

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE

NÁDIA SILVA FONSECA

NOVAS TECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR NAVIOS

RIO DE JANEIRO

2015

NÁDIA SILVA FONSECA

NOVAS TECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR NAVIOS

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador PROF.: MELISSA MENEGON

RIO DE JANEIRO

2015

NÁDIA SILVA FONSECA

NOVAS TECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR NAVIOS

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Professora Melissa Menegon

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

RESUMO

A utilização do modal marítimo como meio de transporte remonta da Antiguidade e sempre esteve presente no cotidiano dos povos espalhados pelo globo terrestre. Os navios são o meio mais barato, apresentando uma maior capacidade de carga e segurança. Porém, a poluição causada por esse modal preocupa bastante os ambientalistas. Diversas foram as medidas adotadas sob a forma de leis por governos e pela Organização Marítima Internacional para minimizar os danos causados pelo largo uso dessas embarcações para transporte de carga. Além disso, variados equipamentos foram desenvolvidos, tecnologias foram aperfeiçoadas e instaladas a bordo visando a prevenção da poluição. A poluição por navios já diminuiu bastante e, devido a pesquisas já em desenvolvimento, acredita-se que possa alcançar um nível menos alarmante ao longo dos anos.

Palavras chave: transporte, poluição, prevenção, tecnologia.

ABSTRACT

The use of the maritime mode for transportation dating from antiquity and was always present in the daily lives of people around the globe. The vessels are the cheapest way, with a greater load capacity and safety. However, pollution caused by this modal worries environmentalist enough. Several measures have been adopted in the form of laws by governments and the International Maritime Organization to minimize the damage caused by the wide use of these vessels to carry cargo. In addition, various devices have been developed technologies were developed and installed on board aimed at pollution prevention. The pollution from ships have decreased enough and, due to studies already in progress, scientists believe that it can reach a level less alarming over the years.

Keywords: transportation, pollution prevention, technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico comparativo emissão CO ₂ por diferentes meios de transporte	12
Figura 2 - Gases resultantes da queima do bunker	13
Figura 3 - Emissão de CO ₂ (em milhões de toneladas) 1975-2003	14
Figura 4 - Barulho no oceano	17
Figura 5 - Como funciona a contaminação por água de lastro	24
Figura 6 - Limites de enxofre nos combustíveis marítimos	29
Figura 7 - Casco simples e casco duplo	37

LISTA DE SIGLAS

NOx – Óxido de nitrogênio

SOx – Óxido de enxofre

PM – Material Particulado

ONU – Organização das Nações Unidas

ONG – Organização Não Governamental

OMI – Organização Marítima Internacional

MARPOL – Marine Pollution (Convenção Internacional para a prevenção da Poluição Marinha)

BWM – Ballast Water Management (Convenção Internacional Para O Controle e Gerenciamento Da Água De Lastro E Sedimentos Dos Navios)

MEPC – Marine Environment Protection Committee

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivos gerais	9
1.2 Objetivos específicos	10
2 POLUIÇÃO CAUSADA POR NAVIOS	11
2.1 Poluição atmosférica	11
2.2 Poluição sonora	15
2.3 Poluição por óleo.....	18
2.3.1 efeitos para as aves marinhas	20
2.3.2 efeitos sobre os peixes	21
2.3.3 efeitos sobre os mamíferos.....	21
2.3.4 consequências para outros animais	22
2.3.5 consequências econômicas	22
2.4 Poluição por água de lastro	23
3 LEIS DE PREVENÇÃO A POLUIÇÃO	25
3.1 MARPOL.....	25
3.2 Redução poluição sonora	26
3.3 Convenção Internacional Para O Controle E Gerenciamento Da Água De Lastro E Sedimentos Dos Navios	27
4 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR COMBUSTÍVEIS	28
4.1 Redução da emissão de enxofre.....	28
4.1.1 Scrubber	30
4.2 Redução do consumo de combustível.....	31
5 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA	34
5.1 Hélices	34

6 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR ÓLEO.....	36
6.1 Casco duplo	36
6.2 Sistema de backup.....	38
7 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR ÁGUA DE LASTRO	39
7.1 Tratamento a bordo	39
7.2 Tratamento em terra.....	41
7.3 Sistema móvel de coleta e tratamento	41
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

Um dos mais antigos meios de transporte e largamente utilizado no mundo todo, o modal marítimo foi de extrema importância na história da humanidade. As embarcações permitiram que povos descobrissem locais antes inabitados e entrassem em contato com civilizações culturalmente diferentes.

Apesar de estar presente desde a Antiguidade, seu desenvolvimento aconteceu efetivamente após o término da Primeira Guerra Mundial, com grandes inovações no quesito tecnológico, com a especificação das embarcações e aumento do tamanho, permitindo uma maior capacidade de carga.

Atualmente, cerca de 90% das mercadorias que circulam pelo globo são transportadas por navios. O principal motivo da elevada importância desse modal é a gama de vantagens que oferece. Além de ser o meio mais barato para o transporte de grande quantidade de carga, caracteriza-se ainda pela segurança e por ser capaz de levar uma enorme variedade de mercadorias, independente de tamanho.

Porém, sempre há desvantagens. Como todo meio de transporte, os navios também são responsáveis por um aumento da taxa de poluição ambiental e danos à vida marinha.

Particularmente, o assunto é de bastante relevância tanto para marítimos quanto para ambientalistas, uma vez que acaba provocando uma conscientização da importância dessas tecnologias e o quão benéfico elas podem ser.

1.1 Objetivos gerais

A pesquisa realizada visa abordar de uma maneira geral as tecnologias existentes a bordo que visam a prevenção da poluição causada por navios, principalmente os navios mercantes, destacando a importância de pesquisas relacionadas e a conscientização das pessoas, principalmente os profissionais da área.

1.2 Objetivos específicos

a) Mostrar os principais tipos de poluição causadas por navios e como afetam o meio ambiente marinho;

b) Apresentar a parte legal de caráter internacional pertinente ao assunto;

Expor as principais tecnologias já existentes para a prevenção da poluição por navios, fazendo uso de alguns casos já ocorridos e explicando porque algumas delas não foram totalmente aceitas ainda.

2 POLUIÇÃO CAUSADA POR NAVIOS

Para iniciar o estudo sobre impactos ambientais causados por navios, deve-se primeiramente entender o termo “poluição”.

Segundo o dicionário Aurélio, temos:

Poluição:

- 1) Ato ou efeito de poluir;
- 2) Contaminação ou deterioração do ambiente com substâncias químicas, lixo, fumo, ruído, etc;
- 3) Aquilo que contamina o meio ambiente.

O termo poluição apresenta também uma definição bastante simples e completa, exposto pela Lei n. 6.938/81, art. 3º, III, *in verbis*, como “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividade que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

Analisando os dois conceitos da palavra mostrados acima, pode-se dizer que a poluição é qualquer alteração indesejada no ambiente que modifica as características químicas, físicas e biológicas do local.

Ainda há estudiosos do assunto que defendem a definição de poluição como sendo a concentração ou quantidade de poluentes presentes no meio em questão.

As pesquisas realizadas mostram que há diversos tipos de poluição, porém este trabalho mostrará apenas os principais tipos provocados por navios.

2.1 Poluição atmosférica

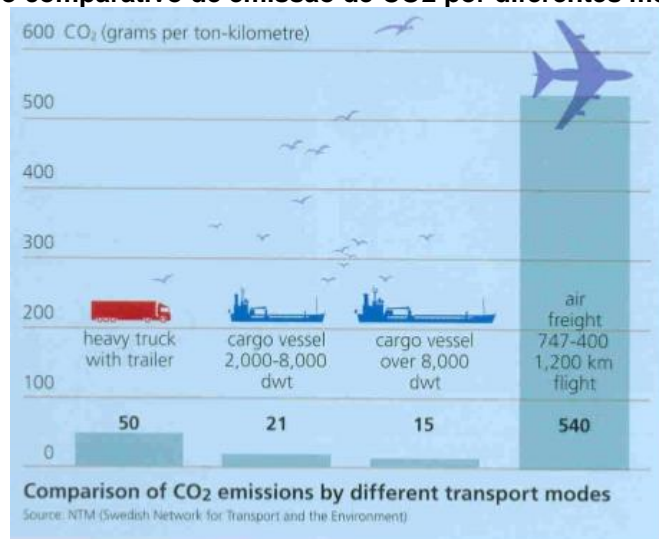
A poluição do ar pode ser entendida como a alteração da sua composição química, tanto pelo desequilíbrio dos seus elementos característicos quanto pela presença de elemento químico estranho que possa originar prejuízo ao equilíbrio do meio ambiente e, por conseguinte, à saúde dos seres vivos.

Este tipo de poluição pode ser dividido em três: poluição pelos detritos industriais, poluição pelos pesticidas e poluição radioativa e possui como fontes: as

fixas (indústrias, hotéis, lavanderias etc.) e as móveis (veículos automotores, aviões, navios, trens etc.). Já os fatores que a originam podem ser: naturais e artificiais. Os fatores naturais são aqueles que têm causas nas forças da natureza, como tempestades de areia, queimadas provocadas por raios e as atividades de vulcões. Já os fatores artificiais são os causados pela ação do homem, como a emissão de combustíveis de automóveis, queima de combustíveis fósseis em geral, materiais radioativos, queimadas, etc.

A cada dia que passa cresce o número de navios envolvidos no transporte marítimo, tanto de cargas quanto de passageiros, ultrapassando a quantia de 50.000 embarcações. A visão que muitos armadores possuem, colocando o lucro em primeiro lugar, acaba por pressionar a diminuição do tempo de viagem, aumentando a velocidade e a potência dos motores. Essa atitude muitas vezes faz com que ocorra um aumento na quantidade de combustível utilizado e consequente aumento na poluição atmosférica, deixando de lado a preocupação ambiental em prol do capitalismo.

Figura 1 – Gráfico comparativo de emissão de CO₂ por diferentes meios de transporte.



