou 400 partes por milhão (ppm) em março de 2015”.



Figura 1: Emissão de gases na atmosfera

http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/09/140909_efeitoestufa_etc

2.1.1 Prevenção e Controle da Poluição

A prevenção é focada em antever possíveis consequências negativas e organizar ações que possam evitar sua concretização. Este conceito é essencial para os cuidados relativos à poluição oriunda de embarcações, onde qualquer erro mínimo pode acarretar em grandes danos ao meio da atividade em questão. Duas opções são possíveis para concretizar esta atitude: medidas operacionais e inovações tecnológicas que permitam uma maior segurança da navegação.

A Organização Marítima Internacional, através da convenção MARPOL, estabelece alguns procedimentos e recomendações para que a operação das embarcações tenha o cuidado necessário com o bioma marinho. Serão expostos os métodos de prevenção frequentemente utilizados a bordo, de acordo com o agente poluente. A indústria de transporte marítimo deve tirar proveito das novas tecnologias para maximizar seu desempenho ambiental bem como aumentar a segurança de suas operações, além de estar preparada para novos tipos de carga e práticas comerciais. Os órgãos governamentais, por sua vez, devem prover incentivos para estes avanços tecnológicos.

As emissões dos motores têm diversas consequências negativas para a saúde humana, entre os problemas mais comuns estão as dificuldades respiratórias, irritação pulmonar, bronquite crônica, edema pulmonar, dor da cabeça, alteração da percepção e pensamento, tontura, asma, ataque cardíaco, câncer pulmonar (WHO;2006) podendo produzir até a morte.

Para controlar os gases de efeito estufa foi firmado, em 1997, o Protocolo de Kyoto, que é o mais importante acordo ambiental para combater o aquecimento global.

Ele compreende seis Gases de Efeito Estufa (GEE): dióxido de carbono (CO₂), hidrofluorcarbonatos (HFC), perfluorcarbonatos (PFC), hexafluoreto de enxofre (SF₆), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Basicamente o Protocolo é um acordo internacional cujo objetivo é reduzir as emissões dos seis gases entre os anos 2008 e 2012 em mais de 5% a nível mundial e em comparação ao ano 1990. Com relação ao teor de enxofre a ANP indica, para os óleos residuais um valor de 3,5% enquanto a ISO 8217:2010 recomenda a adoção dos valores indicados pela IMO em função da área de circulação (global de 3,5% ou 1, nas áreas de controle de emissões, 0% atual e 0,1% a partir de 2015), ou aqueles definidos por especificações nacionais mais restritivas, como na Califórnia, Estados Unidos.

Em 2015 completou 10 anos da entrada em vigor do acordo mundial, o Protocolo de Kyoto, que visa reduzir a emissão de gases do efeito estufa, porém, dados divulgados em fevereiro de 2015 apontam que o acordo não atingiu seus objetivos iniciais, pois entre os anos de 2005 e 2012 houve um aumento da emissão mundial destes gases em 16,2%.

Por outro lado, especialistas em clima afirmam que o pacto gerou alguns benefícios. Estes estudiosos dizem que se não houvesse o Protocolo de Kyoto, as emissões de gases do efeito estufa teriam sido muito maiores, aumentando os efeitos nocivos do aquecimento global no planeta. O protocolo também foi benéfico no sentido de incentivar a adoção de medidas governamentais práticas como o objetivo de diminuir os impactos climáticos negativos. Também foi positivo, pois alertou a população mundial para o problema das mudanças climáticas, além de estimular o uso de fontes de energia limpa (eólica e solar).

Vale lembrar que o Protocolo de Kyoto ainda está em vigor, pois houve o estabelecimento de novas metas que deverão ser alcançadas até o ano de 2020. O grande problema é que, até o começo de 2015, apenas 23 países tinham aderido aos novos objetivos do acordo.

As medidas operacionais estão relacionadas com a eficiência do navio e, como as emissões de gases estão ligadas à quantidade de combustível consumida. Neste contexto, as pesquisas envolvendo combustíveis como o biodiesel, energia solar e energia eólica tendem a desenvolver tecnologias para os motores navais que causem menor impacto ao ecossistema.

