



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



**PAULO MARTINHO LEMOS DE MENEZES**



**GERENCIAMENTO DA ÁGUA DE  
LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS E  
A BIOINVASÃO**

**RIO DE JANEIRO**

**2013**

**PAULO MARTINHO LEMOS DE MENEZES**

**GERENCIAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS E A  
BIOINVASÃO**

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

Orientador (a): Comandante Paulo Roberto Valgas Lobo

Rio de Janeiro

2013

**PAULO MARTINHO LEMOS DE MENEZES**

**GERENCIAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS E A  
BIOINVASÃO**

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

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador (a): Paulo Roberto Valgas Lobo

**CAPITÃO-DE-MAR-E-GUERRA**

---

Assinatura do Orientador

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

Aos meus pais por tudo em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço ao Comandante Valgas pela paciente orientação desta monografia. Seu direcionamento de pesquisa, suas sugestões e apontamentos para o bom desenvolvimento do trabalho, certamente sem sua orientação, a finalização desta monografia não teria sido possível. Agradeço também aos meus pais pelo apoio incondicional durante toda a graduação.

*“Apersistência é o menor caminho para o êxito.”*  
*(CHARLES CHAPLIN)*

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação do risco de invasão de agentes exóticos e patogênicos (suas consequências para a economia, meio ambiente e saúde) através do gerenciamento da água de lastro e sedimentos de navios, pois o movimento global da água de lastro é, dentre diversos outros, o vetor de transferência de tais organismos mais importante na atualidade. Segundo estimativas da IMO (Organização Marítima Internacional), de três a cinco bilhões de toneladas de água são transportadas entre os oceanos do mundo anualmente através do lastro dos navios. As condições desse transporte permitem que não somente a água seja transportada pelo lastro dos navios, como também uma infinidade de organismos que, sobrevivendo dentro dos reservatórios, são deslocados para outros ambientes costeiros havendo mudança de hemisfério. Esse transporte de elementos exóticos possui reflexo direto nos ecossistemas das grandes regiões de conexão do comércio internacional. É, portanto, pertinente que se tenha conhecimento das legislações nacional – NORMAM 20 (Norma da Autoridade Marítima) que trata do gerenciamento da água de lastro de navios em águas brasileiras – e internacional – Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios – acerca da questão no sentido de entender os esforços dos governos para combater essa bioinvasão.

Palavras-chave: Marinha Mercante no Brasil. Oficial de Marinha Mercante. Navios Mercantes. Sistema de Propulsão.

## **ABSTRACT**

The present essay aims to carry out an evaluation of the risk of invasion of exotic and pathologic agents (its consequences to economy, environment and health) through ship ballast water management, since the global movement of ship ballast water is, amongst a number of other, the most significant transference vector nowadays. According to IMO (International Maritime Organization) estimates, three to five billion tons of water are transported annually through ship ballast water. This transport conditions allow not only the water to be transported, as well as countless organisms that, once surviving within the reservoirs, are misplaced in unusual coastal environments. This transport of exotic elements reflects directly on the ecosystems of the great international trade connection areas. It is, therefore, pertinent that national – NORMAM 20 (Maritime Authority Norm) which regulates the management of ship ballast water in Brazilian Waters - and international legislation – Ballast Water Management Convention - be known in regard to comprehending governments' efforts to combat this bio-invasion.

Key-words: Ship. Ballast. Bio-invasion. Convention. NORMAM 20.



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Prazo para o cumprimento das exigências da IMO em função da capacidade de lastro

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 Mexilhão Dourado

Figura 2 Mexilhão Dourado em Itaipu

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1 LASTRO</b> .....	13
<b>2 A BIOINVASÃO</b> .....	15
<b>3 A RELAÇÃO ENTRE A ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS COM A BIOINVASÃO E SUAS CONSEQUÊNCIAS</b> .....	17
<b>4 PRINCIPAIS CASOS DE BIOINVASÃO REGISTRADOS NO BRASIL E NO MUNDO E SUAS CONSEQUÊNCIAS</b> .....	19
<b>5 INICIATIVAS DA IMO</b> .....	22
<b>6 INICIATIVAS BRASILEIRAS</b> .....	27
<b>7 MÉTODOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS A BORDO DE NAVIOS</b> .....	30
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33

## INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo é feita uma breve explicação do que vem a ser o lastro do navio bem como a utilização de água do mar para esse fim. Essa utilização permitiu uma maior eficiência nas operações de carga e descarga do navio sem comprometer sua estabilidade ou sua estrutura.

No segundo capítulo, a bioinvasão é abordada mostrando os impactos ambientais causados por espécies invasoras. Apesar dos vários casos registrados no Brasil e no mundo, a bioinvasão depende da combinação de diversos fatores. A maioria das espécies introduzidas acaba não sobrevivendo no novo ambiente, e mesmo quando sobrevivem, esses organismos podem não se adaptar às condições ambientais. Entretanto, uma vez que todos os fatores forem favoráveis, pode-se ter, de fato, uma bioinvasão com proporções endêmicas.

No terceiro capítulo são relatados os problemas que podem advir do mau gerenciamento da água de lastro e sedimentos de navio, tais como: desequilíbrio de ecossistemas marinhos pela bioinvasão e prejuízos econômicos proporcionados pela expansão de espécies invasoras. O que torna, atualmente, as espécies marinhas invasoras uma das quatro maiores ameaças aos oceanos. Sendo esta, ao contrário de outras formas de poluição como derramamento de óleo, irreversível.