Fonte: Site Feport

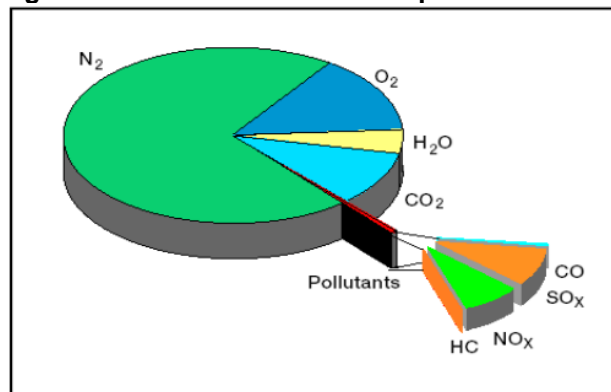
A figura 1 mostra a emissão de gás carbônico por diferentes meios de transporte, deixando claro que, comparando os transportes rodoviário, aéreo e marítimo, este último se mostra menos poluidor. Mas isso não significa que o uso do mesmo pode ocorrer de forma indiscriminada, sem a preocupação com os danos que pode causar ao ambiente e aos seres vivos que vivem nele.

Como já dito anteriormente, a crescente utilização de navios faz necessário uma maior atenção, com a constante pesquisa e o desenvolvimento de equipamentos que minimizem os prejuízos causados por seu uso.

Entre os gases geradores de poluição, que igualmente contribuem para mudanças climáticas, podemos citar os óxidos de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono, óxidos de enxofre (SOx), compostos orgânicos não voláteis, além de material particulado (PM) presentes nos gases resultantes da queima de combustível usados em diversos motores marítimos. A quantidade de SOx e PM vai depender, principalmente, do teor de enxofre presente no combustível residual, chamado de bunker.

Ao falar sobre o teor de enxofre presente no bunker vem à tona um assunto citado acima. Os fretadores de navios, preocupados com a maximização dos lucros, tentam economizar ao extremo. Um dos meios mais fáceis para se conseguir isso é a diminuição do consumo de combustíveis ou a utilização de combustíveis mais baratos. Até aí tudo correto. Acontece que os combustíveis mais baratos geralmente são os fabricados com menos tecnologia e refinados de uma maneira mais robusta. Assim, o bunker utilizado apresenta maior teor de enxofre e desprende maior taxa de gases poluentes. Mais uma vez o dinheiro acaba falando mais alto que a prevenção da poluição.

Figura 2 – Gases resultantes da queima do bunker.



Fonte: Apostila Sindarma

Pesquisadores estimam que cerca de 1.100 toneladas de poluição particulada em todo o mundo por ano é de responsabilidade dos navios. Além disso, como mais de 90% do tráfego marítimo ocorre na linha costeira de 250 milhas, a poluição acaba interferindo na saúde da população costeira.

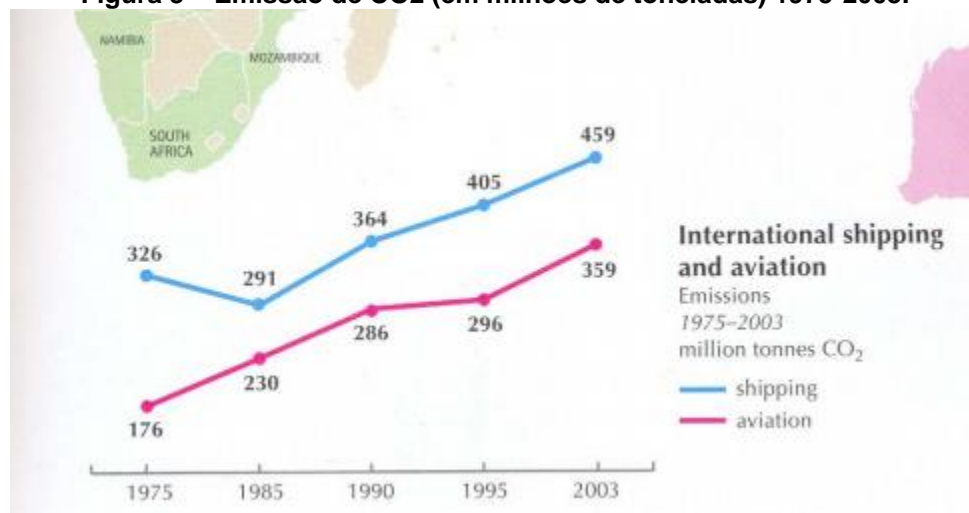
O gás carbônico emitido pelos navios representa cerca de 3% do total emitido no mundo pelas atividades humanas. A frota marítima mundial emite ainda quase 30% dos óxidos de nitrogênio de origem antropogênica.

Os dados mostrados nos últimos parágrafos deixam claro o quão importante é a conscientização sobre a prevenção da poluição oriunda de navios. Ainda que existam empresas que não se preocupam com a preservação do meio ambiente, há o fator diretamente humano com que devem se preocupar: a saúde da população costeira. Espera-se que esse seja um motivo suficiente para alertar as companhias quanto à emissão de gases danosos por suas embarcações.

Os navios emitem sulfatos, as mesmas partículas associadas com os motores diesel que equipam carros e caminhões. Essas emissões variam em relação direta com o conteúdo de enxofre contido no combustível utilizado. Internacionalmente, o conteúdo de enxofre no combustível é regulado pela Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios. Como resultado dessa convenção, alguns navios usam combustíveis mais limpos, com baixos níveis de enxofre. Porém, os combustíveis limpos são mais caros e de mais difícil obtenção, fazendo com que a maioria continue utilizando combustível sujo.

As emissões de particulados não-sulfatados dependem da velocidade de operação do motor e da quantidade de óleo lubrificante necessário para cada tipo de motor. Essa quantidade de lubrificante está diretamente ligada à qualidade do combustível utilizado – quanto pior o combustível, mais óleo é queimado e mais poluição é emitida.

Figura 3 – Emissão de CO₂ (em milhões de toneladas) 1975-2003.



Fonte: Apostila Sindarma

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.

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.

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.

Apesar de existir uma regulamentação internacional que controla esses índices, muitos navios não cumprem a regra, liberando toxinas perigosas no ar. Muitas vezes os grandes vilões dessa história são os governos, que não se empenham em promover uma fiscalização mais exigente, uma vez que essa afronta às gigantes companhias marítimas pode gerar uma fuga das mesmas dos locais onde esse policiamento ocorra mais intensamente.

2.2 Poluição sonora

Segundo o site Planeta Sustentável, poluição sonora é todo ruído que possa levar a danos à saúde humana ou animal.

Há muito tempo a poluição sonora é tema de diversas discussões. Seus efeitos prejudiciais à saúde humana já renderam diversos estudos e leis já foram aprovadas

para tentar minimizar ao máximo as consequências danosas. A ONU (Organização das Nações Unidas) relatou sua preocupação crescente quanto à poluição sonora também no mar. Ao que tudo indica, esse distúrbio está colocando em risco a sobrevivência de diversas espécies marinhas.

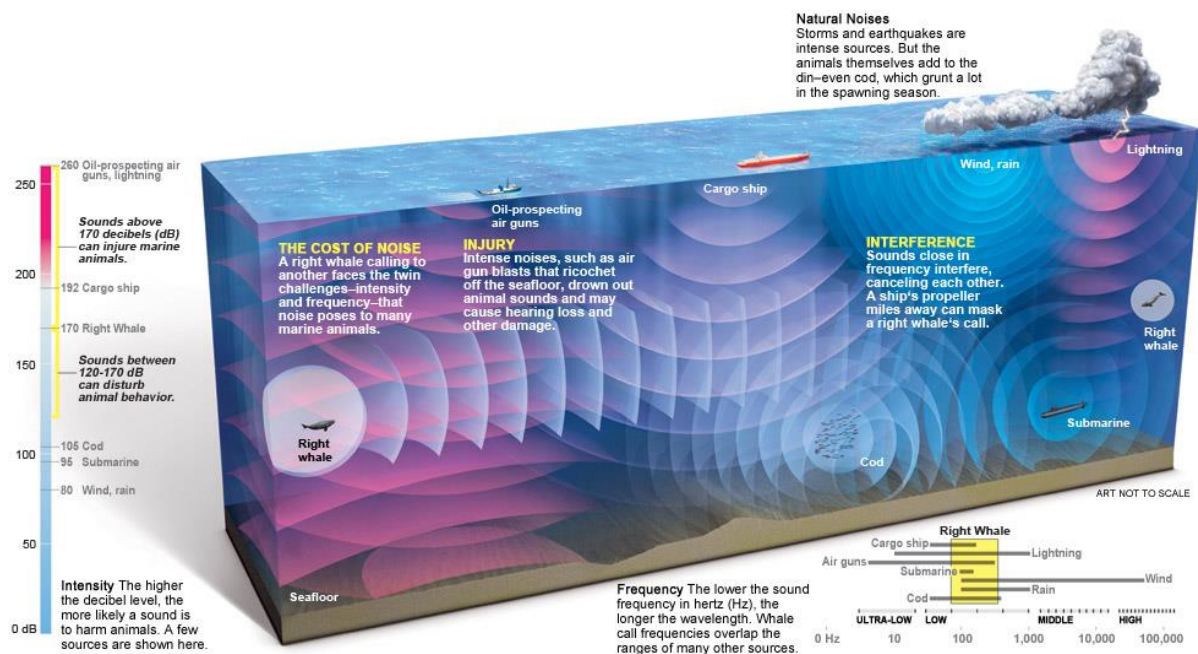
O ruído presente nos oceanos a partir de fontes antropogênicas tem aumentado ao longo dos últimos 50 anos. Esta poluição acústica é uma consequência direta de uma maré crescente de atividades marítimas humanas, incluindo a exploração sísmica pelas indústrias de petróleo e gás, uso militar e comercial do sonar, a náutica de recreio e o tráfego marítimo. Em muitas áreas do oceano, a fonte dominante de ruído de baixa frequência humano gerado (20-200 Hz) dá-se a partir das hélices e motores de embarcações de navegação comercial, e os níveis de ruído têm vindo a aumentar. Essas frequências de som podem se propagar de forma eficiente em longas distâncias no ambiente marinho em águas profundas.

