

Uma abordagem sobre água de lastro

Newton Narciso Pereira, Hernani Luiz Brinati, Rui Carlos Botter¹

e-mail: newton.pereira@usp.br

1 – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica - EPUSP

1- INTRODUÇÃO

A expansão das fronteiras do comércio internacional criou a necessidade de desenvolver o transporte marítimo. Navios são empregados para o transporte dos mais variados tipos de cargas, respondendo por aproximadamente 80% do transporte mundial de cargas. Muitos destes navios são utilizados em viagens oceânica em diversas rotas, sendo que algumas condições navegam em um sentido completa ou parcialmente carregados e na viagem de retorno nem sempre dispõem de cargas de retorno. Nestas condições o navio deve respeitar alguns requisitos operacionais que contemplam as seguintes questões: calado, estabilidade, tensões estruturais, condições de manobras (imersão do hélice e do leme) e segurança da embarcação. Para garantir que o navio atenda estes critérios um dos procedimentos utilizados é lastrear o navio.

O lastro tem por objetivo aumentar ou diminuir o calado do navio durante a navegação para garantir sua segurança. Os tanques são preenchidos com água para aumentar ou diminuir o calado dos navios durante as operações portuárias. O lastro é importante para facilitar a manobrabilidade e estabilidade dos navios durante a navegação quando estão descarregados. Além disso, o lastro é necessário para garantir o balanço do esforço estrutural no casco quando a carga é removida, controlar o trim e submergir o casco suficientemente para que o leme e o hélice operem eficientemente. Em geral, um navio pode receber ou descarregar a água do lastro em diversos portos internacionais em uma só viagem. Por exemplo, um navio pode partir da China com água nos tanques atracar no Japão e captar mais água de lastro neste local e atracar novamente no porto de Santos e despejar a água dos porões do navio em águas brasileiras.

Assim, os tanques podem conter uma mistura de águas de diferentes locais no lastro. Empresas marítimas internacionais estimam que aproximadamente 65.000 navios transoceânicos estejam operando atualmente, isto significa dizer que transportam aproximadamente 5 bilhões de m³ de

água de lastro por ano e que 3.000 espécies podem ser transportadas num dia na água de lastro de navios (LEAL NETO, 2007).

Em função da problemática que a água de lastro tem trazido para os países, pretende-se com este estudo apresentar o estado-da-arte no que se refere às iniciativas legais tomadas em âmbito nacional e internacional para combater o problema, bem como, os impactos causados e as alternativas de tratamento de água de lastro que estão sendo propostas. Cabe frisar que o presente trabalho faz parte do levantamento bibliográfico que o autor está desenvolvendo para compor uma tese de doutorado no assunto em questão, em que pretende-se avaliar a possibilidade de tratar a água de lastro nos portos através de estações em terra e sistemas móveis de coleta de água de lastro “barcaças e/ou navios).

2- AÇÕES INTERNACIONAIS

Ações para controlar as espécies invasoras estão sendo desenvolvidas por nações individualmente sob os auspícios da Organização Marítima Internacional. A IMO tem dado importância para as implicações das introduções de espécies exóticas e organismos aquáticos oriundos de água de lastro há três décadas. Em 1973, durante a conferência internacional de poluição marítima foi aprovada a Resolução 18 de *Pesquisa dos Efeitos da Descarga de Água de Lastro contendo Bactérias Epidêmicas* que passou para a IMO, a responsabilidade de elaborar medidas de controle, chamando a atenção mundial para o transporte de espécies patogênicas em torno do mundo nos tanques de lastros dos navios. O primeiro esforço mundial efetivo de controlar a dispersão de espécies alienígenas ocorreu em 1982, com a Convenção das Nações Unidas que resultou na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar UNCLOS. Em 1990, o Comitê de Proteção Ambiente Marinho (MEPC) formou um grupo de trabalho para considerar pesquisas, informações e soluções propostas por Estados Membros da IMO e por Organizações Não Governamentais. Em 2000, a IMO lançou o programa Globallast com objetivo de avaliar a qualidade da água de lastro de 6 portos distribuídos no mundo, sendo Sepetiba - Brasil, Dalian – China, Bombaim – Índia, Ilha Kharg – Irã, Saldanha - África do Sul e Odessa – Ucrânia. Finalmente, em 2004, em Londres, foi lançada após 14 anos de complexas negociações entre a IMO, países membros, armadores e ONG's dando origem a *Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos* – CALS, que estabelece