2.1.2 Analisador dos Gases de Exaustão

Para avaliar as emissões de gases durante a realização dos ensaios, com o intuito de observar as tendências de redução ou aumento, com os combustíveis ensaiados. O analisador utilizado foi o NAPRO PC-MULTIGÁS que mediu as emissões do poluente NO_x, além do O₂ e CO₂. Esse equipamento utiliza o método de medição por infravermelho não dispersivo para medir as emissões de CO₂ e o método da quimiluminescência para medição das emissões de NO_x.



Figura 2: Analisador de gases

Fonte: Site da empresa Napro

2.2 Propostas para a redução de emissão de gases

Na indústria do transporte marítimo existem duas opções claras para redução das emissões, as melhoras tecnológicas e as medidas operacionais. Dentre as **medidas tecnológicas** podemos apreciar que existem três linhas de investigação bem distintas dentro do escopo de redução de impactos ambientais produzidos pela atividade de transporte aquaviário.

Uma primeira linha consiste em aperfeiçoar as formas dos navios de modo a reduzir a resistência à propulsão e, em consequência, a potência de máquina requerida e o consumo de combustível. Segundo a OMI, pode se esperar uma redução das emissões, mediante a otimização do projeto hidrodinâmico de casco e hélice, gerando entre os dois uma redução de CO₂ de 5 ao 30%.

A segunda linha está relacionada ao aperfeiçoamento das atuais configurações de instalação propulsora, envolvendo: aumento do rendimento de hélices, como o AZIPOD e da eficiência térmica de motores, como o uso de controles eletrônicos, adequação do processo de

combustão nos motores, com efeitos diretos sobre o consumo de combustível bem como da emissão de poluentes.

A terceira linha implica em uma mudança mais radical, a substituição das fontes convencionais de energia para a propulsão por fontes não poluentes, exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como de alterações significativas nas formas dos navios. Entre elas já está disponível no mercado a energia eólica que poderia trazer uma diminuição do consumo de combustível, apesar de ser de difícil implantação em navios de grande porte.

2.3 Normatividade Vigente

Na atualidade as emissões dos motores principais e auxiliares estão reguladas pelo Anexo VI da MARPOL 73/78 “Regras para a Prevenção da Poluição do Ar Causada por Navios”, as quais entraram em vigência em 19 de maio de 2005, mas foram concebidas em 1997, revisado e atualizado até a Resolução MEPC.176(58), em vigor a partir de 01/07/2010). Entre as principais regras estão a inclusão de um valor máximo de 4,5% no conteúdo de enxofre nos combustíveis marítimos Além disso, em áreas especiais considera-se que o conteúdo de enxofre não deva exceder 1,5%; entre as áreas especiais estão o Mar Báltico, Mar do Norte etc. Mas, com o tempo, as porcentagens vão diminuir, passando a 3,5% (1 janeiro 2012) e, finalmente, a 0,5% (1 de janeiro 2020); no caso das áreas especiais as reduções serão mais drásticas com 1% (1 julho 2010) e 0,1% (1 julho 2015).

3. Combustíveis e Propulsões Alternativas

3.1 Biocombustíveis - Biodiesel

Grande parte da energia consumida no mundo advém da queima de carvão e de derivados de petróleo, como a gasolina, o querosene e o óleo diesel. Considerando-se que há previsões de escassez das reservas petrolíferas, os altos preços do barril de petróleo no mercado internacional e a necessidade de redução da emissão de gases devido ao efeito estufa e poluentes, é imprescindível à diversificação da matriz energética brasileira e a utilização em maior quantidade de combustíveis que não sejam de origem fóssil, como os biocombustíveis.

Conforme Lei n°. 9478/97, biocombustível é o combustível derivado de biomassa renovável, para uso em motores a combustão interna ou conforme regulamento para outro tipo

de geração de energia que possa substituir, parcial ou totalmente, combustíveis de origem fóssil. Na atualidade, um dos biocombustíveis mais pesquisados é o biodiesel.