O monitoramento de ruído subaquático no Pacífico Nordeste constatou que desde os anos 1960, o ruído ambiente de baixa frequência (inferior a 80 Hz) aumentou em 10-12 decibéis (dB), coincidindo com a duplicação da frota de transporte marítimo global. Este aumento do nível de ruído tem levantado preocupações sobre os efeitos nos mamíferos marinhos que dependem de sinalização acústica. O aumento da presença de sons altos ou persistentes de navios, sonares, plataformas de petróleo, e até mesmo a partir de fontes naturais, como terremotos podem interromper a migração, caça, e os padrões de reprodução de muitos animais marinhos, em particular mamíferos aquáticos, como baleias e golfinhos. Em particular, o ruído do transporte sobrepõe diretamente a faixa de frequências dos sinais de comunicação acústica usada pelo maior dos cetáceos, as baleias de barbatanas.

Vivendo em um ambiente onde o som se propaga muito melhor do que a luz, muitos animais marinhos, chamados de cetáceos, evoluíram para utilizarem fundamentalmente a sinalização acústica para se comunicar, localizar a presa e navegar. O repertório acústico de baleias consiste de baixa frequência, sons de longo comprimento de onda que se propagam de forma eficiente no universo subaquático, potencialmente permitindo a comunicação ao longo de grandes distâncias no oceano aberto. Por exemplo, os dados de som do sistema de vigilância da Marinha os EUA mostrou que chamadas oriundas da baleia azul (*Balaenoptera musculus*) podem ser detectados no mar em distâncias de centenas de quilômetros. Níveis elevados de

baixa frequência do ruído subaquático perto de rotas de navegação e portos ocupados têm o potencial de interferir significativamente com as chamadas de baleias utilizadas para manter contato, agregar para se alimentar e localizar potenciais companheiros ('mascaramento acústico'), afetando potencialmente o ciclo reprodutor. Respostas relatadas das baleias para o aumento do ruído de fundo incluíram: deslocamento, mudanças de comportamento e de habitats, alterações nos padrões de vocalização, como a mudança da banda de frequência ou nível de energia de chamadas, fazendo sinais por mais tempo ou mais repetitivo, ou esperando para sinalizar até que o ruído seja reduzido.

Figura 4 - Barulho no oceano.



Fonte: Site National Geographic

Não só os mamíferos aquáticos, como baleias e golfinhos, são afetados pelo ruído de navios e atividades humanas nos oceanos. Alguns estudos relataram, por exemplo, que o arenque atlântico, o bacalhau e o atum-rabilho fogem de sons e formam cardumes menos coerentes em ambientes barulhentos.

Os cientistas constataram que a sensibilidade da audição varia de acordo com o peixe, que captam sons seja por um ouvido interno ou por uma linha lateral que corre ao lado do corpo de algumas espécies.

Bacalhaus do Atlântico, por exemplo, tem capacidade auditiva “média”, segundo os cientistas, enquanto o peixe dourado de água doce consegue ouvir frequências mais altas.

No caso da comunicação, sabe-se que 800 espécies de peixes de 109 famílias produzem sons, geralmente em frequências menores do que 500Hz. Esses sons são emitidos por esses animais quando estão brigando por território ou por comida, em cardumes ou quando são atacados por predadores, de modo que a sua distribuição pelos mares pode ser afetada, já que eles evitariam áreas com muitos ruídos.

Estudos mostram ainda que as mudanças na composição química das águas dos oceanos contribuem para o aumento da poluição sonora, uma vez que a elevação dos níveis de acidez dessa água faz com que a mesma absorva 10% menos sons de baixa frequência. Caso as emissões de gases do efeito estufa não diminuam, os níveis de acidez marinha podem chegar, por volta de 2050, a um ponto em que o barulho dos navios chegue a distâncias 70% maiores.

São estudos como os citados nos parágrafos acima que ajudam as autoridades marítimas a perceber que o ruído das embarcações pode sim causar danos irreversíveis à fauna do local em que ocorrem e as pressiona a tomar decisões para amenizar os prejuízos.

Felizmente ainda há associações de ambientalistas que levam a cabo essas pesquisas e lutam por atitude por parte dos países. Um bom exemplo é o Programa para o meio ambiente, da ONU, que solicita que as indústrias e Governos procurem utilizar motores mais silenciosos e alarmes menos danosos nas embarcações, além de medidas mais restritivas ao uso de testes sísmicos para prospecção de petróleo e gás.

Porém, os resultados nem sempre são satisfatórios. De nada adianta organizações não governamentais ou associações de desenvolvimento sustentável lutarem por melhorias se os próprios governos e empresas marítimas não estão dispostos a aceitar essas novidades quando afeta o lucro deles. Muitas vezes é necessário mais que uma demonstração de danos que o uso impensado de navios pode causar.

2.3 Poluição por óleo

Um dos mais visados tipos de poluição por navios é, sem dúvidas, a poluição por óleo. Isso se deve ao fato de ser um acidente que gera consequências extremamente graves e facilmente detectáveis.

O derramamento de óleo no mar ocasionado pela indústria petroleira tem sido fonte constante de preocupação e debates em vários países. As chamadas "marés negras" resultam em verdadeiras catástrofes ambientais, com incalculáveis danos ao meio ambiente e a todos os seres, e alguns desses danos podem ser irreversíveis.

O exemplo mais famoso de poluição por derramamento de óleo no mar é o do navio Exxon Valdez, ocorrido em 1989 na costa do Alasca. Segundo o Greenpeace, quarenta e um milhões de litros de petróleo vazaram no acidente. A ExxonMobil, empresa responsável pelo vazamento, acabou sendo multada, apesar de ter recorrido à decisão judicial. No início dos anos 90, a ExxonMobil financiou estudos que afirmavam que a área atingida estava saudável e se recuperando bem. Entretanto, novas pesquisas científicas, conduzidas por mais de 14 anos, atestam o contrário. O mais recente desses estudos, publicado pela revista científica Science, concluiu que a recuperação da área está longe de alcançar um nível ideal. A região continua a apresentar problemas resultantes dos resíduos do petróleo derramado.

O acidente com o navio Exxon Valdez e as consequências geradas até hoje são um grande exemplo de como um derramamento de petróleo pode causar prejuízos irremediáveis e o quão importante é a união de esforços tanto dos governos quanto das próprias empresas para evitar. Além de poupar o meio ambiente, esses esforços visam também lucro, uma vez que a recuperação de áreas afetadas é bastante onerosa, leva tempo e fica sob a responsabilidade da companhia que efetua o transporte.

Os efeitos de um derramamento de óleo dependerão de muitos fatores, além das propriedades do óleo. Deve-se considerar também a sensibilidade ambiental da área. Em áreas mais costeiras, onde a profundidade e distância da costa são menores, os impactos relativos ao derramamento de óleo são extremamente relevantes, pois tendem a se manifestar com mais força do que em áreas mais profundas.

Há ainda as atividades *off-shore*, que também representam enormes riscos de poluição por derramamento, principalmente nas fases de perfuração e produção.

Essas atividades geram impactos adicionais ao da atividade de transporte, como por exemplo, os resultantes do descarte irresponsável de fluidos e cascalhos durante a fase de perfuração.

Experiências relatadas por profissionais do meio marítimos mostram que, por maior que seja o cuidado com que uma operação de desconexão emergencial de mangotes entre uma plataforma e um navio aliviador, por exemplo, ocorra, sempre haverá um derramamento de óleo no mar (por menor que seja). Isso demonstra a pertinência do assunto e o indispensável cuidado que se deve ter ao realizar operações do tipo, visando minimizar os acidentes.

2.3.1 efeitos para as aves marinhas

As aves são uma das espécies mais frágeis quando o derrame se dá em ambientes próximos à costa, sendo estas completamente recobertas pelo óleo, o que pode acarretar em perda de temperatura corporal, dificuldades na locomoção, ou em morte por asfixia. O contato direto é a principal causa de morte das aves, entretanto a inalação de compostos voláteis também as lesa. As aves que mergulham para obter alimento ou que passam uma grande parte do tempo sobrevoando a água são sempre as mais afetadas.

O combate aos efeitos do óleo nas aves é bastante complicado e demanda enorme infraestrutura e o envolvimento de diversas pessoas, como biólogos e veterinários, que devem tentar amenizar vários itens como: stress, hipotermia, desidratação, anemia consequente de hemorragias, entre outros. Para isso, serão indispensáveis áreas para lavar, abrigar, examinar e acomodar os animais, além de equipamentos como aquecedores de água, bacias, detergentes e freezers. Uma equipe de apoio também deve estar disponível com medicamentos e alimentação.

Um bom exemplo de atitude que visa amenizar os danos causados por esses acidentes é o da Organização Não Governamental SOS Aves e Cia, localizada no município do Rio de Janeiro. A ONG vem prestando socorro também a tartarugas marinhas e até patos, que são resgatados muitas vezes à beira da morte, cobertos de óleo.

Em uma reportagem publicada pelo Jornal O Globo, a Petrobras nega a existência de animais recobertos de óleo no entorno da Refinaria de Duque de Caxias,

onde todos os efluentes, segundo a empresa, são tratados respeitando a legislação brasileira. Porém, a própria ONG mencionada anteriormente já tratou casos de animais com esse problema, possuindo uma prova concreta de que há sim vazamento de óleo. Acidentes desse tipo podem ocorrer diariamente e somente algumas pessoas ficam sabendo, talvez por falta de uma fiscalização efetiva ou por negligência da própria empresa. Ações satisfatórias somente serão tomadas quando não houver um meio de burlar o policiamento ou quando a conscientização sobre os danos for completa.

