

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

**LEONARDO RAYBOLT DA FONSECA**

**REDUÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DOS MOTORES MARÍTIMOS**

**Rio de janeiro**  
**2014**

**LEONARDO RAYBOLT DA FONSECA**

**REDUÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DOS MOTORES MARÍTIMOS**

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

Orientador: Prof. Elizabeth F. Lourenço

**Rio de Janeiro  
2014**

**LEONARDO RAYBOLT DA FONSECA**

**REDUÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DOS MOTORES MARÍTIMOS**

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

Data da Aprovação:

---

Elizabeth F. Lourenço

NOTA FINAL:

Dedico este trabalho a todos os educadores que contribuíram para o meu crescimento profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estudo e a minha família pela paciência que teve comigo durante a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

A esperança é o único bem comum  
a todos os homens; aqueles que  
nada mais têm - ainda a possuem.

Tales Mileto

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo abordar a questão da evolução da indústria naval brasileira quanto à redução da emissão de gases provenientes da combustão dos motores de navios. Esta questão tem sido motivo de grandes preocupações na esfera da construção naval principalmente quanto ao controle dos gases poluentes do ar, realizado pelos órgãos que compõe a fiscalização desta atividade, que no caso são a Organização Marítima Internacional (OMI), e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A utilização de novas tecnologias buscando cada vez mais a eficiência energética para propulsão de navios vem resultando em menores agressões ao meio ambiente, esta evolução tecnológica tem sido um grande trunfo dos construtores e armadores no objetivo do controle da emissão de gases pelos motores dos navios. O presente tema busca então uma explanação clara sobre a importância do avanço na prevenção da poluição do ar provocada pela emissão de gases devido a combustão de motores de navios.

Palavras-chave: Evolução. Construção. Navios.

## **ABSTRACT**

The present work has as objective to approach the question of the evolution of the Brazilian naval industry regarding the reduction of greenhouse gas emissions from the combustion of ship engines. This question has been a matter of great concern in the sphere of shipbuilding especially regarding control of gaseous pollutants from the air, of the organs that make up the monitoring of this activity, which in this case are the International Maritime Organization (IMO), and the Institute Brazil the Middle environment and Renewable Natural Resources (IBAMA). The use of new technologies increasingly seeking energy efficiency for ship propulsion has resulted in minor damage to the environment, this technological evolution has been a great asset builders and amateurs goal in the control of emissions from the engines of ships. This theme seeks an explanation so clear about the importance of advances in the prevention of air pollution caused by the emission of gases due to combustion engines for ships.

**Key-words:** Evolution. Construction vessels. Ships.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

OMI – Organização Marítima Internacional

MARPOL - Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por navios

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

FMM – Fundo de Marinha Mercante

COGOG - Combined Gas or Gás Propulsion

CODOG - Combined Diesel or Gas Propulsion

ICOM – Índice de Combustão

CO - monóxido de carbono

NO<sub>2</sub> - dióxido de nitrogênio

SO<sub>2</sub> - dióxido de enxofre

MEPC – Marine Environment Protection Committee

EEDI - Projeto de Eficiência Energética

SECAs - Ship Equipment Configuration Accounting System

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
2	<b>INDÚSTRIA NAVAL</b> .....	14
2.1	Evolução da Indústria Naval Brasileira: Apontamentos Relevantes .....	14
2.1.1	Evolução dos navios .....	17
2.1.2	Evolução da propulsão naval.....	18
3	<b>EFEITOS DA COMBUSTÃO: EMISSÃO DE GASES PROVOCADOS POR NAVIOS</b> .....	21
3.1	O que é a combustão .....	22
3.1.1	Elementos da Combustão .....	22
3.1.2	Características da Combustão.....	23
3.1.3	Agentes Químicos Poluidores.....	24
4	<b>POLUIÇÃO DO AR CAUSADA PELA EMISSÃO DE GASES DECORRENTES DA COMBUSTÃO DE MOTORES DE NAVIOS</b> .....	26
4.1	Principais Avanços Tecnológicos na Indústria Naval Quanto à Emissão de Gases Provenientes da Combustão dos Motores.....	29
4.2	Inovações Tecnológicas no Controle de Emissão de Gases .....	31
4.3	Eficiência Energética para Navios .....	32
4.4	Considerações sobre fatores tecnológicos que influenciam na taxa de emissão de gases.....	33
4.4.1	Tipo de Propulsão.....	33
4.4.2	Eficiência do Casco .....	34
4.4.3	Eficiência dos Propulsores.....	36
4.4.4	Diminuição do Peso Leve das Embarcações com a Utilização de Materiais Compósitos.....	37
5	<b>CONTROLE DA EMISSÃO DE GASES PRODUZIDOS PELA COMBUSTÃO DOS MOTORES DOS NAVIOS</b> .....	38
5.1	Vistoria e Certificação .....	39
5.2	Exigências do controle de emissão de gases.....	43

5.3	Importância da Certificação Internacional de Prevenção da Poluição do Ar Provocada pela Combustão de Motores de Navios.....	46
6	CONCLUSÃO .....	48

## INTRODUÇÃO

O presente estudo pretende discutir a evolução da indústria naval brasileira quanto à emissão de gases provenientes da combustão de motores de navios, que tem vivido uma fase de avanço tecnológico considerável em relação à preservação e respeito ao meio ambiente. Por ser cada vez mais crescente os avanços na área da construção naval, todo percurso desta evolução e suas implicações quanto aos índices de poluição, serão analisados com objetivo de esclarecer o posicionamento dos órgãos envolvidos nessa questão de prevenção e preservação.

Serão abordados os apontamentos relevantes da evolução da indústria naval, a evolução dos navios, e a evolução da propulsão naval. A construção naval é considerada uma das principais forças industriais e de inovações tecnológicas no mundo e no Estado do Rio de Janeiro.

Serão apresentados também os efeitos da combustão, salientando o efeito da emissão de gases provocados pelo navio. Será possível analisar o conceito de combustão, os elementos que a compõe, bem como suas características e os agentes químicos que são consideravelmente poluidores ao meio ambiente, especialmente ao ar.

Serão destacadas as inovações tecnológicas no controle de emissão de gases e a eficiência energética para navios.

Já no quinto capítulo, será possível verificar as formas de controle da emissão de gases produzidos pela combustão dos motores dos navios, os órgãos que mantêm o compromisso de eliminar qualquer possibilidade de degradação ambiental, utilizando-se de vistorias e certificações, que compõem as exigências para uma certificação internacional de qualidade.

O tema a ser enfrentado, tem como objetivo principal esclarecer a preocupação da indústria naval em evitar a poluição do ar, através da implantação de novas tecnologias no sistema de combustão de motores de navios e na sua contínua adaptação às exigências das entidades reguladoras da navegação no Brasil e no mundo.

## **1 INDÚSTRIA NAVAL**

A arte de construir navios, ou fabricá-los de forma contínua, caracterizando atividade industrial originou-se, por assim destacar, através da necessidade de um comércio cada vez mais expansivo. Neste momento, a indústria naval, com objetivo de acompanhar esta fase de comercialização pelos grandes mares, emplaca na viabilização de grandes navios e cada vez mais completos quanto às necessidades humanas e comerciais. Momento em que a marinha mercante viabiliza este fluxo mercantil, sendo esta a maior propulsora desta indústria.

Estas condições, promoveram um sistema de integração inter-setorial, onde outros estabelecimentos comerciais, pequenas fundições e estaleiros, cooperaram para o salto industrial na construção naval. Considerando nesta nova abrangência, as sociedades classificadoras, os armadores e fabricantes, que passaram a admitir engenheiros e técnicos, para melhor atender as necessidades deste novo mercado.

### **1.1 Evolução da Indústria Naval Brasileira: Apontamentos Relevantes**

O interesse pela construção naval no Brasil surgiu ainda nos tempos da colonização pelos portugueses. Época em que se observou a excelente qualidade e abundância de madeiras, não obstante a mão-de-obra indígena explorada.

Quanto ao surgimento da indústria naval, podemos apontar o marco inicial no século XIX, nos tempos coloniais, quando o então Barão de Mauá inaugurou o primeiro estaleiro do país em 1847, em Niterói, conforme nos acrescenta Wilson Suzigan (SUZIGAN, 2000, p. 245), sobre o primeiro estaleiro do Brasil, o Ponta da Areia:

O estaleiro em meados da década de 1850, estava empregando 350 operários (85 escravos) e produzia barcos à vela e a vapor,

bem como máquinas e equipamentos para barcos. Sua produção, em 1855, era avaliada em 1.000 contos (cerca de £115.00) (SUZIGAN, 2000, p. 245)

Logo, em meados do século XX, a construção naval brasileira, recebendo apoio do governo, elevou seu nível de produção, aumentando seu desempenho através de um grande parque industrial. A larga escala desta produção aconteceu nos anos seguintes à Segunda Guerra Mundial, onde o governo da época entendeu ser necessário maior estreitamento das relações com o setor industrial.