principalmente, que os navios devem realizar a troca da água de lastro, a pelo menos, 200 milhas da costa e 200 m de profundidade (PEREIRA e BRINATI, 2008).

2.1 – Estados Unidos

Após a descoberta do mexilhão zebra nos Estados Unidos, em 1986, o país intensificou seus esforços para combater as espécies invasoras. Em 1990, foi adotado o *The Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act* (NANPCA), com um conjunto de diretrizes voluntárias para o gerenciamento da água de lastro nos navios que entrassem nos Grandes Lagos vindo das U.S. EEZ (*Exclusive Economic Zone*). Estes requisitos tornaram-se obrigatórios em 1993; foi estabelecido que navios que não obedecessem aos requisitos impostos pela Guarda Costeira Americana pagariam multas que variavam de US\$ 250.000,00 (individual) até US\$ 500.000,00 por dia, podendo ainda cumprir 12 anos de prisão (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, 2008).

2.2 – Nova Zelândia

Atualmente, a legislação vigente no país é a *Import Health Stander for Ships Ballast Water from All Countries – IHSSBWAC* de 1998. Ela estabelece todos os procedimentos operacionais e legais que os navios estão sujeitos para adentrar nas águas da Nova Zelândia. Antes de um navio chegar ao porto, deve-se enviar ao *Ministério da Agricultura e Serviço de Quarentena de Silvicultura* uma solicitação de entrada junto com um formulário sobre as condições de lastro. Todos os navios que desejarem despejar lastro no país devem preencher e enviar o formulário “*Ballast Water Report Form*” completo, indicando o conteúdo dos tanques de lastros antes da descarga ocorrer. O custo da inspeção do navio, das análises e da espera dos resultados é de responsabilidade do armador. Este padrão é aplicado somente para águas que serão descartadas na Nova Zelândia. Penalidades são aplicadas para navios que forneçam informações incorretas: 12 meses de prisão e ou 50,000NZ\$ para o comandante ou 100,000NZ\$ para a companhia de navegação.

2.3 - Brasil

A primeira regulamentação nacional específica para lidar com a questão da água de lastro, denominada como NORMAM 20, entrou vigor em 15 de outubro de 2005. A regulação

estabelece que todos os navios devem realizar a troca oceânica antes de entrar em um porto brasileiro, seguindo os mesmos parâmetros estabelecidos pela CALS.

A NORMAM 20 foi criada para tentar coibir problemas de gerenciamento da água de lastro, conforme exposto por Leal Neto (2007). O estudo do autor apresentou os principais problemas encontrados num levantamento realizado nos formulários entregue à Marinha do Brasil no período de 2001 a 2002 (maio) sendo: *“grande parte dos formulários foi preenchida incompleta e ou incorretamente; diferentes tipos de formulários, diferentes unidades utilizadas (algumas vezes falta de informação da unidade); falta de dados (data de chegada, nome e posto do oficial responsável); diferentes combinações de tanques na “coleta” e na “descarga” da água de lastro, cópias ilegíveis, escrita incompreensível, dados incoerentes entre as diferentes seções do formulário (número de tanques e/ ou tanques e/ou volumes) e confusão no campo “sea height (m)” entre a profundidade onde ocorreu a troca da água de lastro e altura da onda”*.

