



**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM APERFEIÇOAMENTO DE  
MÁQUINAS  
(APMA)**

**ROOSEVELT ALVES MOUSINHO JUNIOR**

**O AUMENTO DO IMPACTO AMBIENTAL NA NAVEGAÇÃO  
INTERNACIONAL: Um estudo sobre perspectivas futuras na  
redução da poluição atmosférica.**

Rio de Janeiro-RJ  
2012

O AUMENTO DO IMPACTO AMBIENTAL NA NAVEGAÇÃO INTERNACIONAL: Um estudo sobre perspectivas futuras na redução da poluição atmosférica.

Monografia entregue em 31/05/2012, na conclusão do Programa de Pós-Graduação do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha para obtenção do título de Aperfeiçoamento para Oficial de Máquinas.

Professor Orientador: Ramessés Cesar Ramos Da Silva.

Rio de Janeiro-RJ

2012  
**ROOSEVELT ALVES MOUSINHO JUNIOR**

**O AUMENTO DO IMPACTO AMBIENTAL NA NAVEGAÇÃO  
INTERNACIONAL: Um estudo sobre perspectivas futuras na  
redução da poluição atmosférica.**

Monografia apresentada ao Programa de curso de aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Primeiro Oficial de Máquinas. Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012, pela Banca Examinadora composta por:

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_

Prof. Mestre Ramessés Cesar Ramos Da Silva

\_\_\_\_\_

Prof. pertencente à banca examinadora

\_\_\_\_\_

Prof. pertencente à banca examinadora

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

MOUSINHO, R.A.J. O AUMENTO DO IMPACTO AMBIENTAL NA NAVEGAÇÃO INTERNACIONAL: Um estudo sobre perspectivas futuras na redução da poluição atmosférica. Rio de Janeiro (RJ), 2012. 30f. Monografia (Curso de aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante) – CIAGA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Sr. Meu Deus por me dar saúde, e em especial à minha família, por estarem ao meu lado nesta caminhada. A todo o esforço mostrado até aqui pelo que muito me ajudou na realização desta monografia, me indicando o caminho correto a seguir. A todos os meus amigos que nunca mediram esforços pra me ajudar nas horas mais difíceis. E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui...

Meus eternos agradecimentos.

## Dedicatória

.

Dedico essa Monografia a  
minha família que sempre me  
ajudou nos momentos mais  
difíceis .

“Grandes realizações são possíveis quando se dá importância aos pequenos  
começos”.  
(Lao-Tzu)

## RESUMO

O transporte marítimo depende essencialmente da energia dos derivados do petróleo e, como consequência, produz emissões de CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 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. Pode-se afirmar que os poluentes gerados pelo Transporte Marítimo são resultado de deficiência em projeto de navios e de seus sistemas, de uma má gestão operacional, e inclusive da ausência de medidas de regulamentação mais rigorosas. O estudo se concentra em estudar dois destes pontos. O primeiro se refere ao desenvolvimento do projeto do navio e da instalação propulsora com a preocupação de reduzir o consumo de energia. Isso implica em alterações nos projetos e seus sistemas de propulsão, tirando melhor proveito da tecnologia disponível no mercado, bem como análise da viabilidade de uso de fontes alternativas de energia. O segundo ponto se refere ao processo de gestão operacional, com ênfase na redução da emissão de poluentes. Serão examinados exemplos práticos que sustentem as reduções e benefícios, por exemplo, a redução de velocidade do navio. São selecionadas as melhores opções que contribuem para a redução das emissões de gases, entre as medidas tecnológicas, operacionais e de dimensionamento de frota. Algumas destas alternativas podem ser aplicadas aos navios existentes, enquanto que outras só podem ser aplicadas no projeto de navios novos.

Palavras chaves: Transporte Marítimo, emissão de poluentes, fontes alternativas de energia.

## ABSTRACT

The shipping depends on the energy of oil products, which produce emissions of CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> and particulate matter. Today, the water transport accounts for approximately 4.5% of carbon emissions, 4% of sulfur oxides emissions and 7% of nitrogen oxide emissions. If the expansion of this mode of transport is maintained in the coming years, as has been predicted, its participation in the emission of these types of pollutants must increase, and certainly there will be pressure from society for introducing measures to contain its increase. It can be argued that pollutants generated by the Maritime Transport are the result of deficiency in the design of ships and their systems, deficient operational management, and even the absence of more stringent regulatory measures. The study focuses on the study of these two points. The first refers to the development of Ship design and propulsion plant with a view to reducing energy consumption. This implies changes in design and propulsion systems, making best use of available technology, as well as the evaluation of viability in the use of sources of alternative energy. The second point refers to the process of operational management, with emphasis on reducing of emissions. Practical examples are examined to support and benefit the reductions of emissions, for example, the reduction of ship speed. Finally is exposed the alternatives that the author considers the most promising to achieve the desired goal. The best options are selected to reducing greenhouse gas emissions between technological measures, operational and fleet sizing. Some of these alternatives can be applied to existing ships, while others may only be applied in the design of new ships.