Segundo a ANP [1] (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o biodiesel é um combustível composto de mono-ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa derivados de óleos vegetais ou gorduras animais. Ele é produzido através da reação de um óleo vegetal ou gordura animal com um álcool (etanol ou metanol) na presença de um catalisador. Tal reação gera glicerina além do biodiesel. O biodiesel é um combustível renovável derivado de óleos vegetais, como girassol, mamona, soja, dendê e demais oleaginosas ou de gorduras animais. É biodegradável, e substitui total ou parcialmente o óleo diesel nos motores de ciclo diesel, com a vantagem de não requererem adaptações mecânicas dependendo da proporção de biodiesel misturado ao óleo diesel.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo existem características críticas requeridas para o combustível marítimo. Todas essas características devem ser atendidas para que a mistura de biodiesel ao diesel marítimo seja permitida em nosso país. Essas características são:

- Estabilidade em longos períodos de armazenamento
- Baixa miscibilidade com a água.
- Propriedades químicas, de ignição e combustão.
- Resistente à contaminação microbológica - Maior dificuldade segundo ANP.
- Compatibilidade com o material da embarcação - Não corrosivo.
- Atendimento a legislação ambiental.

Estudos realizados sobre a utilização do biodiesel em ambiente marítimo pela U.S. Maritime Administration (MARAD), concluem que:

- O biodiesel degrada duas vezes mais rápido que o diesel comum, o que obriga o seu consumo mais rápido após o abastecimento.
- O biodiesel não deve ser utilizado com tanques de lastro, por sua tendência para absorver a umidade. O tanque de lastro é responsável por manter a estabilidade do navio e se localiza na parte inferior do casco do navio, abaixo da linha d'água.
- O biodiesel tem menor poder calorífico que o diesel de petróleo, resultando no aumento do consumo de combustível, afetando a autonomia dos navios, pois a embarcação abastecida com biodiesel percorrerá uma menor distância.
- A ação solvente do biodiesel libera resíduos no fundo do tanque e obstrui os filtros.
- O tratamento do combustível com biocida deve ser aplicado sempre que houver suspeita de que foi adicionado biocombustível ao combustível recebido para aplicações marítimas.

- O cobre não é compatível com algumas misturas de biodiesel.
- A estabilidade do biodiesel no armazenamento causa deterioração das borrachas de vedação, das mangueiras, juntas e selos, principalmente em embarcações antigas.

Apesar disso, o biodiesel pode ser um possível combustível alternativo renovável e como um aditivo ao diesel. Pesquisas têm mostrado que as emissões de particulados, hidrocarbonetos não queimados, monóxido de carbono e níveis de enxofre são significativamente menores nos gases de exaustão quando se utiliza biodiesel em motores para navegação.

Os principais produtores e consumidores do biodiesel são a Alemanha, França e Itália, estes dão subsídios para incentivar as plantações de matérias-primas oleaginosas em áreas não exploradas, mais isenção de 90% de impostos. O Brasil, de acordo com o Ministério das Minas e Energia, cerca de 800 milhões de litros de biodiesel devem ser produzidos por ano, o que contribuiria para reduzir as importações de diesel de petróleo, estimados em 4 bilhões de litros. Portanto, a produção de biodiesel atinge positivamente a balança comercial brasileira, visto que cerca de 20% do óleo diesel consumido no país é importado.

PRODUÇÃO DE BIODIESEL

O BioDiesel desempenha um papel importante sobre a agricultura:

Os óleos vegetais usados podem ser reciclados para a sua utilização como matéria prima para a produção de BioDiesel (casos específicos).

Tal pode reduzir o seu desperdício e impacto sobre o meio ambiente;

Sob a actual Política Agrícola Comum, as matérias primas necessárias para a produção de BioDiesel podem ser produzidas em terra não cultivada e que de outra forma seria obrigatoriamente abandonada devido às limitações à produção agrícola.