Caron (2007) mostrou inconsistências durante a análise de 808 formulários de água de lastro entregues às autoridades marítimas do Porto de Itajaí. Dos formulários analisados apenas 39 continham dados sobre deslastro, em que 11 não declaram ter feito a troca oceânica; 9 não possuíam a origem de lastro (coordenadas) e 1 não possuía nenhuma coordenada de origem e troca. Do total de formulários 270 (33,42%) apresentavam declaração de que haviam realizado a troca oceânica. Utilizou-se como procedimento de validação do local da troca uma análise das coordenadas geográficas contidas no relatório e conclui-se que do total de 270 declarações de troca 45% das coordenadas indicavam locais junto à costa, próximo de ilhas, dentro de baías e enseadas, sendo que um dos casos o navio estava aproximadamente 450 km terra adentro.

Outro estudo realizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (2003) apresenta os resultados de 99 amostragens de água de lastro de navios em 9 portos brasileiros, em que *“foi verificado que 62% das embarcações cujos comandantes declararam ter efetuado a substituição da água de lastro em área oceânica, conforme orientação da IMO, provavelmente não o fizeram ou fizeram de forma parcial, por possuírem água de lastro com salinidade inferior a 35ppm”*.

Em função destes problemas apresentados é que medidas de controle devem ser implementadas para reduzir o impacto da água de lastro no meio ambiente no Brasil.

3- IMPACTOS DA ÁGUA DE LASTRO

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. Existem diversos mecanismos para a transferência de espécies, tais como navios, aviões, veículos, animais, ação da natureza, entre outros. Muitas espécies são diariamente importadas e exportadas de um local para outro, sendo que em alguns casos ocorre o estabelecimento destas espécies.

É claro que para uma espécie se estabelecer em um novo local ela deve encontrar condições similares ao seu local de origem. Muitas vezes a transferência de uma espécie não-nativa pode gerar uma série de problemas para o ecossistema local. Assim, pode-se transferir um predador voraz que poderá dizimar uma espécie nativa e se estabelecer, sem que haja um predador natural. O caso brasileiro mais notável é o mexilhão dourado “*L. fortunei*”. Esta é uma espécie nativa de rios e arroios chineses e do sudeste asiático e, apenas recentemente, por razões desconhecidas, vem expandindo sua distribuição em todo o mundo.

Do estuário da Bacia do Prata, ele se expandiu rapidamente para os trechos superiores da Bacia do rio Paraná, invadindo principalmente os grandes rios, numa velocidade de cerca de 240 km/ano. Em 2001, sua presença foi reportada na Usina de Itaipu e, em 2002, foi encontrado nas usinas hidrelétricas (Porto Primavera e Sérgio Motta) à jusante do Rio Paraná, em São Paulo. A entrada da espécie neste sistema de rios deve ter ocorrido através da intensa navegação e transposição de barcos utilizados na pesca esportiva. O impacto do mexilhão dourado no Brasil tem sido grande e tem causado problemas de saúde pública, entupimento de tubulações, filtros de usinas hidroelétricas e bombas de aspirações de água, degradação das espécies nativas e problemas relacionados com a pesca.

Resende (2007) analisou o efeito da fixação do mexilhão dourado nas paredes e nas grades de tomadas d'água em usinas hidrelétricas. Verificou-se que estes elementos aderidos provocam uma perda de carga do sistema diminuindo o rendimento da usina aumentando a força do fluxo de água sobre a grade, podendo no limite ocasionar um rompimento do sistema. As consequências deste problema e os custos que ele tem gerado para o sistema brasileiro são:

- Redução na eficiência das bombas e conseqüentemente aumento no consumo de energia para conseguir um funcionamento normal dos sistemas;
- Aumento na corrosão de encanamentos pela proliferação de outros agentes biológicos indesejáveis (bactérias, fungos etc.);
- Paralisação do sistema para limpeza ou substituição de tubulações, válvulas, filtros etc.

