

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE LASTRO A BORDO DE NAVIOS

BALLAST WATER TREATMENT ALTERNATIVES ON BOARD SHIPS

Marcelo Muniz Santos¹

José Lucena da Rocha Neto ²

Resumo: Casos de bioinvasão no Brasil, e no exterior vem ocasionando sérios problemas ambientais e econômicos de grande ordem. Casos como o do mexilhão dourado, o do mexilhão zebra, e o da estrela do pacífico Norte, entre outros ocasionou problemas econômicos na atividade pesqueira, e na indústria como casos de entupimentos em resfriadores, e manutenção em turbinas hidroelétricas. Há muito tempo ocorreu a epidemia de cólera, isso também devido ao transporte de lastro entre continentes. Tratamentos da

água de lastro em terra são bastante onerosos, e necessitam de um apoio logístico. Tratamento de água de lastro a bordo apesar de ter que haver uma alteração no projeto, e haver espaço físico na praça de máquinas aparenta ser uma excelente alternativa, inclusive já existem projetos sendo fabricados, e estes já foram aprovados pela IMO. Também existe a alternativa de reúso da água de lastro, através da dessalinização por osmose reversa, em que se obtém água doce que pode ser destinada para outros fins. O pre-

1 Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA)

2 Petrobras



sente trabalho tem como objetivo demonstrar os problemas advindos da bioinvasão, e alternativas de tratamento de água de lastro, e suas vantagens.

Palavras-chave: Bioinvasão. Lastro. Tratamento da água de lastro.

Abstract: Cases of bioinvasion in Brazil and abroad have been causing serious environmental and economic problems of great order. Cases such as the golden mussel, the zebra mussel, and the North Pacific star, among others, caused economic problems in the fishing activity, and in the industry, such as cases of clogging in coolers and maintenance in hydroelectric turbines. The cholera epidemic took place a long time ago, this was also due to the transport of ballast between continents. Onshore ballast water

treatments are quite costly and require logistical support. Ballast water treatment on board despite having to change the project, and having physical space in the engine room seems to be an excellent alternative, there are already projects being manufactured, and these have already been approved by the IMO. There is also the alternative of reusing ballast water, through desalination by reverse osmosis, in which fresh water is obtained that can be used for other purposes. The present work aims to demonstrate the problems arising from bioinvasion, and ballast water treatment alternatives, and their advantages.

Keywords: Bioinvasion. Ballast. Ballast water treatments.

Introdução

O transporte marítimo,



por ser um dos mais econômicos e práticos meios de transporte de mercadorias entre grandes distâncias, transporta cerca de 75% dos produtos mundiais, de acordo com a Secretaria de Comércio exterior (SECEX, 2011), o que corresponde, só no Brasil, a aproximadamente 95% das exportações, o equivalente a 217 bilhões de dólares, com grandes impactos causados pela renovação da água de lastro. Além de movimentar quase todo o seu comércio exterior pela via marítima, possui uma zona costeira de proporções continentais, além de contar com a maior biodiversidade do planeta.

O início da regulação das questões marítimas se deu a partir dos anos de 1950 com o incremento na frota mundial de navios pesqueiros, sendo que várias conferências internacionais trataram da preservação dos ma-

res. Neste sentido, a ONU instituiu a agência especializada para o estudo e desenvolvimento de normativas específicas com vistas a minimizar os riscos oriundos do despejo de água de lastro, chamada International Maritime Organization (IMO), criada, em Genebra, em 1948.

A IMO foi o primeiro organismo internacional encarregado de elaborar dispositivos ligados à segurança marítima. Sua sede foi e continua sendo no Reino Unido e, até hoje, é a única instituição especializada das Nações Unidas nesta matéria, contando atualmente com 167 países membros. É dirigida por uma Assembléia, que se reúne de dois em dois anos. Entre as sessões da Assembléia, o Conselho, composto por 40 governos, eleitos pela mesma Assembléia, faz as vezes de órgão diretor. A Organização Marítima Internacio-



nal classificou as águas de lastro entre as quatro maiores ameaças à vida dos oceanos, juntamente com a destruição dos habitats marítimos, a superexploração dos recursos do mar e a poluição marinha de origem terrestre.

De acordo com a International Maritime Organization (IMO, 2011) estima-se que 10 bilhões de toneladas de água de lastro são transferidas anualmente em todo o mundo, com o transporte de 3 mil espécies de plantas e animais por dia, sendo que no Brasil, este volume estima-se em 40 milhões de toneladas de água de lastro descarregado anualmente (DPC, 2011).

Definição de lastro

Para dar peso, manter a estabilidade e a integridade estrutural dos navios utiliza-se o chamado “lastro”. No início do

transporte marítimo, até 1880 aproximadamente, os navios usavam lastro sólido como pedra, sacos com areia ou terra. Ocorre que o lastro sólido gera instabilidade nas embarcações, principalmente nos movimentos de embarque e desembarque de mercadorias.

“Durante muitos séculos, foram usadas pedras ou tijolos. No Brasil muitas destas pedras, trazidas a bordo das caravelas portuguesas, foram aproveitadas para o calçamento de algumas ruas, como ocorreu na cidade de Parati. As pedras eram substituídas pelas riquezas do Brasil-colônia, que passavam a ser o lastro das embarcações rumo à europa. Ficavam as pedras.” (KANESIRO, 2005, p. 79)

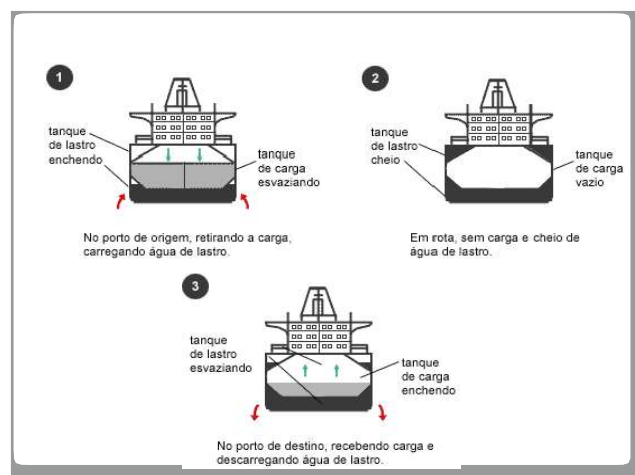
.Assim, com a evolução de novas tecnologias e o aumento da capacidade dos navios passou-se a utilizar a água como lastro, com



a sucção de águas nas mais variáveis condições e adversidades, situação que gera a poluição marítima através da água de lastro, a partir da transferência de espécies marinhas que ao serem lançadas, em habitats, diversos seus naturais poderão se tornar exóticas invasoras e causar severa degradação deste novo

meio em que estão inseridas. Em suma, quando o navio se encontra no porto de origem, sem carga, ele é carregado com água de lastro, ao chegar ao seu porto de destino, ao receber a carga ele descarrega a água de lastro, conforme figura 1.

Figura 1 - Funcionamento de tanque de lastro visto a partir de um corte transversal do navio



Fonte: (PORTO DE SANTOS, 2009).

Problemas ambientais advindos da água de lastro

O primeiro registro sobre a introdução de espécies exó-

ticas por meio da água de lastro foi feito por ostenfeld em 1908, depois da ocorrência de uma floração de diatomácea *Odontella sinensis* no Mar do Norte, endê-



mica da costa tropical e subtropical do Indo-Pacífico. Felizmente essa ocorrência não trouxe, aparentemente, efeitos nocivos.

Acredita-se que a bactéria *Vibrio cholerae*, causadora da cólera, chegou à América latina por volta de 1894 através das águas derramadas de tanques de navios. Ao contrário de outras formas de poluição marinha, em que ações mitigadoras podem ser tomadas e o meio ambiente pode eventualmente se recuperar, a introdução de espécies marinhas é, na maioria dos casos, irreversível.

Mostram os estudos que a cada nove semanas, uma espécie marinha invade um novo ambiente em algum lugar do globo.