No quarto capítulo são citados os principais casos relatados de espécies invasoras introduzidas através da água de lastro e sedimentos e seus impactos em ecossistemas no território brasileiro. O caso mais importante é o do mexilhão dourado (*Limnoperma fortunei*), originário de rios e arroios da China e sudeste asiático, que tem causado problemas como o entupimento de tubulações e filtros de usinas hidrelétricas, degradação de espécies nativas e problemas relacionados à pesca. São também relatados os principais casos relatados no restante do mundo.

No quinto capítulo, são observadas as iniciativas que deram origem à legislação internacional que visa combater o transporte de espécies exóticas pelo mundo, bem como controlar as que já foram introduzidas a um ecossistema diferente. Foi destacado o Programa Global de Gestão de Água de Lastro (GloBallast). O principal item nesse campo é a

Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, estabelecida pela IMO.

No sexto capítulo são comentadas as iniciativas do Brasil com relação à questão, e como principal item de legislação tem-se a NORMAN 20 que regulamenta o gerenciamento de água de lastro e sedimentos de navios nas águas jurisdicionais brasileiras, determinando todos os procedimentos que devem ser observados por navios procedentes do exterior.

No capítulo sete, são analisadas as medidas de combate e controle, dentre as quais se encontram o tratamento da água de lastro a bordo dos navios através de tecnologias recentes. As principais alternativas são: filtração, hidrociclone, aquecimento, choque elétrico, irradiação por raios ultravioletas, aplicação de biocidas e desoxigenação. Vale ressaltar que nenhuma dessas tecnologias é uma solução definitiva para o problema, cabendo uma análise para se determinar o método mais adequado a ser utilizado.

Assim complementarmente será apresentada uma conclusão.

# CAPÍTULO 1

## LASTRO

De uma maneira inicial, é necessária uma explicação do que vem a ser o lastro dos navios, sua função, sua importância e os cuidados que surgem quando do seu gerenciamento.

A palavra lastro abrange qualquer material, independente de suas características intrínsecas (densidade, estado físico, forma entre outras), utilizado para fazer peso ou equilibrar um objeto. Como exemplo tem-se os sacos de areia utilizados em balões de ar quente que ao serem descartados, permitem a subida do mesmo. Já no caso dos navios, o lastro é usado para contrabalancear os momentos transversais e longitudinais de modo a garantir condições mínimas de estabilidade necessárias à segurança e à boa operação do navio, estando o navio totalmente carregado ou não. De uma maneira mais simplificada, a água de lastro é usada para estender o calado do navio, compensar perdas de peso por consumo de combustível e água consumível, regular os esforços na estrutura do navio, e distribuir adequadamente o peso no navio de forma a assegurar que o centro de gravidade e o compasso do navio fiquem em valores adequados ao calado e ao tipo de navio.

Por séculos, o lastro foi sólido, na forma de pedras, areia ou metais, o que por vezes causava certa instabilidade aos navios, especialmente nas operações de carga e descarga nos portos. Somente por volta da década de 1870, com a melhoria da estrutura dos navios, começou-se a utilizar água do mar em tanques para o lastreamento em embarcações, o que em muito facilitou essas operações, pois, além de permitir um melhor controle da estabilidade do navio, representa um recurso de obtenção muito mais fácil de se obter e de se operar. Normalmente, a água de lastro é carregada por bombeamento ou gravidade em tanques de lastro ou em porões de carga vazios.

Sendo então a água o material usado atualmente no lastreamento de navios, a Organização Marítima Internacional (em inglês IMO), através de sua Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios define que “Água de lastro significa água com seu material em suspensão tomada a bordo do navio para controlar trim, adernamento, calado, estabilidade ou tensões de um navio.”

É bem provável, no entanto, que somente durante e após a Segunda Guerra Mundial, a água tenha passado a figurar com grande participação com essa finalidade, pois o incremento no tamanho dos navios requereu, claro, um aumento dos tanques de lastro fazendo com que a água circulasse em grandes volumes. Além disso, a modernização das máquinas e sistemas de propulsão proporcionou o aumento da velocidade dos navios e a redução do tempo de carga e descarga nos portos, assim sendo, mais viagens passaram a ser feitas, conseqüentemente, mais operações de lastreamento.

Hoje em dia, a maioria dos navios possui alguma quantidade de água de lastro a bordo, que pode ter diversas origens: pode ser água doce, salobra, ou salgada. A quantidade carregada pode variar enormemente de acordo com o navio, podendo ser da ordem de algumas centenas de toneladas de lastro residual a milhares de toneladas para navios de grande porte. Mas estimativas sugerem que entre 3 e 4 bilhões de toneladas por ano sejam transportadas atualmente através do lastro de navios (Alexandre de Carvalho Leal Neto, 2007), o que é razoável, uma vez que o transporte marítimo responde por cerca 80% do comércio mundial.