2.3.2 efeitos sobre os peixes

Em espécies comestíveis, a contaminação por óleo torna os peixes inadequados para a ingestão e passam a não ser mais comercializados, trazendo amplos danos à comunidade pesqueira tanto da modalidade oceânica como da litorânea. Com isso, famílias de pescadores perdem sua fonte de renda.

A mortandade dos peixes se dá por intoxicação e falta de oxigênio na superfície, e no fundo, os peixes morrem por se alimentarem dos resíduos que afundam. Também ocorre a obstrução ou injúria das brânquias, resultando na necrose dos tecidos.

2.3.3 efeitos sobre os mamíferos

Nos mamíferos, o combustível cola-se ao pelo, impedindo-o de desempenhar o seu papel termorregulador. Como resultado, os animais entram em estado de hipotermia. O petróleo também desaparece com o odor natural dos animais, impossibilitando o reconhecimento entre pais e filhos, que deixam assim de ser alimentados pelos pais.

Ao depararem-se com necessidade de ir à superfície para respirar, os mamíferos marinhos sofrem um tamponamento das vias respiratórias, morrendo por asfixia. A exposição ao óleo causa irritação das mucosas, especialmente da mucosa ocular.

Os animais, na tentativa de permanecer o maior tempo possível submersos, acabam tendo que lidar com perdas de resistência, que podem levar à desnutrição. A

insuficiência de alimento resultante do desaparecimento de outros seres vivos igualmente colabora para a desnutrição.

A ingestão do óleo acaba por provocar falhas hepáticas; destruição do epitélio intestinal, com conseqüente redução de absorção de nutrientes; e desordens neurológicas.

2.3.4 conseqüências para outros animais

Os mexilhões e outros moluscos que se fixam nas rochas e objetos acabam perdendo a sua capacidade de aderência, caem e morrem.

A ingestão de petróleo nos seres ditos acima, além de serem crônicos, provoca a bioacumulação, o aumento da taxa respiratória, a diminuição da assimilação de nutrientes e o aumento da taxa de mortalidade.

No acidente ocorrido com o petroleiro Exxon Valdez, estima-se que 250 mil aves marinhas, 2.800 lontras marinhas e 300 focas tenham morrido, de acordo com pesquisas da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA. Isso tudo sem contar as mortes indiretas que não fizeram parte da pesquisa. Mais um exemplo da falta de consciência ambiental da própria empresa e do governo, que podiam ter minimizado ou até evitado essas mortes caso as legislações de prevenção a acidentes tivessem sido cumpridas à risca.

2.3.5 conseqüências econômicas

Como já explicado acima, a atividade pesqueira é certamente uma das que mais sofrem após um derramamento de óleo devido à grande mortandade dos peixes.

A contaminação de uma área afeta muitas atividades além da pesca como, por exemplo, o turismo, as indústrias que são supridas pela água do mar, as estações de energia situadas próximo da costa e as atividades recreativas, tais como natação, pesca, mergulho e navegação.

A limpeza de áreas atingidas pela "maré negra" é de elevado custo, gerando prejuízo às empresas envolvidas, além de oferecer grande risco à saúde pública, uma vez que pode ocorrer explosões, incêndios ou intoxicação.

Muitas vezes os custos com a remediação pós acidentes são muito maiores que os de prevenção. As empresas devem pensar não apenas em lucros, mas numa relação custo-benefício, de modo a beneficiá-las e evitar danos ao ambiente.

2.4 Poluição por água de lastro

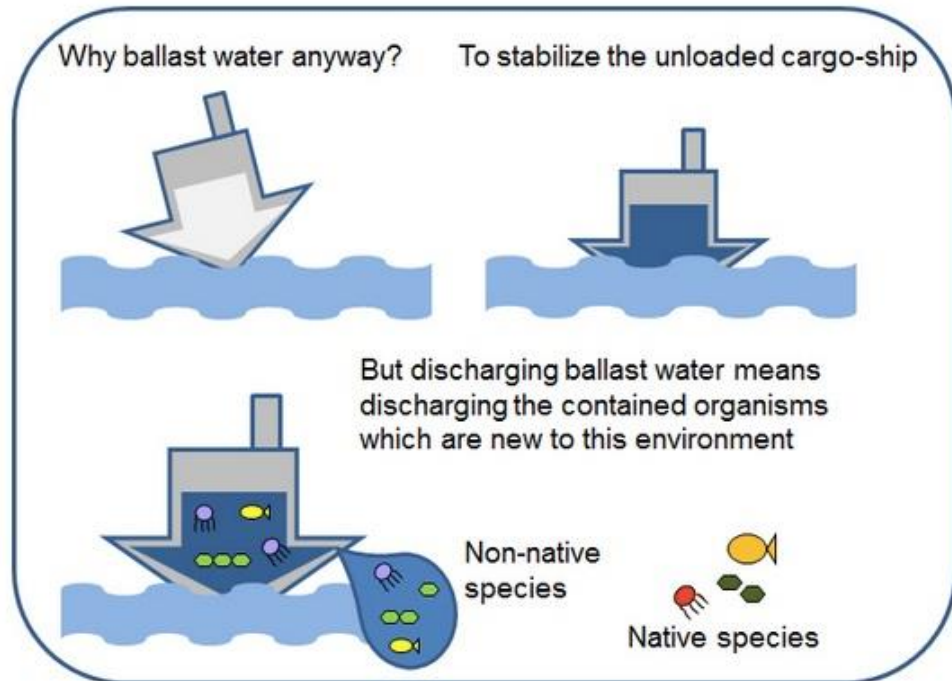
Move-se mais de 80% das mercadorias do mundo e transfere-se cerca de 10 bilhões de toneladas de água de lastro a cada ano pelo transporte marítimo. Lastro é absolutamente essencial para o funcionamento seguro e eficaz dos navios, proporcionando equilíbrio e estabilidade quando vazio de carga. A água de lastro funciona como um contrapeso que garante a estabilidade de navios de carga e proporciona maior segurança nas navegações.

Ao chegar ao porto de destino o navio precisa realizar o deslastro, ou seja, o despejo da água coletada em outros ecossistemas costeiros para o ambiente marinho ou instalações de recebimento. Por esse processo, espécies alienígenas – que podem sobreviver na água de lastro mesmo após longas viagens – são transportadas de um ecossistema a outro causando sérios problemas ambientais e de saúde pública. Tal mecanismo funciona como um vetor de transferência de microrganismos típicos de uma região à outra, que vem a alterar o ecossistema pela disseminação de bactérias, as quais podem provocar epidemias nas regiões onde são lançadas. A possibilidade de a água de lastro causar males foi reconhecida tanto pela Organização Marítima Internacional (OMI), como pela Organização Mundial de Saúde.

O desenvolvimento de navios maiores e mais rápidos combinados com rápido aumento do comércio mundial significa que as barreiras naturais para a dispersão de espécies através dos oceanos estão sendo reduzidos. Como resultado, ecossistemas inteiros estão sendo alterados e impactos econômicos podem ser enormes. Em um exemplo no Brasil, a invasão do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) – molusco de água doce vindo do sudeste asiático – tem provocado significativas alterações no nosso ecossistema. Devido à sua grande capacidade de adaptação e reprodução, o mexilhão dourado compete com espécies nativas, além de a sua aglomeração implicar no entupimento e obstrução de tubulações, filtros, sistemas de drenagem e canais de irrigação, causando prejuízos nos ecossistemas em que se instalam. Além disso,

diversas outras espécies já foram tiradas de seu habitat natural e despejadas em águas distantes, provocando um desequilíbrio no ecossistema onde foram deixadas.

Figura 5 - Como funciona a contaminação por água de lastro.



Fonte: Site North Sea Ballast

Por ser um problema que afeta diretamente a população, pela disseminação de doenças, por exemplo, a poluição por água de lastro ganhou bastante destaque no que tange à legislação dos governos para com as empresas de navegação. A fiscalização é mais presente e as taxas desse tipo de poluição já caíram bastante. O egoísmo do ser humano é tanto que apenas se preocupa com problemas que o afetem direta e imediatamente. Se metade das providências tomadas para a prevenção da contaminação por água de lastro tivessem sido tomadas para evitar outros tipos de poluição, o planeta estaria menos danificado e muitos problemas teriam sido anulados.

3 LEIS DE PREVENÇÃO A POLUIÇÃO

O aumento do uso do transporte marítimo trouxe consigo uma elevação dos níveis de poluição oriunda de navios. Para tentar frear essa poluição, vários governos se reuniram e aprovaram leis que os navios devem cumprir. O presente trabalho apenas citará as mais importantes no que se refere ao tema abordado.

3.1 MARPOL

MARPOL 73/78 é a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, 1973 alterada pelo Protocolo de 1978. ("MARPOL" é a abreviação de poluição marinha e 73/78 curto para os anos de 1973 e 1978.)

Uma das mais importantes convenções ambientais marinhas internacionais, foi projetada para minimizar a poluição dos mares, incluindo o dumping, o petróleo e a poluição de escape. Seu objetivo declarado é o de preservar o meio marinho através da completa eliminação da poluição por hidrocarbonetos e outras substâncias nocivas e a minimização de descargas acidentais de tais substâncias.

A MARPOL original foi assinada em 17 de fevereiro de 1973, mas não entrou em vigor devido à falta de ratificações. A convenção atual é uma combinação de Convenção de 1973 e do Protocolo de 1978. Entrou em vigor em 2 de Outubro de 1983. Em maio de 2013, 152 estados, representando 99,2 por cento da arqueação da frota do mundo, são partes na convenção.

Todos os navios sinalizados sob países que são signatários da Convenção MARPOL estão sujeitos às suas necessidades, independentemente de onde eles navegam e os países membros são responsáveis por embarcações registadas nos termos das respectivas nacionalidades.