Segundo Jorge Antonio Bozoti Pasin (PASIN, 2002, p. 125), o governo entendeu que a indústria naval era “importante geradora de emprego e renda por sua grande capacidade de absorção de mão-de-obra e geração indireta de produtos através de representativo efeito a montante da cadeia produtiva”, sendo o Rio de Janeiro, o estado pioneiro.

A Marinha Mercante esteve diretamente ligada ao avanço da construção naval brasileira, por envolver políticas de desenvolvimento quanto criação da reserva de mercado para navios de bandeira nacional, quanto à importação de embarcações.

O maior avanço na indústria da construção naval brasileira originou-se da aprovação de projetos para expansão e modernização de estaleiros, em 1960. O objetivo destes projetos foi a fixação da reciprocidade no tráfego marítimo, “assegurando o direito de participação de nossa bandeira em 40% do intercâmbio com o exterior; a introdução da política de planos plurianuais de construção naval e a entrada do Brasil no restrito clube mundial de produtores de super navios” (BORGES e SILVA, 1993).

Em 1970, época que foi considerada a mais produtiva da indústria naval brasileira, também foi marcada pela implementação de algumas políticas de desenvolvimento, tais como, o Plano de Emergência de Construção Naval (PECN de 1969 a 1970) e os Programas de Construção Naval (I PCN de 1971 a 1975; II PCN de 1975 a 1979).

Jose Carlos Silva Borges (BORGES E SILVA, 1993, p. 47), nos acrescenta sobre este momento da evolução da indústria naval brasileira:

O País já era respeitado mundialmente como um dos mais capacitados construtores, as encomendas se sucediam, atingindo em dezembro de 1979 o acumulado de (aproximadamente) 9 milhões de TPB. A mão-de-obra ocupada chegava ao ponto máximo de sua história. (BORGES E SILVA, 1993, p. 47)

No entanto, em 1980, houve uma diminuição considerável na produção da indústria naval, geradas por uma crise no setor de petróleo, houve um “estabelecimento de novas rotas, estabelecidas com a entrada no mercado dos produtores do Mar do Norte e a concorrência emergente dos estaleiros asiáticos, com custos de produção altamente subsidiados pelos respectivos governos, tornando preços muito mais atraentes aos armadores”. (BORGES e SILVA, 1993, p. 48). Esta crise permaneceu até a década de 1990:

Ao contrário, a presença constante de subsídios, concedidos sem exigir contrapartidas em investimentos que trouxessem ganhos em produtividade e capacidade que resultariam em maior competitividade internacional, e o viés interno da produção, coincidente com o progressivo fechamento do mercado internacional aos estaleiros brasileiros, forma os principais obstáculos ao desenvolvimento do setor até meados da década de 1990. (PASIN, 2002, p.128)

A retomada da produção da indústria naval brasileira ocorreu no final da década de 1990, com criação de novos programas de incentivo, Lei do Petróleo e o Programa Navega Brasil:

A Lei do Petróleo (Lei 9.478/97 de 06 de agosto de 1997) abriu o mercado de exploração e refino de petróleo, o que acelerou a expansão da exploração offshore. A Petrobras, por sua vez, ampliou sua demanda por novas plataformas e por embarcações de apoio marítimo, que originaram novas encomendas nos estaleiros, principalmente no estado do Rio de Janeiro, onde se situam os maiores estaleiros do país. Já o programa Navega Brasil, lançado em novembro de 2000, modificou o acesso a linhas de crédito para armadores e estaleiros, aumentando a

participação limite do FMM (de 85% para 90%) nas operações da indústria naval e o prazo máximo de empréstimo (de 15 para 20 anos) (Pasin, 2002).

Desta forma, vale destacar, que a indústria da construção naval, foi beneficiada pelas inovações legais e programas de desenvolvimento, inclusive os de incentivo, no entanto, permanece independente das grandes propulsoras no campo das explorações de recursos naturais, que incisivamente cooperaram para estes avanços, cito, as estatais Petrobras e a Vale do Rio Doce, que não sustentam este mercado por si só.

### **1.1.1 Evolução dos navios**

Desde os primórdios, o homem busca melhorar a travessia dos mares, de forma cada vez mais rápida e econômica. Essa busca inicia-se a aproximadamente 5.000 a.C. e em 2.000 a.C., com navios à vela ou de remos, que proporcionaram grandes descobertas e conquista como o Mediterrâneo, por exemplo.

Durante séculos, estes navios sofreram evoluções apenas nos seus desenhos e tamanhos, posto que, avanços consideráveis somente ocorreram com o esforço militar, aproximadamente no século XIII, tais como, o advento do cesto de gávea ou os castelos de proa e popa.

Um dos maiores marcos evolutivos, ocorreu no século XVII, XVIII e XIX com o desenvolvimento dos navios de três e quatro mastros e o aumento dos da dimensão dos castelos, formas mais perfeitas ao veleiro, mastros maiores, navios de madeiras mais velozes, e logo, o desenvolvimento de navios feitos de aço. Mais fortes velozes e duráveis e primeiros navios com propulsão mecânica, os Clippers.

O modo que o Homem viu de utilizar a força de uma máquina para propulsionar uma embarcação foi através de rodas de pás, uma adaptação do remo, o único meio de propulsão, além da vela, que conhecia até então. Contudo, James Watt, na segunda metade do século XVIII [cerca de 1775], desenvolveu o primeiro protótipo de um hélice, adaptado do parafuso de Arquimedes,

para propulsionar o seu navio "*Arquimedes*", que conseguia atingir velocidades de 7.5 nós com um motor de 80 cavalos. Foi, também, desenvolvido tendo em vista um protótipo de um submarino, algo que já estava em desenvolvimento na altura, uma vez que as rodas de pás eram completamente ineficientes nesta situação. No entanto, deve-se a F. R. Smith e a J. Ericsson a divulgação e promoção do hélice como meio de propulsão. (BATISTA, 2006. Acesso em: 26 de jun. 2014).

Portanto, é possível verificar que desde o surgimento, da hélice e do motor a vapor, o uso de tecnologia inovadora na indústria naval.

### **1.1.2 Evolução da propulsão naval**

A propulsão naval é qualquer meio que gere a produção de energia mecânica para realizar o deslocamento de embarcações, que podem variar de acordo com o tamanho e necessidade de locomoção.

Estes meios podem ser por propulsão humana (remos), velas (por meio eólico), por motores (propulsão mecânica).

A propulsão a vela foi o principal meio de propulsão de embarcações, durante séculos, até o surgimento do motor a vapor, no século XIX.

No início, novamente uma solução híbrida foi adotada, a vela era utilizada durante o cruzeiro e o vapor para atingir velocidades maiores. Enquanto os ventos eram gratuitos, os motores a vapor exigiam grandes quantidades de carvão, o que ainda diminuía a carga útil do navio. Inicialmente o motor acionava uma grande roda na lateral do navio, esta roda atrapalhava o manuseio das velas e a faina do navio. Este problema só foi resolvido com a invenção da hélice por John Ericsson. (FONSECA, 2005).

Foi no início do século XX, que a propulsão naval por meio do motor a vapor, ganhou crescimento promovido pela crescente ascensão das embarcações metálicas e com hélices.

No entanto, foi com o desenvolvimento do motor a diesel que houve uma grande evolução naval:

Com o desenvolvimento do motor a diesel, este substituiu o motor a vapor, pois os motores de combustão interna possuem maior rendimento. Uma menor quantidade de diesel era necessária em peso e volume do que o carvão, aumentando a capacidade de carga das embarcações.

Os motores diesel marinhos entraram em uso em 1903. Os motores a diesel logo ofereceu uma maior eficiência do que a turbina a vapor, mas por muitos anos teve uma relação potência-espaço inferior. Navios movidos por motores a diesel de média ou de alta velocidade podem ter uma ou duas (às vezes mais) hélices, geralmente com um ou mais motores de condução de cada eixo da hélice através de uma caixa. Quando mais de um motor é orientado para um único eixo, cada motor irá conduzir, provavelmente através de uma embreagem, permitindo que os motores que não estão sendo usados sejam desconectados da caixa de velocidade, enquanto outros continuam funcionando. Esse arranjo permite a manutenção ser realizada durante o caminho, mesmo distante do porto. (FONSECA, 2005).

Atualmente apenas 9% dos navios funcionam parte com motores a diesel alternativos. Possuem a rotação do eixo de manivela alimentando a hélice diretamente para motores de baixa velocidade, por uma caixa de engrenagens utilizada em motores de alta velocidade e médias, que também podem ser de um alternador e motor elétrico em navios diesel-elétrico.