Espécies introduzidas em locais diferentes de sua origem são conhecidas como espécies invasoras, alienígenas, exóticas, estrangeiras, não-nativas

e não-indígenas (MEDEIROS, 2004). Deste modo, uma espécie invasora pode ser definida como aquela que foi transferida de um local para outro e conseguiu se estabelecer em um novo habitat.

O fenômeno da dispersão dos organismos vivos presentes na água de lastro é conhecido de longa data, mas só passou a ser, realmente, considerado nos anos 1970.

As espécies exóticas invasoras, de qualquer tipo e por qualquer vetor, são consideradas a segunda causa mundial de perda da diversidade biológica.



Figura 2 – Navio em operação de deslastro



Fonte: Convenção Internacional para Controle e Gestão de Água de Lastro. Disponível em: www.mma.gov.br/conabio/_arquivos/apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019.

A introdução de espécies exóticas em comunidades naturais nas quais elas não existiam é, geralmente, mediada pela atividade humana e pode afetar tanto a biodiversidade – por causarem a perda de diversidade biológica podem ser considerados “poluentes biológicos” – quanto às atividades econômicas, com danos à atividade pesqueira, riscos sanitários, gastos com manutenção de turbinas em hidroelétricas, entre outros (CARLTON, 1985).

Apesar do esforço existente para produzir informações sobre o problema das bioinvasões

nas águas brasileiras, a maioria das publicações sobre as invasões nos ecossistemas aquáticos corresponde às ocorrências na América do Norte e Europa; em contrapartida, a África, o Oceano Índico, o sudoeste do Oceano Pacífico e a América Latina estão, ainda, pobremente documentados (PYSEK, et al., 2008).

De acordo com PEREIRA, 2012, os navios passaram também a ser um elemento altamente poluidor, conforme apresentado na Figura 3.



Figura 3 – Possíveis fontes de poluição do navio



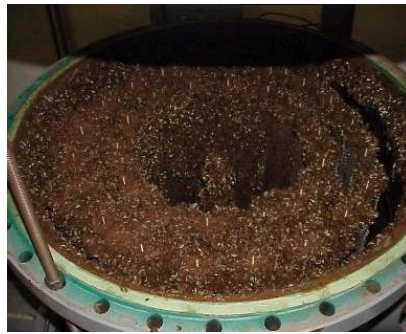
Fonte: Adaptado de Royal Caribbean International (2006) Leemans (2004) e Sköld (2011)

Casos de bioinvasão e espécies invasoras

Mexilhão dourado ou Limnoperma Fortune

De acordo com Marcela Chauviere do Carmo, as espécies aquáticas invasoras mais preocupantes são os Mexilhões Dourado e o Zebra, o Caranguejo Verde, o Cólera, a Estrela do Mar do Pacífico norte, a alga Marinha asiática, a Água Viva, os Dinoflagelados, o Comb Jelly e a Espartina (CARMO, 2011). Serão apresentadas a seguir, algumas espécies identificadas.

Figura 4 – Ilustração do mexilhão dourado



Fonte: Disponível em: <http://www.mma.gov.br> > conabio > _arquivos > apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019

O caso brasileiro mais notável é do “Mexilhão dourado” ou *Limnoperna fortunei*. Trata-se de uma espécie nativa de rios e outros cursos d’água chineses e do sudeste asiático, que foi encontrada, pela primeira vez, na desembocadura do rio da Prata, na costa argentina, em 1991. Provavelmente, foi introduzido acidentalmente por água de lastro de navios de carga. Seu primeiro registro no Brasil foi no Rio Grande do Sul, em 1998, na área do Delta do Jacuí, em frente ao porto de Porto Alegre (MMA, 2012).

Em Itaipu, o mexilhão dourado alterou a rotina de manutenção das turbinas da UHE, levando à redução do intervalo entre as paralisações, com custos de quase US\$ 1 milhão a cada dia de paralisação do sistema. O molusco força mudanças nas práticas de pesca de populações tradicionais e funde motores de pequenas embarcações. No Pantanal Mato-grossense, o mexilhão dourado já foi encontrado na barriga de peixes.

“Mexilhão zebra”



Figura 5 – Ilustração do Mexilhão zebra



Fonte: Disponível em: pt.wikipedia.org. Acesso em: 25 ago. 2019

Internacionalmente, o caso mais notório é o do mexilhão Zebra.

O gênero, que comporta a espécie “mexilhão zebra”, é um dos problemas ambientais mais sérios dos EUA.

A importação involuntária do Mexilhão Zebra (*Dreissena Polymorpha*) em água de lastro de portos europeus de água doce, na década de 80, fez com que se proliferasse em excesso e que obstruísse redes de água industrial.

Conforme Débora Pestana da Silva, sua capacidade de obstruir tubulações causa um

prejuízo estimado de US\$ 5 bilhões anuais. Além disso, o “mexilhão zebra” pode causar modificações no ecossistema de rios e lagos e levar à extinção de muitas espécies aquáticas.

Cistos de dinoflagelados



Figura 6 – Ilustração de cistos de dinoflagelados



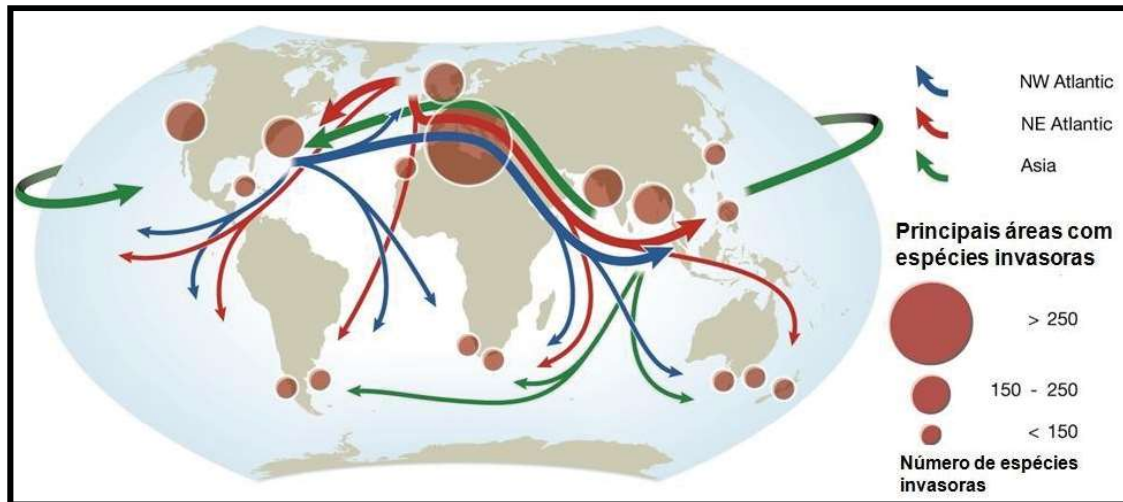
Fonte: Disponível em: repositorio.furg.br. Acesso em: 25 ago. 2019

Os cistos de dinoflagelados, encontrando condições favoráveis, germinam e se reproduzem intensamente, formando manchas coloridas, denominadas marés vermelhas. As toxinas produzidas contaminam os organismos aquáticos, e, além de muitos morrerem, os outros tornam-se, por certo período, impróprios para o consumo humano, o que causa grande prejuízo ao aquicultor. Embora as marés vermelhas sejam um fenômeno natural, se um navio capturar a água de lastro com essas algas tóxicas e transferi-las para outro

local, pode ocorrer o estabelecimento dessas espécies em novo ambiente.

Existem ainda outras espécies que não foram apresentadas neste trabalho, todavia, pesquisas estão sendo conduzidas por diversas universidades brasileiras com o objetivo de detectar espécies invasoras

Figura 7– Localização das espécies exóticas ao redor do mundo



Fonte: Adaptado de Globallast (2003)

De acordo com PE-REIRA, 2012, a figura a seguir mostra as principais regiões invadidas por espécies exóticas no mundo.

Métodos de controle da bioinvasão

O uso de tintas anti-incrustantes não garante, na sua totalidade, que espécies não sejam transportadas por esse vetor, visto a eficiência desse recurso possuir tempo de validade e ser

testado geralmente em escala regional.