Key-words: Shipping, pollutants emissions, alternative technology

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 O TRANSPORTE MARÍTIMO, A POLUIÇÃO E O EFEITO ESTUFA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Áreas de especiais de controle da emissão de SOx .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Redução das emissões de CO2.....</b>	<b>17</b>
<b>3 TRANSPORTE MARITIMO NA ATUALIDADE.....</b>	<b>19</b>
<b>4 EMISSÃO DE MOTORES.....</b>	<b>22</b>
<b>5 PROPOSTRA PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>6 NORMATIVIDADE VIGENTE.....</b>	<b>27</b>
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>30</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem se aumentado cada vez mais a cobrança sobre a indústria, incluindo os vários modais de transporte, na busca para um desenvolvimento mais sustentável. Aquecimento Global, acidificação e degradação da qualidade do ar estão entre as principais preocupações no cenário internacional. Por esse motivo estão sendo feitos vários estudos para identificação dos principais elementos poluentes como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Estudos recentes indicam que as emissões de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> por navios correspondem a cerca de 2-3%, 10-15% e 4-9% de emissões globais na atmosfera respectivamente (Corbett e Koller, 2003; Endresen e outros., 2003; 2007; Eyring e outros., 2005<sup>a</sup>). O estudo das emissões de poluentes são fundamentais para avaliação dos impactos ambientais e qualidade de vida para guiar a indústria em opções mais sustentáveis

A OMI (Organização Marítima Internacional) tem implementado nos últimos anos uma série de medidas que visam reduzir a emissão de poluentes por navios mercantes concentrando-se principalmente na emissão de NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>.

A principal fonte poluente dos navios mercantes são provenientes da propulsão e da geração de energia que são feitos através de motores de combustão interna. Os gases resultantes da queima da combustão de óleo combustível pesado e óleo diesel são lançados na atmosfera através das chaminés.

Existem várias maneiras de se reduzir a emissão desses gases na atmosfera. A primeira delas seria através do tratamento desse óleo antes da queima. Durante a queima do óleo onde pode ser feito em ajustes para que a queima resulte numa emissão menor de poluentes. Ou através do tratamento dos próprios gases de descarga resultante do processo de combustão. O consumo de combustível e as emissões de poluentes também podem ser controladas através de medidas técnicas como por exemplo acompanhamento do desempenho do motor, através de medidas operacionais tais como redução de velocidade da embarcação. Tipos alternativos de combustível como LNG

seria também outra opção ou até mesmo alternativas de sistema de propulsão como a vela ou a energia elétrica.

Grandes quantidades de dióxido de enxofre emitidos pelos navios se oxidam na atmosfera para formar sulfato, e as partículas de nitrogênio irão formar ácido nítrico e nitrato principais causadores da chuva ácida e bastante prejudicial à saúde.

As emissões de óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono afetam diretamente a camada de ozônio. O primeiro alerta sobre a redução da camada de ozônio é dado pela Nasa, a partir de estudos feitos entre 1979 e 1986: o escudo vem perdendo espessura e apresenta um buraco de 31 milhões de km<sup>2</sup> sobre a Antártida, área equivalente a 15% da superfície terrestre. Em fevereiro de 1992, a Nasa identifica um segundo buraco, desta vez sobre o Pólo Norte, chegando às regiões próximas ao Círculo Polar Ártico. A redução da camada de ozônio aumenta a exposição aos raios ultravioletas do Sol. Está associada ao crescimento dos casos de câncer de pele e de doenças oculares, como a catarata. Para os cientistas, o buraco existente na Antártida atrasa a chegada da primavera na região e provoca quebras na cadeia alimentar da fauna local. Pode contribuir para aumentar a temperatura e acelerar o degelo das calotas polares.

Até mesmo com a utilização do combustível limpo que possui o teor de enxofre bem mais reduzido, os estudos mostram que os seus resultados ainda são contraditórios. Foi uma descoberta surpreendente, os cientistas observaram que, mesmo resultando numa menor emissão de partículas na atmosfera, a utilização do combustível com taxas bem menores de enxofre resultaria em partículas que ficam mais tempo suspensas no ar. Devido a esse fato as novas normas da Internacional Maritime Organization (IMO) sobre emissão de gases por embarcações entraram em vigor a partir de 1º de julho. Dessa maneira, todos os navios que navegarem em área sob controle de emissões devem usar combustível com teor máximo de 1% de enxofre.

Em regiões que não são protegidas, o limite de enxofre continua em 4,5% por mais 18 meses. As embarcações tem obrigatoriedade de ter a bordo um registro completo das substâncias que emitem para a atmosfera

No caso de navios-tanque, a embarcação deve manter um manual para lidar com os compostos orgânicos voláteis a bordo. Essas e outras regras são incorporadas no Anexo VI da Marine Pollution Convention. A nova regulação pretende redução gradualmente a quantidade de enxofre emitida pelos motores das embarcações.

