



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



RUBENS BITTENCOURT BAÊTA

**ESTUDOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO
E SUAS APLICAÇÕES A BORDO DE NAVIOS GRANELEIROS**

OURO PRETO - MG

2020

RUBENS BITTENCOURT BAÊTA

rubens.baeta@aluno.ufop.edu.br

**ESTUDOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO
E SUAS APLICAÇÕES A BORDO DE NAVIOS GRANELEIROS**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro Preto
como requisito para a obtenção do
título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: Dr. Paulo Henrique Vieira Magalhães

Professora coorientadora: Dra. Ana Leticia Pilz de Castro

**OURO PRETO – MG
2020**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

B141e Baeta, Rubens Bittencourt .

Estudos de sistemas de tratamento da água de lastro e suas aplicações a bordo de Navios Graneleiros. [manuscrito] / Rubens Bittencourt Baeta. - 2020.

79 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Vieira Magalhães Magalhães.

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Leticia Pilz de Castro Castro.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Águas residuais - Purificação - Água de lastro. 2. Águas residuais - Purificação. 3. Água - Microbiologia - Bioinvasão. I. Castro, Ana Leticia Pilz de Castro. II. Magalhães, Paulo Henrique Vieira Magalhães. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB - 1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Rubens Bittencourt Baeta

Estudo de Sistemas de Tratamento da Água de Lastro e Suas Aplicações Abordo de Navios Graneleiros

Monografia apresentada ao Curso de **Engenharia Mecânica** da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Mecânico**.

Aprovada em 10 de novembro de 2020

Membros da banca

Prof. Dr. Paulo Henrique Vieira Magalhães - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Ana Leticia Pilz de Castro - Co-Orientadora/Avaliadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. MSc. Sávio Sade Tayer- Avaliador - Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Paulo Henrique Vieira Magalhães, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 25/01/2021



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique Vieira Magalhaes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/01/2021, às 20:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0127427** e o código CRC **F04283C7**.

AGRADECIMENTO

Agradeço em primeiro lugar à Deus, que sempre me guiou e iluminou.

Aos meus pais e meus irmãos, meus maiores exemplos, minhas referências e meu porto seguro. À Marina pelo amor e companherismo .

Agradeço aos meus amigos da Mecânica, em especial a turma do BigMec, vocês tornaram a graduação mais leve.

Aos amigos que fiz nessa jornada, equipe 12Bis, ao Danilo, Daiane, Pablo, Renata, Rodrigo e Vinicius pelo auxílio e amizade.

Aos professores do curso de engenharia mecânica por suas importantes contribuições para minha carreira profissional.

Às republicas Chaparral e Masmorra pela amizade e irmandade. À Kome Keto, minha casa, meu lar e onde vivi meus melhores 5 anos.

Ao meu orientador Paulo Magalhães e minha coorientadora Ana Letícia pelo apoio, conselhos, ensinamentos e orientação neste trabalho.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire

BAÊTA, Rubens Bittencourt: **Estudos de sistemas de tratamento da água de lastro e suas aplicações a bordo de navios graneleiros**, 2020. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

Os ecossistemas marinhos são abundantes e diversos e têm sido largamente explorados em razão da crescente demanda mundial de transporte marítimo. Um dos pontos mais questionados deste tipo de transporte é o processo denominado troca da água de lastro. O lastro é definido como todo e qualquer material utilizado para contrabalançar o peso do navio, quando este não está plenamente carregado; por ser um recurso abundante nos oceanos, as embarcações atualmente utilizam a água. Entretanto, o processo de troca desta água de lastro – necessário para o processo de carregamento, descarregamento e para a garantia da estabilidade estrutural das embarcações – tem causado desarranjos ambientais ou, ainda, chegada de espécies não nativas a novos ecossistemas, gerando sérias consequências ao ambiente local. Pode-se dizer que um grande agente causador deste desequilíbrio é o aumento de exportações de minério de ferro do Brasil para a China, nos últimos anos. Neste contexto, a IMO (International Maritime Organization) homologou alguns sistemas de tratamento da água de lastro, visando minimizar ou erradicar esses impactos. Sendo assim, o objetivo principal deste estudo é analisar os diferentes tipos de sistemas de tratamento da água de lastro a bordo de navios graneleiros e o desempenho de alguns destes sistemas, por meio de uma análise dos diferentes fornecedores e seus respectivos métodos de tratamento. Inicialmente, é apresentada uma abordagem teórica sobre água de lastro, navios graneleiros e, também, um levantamento das Diretrizes para Controle e Gerenciamento da Água de Lastro adotadas pela IMO. A partir do balanço dos métodos de tratamento e um levantamento dos principais sistemas utilizados, foram realizadas análises comparativas de capacidade de bombeamento de lastro, capacidade de carga de cada navio graneleiro, capacidade de tratamento de água de lastro, método de tratamento e consumo de energia. Desta forma, foi possível definir os melhores e mais eficientes sistemas de tratamento para os principais navios graneleiros. Ainda assim, é importante ressaltar que a escolha de um sistema de tratamento para um navio comercial é complexa e leva em consideração o porte da embarcação, sua rota, espaço físico disponível, entre outros fatores. Entretanto, a partir da análise feita de todos os parâmetros e informações levantadas, constatou-se que o Sistema Ecochlor® Ballast Water Management System e o Sistema ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000 obtiveram melhores resultados dentre aqueles estudados.

Palavras chave: Água de lastro. Sistemas de tratamento. Bioinvasão. Navios graneleiros.

ABSTRACT

BAÊTA, Rubens Bittencourt: **Studies of ballast water treatment systems and their applications on bulk carriers**, 2020. (Graduation in Mechanical Engineering). Federal University of Ouro Preto.

Marine ecosystems are abundant and diverse and have been largely exploited due to the growing worldwide demand for maritime transport. One of the most questioned points of this type of transportation is the process called ballast water exchange. Ballast is defined as any material used to balance the weight of the ship when it is not fully loaded, and as an abundant resource in the oceans, vessels currently use water to do that. However, the process of changing this ballast water – which is necessary for the process of loading, unloading and to ensure the structural stability of the vessels – has caused environmental disarray or, even, the arrival of non-native species to new ecosystems, generating serious consequences for the local environment. It can also be said that a major cause of this imbalance is the increase in iron ore exports from Brazil to China in recent years. In this context, the IMO (International Maritime Organization) approved some ballast water treatment systems, aiming to minimize or eradicate these impacts. Therefore, the main objective of this study is to analyze the different types of ballast water treatment systems on board bulk carriers and the performance of some of these systems, through an analysis of the different suppliers and their respective treatment methods. Initially, a theoretical approach on ballast water, bulk carriers and a survey of the Guidelines for Control and Management of Ballast Water adopted by IMO is presented. Based on the balance of treatment methods and a survey of the main systems used, comparative analyzes of ballast pumping capacity, cargo capacity of each bulk carrier, ballast water treatment capacity, treatment method and energy consumption were carried out. In this way, it was possible to define the best and most efficient treatment systems for the main bulk carriers. Even so, it is important to remember that the choice of a treatment system for a commercial ship is complex and also takes into consideration the size of the vessel, its route, available physical space, etc. However, from the analysis made of all parameters and information collected, it was found that the Ecochlor® Ballast Water Management System and the ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000 obtained better results among those studied.

Keywords: Ballast water, Treatment systems, Bioinvasion, Bulk carriers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de lastramento e deslastamento	3
Figura 2 - Acidente com o navio MV Cougar Ace em 2006	3
Figura 3 - Minibulker	7
Figura 4 - Handysize	8
Figura 5 - Handymax.....	8
Figura 6 - Panamax	9
Figura 7 - Capesize	10
Figura 8 - VLBC	10
Figura 9 - VLCC	11
Figura 10 - Gestão de água de lastro	13
Figura 11 - Separador por Hidrociclone	28
Figura 12 - Sistema de tratamento térmico.....	31
Figura 13 - Diagrama Materiais e Métodos	38
Figura 14 - Vista da localização do CIO 2 e filtração.	44
Figura 15 - Informações do Navio Ikan Kerapu	45
Figura 16 - Informações do Navio Ateni.....	45
Figura 17 - Informações do Navio Buenos Aires	46
Figura 18 - Informações do Navio Moku Pahu.....	46
Figura 19 - Sistema ERMA FIRST BWTS FIT	47
Figura 20 - Filtros de tela	48
Figura 21 - Cédula de eletrolise	48
Figura 22 - Sistema CleanBallast	50
Figura 23 - DiskFilter	51
Figura 24 - Screen Filter	51
Figura 25 – EctoSys	52
Figura 26 – ECS	54
Figura 27 - Faixa de trabalho dos sistemas de tratamento de água de lastro	55

Figura 28 - Faixa de consumo.de energia dos sistemas de tratamento de água de lastro	56
Figura 29- Combinação dos graus de eliminação.....	59
Figura 30 - Combinação dos efeitos e contra indicações	61
Figura 31 - Comparação entre faixa de trabalho e consumo de energia	62
Figura 32 - Capacidade de carga dos navios graneleiros	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro comparativo	2
Tabela 2 – Classe e capacidade	7
Tabela 3 – Sistemas que receberam aprovação da IMO.....	22
Tabela 4 – Grau de eliminação na combinação dos métodos.....	32
Tabela 5 – Efeitos e as contra indicações na combinação dos métodos.....	33
Tabela 6 – Variáveis e Indicadores.....	38
Tabela 7 – Sistemas e Fabricantes	40
Tabela 8 – Tabela Ecochlor	41
Tabela 9 – Tabela ERMA FIRST.....	45
Tabela 10 – Tabela RWO.....	48
Tabela 11 – Tabela Techcross Ltd	52
Tabela 12 – Taxa de bombeamento dos navios graneleiros	56
Tabela 13 – Sistemas e Métodos	57
Tabela 14 – Características dos métodos e recomendação de potenciais navios a utilizar ...	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	4
1.3	Objetivos.....	5
1.3.1	Geral	5
1.3.2	Específicos.....	5
1.4	Estrutura do Trabalho	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Água de lastro dos navios	6
2.2	Navios Graneleiros	6
2.3	Diretrizes para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro dos Navios	11
2.1.1	Procedimentos para navios	14
2.1.2	Procedimentos para Estados do Porto	17
2.1.3	Sistemas homologados	21
2.4	Processos de Tratamento da água de Lastro a bordo dos navios.....	24
2.2.1	Biocidas	20
2.2.2	Desoxigenação.....	25
2.2.3	Eletricidade.....	26
2.2.4	Eletrólise.....	26
2.2.5	Filtração	26
2.2.6	Hidrociclones.....	27
2.2.7	Ozônio	28
2.2.8	Radiação Ultravioleta	29
2.2.9	Térmico.....	30
2.2.10	Ultrassom.....	30
2.5	Métodos Combinados de Tratamento da água de Lastro a bordo dos navios	31
3	METODOLOGIA.....	34
3.1	Tipos de Pesquisa	34
3.2	Materiais e Métodos	36
3.3	Variáveis e indicadores.....	37
3.4	Instrumento de Coleta de Dados.....	38
3.5	Tabulação dos Dados.....	38

3.6	Considerações Finais	39
4	RESULTADOS	40
4.1	Delimitação do trabalho.....	40
4.2	Especificações dos sistemas de tratamento	40
4.2.1	Ecochlor® Ballast Water Management System	41
4.2.2	ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000	45
4.2.3	CleanBallast.....	48
4.2.4	ECS-HYCHLORTM SYSTEM	52
4.3	Consumo de energia e da capacidade de tratamento	54
4.4	Taxa de bombeamento dos navios graneleiros	56
4.5	Análises do método de tratamento.....	56
5	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	61
5.1	Conclusão	65
5.2	Recomendações	66
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	67

1 INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo é apresentado uma abordagem sobre água de lastro, aos navios graneleiros, além da relação do meio ambiente com esses dois aspectos. Dessa forma, o primeiro capítulo tem como finalidade a caracterização do problema, as justificativas para realização, os motivos de sua origem, os objetivos e estrutura do trabalho.