Além disso, existem várias partes de navios e plataformas onde a tinta não é aplicada, como por exemplo, ralos de aspiração e hélices. Adicionalmente, as docagens e raspagens das estruturas de plataformas são normalmente realizadas em locais distantes de onde operam, o que pode facilitar a introdução de espécies no novo ambiente (FERREIRA, GONÇALVES E COUTINHO, 2004). Deve-se

considerar, ainda, que grande parte das tintas anti-incrustantes são a base de TBT (tributil-estanho) e estão em processo de banimento mundial, sem que seja disponível, no presente, nenhuma alternativa eficaz e economicamente viável para esse produto (GOLLASCH, 2002).

Por fim, embora não seja uma estratégia adaptativa, mas uma contingência histórica, outro fator importante para o sucesso das espécies invasoras é o estado de depauperamento do ambiente invadido (COHEN e CARLTON, 1998). Ambientes poluídos, por exemplo, podem facilitar o crescimento de espécies invasoras que nessas condições, provavelmente, encontram um ambiente de menor competição (DUFFY et. al., 2000).

O tratamento da água de lastro para livrá-la de uma potencial espécie invasora constitui

um grande desafio que precisa ainda ser equacionado.

Alternativas de tratamento de água de lastro a bordo de navios

Atualmente, estão sendo desenvolvidas muitas tecnologias para tratamento da água de lastro a bordo dos navios, algumas ainda se encontram em fase de validação e outras ainda na fase conceitual. As principais tecnologias existentes atualmente são: filtração, hidrociclone, aquecimento, choque elétrico, irradiação por raios ultravioleta, aplicação de biocidas e desoxigenação. Cada alternativa de tratamento apresenta vantagens e desvantagens em relação a custo, manutenção, eficácia e impacto ambiental com o produto final gerado, mas pode-se afirmar que nenhuma delas apresenta uma solução definitiva



para o problema da bioinvasão (PEREIRA e BRINATI, 2008a).

Um dos principais fatores que onera a instalação destes sistemas a bordo do navio é o custo de aquisição e, bem como os, de manutenção e operação. Outro aspecto é a heterogeneidade de navios, com diferentes fins, diferentes sistemas a bordo e idade. Markovina et al., (2007) explicam que, por exemplo, navios petroleiros antigos, não foram projetados para a instalação de um sistema de tratamento da água de lastro a bordo, devido à escassez de espaço na sala de máquinas, características dos equipamentos empregados na época de construção, além da habilidade e treinamento da tripulação para lidar com as especificidades das tecnologias aplicadas ao tratamento a bordo do navio.

Serão apresentados alguns dos principais métodos de

tratamento da água de lastro:

Filtração

Através da filtração, pode-se remover zooplâncton (pequenos animais marinhos), grandes fitoplânctons (organismos vivos); contudo, este sistema não pode reduzir a concentração de muitos microorganismos. (SILVA e SOUZA, 2004) explicam que o processo de filtração é amplamente utilizado para impedir o acesso aos tanques de organismos maiores, embora muitos aspectos precisam ser adequados à filtração para remoção de espécies indesejadas na água de lastro;

Acordo IMO, 2002 explica que este processo é amplamente utilizado para impedir o acesso aos tanques de organismos maiores, que eventualmente, poderá não ocorrer.



Os sistemas de filtragem exigem a limpeza periódica, que pode ser manual ou automática. Em geral, este sistema apresenta não mais que 70% de eficiência no tratamento quando utilizado isoladamente (DARDEAU et al., 1995).

Acordo Saho et al., 2004 apresentaram o protótipo de um sistema de tratamento usando supercondução magnética em conjunto com a filtração para limpar a água de lastro de navios. Acordo (PEREIRA, 2012) o sistema projetado é capaz de tratar 100 m³ de água por dia. O processo consiste em misturar a água contaminada com imã pulverizado em conjunto com líquido floco-oso, agitando a mistura até formar flocos magnéticos. Em seguida, a água é filtrada e a lama residual é armazenada. Acordo (PEREIRA, 2012) a conclusão da investigação é que 90% das partículas

presentes na água de lastro são retiradas em apenas 5 minutos; contudo novos testes estão sendo conduzidos para avaliar a real eficácia.

Radiação ultravioleta

A fonte primária de radiação ultravioleta é o sol, mas também pode ser emitida através de lâmpadas incandescentes e fluorescentes. O processo de tratamento consiste da irradiação de luz ultravioleta na água do mar captada pelo navio. A luz UV induz mudanças fotoquímicas nos organismos que irão quebrar as ligações químicas no DNA. Isto acarreta problemas na sobrevivência dos organismos, ou seja, ocorrem mutações levando-os a morte (MESBAHI, 2004). Nos navios, são instalados tubos de Teflon e as lâmpadas ultravioletas são fixadas externamente a estes



tubos. As lâmpadas emitem radiação em todas as direções e somente parte desta atinge o fluido que elimina os microorganismos. Salienta-se que este processo não tem o mesmo resultado para organismos maiores, por isso, em geral, busca-se combiná-lo com a filtração. Outro ponto importante é que sua eficiência se reduz com o aumento da turbidez da água (MESBAHI, 2004).

Ozônio

O ozônio é um gás alotrópico do oxigênio. O ozônio O₃ é um biocida usado no tratamento de água potável e em indústrias, não formando subprodutos tóxicos em água doce. O ozônio é certamente um poderoso agente, que rapidamente destrói vírus e bactérias, incluindo esporos, quando usado como desinfetante nos tratamentos de água conven-

cional (BROWN e CALDWELL, 2007). O ozônio é produzido através de um gerador que consiste, basicamente, em um tubo (dielétrico), no qual passa o oxigênio, e no qual uma descarga elétrica constante (efeito carona), gerada através de um transformador nele existente, transforma a molécula de oxigênio (O₂) em uma molécula de ozônio (O₃) (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2002).

Assim, o ozônio é mesclado na água. O efeito biológico depende da concentração e do período de exposição. Longos tempos de contato com ozônio garantem uma alta taxa de mortalidade (KAZUMI, 2007). Em sistemas industriais o ozônio é inserido na água através de borbulhamento, o que confere maior eficiência ao processo (MESBAHI, 2004).

Com uma aplicação de

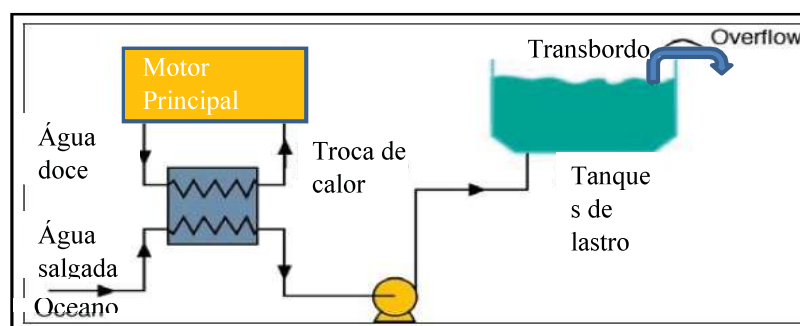


gás de ozônio no tratamento de água de lastro obteve-se aproximadamente 89% de eliminação do fitoplâncton presente na água. Além disso, o sistema reduziu o nível de clorofila presente na água. O O₃ causa uma significativa redução no Redox (indicador oxidação-redução) e, como consequência, produz a corrosão do metal, revestimentos e na vedação (MESBAHI, 2004).

Aquecimento

O tratamento térmico tem sido exaustivamente testado, mas não há certeza da temperatura ideal para eliminar todos os microorganismos, contudo, sugere-se eliminação ocorra a partir de 40° C (TSOLAKI e DIAMADOPOULOS, 2010). Este procedimento está esquematizado na Figura 16. Basicamente, todas as alternativas térmicas buscam captar o calor gerado pelas máquinas do navio para aquecer a água de lastro (RIGBY, 1994).