Igualmente, um estudo do National Oceanic and Atmospheric Administration e da Universidade do Colorado afirma que a poluição liberada pelos gigantes do mar corresponde à metade das emissões de todos os carros do mundo. Os autores do estudo estimam que em todo o planeta, um milhão de toneladas de partículas poluidoras são liberadas na atmosfera todos os anos por navios. Essa é a primeira estimativa global desse tipo de poluição e foi baseada em medições diretas das emissões.

E se engana quem pensa que os vilões se limitam a navios comerciais. Transatlânticos, ferry boats, petroleiros e outras embarcações se unem aos cargueiros quando o assunto é liberar gases tóxicos na atmosfera mundial. Para os autores da pesquisa, o estudo será de extrema importância para a saúde das populações costeiras, já que mais de 70% do tráfego de navios acontece dentro de um raio de 400 km da costa.

Eis porque os navios são ainda mais poluidores: eles liberam poluentes orgânicos, como o carbono negro, que são responsáveis por metade das emissões e não são abrangidos pela regulamentação existente. Além disso, os navios emitem sulfato, uma substância altamente perigosa para a saúde humana e que pode se alojar em órgãos importantes, como os pulmões.

Um estudo realizado pela Universidade da Califórnia mostrou que 44 % da poluição de sulfato captada sobre os oceanos eram causadas por navios. Esse mesmo estudo indicou que cerca de 60 mil óbitos anuais podem ser consequências da poluição naval. A quantidade de sulfato liberada pelos navios varia de acordo com a concentração de enxofre no combustível. E apesar de existir uma regulamentação internacional que controla esses índices, muitos navios não cumprem a regra, liberando toxinas perigosas no ar.

Para agravar ainda mais a situação, o estudo revelou 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.

## **2 – O Transporte Marítimo, a Poluição do Ar e o Efeito Estufa**

### **2.1- Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**

Antes de iniciarmos uma análise da relação do transporte marítimo com a poluição do ar e com o efeito estufa, vamos reavivar os fatos que hoje nos trazem essas reflexões. Em 1992, foi realizada, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida no Brasil como ECO-92. Nessa reunião foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima(UNFCCC): um tratado sobre o meio ambiente com o propósito de reduzir as descargas de gases de efeito estufa, na tentativa de combater o aquecimento global. Quase todos os Estados Partes da Nações Unidas assinaram a UNFCCC, inclusive o Brasil, e assumiram diversos compromissos, entre eles o de promover e implementar medidas para a redução de suas emissões. Os países desenvolvidos, Partes da Convenção,assumiram o compromisso de reduzir suas emissões para o nível de 1990 e de prover ajuda financeira aos países em desenvolvimento, para que eles possam cumprir as suas obrigações junto à UNFCCC.

Como resposta a esse tratado, é realizada, anualmente, uma Conferência das Partes da UNFCCC (COP) para analisar os compromissos assumidos e rever as estratégias e os objetivos traçados. Em consequência da COP 3, realizada em 1997, foi adotado o Protocolo de Quioto, que trouxe em seu bojo o princípio da “Responsabilidade Comum mas Diferenciada”, tratando os desiguais com desigualdade, ou seja, quem poluiu mais deve agora reduzir mais; trouxe, também, o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” (MDL), que permite que os países desenvolvidos possam obter créditos de redução de

emissões em países em desenvolvimento, por meio dos conhecidos “Créditos de Carbono”.

Da mesma forma, a Organização Marítima Internacional (IMO), a Agência Especializada da ONU com responsabilidades na proteção do meio ambiente marinho, acompanhando os trabalhos da UNFCCC, adotou o Protocolo 1997, incluindo um novo Anexo (VI) à Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL). Este Anexo VI tem como propósito a prevenção da poluição do ar pelos navios, por meio da limitação das emissões de óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>) e de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e da proibição de emissões deliberadas de substâncias que reduzem a camada de ozônio, contribuindo para o aumento do efeito estufa. O Anexo VI entrou em vigor internacionalmente em maio de 2005, e o Brasil o ratificou em fevereiro deste ano. De acordo com esse novo instrumento, todos 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, deverão ser submetidos a vistorias, e um Certificado Internacional de Prevenção da Poluição do Ar deverá ser emitido. Esse Anexo inclui um limite global de 4,5% m/m de teor de enxofre do óleo combustível.

## **2.2- Áreas Especiais de Controle das Emissões de SO<sub>x</sub> (SECAs)**

Nessas áreas, o teor de enxofre do óleo combustível utilizado a bordo dos navios não deve exceder 1,5% m/m. Alternativamente, os navios podem instalar um sistema de limpeza dos gases de descarga ou utilizar qualquer outro método tecnológico para limitar as emissões de SO<sub>x</sub>. Inclui, também, limites para emissões de NO<sub>x</sub>, sendo proibido o funcionamento de motores diesel quando a emissão de óxidos de nitrogênio exceder aos seguintes limites:

- (i) 17,0 g/kW h, quando n for inferior a 130 rpm
- (ii)  $45,0 \times n^{-0,2}$  g/kW, quando n for 130 ou mais, mas inferior a 2000 rpm

(iii) 9,8 g/kW h, quando n for 2000 rpm ou mais onde n = velocidade nominal do motor (rotações do eixo de manivelas por minuto).