1.1 Formulação do Problema

De acordo com Sardinha (2013), em torno de 70 mil embarcações (linhas de cruzeiro, navios de carga geral, navios porta-contentores, navios petroleiros e carga a granel) diariamente cortam os oceanos. Além disso, 90% das mercadorias como alimentos, brinquedos, energia, equipamentos, matérias primas e vestuário, são entregues através do transporte marítimo por todo o mundo.

Segundo Magalhães (2011), os navios são classificados a partir do tipo de carga transportados pelos mesmos, podendo ser: carga geral solta e carga refrigerada, navios de neogranéis, de contêineres, de granéis sólidos (cereais, carvão, minérios etc) e de granéis líquidos (petróleo e seus derivados, produtos químicos etc). O estudo desse trabalho tem como ênfase os navios de granéis sólidos ou ainda navios graneleiros de minérios.

Ao estudar sobre os navios graneleiros, algumas características são relevantes: boca, calado, comprimento total e porte. Para Cacho (2014), boca do navio é a largura da secção mestra, ou seja, medida no plano transversal e paralela à linha base. Segundo Magalhães (2011), calado seria a medida vertical entre a superfície de água a qual o navio flutua e a face de sua quilha, que por sua vez seria a peça que fica na parte inferior da embarcação que se estende da proa à popa. A seguir é apresentado, através da Tabela 1, o comparativo das características dos navios de granéis sólidos:

Tabela 1 - Quadro comparativo

Classe	Capacidade (DWT)	Boca(m)	Calado máximo (m)	Comprimento Total (m)
Pequeno ou Minibulker	5.000 a 8.000	16 a 18,2	5,7 a 6,8	95 a 107
Handysize	15.000 a 60.000	19,3 a 32,2	7,3 a 11,5	110 a 200
Panamax	60.000 a 80.000	32,2	11,2 a 13,4	225 a 229
Capesize	150.000 a 200.000	37 a 45	12,1 a 17	225 a 279
VLBC (Very Large Bulk Carriers)	205.000 a 320.000	50 a 58	16,1 a 21	299 a 320
VLOC (Very Large Ore Carriers)	365.000 a 420.000	50 a 65	18 a 23	362 a 385

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Nota-se, a partir da Tabela 1, a variedade de algumas classes de navios graneleiros. Então, a escolha da classe do navio está relacionada às diferentes variantes que a embarcação está sujeita, como: profundidade de água, quantidade de material transportado, limitações na largura, entre outros aspectos.

Além dos graneis sólidos, o lastro é um material presente nas embarcações que é de grande importância para seu funcionamento, estabilidade, balanço e integridade estrutural. Por isso, é interessante descrever e saber a origem do uso do lastro no mundo. De acordo com National Research Council (1996), as embarcações usaram o lastro sob a forma de areia, metais e pedras por milênios, até chegar, atualmente, ao uso de água dos próprios oceanos, lagos e rios. O uso do lastro em forma de água é bem mais econômico e eficiente, já que facilita bastante a tarefa de lastrear e deslastrear um navio. Para manter sua estabilidade, os navios recebem a água de lastro em seus tanques, quando estão em processo de descarregamento (lastramento ou lastração). Já quando o navio está em processo de carregamento, a água de lastro é lançada ao mar a medida que a embarcação está sendo carregada (deslastramento ou deslastração). Esse processo pode é exemplificado na figura 1.



Figura 2. Processo de lastreamento e deslastreamento

Fonte: UFSC- O visto,2020

Na figura 2 é mostrado um acidente que teve como principal causa o lastro do lastro e que está relacionado, conseqüentemente, com a estabilidade do navio.



Figura 2. Acidente com o navio MV Cougar Ace em 2006

Fonte: United States Coast Guard,2006

Atualmente, pode-se dizer que praticamente todas as embarcações marítimas utilizam a água de lastro em suas operações. O armazenamento desse lastro é feito através de uma grande variedade de tanques.

De acordo com o exposto, tem-se então a seguinte problemática:

Dentre os sistemas homologados de tratamento da água de lastro estudados, quais as melhores aplicações a bordo para os diferentes tipos de navios graneleiros?

1.2 Justificativa

Apesar de necessário o lastreamento pode gerar alguns impactos. A transferência de uma espécie não nativa, por exemplo, pode gerar uma série de problemas para o ecossistema local. Um dos impactos que pode ser citado é a chegada do mexilhão dourado "*Limnoperna fortunei*", espécie nativa de rios e arroios chineses e que proliferou no mundo (MANSUR et al. 2003; CARMO, 2006). O aumento das exportações de minério de ferro para a China nos últimos anos, pode ter sido um dos motivos dessa bioinvasão.

A IMO (International Maritime Organization) através da BWMC (Ballast Water Management Convention) recomendou alguns procedimentos operacionais que os comandantes devem aplicar durante a viagem, enquanto não surge uma técnica eficaz para resolver o problema da bioinvasão. Basicamente, as normas exigem que seja feita substituição oceânica da água de lastro. O princípio preventivo deste procedimento se fundamenta no fato de que as espécies oceânicas não sobrevivem em ambientes de regiões costeiras e vice-versa. (BWMC, 2004).

No entanto, a gestão e controle da água de lastro de navios deve promover a mitigação de impactos ambientais negativos e severos associados ao transporte marítimo, e estimular o desenvolvimento de metodologias de controle e monitoramento de agentes/organismos nocivos. Dessa forma, é importante estudar os métodos de tratamento de água de lastro, para que se possa em seguida, analisar qual o melhor sistema de tratamento para determinado tipo de embarcação.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Determinar a aplicação dos sistemas de tratamento da água de lastro estudados, a partir de seus desempenhos, para os diferentes tipos de navios graneleiros.

1.3.2 Específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre os processos de tratamentos- da água de lastro, diretrizes IMO;
- Elaborar levantamento dos Sistemas Homologados junto aos fornecedores: índices de tratamento oferecidos pelo equipamento, forma de monitoramento destes índices, custo energético de funcionamento, etc;
- Avaliar a viabilidade técnica da implantação dos sistemas homologados nos navios graneleiros;
- Analisar os resultados.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentada a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho, seus objetivos geral e específicos e a própria estrutura do trabalho. O segundo capítulo apresentará a revisão bibliográfica sobre as diretrizes IMO, os processos de tratamento de água de lastro, o levantamento dos principais sistemas de tratamento de água de lastro e as informações dos principais navios graneleiros. No capítulo três será apresentada a metodologia da pesquisa. No capítulo quatro serão analisados os resultados obtidos e no último capítulo será apresentada a conclusão do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordadas as diretrizes IMO, os métodos de tratamento de água de lastros, bem como uma análise dos métodos combinados. Dessa forma, a finalidade do segundo capítulo está vinculada no embasamento teórico para todo o estudo do tratamento da água de lastro a bordo dos navios.

2.1 Água de Lastro dos Navios

A palavra lastro compreende todo e qualquer material utilizado para contrabalançar do peso do navio quando este não está plenamente carregado, e que é descarregado pelo navio quando este começa a ser carregado no porto de destino. É importante ressaltar que somente há necessidade do procedimento de utilização de água de lastro quando o navio em questão é objeto de transporte de grande volume de carga. (VIANNA; CORRADI, 2006-2007)

Pode-se entender a necessidade do lastro de maneira mais abrangente, considerando que os navios utilizam o lastro para manter a segurança na navegação, estender seu calado, compensar perdas de peso pelo gasto de combustível e água de consumo, regulando os níveis de estresse na estrutura do navio em patamares aceitáveis.(COMMITTEE ON SHIP BALLAST OPERATIONS, 1996.)

2.2 Navios graneleiros

Segundo Magalhães, navio graneleiro é denominado simplesmente aquela embarcação que transporta granéis sólidos, podendo os granéis ser de carvão, minério, grão agrícola etc. Os diferentes classes de navio irão variar de acordo com sua capacidade, como dito no item 1.1. Na Tabela 2, pode-se observar as diferentes classes de navios e suas respectivas capacidades.

Tabela 2 – Classe e capacidade

Classe	Capacidade (DWT)
Pequeno ou Minibulker	5.000 a 8.000
Handysize	15.000 a 60.000
Panamax	60.000 a 80.000
Capesize	150.000 a 200.000
VLBC (Very Large Bulk Carriers)	205.000 a 320.000
VLOC (Very Large Ore Carriers)	365.000 a 420.000

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na figura 3, pode-se observar um Minibulker, navio empregado principalmente no transporte marítimo de curta distância ou no comércio de cabotagem (navegação entre portos marítimos, sem perder a costa de vista), utilizado também como navios alimentadores de navios de grande porte, transportando quantidades limitadas de cargas a granel, geralmente para portos menores sem restrição de tamanho do navio.



Figura 3. Minibulker

Fonte: MarineTraffic, 2020

Ja na Figura 4, tem-se o navio da classe Handysize, de médio porte, geralmente utilizados para transportar cargas para um grande número de portos, pode transportar uma variedade e quantidade consideráveis de cargas.



Figura 4. Handysize

Fonte: MarineTraffic,2020

Os navios Handymax, assim como os Handysize, são ideais para remessas de diferentes cargas de portos menores. Na figura 5, pode-se observar um navio Handymax.



Figura 5. Handymax

Fonte: MarineTraffic,2020

Na figura 6, pode-se observar um panamax, as dimensões desses navios são determinadas pelas dimensões das câmaras de eclusa e pela profundidade da água no Canal do Panamá.



Figura 6. Panamax

Fonte: MarineTraffic,2020

Os graneleiros Capesize, visto na figura 7, são os maiores graneleiros comuns. O navio é muito grande para cruzar os canais do Panamá ou Suez. Conhecidos como navios Capesize, porque precisam contornar o Cabo da Boa Esperança ou Cabo Horn. Devido ao grande tamanho, apenas grandes portos são capazes de acomodar esta classe em condições totalmente carregadas.



Figura 7. Capesize

Fonte: MarineTraffic,2020

Já na figura 8, pode-se observar o VLBC (*Very Large Bulk Carriers*), navio de grande porte com capacidade variável de 205 a 320 DWT.



Figura 8. VLBC

Fonte: MarineTraffic,2020

Já na figura 9, tem-se o VLOC (Very Large Ore Carriers), navio projetado para transporte de minério Brasil-China e que possui a maior capacidade da classe (365 a 420 DWT).