A Convenção inclui disposições regulamentares destinadas a prevenir e minimizar a poluição proveniente de navios - a poluição acidental e que a partir de operações de rotina. A MARPOL contém 20 artigos e seis anexos. As áreas abrangidas por cada anexo é a seguinte:

Anexo I - Regras para a prevenção da poluição por óleo;

Anexo II - Regras para o controle da poluição por substâncias líquidas nocivas a granel;

Anexo III - Prevenção da poluição por substâncias nocivas transportadas por via marítima na forma de pacotes;

Anexo IV - Prevenção da Poluição por esgotos sanitários dos navios;

Anexo V - Prevenção da Poluição por Navios de lixo; e

Anexo VI - Prevenção da Poluição do Ar por Navios.

Um Estado que se torna parte MARPOL 73/78 deve aceitar obrigatoriamente anexo I e II. No entanto, os anexos III a VI são anexos voluntárias.

É um mecanismo de extrema importância na prevenção da poluição por navios, uma vez que a quase totalidade da frota de embarcações do mundo a adota. Porém, muitas medidas propostas pela Convenção ainda não foram aceitas, talvez porque vão de encontro a políticas capitalistas de vários países, que se negam a perder dinheiro (não levam em conta que o que está em jogo é o futuro do planeta) para zelar pelo planeta.

3.2 Redução poluição sonora

Muito pouco se encontra sobre poluição sonora proveniente de navios. Faz pouco tempo que os danos causados por essa poluição foram descobertos e vem sendo pesquisados. Apesar disso, a Organização Marítima Internacional (IMO) adotou recentemente orientações para reduzir o ruído subaquático proveniente de navios comerciais.

As novas orientações consistem em:

- a) Reconhecer que o ruído do transporte pode ter de curto prazo e de longo prazo impactos sobre a vida marinha;
- b) Chamada de medição do ruído do transporte de acordo com as normas ISO objetivas, que são eles próprios à beira de adoção;
- c) Identificar modelos computacionais para determinação de medidas eficazes aquietar;
- d) Fornecer orientações para a concepção de navios mais silenciosos e para reduzir o ruído de navios existentes, especialmente a partir da cavitação do hélice; e

- e) Os proprietários e operadores devem aconselhar sobre a forma de minimizar o ruído através de operações do navio e manutenção, como por polimento hélices de navios para remover incrustações e rugosidade da superfície.

Estas são diretrizes voluntárias ainda, não fazendo parte do código obrigatório e não sendo adotada por grande parte da frota mercante atual, mas já contribui para a percepção do problema. Pode-se dizer que o simples fato de a IMO ter mencionado o assunto faz com que governos prestem mais atenção ao que vem ocorrendo.

3.3 Convenção Internacional Para O Controle E Gerenciamento Da Água De Lastro E Sedimentos Dos Navios

Muito visada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição por água de lastro já se fez presente em diversos portos, levando, muitas vezes, doenças para certas regiões. Sendo assim, houve uma pressão maior para a criação de uma convenção que tratasse do assunto. A BWM (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004. - Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos dos Navios, 2004) visa prevenir, minimizar e, por fim, eliminar os riscos da introdução de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos existentes na água de lastro dos navios que entram nos portos.

A adoção dessa convenção ocorreu em 13 de fevereiro de 2004, porém sua entrada em vigor ocorrerá apenas doze meses após a data em que não menos que trinta Estados, cujas frotas mercantes combinadas constituam não menos que trinta e cinco por cento da arqueação bruta da frota mercante mundial, tenham assinado a mesma sem reservas no que tange à ratificação, aceitação ou aprovação, ou tenham entregue na IMO o instrumento de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão em conformidade com o Artigo 17 da Convenção.

4 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR COMBUSTÍVEIS

Muito do pesquisado para a prevenção da poluição por combustíveis leva em conta alterações na estrutura de embarcações. Em grande parte dos casos, os navios já estão no término de sua vida útil e as empresas não acham viável (entende-se lucrativo) fazer as modificações necessárias. Sendo assim, sobram duas alternativas: continuar a utilização desses navios, sem a preocupação com a poluição ou descarte desses navios e aquisição de novos que consomem menos. Esta última opção poderia ser válida e até vantajosa caso a maioria desses descartes não ocorresse de maneira incorreta e nada sustentável. O que realmente ocorre é um abandono dos navios, muitas vezes com tanques repletos de óleo, que acabam em desmanches ilegais que não obedecem à regra alguma de limpeza de tanques e os mesmos, com resíduos oleosos, contaminam a água e os animais que ali habitam.

Pode-se ainda minimizar a poluição por combustíveis com medidas como a redução da emissão de enxofre, como será melhor explicado abaixo.

4.1 Redução da emissão de enxofre

Uma das maneiras para tentar reduzir a poluição é usar combustíveis com baixo teor de enxofre. Combustíveis de transporte marítimo tem atualmente quase 3.000 vezes o teor de enxofre dos combustíveis utilizados no transporte rodoviário na Europa. Além disso, os combustíveis com baixo teor de enxofre fazer funcionar o motor do navio mais suave e com menos problemas operacionais e custos de manutenção. Por último, mas não menos importante, o uso do combustível de baixo teor de enxofre reduz emissões poluentes.

A nível global, a IMO aborda a poluição do ar através da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) Anexo VI, definindo os limites das emissões de óxidos de enxofre (SOx), óxidos de azoto (NOx) e ozono (O3).

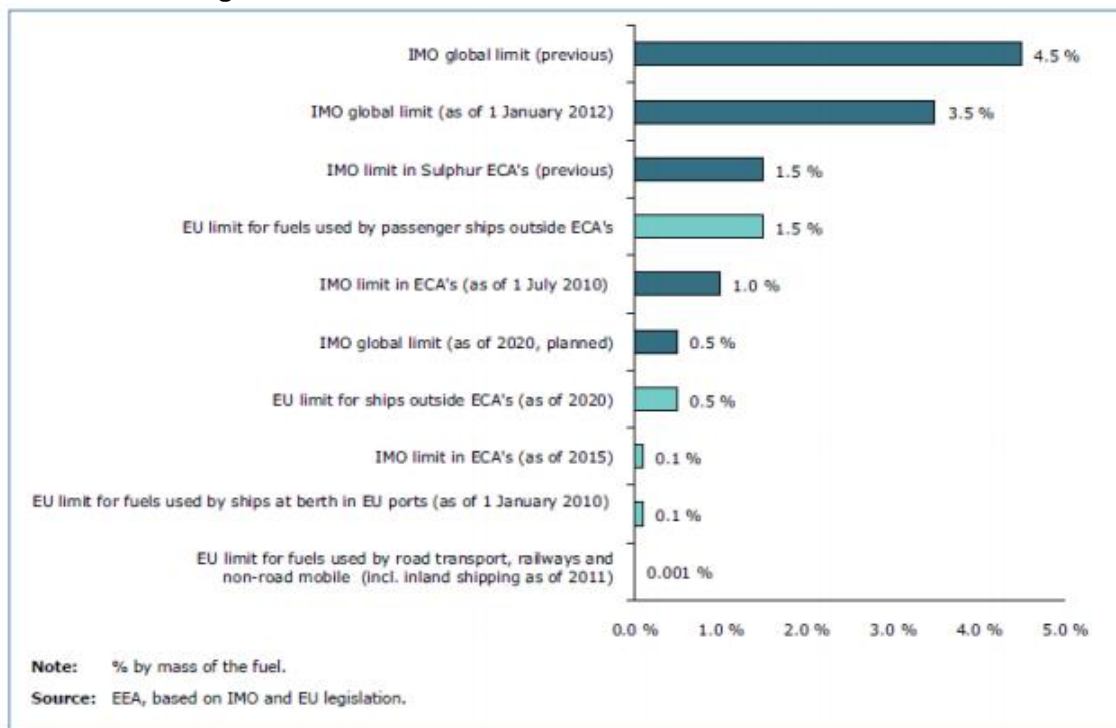
O comité IMO para a Proteção do Meio Marinho reviu o Anexo VI da MARPOL, reduzindo o teor de enxofre global de combustíveis navais de 4,5% para 3,5% (em 2012) e, progressivamente, para 0,5% em 2020 (ou 2025, dependendo da disponibilidade de combustível). Com data efetiva de 1 de Julho de 2010, os limites

de enxofre nas chamadas zonas de controle das emissões para SOx e PM foram fixados em 1,00%, e deverá ser reduzida para 0,10% a partir de 1 de Janeiro de 2015.

As reduções das emissões de NOx provenientes dos motores diesel marinhos também são reguladas, com foco nos novos navios, sendo os limites de emissões de NOx para motores, definidos em função da velocidade e ano de instalação:

- a) Os navios construídos entre 2000 e 2011 devem cumprir as emissões de NOx, na velocidade máxima do motor, de cerca de 9,8-17 gramas por quilowatt-hora (g/kWh);
- b) Os navios construídos depois de 2011 devem cumprir 7,7-14,4 g/kWh;
- c) Os navios que operem após 2016, nas chamadas zonas de controle das emissões de NOx (NECAs) devem cumprir com as emissões de 2,0-3,4 g/kWh.

Figura 6 – Limites de enxofre nos combustíveis marítimos.



Fonte: Apostila Sindarma

A figura acima mostra a preocupação da Organização Marítima Internacional em tentar diminuir o problema. Porém, não basta apenas a imposição de limites de enxofre se as empresas não são cobradas para atender esses limites. Muitos governos aceitam os regulamentos, mas não mantêm uma fiscalização efetiva sobre as empresas de transporte marítimo e sobre as próprias companhias de produção de combustível para embarcações. Além disso, há o fato de combustíveis mais limpos

serem mais caros e, por isso, de mais difícil acesso. Seria interessante por parte dos países contribuir para pesquisas que visam diminuir os custos sem interferir na qualidade ou ao menos investir nas empresas produtoras de combustível.

Além disso, uma grande vilã do combate à poluição por navios é a bandeira de conveniência. Muitos dos países que possuem essa prática são os que não apresentam uma fiscalização efetiva sobre a construção e as atividades exercidas pela embarcação. Os armadores, para fugir da fiscalização de algumas nações acabam optando pelo uso dessas bandeiras de conveniência, diminuindo os custos com a prevenção da contaminação do meio ambiente.