Como alternativa, poderá ser instalado no motor um sistema de limpeza dos gases de descarga aprovado pela Administração, de acordo com o Código Técnico de NOx. Em outubro de 2008, o Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marinho (MEPC) da IMO adotou emendas ao Anexo VI da MARPOL, para reduzir ainda mais as emissões provenientes de navios. Foi adotada uma redução progressiva de SOx, 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 NOx 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. No momento, existem três Áreas Especiais de Controle das Emissões estabelecidas:

- (i) área do Mar Báltico;
- (ii) área do Mar do Norte; e
- (iii) área da América do Norte (deverá entrar em vigor em 01/08/2011, tornando-se efetiva em 01/08/2012)

Seguindo o mesmo caminho, a Comunidade Europeia adotou uma norma relativa à redução do teor de enxofre dos combustíveis navais utilizados por navios atracados aos portos comunitários, garantindo que, a partir de 01 de janeiro de 2010, os navios não utilizem combustíveis com teor de enxofre superior a 0,1%. Em seguida, a IMO, através do MEPC, iniciou estudos a respeito dos gases geradores de efeito estufa (GHG - gases com a capacidade de reter calor e que, por isso, alteram o equilíbrio térmico e climático da terra). Vários gases que existem naturalmente na atmosfera, quando produzidos em excesso, geram o efeito estufa: metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), ozônio (O<sub>3</sub>), hidroflúorcarbonos (HFC) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que, hoje, é o que mais contribui para a intensificação desse problema. Verificou-se, então, que já existe um consenso de que é possível, para o

transporte marítimo, reduzir o CO<sub>2</sub> emitido por tonelada de carga transportada por quilômetro (ton/km) em algo próximo de 20% até 2020, por meio de uma combinação de desenvolvimentos técnicos e operacionais, além da introdução de novos e maiores navios. Para isso, é fundamental o desenvolvimento de melhores cascos, motores e hélices, bem como um melhor gerenciamento da velocidade do navio em seu percurso, iniciativas que levarão a uma redução do consumo de combustível e, conseqüentemente, da emissão de CO<sub>2</sub>.

### **2.3 Redução das emissões de CO<sub>2</sub>**

O MEPC vem desenvolvendo medidas para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> no transporte marítimo, com o propósito de adotá-las dentro de um cronograma que atenda tanto aos navios já existentes como àqueles em construção. Essas ações foram divididas em três blocos principais, envolvendo medidas técnicas, operacionais e econômicas. Para isso, o MEPC está 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. No setor operacional, está sendo aperfeiçoado um Plano de Gerenciamento de Eficiência Energética (SEEMP) para ser usado por todos os navios, permitindo às companhias e aos navios acompanhar e melhorar o desempenho de vários fatores que podem contribuir para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, tais como o planejamento da viagem, o gerenciamento da velocidade, a otimização da potência dos motores, a manutenção do casco e o uso de diferentes tipos de combustíveis.

Além dessas medidas, outros instrumentos, baseados no mercado (MBM), poderiam ser aplicados ao transporte marítimo global, de modo a encorajar a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, como por exemplo a criação de um Fundo de Compensação Internacional para financiar projetos ambientais em países em desenvolvimento, o qual será financiado por meio de uma taxa cobrada dos combustíveis marítimos.

Essas medidas para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, segundo a IMO, devem ser adotadas em caráter obrigatório e igual para os navios de todos os Estados Partes, sem exceção, evitando assim distorções com relação à competitividade comercial, uma vez que mais de 60% da frota mundial é atualmente registrada em países em desenvolvimento, através de bandeira de conveniência. Por outro lado, os países em desenvolvimento, como o Brasil, a China, a Índia e a África do Sul, Arábia Saudita, entre outros, entendem que deve ser seguido o princípio básico da “Responsabilidade Comum mas Diferenciada”, estabelecido em Quioto.

De fato, verificamos que ambos os lados têm certa razão em suas preocupações, uma vez que, como sustenta a IMO, empresas de países desenvolvidos e que, de acordo com o Protocolo de Quioto, devem ter uma maior responsabilidade no que diz respeito à redução das emissões de CO<sub>2</sub>, têm seus navios muitas vezes registrados em países não alcançados pelo Protocolo, o que as eximiria do cumprimento dessas medidas. Isto, provavelmente, criaria um desbalanceamento no transporte marítimo, levando a distorções no comércio internacional. Em casos extremos, poderia haver a transferência de companhias sediadas em países desenvolvidos para aqueles em desenvolvimento, com o propósito de fugir às responsabilidades estabelecidas naquele instrumento. Isto não quer dizer que os países em desenvolvimento não tenham razão ao brandir o Protocolo em defesa de seu princípio básico.

Afinal, os navios de suas bandeiras devem ter um tratamento comum, mas diferenciado, como rezam as letras de Quioto. Dessa forma, defende o governo brasileiro et alii que a IMO, como agência especializada da ONU, não pode se sobrepor a questões já estabelecidas pelas Nações Unidas, principalmente quando a última reunião da Conferência das Partes de Quioto (COP 15) não foi capaz de decidir a respeito desse assunto. Assim, embora exponham idéias antagônicas, ambos os lados apresentam questões verdadeiras, acabando por estabelecer um conflito difícil de ser consensualizado.