Petróleo Gasolina
Biodiesel Alcool

FECHAR

Figura 3: Produção do Biodiesel

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/337040/>

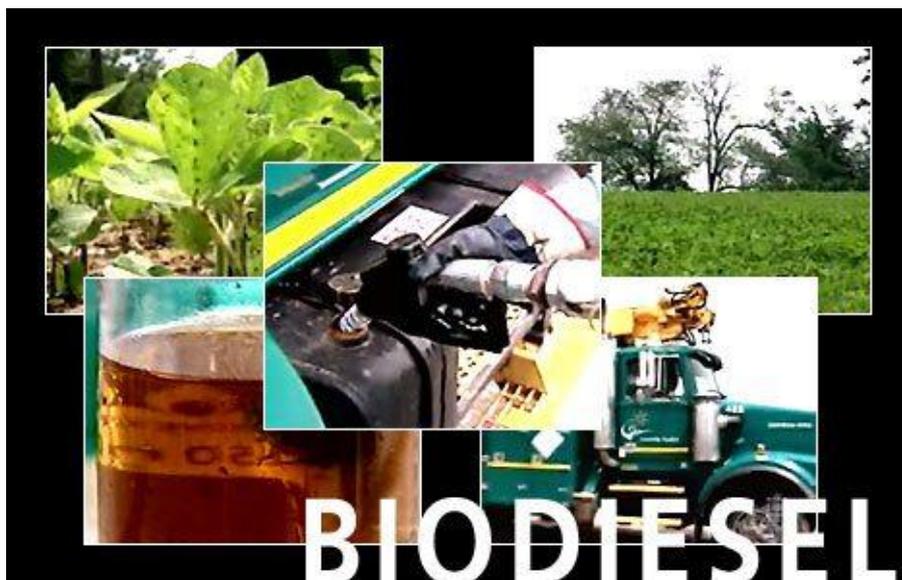


Figura 4 : Biodiesel

Fonte: <http://portalmaritimo.com/tag/biodiesel/>

3.1.1 Syndarma e ANP discutem o uso do biodiesel nos motores marítimos

O Sindicato Nacional das Empresas de Navegação Marítima - Syndarma, como representante de uma significativa parcela das empresas de navegação marítima brasileira, vem acompanhando, com muita preocupação, junto com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, as discussões sobre a conveniência do emprego do biodiesel nos motores marítimos, uma vez que as informações obtidas, até o momento, não indicam a sua utilização nesse ambiente.

A Lei 11097/2005 estabelece, em seu art. 2º, a obrigatoriedade de adição de biodiesel a todo óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. A LEI 13.033/2014 de 24/09/2014 dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 8.723, de 28 de outubro de 1993; revoga dispositivos da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências.

Art. 1º Ficam estabelecidos os seguintes percentuais de adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final, medidos em volume, em qualquer parte do território nacional:

I - 6% (seis por cento), a partir de 1º de julho de 2014;

II - 7% (sete por cento), a partir de 1º de novembro de 2014.

Parágrafo único. O Conselho Nacional de Política Energética - CNPE poderá, a qualquer tempo, por motivo justificado de interesse público, reduzir esse percentual para até 6% (seis por cento), restabelecendo-o por ocasião da normalização das condições que motivaram a redução do percentual.

Art. 2º Caberá à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP:

I - estabelecer os limites de variação admissíveis para efeito de medição do percentual de adição de biodiesel ao óleo diesel; e

II - autorizar a dispensa, em caráter excepcional, de adição mínima obrigatória de biodiesel ao óleo diesel, considerando critérios de aplicabilidade, razoabilidade e segurança do abastecimento nacional de combustíveis.

Art. 3º O biodiesel necessário à adição obrigatória ao óleo diesel deverá ser fabricado preferencialmente a partir de matérias-primas produzidas pela agricultura familiar, e caberá ao Poder Executivo federal estabelecer mecanismos para assegurar sua participação prioritária na comercialização no mercado interno.

Desde 1º de novembro de 2014, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 7% de biodiesel. Esta regra foi estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que aumentou de 5% para 7% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel. A contínua elevação do percentual de adição de biodiesel ao diesel demonstra o sucesso do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e da experiência acumulada pelo Brasil na produção e no uso em larga escala de biocombustíveis.

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2013, de 2,9 bilhões de litros e uma capacidade instalada, no mesmo ano, para cerca de 7,9 bilhões de litros.

O biodiesel é um combustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. Dezenas de espécies vegetais presentes no Brasil podem ser usadas na produção do biodiesel, entre elas soja, dendê, girassol, babaçu, amendoim, mamona e pinhão-manso. Entretanto, o óleo vegetal in natura é bem diferente do biodiesel, que deve atender à especificação estabelecida pela **Resolução ANP nº 7/2008**.

3.2 Utilização dos Ventos na navegação

3.2.1 Energia Eólica no Brasil

No início da década de 2000, uma grande seca no Brasil diminuiu o nível de água nas barragens hidrelétricas do país, causando uma grave escassez de energia. A crise, que devastou a economia do país e levou ao racionamento de energia elétrica, ressaltou a necessidade urgente do país em diversificar suas fontes de energia.