## CAPÍTULO 2

### A BIOINVASÃO

A bioinvasão é o fenômeno que ocorre quando há a introdução, acidental ou não, de uma espécie invasora, ou seja, uma espécie não nativa, num dado ecossistema. Tais espécies podem ser chamadas também de exóticas ou estrangeiras. Porém uma espécie introduzida pode não conseguir estabelecer uma população viável a longo prazo. De fato, a maioria não se estabelece devido à inibição de uma determinada fase essencial no seu ciclo de vida por um ou mais fatores locais – stress físico e pressões defensivas por parte do ecossistema e comunidades nativas, ou falta de estímulos críticos e condições ou mecanismos que facilitam a sua dispersão – que limitem o seu crescimento, reprodução ou que causem uma alta taxa de mortalidade, de maneira que somente em caso de repetidas inoculações será possível a detecção de uma população da espécie no local de invasão.

Existem nove critérios para avaliar se uma determinada espécie é invasora ou nativa, sendo os seis primeiros em escala regional e os restantes numa escala mais global:

- 1- Aparecimento súbito num local onde não havia relatos de sua existência
- 2- Ampliação de sua distribuição em seguida
- 3- Associação da dispersão da distribuição da espécie a mecanismos humanos
- 4- Associação ou dependência de outra espécie previamente introduzida
- 5- Predominância em ambientes anteriormente não ocupados ou ambientes artificiais
- 6- Distribuição restrita em comparação a das espécies nativas
- 7- Distribuição mundial disjunta da espécie
- 8- Capacidade de dispersão passiva ou ativa insuficiente para explicar a distribuição observada
- 9- Isolamento de espécies genética e morfológicamente similares existentes em outras partes do mundo

Após a introdução, a espécie invasora se estabelecerá, isto é, se conseguir se adaptar às condições do local de introdução, conforme foi dito anteriormente. Uma espécie estabelecida pode ser definida como uma espécie introduzida que com ao menos uma população aparece viável em tamanho; exhibe estrutura de idade madura; persiste, por meios



naturais, em pelo menos uma área por um determinado período e que tenha se dispersado ou ameace fazê-lo por meios naturais ou antrópicos. Para que uma espécie se estabeleça plenamente, três fatores são observados:

- 1- Número de inoculações – quando várias inoculações são feitas, organismos são introduzidos em diferentes áreas, aumentando as chances de a espécie conseguir enfrentar as condições abióticas (temperatura, salinidade, habitat e outros fatores físico-químicos) e bióticas (disponibilidade de alimento, competidores naturais, presença de predadores, entre outros).
- 2- Quantidade de indivíduos introduzidos – a espécie introduzida aumenta consideravelmente suas chances de estabelecimento e dispersão.
- 3- Similaridade ambiental – quanto maior a similaridade da área receptora com a área doadora, mais facilmente o invasor se adapta. Porém há casos em que o invasor possui alta tolerância às diferenças entre o seu habitat natural e o local de inoculação.

Mas nem sempre que uma espécie é introduzida e se estabelece plenamente ela causa danos ao ecossistema invadido. Para ser nociva, após o seu estabelecimento, a espécie invasora tem que realizar ao menos uma das seguintes ações:

- Colonizar áreas não necessariamente vagas deslocando espécies nativas através de competição
- Infectar, parasitar, predação ou danificar espécies recreativas ou comerciais importantes
- Lançar toxinas que se acumulam na cadeia alimentar ou envenenar outros organismos
- Causar perdas econômicas consideráveis para a infraestrutura local

Nesse trabalho será dada maior atenção aos casos de bioinvasão de espécies nocivas que geram graves consequências para a fauna e flora de ambientes aquáticos, seja em águas fluviais ou marítimas próximas à costa tendo como vetor de transporte e introdução a água de lastro e sedimentos de navios.

## **CAPÍTULO 3**

# **A RELAÇÃO ENTRE A ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS COM A BIOINVASÃO E SUAS CONSEQUÊNCIAS**

Quando o navio capta água para a operação de lastreamento, seja por gravidade ou por sucção através de bombas, capta também sedimentos em suspensão. E é justamente no sedimento que a maioria das espécies de bactérias, plantas, animais e outros organismos encontram a possibilidade de sobreviver mesmo após longas viagens com semanas de duração.

Ao atracar no porto, o navio realizará operações de carga ou descarga, o que invariavelmente resultará na necessidade de se alterar a quantidade de água de lastro nos tanques. Assim, a água captada num determinado porto, pode ser responsável pela introdução de uma espécie exótica nesse porto no momento de sua descarga. Desde a introdução de navios com cascos de aço no final do século XIX, os constantes incrementos no tamanho e velocidades de propulsão dos navios faz com que as descargas de água de lastro e sedimentos de navios venham aumentando consideravelmente; e as durações das viagens diminuam, possibilitando que mais organismos sobrevivam nos tanques, causando um aumento expressivo na probabilidade, ao redor do mundo, do estabelecimento efetivo de espécies invasoras. Estima-se que ,diariamente, ao menos 7000 espécies (Leal Neto, 2007) sejam transportadas pela água de lastro e sedimentos de navios, o que faz da água de lastro e sedimentos de navios o mais significativo, dentre diversos outros, vetor de movimentos, transoceânicos e intraoceânicos, de organismos costeiros de águas rasas.