Por outro lado, as empresas de aquicultura têm sido afetadas pelas algas tóxicas que são lançadas, juntamente com a água de lastros, em áreas próximas ao cultivo. Os cistos de dinoflagelados, encontrando condições favoráveis, germinam e se reproduzem de forma intensa e formam manchas coloridas, denominadas marés vermelhas. As toxinas produzidas contaminam os organismos cultivados, que além de muitos morrerem, tornam-se impróprios para o consumo humano, por certo período, o que causa grande prejuízo ao aqüicultor. Seeliger e Costa (2003) afirmam que água de lastro e a incrustação nos cascos de mais de 3500 embarcações que circulam a bacia Patos-Mirim são responsáveis pela proliferação de algas que podem contribuir para o aparecimento de marés vermelhas.

Alguns copépodes (grupo de crustáceos) marinhos foram observados no zooplâncton nos Estados do Paraná, de São Paulo, do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Na Cidade de Arraial do Cabo, no Estado do Rio de Janeiro, um coral mole tem chamado a atenção de cientistas e mergulhadores. Na Cidade de Angra dos Reis, também no Estado do Rio de Janeiro, alguns corais exóticos também já foram observados. Até hoje, ainda não se percebeu nenhum dano ambiental ou econômico causado por essas espécies. Entretanto, outras espécies introduzidas, tanto em água doce como no mar, têm causado prejuízos econômicos, ecológicos e sanitários. A seguir, serão relatados alguns casos de introdução de espécies aquáticas nocivas introduzidas e seus respectivos impactos (SILVA e SOUZA, 2004):

- O siri bidu é uma espécie marinha de crustáceo de origem indo-pacífica, sem valor comercial, que prejudicou a pesca do siri nativo na Bahia. Hoje, o siri bidu já foi observado nas Baías de Guanabara e Sepetiba e no Estado de São Paulo;
- O Isognomon bicolor é uma espécie marinha de molusco bivalve de origem indo-pacífica que se parece com uma ostra e se prende às rochas através de filamentos, como os mexilhões. Habita as regiões entremarés dos costões da Bahia à Santa Catarina. Em

Arraial do Cabo, este bivalve ocorre em densos bancos, nos quais as espécies nativas agora são raras;

- Algumas espécies de algas tóxicas, nativas de outras regiões do mundo, foram observadas em várias regiões do Brasil. As marés vermelhas causam irritação na pele humana e matam algumas espécies de animais marinhos. Podem causar grandes prejuízos em regiões de cultivo de ostras e mexilhões. Esses bivalves são filtradores e se alimentam de microalgas. As algas tóxicas são ingeridas e tornam os mariscos impróprios para o consumo. Os efeitos associados às marés vermelhas são formigamento e entorpecimento dos lábios, boca e dedos, além de dificuldade de respiração, paralisia e até a morte.

Deste modo, verifica-se que no Brasil existem inúmeros casos de bioinvasão e medidas de controle necessitam ser tomadas para evitar que outras espécies se estabeleçam, tanto aquelas contidas na água de lastro, bem como as que sobrevivem no sedimento.

4- ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO

O tratamento da água de lastro para livrá-la de uma potencial espécie invasora constitui um grande desafio que precisa ainda ser equacionado. Muitas espécies contidas nos tanques de lastro podem ser potencialmente invasoras; conseqüentemente um único tratamento preventivo pode não ser eficaz. Por isso, em muitos casos, está sendo sugerido o uso de dois ou mais métodos em conjunto para tentar aniquilar o maior número de organismos de uma só vez. A dificuldade de conjugar a eliminação das espécies com um tratamento 100% efetivo recomendado pela IMO tem aberto uma grande fronteira para pesquisas e desenvolvimento tecnológicos. Contudo, recomenda-se aos armadores e comandantes das embarcações utilizar os procedimentos a bordo dos navios para remediar o problema. Para isso, é necessário conseguir o comprometimento da tripulação para execução de tais procedimentos é outro desafio que precisa ser encarado.