O Brasil dispõe da hidroeletricidade para mais de $\frac{3}{4}$ de sua matriz energética, mas as autoridades estão incentivando as energias de biomassa e eólica como alternativas primárias. Segundo dados preliminares do Balanço Energético Nacional de 2012, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2011 a participação de renováveis na Matriz Elétrica Brasileira ampliou-se para 88,8% devido às condições hidrológicas favoráveis e ao aumento da geração eólica.

A primeira turbina de energia eólica do Brasil foi instalada em Fernando de Noronha em 1992. Dez anos depois, o governo criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) para incentivar a utilização de outras fontes renováveis, como eólica, biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). O Brasil realizou o seu primeiro leilão de energia eólica em 2009, em um movimento para diversificar a sua matriz de energia.

Desde a criação do Proinfa, a produção de energia eólica no Brasil aumentou de 22 MW em 2003 para 602 MW em 2009, e cerca de 1000 MW em 2011 (quantidade suficiente para abastecer uma cidade de cerca de 400 mil residências). Considerando o potencial eólico instalado e os projetos em construção para entrega até 2013, o país atingirá no final de 2013 a marca dos 4400 MW. Segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, publicado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás, o território brasileiro tem capacidade para gerar até 140 GW.

O potencial de energia eólica no Brasil é mais intenso de junho a dezembro, coincidindo com os meses de menor intensidade de chuvas, ou seja, nos meses em que falta chuva é exatamente quando venta mais! Isso coloca o vento como uma grande fonte complementar à energia gerada por hidrelétricas, a maior fonte de energia elétrica do país. Durante este período pode-se preservar as bacias hidrográficas fechando ou minimizando o uso das hidrelétricas. O melhor exemplo disto é na região do Rio São Francisco. Por essa razão, esse tipo de energia é excelente contra a baixa pluviosidade e a distribuição geográfica dos recursos hídricos existentes no país.

A maior parte dos parques eólicos se concentra nas regiões nordeste e sul do Brasil. No entanto, quase todo o território nacional tem potencial para geração desse tipo de energia.

3.2.2 Navios com rotor Flettner e Efeito Magnus

A força do vento é utilizada desde tempos imemoriais para o movimento de navios. Tradicionalmente esta locomoção é feita através de velas que, içadas nos mastros, enfunam como vento que assim empurra a embarcação na direção de seu sopro ou até em direções quase opostas, ao serem utilizadas velas latinas, por exemplo. Com o passar dos anos a navegação à vela foi dando lugar à navegação mecanizada – em casos de atividade marítima comercial – como aconteceu, de resto, com outros meios de propulsão eólica, como moinhos de moagem de cereais, de elevação de água e o outros.

Os rotores eólicos, também conhecidos como rotores Flettner graças ao nome de seu inventor, são uma tecnologia que apesar do cunho futurista, já foi testada – ao menos em seu princípio – em algumas estruturas desde a década de 20. Somente há pouco tempo, contudo, a indústria naval o reconsiderou como uma opção válida para reduzir o consumo de combustível fóssil em embarcações. Este consiste em um grande cilindro vertical rotatório formado por chapas de metal, finalizados por círculos metálicos de grande diâmetro, localizados no convés principal da embarcação.