Figura 8 - Sistema de tratamento térmico



Fonte: Pereira e Brinati (2008) adaptado de Rigby (1994)

Acordo (PEREIRA, 1994) que recomenda utilizar (PEREIRA, 2012) este sistema foi originalmente proposto por (RIGBY, 1994) que recomenda utilizar o calor gerado pelas máquinas principais e pelo sistema de refri-



geração de água do navio. Existe em um navio muito calor disponível para aquecer uma grande quantidade de água. Encanamentos adicionais seriam necessários para bombear a água do lastro através dos trocadores de calor existentes. Estão em progresso investigações relacionadas com a temperatura do tratamento e o tempo necessário, para matar ou deixar inativos determinados organismos (TAYLOR, 1995).

(RIGBY, 1994) estimou que para aquecer 50.000 t de água de lastro do navio Iron Whyalla de 30°C para 45°C, durante a operação de lastro e deslastro seria necessário que o navio tivesse uma potência instalada de 70 MW, sendo que a potência das máquinas instalada no navio era de 13,7 MW. O tempo necessário para tratar este volume de água é de aproximadamente cinco dias. Além disso, para garantir a efici-

ência do sistema, a água de lastro aquecida deve ficar retida por algumas horas nos tanques antes de ser descartada. (RADAN e LOVRIC, 2000) explicam que para o tratamento ser eficaz a água deve ficar no mínimo por cerca de 7 horas, a uma temperatura variando entre 40°C e 45°C dentro do tanque de lastro. Contudo, o grande problema é manter a temperatura da água uniforme por longo tempo no mar.

Biocidas

Os biocidas são utilizados para tratamento da água e podem ser eficientes no tratamento dos microorganismos. O biocida mais conhecido é o 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 apli-



cação 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 cancerígeno (SILVA e FERNANDES, 2004).

O uso de biocidas pode causar câncer e desenvolver problemas reprodutivos nos animais (BALLAST WATER BIOCIDES INVESTIGATION PANEL, 2002).

Além disso, o uso destas substâncias coloca em risco a tripulação que manuseia estes compostos.

Acordo (PEREIRA, 2012) contudo, dependendo da situação, o cloro pode ser uma alternativa, principalmente em casos

de acidentes com navio, quando ocorrer vazamento ou liberação de água de lastro de locais de alto risco. Waite et al. 2000 apresentam o caso de um acidente que aconteceu com o navio petroleiro M/T Igloo Moon próximo a Miami em 1996. A água de lastro do navio precisava ser retirada para manter a flutuabilidade do navio. Contudo o lastro tinha sido captado em uma região de alto risco e o local em que o navio estava fundeado era de corais sensíveis. A solução encontrada foi tratar a água de lastro com cloro antes de lançá-la no local.

SILVA e FERNANDES, 2004, realizaram um experimento com cloro a bordo do navio graneleiro Frotargetina, em junho de 2000, no Porto do Forno em Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, em quatro tanques de lastro do navio. Os resultados indicaram uma redução de 70% da



quantidade de fitoplâncton presente na água de lastro do navio.

ZHANG et al., 2004, conduziram testes na China com amostras de água de lastro de vários locais e concluíram que a taxa de mortalidade de fitoplâncton foi da ordem de 80%, em aproximadamente 120 horas de contato da água com o produto, numa concentração de 1,55 mg/l. Os autores indicam que, ao invés de usar cloro, deve ser utilizado neste processo o dióxido de cloro, que não produz trihalometanos, sabor ou odores desagradáveis e ainda pode ser usado em qualquer pH.

Desoxigenação

Este processo consiste, basicamente, em inserir gás inerte via orifícios em tubulações que estão distribuídas no fundo dos tanques de lastro dos navios.

O gás inerte padrão gerado nos navios é composto de 84% de nitrogênio, de 12- 14% de CO₂ e 2% de oxigênio. Assim, este gás é inserido na água de lastro e o resultado é a falta de oxigênio na água, devido ao alto nível de CO₂ e à redução do pH de 8 para 6, o que leva a morte dos organismos presentes na água de lastro (HUSAIN et al., 2004).

A privação do oxigênio (ou a desoxigenação) é tóxica para peixes, larvas de invertebrados e bactérias aeróbias, mas é ineficaz contra as bactérias anaeróbicas e os estágios de cisto e esporo, incluindo cistos dos dinoflagelados. Assim, a desoxigenação é somente uma solução parcial para matar uma escala de espécies aquáticas encontradas na água de lastro.

(HUSAIN et al., 2004) concluíram que a utilização de gás inerte neste processo pode



matar 95% das espécies de fitoplâncton, zooplâncton, microalgas e invertebrados na água de lastro. O sistema de tratamento pode ser realizado com o navio atracado no píer ou totalmente automatizado enquanto o navio estiver navegando.

É necessária a instalação de múltiplos sensores dentro do tanque para monitorar o nível de pH e oxigênio. (MESBAHI, 2004) estimou que o custo de instalação deste sistema em um navio tanque, com 300.000 DWT e oito tanques de lastro, seria na ordem de US\$ 3 milhões.

Eletricidade

Várias técnicas estão sendo desenvolvidas para aplicação de energia elétrica na água de lastro. A porcentagem de esterilização da água aumenta conforme a intensidade da “corrente elé-

trica” SILVA e FERNANDES, 2004, e LEFFLER et al., 2008, explicam que o processo de eletro-ionização da água de lastro aumenta a mortalidade de organismos acima de 95%. Os autores instalaram um protótipo em um navio e realizaram o teste. Constatou-se que houve uma redução de 95% do total de bactérias presentes na água. No caso dos protistas (algas e protozoários) a eficiência foi de 90%.

DANG et al., 2004, conduziram testes de eletrólise na água de lastro. Os autores identificaram em laboratórios vários tipos de espécies presentes na água de lastro. Em seguida, iniciaram o tratamento aplicando corrente elétrica na água. O resultado indicou que foi possível eliminar quatro tipos de algas diferentes, com uma concentração inicial de cloro de 4 ppm. A mortalidade total do fitoplâncton foi de 72% e



das bactérias 99%.

De acordo com PEREIRA, 2012, outra opção que se encontra em fase inicial de estudo consiste em transferir pulsos elétricos através de eletrodos para a água de lastro, que eletrocuta os microorganismos. Estima-se que o custo para instalação do sistema é da ordem de US\$ 350.000, além de um custo de US\$150 por hora de operação. Contudo, como se encontra em fase de estudo, os custos associados a esta tecnologia podem sofrer alterações (FACT SHEET 14, 2005).

De acordo com PEREIRA, 2012, a tecnologia de pulso de campo elétrico está sendo investigada como um meio de impedir a bioincrustação na entrada dos encanamentos de água em navios e em sistemas na costa. A água circula entre dois eletrodos de metal e é sujeita a um pulso elétrico com duração na ordem

de um microssegundo, com 15 KV até 45 KV aplicados aos eletrodos (TSOLAKI e DIAMADOPOULOS, 2010).

MESBAHI, 2004, explica que a mortalidade de espécies de zooplâncton em todos os testes conduzidos com esta técnica nos EUA foi da ordem de 40%. Além disso, alcançou-se um nível de redução de 71% de clorofila. Não houve incremento de corrosão no revestimento e vedação do casco.

Hidrociclones

O tratamento com hidrociclones é um sistema que está sendo proposto, em conjunto com a filtração, para separação dos microorganismos da água através da geração de pequenos ciclones, que têm por objetivo separar os elementos mais pesados do que a água (KAZUMI, 2007; LLOYD'S REGISTER, 2007).

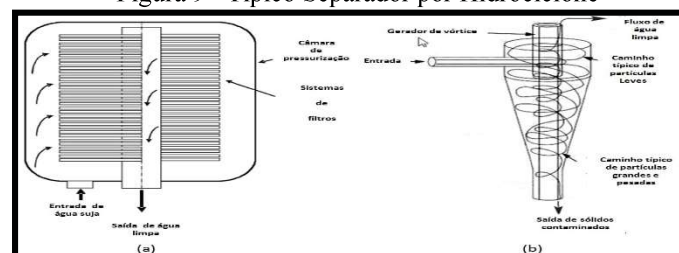


De acordo com PEREIRA, 2012, o funcionamento deste sistema consiste no direcionamento do fluxo captado pela tomada d'água para o centro do equipamento, que é uma região cônica, até seu local de saída do lado oposto da entrada. Através de um vórtice criado no centro do equipamento, os sólidos contidos no fluido são removidos através de pequeno tubo de descarga lo-

calizado no fundo do separador.