4.1 – Procedimentos a bordo do navio

A IMO por meio da Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos instituiu alguns procedimentos operacionais que os comandantes devem praticar durante a viagem, enquanto não surge uma técnica eficaz para resolver o problema da bioinvasão. Basicamente, as normas exigem que seja feita a troca oceânica da água de lastro.

A troca oceânica consiste no procedimento de trocar toda a água contida nos tanques de lastro dos navios de seu local de origem, a no mínimo, 200 milhas de distância da costa onde se localizam os portos em que os navios irão deslastrear. O princípio preventivo deste procedimento se fundamenta no fato que as espécies oceânicas não sobrevivem em ambientes de regiões costeiras e vice-versa. Basicamente, considera-se que organismos oriundos de portos tropicais não devem sobreviver e nem se reproduzir em águas geladas, temperadas e polares. Contudo, isso não é regra e ocorre que algumas espécies de invertebrados e algas são encontradas em regiões subpolares e até tropicais.

A troca oceânica pode ser realizada de 3 formas distintas sendo, pelo fluxo contínuo, transbordamento e diluição. o método sequencial é definido quando os tanques de lastro são esgotados e cheios novamente com água oceânica. No método do fluxo contínuo os tanques de lastro são simultaneamente cheios e esgotados, através do bombeamento de água oceânica. O método do transbordamento a água é transbordada através do convés do navio. O método de diluição é definido pelo carregamento de água de lastro através do topo e, simultaneamente, a descarga dessa água pelo fundo do tanque, à mesma vazão, de tal forma que o nível de água no tanque de lastro seja controlado para ser mantido constante. Os dois métodos anteriores ficam condicionados a troca de um volume total de 3 vezes a capacidade do tanque para conferir uma melhor eficiência ao método.

4.2 – Alternativas tecnológicas de tratamento a bordo

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, 2008).

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.

Como as principais resoluções referentes à água de lastro surgiram a partir dos anos 90, verifica-se que grande parte dos navios não foram projetados contemplando os requisitos instituídos pela IMO e pelas sociedades classificadoras. O primeiro desafio para implementar qualquer alternativa de tratamento a bordo dos navios existentes é monitorar a qualidade da água coletada e, posteriormente, da água tratada. Para vencer esta barreira na prática faz-se sondagens no navio para coleta de amostras e determinar o que está presente na água.

As tecnologias instaladas a bordo dos navios, podem ser classificadas como: aquecimento, ozonização, eletro-ionização, choques elétricos, supersaturação de gás, biocidas, acústico, desoxigenação, ultravioleta e cloro para desinfecção da água. Esses métodos precisam preencher os seguintes requisitos: ser seguro, prático, de baixo custo e ambientalmente aceitável. Porém, ainda não foi encontrado nenhum tipo de tratamento que considera atender 100% todos os critérios, além de ser 100% eficiente. Nesta linha existem diversas empresas dedicando tempo e dinheiro na busca de um sistema que consiga eliminar 100% das espécies contidas na água de lastro.

Os principais métodos são:

- **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 Fernandes (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;
- **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. 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 fluído 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;

- **Ozônio:** O ozônio é um gás alotrópico do oxigênio. O ozônio O_3 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 convencional. O ozônio é gerado através de um gerador que, basicamente, consiste em um tubo (dielétrico), no qual passa o oxigênio, e aonde uma descarga elétrica constante (efeito carona), gerada através de um transformador nele existente, transforma a molécula de oxigênio (O_2) em uma molécula de ozônio (O_3). 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. Em sistemas industriais o ozônio é inserido na água através de borbulhamento que confere maior eficiência ao processo;
- **Aquecimento:** o tratamento térmico tem sido exaustivamente testado, mas não há certeza da temperatura ideal para eliminar todos os microorganismos. Basicamente, todas as alternativas térmicas buscam captar o calor gerado pelas máquinas do navio para aquecer a água de lastro. Este sistema foi originalmente proposto por (Rigby, 1994), que recomenda utilizar o calor gerado pelas máquinas principais e pelo sistema de refrigeração de água do navio. O calor requerido para aquecer uma grande quantidade de água em um navio é muito grande. 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;
- **Biocidas:** os biocidas são utilizados para tratamento da água e podem ser eficientes no tratamento dos microorganismos. O biocida mais conhecido é cloro empregado no