A água de lastro e sedimentos de navios é, também, um vetor de introdução de praticamente qualquer tipo de espécies invasoras. Mesmo nos casos em que indivíduos em tamanho adulto não sejam facilmente captados junto à água de lastro, quando se encontram no seu estágio larval. Como exemplo de tais organismos, encontram-se anêmonas, vermes, cracas, caranguejos, caracóis, moluscos, mexilhões, ostras e ouriços do mar. Os organismos presentes na água de lastro podem variar de micro-organismos a pequenos peixes de 30cm ou mais e podem ser enquadradas em quatro categorias:

- Plâncton: organismos que derivam passivamente, ou nadam moderadamente na água
- Necton: espécies que nadam sem nenhuma restrição na água
- Incrustantes: organismos que se fixam nas paredes e estruturas dos tanques de lastro
- Bentos: organismos de fundo ou bentônicos

Após a introdução, uma espécie estabelecida, consideravelmente expansiva, dispersiva e agressiva pode causar efeitos muito adversos. Sua introdução pode causar impactos ambientais, econômicos e para a saúde humana, que podem ser degradação de vias fluviais, mortes de peixes e outros organismos, enfermidade humana e até morte (e.g. devido a dinoflagelados tóxicos). E ao contrário do que se possa imaginar, a espécie estabelecida não precisa ser caracterizada como peste para causar danos expressivos. Há casos de espécies invasoras que afetam a flora e a fauna nativas por meio da competição por alimento, espaço, iluminação, habitat, entre outros recursos. A redução da biodiversidade local pode ocorrer pela alteração do substrato, parasitismo ou infecção. O caso mais extremo ecologicamente é a substituição de uma espécie nativa pela invasora. Isto afeta não uma, mas várias espécies dependentes do organismo substituído como fonte de alimento ou habitat, resultando no comprometimento da estrutura da cadeia alimentar devido à significativas alterações das relações biológicas dentro de um ecossistema.

É, portanto, através da alteração da distribuição natural de espécies nativas por meio da ação de espécies invasoras nocivas, que atividades econômicas como a pesca podem ser seriamente comprometidas, resultando em problemas socioeconômicos em comunidades que dependem essencialmente dessa atividade como, por exemplo, o caso do siri bidu que prejudicou a pesca do siri nativo no estado da Bahia.

Outro exemplo de prejuízo econômico que pode ocorrer é o do mexilhão dourado, que devido à sua rápida expansão pelo Bacia do Prata, e posteriormente pela Bacia do Paraná, tem causado entupimentos em encanamentos e incrustamento em equipamentos de usinas hidrelétricas brasileiras, e com isso causou perdas da ordem de milhões de reais devido a paralisações para manutenções que se fizeram necessárias desde que sua presença foi relatada em território brasileiro. Esses e outros casos serão abordados com maior detalhamento no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 4

### PRINCIPAIS CASOS DE BIOINVASÃO REGISTRADOS NO BRASIL E NO MUNDO

No Brasil, há vários casos relatados de estabelecimento efetivo de espécies invasoras, o que chama a atenção para a necessidade do controle e prevenção da bioinvasão. As principais espécies invasoras observadas em território brasileiro em ecossistemas aquáticos se encontram relacionadas abaixo:

- Siri Bidu (*Charybdis hellerii*). Esta é uma espécie de marinha de crustáceo de origem indo-pacífica, sem valor comercial, que prejudicou a pesca do siri nativo na Bahia. Atualmente, o siri bidu é observado também nas Baías de Guanabara e Sepetiba; e no estado de São Paulo.
- Isognomon bicolor. Espécie marinha de molusco bivalve de origem indo-pacífica que se parece com uma ostra e se prende a rochas através de filamentos, da mesma maneira que mexilhões. Habita as regiões entremarés dos costões da Bahia a Santa Catarina. Em Arraial do Cabo, essa bivalve ocorre em densos bancos, nos quais as espécies nativas hoje são raras.
- Algumas espécies de algas tóxicas, oriundas de outras partes do mundo, foram encontradas em diversas localidades da costa brasileira. Um fenômeno associado à presença de tais algas é a maré vermelha que pode causar irritação na pele humana, formigamento e entorpecimento dos lábios, paralisia e eventualmente a morte. Pode também matar algumas espécies marinhas, além de poder causar um prejuízo incalculável ao cultivo de ostras e mexilhões.
- Por fim, tem-se o famigerado Mexilhão Dourado (*Limnoperma Fortunei*). Este é o caso mais notável em território brasileiro. Esse mexilhão é nativo de rios e arroios chineses e do sudeste asiático que recentemente vem expandindo sua distribuição no mundo. Esse molusco foi introduzido, inicialmente, por meio da água de lastro e sedimentos de navios, na Argentina, em 1991. Por volta de 1998, sua presença foi registrada na foz do rio Jacuí, nas proximidades de Porto Alegre.



Figura1: Mexilhão Dourado – fonte: <http://www.pybio.org/wp-content/uploads/2008/06/bivalv21.jpg>

Do estuário da Bacia do Prata, o *Limnoperna Fortunei* se expandiu rapidamente para as partes superiores da Bacia do Rio Paraná, principalmente os grandes rios, numa velocidade de aproximadamente 240 quilômetros por ano. Sua presença em Itaipu foi constatada em 2001, e em 2002, foi encontrado também nas usinas hidrelétricas à jusante do Rio Paraná, a saber, Porto Primavera e Sérgio Motta, em São Paulo. Foi verificado que, com a intensa presença do mexilhão em usinas hidrelétricas, diversos elementos aderem às paredes internas das tubulações, às bombas e aos filtros, causando assim, entupimentos nas redes e válvulas, perdas de eficiência das bombas e aumento da força do fluxo de água sobre as grades de tal maneira que, de tempos em tempos, são necessárias paralisações nas operações de geração de energia, o que resulta em perdas econômicas para o país.