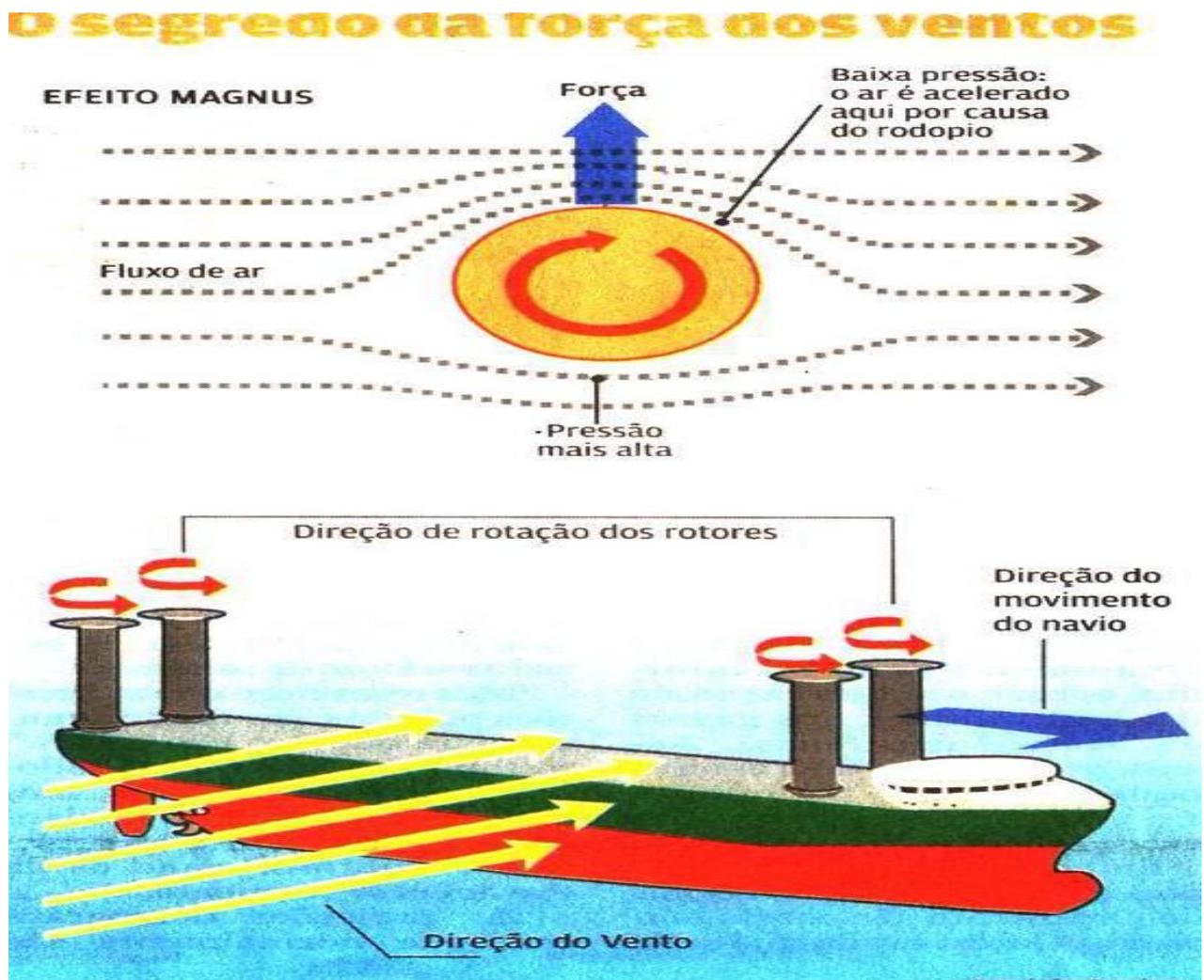


Figura 5 - Funcionamento do rotor Flettner

Fonte: Jornal A Tribuna, 28 de janeiro de 2011, página C-6

Efeito Magnus, o princípio físico que garante a eficiência do rotor, exerce uma força para agir sobre um corpo girando em movimento através de uma corrente de ar, perpendicular à direção do fluxo. Com base no efeito Magnus, o giro do cilindro juntamente com o vento proporcionam áreas de baixa e alta pressão. Nos locais onde o vento incide na mesma direção da rotação do cilindro, a velocidade com que este passa é maior, criando-se consequentemente uma zona de baixa pressão. No outro extremo, onde o ar incide no sentido contrário de rotação do cilindro a velocidade deste é menor, portanto é criada uma zona de alta pressão. Somando-se as forças geradas vetorialmente obtém-se o resultado da força que impulsiona o barco.



Figura 6 Navio E-Ship 1

Fonte:(caroldaemon.blogspot.com.br/2011/01/e-ship1-primeiro-navio-movido-energia.html/).