Figura 9. VLOC

Fonte: MarineTraffic,2020

2.3 Diretrizes para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro dos Navios

A fim de controlar e realizar o gerenciamento da água de lastro dos navios e, por consequente, amenizar a transferência de espécies marinhas indesejáveis; em 1997, através da Resolução A.868(20), a Assembleia da IMO (International Maritime Organization) adotou algumas Diretrizes. Com o objetivo de aplicar as Diretrizes e minimizar os riscos de bioinvasão, a Resolução demandava ações urgentes aos Governos, tanto em novas pesquisas, como diretamente à indústria de construção naval.

A IMO no seus últimos 50 anos tem a água de lastro como um dos principais alvos. Apesar da troca de água de lastro, das embarcações, não ser a única ação responsável pelo ingresso de agentes nocivos em outra área marinha, ela é considerada a mais relevante. Em 13 de fevereiro de 2004, foi adotado, pelos Estados membros da IMO, uma Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro e Sedimentos de Navios.

Além do reconhecimento, por parte da IMO, dos riscos causados no deslastro dos navios, a OMS (Organização Mundial de Saúde) reconhece e preocupa com a ameaça da água de lastro em trazer organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos.

Segundo a IMO (2004), os impactos da água de lastro pode ser dividido em três:

- Ecológico: quando espécies invasoras ou bioinvasores perturbam —a biodiversidade nativa e / ou processos ecológicos. Pode ser considerado o principal impacto e, com isso, levou diversas pesquisas e o estudo dessas diretrizes.
- Econômico: quando gera um impacto na indústria costeira (Ex: atividades portuárias, usinas petrolíferas etc), na pesca, na aquicultura e em diversas atividades que movimentam a economia.
- Saúde humana: quando organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos são inseridos no meio humano, causando doenças, entre outras complicações para os seres humanos.

As Diretrizes têm como objetivo auxiliar todas as autoridades associadas com o assunto (Ex: autoridades portuárias, comandantes dos navios, os operadores, etc), a minorar os efeitos e os riscos de agentes nocivos/patogênicos oriundos da água de lastro das embarcações, bem como prevenir danos a segurança dos navios. Essas diretrizes se destinam aos Estados Membros (Estados que são Membros da Organização Marítima Internacional) e podem ser aplicadas a todos os navios. No entanto, uma autoridade do Estado do Porto deverá determinar até que ponto elas são aplicáveis.

Na figura 10 é apresentado um fluxo da gestão de água de lastro, tanto no porto, quanto a bordo dos navios.



Figura 10. Gestão de água de lastro

Fonte: Baêta,2019

Observa-se, a partir da figura 2 que, quando se opta por uma utilização da água de lastro no porto tem-se duas opções; uma delas é o uso de uma água já limpa e tratada anteriormente, outra opção é fazer o tratamento de água de lastro através de instalações presentes no próprio porto. Já quando se opta pela gestão da água a bordo dos navios tem-se outras duas opções: tratamento da água de lastro e a troca de água de lastro. A troca de água de lastro, como já foi dito, pode causar diversos danos ambientais. Dessa forma, é recomendado, atualmente, o tratamento da água de lastro e para isso tem-se diversos métodos de tratamentos, podendo ainda combiná-los. Todos esses tratamentos e suas combinações serão apresentados neste capítulo.

2.3.1 Procedimentos para navios

O adestramento para o Comandante do navio e para as tripulações, deve incluir instruções sobre a aplicação dos procedimentos para o manuseio da água utilizada como lastro e dos sedimentos nela contidos e para o seu tratamento, com base nas informações contidas nestas Diretrizes. Devem ser dadas, também, instruções sobre a manutenção dos registros ou livros adequados. Os Governos devem assegurar que suas organizações de ensino marítimo incluam isto na ementa dos seus cursos.

Com base nas informações contidas nas Diretrizes da Resolução A.868(20), os seguintes procedimentos são indicados para os navios:

- Todo navio que utilizar água como lastro deverá ser dotado de um plano de gerenciamento da água de lastro, destinado a auxiliar a minimizar a transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos. O propósito desse plano deve ser fornecer procedimentos seguros e eficazes para gerenciamento da água de lastro;
- O plano de gerenciamento da água de lastro deve ser específico para cada navio;
- O plano de gerenciamento da água de lastro deve ser incluído na documentação operacional do navio. Esse plano deve conter, entre outras coisas, os seguintes dados: as partes pertinentes destas Diretrizes, documentação relativa à aprovação dos equipamentos de tratamento pertinentes, uma indicação dos registros exigidos e, por fim, a localização de pontos em que seja possível o recolhimento de amostras.

Seguindo as informações contidas nas Diretrizes da Resolução A.868(20), os seguintes procedimentos para registro e informação são indicados para os navios:

- Quando uma autoridade de um Estado do Porto exigir que sejam realizados determinados procedimentos relativos à água utilizada como lastro e/ou uma opção, ou opções, de tratamento e, devido ao estado do tempo, às condições do mar ou a uma impossibilidade operacional, essa ação não puder ser realizada, o Comandante deve informar esse fato à autoridade do Estado do Porto logo que possível e, quando adequado, antes de entrar nas águas sob a sua jurisdição;
- Para facilitar a administração do gerenciamento da água de lastro e dos procedimentos relativos ao seu tratamento, deve ser designado, em cada navio,

um Oficial para manter os registros adequados e assegurar que o gerenciamento da água utilizada como lastro e/ou os procedimentos relativos ao seu tratamento sejam seguidos e registrados;

- Ao receber ou descarregar água de lastro, devem ser registrados, no mínimo, as datas, a posição geográfica, o(s) tanque(s) e os porões do navio, a temperatura e a salinidade da água de lastro, bem como a quantidade de água recebida ou descarregada. Um modelo adequado é apresentado no Apêndice 1. Esse registro deve estar disponível para a autoridade do Estado do Porto;
- A localização e os pontos de acesso convenientes para a retirada de amostras da água de lastro, ou dos sedimentos, deve estar indicada no plano de gerenciamento da água de lastro do navio. Isso permitirá que a tripulação do navio possa auxiliar da melhor maneira possível, quando os oficiais ou funcionários da autoridade do Estado do Porto pedirem uma amostra da água de lastro, ou dos sedimentos.

Fundamentado nas informações contidas nas Diretrizes da Resolução A.868(20), alguns procedimentos operacionais são indicados para os navios. Dessa forma algumas práticas preventivas são indicadas:

- Redução ao mínimo da captação de organismos aquáticos nocivos, de agentes patogênicos e de sedimentos. Ao receber lastro, devem ser envidados todos os esforços no sentido de evitar a captação de organismos aquáticos potencialmente nocivos e agentes patogênicos, bem como de sedimentos que possam conter esses organismos. O recebimento de água de lastro deve ser reduzido ao mínimo ou, quando possível, evitado, em áreas e situações como as seguintes: áreas identificadas pelo Estado do Porto; na escuridão, quando organismos que vivem no fundo do mar podem ser trazidos à superfície pela coluna d'água; em águas muito rasas; ou quando os hélices puderem levantar sedimentos;
- Quando possível, devem ser realizadas limpezas de rotina nos tanques de lastro, para retirar os sedimentos que possam ter sido recebidos. Essas limpezas devem ser feitas em mar aberto, ou num porto ou dique seco, de uma maneira controlada, de acordo com o disposto no plano de gerenciamento da água de lastro do navio;

- Se for necessário receber e descarregar água de lastro no mesmo porto, para facilitar a realização de uma operação de carga segura, deve-se ter o cuidado de evitar uma descarga desnecessária da água de lastro que tenha sido recebida em outro porto.

Com base nas informações contidas nas Diretrizes da Resolução A.868(20), alguns procedimentos operacionais são indicados para os navios. Algumas opções para o manuseio de água utilizada como lastro são indicadas:

- Quando possível, os navios devem realizar a troca da água de lastro em águas profundas, em mar aberto, o mais longe possível da costa. Quando isto não for possível, podem existir prescrições elaboradas em função de acordos regionais, principalmente em áreas localizadas a menos de 200 milhas náuticas da costa. De acordo com o disposto no item, toda a água utilizada como lastro deve ser descarregada até que seja perdida a aspiração nos tanques. Se possível, devem ser utilizadas bombas de esgoto ou e dutores;
- Quando for empregado o método do fluxo contínuo (“flow through”) em mar aberto, bombeando a água de lastro para o tanque ou porão e deixando que ela extravase, deve ser bombeada para o tanque pelo menos uma quantidade equivalente a três vezes o volume daquele tanque;
- Quando não for possível realizar nenhuma das formas de troca da água de lastro em mar aberto, o Estado do Porto poderá aceitar a realização dessa operação em determinadas áreas e outras opções para a troca da água de lastro, aprovadas pelo Estado do Porto;
- Nos casos em que não for possível realizar a troca da água de lastro, ou qualquer outra opção de tratamento, a água de lastro deve ser mantida nos tanques ou porões. Se isto não for possível, o navio deverá descarregar apenas a quantidade mínima necessária de água de lastro, de acordo com as estratégias de contingência dos Estados do Porto;
- Se um Estado do Porto fornecer instalações para recebimento da água utilizada como lastro e/ou sedimentos, essas instalações devem ser utilizadas, quando adequado;

- Se tratamentos e tecnologias novas e em desenvolvimento provarem ser viáveis, poderão substituir, ou ser utilizados juntamente com as opções atualmente existentes. Esses tratamentos podem compreender métodos térmicos, de filtração, de desinfecção, inclusive a utilização de luz ultravioleta e outros métodos considerados aceitáveis pelo Estado do Porto;
- Os resultados relativos à aplicação e à eficácia das novas tecnologias de manuseio da água utilizada como lastro e dos equipamentos de controle relacionados com essas operações devem ser informados à Organização, com vistas a uma avaliação e incorporação, quando adequado, nestas Diretrizes.

2.3.2 Procedimentos para Estados do Porto

A autoridade do Estado do Porto deve conduzir as diretrizes, ou a exigir o cumprimento das normas e regulamentos pertinentes à implementação de medidas de controle da navegação nacional e internacional. Essa autoridade é qualquer funcionário ou organização autorizada pelo Governo de um Estado do Porto. No Brasil, é o Representante Nacional, Regional ou Local da Autoridade Marítima.

A partir das informações contidas nas Diretrizes da Resolução A.868(20), os seguintes procedimentos são indicados para os Estados do Porto:

- Deve haver instalações disponíveis para recebimento e tratamento da água utilizada como lastro, para permitir um esgoto ambientalmente seguro dos sedimentos existentes nos tanques de lastro;
- A descarga da água utilizada como lastro pelos navios nas instalações de recepção e/ou de tratamento existentes no porto deve ser feita por meio de um controle adequado. As autoridades do Estado do Porto que desejarem utilizar esta estratégia devem assegurar que essas instalações sejam adequadas.