Figura 2: Mexilhão Dourado em Itaipu –

fonte:<http://jie.itaipu.gov.br/jie/files/files2009/image/20100709/mexilhao04.jpg>

Pelo mundo afora, existem diversas espécies invasoras já identificadas. Dentre elas, pode-se citar a água-viva (*Mnemiopsis leidyi*), oriunda do subcontinente norte-americano, que atingiu a região do Mar Negro, com uma densidade de 1 kg de biomassa por m<sup>3</sup>, eliminando o plâncton nativo, o que contribuiu para o colapso da indústria de pesca local. O principal problema gerado pelas grandes concentrações desse tipo de água-viva é o impacto negativo aos estoques de plâncton, matando de fome milhares de peixes. Por ser um animal tolerante a grandes variações de salinidade e temperatura e por sobreviver sem alimentação por longos períodos, supõe-se que tenha sido introduzido em várias partes do mundo graças à água de lastro dos navios.

A introdução do Kelp (*Undaria pinnatifida*), uma alga gigante que desloca ou elimina as comunidades naturais do fundo do mar, alterando o equilíbrio biológico da região da Austrália, tem sido um grande problema para o governo australiano. Trata-se de uma alga muito apreciada como alimento entre os povos asiáticos, sendo utilizada como ingrediente de sopas e molhos; ela tem sido cultivada desde a década de 1950, sendo produzida, principalmente, no Japão, China e Coréia, seu maior produtor. Pesquisas indicam que sua inserção em várias partes do mundo se deu através da água de lastro e sedimentos de navios.

## **CAPÍTULO 5**

### **INICIATIVAS DA IMO**

Toda a informação que foi apresentada no terceiro capítulo fez com que a Organização Marítima Mundial e a Organização Mundial da Saúde admitissem a potencial capacidade que a água de lastro e sedimentos de navios tem de causar danos ao meio-ambiente e à economia; e de promover a dispersão de bactérias de doenças endêmicas. E por meio desses dois organismos que estudos internacionais foram feitos, resultando na criação de legislações relacionadas à prevenção da introdução de espécies invasoras.

Em 1992, a Organização Marítima Internacional, após uma solicitação da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), deu início a uma abordagem sistemática para a questão da água de lastro e sedimentos de navios, tendo como principal meta a criação e implementação de regras adequadas para evitar a disseminação de organismos não nativos das regiões onde há descarga de água de lastro e sedimentos de navios.

A resposta da IMO à demanda da UNCED se deu através, principalmente, da criação do Programa Global de Gestão de Água de Lastro (GloBallast) tendo como base as recomendações e acordos dos governos envolvidos para a posterior criação e implementação da Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de lastro.

O projeto, que era denominado originalmente Remoção de Barreiras para a Implementação Efetiva do Controle da Água de Lastro e Medidas de Gerenciamento em Países em Desenvolvimento, visava ajudar os países em desenvolvimento a implementar medidas de caráter voluntário. Pretendia-se que seis locais de demonstração em seis países diferentes, chamados de países piloto, representassem as principais regiões em desenvolvimento do mundo. As seis localidades são:

- Sepetiba – Brasil
- Dalian – China
- Mumbai – Índia
- Khark – Irã

- Saldanha – África do Sul
- Odessa – Ucrânia

Dentre as várias premissas estabelecidas pelo programa, a principal delas era estabelecer parâmetros para Avaliação do Risco de Água de Lastro e de Levantamento da Biota do Porto e para tanto, estabeleceu uma metodologia para comparação do risco de contaminação entre o porto doador e o receptor. Esta análise é baseada na comparação de dados dos portos, na porcentagem do número de navios que chegam de um mesmo porto, e da porcentagem do volume de água que chega de um determinado porto. Assim, foram determinados os seguintes elementos de comparação:

- C-1 Coeficiente de risco de frequência de Visitas de Inoculação;
- C-2 Coeficiente de Risco de Volume de Inoculação;
- C-3 Coeficiente de Similaridade Ambiental;
- C-4 Coeficiente de Espécies de Risco do Porto Doador.

Além destes coeficientes, dois fatores de redução são utilizados:

- R-1 Fator de correção de risco em função do volume máximo por tanque descarregado
- R-2 Fator de redução de risco de armazenamento.

Com estes fatores é possível calcular o coeficiente global de risco, para classificar o grau de risco, segundo a origem da água de lastro. Para determinar estes parâmetros foram padronizados métodos aplicados nos seis países pilotos que participaram do programa. Deste modo, foi criado um banco de dados reunindo as informações necessárias para determinação dos coeficientes apresentados acima, bem como a utilização de softwares que permitiram apresentar mapas distintos com os dados de cada região. As fórmulas utilizadas para os cálculos não serão abordadas.