Para assegurar que a pressão no fundo seja suficiente para separar os sólidos suspensos na água, existe uma válvula que regula a pressão durante a utilização do equipamento (DOBROSKI et al., 2007). Este sistema está esquematizado na Figura 9.

Figura 9– Típico Separador por Hidrociclone



Fonte: Lloyd's Register (2007)

Algumas considerações importantes sobre este método de acordo LLOYD'S REGISTER, 2007:

a) O hidrociclone pode ser instalado verticalmente, quando possível com a en-

trada na posição superior. Pode também ser instalado inclinado se houver limitações de espaço, mas a eficiência pode ser menor quando posto na horizontal;

b) É recomendada a utilização de filtros com 3/8" de



diâmetro na tomada d'água para remover grandes organismos presentes na água;

c) Este sistema pode ser instalado sozinho no navio, ou em pequenos grupos em paralelo, que pode ser acionado em função do volume e do tanque que receberá a água de lastro.

(RÖPELL e MANN, 2003) conduziram testes utilizando-se de um sistema misto com hidrociclones e filtração. Os testes foram realizados em unidades em terra nos seguintes locais: mar Báltico, Porto de Hamburgo e no Rio Elba. Os testes foram realizados durante quatro semanas e foram coletadas amostras de água de lastro de navios que operavam nestas regiões. Os resultados indicaram que a eficiência do sistema foi 80% para organismos <100 μm e de 97% para >100 μm .

Ultra som

Este método consiste, basicamente, da emissão de ondas sonoras na água com objetivo de eliminar os organismos presentes na água de lastro (TSOLAKI e DIAMADOPOULOS, 2010). De acordo com (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996), o ultrassom, em frequências e escalas de potência apropriadas, destrói micro-organismos nos líquidos por meio de esforços mecânicos localizados, resultantes da cavitação. Acordo (PEREIRA, 2012) sistemas de tratamento ultrassônicos usam transdutores para gerar compressões e rarefações alternadas no líquido a ser tratado. A cavitação resultante é influenciada pela frequência, densidade da potência, tempo de exposição, e pelas propriedades físicas e químicas do líquido. As melhores frequências



para destruição dos micro-organismos situam-se na escala mais baixa de frequências ultrassônicas, de 15 a 100 quilohertz. A aplicação do tratamento de ultrassom em grandes volumes de líquido apresentou resultados variados.

A eficácia do tratamento diminui com o aumento da distância do transdutor, pois a densidade de energia no líquido diminui. A eficácia do tratamento ultrassônico aumenta com tempo de exposição e pode também ser influenciada pelos efeitos de ressonância devido à geometria do recipiente (SASS et al., 2005).

Sistemas de tratamento aprovados pela IMO

De acordo com PEREIRA, 2012, atualmente, existem alguns fabricantes que já obtiveram todas as certificações e

foram aprovados pela IMO a fornecer sistemas de tratamento para serem instalados a bordo dos navios. Grande parte destes sistemas utiliza as técnicas apresentadas acima, sendo que muitos deles fazem uso misto de técnicas para aumentar a eficiência do tratamento. Os principais sistemas e fabricantes são:

- a) Venturi Oxygen Stripping®, NEI Treatment systems, LLC;
- b) SEDNA®, Hamann AG;
- c) PureBallast, Alfa Laval AB;
- d) Hyde Guardian™, Hyde Marine (Lamor Group);
- e) Ecochlor, Ecochlor Inc.

A seguir serão apresentadas, sucintamente, as características de cada um destes siste-



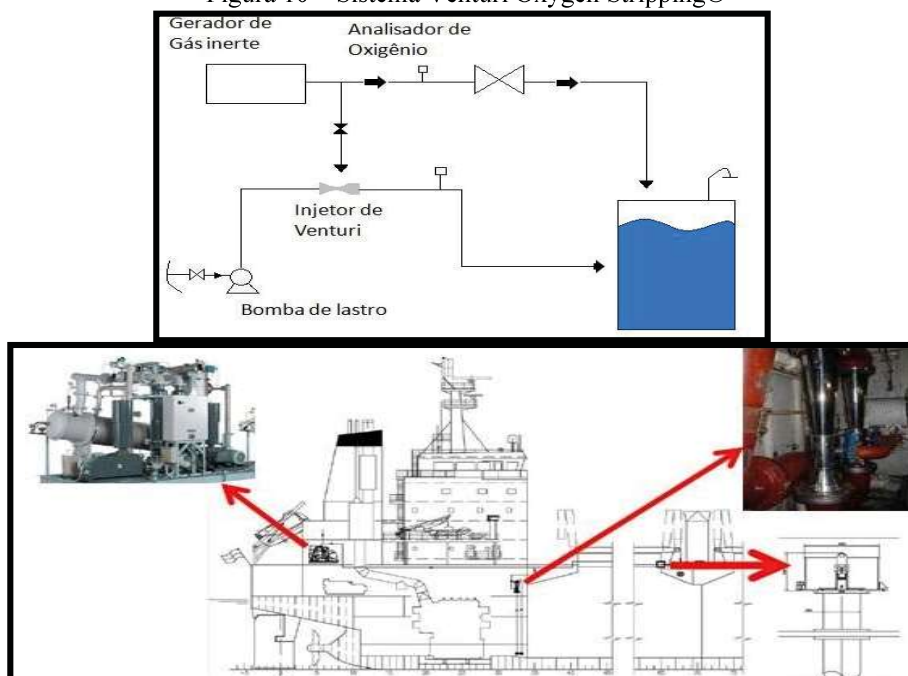
mas.

Venturi Oxygen Stripping®

De acordo com PEREIRA, 2012, o sistema Venturi Oxygen Stripping® - VOS foi desenvolvido e patentado pela NEI Treatment Systems, LLC. Este é um sistema em linha que mistura gás inerte (nitrogênio com pequenas quantidades de dióxido de carbono e oxigênio) direta-

mente na água de lastro. O gás é misturado com a água de lastro usando um injetor tipo Venturi que cria micro bolhas onde o oxigênio dissolvido é rapidamente misturado no ponto de entrada do gás (Figura 10). Por causa da adição de dióxido de carbono na solução formam-se ácidos carbônicos e carboxílico, assim o pH da água é tratado e reduzido para ficar entre 5,5 e 6 (TAMBURRI e HUYBREGTS, 2005).

Figura 10 – Sistema Venturi Oxygen Stripping®



Fonte: Adaptado de Tamburri e Huybregts (2005) e Schnack et al. (2009)

De acordo com PEREIRA, 2012, os elementos que compõem este sistema são: gerador de gás, injetores Venturi, sopradores de gás, sistema de refrigeração das bombas de água, válvulas e disjuntores. Este sistema foi homologado pela IMO em 2008.