Segundo as informações contidas nas Diretrizes da Resolução A.868(20), os seguintes procedimentos para registro e informação são indicados para os Estados do Porto:

- os Estados do Porto devem fornecer aos navios as seguintes informações: detalhes relativos às suas exigências, no que se refere ao gerenciamento da água de lastro; localização e condições de utilização das áreas marítimas alternativas para a troca da água de lastro; quaisquer outros dispositivos de contingência do porto; a existência, localização e capacidades das instalações para recebimento

da água de lastro e as taxas relativas a essas instalações, que estiverem sendo oferecidas para permitir uma descarga ambientalmente segura da água de lastro e dos sedimentos nela contidos;

- Para auxiliar os navios a aplicar as práticas preventivas, os Estados do Porto devem informar aos agentes locais e/ou aos navios, as áreas e as situações em que o recebimento e a descarga de água de lastro devem ser restritos a um mínimo, tais como: áreas em que tenham ocorrido irrupções ou infestações, ou em que seja conhecida a existência de uma população de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos; áreas em que esteja ocorrendo o florescimento de fitoplânctons (algas, como as marés vermelhas); descarga de esgotos sanitários nas proximidades; - operações de dragagem nas proximidades; quando se souber que a corrente de maré provoca turbilhonamento de sedimentos; áreas em que se saiba que a troca de água pela maré é insignificante.

As seguintes apreciações são fornecidas para orientação das autoridades do Estado do Porto na implementação do seu programa de gerenciamento da água utilizada como lastro, bem como na avaliação dos riscos em relação à água de lastro contendo organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos:

- Condições muito diferentes entre os portos de recebimento e de descarga : podem existir condições significativamente diferentes entre o(s) porto(s) de origem e o porto em que a água de lastro é descarregada. Os exemplos incluem a água doce utilizada como lastro sendo descarregada em portos cuja água apresenta uma elevada salinidade. Podem haver organismos capazes de sobreviver a transferências tão extremas, entretanto, há uma pequena probabilidade da criação de espécies durante esses transportes;
- Idade da água utilizada como lastro: O período de tempo em que a água de lastro permanece no interior de um tanque de lastro fechado pode vir a ser também um fator para determinar o número de organismos sobreviventes, devido à ausência de luz, à redução dos nutrientes e do oxigênio, às alterações de salinidade e a outros fatores. Entretanto, o período máximo de sobrevivência dos organismos na água de lastro varia e, em muitos casos, é desconhecido. Para se aplicar estas considerações, deve-se ter em mente uma água com uma idade mínima de 100 dias. A água utilizada como lastro e os

sedimentos nela contidos podem conter cistos de dinoflagelados, e outros organismos capazes de sobreviver por um período de tempo muito maior;

- Presença de organismos alvos: em algumas circunstâncias, pode ser possível determinar se uma ou mais espécies alvos estão presentes na água de um determinado porto e se essa água foi utilizada como lastro de um navio. Nesses casos, a autoridade do Estado do Porto que recebeu o navio com aquela água poderá, conseqüentemente, invocar as medidas de controle de água de lastro julgadas necessárias. Mesmo se essas espécies alvos não estiverem presentes, deve-se observar, entretanto, que o navio poderá ainda estar transportando muitas espécies que não as espécies alvos que, se liberadas em outras águas, poderão ser potencialmente nocivas. Além disso, os Estados do Porto são incentivados a realizar pesquisas biológicas iniciais em seus portos e disseminar os resultados de suas investigações.

De acordo com a abordagem preventiva voltada para a proteção ambiental, estas Diretrizes podem ser aplicadas a todos os navios, a menos que tenham sido especificamente dispensados por uma autoridade do Estado do Porto, em águas sob a sua jurisdição. As autoridades dos Estados do Porto devem informar à Organização como as Diretrizes estão sendo aplicadas.

Os Estados Membros têm o direito, de gerenciar a água de lastro por intermédio de leis nacionais. Entretanto, quaisquer restrições impostas à descarga de água de lastro devem ser informadas à Organização.

Em todos os casos, uma autoridade do Estado do Porto pode considerar os efeitos globais dos procedimentos de descarga da água de lastro e dos sedimentos nela contidos sobre a segurança dos navios e dos que se encontram a bordo. Estas Diretrizes serão ineficazes, se o seu cumprimento depender da aceitação de medidas operacionais que ponham em risco um navio ou a sua tripulação. Os Estados do Porto não devem exigir que o Comandante realize qualquer ação que ponha em risco as vidas dos marítimos ou a segurança do navio.

É essencial que os procedimentos de gerenciamento da água de lastro e dos sedimentos nela contidos sejam eficazes e, ao mesmo tempo, ambientalmente seguros, viáveis, que tenham o propósito de minimizar custos e atrasos para o navio, e que se baseiem, sempre que possível, nestas Diretrizes.

Quaisquer instruções ou prescrições destinadas a um navio devem ser fornecidas no momento oportuno e devem ser claras e concisas.

Quando solicitados, os Estados do Porto devem fornecer a um navio visitante qualquer informação solicitada, relativa ao gerenciamento da água de lastro e seus possíveis efeitos, com respeito aos organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos.

Qualquer atividade de imposição ou monitoramento deve ser realizada de uma maneira justa, uniforme e coerente em todos os portos nacionais dentro do Estado do Porto. Quando houver razões imperativas pelas quais não possam ser adotados procedimentos nacionalmente coerentes, as divergências devem ser informadas à Organização.

O Estado do Porto deve realizar o monitoramento do cumprimento destas Diretrizes, retirando e analisando, por exemplo, amostras da água de lastro e dos sedimentos nela contidos, para verificar a sobrevivência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos.

Quando estiver sendo realizada a retirada de amostras da água de lastro e dos sedimentos nela contidos para monitoramento do cumprimento das Diretrizes, ou da sua eficácia, as autoridades do Estado do Porto devem minimizar os atrasos causados aos navios pela retirada dessas amostras.

Quando for retirar amostras para pesquisa, ou monitoramento do cumprimento das Diretrizes, a autoridade do Estado do Porto deve informar ao navio com a maior antecedência possível que as amostras serão retiradas, para facilitar o planejamento da utilização dos recursos humanos e operacionais de bordo.

O Comandante tem a obrigação geral de prover uma assistência razoável à realização do monitoramento acima mencionado. Essa assistência poderá consistir no fornecimento de oficiais, ou membros da tripulação, de planos do navio e de registros relativos ao arranjo do sistema de lastro e de detalhes referentes à localização dos pontos para retirada.

A escolha dos métodos a serem utilizados para pesquisa e monitoramento é da responsabilidade de cada Estado do Porto. A Organização gostaria de receber informações sobre novos métodos, ou sobre métodos que contenham inovações, para a retirada de amostras e/ou de análise. Assim, qualquer informação pertinente deve ser fornecida a ela.

As autoridades do Estado do Porto devem informar ao Comandante, ou ao oficial responsável, o propósito da retirada das amostras (por exemplo: monitoramento, pesquisa ou

imposição do cumprimento das Diretrizes). Os resultados das análises realizadas nas amostras devem ser fornecidos aos operadores do navio quando solicitados.

As autoridades do Estado do Porto podem retirar ou solicitar amostras para analisar a água de lastro e os sedimentos nela contidos, antes de permitir que um navio descarregue água de lastro em locais ambientalmente sensíveis. Se forem encontrados organismos aquáticos nocivos ou agentes patogênicos nas amostras, poderá ser aplicada uma estratégia de contingência do Estado do Porto.

Não se pretende que estas Diretrizes sejam uma solução definitiva para o problema. Ao invés disto, cada uma de suas partes deve ser vista como uma ferramenta que, se corretamente utilizada, ajudará a minimizar os riscos relacionados com a água de lastro descarregada. À medida em que forem surgindo avanços científicos e tecnológicos, as Diretrizes serão aprimoradas, para permitir que o risco seja enfrentado adequadamente.

2.3.3 Sistemas homologados

A IMO disponibiliza em seu site eletrônico, uma lista de 42 sistemas de gerenciamento de água de lastro que obtiveram aprovação final pela instituição, seguindo os requisitos estabelecidos. Apesar da quantidade significativa de sistemas homologados, segundo a ABS (*American Bureau of Shipping*), em uma pesquisa realizada durante o *2nd Ballast Water Management Workshop*, apenas 14% da frota de navios operam com algum sistema de tratamento de água de lastro com monitoramento dos parâmetros exigidos (IMO, 2004).

Na Tabela 3 é mostrado os 42 sistemas de gerenciamento de água de lastro que fazem uso de substâncias ativas que recebeu aprovação final da IMO:

Tabela 3. Sistemas que receberam aprovação da IMO

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Final Approval
1	PureBallast System, Norway	Alfa Laval/Wallenius Water AB	13 July 2007 (MEPC 56)
2	SEDNA® Ballast Water Management System (Using Peraclean® Ocean), Germany	Degussa GmbH, Germany	4 April 2008 (MEPC 57)
3	Electro-Clean™ System, Republic of Korea	Techcross Ltd. and Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI)	10 October 2008 (MEPC 58)
4	OceanSaver® Ballast Water Management System, Norway	OceanSaver AS	10 October 2008 (MEPC 58)
5	RWO Ballast Water Management System (CleanBallast), Germany	RWO GmbH Marine Water Technology, Germany	17 July 2009 (MEPC 59)
6	NK-O3 BlueBallast System (Ozone), Republic of Korea	NK Company Ltd., Republic of Korea	17 July 2009 (MEPC 59)
7	Hitachi Ballast Water Purification System (ClearBallast), Japan	Hitachi, Ltd. /Hitachi Plant technologies, Ltd.	17 July 2009 (MEPC 59)
8	Greenship Sedinox Ballast Water Management System, the Netherlands	Greenship Ltd	17 July 2009 (MEPC 59)
9	GloEn-Patrol™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Panasia Co., Ltd.	26 March 2010 (MEPC 60)
10	Resource Ballast Technologies System, South Africa	Resource Ballast Technologies (Pty) Ltd.	26 March 2010 (MEPC 60)
11	JFE BallastAce® Ballast Water Management System, Japan	JFE Engineering Corporation	26 March 2010 (MEPC 60)
12	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. (HHI) Ballast Water Management System (EcoBallast), Republic of Korea	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., Republic of Korea	26 March 2010 (MEPC 60)
13	Special Pipe Hybrid Ballast Water Management System combined with Ozone treatment version (SP-Hybrid BWMS Ozone version), Japan	Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.	1 October 2010 (MEPC 61)
14	"ARA Ballast" Ballast Water Management System, Republic of Korea	21st Century Shipbuilding Co., Ltd.	1 October 2010 (MEPC 61)
15	BalClor Ballast Water Management System, China	Qingdao Sunrui Corrosion and Fouling Control Company	1 October 2010 (MEPC 61)
16	OceanGuard™ Ballast Water Management System, Norway	Qingdao Headway Technology Co., Ltd.	1 October 2010 (MEPC 61)
17	Ecochlor® Ballast Water Management System, Germany	Ecochlor Inc, Acton, the United States	1 October 2010 (MEPC 61)

Tabela 3 (Continuação)