O programa foi iniciado efetivamente no ano de 2000, com uma duração prevista de três anos. Quando o GloBallast foi proposto, a comunidade internacional havia planejado adotar um regime regulador para o gerenciamento da água de lastro e sedimentos de navios em 2002. No entanto, devido à complexidade, as negociações entre os países membros da



IMO se estenderam mais do que o esperado, e por isso a conferência foi adiada para 2004. Assim com o intervalo entre o final do GloBallast e a adoção da nova conferência determinaria uma perda no impulso já obtido pelo programa. Logo, foi decidido que o programa seria estendido até dezembro de 2004. Os resultados obtidos durante os quatro anos em que o programa promoveu pesquisas, serviram de base para a adoção da Convenção Internacional para o Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, ou Convenção BMW 2004. Um segundo projeto foi aprovado em 2007, chamado GloBallast Partnerships. Nessa segunda fase, o novo projeto pretende ter um enfoque regional, apoiando reformas legais e de políticas para minimizar os impactos adversos de espécies aquáticas invasoras transferidas por navios em países/ regiões não cobertas na primeira fase como Caribe e ilhas do Pacífico.

A Convenção BWM 2004 foi adotada numa Conferência Diplomática em fevereiro de 2004 com a participação de 74 Estados Membros da IMO. Esta convenção só entrará em vigor 12 meses após a data em que não menos que 30 países, cujas frotas mercantes combinadas constituam não menos que 35% da arqueação bruta da frota mercante mundial, tenham assinado a mesma sem reservas no que tange a ratificação. Até o dia 31 de julho de 2013, somente Argentina, Austrália, Brasil, Finlândia, Maldivas, Holanda, Espanha e Síria haviam assinado convenção e 37 outros países eram contratantes, dentre os quais Canadá, França, Alemanha, Noruega, Suécia e Rússia.

A abordagem adotada pela Convenção BWM 2004 para o combate ao problema foi função da inexistência, no momento, de tecnologia que viabilize um tratamento da água de lastro a bordo dos navios que atenda padrões considerados seguros. Assim, foram estabelecidas uma norma para troca de água de lastro (Regra D-1) e uma norma de desempenho de água de lastro (Regra D-2). A Regra D-1 estabelece que:

1. Os navios que realizarem troca da Água de Lastro em conformidade com esta regra deverão fazê-lo com uma eficiência de pelo menos 95 por cento de troca volumétrica da Água de Lastro
2. Para navios que trocam a Água de Lastro pelo método de fluxo contínuo, o bombeamento de três vezes o volume de cada tanque de Água de Lastro deverá ser considerado suficiente para cumprir a norma descrita na convenção. O bombeamento por um número menor que três vezes poderá ser aceito desde que o navio possa demonstrar que pelo menos 95 por cento da troca volumétrica foi atingida

A regra D-2 estabelece que:

1. Os navios que realizam Gerenciamento de Água de Lastro em conformidade com esta regra deverão descarregar menos de 10 organismos viáveis por metro cúbico com dimensão mínima igual ou maior que 50 micrômetros e menos de 10 organismos viáveis por mililitro com dimensão mínima menor que 50 micrômetros e com dimensão mínima igual ou maior que 10 micrômetros. A descarga dos micróbios indicadores não deverá exceder as concentrações específicas descritas na convenção
2. Os micróbios indicadores, como norma de saúde pública, deverão incluir:
  - *Vibrio cholerae* toxicogênico (O1 e O139) com menos de 1 unidade formadora de colônia (UFC) por 100 mililitros ou menos de 1 UFC por 1 grama (peso úmido) de amostras de zooplâncton
  - *Escherichia Coli* com menos de 250 UFC por 100 mililitros
  - Enterococci Intestinal com menos de 100 UFC por 100 mililitros.

Desde a adoção da Convenção, a IMO vem se dedicando ao desenvolvimento e análise de diretrizes que visem garantir a aplicação global e uniforme de seus requerimentos. Alguns temas foram postergados sejam por questões de prioridade, complexidade ou até mesmo por incompatibilidades políticas entre estados membros.

A tabela a seguir indica os prazos para o cumprimento dessas exigências em função da capacidade de lastro dos navios.

Construção do navio	Capacidade de lastro (cal) em m <sup>3</sup>	Exigência
Antes de 2009	$1.500 \leq \text{cal} \leq 5.000$	D-1 após a entrada em vigor e D-2 após 2014
Antes de 2009	$\text{cal} < 1.500$ ou $> 5.000$	D-1 após a entrada em vigor e D-2 após 2014
A partir de 2009	$\text{cal} < 5.000$	D-2
Entre 2009 e 2012	$\text{cal} \geq 5.000$	D-1 após 2009 e D-2 após 2016
A partir de 2012	$\text{cal} \geq 5.000$	D-2

Tabela 1 Prazo para o cumprimento das exigências da IMO em função da capacidade de lastro

A Convenção BWM 2004 oferece significativa flexibilidade aos Estados Membros na determinação da natureza e extensão de seus regimes nacionais de controle de água de lastro. As ações dos países se dão em diferentes níveis de modo a garantir que a bioinvasão não ocorra.