O E-Ship 1 é um navio Flettner, que faz uso do Efeito Magnus para propulsão. Possui quatro imponentes rotores instalados no convés principal, interligados ao hélice da embarcação, auxiliando na propulsão do navio. As quatro torres cilíndricas de 27 metros de altura por quatro metros de diâmetro que emergem do convés principal são os rotores eólicos capazes de captar energia do vento, sem interferir nas operações de carga e descarga. A obra do navio E-Ship 1 foi concluída em 2010, quando este estava atracado no North Sea Works, onde a finalização da construção ocorreu com o barco na água. O navio partiu de Emdem Bremerhaven, noroeste da Alemanha, para as provas de mar, e, um mês depois, partiu para sua primeira viagem com carga, transportando nove turbinas do Parque Eólico Castledockrell, de Emdem para Dublin, Irlanda.

3.2.3 Navios com auxílio de uma Pipa para propulsão

É uma tecnologia sofisticada inventada por Stephan Wrage. No navio, a pipa quase não ocupa espaço. Ao chegar ao mar aberto, é puxada para fora por um mastro. Daí é só esperar ela se abrir e dar linha. A pipa pode subir a até 500 metros. De baixo, um computador faz as vezes de piloto automático, determinando o caminho da pipa de acordo com o vento e a direção, dez vezes por segundo, o computador otimiza o trajeto, para sempre garantir o maior aproveitamento do vento para puxar o navio. O computador fica sempre movimentando a pipa de um lado para o outro. É como quem solta pipa e puxa a linha para ela ganhar velocidade. Assim, o ar passa por dentro da pipa a 200 km/h. É a força de um super furacão. A pipa não dispensa os motores, mas faz boa parte do trabalho deles, que podem ser reduzidos. A economia de energia depende da força do vento. No Mar do Norte, onde o vento é constante e muito forte, essa economia pode chegar a 30%. A empresa espera fabricar mais de 10 mil pipas até 2020, ajudando a reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos navios que não são poucas. Se a frota mercante de todos os mares fosse um país, seria o sexto maior emissor do mundo.



Figura 7 Navio com Pipa

Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=pipa+em+navios&es>

3.3 Energia Solar

Energia solar é um termo que se refere à **energia** proveniente da luz e do calor do Sol. É utilizada por meio de diferentes tecnologias em constante evolução, como o aquecimento solar, a **energia solar** fotovoltaica, a **energia** heliotérmica, a arquitetura solar e a fotossíntese artificial.

O catamarã Turanor Planet Solar (FIGURA 8) completou sua primeira viagem de volta ao mundo em maio de 2012, após percorrer mais de 60 mil km durante 584 dias. Ele zarpou de Mônaco em setembro de 2010 e retornou para o mesmo país.

O barco pesa 90 toneladas e tem 35 metros de comprimento por 23 metros de largura quando "abre suas asas", equipadas com painéis solares de 515 m². A embarcação chega a desenvolver uma velocidade de até 26 km/h, embora sua média seja de 9 km/h.

O consumo médio dos motores do Turanor PlanetSolar é de 20 quilowatts, e ele não requer gasolina nem emite gases de efeito estufa.



Figura 8 - Navio movido à energia solar

Fonte: <http://www.actinnovation.com/>



Figura 9 - Navio híbrido japonês – Emerald Ace

Fonte: <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2012/07/japao-cria-o-primeiro-navio-hibrido-do-mundo.html>

Navio Híbrido

Desenvolvido pela Kobe Shipyard, o modelo foi apresentado em março e tem 200 metros de comprimento por 36 de largura, pesando mais de 60 mil toneladas. O navio, que tem 12 andares, é capaz de transportar 6400 carros, a uma velocidade máxima de 20 nós, atingida com o uso dos motores a diesel. O andar mais alto é reservado para os 768 painéis solares da Panasonic, que fazem a captação da energia solar.

Todos os painéis produzem 160 KW de energia – o que é o bastante para 50 casas, em média. Grande parte dela é armazenada em baterias recarregáveis, de íon lítio, semelhantes às utilizadas em notebooks.

Quando o navio está em uso, utiliza motores à base de diesel e a energia solar em excesso serve para ligar instrumentos, lâmpadas e outras tarefas. Assim que o Emerald Ace atracar em algum lugar, o motor a diesel para de funcionar.

“Os eco navios são fundamentais para a nossa batalha. Não podemos lutar sem eles. Fizemos uma decisão difícil analisando o mercado, mas o resultado é positivo”, avaliou Hideaki Omiya, presidente da Mitsui Engineering & Shipbuilding Company, responsável pela criação do navio.