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Final Approval
18	Severn Trent De Nora BalPure® Ballast Water Management System (subsequently changed to BalPure® BP-500), Germany	Severn Trent De Nora (STDN), LLC	1 October 2010 (MEPC 61)
19	HiBallast Ballast Water Management System, Republic of Korea	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.	15 July 2011 (MEPC 62)
20	Purimar Ballast Water Management System, Republic of Korea	Samsung Heavy Industries Co., Ltd.	15 July 2011 (MEPC 62)
21	SiCURE™ Ballast Water Management System, Germany	Siemens Water Technologies	2 March 2012 (MEPC 63)
22	ERMA FIRST Ballast Water Management System (subsequently changed to ERMA FIRST BWTS), Greece	ERMA FIRST E.S.K. Engineering Solutions S.A.	2 March 2012 (MEPC 63)
23	MICROFADE™ Ballast Water Management System, Japan	Kuraray Co., Ltd.	2 March 2012 (MEPC 63)
24	AquaStar™ Ballast Water Management, Republic of Korea (subsequently changed to AquaStar™ BWMS and MACGREGOR WATER BALLAST TREATMENT SYSTEM)	AQUA Eng. Co.	2 March 2012 (MEPC 63)
25	Neo-Purimar™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Samsung Heavy Industries Co., Ltd. (SHI)	2 March 2012 (MEPC 63)
26	DESMI Ocean Guard BWMS, Denmark	DESMI Ocean Guard A/S	5 October 2012 (MEPC 64)
27	JFE BallastAce that makes use of NEO-CHLOR MARINE™, Japan	JFE Engineering Corporation	5 October 2012 (MEPC 64)
28	Smart Ballast BWMS, Republic of Korea	STX Metal Co., Ltd.	5 October 2012 (MEPC 64)
29	AQUARIUS® EC Ballast Water Management System, the Netherlands	Wärtsilä Water Systems Limited	17 May 2013 (MEPC 65)
30	EcoGuardian™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Hanla IMS Co., Ltd.	17 May 2013 (MEPC 65)
31	OceanDoctor BWMS, China	Jiujiang Precision Measuring Technology Research Institute and Institute of Marine Materials Science and Engineering of Shanghai Maritime University	17 May 2013 (MEPC 65)
32	Ballast Water Management System with PERACLEAN® OCEAN (SKY-SYSTEM), Japan	Nippon Yuka Kogyo Co., and Katayama Chemical, Inc.	4 April 2014 (MEPC 66)
33	Evonik Ballast Water Treatment System with PERACLEAN® OCEAN, Germany	Evonik Industries AG	4 April 2014 (MEPC 66)
34	MARINOMATE™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	KT Marine Co. Ltd.	17 October 2014 (MEPC 67)
35	BlueZone™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	SUNBO Industries Co. Ltd.	17 October 2014 (MEPC 67)

Tabela 3 (Continuação)

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Final Approval
36	KURITA Ballast Water Management System, Japan	Kurita Water Industries Ltd.	17 October 2014 (MEPC 67)
37	Ecomarine-EC Ballast Water Management System, Japan	Ecomarine Technology Research Association	15 May 2015 (MEPC 68)
38	ECS-HYCHLOR™ System, Republic of Korea	TECHCROSS Inc.	22 April 2016 (MEPC 69)
39	NK-CI BlueBallast System, Republic of Korea	NK Company Ltd.	22 April 2016 (MEPC 69)
40	ATPS-BLUE _{sys} Ballast Water Management System, Japan	Panasonic Environmental Systems & Engineering Co., Ltd.	22 April 2016 (MEPC 69)
41	ECS-HYCHEM™ System, Republic of Korea	TECHCROSS Inc.	28 October 2016 (MEPC 70)
42	ECS-HYBRID™ System, Republic of Korea	TECHCROSS Inc.	7 July 2017 (MEPC 71)

Fonte: IMO, 2018

2.4 Processos de Tratamento da água de Lastro a bordo dos navios

Estudos realizados em diversos países demonstraram que muitas espécies de bactérias, plantas e animais podem sobreviver, na água de lastro e nos sedimentos transportados pelos navios, mesmo após viagens com vários meses de duração. A posterior descarga dessa água de lastro e desses sedimentos nas águas dos Estados do Porto podem permitir o estabelecimento de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos, que podem representar uma ameaça à vida humana, aos animais e aos vegetais existentes no local, bem como ao meio ambiente marinho. Embora tenham sido identificados outros meios responsáveis pela transferência de organismos entre áreas marítimas geograficamente afastadas, a água de lastro descarregada pelos navios parece estar entre os mais importantes.

Além do tratamento por substituição de água, muitas técnicas de tratamento da água de lastro estão sendo estudadas. Dentro dos processos físico, químico e biológico de tratamento da água, pode-se dizer que as principais tecnologias usadas a bordo do navio são: biocidas, desoxigenação, eletricidade, eletrólise, filtração, hidrociclones, ozônio, radiação ultravioleta, térmico e ultra som (TSOLAKI e DIAMADOPOULOS, 2010).

2.4.1 Biocidas

Esse processo tem maior eficiência no tratamento de micro-organismos da água de abastecimento. Os principais biocidas são o dióxido de cloro e o próprio cloro. O cloro foi utilizado por muito tempo pela sua alta eficiência que está relacionada com o pH neutro. No entanto, um dos problemas do uso do cloro é que em contato com a água do mar – pH 8 alcalino - ele gera trihalometanos (THM). Produzido a partir da mistura do cloro com os organismos presentes na água de lastro, esse composto, é classificado como cancerígeno (SILVA e FERNANDES, 2004).

Dessa forma, além de colocar em risco a saúde da tripulação, a utilização dos biocidas acarreta problemas reprodutivos e câncer nos animais (BALLAST WATER BIOCIDES INVESTIGATION PANEL, 2002). Apesar disso, o cloro pode ser uma alternativa, por exemplo, em acidentes com embarcações que culminarão num vazamento de água de lastro em um local de alto risco. Uma alternativa para não usar o cloro é fazer o tratamento utilizando o dióxido de cloro, que não produz trihalometanos, odores desagradáveis e ainda pode ser usado em qualquer pH.

2.4.2 Desoxigenação

Este processo tem uma eficiência parcial no combate de espécies aquáticas encontradas na água de lastro. Isso acontece devido à falta de oxigênio não interferir em bactérias anaeróbias; ao contrário das bactérias aeróbias, peixes e larvas de invertebrados, nos quais a desoxigenação é tóxica.

A desoxigenação baseia-se em inserir um gás inerte - composto de 84% de nitrogênio, de 12- 14% de CO₂ e 2% de oxigênio - via orifícios em tubulações distribuídas no fundo dos tanques de lastro dos navios. O resultado deste processo é a privação do oxigênio na água de lastro, levando à morte os organismos nos reservatórios – cerca de 95% das espécies de fitoplâncton, microalgas, zooplactons e invertebrados – devido ao aumento do nível de CO₂ e à redução do pH de 8 para 6 (HUSAIN et al., 2004). Este sistema pode ser aplicado estando o navio atracado ou navegando – mediante a automatização do processo.

2.4.3 Eletricidade

Diversas técnicas de aplicação de energia elétrica na água de lastro estão em processo de desenvolvimento. De acordo com Silva e Fernandes (2004), conforme varia a intensidade da corrente elétrica, a porcentagem de esterilização da água aumenta, chegando a níveis acima de 95%.

Testes conduzidos realizaram, separadamente, aplicação de corrente elétrica na água – eliminando até quatro tipos de algas diferentes, além do fitoplâncton (72%) e das bactérias (99%) – e, ainda em fase inicial de estudo, a transferência de pulsos elétricos mediante o uso de eletrodos na água de lastro – provocando um choque e eletrocutando os microrganismos.

Este pulso de campo elétrico é estudado como estratégia para o impedimento da bioincrustação nos encanamentos em navios e em sistemas na costa. Os resultados dos testes comprovaram a mortalidade de cerca de 40% das espécies de zooplâncton e uma diminuição nos índices de clorofila em ordem de 71%.

2.4.4 Eletrólise

O sistema de eletrólise envolve a desinfecção da água de lastro através da geração de radicais livres de cloro, hipoclorito de sódio (conhecido como desinfetante) e hidroxila, sem a adição ou mistura de quaisquer outros produtos químicos. O hipoclorito contido na água de lastro eletrolítica é introduzido no restante da água de lastro para ser esterilizado. Este método não requer o armazenamento de produtos químicos a bordo do navio, o que evita problemas de segurança. A geração eletrolítica de hipoclorito de sódio pela água do mar tem se mostrado um método simples e seguro de manipulação, porém apresenta alguns problemas, pois a água do mar, durante a eletrólise, além de cloro, produz outros íons que podem causar danos ao meio ambiente. Além disso, há um aumento da temperatura durante a eletrólise, o que causa a necessidade do uso de trocadores de calor para manter a temperatura desejada. Esta tecnologia é restrita aos navios que operam em água salgada ou salobra. (Araujo et al., 2012).

2.4.5 Filtração

Por meio deste processo é possível remover algas maiores do fitoplâncton e zooplâncton (pequenos animais marinhos), não sendo eficaz na redução da concentração de microrganismos menores. Os sistemas devem ser adaptados para que o resultado seja barrar o acesso dos organismos maiores aos tanques de água de lastro, devendo sempre manter a limpeza periódica

dos filtros para que a estratégia seja efetiva, embora não atinja mais que 70% de eficiência quando utilizada isoladamente (DARDEAU et al., 1995).

Em vista disso, testes são realizados para comprovar a maior eficácia do sistema em conjunto. Um exemplo dos estudos, foi um protótipo apresentado Saho et al. (2004) que consistia em um sistema que atrelava a supercondução magnética e a filtração para realizar a limpeza da água de lastro. O resultado do estudo comprovou que, em apenas cinco minutos, é possível retirar 90% das partículas presentes nos reservatórios.

2.4.6 Hidrociclones

O método físico de tratamento de água de lastro por hidrociclones, em conjunto com a filtração, desassocia microrganismos da água através da geração de pequenos ciclones. Estes, por sua vez, através da força centrífuga gerada, separam os elementos mais pesados que a água (KAZUMI, 2007, LLOYD'S REGISTER, 2007). Este processo pode ser observado na figura 11.

Segundo Pereira (2018, p.72):

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 localizado 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).

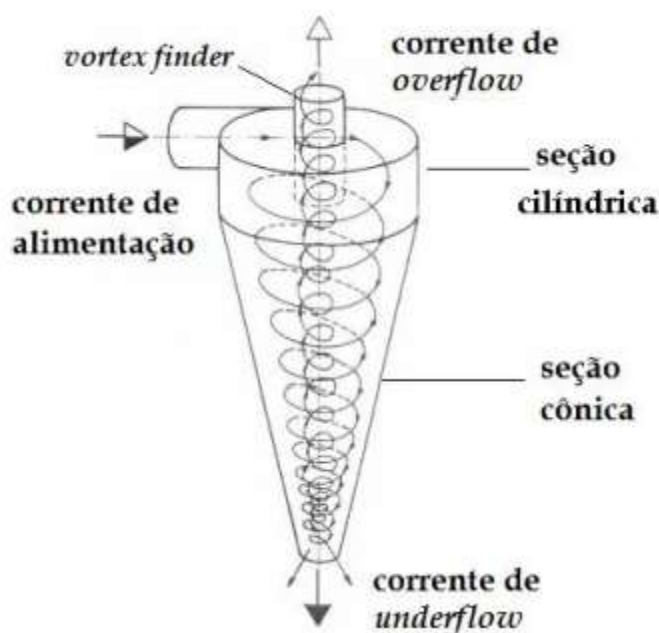


Figura 11. Separador por Hidrociclone

Fonte: Gonçalves, 2016

2.4.7 Ozônio

O ozônio é um biocida usado em indústrias e em tratamentos de água potável e não é tóxico em água doce. Mesclado na água, o efeito biológico depende do tempo de exposição e da concentração: quanto maiores, mais alta é a taxa de mortalidade dos organismos. Quando inserido pelo borbulhamento em sistemas industriais, se torna ainda mais eficiente (MESBAHI, 2004). Dentre as diversas vantagens e desvantagens desse sistema, segundo Oliveira (2003), algumas se destacam:

- Vantagens: O ozônio é mais efetivo que o cloro para destruição de vírus e bactérias e determina pouco tempo de contato, além de se decompor rapidamente na água;
- Desvantagens: alguns microrganismos necessitam de doses maiores para serem inativados; demanda material resistente, pois é um composto reativo e corrosivo; sua utilização é mais complexa que a do cloro ou ultravioleta, portanto, requiere equipamento específico e sofisticado.