## CAPÍTULO 6

### INICIATIVAS BRASILEIRAS

Durante todo o processo que culminou na criação e adoção da BWM 2004, o Brasil teve participação ativa nas discussões na IMO, inclusive com o desenvolvimento pela Petrobras de um método alternativo para a troca de água de lastro em alto mar. Tal método, conhecido como método de diluição, consiste em carregar água de lastro pela parte superior do tanque enquanto, simultaneamente, descarrega a água pelo fundo do tanque numa mesma vazão de modo que o nível no tanque se mantenha constante, e o navio mantenha suas condições de estabilidade inalteradas durante toda a viagem.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) teve contribuição relevante na área, no que trata de agentes patogênicos, por meio de diversos estudos realizados em portos do Brasil e a bordo de navios. Em junho do ano 2000, a agência iniciou uma coleta de formulários para informações sobre a água de lastro entregues de forma voluntária. A partir de 2001, a submissão do relatório passou a ter caráter mandatório para navios solicitantes da Livre Prática<sup>1</sup>.

Com a entrada em vigor da NORMAM-20/DPC em 15 de dezembro de 2005, os navios passaram a ser obrigados a efetuar a troca da água de lastro em alto mar. Os requisitos exigidos pela Autoridade Marítima Brasileira, Diretoria de Portos e Costa (DPC), foram informados aos Estados Membros da IMO em setembro de 2006. As principais características da NORMAM-20/DPC são:

- Exigência que os navios possuam Plano de Gestão da Água de Lastro e apresentem o Formulário de Água de Lastro;
- Diretrizes para a troca e captação de água de lastro, bem como para a descarga de sedimentos do tanque de lastro;

---

<sup>1</sup> Livre Prática é a autorização emitida, pelo órgão de vigilância sanitária, a uma embarcação procedente ou não do exterior a entrar em um porto do território nacional e iniciar as operações de desembarque e embarque de cargas e viajantes.

- Sujeita os navios escalem em terminais brasileiros à inspeção para a conformidade com esta norma;
- Estabelecimento da obrigatoriedade de troca de água de lastro para navios engajados em navegação entre bacias hidrográficas distintas.

Todo navio que chegue em qualquer porto brasileiro deve enviar para os órgãos fiscalizadores (Marinha do Brasil e Anvisa) o relatório de água de lastro, o qual deve ser enviado para as autoridades 24 horas antes de o navio chegar ao porto. Entretanto, navios de guerra, navios *supply boat*, barcos de pequeno porte e navios com lastro segregado são excluídos desta regulação.

A norma estabelece, também, parâmetros diferenciados para a operação na região amazônica: navios oriundos de viagens internacionais devem realizar duas trocas de água de lastro. Isto se deve às características do local, que apresenta trechos com ecossistema bastante frágil, e também porque ocorre nestas regiões o deságue dos rios no mar, o que pode gerar uma similaridade ambiental muito grande nestas regiões, devido a maior salinidade da água nestes trechos. Assim, para navios que adentrarem o rio Amazonas, a primeira troca deve ser realizada nos padrões da IMO, a segunda deve ser realizada em Macapá, em que a água dos tanques devem ser recicladas apenas uma vez. Os navios, que entram pelo Rio Pará, devem fazer a troca a 70 milhas da costa, entre Salinópolis e a Ilha do Mosqueiro.

Além da atuação da DPC, através da NORMAM-20, e da ANVISA, no Brasil, pesquisadores organizam-se a cada 2 anos para discutirem o problema da gestão da água de lastro, no Seminário Brasileiro Sobre Água de Lastro. Nesses seminários são discutidos os principais problemas e as ações que devem ser tomadas para se garantir uma melhor gestão da água de lastro.

Um passo importante que deve ser implementado no Brasil é o banco de dados *on-line* com registro da qualidade da água despejada pelos navios nos nossos portos. A publicação desses dados é muito importante para que pesquisadores, professores, estudantes e as tripulações possam identificar áreas de risco e prover um cuidado especial com a água de lastro captada antes de despejá-la nas águas brasileiras.

Cursos de Gestão Ambiental Portuária poderiam ser difundidos com o objetivo de conscientizar os agentes portuários dos riscos causados pela água de lastro. Centros de pesquisas focados no assunto deveriam ser criados no país, para identificar espécies e estudar

formas alternativas para tratar a água de lastro. Existe um mercado fabuloso para aqueles que desenvolverem tecnologias que atendam a 5 requisitos básicos para ser implementada: ser seguro para o navio e sua tripulação, ser ambientalmente aceitável, ser praticável, ser biologicamente efetiva e ser economicamente viável.

Mas ainda precisa ser mais rigoroso no controle, para evitar que os eventos apresentados anteriormente ocorram novamente.

## **CAPÍTULO 7**

### **MÉTODOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS A BORDO DE NAVIOS**

Uma alternativa para reduzir e minimizar o risco da bioinvasão é equipar os navios com sistemas de tratamento da água de lastro e sedimentos a bordo, para que sejam eliminados os organismos que porventura estejam presentes nos tanques de lastro.

Ainda que não existam alternativas 100% eficazes, a tecnologia atual permite uma grande gama de opções para a diminuição do problema, dentre as quais se destacam:

#### **1- Filtração**

Atualmente existem sistemas de filtração que impedem a entrada de organismos maiores nos tanques de lastro. No entanto, a grande quantidade de volume de água, o alto fluxo e os depósitos de matéria orgânica sobre as telas dos filtros são desafios no uso da filtração, além da necessidade de utilização de outras técnicas em conjunto para solucionar problemas com transporte de bactérias e vírus. Países como Austrália, Estados Unidos e Grã-Bretanha têm trabalhado no intuito de desenvolver novas técnicas que permitam o aperfeiçoamento do método de filtração.