Muitos navios de guerra construídos desde a década de 1960 usaram turbinas a gás para propulsão, assim como um dos navios de passageiros, como o JetFoils. As turbinas a gás são usadas em combinação com outros tipos de motor. Mais recentemente, o Queen Mary 2 teve turbinas a gás instaladas, além de motores diesel. Devido à sua baixa eficiência térmica em baixa potência (de cruzeiro) de saída, é comum aos navios usá-las em motores a diesel para cruzeiros, com turbinas a gás reservado, para quando as velocidades mais altas forem necessárias. (Bl apresentações. Disponível em: <[http://www.blbrasil.com.br/noticias/paper\\_fragatas.html](http://www.blbrasil.com.br/noticias/paper_fragatas.html)>. Acesso em: 28 de jun. 2014)

Contudo, observa-se que a evolução da propulsão naval é crescente no avanço de novas tecnologias na mecânica dos motores, proporcionando um deslocamento rápido, equilibrado ecologicamente, barato, leve e, sobretudo compacto. Neste sentido, encontra em evidencia o sistema de propulsão para navios Gás ou Gás, (COGOG) o qual utiliza motores de turbina a gás, e o sistema de propulsão marinha Diesel ou Gás (CODOG) combina motores diesel com turbinas à gás.

## **2 EFEITOS DA COMBUSTÃO: EMISSÃO DE GASES PROVOCADOS POR NAVIOS**

Com efeito, a indústria naval tem se preocupado com os efeitos da combustão. Grande parte dos resíduos é liberada na atmosfera.

Dentro de uma embarcação, há preocupação para se trabalhar com os melhores sistemas de motores, direção e manufatura de guinchos.

“As emissões em serviço dessas máquinas compreendem diversos óxidos, tais como COx (monóxido de carbono em particular), NOx (dióxido de nitrogênio, em particular), SOx (trióxido de enxofre, em particular) e hidrocarbonetos não-queimados” explica Elson Ferreira Machado, Engenheiro da área de projeto de sistemas ambientais do CPN - Centro de Projetos de Navios da Marinha do Brasil, criado para cuidar da tarefa de projetar uma nova classe de navios e submarinos para utilização militar.

Juntamente com o dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, estes gases são consideravelmente difíceis para obter a redução de sua emissão.

## 2.1 O que é a combustão

O termo Combustão menciona uma reação química em que geralmente um dos reagentes é o oxigênio, frequentemente acompanhada de libertação de luz e calor (fogo). “O termo é também usado para outras reações em que um ou mais dos reagentes é um gás (embora o oxigênio possa não estar envolvido), ocorrendo a temperaturas elevadas e libertando calor suficiente para a reação prosseguir uma vez iniciada”. (QUIMICA, 2012. Disponível em: <<http://www.knoow.net/cienciasexactas/quimica/combustao.htm>>. Acesso em: 27 de jun. 2014)

### 2.1.1 Elementos da Combustão

Considerando o conceito de combustão citado acima, combustível é tudo que queima, e que possivelmente pode ser utilizado para produção de energia.

Os elementos que podem proporcionar esta reação, ou seja, que queimam, são sólidos, líquidos e gasosos, sendo que os sólidos e os líquidos se transformam primeiramente em gás pelo calor e depois inflamam. Notemos:

Sólidos: Madeira, papel, tecido, algodão, etc.

Líquidos: Voláteis – são os que desprendem gases inflamáveis à temperatura ambiente. Ex. álcool, éter, gasolina, etc.

Não Voláteis – são os que desprendem gases inflamáveis à temperaturas maiores do que a do ambiente. Ex.: óleo, graxa, etc.

Gasosos: Butano, propano, etano, etc.

(COMBATE a incêndio. Disponível em: <[https://www.mar.mil.br/cpal/download/amador/combate\\_%20incendio.pdf](https://www.mar.mil.br/cpal/download/amador/combate_%20incendio.pdf)>. Acesso em: 26 de jun. 2014.)

Evidencia-se que o oxigênio é o elemento ativador do fogo, que se combina com os vapores inflamáveis dos combustíveis, dando vida às chamas e possibilitando a expansão do fogo.

Compõe o ar atmosférico na porcentagem de 21%, sendo que o mínimo exigível para sustentar a combustão é de 16%.

### 2.1.2 Características da Combustão

Será considerado para caracterização da combustão o consumo de combustível, ou seja, o material que será utilizado para produção de energia, na presença do gás oxigênio.

As reações de combustão são um tipo de reação de oxirredução, pois o combustível sofre oxidação e o comburente sofre redução, para a formação dos produtos. Porém, normalmente, o que se deseja obter nessas reações não é o produto, mas sim o calor ou a energia térmica que se produz.

Essas reações também precisam de uma fonte de energia externa que as iniciem. Por exemplo, é necessária uma faísca elétrica para que ocorra a combustão do etanol, da gasolina, do óleo diesel ou de qualquer outro combustível nos carros; é preciso atritar o palito de fósforos para que ele passe a queima; e é preciso uma chama para que a vela queime. No entanto, a energia liberada na combustão é suficiente para manter a reação, que continua até que um dos reagentes ou os dois acabem.

Em reação de combustão onde o combustível é constituído unicamente de carbono e hidrogênio; ou carbono, hidrogênio e oxigênio, se ela se der de forma completa, os produtos formados são dióxido de carbono ( $\text{CO}_{2(g)}$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ):

Combustão completa do metano:  $\text{CH}_{4(g)} + 2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

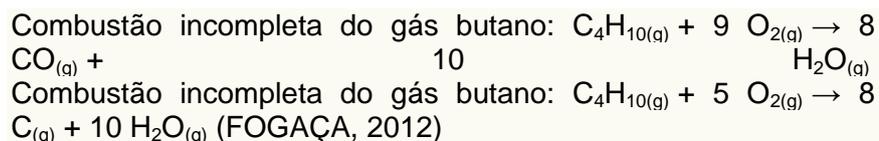
Combustão completa do gás butano:  $\text{C}_4\text{H}_{10(g)} + 13 \text{O}_{2(g)} \rightarrow 8 \text{CO}_{2(g)} + 10 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

Já se a reação for incompleta, produzem-se monóxido de carbono (CO) e água; ou carbono elementar (C) e água.

Exemplos:

Combustão incompleta do metano:  $\text{CH}_{4(g)} + 3/2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

Combustão incompleta do metano:  $\text{CH}_{4(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$



Portanto, a característica da combustão irá variar conforme os elementos utilizados para produção de energia.

### 2.1.3 Agentes Químicos Poluidores

Considerando a poluição da atmosfera (ar), os poluentes mais incidentes, estão relacionados à emissão de gases, tais como: monóxido de carbono (CO), com concentração média igual a 45%; dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), aproximadamente 16%; dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), proporcionalmente a 19%; hidrocarbonetos com 13% de distribuição no ar; e 7% compreendendo as demais partículas.

Segundo pesquisa elaborada sobre o tema, pode-se constatar:

- **Dióxido de Enxofre:** gás tóxico, incolor e denso. Produzido, principalmente, por vulcões, queima de diesel e em alguns processos industriais. Pode provocar a chuva ácida.
- **Dióxido de Azoto:** gás tóxico com cheiro forte e irritante. Produzido, principalmente, em veículos como motores a explosão e também na queima de querosene.
- **Monóxido de Carbono:** produzido na queima de combustíveis fósseis (gasolina, diesel) e também na combustão de madeira, carvão mineral e gás natural. É incolor (sem cor) e inodoro (não possui cheiro).
- **Dióxido de nitrogênio:** formado nos processos de combustão de veículos, usinas térmicas e indústrias. Muito nocivo, participa da formação do ozônio e da chuva ácida.
- **Compostos orgânicos voláteis** (metano, xileno, benzeno, butano e propano)
- **Partículas sólidas finas e inaláveis** (pólen, fuligem, poeira, fumaça e partículas do solo).
- **Poluentes tóxicos** (amianto, dioxinas, tolueno, cromo, cádmio)
- **Ozônio** - muito nocivo à saúde humana. É gerado a partir da reação dos raios solares com outras substâncias presentes no ar poluído (dióxido de nitrogênio, vapor de solventes e combustíveis não queimados totalmente).

(CAUSADORES de poluição. Disponível em:  
<[http://www.suapesquisa.com/poluicaodoar/causadores\\_poluicao.htm](http://www.suapesquisa.com/poluicaodoar/causadores_poluicao.htm)>. Acesso em: 28 de jun. 2014)

No entanto, a incidência de poluição do ar irá variar conforme a disposição dos elementos utilizados para combustão e a atividade desenvolvida.

### **3 POLUIÇÃO DO AR CAUSADA PELA EMISSÃO DE GASES DECORRENTES DA COMBUSTÃO DE MOTORES DE NAVIOS**

A emissão de gases na atmosfera, provocada por embarcações pode impactar o meio-ambiente consideravelmente. Cerca de 60 mil mortes ao ano, conseqüências de doenças como câncer e problemas no coração - é o que afirma estudo realizado sobre o controle dos combustíveis.

Segundo reportagem publicada em uma revista Norte-Americana de Química, a “Environmental Science and Technology”, os três portos mais movimentados do mundo - Xangai, Cingapura e Hong Kong, “irão sofrer grande impacto com as emissões vindas dos navios, já que é um mito a idéia de que essas emissões permanecem nos oceanos e não chega a terra”. (Disponível em: <[http://www.meiofiltrante.com.br/materias\\_ver.asp?action=detalhe&id=380](http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=380)>. Acesso em: 28 de jun. 2014).