A eliminação de fitoplâncton se deu na faixa de 89% e a clorofila foi reduzida em aplicações de ozônio (O₃) na água de lastro. Além disso, o O₃ causa redução considerável no Redox (indicador oxidação-redução) e, conseqüentemente produz a corrosão dos revestimentos, metais e vedações (MESBAHI, 2004).

2.4.8 Radiação Ultravioleta

O processo de tratamento por radiação ultravioleta se dá pela irradiação de luz ultravioleta na água de lastro. Essa luz estimula mudanças fotoquímicas nos organismos e provoca a quebra das ligações químicas no DNA, gerando mutações nocivas e, conseqüentemente, levando-os à morte (MESBAHI, 2004).

Neste sistema são fixadas, externamente a tubos de Teflon instalados nos navios, lâmpadas ultravioletas que emitem radiação em todas as direções, atingindo, assim, o fluido e eliminando os microrganismos. Neste caso, diferentemente de outros processos, o sistema não é eficaz o bastante na eliminação de organismos maiores e, portanto, busca-se combiná-lo com a filtração para que sejam alcançados bons resultados. Sua eficiência oscila de acordo com a turbidez da água e, além disso, há perdas de energia devido ao fato da radiação não ser unidirecional e, ainda, à absorção de uma parcela da radiação pelo próprio tubo do sistema (OLIVEIRA, 2003). Ademais, a radiação UV pode trazer problemas ao navio como a corrosão de metais, revestimentos e vedação no casco (MESBAHI, 2004).

O uso deste sistema se dá amplamente em aplicações de desinfecção, sendo usadas lâmpadas de baixa pressão de mercúrio como emissoras de radiação UV. Foi utilizado este método nos EUA, a bordo de dois navios e concluiu-se que o comprimento da onda produzida afeta diretamente a sensibilidade dos microrganismos. Observou-se, também, que a presença de sólidos suspensos prejudica a eficiência da irradiação, reduzindo um máximo de 78% de organismos da água de lastro. Sendo assim, sugere-se, para minimizar o problema, a associação deste sistema com a filtração, na tentativa de reduzir a turbidez da água e garantir a maior eficiência do sistema.

Em um estudo realizado no Porto de Baltimore, Wright (2004) apresentou resultados de eficiência do sistema de luzes UV aplicado para tratamento da água de lastro: a taxa de mortalidade de fitoplânctons foi de 95%, em consequência da existência de organismos resistentes à radiação ultravioleta. Nestes casos, são necessárias doses elevadas de radiação para que estes organismos sejam inativados.

2.4.9 Térmico

Este modelo de tratamento foi proposto por Rigby (1994) que recomenda aproveitar o calor gerado pelas máquinas principais e pelo sistema de refrigeração de água do navio. Modelo que está representado na figura 12. Apesar de ser sugerida a temperatura a partir de 40° C, não se sabe a temperatura ideal para erradicar os microrganismos. Basicamente, o método consiste em captar o calor gerado pelos equipamentos do navio para aquecer a água de lastro. No entanto, o número de encanamentos e o calor requerido para aquecer uma grande quantidade de lastro, pode elevar o custo desse processo. Deve-se considerar, também, que a viabilidade deste tratamento requer uma análise detalhada dos requisitos específicos de cada navio e a temperatura da água do mar.

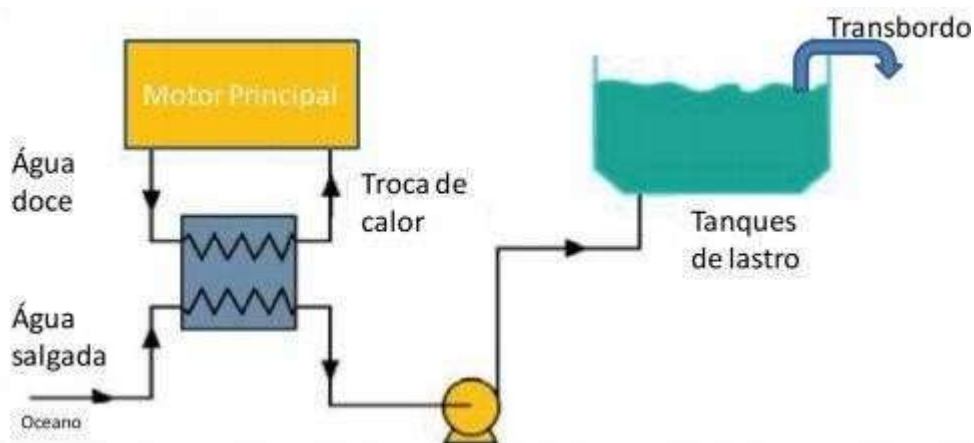


Figura 12. Sistema de tratamento térmico

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

2.4.10 Ultrassom

Com o objetivo de eliminar os organismos que estão presentes na água de lastro, utiliza-se o método de ultrassom, que consiste na emissão de ondas sonoras na água. De acordo com NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996), a destruição de microrganismos nos líquidos se dá por meio de esforços mecânicos localizados, a partir das escalas de potência e frequências (ideais de 15 a 100KHz) apropriadas aplicadas no ultrassom.

A eficácia do sistema ultrassônico aumenta proporcionalmente ao tempo de exposição e devido a fatores como ressonância e geometria do reservatório; e diminui de acordo com a distância do transdutor: quanto maior, mais a densidade de energia no líquido diminui (SASSI et al., 2005).

2.5 Métodos Combinados de Tratamento da água de Lastro a bordo dos navios

Os métodos combinados são utilizados com o objetivo de aumentar a eficiência do sistema de tratamento de água de lastro. Dessa forma as empresas fabricantes de sistemas de tratamento associam os processos unitários potencializando a retenção de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos.

Nas tabelas contidas no anexo são apresentados a combinação dos métodos unitários. Na tabela 4 é apresentado o grau de eliminação na combinação dos métodos. Enquanto na tabela 5, é indicado os efeitos e as contra indicações das combinações.

Tabela 4- Grau de eliminação na combinação dos métodos

Métodos	Biciodas (Cloro)	Desoxigenação	Eletricidade	Filtração	Ozônio	Radiação Ultravioleta	Térmico	Eletrólise
Biciodas (Cloro)	-	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água
Desoxigenação	Esterelização completa da água	-	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + larvas e bactérias	Elimina organismos maiores + microorganismos	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água
Eletricidade	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + microorganismos	-	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água
Filtração	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + larvas e bactérias	Elimina organismos maiores + microorganismos	-	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Esterelização completa da água
Ozônio	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	-	Elimina microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água
Radiação Ultravioleta	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina microorganismos	-	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água
Térmico	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água	-	Esterelização completa da água
Eletrólise	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	-

Fonte: Pesquisa direta, 2020

*Dados sobre a combinação com os métodos de Hidrociclones e Ultrassom não foram obtidos.

Tabela 5. Efeitos e as contra indicações na combinação dos métodos

Métodos	Biciodas (Cloro)	Desoxigenação	Eletricidade	Filtração	Ozônio	Radiação Ultravioleta	Térmico	Eletrólise
Biciodas (Cloro)	-	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer
Desoxigenação	Substâncias tóxicas podem causar câncer	-	Custo muito alto	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde	Custo muito alto	Não se sabe	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Eletricidade	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Custo muito alto	-	Custo muito alto	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Custo muito alto	Custo muito alto	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Filtração	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Custo muito alto	-	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Custo muito alto	Não elimina: organismos resistentes a altas temperaturas, larvas	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Ozônio	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	-	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde, não elimina organismos resistentes	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde
Radiação Ultravioleta	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Custo muito alto	Custo muito alto	Custo muito alto	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	-	Custo muito alto	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Térmico	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Não se sabe	Custo muito alto	Não elimina: organismos resistentes a altas temperaturas, larvas	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde, não elimina organismos resistentes a altas temperaturas	Custo muito alto	-	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Eletrólise	Esterelização completa da água	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Produce substâncias corrosivas e problemas à saúde	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	-

Fonte: Pesquisa direta, 2020

*Dados sobre a combinação com os métodos de Hidrociclones e Ultrassom não foram obtidos

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é demonstrada a metodologia do desenvolvimento da pesquisa sobre os sistemas de tratamento de água de lastro. Dessa forma, é apresentado o tipo de pesquisa, os materiais e métodos, as variáveis bem como os indicadores, os instrumentos para coleta de dados e a tabulação dos dados.

3.1 Tipos de Pesquisa

Para Gil (2002) a pesquisa pode ser definida como o procedimento que visa promover respostas às problemáticas propostas, através de métodos racionais e sistemáticos. Para o autor, a pesquisa faz-se necessária quando o fluxo de informação se torna desalinhado e não se relaciona com o problema, ou quando a quantidade de informação é insuficiente para o trabalho.

De acordo com Fonseca (2002) a pesquisa é o resultado de um inquérito ou exame minucioso, realizado com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos.

Segundo Gil (2002) a revisão bibliográfica se refere as fontes capazes de fornecer as respostas para a solução do problema proposto. Essas fontes, segundo o autor, podem ser livros, dissertações, publicações periódicas, entre outras. Além disso, para o autor as pesquisas científicas quando classificadas com base em seus objetivos gerais, podem ser: pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas.

As pesquisas exploratórias têm a função de tornar o problema mais explícito criando maior familiaridade com o fenômeno em estudo. Sendo o planejamento desta pesquisa bastante flexível, contribuindo para um aprimoramento de ideias e o surgimento de intuições. (GIL,2002).

As pesquisas descritivas são baseadas na descrição das características de certa população ou fenômeno, ou então uma relação entre variáveis. Estas pesquisas caracterizam-se na utilização de métodos específicos para coleta de dados como, por exemplo, questionários e observações sistemáticas. Além disso, algumas pesquisas descritivas buscam não só a identificação da existência de relações entre variáveis e determinam a natureza dessa relação(GIL,2002).

Já as pesquisas explicativas têm a função de identificar os fatores que contribuem, influenciam ou determinam para a ocorrência dos fenômenos. Nesta pesquisa o conhecimento da realidade é aprofundado, explicando a razão e o porquê das coisas; sendo assim, o tipo mais complexo e delicado. (GIL,2002).

Quanto aos procedimentos, Fonseca (2002) determina a pesquisa bibliográfica como aquela que é feita a partir de referências já analisadas e publicadas, por meios escritos ou eletrônicos, podendo ser livros, artigos científicos etc. Para Gil (2007) a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Por fim, segundo Fonseca (2002), a pesquisa documental se assemelha bastante com a pesquisa bibliográfica, enquanto a primeira recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas etc; a segunda utiliza fontes constituídas por material já elaborado, constituído basicamente por livros e artigos científicos localizados em bibliotecas.