### 3-Transporte Marítimo na Atualidade

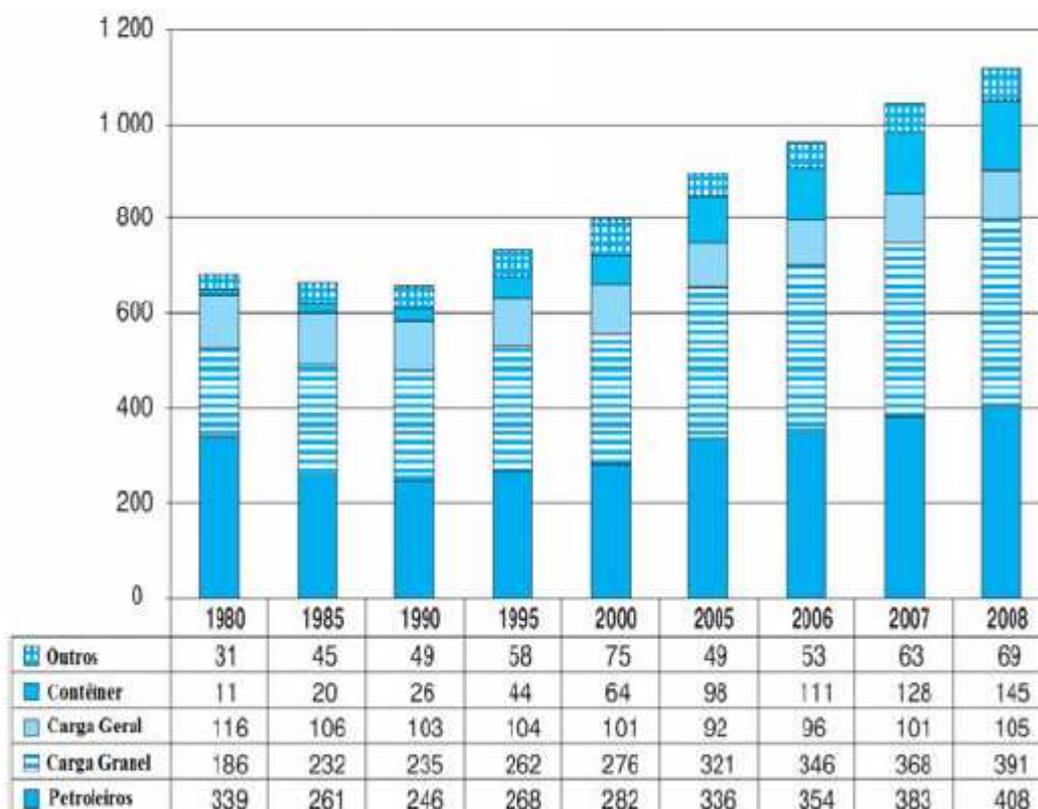
Na atualidade o transporte marítimo é um dos modais mais usados e constitui parte importante na economia das nações desenvolvidas e em vias do desenvolvimento. O crescimento mundial exige um aumento do transporte marítimo, a frota mundial de navios aumenta a cada ano. Com isto aumenta a demanda do combustível, o crescimento dos portos e a quantidade de poluentes gerados. O ideal é que o crescimento do transporte não crie impacto ao meio ambiente, gerando, assim, um desenvolvimento sustentável. Para isso tem que se conjugar medidas de regulamentação, medidas operacionais e medidas tecnológicas, já que na atualidade não se pode conceber uma empresa seja ela marítima, portuária, que não tenha em seu ideal um desenvolvimento sustentável para o meio ambiente. Nos últimos 50 anos o crescimento do transporte marítimo se manifestou de forma exponencial, tal como o descreve o texto "Will the next 50 years be as Chaotic in Shipping as the Last?", que foi exposto pelo 50th Aniversario da Associação de armadores em Hong Kong. O comercio de mercadorias, segundo a Organização Mundial do Comércio, teve um crescimento de 5,5% em 2007 com referência ao ano anterior. As mercadorias transportadas por via marítima no ano 2007 atingiram 8,02 bilhões de toneladas aumentando 4,8% respeito ao ano de 2006. A Tabela 1 apresenta um quadro do crescimento do transporte marítimo a partir de 1970.

Tabela 1- Evolução do Tráfico Marítimo Internacional (Mercadorias Transportadas) Milhões de Toneladas (Dados da Lloyd's Register-Fairplay)

<b>Ano</b>	<b>Petróleo</b>	<b>Cargas Granel</b>	<b>Cargas Secas</b>	<b>Total</b>
<b>1970</b>	1442	448	676	2566
<b>1980</b>	1871	796	1037	3704
<b>1990</b>	1755	968	1285	4008
<b>2000</b>	2163	1288	2533	5984
<b>2006</b>	2595	1876	3181	7652
<b>2007</b>	2681	1997	3344	8022

A frota mercante mundial aumentou a uma taxa de 7,2 % durante o 2007 e atingiu 1,12 bilhões de toneladas em princípios de 2008. A Figura 1 mostra a evolução da frota mundial a partir de 1980.