Isto porque em alto-mal, não seria possível realizar um controle adequado do nível de poluentes atmosféricos:

“Essas emissões são fugas dos lubrificantes usados na combustão dos motores. O projeto de lubrificação, normalmente prevê pressão positiva nesses itens, de forma a garantir que na eventualidade de uma deficiência nos selos associados, a água do mar não venha a ingressar e contaminar o sistema. O problema é que quando esses selos se danificam, o meio ambiente termina contaminado”, explica Elson Ferreira Machado, Engenheiro da área de projeto de sistemas ambientais do CPN - Centro de Projetos de Navios da Marinha do Brasil, criado para cuidar da tarefa de projetar uma nova classe de navios e submarinos para utilização militar. (Disponível em: <[http://www.meiofiltrante.com.br/materias\\_ver.asp?action=detalhe&id=380](http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=380)>. Acesso em: 28 de jun. 2014).

Além de considerar altamente poluente os gases emitidos pela combustão de motores a vapor e a diesel, estão incluídos neste rol os motores que possuem sistemas de geração de eletricidade (motores de combustão auxiliares e turbo geradores a gás). Os navios emitem um volume de poluentes particulados equivalente à metade da poluição emitida pela frota de veículos de todo o mundo

Contudo, quanto à emissão destes gases poluidores, há os que contribuem para as mudanças climáticas, que são óxidos de nitrogênio (NOx), os óxidos de enxofre (SOx), o monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos não voláteis (NMVOC) além de material particulado (PM) presentes nos gases resultantes da queima do combustível usado nos motores marítimos da categoria 3, usados na propulsão de navios oceânicos, que variam de 3.000 a 100.000 HP.

Pesquisas apontam para a incidência causada pelos navios em cerca de 1.100 toneladas de poluição particulada globalmente. “Como mais de 70% do tráfego marítimo ocorre dentro da linha costeira de 250 milhas, esta é uma fonte significativa de preocupação em relação à saúde das populações costeiras”, afirmou Daniel Lack, que participou da pesquisa. (Disponível em: <<http://qualidadeonline.wordpress.com/2010/07/21/a-poluicao-causada-pelos-navios>>. Acesso em: 28 de jun. 2014).

Ainda sobre esta pesquisa, destaca-se a informação:

Os navios comerciais emitem poluição tanto na forma de particulados quanto na forma do mais conhecido dióxido de carbono. Contudo, segundo os pesquisadores, esses dois tipos de poluição têm impactos opostos sobre o clima. As partículas têm um efeito global de resfriamento que é quase cinco vezes maior do que o efeito global de aquecimento causado pela emissão de CO<sub>2</sub> dos próprios navios. Contudo, mesmo o uso do chamado combustível limpo, com menor teor de enxofre, tem resultados contraditórios. Em um achado surpreendente, os cientistas descobriram que, apesar de resultar em menor emissão de particulados, o uso do combustível com menor teor de enxofre resulta em partículas que ficam mais tempo em suspensão no ar. É por isso que as novas normas da “International Maritime Organization” (IMO) sobre gases emitidos por embarcações entraram em vigor a partir de 1° de julho. Assim, todos os navios que navegarem em área sob controle de emissões devem usar combustível com teor máximo de 1% de enxofre.

Por fim, acrescenta-se a este estudo a informação de que, segundo a referida pesquisa, pudera revelar que as partículas que não são filtradas acabam permanecendo no ar por mais tempo que as demais, causando ainda mais danos ao meio ambiente e à saúde humana, pois, os gases emitidos pelas

embarcações, como por exemplo, o dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, que é o principal gás na queima de combustível e principal vilão para o meio ambiente, colabora radicalmente para a mudança climática do planeta, também afetando os seres vivos, conseqüentemente.

### **3.1 Principais Avanços Tecnológicos na Indústria Naval Quanto à Emissão de Gases Provenientes da Combustão dos Motores**

Preocupa-se a indústria naval em avançar tecnologicamente frente ao desenvolvimento sustentável, ou seja, visando um equilíbrio com o meio ambiente. Para isso, cada vez mais conjuga as medidas de regulamentação com as operacionais e tecnológicas.

Muito embora, estudiosos sobre o assunto revelarem que a Lei Regulamentadora das atividades marítimas é demasiada permissiva, o avanço tecnológico das indústrias navais não deixa de existir.

Um estudo das Nações Unidas (O Transporte Marítimo e o Desafio às Mudanças Climáticas-2008), mostra que o transporte marítimo é o menos poluente, em termos de tonelada transportada por quilômetro, com volume de emissões 3 a 4 vezes inferior ao transporte ferroviário, 5 a 150 vezes inferior ao rodoviário e 54 a 150 vezes inferior ao aéreo.  
(Disponível em: <[http://www.mercosul-line.com.br/responsabilidade\\_TransporteeMeioAmbiente.php?n=2](http://www.mercosul-line.com.br/responsabilidade_TransporteeMeioAmbiente.php?n=2)>. Acesso em: 26 de jun. 2014)

Os principais avanços tecnológicos, frente à diminuição da emissão de gases produzidos pela combustão dos motores formam um conjunto de fatores que podem melhorar o desempenho e durabilidade destes navios, por exemplo, a pintura dos tanques de lastro com tinta epoxy para uma vida útil de 15 anos; o duplo costado também para proteção dos tanques de óleo combustível; projeto da estrutura do navio para uma resistência a fadiga por 25 anos; rede de automação e controle redundante e de última geração e motores de combustão para propulsão do navio, com controle eletrônico e baixa emissão de gases NOx e SOx, entre outros.

A indústria naval, em questões de avanços tecnológicos, tem buscado três opções consideráveis que causam a diminuição de gases poluentes. A primeira é relacionada com o emprego de medidas tecnológicas que alteram o

projeto do navio e de seu sistema propulsor. A segunda implica a adoção de medidas operacionais, e a terceira se refere à revisão dos conceitos do dimensionamento da frota.

Na primeira linha, objetiva-se reduzir a potência requerida; ela consiste em aperfeiçoar as formas dos navios, de modo a reduzir a resistência ao avanço, e aumentar a eficiência do hélice para obter uma redução da potencia requerida e, conseqüentemente, uma redução no consumo de combustível.

Já na segunda linha, procura-se modificações dos motores diesel, aperfeiçoando as atuais configurações de instalação propulsora, aumentando a eficiência térmica de motores, e a adequação do seu processo de combustão, incluindo a recuperação da energia com efeitos diretos sobre o consumo de combustível e a emissão de poluentes.

Quanto à terceira linha, busca-se a evolução cada vez mais em no emprego de combustíveis alternativos e o uso de outras fontes de energia, como solar, eólica e células de combustível.

Neste sentido, é que indústria naval tem ampliado seus esforços, com objetivos sustentáveis, evoluir tecnologicamente, diminuindo os gastos com combustíveis e matéria prima que constituem a embarcação. Considerando que há uma ampla variedade de medidas tecnológicas aplicáveis para reduzir as emissões de gases gerados por navios, a grande maioria delas direcionadas à redução de NOX, entre as quais se destaca o Motor de Ar Úmido (HAM), com um potencial de redução de 80 a 90% deste gás.

### 3.2 Inovações Tecnológicas no Controle de Emissão de Gases

Como vimos anteriormente, vários fatores podem influenciar na emissão de gases por combustão de motores de navios, no entanto, o maior destaque quanto à inovação tecnológica tem sido a questão da eficiência energética das embarcações, que atualmente, pode ser considerada o pilar das empresas que buscam tecnologia aliada à redução de custos, e conseqüentemente, menos danos ao meio ambiente.

Vejamos o trecho da matéria publicada no site Portal Naval, com tema “Setor naval foca eficiência energética de embarcações”, em 13 de setembro de 2012:

Embora seja a forma de transporte que traz a melhor eficiência no uso de carbono, suas emissões não podem ser desprezadas, pois correspondem ao total emitido por um país desenvolvido como a Alemanha. Portanto, a Organização Marítima Internacional (IMO, na sigla em inglês) vem reforçando seus regulamentos sobre emissões dos gases de efeito estufa produzidos pelas embarcações. No encontro foram abordadas várias tendências, como o uso de ferramentas como Índice de Eficiência Energética (EEDI), o Índice de Eficiência Energética Operacional (EEOI) e o Plano de Gestão de Eficiência Energética (SEEMP). O BV aproveitou a ocasião para demonstrar também o SEECAT, que é um instrumento desenvolvido pelo grupo para melhorar a otimização da eficiência energética das embarcações. (Disponível em: <<http://www.portalnaval.com.br/noticia/35058/setor-naval-foca-eficiencia-energetica-de-embarcacoes>>. Acesso em: 29 de jun. 2014).

Destarte, veremos a seguir maiores especificações quanto à eficiência energética e suas implicações.

### 3.3 Eficiência Energética para Navios

Inicialmente, cumpre destacar o significado de eficiência energética que, segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética, compreende qualquer atividade em uma sociedade moderna realizada com uso intensivo de uma ou mais formas de energia:

Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

A energia é usada em aparelhos simples (lâmpadas e motores elétricos) ou em sistemas mais complexos que encerram diversos outros equipamentos (geladeira, automóvel ou uma fábrica).