No que se refere a análise do conteúdo, para Gil (2002), esta análise pode ser dividida em quantitativa e qualitativa. Sendo, de acordo com o autor, a quantitativa aquela que utiliza *softwares* para processar os dados, organizando-os em tabelas permitindo hipóteses estatísticas; e a qualitativa, aquela que utiliza da observação, reflexão e interpretação, que são aspectos que tornam a ordenação lógica do trabalho significativamente mais complexa.

Dessa forma, a partir dos conceitos apresentados, pode-se considerar este trabalho, com base em seus objetivos gerais, em uma pesquisa descritiva, pois irá observar e analisar os métodos de tratamento de água de lastro, a fim de determinar o melhor sistema de tratamento de água de lastro para os diferentes tipos de navios graneleiros. Quanto aos procedimentos, em uma pesquisa bibliográfica, devido ao fato de que ela é embasada em diversos livros, artigos científicos, dissertações etc. Em relação a análise do conteúdo, este trabalho pode ser considerado uma pesquisa quantitativa, já que utiliza de dados e análises estatísticas.

3.2 Materiais e Métodos

Como apresentado na figura 13 o ponto de partida do trabalho foi a revisão bibliográfica, um estudo aprofundado sobre as diretrizes IMO (procedimentos para navios e procedimentos para Estados do Porto), os métodos de tratamento de água de lastro (funcionamento, indicações, pros e contras de cada método) e os métodos combinados (grau/capacidade de limpeza na combinação dos métodos).

A partir das diretrizes IMO é selecionado os principais sistemas de tratamentos homologados e aqueles que se tem melhor aplicação para navios graneleiros. A próxima etapa consiste na pesquisa de mercado dos fabricantes e seus respectivos sistemas de tratamento. Após o contato, é feito a coleta de dados de capacidade de bombeamento de lastro, da capacidade de carga, da capacidade de tratamento de água de lastro, do consumo de energia, do custo do sistema e o método utilizado de tratamento da água de lastro.

Na última etapa então, com o auxílio do *software* Microsoft Excel é feito uma planilha e, por fim, feita a comparação de todos os dados obtidos possibilitando a conclusão de todo o estudo. Esta comparação permite a determinação do melhor sistema de tratamento de água de lastro para os diferentes tipos de navios graneleiros.



Figura 13 Diagrama Materiais e Métodos

Fonte: Pesquisa direta, 2020

3.3 Variáveis e indicadores

De acordo com Gil (2002), variável é definida como aquilo que pode ser determinado por diferentes aspectos e valores, variando de acordo com circunstâncias e casos especiais. Além disso, segundo o mesmo autor, as variáveis podem ser classificadas como qualitativas e quantitativas.

Na tabela 6 é mostrado os indicadores que são capacidade de bombeamento de lastro e capacidade de carga de cada navio graneleiro; bem como os indicadores dos sistemas de tratamento de água de lastro que são: capacidade de tratamento de água de lastro, método de tratamento e consumo de energia.

Tabela 6 – Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Navios Graneleiros	Capacidade de bombeamento de lastro
	Capacidade de carga
Sistemas de tratamento de água de lastro	Capacidade de tratamento de água de lastro
	Método de tratamento da água de lastro
	Consumo de energia

Fonte: Pesquisa direta, 2020

3.4 Instrumento de Coleta de Dados

Nesta etapa da pesquisa é demonstrado a metodologia para a realização da coleta de dados de todo o estudo de sistemas de tratamento de água de lastro. A partir dos dados coletados tem-se um embasamento necessário para estudar, processar, além de facilitar futuras análises.

Como citado no início deste capítulo, esse trabalho é de natureza bibliográfica, quantitativa e descritiva. Dessa forma, todos os dados levantados nesta pesquisa, serão obtidos através de livros, obras acadêmicas, catálogos de fabricantes etc.

3.5 Tabulação dos Dados

A partir dos dados adquiridos, a tabulação e os gráficos serão feitos utilizando o *software* Microsoft Excel. Além disso, será aplicado a ferramenta Canva para criar fluxogramas e templates, que auxiliam na interpretação e organização dos resultados. O *software* Microsoft Word será utilizado para documentar todas análises e explicações dos resultados obtidos, bem como suas conclusões.

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo é descrito a metodologia utilizada para o desenvolvimento de todo o trabalho. São apresentadas as classificações referentes ao tipo de pesquisa, os materiais e os métodos. Além disso, foram mostrados as variáveis, indicadores e as ferramentas utilizadas para as análises de todos os dados obtidos no estudo.

No próximo capítulo serão mostrados os resultados alcançados na análise de determinação do melhor sistema de tratamento de água de lastro para os diferentes tipos de navios graneleiros. E por final será feita uma discussão da análise realizada para a conclusão do trabalho.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão abordadas as análises realizadas dos principais sistemas de tratamento de água de lastro pesquisados com o objetivo de tratar alguns parâmetros como a capacidade de bombeamento de lastro e de carga dos principais navios graneleiros, o consumo de energia, método utilizado e capacidade de tratamento desses sistemas.

4.1 Delimitação do trabalho

Esse estudo foi realizado a partir de dados relativos aos sistemas de tratamento de água de lastro, pesquisados e cedidos pelos próprios fabricantes. O trabalho foi focado basicamente na análise e definição dos melhores ou mais eficientes sistemas de tratamento para os principais navios graneleiros.

4.2 Especificações dos sistemas de tratamento

Para iniciar os estudos de definição dos melhores ou mais eficientes sistemas de tratamento para os principais navios graneleiros, primeiramente, levantou-se as especificações dos sistemas de tratamento mais promissores. Na tabela 7 estão os listados estes sistemas e seus respectivos fabricantes.

Tabela 7 – Sistemas e Fabricantes

Sistema	Fabricante
Ecochlor® Ballast Water Management System	Ecochlor Inc
ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000	ERMA FIRST E.S.K. Engineering Solutions S.A.
CleanBallast	RWO GmbH Marine Water Technology
ECS-HYCHLORTM SYSTEM	Techcross Ltd.

Fonte: Pesquisa direta, 2020

4.2.1 Ecochlor® Ballast Water Management System

Tabela 8 – Tabela Ecochlor

ECOCHLOR Inc Ecochlor Inc, Acton, the United States	
 	
Nome do Fabricante	Ecochlor Inc
Nome do Sistema	Ecochlor® Ballast Water Management System
Método de Tratamento	Filtração+ Biocidas (dióxido de cloro)
Dimensão do filtro	Não especificado
Substância Ativa	Dióxido de Cloro (ClO ₂)
Capacidade	500 – 16200 m ³ /h
Consumo Energético	7- 60 kw/h

Fonte: Pesquisa direta, 2020

O Ecochlor® Ballast Water Management System 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. Para utilização desse sistema de tratamento o CIO 2 pode ser localizado em qualquer local conveniente no navio. A única recomendação do fabricante é que a filtração precisa ser instalada próxima das bombas de lastro. Na figura 14, pode ser vista uma configuração de instalação desses equipamentos.

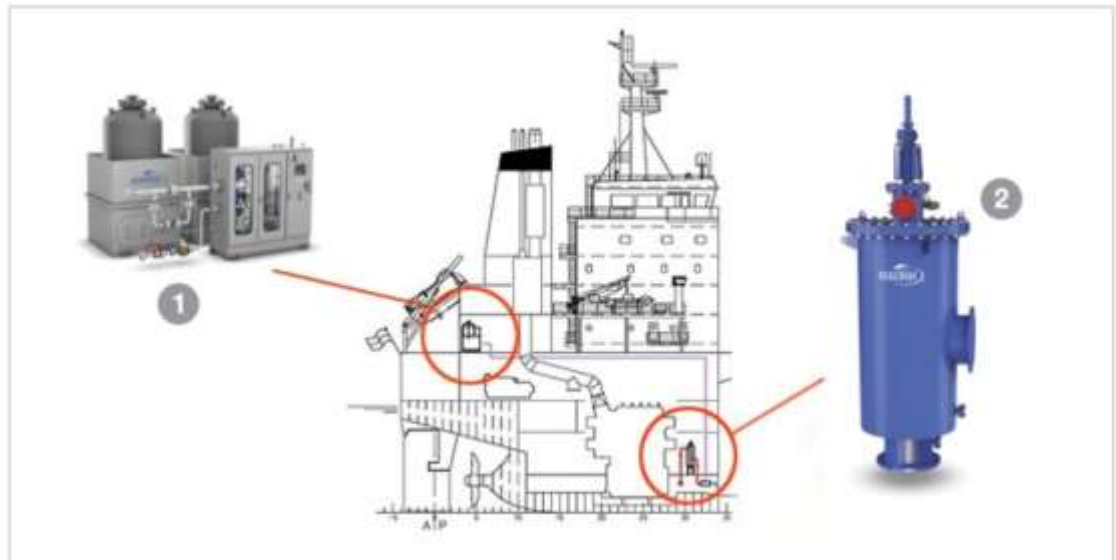


Figura 14. Vista da localização do CIO 2 e filtração.

Fonte: Ecochlor, 2020

A Ecochlor possui diversos clientes espalhados pelo mundo. Alguns desses clientes para navios graneleiros serão citados logo abaixo. Na figura 15, tem-se o navio graneleiro Ikan Kerapu, que possui capacidade (DWT) de 77.112, além disso a capacidade de tratamento de água de lastro para esse navio é 2600 m³/h.



Figura 15. Informações do Navio Ikan Kerapu

Fonte: Ecochlor, 2020

Outro cliente da Ecochlor é o navio Ateni, navio graneleiro de Malta construído em 2013. Na figura 16, pode-se observar que este navio possui uma capacidade de toneladas de peso morto (DWT) de 87.328, além disso a capacidade de tratamento de água de lastro para esse navio é 3000 m³/h.



Figura 16. Informações do Navio Ateni

Fonte: Ecochlor, 2020

A Ecochlor ainda é fornecedora do sistema de tratamento de água de lastro do navio Buenos Aires, como pode ser visto na Figura 17. Buenos Aires possui uma capacidade de toneladas de peso morto (DWT) de 83.336, além disso a capacidade de tratamento de água de lastro para esse navio é 2600 m³/h.



Figura 17. Informações do Navio Buenos Aires

Fonte: Ecochlor, 2020

O navio Moku Pahu é mais um cliente da Ecochlor, este navio graneleiro possui uma capacidade de toneladas de peso morto (DWT) de 2.455, além disso a capacidade de tratamento de água de lastro para esse navio é 450 m³/h, como é visto na Figura 18.





Figura 18. Informações do Navio Moku Pahu

Fonte: Ecochlor, 2020

4.2.2 ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000

Tabela 9 – Tabela ERMA FIRST

ERMA FIRST ERMA FIRST E.S.K. Engineering Solutions S.A.	
 	