3.4 Propulsão a Hidrogênio

Navio a hidrogênio/Turbinas a hidrogênio

O Hydrogen Oceanjet 600, como foi batizado o novo navio, que ainda está em fase de projeto, deverá ser alimentado exclusivamente por hidrogênio líquido e ter como propulsoras quatro gigantescas turbinas, iguais às utilizadas nos Boeing 747.

Cada uma dessas turbinas tem uma capacidade de 49,2 megawatts de potência quando alimentadas por hidrogênio. Para transformar essa potência de propulsão em impulso para frente, o Oceanjet 600 não utilizará hélices, mas jatos de água, que possuem uma maior eficiência em altas velocidades.

A força das turbinas é tão grande que elas permitirão a construção de quadro jatos de água, cada um com 2,5 metros de diâmetro. O sistema de jatos faz com que a água gire em seu interior, permitindo um elevado nível de controle na direção do navio.

Para evitar a resistência das ondas, o Oceanjet foi projetado como um catamarã, com cascos finos conhecidos como semi-SWATH ("Small Water plane Area Twin Hull").

O hidrogênio líquido é muito mais leve e mais eficiente. Ele libera muito mais energia por quilograma do que os combustíveis convencionais. Para não desperdiçar nada, os engenheiros projetaram um sistema de combustível que funciona tanto com hidrogênio líquido quanto gasoso.

Cada turbina exigirá 0,86 kg de hidrogênio líquido por segundo para manter a velocidade do navio em 120 km/h. Isto representa 176 m³ de hidrogênio por hora.



Figura 10 Navio com propulsão a hidrogênio

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php>

Conclusão

O navio é um sistema muito complexo, que por um lado é a coluna vertebral do comércio internacional e, por outro lado, gera uma grande quantidade de poluentes em suas operações, seja pela falta de um projeto consistente, com o emprego de tecnologias adequadas, seja pela gestão ineficiente das operações ou pela falta de uma regulamentação apropriada e também por educação e investimento na propagação de informações para a tripulação.

Ainda está longe o conceito de “Navio Ecológico”, mas é possível melhorar a situação atual; para isso é preciso definir novas estratégias globais para minimizar os impactos ambientais. Os motores com injeção eletrônica, as novas hélices, os navios híbridos, todos nos dão a certeza que chegaremos aos objetivos, claro, teremos muito trabalho a fazer!

Serão necessários investimentos e pesquisas na área naval para que o desenvolvimento seja sustentável e contínuo. Os maiores problemas são os custos advindos das pesquisas e implementações das inovações, que serão sanados, como sempre, na altura certa, impulsionadas por leis rígidas que tornam a punição mais cara que a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SANDRES, Gisele Carvalho. **Contaminação dos solos e águas subterrâneas provocada por vazamentos de gasolina nos postos de combustíveis devido à corrosão em tanques enterrados.** *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal Fluminense, Brasil, 2004.
2. ALESSANDRA, Regina Pepe Ambrozin; KURI, Sebastião Elias; MONTEIRO Marcos Roberto. **Corrosão metálica associada ao uso de combustíveis minerais e biocombustíveis.** *Quim. Nova* vol 32 no.7. São Paulo.2005.
3. GENTIL, Vicente. **Corrosão.** Rio de Janeiro 6ª edição, 2011.
4. <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/download/s/manual-tecnico-oleo-combustivel-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>
5. FARAH, Marco Antônio. **Petróleo e seus Derivados.** LTC, 2012.
6. [Resolução ANP N° 52 DE 26/12/2013 - Federal - LegisWeb](http://www.legisweb.com.br/legislacao)
www.legisweb.com.br/legislacao
7. Anexo IV da MARPOL73/78 **Regras para a Prevenção da Poluição dos Navios**
https://portalmaritimo.files.wordpress.com/2010/10/anexo_iv_marpol.
8. CISNEROS, Juan Carlos Montoya. **Redução dos impactos ambientais causados pelo transporte marítimo.** Dep. Engenharia naval oceânica. EPUSP, 2012
9. <http://www.syndarma.org.br/upload/Biodiesel%20-%20original.pdf>
10. http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/09/140909_efeitoestufa_eb
- c10. [VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia, INMETRO, 2012, RJ](http://www.vim-international.com/)
11. http://www.suapesquisa.com/geografia/protocolo_kyoto.htm