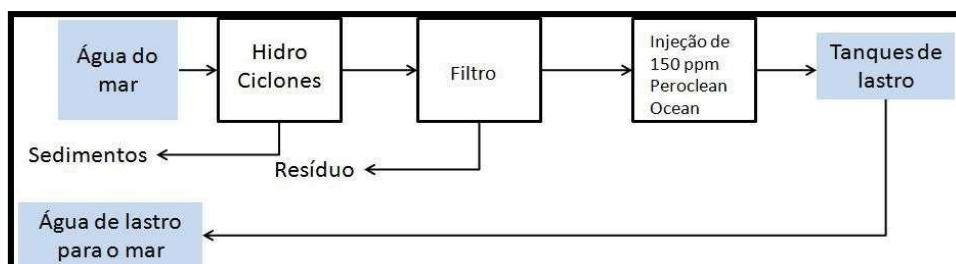
SEDNA®, Hamann AG

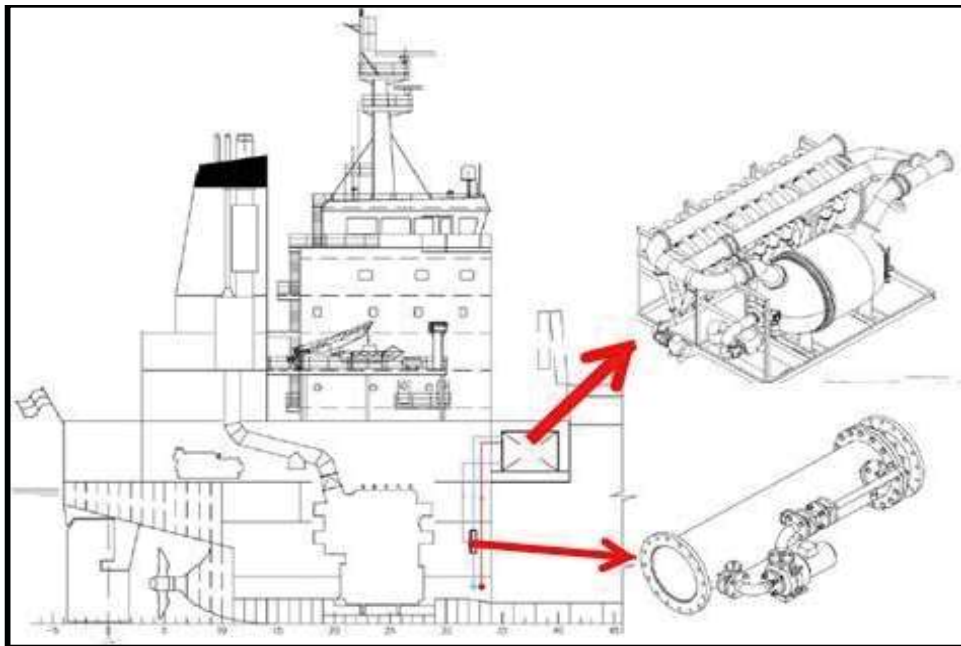
De acordo com PEREIRA, 2012, o sistema SEDNA® foi desenvolvido e patentado

pela Hamann AG. O tratamento da água de lastro através deste sistema consiste de três etapas:

- a) Primeiro a água de lastro é captada e passa por um conjunto de hidrociclones;
- b) Na sequência a água é filtrada através de um conjunto de filtros e;
- c) Por fim é injetado ácido peróxido na água, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Sistema SEDNA®





Fonte: Adaptado de Schnack et al. (2009)

Os elementos que compõem este sistema são:

a) Dois estágios de filtração, hidrociclone, injetor químico, ácido peróxido;

b) Filtros, tanques para substâncias ativas, seção de mistura e painel de controle. Este sistema foi homologado pela IMO em 2008.

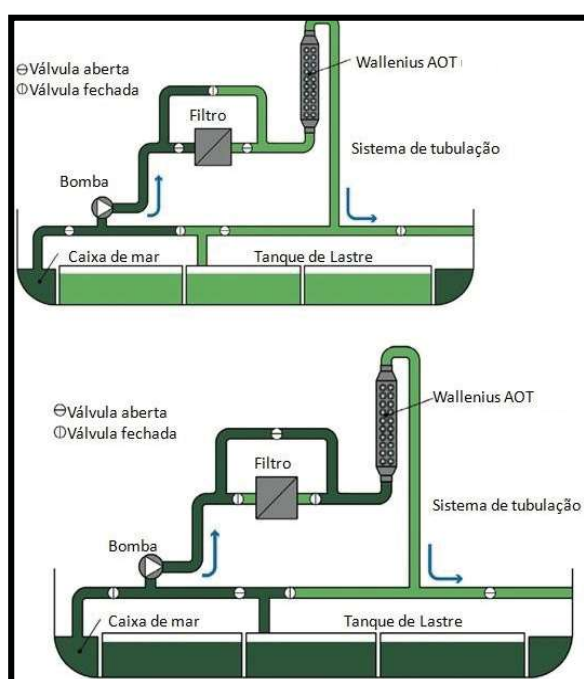
PureBallast, Alfa Laval AB

De acordo com PEREIRA, 2012, o sistema PureBallast® foi desenvolvido e patentado pela Alfa Laval AB. Este sistema foi concebido para operar no lastro e no deslastro do navio. Durante o lastro, a água passa por um filtro de 50 microns para remover quaisquer partículas maiores e organismos. A água segue até a unidade de Advanced Oxidation Technology - AOT Wallenius, que se utiliza de um

sistema de radiação UV para produzir radicais livres que quebram os organismos que passaram pelo filtro. Quando a água é despejada para fora dos navios passa nova-

mente pela Wallenius unidade AOT, neutralizando a água novamente, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Sistema PureBallast®



Fonte: Adaptado de www.alfalaval.com

De acordo com PEREIRA, 2012, os elementos que compõem este sistema são: filtros, sistema de radiação UV com câmaras de reator com catalisador (dióxido de titânio), painéis de

energia para reatores, unidade de limpeza para as lâmpadas, medidor de vazão e painel de controle. Este sistema foi homologado pela IMO em 2007.



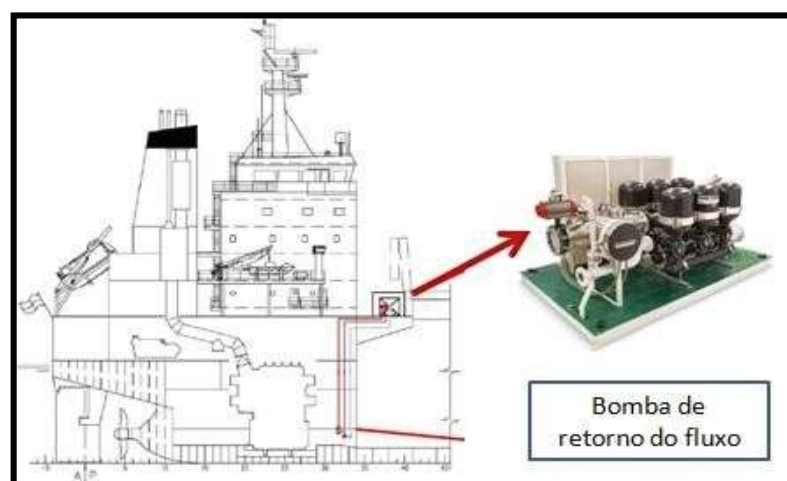
Hyde Guardian™, Hyde Marine (Lamor Group)

De acordo com PEREIRA, 2012, o sistema Hyde Guardian™ ® foi desenvolvido e patentado pela Hyde Marine (Lamor Group). Este sistema foi desenvolvido para operar no lastro e no deslastro do navio. Durante o lastro, a água passa por um filtro de 50 microns para remover quaisquer partículas maiores e organismos. A água segue até a unidade que gera radiação UV. O sistema UV utiliza lâmpa-

das de média pressão orientadas perpendicularmente ao fluxo da água para aumentar a eficiência do tratamento e reduzir o tamanho do sistema.

De acordo com PEREIRA, 2012, a forma de operação do sistema é análoga ao sistema anterior, pois na operação de deslastro a água passa pelo sistema UV novamente. A Figura 13 mostra o sistema instalado a bordo do navio Mercury (HYDE GUARDIAN™, 2010).

Figura 13 – Sistema Hyde Guardian™ instalado a bordo do navio Mercury



Fonte: Adaptado de www.hydemarine.com



De acordo com PEREIRA, 2012, os elementos que compõem este sistema são: filtros, sistema de radiação UV, painéis de energia para reatores, unidade de limpeza para as lâmpadas, medidor de vazão e painel de controle energia. Este sistema foi homologado pela IMO em 2008.

Ecochlor, Ecochlor Inc.

De acordo com PEREIRA, 2012, o sistema Ecochlor® foi desenvolvido e patentado

pela Ecochlor, Inc. Este sistema foi desenvolvido para operar durante a operação de lastro do navio, em que a água segue até a unidade de filtração. A água, depois de filtrada, é direcionada para um sistema de injeção de dióxido de cloro. Após a aplicação do gás a água segue para o tanque de lastro. Uma das características do dióxido de cloro é a rápida dissipação, sendo ambientalmente aceitável. A Figura 14 ilustra o sistema de tratamento.