tratamento de água e esgoto. A eficiência do cloro está relacionada com o pH neutro. Em geral, costuma-se neutralizar a água antes da aplicação do cloro. Como a água do mar apresenta pH alcalino, ou seja, em torno de 8, este é um dos principais problemas da utilização do cloro como tratamento. Em contato com o cloro, a água do mar produz trihalometanos. Este composto, gerado, a partir da mistura do cloro com os organismos presentes na água de lastro, é classificado como cancerígenos (SILVA e FERNANDES, 2004).

4.3 – Tratamento em terra

O tratamento em terra da água de lastro pode ser dividido em 2 alternativas sendo em terra fixa e sistema móvel “barcaças e/ou navios” na área do porto.

4.3.1 – Estação em terra

Basicamente esta alternativa consiste em captar a água de lastro dos tanques dos navios e armazená-la em tanques e depois tratá-la com algum método físico e ou químico. Atualmente, todas as alternativas de tratamento de água de lastro devem ser testadas em unidades de terra, ou seja, as tecnologias são testadas em estações em terra por pelo menos 30 dias, antes de ir a bordo dos navios. Nestas estações é medida a eficácia do tratamento, em que são coletadas água dos navios e da própria região portuária para serem tratadas. Existem várias estações nos Estados Unidos, Europa e Ásia para este fim, o que sugere que estas tecnologias podem ser adaptadas para ficar operando em instalações de tratamento terrestre. Um exemplo disso, é a estação de tratamento de água de lastro de Valdez no Alasca, conforme mostrado na Figura 1.

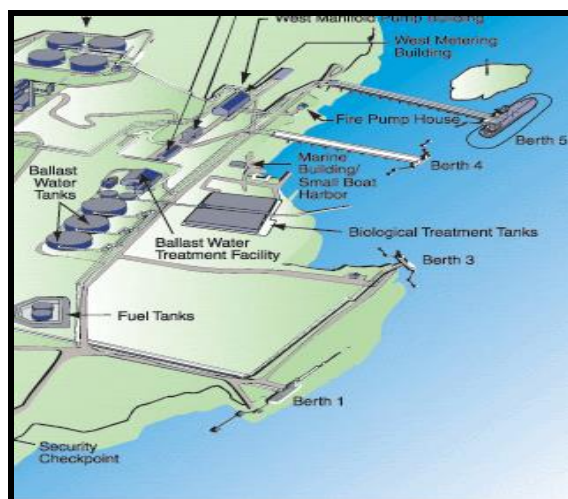


Figura 1 – Terminal de Valdez Alasca
 Fonte: Valdez Terminal - <http://tapseis.anl.gov>

Esta instalação foi projetada especificamente para remover o óleo da água de lastro antes de liberá-la novamente no mar. Outras estações com mesma finalidade foram instaladas nos portos de Sullom Voe na Escócia e Scarpa Flow que funcionam desde a década de 70. Estas unidades de recepção de água de lastro foram exigidas sob um anexo da MARPOL 73/78 e devem ser implementadas no Brasil em função das exigências da Lei 9966/00. Estas instalações são operadas com a finalidade de separar o óleo da água de lastro, mas podem ser modificadas para incorporar um tratamento da água de lastro para remover os organismos aquáticos não nativos indesejáveis (STEMMING THE TIDE, 1996). Contudo, até o momento não foram quantificados os custos para tais adaptações.