4.1.1 Scrubber

O scrubber de água do mar, também conhecido como torre de lavagem, é um exemplo de pós-tratamento dos gases de escape e utiliza água do mar para lavar dióxido de enxofre para fora dos gases de escape. Não são necessários aditivos, porque o bicarbonato alcalino e o sulfato da água do mar neutralizam os óxidos de enxofre no purificador. Esta reação química resulta em sulfatos. O sulfato que contém a água residual é re-circulado de volta para o mar. Há alguma preocupação sobre os potenciais impactos marinhos de água do mar contaminada de enxofre, mas o mar já tem uma naturalmente alta concentração de sulfatos e, portanto, é visto como um reservatório de enxofre segura. Com base neste conhecimento, a elevada concentração de sulfato da água descarregada, provavelmente, tem um efeito negligenciável sobre a concentração do mar. Requisitos de depuração de água do mar estão estabelecidas na Resolução MEPC 184. Com base nestes regulamentos, IMO aprovou a esta tecnologia. O uso de baixo teor de enxofre pode ser substituído pela instalação e uso de purificadores de água do mar.

A eficácia de purificadores de água do mar pode ser limitada se a alcalinidade da água do mar é muito baixa, por exemplo, na parte norte do Mar Báltico e do Alasca. O purificador de água doce é uma boa alternativa se for necessária limpeza de alta eficiência, ou como um meio de evitar problemas de água do mar de alcalinidade. Em tais purificadores, uma solução de soda cáustica é utilizada para neutralizar o enxofre.

Testes recentes mostram que a emissão de dióxido de enxofre pode ser reduzida a zero e PM pode ser reduzida em 80-85%. Outros mostram uma redução

média de SO₂ de 75%. A redução depende da taxa de fluxo de água do mar e o teor de enxofre do combustível. A redução das emissões de NO_x não é significativa.

A instalação purificador pode ser usado tanto para as máquinas principais e motores auxiliares, mas não estão amplamente comercialmente aplicados ainda.

Este equipamento visa única e exclusivamente a filtração dos gases, ou seja, a prevenção da poluição atmosférica. Como já dito anteriormente, muitos armadores não estão sensibilizados com os danos causados ao meio ambiente e à saúde da população em geral e optam por não “gastar” colocando tal equipamento a bordo. O que todos devem se conscientizar é que a instalação de uma máquina como essa em um navio não pode ser encarada como um gasto a mais, mas sim como um investimento a longo prazo. Não há a desculpa que havia anos atrás de que não possuíamos tecnologia suficiente para prevenir tal poluição. Se o homem conseguiu tal evolução, ela deve sim ser utilizada.

4.2 Redução do consumo de combustível

A redução no consumo de combustível do navio pode ocorrer de diversas maneiras, sendo as principais as listadas abaixo:

- a) Instalação de medidores do consumo de combustível - Um medidor do consumo de combustível é como um monitor do coração do navio pois o aumento do consumo médio constitui o primeiro aviso de que algo está errado. Permite selecionar a velocidade de cruzeiro que otimize a quantidade de combustível que está a ser consumida.
- b) Redução da velocidade - A velocidade do navio deve ser reduzida sempre que possível, podendo-se economizar até 50 % de combustível com a redução da velocidade de cruzeiro em apenas 1 nó. Quanto maior for a distância a que se localizam os navios tanto mais evidentes serão as economias que advêm da redução da velocidade de navegação. A resistência ao avanço oferecida pelo casco de um navio aumenta com o número de Froude, que se expressa pela razão entre a velocidade do navio (V em nós) e a raiz quadrada do comprimento entre perpendiculares (L em pés). Existe, no entanto, um valor limite de velocidade, a que corresponde um valor limite do número de Froude, a partir do qual qualquer aumento, por pequeno que seja, terá uma repercussão

enorme no valor da resistência, com custos elevados no que se refere ao consumo de combustível.

c) Modificações hidrodinâmicas no navio - Do ponto de vista da hidrodinâmica do navio, devem ser perseguidos dois objetivos:

1) Melhorar a resistência do casco, particularmente estudando as suas linhas da proa, onde se pode reduzir a componente da resistência por conta de ondas geradas pelo navio, e as suas linhas de popa, onde se pode otimizar os coeficientes propulsivos, devido à uma maior uniformização do escoamento na região de instalação do propulsor.

2) Avaliar a utilização de propulsores mais eficientes para cada caso, levando em consideração a sua integração adequada com o casco e o sistema de motores. Também cabe avaliar a adoção de sistemas não convencionais de propulsão que se mostrem com possibilidade de aumentar a eficiência propulsiva. As ferramentas para o bom projeto hidrodinâmico são três:

i) Utilização de modelos teóricos e numéricos em hidrodinâmica;

ii) Realização de estudos experimentais com modelos em escala reduzida de navios e de propulsores em laboratórios de hidrodinâmica como Tanque de Provas (de reboque) e Túnel de Cavitação;

iii) Realização de medições de desempenho propulsivo e em manobras de navios em escala real.

Há ainda a utilização de modelos teóricos, testados em tanques de provas, que ajudam bastante na evolução de estudos relacionados à hidrodinâmica.

d) Eliminação de peso desnecessário a bordo - Os equipamentos supérfluos, acondicionados e transportados durante anos nos cacifos e nos porões, deverão ser removidos de bordo. Cada tonelada de peso inútil a bordo afeta significativamente o desempenho do navio, requerendo maior potência para assegurar a mesma velocidade.

e) Afinação do sistema de alimentação de combustível - Um motor com entupimentos nos bicos injetores, filtros do ar sujos ou com compressão fraca apresentará um rendimento inferior ao desejável e gastos de combustível desnecessários. É importante seguir as recomendações dos fabricantes dos

motores, providenciando uma limpeza e manutenção regular dos órgãos que compõem o sistema de alimentação de combustível do motor. A utilização de Diesel aditivado pode constituir uma solução interessante na medida em que contém um pacote multifuncional de aditivos com o objetivo de manter limpo o sistema de alimentação de combustível. Estes aditivos reduzem, ao mesmo tempo, o desgaste dos bicos injetores e a formação de sedimentos e depósitos, proporcionando, ainda, uma melhor separação da água eventualmente presente no Diesel e uma maior proteção anticorrosiva a todo o sistema de alimentação. A utilização continuada deste tipo de Diesel garante uma pulverização mais eficaz do combustível na câmara de combustão, permitindo uma mistura mais homogênea com o ar, melhorando o rendimento do motor, evitando o desperdício de óleo Diesel e reduzindo as emissões, o que contribui assim para uma melhor qualidade do ar.

- f) Calibração do hélice - Um hélice mal calibrado poderá originar perdas de velocidade significativas, para além de vibrações indesejáveis, sendo necessário consumir mais combustível para percorrer a mesma distância.
- g) Limpeza do casco - Um casco sujo com conchas e algas exige mais esforço e, portanto, maior consumo de combustível para o movimentar. Estima-se que um navio com casco em aço, submetido a limpezas periódicas, não registre perdas no consumo de combustível superiores a 7-10 % antes de nova docagem.
- h) Caimento - O caimento de um navio resulta da diferença de calados à proa e à popa, devendo o caimento de funcionamento ser o mais próximo possível do caimento de projeto de modo a evitar desperdício de potência na sua propulsão. Um navio com um caimento correto, cujo valor poderá ser controlado através da medição dos calados à proa e à popa, deslizará de forma mais eficiente e, portanto, requererá um menor consumo de combustível.

Muitas vezes, com a conscientização da tripulação, a poluição pode ser diminuída sem aumentar os gastos do armador. Grande parte das medidas citadas acima são simples e não exigem nenhum custo adicional, não havendo justificativa para não serem tomadas. O intuito é que essas providências se tornem parte do dia a dia do pessoal a bordo, fazendo da prevenção uma prática constante.

5 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA

A poluição sonora nos mares é um problema que foi descoberto recentemente e, portanto, várias tecnologias ainda estão em fase de pesquisa. Estudos recentes mostram diversos avanços relacionados à área.

Para lutar contra o barulho, o governo federal dos Estados Unidos está completando a primeira fase do que poderia se tornar um dos maiores esforços mundiais para conter a poluição sonora e retornar o ecossistema alastrando para um estado mais calmo.

O projeto, realizado com o apoio da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional Americano, procura documentar ruídos produzidos pelo homem no mar e transformar os resultados em primeiros grandes mapas de som do mundo. As visualizações do oceano usam cores brilhantes para simbolizar os sons que saem através das profundezas oceânicas, frequentemente a distâncias de centenas de milhas.

Os mapas planejam cobrir toda a área oceânica, ou seja, cerca de 70% da superfície do planeta. Vários dos mapas maiores apresentam os dados de som em médias anuais - demonstrando como os anos em que os seres humanos fizeram praticamente nenhuma contribuição para o ruído dos oceanos estão dando lugar à poluição sonora provocada pela civilização.

O objetivo do projeto é compreender melhor a natureza da cacofonia e seu impacto sobre os mamíferos marinhos como uma maneira de ao menos amenizar os ruídos.

5.1 Hélices

Os hélices são os maiores geradores de ruídos nas embarcações, por isso os mais visados quando o assunto é redução de barulho.

Pás da hélice estão sujeitos a danos por impacto, e outros defeitos durante a sua vida. Pequenas imperfeições, em particular no bordo de ataque, podem reduzir a eficiência de uma hélice pela ordem dos 2% -, obviamente, dependendo do dano. Tais danos devem ser reparados durante as docagens de rotina. Além disso, uma certa

quantidade de polimento também pode ser conduzida à tona na docagem, o que irá garantir a hélice permanece como eficiente quanto possível.

Além disso, essas imperfeições podem ter um efeito significativo sobre a cavitação local, e, portanto, resultar num aumento do nível de ruído na água.