Figura 14 – Sistema Ecochlor



Fonte: www.ecochlor.com

Estação de tratamento móvel

De acordo com PEREIRA, 2012, uma possibilidade de tratar a água de lastro é através de estações móveis (navios/barcaças).

Elas 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, conforme proposto por (HALLEGRAEFF, 1993; CARLTON et al., 1995; BROWN e CALDWELL, 2007).

Isto exigiria o transporte de grandes quantidades de água de lastro através de grandes portadores de carga (PEREIRA e BRINATI, 2008b). Este tipo de transporte pode ser realizado através de barcaças oceânicas ou até mesmo navios petroleiros desativados e adaptados para este

tipo de operação. Como é uma exigência mundial que os navios que transportem substâncias tóxicas tenham casco duplo, muitos navios com idade avançada deixaram de fazer estas viagens e ficaram fora de operação. Deste modo, eles poderiam ser utilizados para realizar este tipo de serviço.

De acordo com PEREIRA, 2012, a vantagem deste sistema é que os portos podem ter uma ferramenta de controle, ou seja, estariam implementando barreiras de entrada e oferecendo um serviço aos navios que não podem receber sistemas de tratamento a bordo. Este sistema possibilita que o agente portuário faça um controle dos volumes de água de lastro despejados por cada navio, bem como tenha condições de validar seu tratamento e garantir que na sua área de influência a água de lastro lançada



é tratada. Além disso, abre-se a oportunidade para criar um novo serviço portuário, como ocorre com a operação de bunker, dragagem entre outras. Cabe salientar que, neste caso, existe a necessidade de uma regulação para deliberar sobre a operação comercial do Translastro.

Acordo (PEREIRA, 2012) em último caso, se o porto não deseja instalar estações em terra, ele pode coletar a água do navio em unidade móvel sem tratamento e despejar em alto mar para garantir o cumprimento das regras. Obviamente, nestes casos, deve ser realizado um estudo de viabilidade econômica.

(GOLLASCH et al., 2007) sugerem que esta opção seja apenas aplicável em circunstâncias especiais, por exemplo, em portos com limitações de berços, semelhantes aos portos de exportação de óleo em que um

ou dois navios podem atracar a contra bordo e operar ao mesmo tempo.

Acordo Pereira 2012, Cabe frisar que em dezembro de 2017 cerca de 7 portos da Europa já podem se utilizar dos serviços móveis de tratamento de água de lastro oferecidos pela Damen (Figura 15).



Figura 15 – Sistema de tratamento móvel da Damen Invasave



Fonte: DAMEN (2017)

Acordo Pereira 2012, os portos dotados do sistema segundo a empresa são Rotterdam, Amsterdam, Brest, Dunkerque, Vlissingen, Den Helder, Stellingen e Harlingen.

Isso mostra que existem outras possibilidades de analisar o problema, bem como, encontrar soluções para operação dos navios nos portos, no que se refere ao controle da água de lastro.

Tratamento de água de lastro em terra

Dentre as principais críticas sobre o tratamento em terra, uma delas é que os terminais podem ter perda de capacidade operacional, em função de atrasos e paradas no carregamento dos navios, resultantes do deslastro (CAPA, 2000). Outra é sobre os elevados custos de instalação, adaptação dos berços para recepção da água de lastro que refletirão em maiores custos para o tratamento em \$/m³ (DAMES e MOORE, 1999; CALIFORNIA STATE LANDS COMMISSION - CSLC, 2010). Outro ponto, é

que esse tratamento deve ser viável principalmente para portos de pequeno porte, que operam com poucos navios por ano (CSLC, 2010).

Conclusão

Atualmente usa-se métodos de troca de água de lastro como o principal controle da bioinvasão. Estuda-se meios de tratamento de água de lastro em terra, e a bordo de navios, como também estuda-se o reúso desta água.

Como exposto neste trabalho, já existem estudos para outros tipos de tratamento de água de lastro em que se tenha um rendimento de 100% de aproveitamento. Também já existem sistemas de tratamento de água de lastro a bordo fabricados e aprovados pela IMO.

Tratamento de água de

lastro em terra ainda é bastante oneroso, o que faz com que se foque no tratamento da água de lastro a bordo, e nos procedimentos de troca de água de lastro, porém para que se possa instalar estes modelos de tratamento de água de lastro a bordo necessita-se da alteração do projeto estrutural dos navios, e disponibilidade de espaço físico para instalação dos equipamentos na praça de máquinas.

Neste trabalho mostra que estudos estão sendo feitos para que se obtenha um procedimento em que não se afete a estrutura da embarcação, e que toda a água de lastro venha a ser trocada com total eficiência, porém necessita-se alteração no projeto, além de fazer modificações na estrutura das embarcações, tais como aumento do costado, localização dos tanques de lastro, entre outros.



Referências

BRASIL. [(Resolução A.868(20) – IMO)]. Diretrizes para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro dos Navios, para Minimizar a Transferência de Organismos Aquáticos Nocivos e Agentes Patogênicos. Diretoria de Portos e Costas. 1997.

BROWN e CALDWELL. Port of Milwaukee Onshore Ballast Water Treatment– Feasibility 6 Study Report. Prepared for the Wisconsin Department of Natural Resources. Brown and 7 Caldwell, Milwaukee, WI. 2007. 114 p.

CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - CAPA. Evaluation of Ballast Water Treatment Technology for Control of 14 Nonindi-

genous Aquatic Organisms. State Water Resources Control Board, Sacramento, CA. 2002. 70 p.

CALIFORNIA STATE LANDS COMMISSION - CSLC. Draft 2010 Assessment of the Efficacy, Availability and Environmental Impacts of Ballast Water Treatment Systems for Use in California Waters. California State Lands Commission, Sacramento, CA. 2010. 149 p.

CARLTON, J.T. Transoceanic and inter–oceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. Rev. 23. Oceanogr. Mar. Biol. 1985. p. 313–317.

CARLTON J.T., et al. Transoceanic and inter-oceanic dispersal of coastal marine organisms: The biology of ballast water. Oceanography and Marine Biology: an



Annual Review. v.23. 1995.

CARMO, M. C. do Água de Lastro. E-book. Disponível em: <http://www.aguadelastrobrasil.org.br/arquivos/Marce-la%20Chauviere%20do%20Carmo%20%C3%a1gua%20de%20lastro.pdf>. Acesso em: 15 out. 2011.

COHEN, A. N.; CARLTON, J.T. Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science* 279. 1998. p. 555–558.

Convenção Internacional para Controle e Gestão de Água de Lastro. E-book. Disponível em: [www.mma.gov.br > conabio > _arquivos > apresentao_gua_de_lastro](http://www.mma.gov.br/conabio/arquivos/apresentao_gua_de_lastro). Acesso em: 31 ago. 2019. 2 figura.

DAMES & MOORE. Phase I Final Report Ballast Water Exchange and Treatment. A Report

29 for the California Association of Port Authorities, Pacific Merchant Shipping Association, 30 Steamship Association of Southern California, and Western States Petroleum Association. 31 Dames and Moore, San Francisco, CA. 1999.

DANG, K. et al. Application study of ballast water treatment by electrolyzing seawater. In: Matheickal JT, Raaymakers S (eds), Second International Symposium on Ballast Water Treatment. International Maritime Organisation, London, UK, 2004. 103-110 p.

DARDEAU, J.R. et al., Zebra mussel control with backwash filtration Waterpower. Proc int Conference on Hydropower 2, p. 1256-1264. 1995.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br>



gov.br > conabio > _arquivos > apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019. 4 figura.

Disponível em: pt.wikipedia.org. Acesso em: 25 ago. 2019. 5 figura.

Disponível em: repositorio.furg.br. Acesso em: 25 ago. 2019. 6 figura.

Disponível em: www.alfalaval.com. 12 figura.

Disponível em: www.hydemarine.com. 13 figura.

Disponível em: www.ecochlor.com. 14 figura.

DOBROSKI, N. et al. Ballast water treatment technology testing guidelines. The California State Land Commission. Marine Invasive Species Program. 2007.