Obviamente, que este sistema apresenta vantagens e desvantagens. A principal vantagem é o controle efetivo do local do despejo da água de lastro, além do controle da qualidade do tratamento. Um fator impeditivo é a necessidade de tancagem no porto, bem como rede de dutos para captação da água de lastro, além de em muitos casos uma adaptação do sistema de drenagem dos navios. Contudo, mostra-se como uma alternativa eficaz para o controle da bioinvasão, além de poder ser um serviço oferecido pelos portos ao armador, ao invés do mesmo investir em instalação de sistemas a bordo de suas embarcações.

4.3.2 – Sistema móvel de coleta e tratamento

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

Isto exigiria o transporte de grandes quantidades de água de lastro através de grandes portadores de carga (PEREIRA e BRINATI, 2008). 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.

5 – PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE ÁGUA DE LASTRO

Diante da problemática exposta e da lacuna encontrada na literatura no que tange os impactos do tratamento de água de lastro em terra, considerando as características portuárias de um terminal de minério de ferro, por ser basicamente importador de água de lastro, é que foi elaborado um modelo de simulação computacional para avaliar a viabilidade desta aplicação. Optou-se por avaliar esta alternativa para verificar se a captação da água de lastro no porto impacta na taxa de ocupação do berços, tempo de espera e número de navios em fila, em relação aos já praticados em alguns portos brasileiros.

Assim, o modelo conceitual do modelo de simulação é apresentado é composto dos seguintes elementos:

1. Chegadas de navios na barra;
2. Processo de alocação de berço;
3. Processo de atracação, que leva em consideração as restrições físicas de cada terminal no que tange canal de acesso “cruzamento” e ambientais maré e correnteza;
4. Processo de pré-operação após a atracação;
5. Processo de carregamento do navio e despejo de água de lastro;

6. Processo de transferência de água de lastro para unidade de armazenamento em terra;
7. Processo de desatracação, que leva em consideração as restrições físicas de cada terminal, bem como condições de maré e canal de acesso;
8. Processo de tratamento e descarte da água de lastro armazenada;

A representação gráfica do modelo conceitual é apresentada na Figura 2.