Figura 1 Frota Mundial por principais tipos de navios em milhões de TPM(Dados da Lloyd's Register-Fairplay)



Por ultimo, a entrega de navios novos no ano 2007 alcançou o nível mais alto com um total de 81,9 milhões de toneladas deadweight, superando a do ano 2006, que registrou a quantidade de 71,1 milhões.

Embora o transporte marítimo seja o menos nocivo entre os diversos modais para o meio ambiente, considerada a relação quantidade de emissões pelo produto quantidade de carga transportada vezes distância (Piniella F., Rasero J., and Aragonés J. 2005), ele gera muitos resíduos.

#### **4- Emissões dos Motores**

Trata-se de um problema que gera grande preocupação à comunidade internacional e é reconhecido como um problema crescente. Emissões de Gases Produzidas pelo Transporte Marítimo. As emissões são geradas principalmente em função da potencia 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. Os componentes principais são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NOX), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), 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 o 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, 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 . 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 CO<sub>2</sub>. Ele compreende seis Gases de Efeito Estufa (GEE): dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrofluorcarbonatos (HFC), perfluorcarbonatos (PFC), hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Dentre esses gases o CO<sub>2</sub> é o componente que é gerado em maior quantidade. O CO<sub>2</sub> passou de 280 ppm para 379 ppm em 2005. Os navios são uma

fonte importante de geração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), em 2007 só o transporte

marítimo produziu 1,12 milhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>.

Há uma série de estudos que contabilizam a quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> gerada pelo transporte marítimo. Os dados de alguns destes estudos estão apresentados na Tabela 2 e há uma diferença marcante entre estes resultados, oscilando para os diferentes anos entre 419,3 e 1120 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>; estima-se que representem de 1,6 a 4,1% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> resultante da queima de combustível.

Tabela 2 Estimativas do Consumo de Combustível e Emissões de CO<sub>2</sub> para o Transporte Marítimo.

	Ano Base de Dados	CO <sub>2</sub> Milhões de Ton.	Combustível Milhões de Ton.	Prcentagens de Queima Combustível Mundial
Estudo de GEE da OMI (2000)	1996	419,3	138	1,6
Corbett et al., 2003	2001	912	289	3,1
Endressen et al., 2007	2002	634	200	2,3
Eide et al., 2007	2004	704	220	2,6
AIE (2005)	2005	543	214	2
Eide et al., 2007	2006	800	350	2,9
Grupo de expertos da OMI (2007)	2007	1120	369	4,1
Estudo Atualizado da OMI (2008)	2007	843	277	3,1

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 Gas Oil (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.

## **5- Propostas para a redução de emissões:**

Na indústria do transporte marítimo existem duas opções claras para a redução das emissões, as melhoras tecnológicas e as medidas operacionais. No marco das 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 otimizar 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 CO<sub>2</sub> do 5 ao 30%.

A segunda linha está relacionada ao aperfeiçoamento das atuais configurações de instalação propulsora, envolvendo: aumento do rendimento de hélices e da eficiência térmica de motores; adequação do processo de combustão nos motores, com efeitos diretos sobre o consumo de combustível bem como da emissão de poluentes, além de redução das emissões disponíveis no mercado como:

- HAM ou motor de ar úmido; consiste na injeção de ar com 100% de umidade reduzindo a concentração de oxigênio no cilindro, realizando a combustão sem variações significativa de temperatura; esta técnica é capaz de reduzir de 70 ao 80% de NO<sub>x</sub>.

Com o sistema de HAM, a carga de ar de sobrealimentação está saturado com vapor de água do mar antes de entrar no ar canais de carga e câmaras de combustão do motor. Como resultado, os picos de temperatura no processo de combustão são reduzidas ea formação de NO<sub>x</sub> é reduzido.

As vantagens operacionais do princípio HAM são:

- Principais reduções de NOx - o bom desempenho na plena e com carga parcial
- Muito baixo custo operacional - sem redução de NOx, os agentes são obrigados
- Redução do consumo de óleo combustível - e não há requisitos para combustíveis com baixo teor de enxofre
- Bom desempenho do motor - carga térmica reduzida, motor mais limpo .
- Baixa necessidade de manutenção - devido a um sistema auto-sustentável
- Um método ambientalmente -apenas a água do mar utilizando

Os principais componentes do sistema motor a ar úmido são:

- O navio HAM - o umidificador
  - O tanque de captura HAM
  - O abastecimento de água HAM e unidades de pré-aquecimento
  - O controle HAM e sistema de monitoramento
- A emulsificação da água é um mecanismo de redução de NOx como consequência da introdução de água à combustão, reduzindo a temperatura no processo. Segundo as pesquisas realizadas pela MAN (Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow Application on MAN B&W Two-stroke Marine Diesel Engines) obteve-se uma redução de 10% para cada 10% de água pulverizada acrescentada. Este método tem sido aplicado principalmente para motores diesel marinhos e em movimento, devido ao requisito de pequenas modificações na infra-estrutura do motor. No entanto, até agora, o seu verdadeiro potencial para motores diesel ainda é incerto devido ao limitado conhecimento teórico e experimental. Por esta razão, é examinada aqui a possibilidade de utilizar este método para reduzir as emissões de NOx nos injeção direita motores diesel pesados. Duas tecnologias diferentes são examinados para a adição de água na câmara de combustão: utilização de uma emulsão de água-combustível ou injeção de água no coletor de admissão. Diferentes percentagens de água injetada são examinados para ambas as tecnologias. Isto é alcançado utilizando um modelo de simulação multi-zona adequadamente modificado para simular a utilização de água /

emulsão de combustível ou de injeção de água no coletor de admissão. A análise fornece informações sobre o efeito real de água sobre a combustão e mecanismos de formação de poluição. É revelado uma redução significativa dos NOx com ambas as técnicas em comparação com a operação do motor convencional. A redução é maior quando se utiliza água de combustível-emulsão de água em comparação com a injeção no coletor de admissão para a percentagem de água mesmo. A informação é derivado, sobre a pena no consumo de combustível, que é um parâmetro dominante especialmente em grandes motores a diesel. Além disso, é examinado o efeito do uso da água na formação de fuligem uma vez que em alguns casos, uma redução de fuligem pode ser observado, devido à dissociação da água, a produção de radicais OH e melhoria do processo de combustível e ar de mistura. Assim, o modelo de simulação é usada para estimar a correlação entre percentagem de água, redução de NOX relativa e da pena de associar em bsfc motor e fuligem. Os resultados podem ser utilizados para definir uma proporção de água / combustível ideal, o que irá proporcionar o máximo de redução de NOX a uma pena de combustível aceitável. Os resultados do presente estudo pode ser usado como um piloto para a aplicação deste método em tipos de motores diesel diferentes motores e tamanhos.

- A Redução Catalítica Seletiva (SCR) é uma tecnologia usada há muitos anos consiste em um sistema para o tratamento posterior dos gases de escape, reduzindo as emissões de NOX em 90%, além de reduzir as emissões de HC (hidrocarbonetos) e CO (monóxido de carbono) em 80 a 90% normalmente exige o uso de um combustível de baixo conteúdo de enxofre.
- A recuperação de calor residual se mostra como uma das formas mais eficientes já que logra reduzir os gases de escape como o CO<sub>2</sub> e NOX , contribuindo com a meio ambiente. Conseguir-se, assim, uma redução do consumo de combustível do navio, o que proporciona uma maior competitividade no mercado; esta tecnologia está instalada nos motores Wärtsilä, WASTE HEAT RECOVERY (WHR) e da MAN B&W, THERMO EFFICIENCY SYSTEMS (TES), permitindo aumentar em 12% a energia que poderia ser utilizada em serviços a bordo.

A terceira linha implica em uma mudança mais radical: 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; a companhia SkySails conseguiu combinar a tecnologia com um parapente, criando um sistema de propulsão aerodinâmico, que é fixo a uma estrutura sólida e pode ser facilmente recuperado. As vantagens mais importantes são a redução dos gastos de combustíveis até em 50% e o aumento da velocidade em 10%. A conexão de eletricidade ao porto, enquanto o navio está atracado no terminal, reduziria em quase 100% as emissões, beneficiando a qualidade do ar na região.

As medidas operacionais estão relacionadas com a eficiência do navio e, como as emissões de gases estão ligadas à quantidade de combustível consumida, é importante a adoção de medidas para economizá-lo; as medidas mais importantes consistem em: correta escolha da velocidade da frota (segundo a OMI a diminuição de 10% da velocidade da frota mundial reduziria em 23,3% as emissões de CO<sub>2</sub>), a correta seleção da rota, com base em previsões climatológicas corretas, maximização da capacidade do navio, navegação com lastro mínimo e manipulação ótima da carga.

Em julho de 2008 o barril de petróleo chegou a custar mais de 145 dólares americanos,] trazendo como consequência o aumento dos preços dos combustíveis em geral. Para combater a alta dos preços as companhias marítimas tomaram a decisão de reduzir a velocidade operacional do navio, isso foi bom já que se conseguiu reduzir as emissões, mas na atualidade o preço do barril de petróleo oscila na faixa de 70 dólares americanos.

## **6-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. 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). Para o caso de emissões de NO<sub>2</sub>, a norma esta dividida em três etapas: para navios construídos entre 1 de janeiro 2000 e 1 de janeiro 2011 (TIER I), elas não deverão exceder 17,0 g/kW h, para motores com rotação (n) inferior a 130 RPM,  $45,0 \times n^{-0,2}$  g/kW, quando n estiver na faixa de 130 a 2000 RPM, e 9,8 g/kW h, quando n estiver acima de 2000 RPM. Para navios construídos a partir de 1 de janeiro 2011 (TIER II), as emissões de NO<sub>x</sub> não deverão exceder 14,4 g/kW h, para motores com rotação inferior a 130 RPM,  $44,0 \times n^{-0,2}$  g/kW, quando n estiver de 130 a 2000 RPM e 7,7 g/kW h, quando n estiver acima de 2000 RPM. Para navios construídos a partir de 1 de janeiro 2016 (TIER III) as regulamentações serão mais drásticas com um limite de 3,4 g/kW h, para motores com rotação inferior a 130 RPM,  $9,0 \times n^{-0,2}$  g/kW, para motores de 130 a 2000 RPM e 2,0 g/kW h, para n acima de 2000 RPM.