Hélices são concebidos para condições de funcionamento previstas, que raramente ocorrem na prática. Em primeiro lugar, o desenho é muitas vezes otimizado para a condição de potência total. Em segundo lugar, o hélice é projetado para uma faixa de velocidade do navio e distribuição da esteira. Embora estes possam ter sido obtido a partir de modelos, sempre haverá alguma incerteza no modelo ao se comparar com a escala completa, e assim a condição de operação real será diferente daquela assumida no design.

Também, a maioria dos hélices são concebidos para a condição de plena carga, em mares calmos, enquanto muitos navios operam mais leves em um mar agitado.

Finalmente, muitos proprietários acabam adotando velocidades extremamente lentas para diminuir o consumo de combustíveis.

Deve-se ter em conta o modelo exato de hélice para cada tipo de navio, fazendo com que o mesmo funcione corretamente e com o mínimo de cavitação possível para que a emissão de ruídos possa diminuir ao máximo.

Não foi possível desenvolver uma única tecnologia capaz de suprir todas as necessidades da redução dos ruídos provenientes dos navios. O que se conseguiu foram várias transformações nos mecanismos dos hélices capazes de possibilitar essa diminuição dos ruídos.

São atos rotineiros como a manutenção constante dos hélices que os tornam mais eficazes e diminuem as chances de ruídos danosos à fauna marinha. Além disso, um armador preocupado com o futuro do planeta sempre dará preferência para as tecnologias mais limpas, por mais que sejam mais caras, pois sabem que o benefício é conseguido a longo prazo. A existência de poucas leis que definem os níveis de ruídos nos mares não é uma explicação plausível para que não tenhamos cuidado e diminuamos o barulho com as medidas possíveis.

6 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR ÓLEO

A esmagadora maioria dos acidentes que ocorrem envolvendo vazamento de óleo nos mares envolve navios petroleiros, ou seja, aqueles que transportam o óleo de determinada região para outra. Ao longo dos anos, várias foram as medidas adotadas para a construção desse tipo de embarcação, visando prevenir ao máximo esses episódios.

Antes da entrada em vigor da MARPOL, os petroleiros possuíam tanques como qualquer outro navio, formados por duas anteparas transversais fechados por duas longitudinais. A partir de 1976, várias medidas foram sendo implementadas pela MARPOL, visando a diminuição de riscos ambientais ao se transportar óleo.

Somente em 1996 consegue-se implementar a medida que obriga todo e qualquer navio petroleiro com arqueação bruta igual ou superior a 20.000 toneladas a possuir casco duplo. Foi um grande avanço para a prevenção da poluição por navios e abriu portas para que novas tecnologias fossem surgindo para aprimorar ainda mais as embarcações.

6.1 Casco duplo

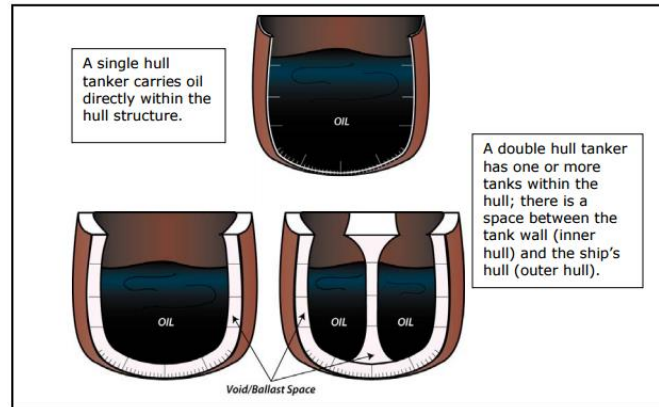
Um petroleiro de casco duplo é um navio projetado para transportar óleo a granel, em que os espaços de carga estão protegidos do ambiente por um casco com duplo fundo. Estes espaços podem ser cheios de lastro, que tem como objetivo melhorar a estabilidade da embarcação.

A eficácia dos navios-tanque de casco duplo para reduzir o risco de poluição foi fortemente debatida durante o desenvolvimento tanto da OPA 90 (Oil Pollution Act of 1990) quanto da MARPOL. O raciocínio básico utilizado para suportar os requisitos de casco duplo, a nível federal e internacional é que o casco duplo reduz o risco de derramamentos de petróleo que ocorrem durante um encalhe ou colisão.

Como as transições da frota de petroleiros internacionais para navios de casco duplo, mais exemplos tornam-se disponíveis do potencial desse tipo de casco para reduzir ou mesmo prevenir derrames de petróleo sob determinados cenários.

Tem havido uma série de incidentes em que um casco exterior do navio-tanque foi violado, mas a poluição tem sido evitada pela contenção proporcionada pelo casco interior, que permanece intacto.

Figura 7 – Casco simples e casco duplo.



Fonte: Site Oil Spill Solutions

A instituição do casco duplo para os petroleiros ocorreu após o acidente com o Exxon Valdez, em 1989. Medidas de prevenção a esse tipo de poluição já existiam antes do vazamento, mas não foram eficazes para evitar o ocorrido.

Um relatório publicado em 1989 pela Guarda Costeira na sequência do derramamento de óleo do Exxon Valdez previu que, se o navio foi construído com um duplo fundo, os cerca de 11 milhões de litros de óleo derramado poderia ter sido reduzido em tamanho em até cinquenta por cento.

Este tipo de análise estimulou vários esforços de pesquisa dentro dos Estados Unidos para tentar melhor entender e quantificar como a quantidade de óleo derramado de casco duplo petroleiros podem ser diferentes de cascos simples.

O grande problema a ser enfrentado para a construção de navios com casco duplo reside ainda nas bandeiras de conveniência. Diversos navios acabam por adotar bandeiras de países que não possuem políticas que obrigam os petroleiros a serem construídos de maneira a evitar ao máximo acidentes com vazamento de óleo. A construção fica menos onerosa, mas os riscos de desastres ambientais aumentam.

Não se pode esperar que acidentes com danos tão extensos como o do Exxon Valdez ocorram para que medidas mais severas sejam tomadas. Estamos falando do meio ambiente, essencial para a vida na Terra; não podemos descuidar um instante. As pesquisas devem sempre estar um passo à frente de possíveis falhas. O clichê de

“aprender com os erros” não pode se tornar uma frase padrão quando se trata o futuro do planeta.

6.2 Sistema de backup

Diversos navios responsáveis por perfurações de poços de petróleo e até mesmo plataformas fazem uso do backup existente nos sistemas de posicionamento dinâmico para evitar possíveis acidentes com óleo.

Esse sistema de backup tem como principal função evitar que falhas ocorridas no próprio navio gerem danos maiores à toda a embarcação, principalmente falhas relacionadas à perda de posição. Não é uma tecnologia que atue direto na prevenção da poluição por óleo, mas o simples fato de minimizar possíveis perdas de posição durante uma operação já diminui em muito os riscos de um acidente ocorrer.

Não são todos os navios que possuem um sistema de backup, uma vez que não é um item obrigatório na construção naval. Porém, o armador só terá vantagens instalando esse sistema a bordo de seus navios.

7 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR ÁGUA DE LASTRO

Vários estudos têm considerado os diferentes tipos de telas, filtros ou filtros de membrana para o tratamento a bordo da água de lastro. Em geral, existem compensações entre eficiência, tamanho, complexidade e custo. Os sistemas que são capazes de remover organismos muito pequenos a um fluxo aceitável tendem a ser grande e o sistema tende a torná-los mais complexos e mais onerosos.

De um modo geral, a disposição preferida é filtrar a água de lastro de uma vez no momento em que o navio é carregado, de modo que a água de refluxo possa ser descarregada de volta para as águas de origem, em vez de ser armazenado para o tratamento e / ou eliminação posterior.

Outra tecnologia que tem sido sugerido para utilização a bordo é a separação ciclônica, que remove partículas por ação centrífuga.

Embora estas tecnologias possam ser usadas tanto a bordo ou em terra, existem outros métodos, geralmente mais baratas para remover organismos e sedimentos, que são apenas adequados para utilização em terra. Estes incluem tanques de sedimentação e de filtração granular. No entanto, os requisitos para o espaço ou as condições ainda não podem ser encontrados a bordo.

Seja qual for a tecnologia usada para a remoção de partículas, se empregadas a bordo ou em terra, é improvável que seja eficaz na remoção dos organismos menores presentes na água ou, no caso de separação ciclônica, para remover organismos com uma gravidade específica próxima à da água de lastro.

Assim, qualquer tratamento provavelmente terá que ser seguida por um adicional para matar os organismos restantes, tais como a aplicação de biocida ou de desinfecção UV.

7.1 Tratamento a bordo

Os principais métodos utilizados são:

- a) Radiação ultravioleta: essa radiação é conseguida artificialmente através de lâmpadas fluorescentes e incandescentes. Basicamente, irradia-se luz ultravioleta na água do mar adquirida pela embarcação. Essa luz vai induzir mutações fotoquímicas nos organismos, quebrando

as ligações químicas no DNA e levando-os a morte. A bordo, são instalados tubos de Teflon e as lâmpadas ultravioletas são fixadas externamente a estes tubos. Destaca-se que este tratamento não é eficaz em organismos maiores, devendo ser complementado com a filtração.

- b) Filtração: como o próprio nome diz, este processo faz uso de filtros, que evitam a passagem de organismos maiores para o tanque. Pode-se remover zooplâncton e grandes fitoplânctons, mas é ineficaz na redução de concentração da maioria dos microorganismos. Deve-se utilizar outro tratamento juntamente com a filtração para obter resultados satisfatórios.
- c) Ozônio: é um poderoso agente que mata vírus e bactérias, incluindo esporos. Esse gás é produzido através de um gerador que consiste, basicamente, em um tubo no qual passa o oxigênio e onde uma descarga elétrica constante, gerada através de um transformador nele presente, transforma a molécula de oxigênio (O₂) em molécula de ozônio (O₃). Misturado na água, o ozônio garante uma alta taxa de mortalidade, dependendo da concentração e do período de exposição.
- d) Biocidas: os biocidas são utilizados para tratamento da água e podem ser eficientes no tratamento dos microorganismos.