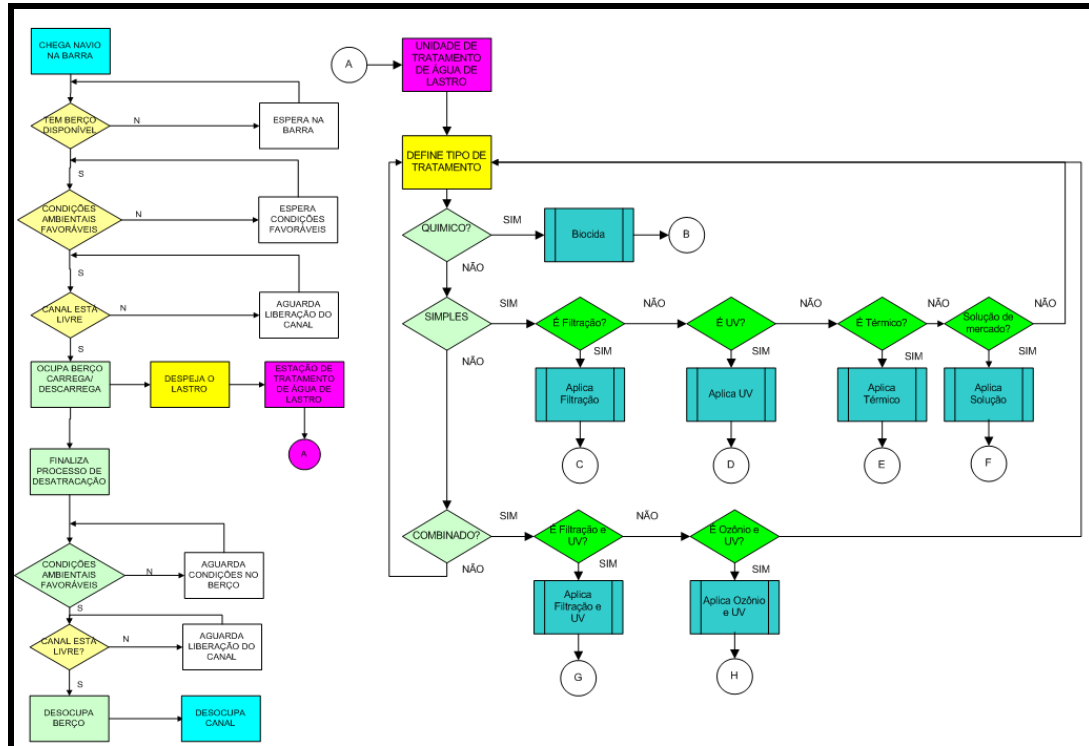


Figura 2 – Representação do modelo conceitual

Basicamente, a representação desta alternativa de tratamento de água de lastro é muito similar a uma operação comum de chegada de navios nos portos, uma vez que o procedimento de operação não muda. A principal diferença do sistema proposto é que ao invés do navio despejar o lastro diretamente na água no porto ele é captado, armazenado e depois destinado para uma unidade de tratamento. O modelo de simulação é definido como “Genérico”, ou seja, capaz de ser aplicado em qualquer porto com características semelhantes de operação dos portos selecionados. No modelo serão incorporadas as características operacionais de cada uma alternativas de solução considerando a capacidade e tipo de tancagem para estação em terra, tipo de tratamento químico, físico ou biocida em terra e capacidade de tratamento m^3/h), bem como as características operacionais dos portos no tocante as restrições de canal de acesso “cruzamento”, maré e número

de berços de atracação, taxa dos equipamentos de carregamento, perfil da frota e volume de lastro a bordo.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma visão geral dos impactos e alternativas utilizadas atualmente para tratar a água de lastro. Cabe salientar que a eficácia dos métodos existentes tanto os procedimentos operacionais quanto as alternativas tecnológicas a bordo dos navios não conferem 100% de eficiência. Deste modo, é necessário que um grande envolvimento da tripulação do navio no auxílio do problema, procurando não coletar a água de lastro em locais que apresentem florações de algas evidentes, bem como evitar essa operação a noite quando alguns microorganismos planctônicos migram para uma posição mais elevada na coluna d'água.

Diante da situação atual não se pode descartar nenhuma alternativa de tratamento da água de lastro, mesmo que o interesse principal da solução apresente um viés comercial. As alternativas que serão testadas através do modelo computacional poderá apresentar os limites para este tipo de operação, bem como sua viabilidade do ponto de vista operacional e comercial.

7 - REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Brasil – Água de lastro. Projetos GGPAF. 2002. 2003.
- CARLTON J.T., et al . 1995. “Transoceanic and inter-oceanic dispersal of coastal marine organisms: The biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*“, v.23.
- CARON JUNIOR, A., Avaliação do risco de introdução de espécies exóticas no porto de Itajaí e entorço por meio de água de lastro. Dissertação (mestrado) apresentada a Universidade do Vale do Itajaí em Ciências e Tecnologia Ambiental. 2007.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, BALLAST WATER MANAGEMENT. 2008
- 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.
- 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 (ES). IPT. 2004.
- PEREIRA,N.N.; BRINATI, H.L., Um estudo sobre água de lastro. Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 2008.
- REZENDE, M.F., Variação das características hidráulicas em condutos forçados devido à infestação pelo *Limnoperna fortunei*. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2007.
- RIGBY, G., Possible solutions to the ballast water problem. Australian Quarantine. 1994.
- SEELIGER, U. COSTA, C. S. B. Alterações de Hábitats Devido às Atividades Antrópicas na Costa Sul do Brasil. Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil (CEB, Fortaleza-CE).
- SILVA, J.; SOUZA, R., Água de Lastro e Bioinvasão. InterCiência. 2004.
- WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. Port of Milwaukee Onshore Ballast Water Treatment Feasibility Study Report. 2007.