Estes equipamentos e sistemas transformam formas de energia. Uma parte dela sempre é perdida para o meio ambiente durante esse processo. Por exemplo: uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor. Como o objetivo da lâmpada é iluminar, uma medida da sua eficiência é obtida dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada pela lâmpada.

(Disponível em: [http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia) . Acesso em: 29 de jun. 2014)

Neste sentido, é possível avaliar a eficiência de um navio dividindo a quantidade de energia que o mesmo proporciona com seu deslocamento pelo que estava contida no combustível utilizado originalmente.

A partir desta verificação, no âmbito dos estudos desenvolvidos pelo Grupo de Trabalho sobre Emissões de Gases, com Efeito, de Estufa por Navios, da Organização Marítima Internacional (IMO-MEPC), têm vindo a ser desenvolvidos requisitos que apontam para que todos os navios novos com mais de 400 GT possuam um Índice de Eficiência Energética (EEDI) com redução de 30% no consumo de energia até 2025, isto significa que deverá haver menor índice de poluição.

### **3.4 Considerações sobre fatores tecnológicos que influenciam na taxa de emissão de gases**

De acordo com estudos recentes realizados pela IMO, foi possível verificar que a tecnologia, combinada a processos operacionais, como vimos anteriormente, podem ajudar o transporte marítimo na redução de consumo de combustível, e na conseqüente redução de cerca de 20% do CO<sub>2</sub> emitido por tonelada de carga transportada por quilômetro (ton/km).

O desenvolvimento de melhores cascos, motores e hélices, aliado ao melhor gerenciamento da velocidade do navio em seu percurso bem como otimização das rotas através da logística são alguns dos exemplos, de evidencias que poderão influenciar na eficiência energética dos navios, e conseqüentemente a diminuição da poluição do ar pela emissão de gases.

#### **3.4.1 Tipo de Propulsão**

Evidenciamos que a propulsão é qualquer meio de produção de energia, que pode ser gerada desde esforços humanos a mecânicos, sendo verificado que os motores de combustão interna possuem maior eficiência em vários sentidos. Contudo, o índice de poluição provocado pela emissão de gases provocado pela combustão de motores, causa menor impacto ao meio ambiente quando a eficiência energética dos navios é considerada.

A propulsão será caracterizada por fatores do tipo velocidade, economicidade e eficiência, de acordo com a necessidade de cada embarcação.

Tendo em vista o objeto deste estudo, a questão da emissão de gases quanto à combustão de motores de navios, o ideal de propulsão será aquela que menos contrariar o meio ambiente. Logo, podemos considerar turbinas a gás usadas em combinação com outros tipos de motor, ou turbinas a vapor para melhorar a eficiência das turbinas a gás em ciclo combinado, que em áreas consideradas de preservação ambiental ou nos portos, iriam causar menos impactos ambientais.

Contudo, ainda é possível considerar o tipo de combustível utilizado para gerar a combustão, bem como a instalação de mantas filtrantes, seguidas dos filtros de óleo do motor e combustível.

### 3.4.2 Eficiência do Casco

O navio é um sistema complexo, sendo o casco o principal elemento que o compõe, estando relacionado à potência desenvolvida pelo sistema propulsor do navio.

Considerando a Engenharia Mecânica:

O casco é composto por uma estrutura metálica, com barras, vigas, colunas e chapas, e placas, conectadas por pinos, rebites, parafusos, soldas, chavetas, cavilhas, como um corpo que deve se manter flutuante, e que se desloca em manobras sobre a superfície ondulada das águas em condições de estabilidade, com a viga submetida a esforços primários de flexão, corte e torção, além da pressão sobre o costado, conveses e anteparas; tendo um sistema propulsor que utiliza diversos equipamentos, como eixos acionadores de hélices, conectados por engrenagens e sustentados por mancais sob lubrificação.  
(MECANICA NAVAL, UFF/RJ. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/LukasSeize/livro-mecanica-estatica-naval>>. Acesso em: 29 de jun. 2014).

Um casco com boa eficiência propulsiva é aquele que possui uma forma que propicia a redução das parcelas de resistência ao avanço, descritas a seguir:

- a) Resistência Friccional: Originada pela força de atrito entre o casco e a água;
- b) Resistência de Formação de Ondas: Originada pela energia gasta pela formação das ondas nos vários pontos de alta e baixa pressão do casco; e
- c) Resistência Viscosa: Originada em parte pelos vórtices (turbulência) devido ao descolamento da camada limite e em parte pela diferença de pressões ao longo do

casco devido à forma descontínua do casco e a viscosidade da água.

Então para diminuição da parcela de resistência friccional é necessário que o casco esteja sempre limpo e com tinta que propicie um baixo coeficiente de atrito com a água. Para a diminuição da parcela de formação de onda é necessário que a velocidade de serviço seja projetada de forma que as ondas formadas pelo casco resultem em interferências negativas, determinados comprimentos do casco e formas auxiliam nesta diminuição, ficando a cargo do projetista a responsabilidade para diminuir esta parcela. E a diminuição da parcela de resistência viscosa fica por conta principalmente da limpeza do casco e de uma forma bem carenada possibilitando uma diminuição na formação de vórtices.

### 3.4.3 Eficiência dos Propulsores

Em âmbito naval, propulsores são equipamentos constituídos por pás de perfil aerofólio, feitos por material metálico, utilizados para gerar deslocamento. Este deslocamento é cometido pelo propulsor mediante a força produzida pela energia gerada pelo efeito da combustão dos motores.

Com efeito, a eficiência dos propulsores está associada a um motor de forma otimizada, formando assim um universo de diversos conjuntos propulsor-motor, bem como, ao posicionamento no casco:

No caso real o propulsor operando na popa do casco do navio apresenta comportamento diferente quando operando em escoamento uniforme (águas abertas) que representa o caso ideal onde são traçados os diagramas de desempenho. O propulsor em operação instalado próximo à popa do casco afeta o escoamento sobre o casco, que por sua vez afetará o escoamento incidente sobre o propulsor. Sendo assim há uma interação mútua entre propulsor e casco onde o casco altera a distribuição de velocidades na região de operação do propulsor: Eficiência rotativa relativa: Alteração nas características do rendimento do propulsor por estar operando instalado na popa (escoamento não uniforme).

(Disponível em:

[http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod\\_academic/relatorios/2011/Felipe%20Trovatto%20e%20Paulo%20Victor/relat1/principal.htm](http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2011/Felipe%20Trovatto%20e%20Paulo%20Victor/relat1/principal.htm)

. Acesso em: 29 de jun. 2014)

A eficiência do propulsor é inversamente proporcional ao número de pás que o compõem. Podem ter 2, 3, 4, 5, ou 6 pás. Por razões estruturais do próprio impelidor e do navio, propulsores que estarão sujeitos a elevadas cargas de empuxo não é recomendável a utilização de apenas 2 ou 3 pás, mas sim 4, 5 ou 6 pás. Propulsores de 2 pás são utilizados em embarcações de pequeno porte. Navios de grande porte trabalham com propulsores de 4 pás. Para embarcações que requerem grandes valores de potência propulsiva e necessitam desenvolver elevado empuxo, propulsores de 5 e 6 pás são mais indicados.

Assim, estes breves comentários servem como orientação para os leitores desta monografia que existem propulsores mais e menos eficientes e que a correta utilização de um propulsor permite uma grande economia de combustível com diminuição de poluentes.

#### **3.4.4 Diminuição do Peso Leve das Embarcações com a Utilização de Materiais Compósitos**

Materiais compósitos são aqueles constituídos por dois elementos ou duas fases, de composição química e física distintas, que podem ser classificados em dois tipos, matriz e reforço:

Matriz - O material matriz é o que confere estrutura ao material compósito, preenchendo os espaços vazios que ficam entre os materiais reforços e mantendo-os em suas posições relativas e transmitindo tensão. Exemplos: Epóxi, polietileno, polipropileno, parafina, nylon. Basicamente qualquer resina que faça união de dois materiais.

Reforço ou Aditivo - Os materiais reforços são os que realçam propriedades mecânicas, eletromagnéticas ou químicas do material compósito como um todo. Normalmente aparecem na forma de fibras. Exemplos: Fibras de vidro, carbono, aramida, alumina, boro e outros.

(SORATHIA, 2011. Disponível em:

<<http://www.slideshare.net/GustavoPessoa/compsitos-em-embarcaes>>. Acesso em: 29 de jun. 2014)

O objetivo da utilização destes materiais é diminuir o peso das embarcações, que nos últimos onze anos, apresentou um elevado índice de utilização, pois, facilitam manutenção, aumento de blindagem e principalmente criam uma alternativa ao uso de metais em componentes de todas as finalidades com menor custo por ciclo de vida, vida útil maior.

É possível considerar, no entanto, que em relação a questões ambientais, a utilização destes materiais, visando à diminuição de peso das embarcações implicará consideravelmente na diminuição da emissão de gases gerados pela combustão de motores, pois, o gasto de combustível será menor, não obstante ao tempo de deslocamento.