O biocida mais conhecido é cloro empregado no tratamento de água e esgoto. A eficiência do cloro está relacionada com o pH neutro. Em geral, costuma-se neutralizar a água antes da aplicação do cloro. Como a água do mar apresenta pH alcalino, ou seja, em torno de 8, este é um dos principais problemas da utilização do cloro como tratamento. Em contato com o cloro, a água do mar produz trihalometanos. Este composto, gerado, a partir da mistura do cloro com os organismos presentes na água de lastro, é classificado como cancerígenos (SILVA e FERNANDES, 2004).

- e) Aquecimento: apesar de estar sendo exaustivamente testado, ainda não se chegou a uma temperatura ideal para a eliminação de todos os microorganismos. Em resumo, todas as alternativas térmicas buscam captar o calor gerado pelas máquinas do próprio navio para aquecer a água de lastro. Porém, o calor demandado para aquecer uma ampla quantidade de água em uma embarcação é muito grande, sendo necessária a adição de encanamentos para bombear a água de lastro através de trocadores de calor existentes.

Não há justificativa para o despejo de água de lastro sem o devido, já que há vários meios que podem ser utilizados e leis que regulamentam essa prática. Além disso, muitos dos meios existentes não são onerosos e podem ser realizados sem complexidade.

7.2 Tratamento em terra

O tratamento da água de lastro em terra consiste, resumidamente, em captar a água dos tanques de lastro dos navios e armazená-la em tanques geralmente presentes nos próprios portos para que sejam tratadas por determinado método físico ou químico.

Estudos comprovam que estações em terra, apesar de exigirem mais mão de obra para a transferência da água de bordo para terra, apresentam inúmeras vantagens. Entre elas podemos citar a economia de espaço a bordo e a possibilidade de utilização de diversos produtos químicos mais seguramente, não colocando em risco a tripulação e até a carga que o navio transporta. Além disso, pode-se ter o controle efetivo do local do despejo da água de lastro e o controle da qualidade do tratamento.

O principal entrave encontrado é a necessidade de tancagem no porto, bem como instalação de rede de dutos para captação da água de lastro e, em muitos casos, uma adaptação do sistema de drenagem dos navios. Contudo, todos os custos com a instalação dessas estações não inviabilizam a ideia, uma vez que é uma alternativa eficaz para o controle da bioinvasão, além de ser vantajoso para o armador usufruir desse modelo ao invés de investir em instalações de sistemas a bordo das embarcações.

7.3 Sistema móvel de coleta e tratamento

Uma possibilidade de tratar a água de lastro é através de estações móveis (navios/barcaças) que podem tratar a água dos navios que não dispõem de instalações de tratamento a bordo, ou mesmo captar a água de lastro do navio e transportá-la para uma unidade de tratamento costeira. (CARLTON, 1995; WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2007).

Segundo Pereira e Brinati, “Isto exigiria o transporte de grandes quantidades de água de lastro através de grandes portadores de carga. ” (2008). Pode-se fazer o uso de barças oceânicas ou até petroleiros desativados e adaptados para a operação.

O sistema móvel não é muito utilizado, mas não deixa de ser uma opção viável e cumpre bem seu papel no caso da indisponibilidade de outros meios.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal mostrar as principais tecnologias presentes a bordo de embarcações mercantes para a prevenção da poluição ambiental, dando uma ênfase maior nas poluições atmosférica, sonora, por óleo e por água de lastro.

Preferiu-se trabalhar primeiramente com um enfoque mais amplo e logo em seguida detalhar os tipos de poluição e as soluções existentes para a prevenção. Isso fez com o que o leitor pudesse se familiarizar primeiramente com o assunto abordado para então entender melhor as soluções apresentadas. Além disso, foram abordados de forma sucinta alguns aspectos legais relativos ao tema, garantindo uma ampliação do tema em estudo.

Várias são as tecnologias utilizadas para se evitar acidentes a bordo que podem gerar danos ao ecossistema marinho. Ao longo da pesquisa foram citadas as mais importantes e eficientes existentes até então, como é o caso do scrubber ou torre de lavagem, para a prevenção da poluição atmosférica, e o casco duplo em petroleiros, prevenção da poluição por óleo.

O tema é bastante atual e ainda há muito a ser pesquisado sobre o assunto, sendo imprescindível a busca constante por informações. O assunto se mostra bem amplo, não sendo possível abordar todas as suas faces em um único trabalho, pois o tornaria muito extenso. É possível que novos trabalhos sejam desenvolvidos a partir deste, detalhando determinado tipo de poluição e/ou mostrando as atualizações realizadas nas tecnologias já citadas nos capítulos anteriores ou até mesmo focando na legislação pertinente ao assunto.

Espera-se que o trabalho tenha ajudado ao leitor a melhor entender que é possível o desenvolvimento de equipamentos que minimizam os danos causados pelo crescente uso do transporte marítimo, destacando a importância desse estudo e da conscientização da população acerca da poluição por navios. Há ainda a ambição de que a abordagem do tema possa servir como estímulo para maiores avanços na área, garantindo um aumento na quantidade de meios que visam a solução do problema gerado pelos gigantes do mar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A busca por navios não poluentes. Disponível em <http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=380>. Acesso em: 12 mai. 2015.

ANDERS ANDREASEN AND STEFAN MAYER. **Use of Seawater Scrubbing for SO₂ Removal from Engine Exhaust Gas.** Disponível em <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ef700359w>>. Acesso: 10 jun. 2015.

ANTAQ. **Manual Detalhado de Instalações Portuárias para Recepção de Resíduos.** Disponível em <<http://www.antaq.gov.br/porta1/pdf/meioambiente/manualresiduosimo.pdf>>. Acesso: 20 mai. 2015.

Água de lastro. Disponível em: <<http://www.hamburgsud.com/group/pt/corporatehome/qualityenvironment/ecology/shippingoperations/ballastwater/ballastwater.html>>. Acesso: 10 jul. 2015.

BERNARDO LUIS RODRIGUES DE ANDRADE. **Otimização de cascos de embarcações a partir de formas básicas de séries sistemáticas.** Disponível em <<http://www.bv.fapesp.br/pt/bolsas/54083/otimizacao-de-cascos-de-embarcacoes-a-partir-de-formas-basicas-de-series-sistematicas/>>. Acesso: 25 jun. 2015.

CARGO NEWS. **Purificador de emissões utilizando água do mar.** Disponível em <<http://www.cargoedicoes.pt/site/Default.aspx?tabid=380&id=4604&area=Cargo>>. Acesso: 10 jun. 2015.

CHARLES SHEPPARD. **Marine Pollution Bulletin.** Disponível em <<http://www.journals.elsevier.com/marine-pollution-bulletin/>>. Acesso: 21 mai. 2015.

COLIN H. WALKER, D.R. LIVINGSTONE. **Persistent Pollutants in Marine Ecosystems.** Disponível em <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=s0cXBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=marine+pollution+2013&ots=sTnPPfy6dm&sig=DgvyOJfehS2BUY3WJM9SqOQ688s#v=onepage&q=marine%20pollution%202013&f=false>>. Acesso: 03 jul. 2015.

Eco Bunker. Disponível em <<http://ecobunker.co.uk/>>. Acesso: em 02 de julho de 2015.

ELISE DECOLA. **A Review of Double Hull Tanker Oil Spill Prevention Considerations.** Disponível em: <http://www.pwsrca.org/wp-content/uploads/filebase/programs/oil_spill_prevention_planning/double_hull_tanker_review.pdf>. Acesso: 06 jul. 2015.

GERARD PEET. **The MARPOL Convention: Implementation and Effectiveness.** Disponível em <

<http://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/ljmc7&div=48&id=&page>. Acesso: 03 jun. 2015.

GILBERTO DÓRIA DE VALLE FILHO. Redução do consumo de combustíveis em navios. Disponível em < <http://transportemaritimoglobal.com/2014/01/06/reducao-de-consumo-de-combustivel-em-navios/>>. Acesso: 03 jul. 2015.

Marine Conservation: Conservation of Marine Life and Habitats. Disponível em < <http://marinelife.about.com/od/conservation/>>. Acesso: 02 jul. 2015.

MARPOL. Disponível em < <https://www.ccaimo.mar.mil.br/marpol>>. Acesso: 02 jun. 2015.

MIRANDA, Taise Luz. AGENDA AMBIENTAL PORTUÁRIA: ANÁLISE E ESTUDO DE CASO DO PORTO DE SALVADOR. 2008. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

NOX 2008: as regras para os navios poluírem menos. Disponível em < <http://testobrasil.com.br/blog/nox-2008-regras-para-os-navios-poluirm-menos/>>. Acesso: 12 mai. 2015.

Poluição causada pelos navios. Disponível em < <https://qualidadeonline.wordpress.com/2010/07/21/a-poluicao-causada-pelos-navios/>>. Acesso: 12 mai. 2015.

Prevention of Marine Pollution. Disponível em < <http://www.deutsche-flagge.de/en/environmental-protection/prevention-of-marine-pollution-marpol>>. Acesso: 20 mai. 2015.

RENATA BROCKELT GIACOMITTI. **Poluição Marinha:** responsabilidades. Disponível em < http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/coea/Poluicao_Marinha.pdf>. Acesso: 03 jun. 2015.

Resistência ao avanço. Disponível em < <http://www.bv.fapesp.br/pt/assunto/156517/resistencia-ao-avanco/>>. Acesso: 10 jun. 2015.

SINDARMA. **A poluição do ar por navios.** Disponível em < http://www.syndarma.org.br/upload/A%20POLUI__O%20DO%20AR%20POR%20NAVIOS.pdf>. Acesso: 20 mai. 2015.

What is an air scrubber. Disponível em < <http://www.wisegeek.com/what-is-an-air-scrubber.htm>>. Acesso: 13 jun. 2015.