DPC. E-book. Disponível em: <http://www.dpc.mar.mil.br/>. Acesso em: 11 set. 2011.

DUFFY, M.A.; PERRY, L.J.C.; KEARNS, M.; WEIDER, L.J.; HAIRSTON, N.G. Paleogenetic evidence for a past invasion of Onondaga Lake, New York, by exotic *Daphnia curvirostris* using mtDNA from dormant eggs. *Limnol. Oceanogr.* 45. 2000. p. 1409–1414.

FACT SHEET 14. Ballast water treatment. 2005.

FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A.; COUTINHO, R. Cascos de navios e plataformas como vetores na introdução de espécies exóticas. In: SILVA, J.S.V. e SOUZA, R.C.C.L. (org.). *Água de lastro e bioinvasão*, Rio de Janeiro: Interciência. 2004. p.



143–155.

GLOBALLAST WATER MANAGEMENT PROGRAMME.

On guidelines and standards for ballast water sampling. Monograph. 2003. 7 figura.

GOLLASCH, S. The importance of ship hull fouling as a vector of species introductions into the North Sea. *Biofouling* 18(2). 2002. p. 105–121.

GOLLASCH, S. et al. Critical review of the IMO international convention on the management of ships' ballast water and sediments. *Harmful Algae*, 6, 2007. 585–600.

HALLEGRAEFF, G.M. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologica* 32. 1993. 79–99 p.

IMO. E-book. Disponível em: <http://www.imo.org/Pages/home.aspx>. Acesso em: 11 set. 2011.

KANESIRO, A. F. S. dos. Meio ambiente – Água de Lastro. In: FREITAS, V. P. de. (org.). *Direito Ambiental em Evolução*. Curitiba: Juruá, 2005.

KAZUMI, J. *Ballast Water Treatment Technologies and Their Application for Vessels Entering the Great Lakes via the St. Lawrence Seaway*. University of Miami. 2007.

LEEMANS, E. “Clean Shipping: The Way Ahead for a Sustainable Maritime Industry”. *Maritime Review*. Autumn. 36-38 p. 2004. 3 figura.

LEFFLER, C.E.B. et al. *Ballast Water Processing System utili-*



- zing several advanced oxidation concepts and neutralization techniques. International ballast conference Singapore. 2008.
- LLOYD'S REGISTER. Ballast Water Treatment Technology. Lloyd's. Register Life Matters. 2007.
- LLOYD'S REGISTER. Ballast Water Treatment Technology. Lloyd's. Register Life Matters. 2007. 9 figura.
- MEDEIROS, D. de S. Avaliação de risco da introdução de espécies marinhas exóticas por meio de água de lastro no Terminal Portuário de Ponta Ubu. Espírito Santo: IPT. 2004.
- MESBAHI, E. Latest results from testing seven different technologies under the EU MARTOB project - Where do we stand now? In: Matheickal JT, Raaymakers S (eds), Second International Symposium on Ballast Water Treatment. International Maritime Organisation, London, UK, 2004. 210-230 p.
- MMA. E-book. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agua-de-lastro/mexilhao-dourado>. Acesso em: 15 jul. 2012.
- MOUNTFORT, D. et al. Heat treatment of ship's ballast water: Development and Application of Model Based on Laboratory Studies. Globallast. 2003.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) MARINE BOARD. Stemming the Tide: Controlling Introductions of Nonindigenous Species by Ships' Ballast Water. Committee on Ships' Ballast Operations, Mari-



ne Board, Commission on Engineering and Technical Systems, NRC. National Academy Press, Washington, D.C. 1996.

PEREIRA, N. N. Alternativas de tratamento da água de lastro em portos exportadores de minério de ferro. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

PEREIRA, N.N.; BRINATI, H.L. Estudo sobre tratamento de água de lastro. 22º Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore - Rio de Janeiro. RJ. Outubro de 2008. 8 figura.

PEREIRA, N.N.; BRINATI, H.L. Estudo sobre tratamento de água de lastro. 22º Congresso Nacional de Transportes Maríti-

mos, Construção Naval e Offshore - Rio de Janeiro. RJ. Outubro de 2008a.

PEREIRA, N.N.; BRINATI, H.L. Um estudo sobre água de lastro. 2008. Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 2008b.

PORTO DE SANTOS. Água de Lastro. E-book. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/qualidade/lastro.html>. Acesso em: 15 jun. 2009. 1 figura.

PYSEK, P.; RICHARDSON, D.M.; PERGL, J.; JAROSIK, V.; SIXTOVA, Z.; WEBER, E. Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. 23(5). 2008. p. 237–244.

RADAN D.; LOVRIC, J. Utilisation of diesel engine waste heat



for ship's ballast water heat treatment. Department of mechanical engineering polytechnic of Dubrovnik, Croatia. 2000.

RIGBY, G. Possible solutions to the ballast water problem. Australian Quarantine. 1994.

RIGBY, G. Possible solutions to the ballast water problem. Australian Quarantine. 1994. 8 figura.

RIGBY, G. "Ballast Water Treatment Technology: Choosing the Best Options". MarStudies 8. 2004.

RÖPELL, H.; MANN, T. A new modular concept for the treatment of ships. Hamann project. 2nd International Ballast Water Treatment Proceedings. IMO. 2003.

ROYAL CARIBBEAN INTERNATIONAL. A floating vacation destination. 2006. 3 figura.

SASS, J. et al. Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment. VTT Tied-Val Tekn Tutk. 2005.

SCHNACK, S. et al. Ballast Water Treatment Systems. Case studies. Danish Shipowner's Association. 2009. Disponível em: http://www.nei-marine.com/documents/Grontmij_Presentation_6-09%20Danmarks-Rederiforening-GMCB-BWM-20090616.pdf. Acesso em 14 de fev. 2010. 10 figura.

SCHNACK, S. et al. Ballast Water Treatment Systems. Case studies. Danish Shipowner's Association. 2009. Disponível em: http://www.nei-marine.com/documents/Grontmij_Presentation_6-09%20Danmarks-Rederiforening-GMCB-BWM-20090616.pdf.



com/documents/Grontmij_Presentation_6-09%20Danmarks-Rederiforening-GMCB-BWM-20090616.pdf. Acesso em 14 de fev. 2010. 11 figura.

SECEX - Secretaria de Comércio exterior. E-book. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>. Acesso em: 11 set. 2011.

SILVA, J.; SOUZA, R. Água de Lastro e Bioinvasão. InterCiência. 2004.

SKÖLD, S. What is the problem? Green Port Conference. 2011. 1-12p. 3 figura.

STOCKS, D.T. et al. Treatment of residual ballast water in the NOBOB ship using heat. In: Ma-theickal JT, Raaymakers S (eds), Second International Symposium on Ballast Water Treatment.

International Maritime Organization, London, UK, 2004. 137-147 p.

TAMBURRI, M.; HUYBREGTS, I., Potential of Venturi Oxygen Stripping to Stop Ballast Water Invasions in Freshwater Environments. 2005. Disponível em: http://www.fws.gov/midwest/fisheries/33Evaluation-sofpilotscaleventurioxygenstrippingtopreventballastwaterinvasions/Huybregts_REU_05.pdf. Acesso em: 13/02/2010.

TAMBURRI, M.; HUYBREGTS, I., Potential of Venturi Oxygen Stripping to Stop Ballast Water Invasions in Freshwater Environments. 2005. Disponível em: http://www.fws.gov/midwest/fisheries/33Evaluation-sofpilotscaleventurioxygenstrippingtopreventballastwaterinvasions/Huybregts_REU_05.pdf.



Acesso em: 13/02/2010. 10 figura.

TAYLOR, A. Personal communication to the Committee on Ships' Ballast Operations. Washington, D.C., October 3. 1995.

TSOLAKI, E., DIAMADOPOULOS, E. Technologies for ballast water treatment: a review. Journal of Chemical Technology Biotechnology, 85, 2010. 19-32p.

WRIGHT, G. Final Summary Report. April. 2004.

ZHOU, P.; LAGOIANNIS, V. On board treatment of ballast water (Technologies Development and Applications). Globallast. 2003.