#### **4 CONTROLE DA EMISSÃO DE GASES PRODUZIDOS PELA COMBUSTÃO DOS MOTORES DOS NAVIOS**

Sobre o controle da emissão de gases, iremos tratar as considerações apresentadas pela Convenção Internacional de Prevenção da Poluição Causada por Navios (MARPOL), evidenciando as Regras para a Prevenção da Poluição do Ar Causada por Navios, através do Anexo VI, 78/79.

Neste sentido, citamos o Ministro dos Transportes do Reino Unido, Dr. Stephan Ladyman:

É melhor planejar agora uma estratégia avançada, prática, com que se possa trabalhar, do que esperar pela inevitável imposição súbita no futuro de legislação ambiental mais exigente. O mundo está mudando e é responsabilidade da indústria marítima mudar com ele ou, então, a navegação começará a ser ultrapassada por outros modais de transporte que se prepararem melhor para os desafios do futuro. (SHIP Management International”, nº. 6, Março-Abril 2007. Disponível em: <[http://www.syndarma.org.br/upload/A%20POLUI\\_\\_O%20DO%20AR%20POR%20NAVIOS.pdf](http://www.syndarma.org.br/upload/A%20POLUI__O%20DO%20AR%20POR%20NAVIOS.pdf)>. Acesso em: 28 de jun. 2014).

Como vimos nos capítulos anteriores, existe uma incidência de poluição gerada pela combustão dos motores dos navios, e evoluções tecnológicas que visam melhorar a estrutura mecânica das embarcações em vários aspectos, inclusive de forma sustentável, ou seja, buscam com estes avanços manter um ambiente ecologicamente equilibrado.

Não bastaria por si só o avanço tecnológico, visando um menor custo - benefício, é necessário seguir as regras estipuladas para este avanço, de forma menos impactante, pois, estes crescimentos desordenados, ou apenas voltados para os benefícios industriais, poderiam degradar muito mais o meio ambiente.

Estas regras, possuem objetivos de diminuir as emissões de NOx, de SOx e de matéria sob a forma de partículas por navios oceânicos que contribui para concentrações de poluição do ar no meio ambiente em cidades e em áreas costeiras em todo o mundo. Provocando efeitos adversos à saúde pública e ao

meio ambiente, a mortalidade prematura, doenças cardiopulmonares, câncer de pulmão, doenças respiratórias crônicas, acidificação e eutroficação das águas.

O controle da emissão de poluentes pode ser aplicado em áreas específicas, ou seja, em locais de preservação ambiental, portos, e em outras áreas que forem consideradas previamente especiais pela IMO, citamos o exemplo, área do Mar Báltico; área do Mar do Norte; e área da América do Norte (que entrou em vigor em 01/08/2011, tornando-se efetiva nesta mesma data) .

#### **4.1 Vistoria e Certificação**

Objetivamente, a MARPOL considerou a implementação de requisitos que devem ser cumpridos pelas indústrias navais, e através de vitórias, promovem a certificação de cumprimento das exigências correlatas. Ressaltando que estas exigências possuem caráter preventivo, por este motivo, deve haver a preocupação de a embarcação continuar em consonância com as regras estabelecidas, pois, a certificação terá data de validade.

As exigências feitas no momento da vistoria abrangem, limitação das emissões de óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>) e de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) , proibição de emissões deliberadas de substâncias que reduzem a camada de ozônio, contribuindo para o aumento do efeito estufa, os navios de Arqueação Bruta igual ou superior a 400, empregados em viagens para portos ou terminais ao largo sob a jurisdição de outras partes, e as plataformas fixas ou flutuantes empregadas em viagens para águas sob a soberania ou jurisdição de outras Partes do Protocolo de 1997, limite de 4,5% m/m de teor de enxofre do óleo combustível e emissões de NO<sub>x</sub>, sendo proibido o funcionamento de motores diesel quando a emissão de óxidos de nitrogênio exceder as limitações impostas, mecanismos para reduzir ainda mais as emissões provenientes de navios.

Vejamos as orientações dispostas no Anexo VI, Capítulo II, concernentes à vistoria, certificação e meios de controle:

## Regra 5 *Vistorias*

1 Todo navio com uma arqueação bruta de 400 ou mais e toda plataforma de perfuração, fixa e flutuante, e outras plataformas deverão ser submetidas às vistorias abaixo especificadas:

.1 Uma vistoria inicial antes do navio ser posto em serviço, ou antes que seja emitido pela primeira vez o certificado exigido de acordo com a Regra 6 deste Anexo. Essa vistoria deverá ser tal que verifique se os equipamentos, sistemas, acessórios, dispositivos e material atendem plenamente às exigências aplicáveis deste Anexo;

.2 Uma vistoria de renovação a intervalos especificados pela Administração, mas não superiores a cinco anos, exceto quando for aplicável a Regra 9.2, 9.5, 9.6 ou 9.7 deste Anexo. A vistoria de renovação deverá ser tal que verifique se os equipamentos, sistemas, acessórios, dispositivos e materiais atendem plenamente às exigências aplicáveis deste Anexo;

.3 Uma vistoria intermediária até três meses antes ou depois da data do segundo aniversário, ou até três meses antes ou depois da data do terceiro aniversário do certificado, que deverá ser realizada em lugar das vistorias anuais especificadas no parágrafo 1.4 desta regra. A vistoria intermediária deverá ser tal que verifique se os equipamentos, sistemas, acessórios, dispositivos e materiais atendem plenamente às exigências aplicáveis deste Anexo e se estão em boas condições de funcionamento. Essas vistorias intermediárias deverão ser endossadas no certificado emitido de acordo com a Regra 6 ou 7 deste Anexo.

.4 Uma vistoria anual até três meses antes ou depois de cada data de aniversário do certificado, abrangendo uma inspeção geral dos equipamentos, sistemas, acessórios, dispositivos e material mencionados no parágrafo 1.1 desta regra, para verificar se foram mantidos de acordo com o parágrafo 4 desta regra e se continuam satisfatórios para o serviço para o qual o navio se destina. Essas vistorias anuais deverão ser endossadas no certificado emitido de acordo com a Regra 6 ou 7 deste Anexo; e

.5 Deverá ser feita uma vistoria adicional, seja ela geral ou parcial de acordo com as circunstâncias, sempre que forem realizados reparos importantes ou remodelações, como estabelecido no parágrafo 4 desta regra, ou após um reparo decorrente das investigações determinadas no parágrafo 5 desta regra. A vistoria deverá ser tal que verifique se os reparos necessários ou as remodelações necessárias foram feitos de maneira eficaz, se o material e a mão de obra utilizada nesses reparos ou remodelações foram satisfatórios em todos os aspectos e se o navio atende em todos os aspectos às exigências deste Anexo.

2 No caso de navios com arqueação bruta inferior a 400, a Administração pode estabelecer medidas adequadas para assegurar que sejam cumpridas as disposições aplicáveis deste Anexo.

3 As vistorias de navios, no que diz respeito à exigência do cumprimento das disposições deste Anexo, deverão ser

realizadas por funcionários da Administração. A Administração pode, entretanto, confiar a vistoria a vistoriadores nomeados para este fim, ou a organizações reconhecidas por ela. Essas organizações deverão cumprir as diretrizes adotadas pela Organização;

.4 A vistoria de motores diesel marítimos e de equipamentos para atender ao disposto na Regra 13 deste Anexo deverá ser realizada de acordo com o Código Técnico de NOx de 2008 revisado;

.3 Quando um vistoriador nomeado, ou uma organização reconhecida, verificar que as condições dos equipamentos não correspondem de maneira substancial aos detalhes constantes do certificado, deverá assegurar que seja tomada a medida corretiva e, no devido tempo, informar à Administração. Se tal medida corretiva não for tomada, o certificado deverá ser retirado pela Administração. Se o navio estiver num porto de uma outra Parte, as autoridades apropriadas do Estado do porto também deverão ser imediatamente informadas. Quando um funcionário da Administração, um vistoriador nomeado ou uma organização reconhecida tiver informado às autoridades apropriadas do Estado do porto, o Governo do Estado do porto envolvido deverá dar àquele funcionário, àquele vistoriador ou àquela organização qualquer ajuda necessária para desempenhar as suas funções com base nesta regra; e

4 Os equipamentos deverão ser mantidos de modo a atender ao disposto neste Anexo e não deverão ser feitas alterações nos equipamentos, sistemas, acessórios, dispositivos ou materiais abrangidos pela vistoria, sem a aprovação expressa da Administração. É permitida a substituição direta desses equipamentos e acessórios por equipamentos e acessórios que atendam ao disposto neste Anexo.

5 Sempre que ocorrer um acidente no navio, ou for descoberto um defeito que afete de maneira substancial a eficiência ou a inteireza de equipamentos seus abrangidos por este Anexo, o comandante ou o armador do navio deverá informar na primeira oportunidade à Administração, a um vistoriador nomeado ou à organização reconhecida responsável por emitir o certificado pertinente.