Navio Ecológico - amigável para o meio ambiente Ter um “Navio Ecológico” denota que o navio deve operar com tecnologias limpas, ter estratégias de reciclagem, assim como prevenção de resíduos; esta concepção começa no projeto do navio, segue pela construção do navio continua com a operação e finaliza com a deposição do navio. Na fase de projeto é muito importante que se estabeleça concepção de transporte marítimo sustentável, na fase de construção impõe-se o emprego de materiais de qualidade e ecológicos, e na fase operacional deve-se ter os cuidados com a boa manipulação da carga, um correto plano de gestão de resíduos líquidos, sólidos ou emissões. Na parte operacional pode-se incluir também a instrução da tripulação, já que dela depende o correto funcionamento do navio e dos planos de gestão de resíduos. Ter o conceito claro das conseqüências geradas pelo navio ajudará a conseguir chegar à meta de um transporte sustentável.

## 8-Conclusões

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 esta 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. As águas cinzas, águas residuais, águas oleosas, e resíduos sólidos, são os contaminantes gerados pelos navios cujos efeitos podem ser reduzidos com a adoção de melhores praticas de gestão de resíduos. Para isso o porto tem um papel muito importante, com o fornecimento de instalações de recepção adequadas somado a programas de sensibilização e educação para a gente de mar. O conceito de reuso e reciclagem está em auge na atualidade; estes conceitos devem ser tomados com mais seriedade nos navios, o reuso da água cinza ou águas oleosas geraria um ramo econômico importante. Programas como a redução das velocidades, traçado de rotas mais adequadas, uso de combustíveis alternativos, emprego de energia eólica, conexão de eletricidade à terra, recuperação de calor residual vão contribuir para a redução das emissões.

## 7- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Air pollution A briefing document by: The European Environmental Bureau (EEB) The European Federation for Transport and Environment (T&E) Seas At Risk (SAR) The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain Updated November 2004
- BUNKERWORLD 2009; website <http://www.bunkerworld.com/prices/> pesquisado no dia 10 agosto 2010.
- Corbett JJ, Winebrake JJ, Green EH, Kasibhatla P, Eyring V, Lauer A. 2007. Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. Environ Sci Technol.
- Eyring, V., Köhler, H. W., Lauer, A., and Lemper, B. 2005b. Emissions from International Shipping: 2. Impact of Future Technologies on Scenarios until 2050.
- Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow Application on MAN B&W Two-stroke Marine Diesel Engines.
- GESAMP 2007 Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-based Activities.
- GESAMP 2005 Joint Group of experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.
- Guimarães Monteiro Aline, Metodologia de Avaliação de Custos Ambientais Provocados por Vazamento de Óleo o Estudo de Caso do Complexo Reduc-Dtse, 2003.
- Hespanhol Ivanildo, Um Novo Paradigma para a Gestão de Recursos Hídricos, 2008.

- Hinojosa IA, Thiel M Floating Marine Debris in Fjords, Gulfs and Channels of

Southern Chile. Mar Pollut Bull, 2009.

- Heinrich Schmid Manager, Application Technology, Ship Power Wärtsilä

Switzerland Ltd, Winterthur Less Emissions Through Waste Heat

Recovery 2004

- IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group .
- Juliana A. Ivar do Sul, Ângela Spengler, Monica F. Costa, Here, there and

everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic), 2009.

- MARPOL 73/78 (2002). International Maritime Organization. International Convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978.

- Nowlan, L. & I. Kwan, Cruise Control – Regulating Cruise Ships Pollution on the Pacific COSAT of Canada, 2001.
- OCEANA 2004, Contamination by Cruise Ships.
- OCEANA 2003, The other side of oil slick. The dumping of hydrocarbons from

ships into the seas and oceans of Europe.

- OMI 2000; Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships.
- OMI 2008 Prevention of Air Pollution From Ships Updated 2000 Study on

Greenhouse Gas Emissions from Ships.

- PNUMA 2005. Marine Litter, an analytical overview.
- Piniella F., Rasero J., and Aragonés J. 2005 Maritime Safety Control Instruments in

the era of the Globalization, 2005.

- Sheavly S.B. (2005). Sixth Meeting of the UN Open-ended Informal Consultative Processes on Oceans & the Law of the Sea. Marine debris – an overview of a critical issue for our oceans.
- Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases (2007) Review of MARPOL Annex VI and the NOx Technical Code.
- Sullivan-1996. The Marine Encyclopedic Dictionary.
- UNCTAD, United Nations Conference on Trade and Development, Review Of

Maritime Transport 2008.

- WHO-Europe. 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005.