#### **2- Ozonização**

Atualmente este processo é utilizado no tratamento de água potável e de água industrial, mas quando utilizado em água salgada e salobra reage com o cloro da água do mar e produz várias substâncias corrosivas, além de várias consequências adversas para a saúde ocupacional de quem lida com o sistema. É muito caro, o que pode inviabilizar o processo.

#### **3- Método de aquecimento**

O aquecimento da água dos tanques de lastro é efetivo e não libera substâncias tóxicas para o meio ambiente, podendo matar organismos indesejáveis, embora não todos. Faltam estudos a respeito do nível de aquecimento necessário para mortalidade de muitas espécies,

além de seus estágios císticos e larvais. É necessária, em vários casos, a queima de combustível para aquecer as grandes quantidades de água de lastro, não sendo considerada uma boa solução ambiental.

#### **4- Tratamento por desoxigenação**

A falta de oxigênio causa a morte de vários grupos de animais, como peixes, larvas de invertebrados e bactérias aeróbicas, mas não é considerado eficaz no tratamento de dinoflagelados, cistos, bactérias anaeróbicas e vários organismos bentônicos.

#### **5- Eletro-ionização**

Esta técnica tem sido utilizada para tratamento de água doce, e não existe ainda experiência para tratamento de água salgada e salobra, embora alguns sistemas pilotos estejam sendo desenvolvidos.

#### **6- Supersaturação de gás**

O sistema produz uma água de lastro com super saturação de gás e promove uma posterior redução da pressão com formação de bolhas, provocando efeitos de hemorragia e embolia nos organismos, levando-os à morte. A eficiência do processo varia conforme os grupos de organismos tratados, não se aplicando em vírus, algas, bactérias, protozoários e cistos de algas.

#### **7- Tratamento com ultravioleta**

Eficaz na eliminação de microorganismos, mas não para organismos maiores, protozoários, fungos e algas, sendo indicado o uso em conjunto com a filtração.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo de todo o trabalho foi dada absoluta importância à questão da bioinvasão através da água de lastro e sedimentos de navios e suas consequências para o meio ambiente aquático, bem como, no caso do mexilhão dourado, para a economia de um país.

O Brasil, através da Diretoria de Portos e Costa e da ANVISA, mostra-se preocupado e ativo na atuação no combate à bioinvasão que, como apresentado, tem causado consequências desastrosas nos locais onde ocorre no mundo afora.

Dadas essas considerações, é pertinente que o Brasil permaneça na posição de país engajado no esforço de combater esse fenômeno tão indesejado e que continue com participação efetiva na IMO no que se refere à questão.

Deve-se ressaltar que outros países também preocupam-se com o problema, fato esse evidenciado pela criação da Convenção Internacional para o Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios; e pela criação de diversos métodos de tratamento de água de lastro e sedimentos a bordo de navios. É esperado que com o grande interesse em se evitar a bioinvasão através da água de lastro e sedimentos de navios, esses métodos evoluam de maneira a aumentar sua eficácia para, se não 100%, bem próximo disso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Água de Lastro.** 2003. Artigo disponível em <http://www.ultimaarcadenoe.com/index1.htm>. Acessado em 16 de setembro de 2013.
- Água de Lastro Brasil.** Disponível em: <http://www.aguadelastrobrasil.org.br/faqs.html>. Acessado em 11 de setembro de 2013.
- Água de Lastro e as Espécies Exóticas.** Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/salgada/index.html&conteudo=./agua/salgada/artigos/aguadelastro.html>. Acessado em 12 de setembro de 2013.
- DPC.** Disponível em: <http://www.dpc.mar.mil.br>. Acessado em 12 de setembro de 2013.
- GLOBALLAST WATER MANAGEMENT PROGRAMME. *The problem.*** Disponível em: <http://globallast.imo.org/problem.htm>. Acesso em 17 de setembro de 2013.
- Invasões Biológicas Marinhas: Água de Lastro.** Disponível em: <http://www.zoo.bio.ufpr.br/invasores/aguadelastro.htm>. Acessado em: 19 de setembro de 2013.
- MMA.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/sqa/index.cfm>. Acessado em 15 de setembro de 2013.
- PERIGO ambiental - Água de Lastro coloca em risco ecossistemas e organismos nativos.** Disponível em: <http://www.portogente.com.br/texto.php?cod=3688>. Acessado em: 19 de setembro de 2013.
- COLLYER, Wesley O. *Água de lastro, bioinvasão e resposta internacional.* Revista Jurídica da Presidência da República, Brasília, v. 9, nº 84, p.145-160, abr./maio, 2007.
- LEAL NETO, A.C., Identificando similaridades: **Uma aplicação para a avaliação de risco de água de lastro.** Tese (Doutorado) apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro em Ciências em Planejamento Energético. 2007.
- SILVA, J. S. V.; SOUZA, C. C. L. **Água de Lastro e bioinvasão.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA BRASILEIRA. NORMAM-20.**