#### Regra 6

##### *Emissão ou endosso de um Certificado*

1 Deverá ser emitido um Certificado Internacional de Prevenção da Poluição do Ar após uma vistoria inicial ou de renovação realizada de acordo com a Regra 5 deste Anexo, a:

.1 qualquer navio com uma arqueação bruta de 400 ou mais, empregado em viagens a portos ou a terminais ao largo (“offshore”) sob a jurisdição de outras Partes; e

.2 plataformas e plataformas de perfuração empregadas em viagens para águas sob a soberania ou a jurisdição de outras Partes.

2 Deverá ser emitido um Certificado Internacional de Prevenção da Poluição do Ar, de acordo com o parágrafo 1 desta regra, para um navio construído antes da data de entrada em vigor do Anexo VI para a Administração daquele navio, no máximo até a primeira docagem programada realizada depois daquela data de entrada

em vigor, mas em nenhum caso mais de três anos após aquela data.

3 Esse certificado deverá ser emitido ou endossado pela Administração ou por qualquer pessoa ou organização devidamente autorizada por ela. Em todos os casos, a Administração assume total responsabilidade pelo certificado. (Anexo VI da MARPOL 73/78)

Não obstante, considerar o prazo para emissão de novas certificações:

### Regra 9

#### *Duração e Validade do Certificado*

1 Um Certificado Internacional de Prevenção da Poluição do Ar deverá ser emitido por um período especificado pela Administração, que não deverá ser superior a cinco anos.

2 Apesar das exigências do parágrafo 1 desta regra:

.1 quando a vistoria de renovação for concluída até três meses antes da data em que expira a validade do certificado existente, o novo certificado será válido a partir da data do término da vistoria de renovação, até uma data não posterior a cinco anos depois da data em que expirou a validade do certificado existente;

.2 quando a vistoria de renovação for concluída após a data em que expira a validade do certificado existente, o novo certificado será válido a partir da data do término da vistoria de renovação, até uma data não posterior a cinco anos depois da data em que expirou a validade do certificado existente; e

.3 quando a vistoria de renovação for concluída mais de três meses antes da data em que expira a validade do certificado existente, o novo certificado será válido a partir da data do término da vistoria de renovação, até uma data não posterior a cinco anos depois da data de término da vistoria de renovação.

3 Se um certificado for emitido para um período inferior a cinco anos, a Administração pode prorrogar a sua validade além da data em que ele expira, até o período máximo especificado no Parágrafo 1 desta regra, desde que as vistorias mencionadas nas Regras 5.1.3 e 5.1.4 deste

Anexo, aplicáveis quando um certificado for emitido para um período de cinco anos, tenham sido realizadas como for adequado. (Anexo VI da MARPOL 73/78)

## 4.2 Exigências do controle de emissão de gases

Considerando o tema proposto nesta monografia, ressaltamos as exigências do controle de emissão de gases, baseados nas regras estabelecidas pela MARPOL no Anexo VI, que após emenda indicadas pelo Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marinho (MEPC) da IMO, vislumbrou entendimento quanto a redução mais incisiva em relação as emissões de gases provenientes de navios.

Foi adotada uma redução progressiva de SO<sub>x</sub>, inicialmente de 4,50% para 3,50% a partir de 01 janeiro 2012 e, depois, progressivamente para 0,50 % a partir de 01 de janeiro de 2020, sujeito a uma análise de viabilidade a ser concluída o mais tardar em 2018. Os limites aplicáveis nas SECAs serão reduzidos de 1,50% para 1,00% em 01 de julho de 2010, sendo ainda reduzido para 0,10% a partir de 01 de janeiro de 2015. Reduções progressivas de NO<sub>x</sub> nas emissões de motores marítimos também foram acordadas, com controles mais rigorosos sobre o chamado "Tier III", ou seja, "aqueles motores instalados em navios construídos após 01 de Janeiro de 2016, que operam nas SECAs. O Anexo VI revisto entrou em vigor em 01 de Julho de 2010." (Disponível em: <[http://www.syndarma.org.br/upload/Polui\\_\\_o%20navios\\_original\(2\).pdf](http://www.syndarma.org.br/upload/Polui__o%20navios_original(2).pdf)>. Acesso em: 28 de jun. 2014).

O MEPC vem procurando desenvolver um Sistema de Índices de Projeto de Eficiência Energética (EEDI), para novos navios, no qual deverão ser priorizados melhoramentos na hidrodinâmica dos cascos, no desempenho dos motores e hélices, bem como a utilização de combustíveis menos poluentes e com um melhor rendimento.

Vejamos as orientações dispostas no Anexo VI, Capítulo III, concernentes às exigências para o controle de emissões provenientes de navios:

Regra 12  
*Substâncias Redutoras de Ozônio*

1 Esta regra não se aplica a equipamentos vedados de maneira permanente, quando não houver conexões para carregamento do agente refrigerante ou componentes que possam ser retirados e que contenham substâncias redutoras de ozônio.

2 Sujeito ao disposto na Regra 3.1, deverão ser proibidas quaisquer emissões deliberadas de substância redutoras de ozônio. As emissões deliberadas compreendem as emissões que ocorrem durante a manutenção, reparos ou retirada de sistemas ou de equipamentos, exceto que as emissões deliberadas não incluem as liberações mínimas relacionadas com a recuperação ou a reciclagem de uma substância redutora de ozônio. As emissões provenientes de vazamentos de uma substância redutora de ozônio, sejam ou não deliberados os vazamentos, podem ser reguladas pelas Partes.

3.1 Deverão ser proibidas instalações que contenham substâncias redutoras de ozônio, exceto hidroclorofluorcarbonetos:

- .1 em navios construídos em 19 de Maio de 2005 ou depois; ou
- .2 no caso de navios construídos antes de 19 de Maio de 2005, que tenham uma data de entrega contratual dos equipamentos ao navio em 19 de Maio de 2005 ou depois ou, na ausência de uma data de entrega contratual, que a entrega dos equipamentos ao navio ocorra realmente em 19 de Maio de 2005 ou depois.

3.2 Deverão ser proibidas instalações que contenham hidrofluorcarbonetos:

- .1 em navios construídos em 1º de Janeiro de 2020 ou depois; ou
- .2 no caso de navios construídos antes de 1º de Janeiro de 2020, que tenham uma data de entrega contratual dos equipamentos ao navio em 1º de Janeiro de 2020 ou depois ou, na ausência de uma data de entrega contratual, que a entrega dos equipamentos ao navio ocorra realmente em 1º de Janeiro de 2020 ou depois.

4 As substâncias mencionadas nesta regra, e os equipamentos que contenham essas substâncias, deverão ser entregues a instalações de recebimento adequadas quando forem retirados de navios.

5 Todo navio sujeito à Regra 6.1 deverá manter uma lista de equipamentos que contenham substâncias redutoras de ozônio.

6 Todo navio sujeito à Regra

6.1, que possua sistemas recarregáveis que contenham substâncias redutoras de ozônio, deverá manter um Livro Registro de Substâncias Redutoras de Ozônio. Esse Livro de Registro pode ser parte de um livro de registro ou de um sistema eletrônico de registro existente que tenha sido aprovado pela Administração.

7 Os lançamentos no Livro Registro de Substâncias Redutoras de Ozônio deverão ser feitos em termos de massa (kg) da substância e deverão ser feitos sem demora em cada ocasião, com relação ao seguinte:

- .1 recarga, total ou parcial de equipamentos que contenham substâncias redutoras de ozônio;

- .2 reparo ou manutenção de equipamentos que contenham substâncias redutoras de ozônio;
- .3 descarga para a atmosfera de substâncias redutoras de ozônio:
  - .3.1 deliberada; e
  - .3.2 não deliberada;
- .4 descarga de substâncias redutoras de ozônio para instalações de recebimento em terra; e
- 5 fornecimento de substâncias redutoras de ozônio ao navio.

### **4.3 Importância da Certificação Internacional de Prevenção da Poluição do Ar Provocada pela Combustão de Motores de Navios**

Como vimos anteriormente, a emissão do certificado significa que a embarcação está apta naquele momento para trafegar, e que cumpriu as exigências estabelecidas nas Regras da MARPOL, contidas no Anexo VI, 78/79.

A importância desta certificação está voltada para as implicações da IMO, em relação a proteção do meio ambiente, ou seja, o desenvolvimento sustentável, não obstante a legislação brasileira, no que tange as normas legais impostas pela Constituição Federal, o Direito Ambiental e as Legislações pertinentes, bem como a ONU e UNESCO, entre outros órgãos Internacionais. Destarte, a segurança marítima que engloba algumas vertentes relevantes relacionadas ao meio ambiente, e que desta forma influencia as relações econômicas internacionais e a competitividade da indústria naval.

Uma embarcação que possua as qualificações impostas pela MARPOL, portanto, está segura de suas obrigações ambientais. Por este motivo, a indústria naval está comprometida com determinações exigidas, e busca a cada dia ampliar sua tecnologia no sentido de elucidar as problemáticas que envolvem o desenvolvimento sustentável.

Destaca-se o trecho do artigo 5º do Certificado e regras especiais para inspeção e de navios da Convenção MARPOL (Documento 5729 versão 2) de 1973, sobre a problematização de uma embarcação não possuir certificação:

2-Um navio obrigado a possuir um certificado, de acordo com as disposições das regras, está sujeito, enquanto se encontrar nos portos ou terminais no mar sob a jurisdição de uma Parte, a inspeções por funcionários devidamente autorizados por essa Parte. Tal inspeção limitar-se-á à verificação de que existe a bordo um certificado válido, salvo quando existam motivos sérios para acreditar que o estado do navio ou dos seus equipamentos não corresponde substancialmente ao especificado nesse certificado. Neste caso, ou se o navio não possuir um certificado válido, a Parte que efetuar a inspeção tomará medidas convenientes de modo a garantir que o navio só possa largar para o mar quando não represente uma ameaça inaceitável para o meio marinho. Tal Parte pode, contudo, conceder autorização ao navio para sair do porto ou terminal no mar com o objetivo de

se dirigir ao mais próximo e apropriado estaleiro de reparações que esteja disponível.

3-Se uma Parte recusar a um navio estrangeiro a entrada nos portos ou terminais no mar sob a sua jurisdição ou tomar qualquer ação contra tal navio por este não cumprir as disposições da presente Convenção, a Parte informará imediatamente o cônsul ou representante diplomático da Parte cuja bandeira o navio arvora ou, se isto não for possível, a respectiva administração. Antes de recusar a entrada ou de tomar qualquer ação, a Parte pode consultar a administração do navio em questão. A administração será igualmente informada quando um navio não possuir um certificado válido, em conformidade com as disposições das regras.

4-No que se refere aos navios pertencentes a não Partes na Convenção, as Partes aplicarão os requisitos da presente Convenção de modo a garantir que não é dado tratamento mais favorável a tais navios.

(Disponível em:  
<<http://siddamb.apambiente.pt/publico/diff/diffrest.aspx?documento=5729&versao=2&versaoAnt=1>>. Acesso em: 29 de jun. 2014)

Portanto, deve ser considerado o cumprimento das regras estabelecidas pela MARPOL, para obtenção de certificação, sob o risco de a embarcação ser impedida de trafegar.

## 5 CONCLUSÃO

Evolução da indústria naval brasileira quanto a redução da emissão de gases provenientes da combustão dos motores, têm desenvolvido soluções na busca dos padrões internacionais, indicados pela IMO, através das regras estipuladas para a Prevenção da Poluição do Ar Causada por Navios, constantes no Anexo VI, 78/79 da MARPOL.

Verificou-se a evolução da indústria naval no Brasil, que surgiu ainda no tempo da colonização dos portugueses, e teve grande expansão a partir do século XX, devido aos incentivos do governo. Governo que além de incentivar a evolução do transporte marítimo e indústria naval vem também cobrar medidas para proteção do meio-ambiente.

Analisamos os efeitos da combustão, e pudemos concluir que a indústria naval tem se preocupado em diminuir a emissão de gases como monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, dióxido de azoto, compostos orgânicos voláteis, etc., que são gerados a partir dessa atividade.

Outrossim, verificamos os principais avanços tecnológicos da indústria naval para redução da emissão de gases poluidores, as inovações, a eficiência energética, os fatores tecnológicos que influenciam na taxa de emissão de gases, os tipos de propulsores e seu melhor desenvolvimento, a eficiência do casco do navio, a questão da diminuição do peso leve das embarcações com a utilização de materiais compósitos, e concluímos que de forma incisiva cooperam para o melhor desenvolvimento da embarcação no sentido de preservação do meio ambiente.

Contudo, observamos que estes avanços buscam cumprir as regras do controle da emissão de gases produzidos pela combustão dos motores dos navios, desenvolvidos pela IMO, através da Convenção Internacional de Prevenção da Poluição Causada por Navios (MARPOL), que ao verificarem através de vistoria nas embarcações, quando dentro dos padrões estipulados, recebem a certificação necessária para trafegarem. Evidenciamos que a falta desta certificação além de impactar o meio ambiente, causa a retenção desta no porto em que for localizada.

Por fim, consideramos necessários os avanços tecnológicos das indústrias navais no sentido de promover um desenvolvimento sustentável amplo e justo, através da melhoria dos sistemas de propulsão, bem como de todos os elementos que propõem eficiência.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BORGES, José; C. SILVA, Carlos R. L. **Indústria da construção naval: a crise e recuperação**. In: "Conjuntura Setorial", julho/2003. p.47-50.

Documento MEPC 60/22 – **Relatório** da 60ª Sessão do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho.

EYRING, V.; KOHLER, H.; LAUER, A.; LEMPER, B. **Emissions from international shipping: 2. Impact of future technologies on scenarios until 2050**. 2005

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval**. Serviço de Documentação da Marinha, 2005.

PASIN, Jorge A. B. **Indústria naval do Brasil: panorama, desafios e perspectivas**. In: "Revista do BNDES", v. 9, nº 18, Rio de Janeiro. p.121-148. Dez/2002.

SUZIGAN, Wilson. **Indústria Brasileira: origem e desenvolvimento**. São Paulo Hucitec, Ed. Unicamp. (Economia & Planejamento. Série Teses e Pesquisas), 2000.

ICS – International Chamber of Shipping. **Shipping and CO<sub>2</sub>** . In: <http://www.ics-shipping.org/docs/default-source/CO2-docs/co2-cop-19-warsaw.pdf?sfvrsn=0>.

## REFERÊNCIA DE SITES

BI apresentações. Disponível em:

<[http://www.blbrasil.com.br/noticias/paper\\_fragatas.html](http://www.blbrasil.com.br/noticias/paper_fragatas.html)>. Acesso em: 28 jun. 2014.

QUIMICA, 2012. Disponível em:

<<http://www.knoow.net/cienciasexactas/quimica/combustao.htm>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

POLUIÇÃO do ar. Disponível em:

<[http://www.suapesquisa.com/poluicaodoar/causadores\\_poluicao.htm](http://www.suapesquisa.com/poluicaodoar/causadores_poluicao.htm) >. Acesso em: 28 jun. 2014.

MEIO filtrante. Disponível em:

<[http://www.meiofiltrante.com.br/materias\\_ver.asp?action=detalhe&id=380](http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=380)>. Acesso em: 28 jun. 2014.

POLUIÇÃO causada por navios. Disponível em:

<<http://qualidadeonline.wordpress.com/2010/07/21/a-poluicao-causada-pelos-navios>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

EFICIENCIA energética. Disponível em:

<<http://www.portalnaval.com.br/noticia/35058/setor-naval-foca-eficiencia-energetica-de-embarcacoes>>. Acesso em: 29 jun. 2014.

EFICIENCIA. Disponível em:

<[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia)>. Acesso em: 29 jun. 2014.

MECANICA naval, UFF/RJ. Disponível em:

<<http://www.slideshare.net/LukasSeize/livro-mecanica-estatica-naval> >. Acesso em: 29 jun. 2014.

RELATORIO. Disponível em:

<[http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod\\_academic/relatorios/2011/Felipe%20Trova%20e%20Paulo%20Victor/relat1/principal.htm](http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2011/Felipe%20Trova%20e%20Paulo%20Victor/relat1/principal.htm)>. Acesso em: 29 jun. 2014.

SORATHIA, 2011. Disponível em:

<<http://www.slideshare.net/GustavoPessoa/compositos-em-embarcaes>>. Acesso em: 29 jun. 2014.

SHIP Manegement International”, nº. 6, Março-Abril 2007. Disponível em:

<[http://www.syndarma.org.br/upload/A%20POLUI\\_\\_O%20DO%20AR%20POR%20NAVIOS.pdf](http://www.syndarma.org.br/upload/A%20POLUI__O%20DO%20AR%20POR%20NAVIOS.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2014.

POLUIÇÃO por navios. Disponível em:

<[http://www.syndarma.org.br/upload/Polui\\_\\_o%20navios\\_original\(2\).pdf](http://www.syndarma.org.br/upload/Polui__o%20navios_original(2).pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2014.

DOCUMENTO 5729. Disponível em:

<<http://siddamb.apambiente.pt/publico/diff/diffest.aspx?documento=5729&versao=2&versaoAnt=1>>. Acesso em: 29 jun. 2014.

MEPC 203. Disponível em:

<[http://www.syndarma.org.br/upload/MEPC.203\(62\)p%20-%2001Jan13.pdf](http://www.syndarma.org.br/upload/MEPC.203(62)p%20-%2001Jan13.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2014.

MARPOL anexo IV. Disponível em:

<[https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/MARPOL\\_Anexo6-12FEV.pdf](https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/MARPOL_Anexo6-12FEV.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2014.

BATISTA, Pedro. Classificação de navios, 2006. Disponível em:

<<http://www.transportes-xxi.net/tmaritimo/investigacao/classificacaodenavios>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Reação de combustão. Disponível em:

<<http://www.alunosonline.com.br/quimica/reacao-combustao.html>>. Acesso em: 28 jun. 2014.