Nome do Fabricante	ERMA FIRST E.S.K. Engineering Solutions S.A.
Nome do Sistema	ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000
Método de Tratamento	Filtração + Eletrolise(Cloro)
Dimensão do filtro	40 µm
Substância Ativa	Cloro
Capacidade	50-3740 m ³ /h
Consumo Energético	0,9 - 68 kw/h

Fonte: Pesquisa direta, 2020

Segundo o próprio fornecedor o ERMA FIRST BWTS FIT é um sistema que foi desenvolvido para exceder todos os requisitos especiais de instalação, tanto para embarcações de construção nova quanto para qualquer projeto de modernização. Cobrindo uma ampla faixa de capacidade de 50 a 3000 m³/h, esse sistema pode ser utilizado em diversos tipos de navios. Os principais componentes do sistema são um filtro de retrolavagem e uma célula eletrolítica. O filtro de tela automático de limpeza automática tem uma taxa de filtragem nominal de 40 microns. Sua tela especial projetada fornece remoção de zooplâncton, fitoplâncton e sedimento, pressão mínima e operação ininterrupta. Para remover o lastro da embarcação, não há necessidade de usar o sistema; É completamente contornado e a água pode ser descarregada diretamente ao mar, após neutralização, quando aplicável, com ganhos consideráveis em economia de energia para os operadores / gerentes da embarcação. Na figura 19 temos o modelo do sistema ERMA FIRST BWTS FIT.



Figura 19. Sistema ERMA FIRST BWTS FIT

Fonte: ERMA FIRST, 2020

Além disso o fornecedor lista alguns benefícios do sistema como: simples e flexível; adequado para todas as capacidades da bomba; adequado para todos os espaços disponíveis; adequado para água doce (0,9 PSU salinidade) e baixa temperatura- águas (3 °C); e baixo consumo de energia em várias águas (1,8 kW / 100m³ a 30 PSU).

No que se refere a operação do sistema, na lastração a água passa pelo filtro, onde organismos e sedimentos com diâmetro maior que 40 microns são separados e posteriormente descarregados ao mar, para seu habitat original. A água filtrada entra então na célula eletrolítica. A partir dos cloretos da água, o cloro livre é produzido através do processo de eletrólise em uma concentração muito baixa (4-6 mg / L). A água tratada entra nos tanques de

lastro da embarcação. Já na deslastração, ou ainda, a remoção do lastro, o sistema monitorará apenas os oxidantes residuais e intervirá ainda mais, se necessário. Os principais estágios do sistema (filtragem e desinfecção) são ignorados. Um sensor de cloro coleta amostras de cloro residual na linha de descarga. Se for superior a 0,1 mg / L, aciona uma bomba dosadora para a dosagem de um agente neutralizante (bissulfito de sódio). A neutralização bem-sucedida do cloro livre é confirmada por um segundo sensor de cloro, instalado no ponto extremo da linha de descarga de lastro. Na figura 20 temos duas opções de filtro de tela automático de auto limpeza de 40 μ m, sendo o primeiro Filtersafe e o segundo Filtrex.



Figura 20. Filtros de tela

Fonte: ERMA FIRST, 2020

Na figura 21 temos a cédula de eletrolise para desinfecção.




Figura 21. Cédula de eletrolise

Fonte: ERMA FIRST, 2020

4.2.3 CleanBallast

Tabela 10 – Tabela RWO

RWO VEOLA RWO GmbH Marine Water Technology, Germany	
	
Nome do Fabricante	RWO GmbH Marine Water Technology
Nome do Sistema	CleanBallast
Método de Tratamento	Filtração+eletrocloração
Dimensão do filtro	55 µm
Substância Ativa	Cloro
Capacidade	500-3000 m³/h
Consumo Energético	14 - 84 kw/h

Fonte: Pesquisa direta, 2020

Segundo o próprio fornecedor o sistema CleanBallast da RWO é um sistema de tratamento de água com um alto refinamento técnico, de engenharia alemã e componentes de alta qualidade. O sistema é certificado de acordo com a IMO e foi um dos primeiros a ser aceito como um sistema de gerenciamento alternativo pelo Guarda Costeira dos Estados Unidos (USCG) em abril de 2013. O CleanBallast já foi vendido para diversos países, como China, Canadá, Alemanha, Estados Escandinavos, Indonésia ou Holanda, para navios graneleiros, contêineres, cargas pesadas, multiuso e navios-tanque. Na figura 22, podemos ver um esquema representativo do CleanBallast.

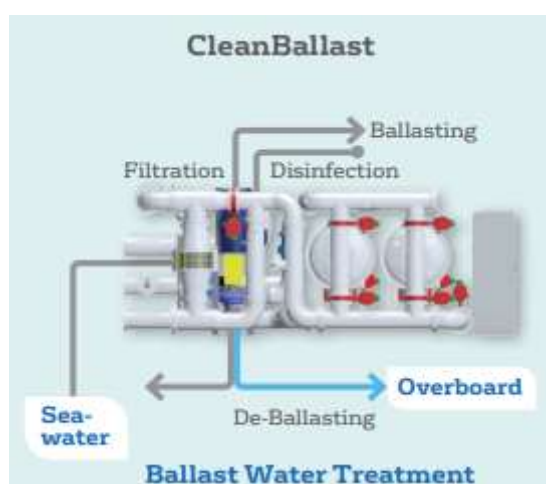


Figura 22. Sistema CleanBallast

Fonte: CleanBallast, 2020

O tratamento do sistema CleanBallast pode ser dividido em duas etapas: tecnologia de filtração e desinfecção eletroquímica. O princípio do tratamento consiste em duas etapas, na filtração através de filtros de disco ou de tela combinados com uma desinfecção eletroquímica EctoSys® - e garantindo, segundo o fornecedor, um tratamento rápido e confiável da água de lastro..

A etapa de separação mecânica pode ser feita com o auxílio do DiskFilter, removendo sedimentos menores através de uma filtração aprofundada, esse equipamento ainda possui um baixo consumo de combustível, sem perda de peso da carga e evitando a limpeza cara dos tanques. Em paralelo outros DiskFilters removem partículas de lastro, sedimentos e organismos maiores que 55 µm . Na figura 23, podemos ver um DiskFilter da RWO.



Figura 23. DiskFilter

Fonte: CleanBallast, 2020

Além da utilização do DiskFilter a RWO utiliza como uma alternativa o Screen Filter que se baseia em um filtro multitelas auto-limpante. Essa tecnologia consiste em um design de tela múltipla combinado com um mecanismo de varredura por sucção e exige uma pegada muito menor em comparação com o DiskFilter comprovado. Esse novo modelo é uma boa alternativa onde o espaço é limitado e condições adicionais devem ser consideradas no processo de planejamento, além disso, possui vantagens como: pegada reduzida, esforços reduzidos de tubulação, menos demanda de energia e excelentes resultados de efluentes. A figura 24 mostra um modelo do Screen Filter da RWO.



Figura 24. Screen Filter

Fonte: CleanBallast, 2020

Já na desinfecção eletroquímica avançada a RWO tem como alternativa a célula eletroquímica avançada EctoSys®, que reduz o número de organismos vivos e desinfeta a água antes que ela atinja os tanques de água de lastro. Na figura 25 é visto a célula eletroquímica avançada EctoSys.




Figura 25. EctoSys

Fonte: CleanBallast, 2020

4.2.4 ECS-HYCHLORTM SYSTEM

Tabela 11 – Tabela Techcross Ltd

Techcross Ltd Techcross Ltd. and Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI)	
	
Nome do Fabricante	Techcross Ltd.
Nome do Sistema	ECS-HYCHLORTM SYSTEM
Método de Tratamento	Filtração + Biocidas (Hipoclorito de Sódio)
Dimensão do filtro	50 µm
Substância Ativa	Hipoclorito de sódio
Capacidade	150-6000 m ³ /h
Consumo Energético	244,8 - 648 kw

Fonte: Pesquisa direta, 2020

O sistema Techcross Electro-Clean™ (ECS) é um sistemas de gerenciamento de água de lastro que utiliza o processo de eletrólise. O ECS trata toda a água de lastro recebida pela produção in situ de hipoclorito com efeitos combinados de choque e radical hidroxila na Unidade de Electro Câmara (ECU). De acordo com o fornecedor o sistema é tão poderoso que destrói a membrana celular de microorganismos e impede o re-crescimento, necessitando apenas de tratamento único e propiciando a redução do tempo e custo operacional.

A ECS obteve a primeira aprovação básica da IMO do mundo em 2006 e muitas aprovações de tipo dos estados de bandeira sociedades de classificação. Além disso, o ECS se tornou o primeiro BWMS coreano que recebeu o USCG Aprovação de tipo em 2018. Na figura 26, podemos ver o conjunto de equipamentos do Techcross Electro-Clean™.



Figura 26. ECS

Fonte: Techcross, 2020

No que se refere a operação do sistema, na lastração toda água de lastro recebida passa pelo filtro T antes de ser tratada pela Electro Chamber Unit-. A ECU pode desinfetar organismos marinhos na água de lastro com tratamento único durante o lastro. Já na deslastração, um processo principal durante a operação de remoção de lastro é a neutralização da água tratada pela Auto Neutralization Unit (ANU). O ANU é projetado para neutralizar

automaticamente a água tratada de acordo com dados sobre taxa de fluxo e concentração de TRO por Flow Meter Unit(FMU) e TSU. Segundo a Techcross o ECS tem vantagens como forte eficácia de desinfecção, baixo consumo de energia, baixos custos operacionais, maior lista de referências, automação de sistema, rede global, instalação e manutenção convenientes.

4.3 Consumo de energia e da capacidade de tratamento

Apresenta-se neste item o estudo quantitativo dos sistemas pesquisados através de alguns parâmetros de desempenho dos sistemas de tratamentos de água de lastro. Este desempenho será obtido em função dos parâmetros: consumo de energia e capacidade de tratamento desses sistemas.

A pesquisa e o levantamento das características e dados relevantes dos sistemas de tratamento estudados, foram compiladas, como visto, em tabelas. Estas tabelas, Tabela 4, 5, 6 e 7, permitem então uma visualização mais rápida e eficiente das particularidades de cada sistema. Como nem todos os fabricantes fornecem todas as características dos seus sistemas, em virtude de opção ou, ainda, de estratégias comerciais, alguns sistemas não possuem todos os dados da tabela. No entanto, os principais aspectos quantitativos foram obtidos como: consumo de energia e capacidade de tratamento desses sistemas.

Na figura 27, observa-se a diferente faixa de capacidade de tratamento dos diferentes sistemas. Enquanto o sistema da Ecochlor trabalha numa faixa 500-16400m³/h, o ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000 trabalha numa faixa 50-3000m³/h, o CleanBallast tem capacidade de tratamento entre 500-3000m³/h e o sistema da Techcross Ltd. entre 150-6000m³/h. Sendo assim, constatou-se que o sistema da Ecochlor possui uma boa variação e uma grande capacidade de tratamento.



Figura 27. Faixa de trabalho dos sistemas de tratamento de água de lastro

Fonte: Pesquisa direta, 2020

Já na figura 28, observa-se a diferente faixa de consumo de energia dos diferentes sistemas. Enquanto o sistema da Ecochlor trabalha numa faixa 7-60kWh, o ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000 trabalha numa faixa 0,9-68kWh, o CleanBallast tem capacidade de tratamento entre 14-84kWh e o sistema da Techcross Ltd. entre 244,8-648kWh. Sendo assim, constatou-se que o sistema da Ecochlor possui o menor consumo máximo de energia, enquanto o ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000 tem o menor consumo mínimo de energia.

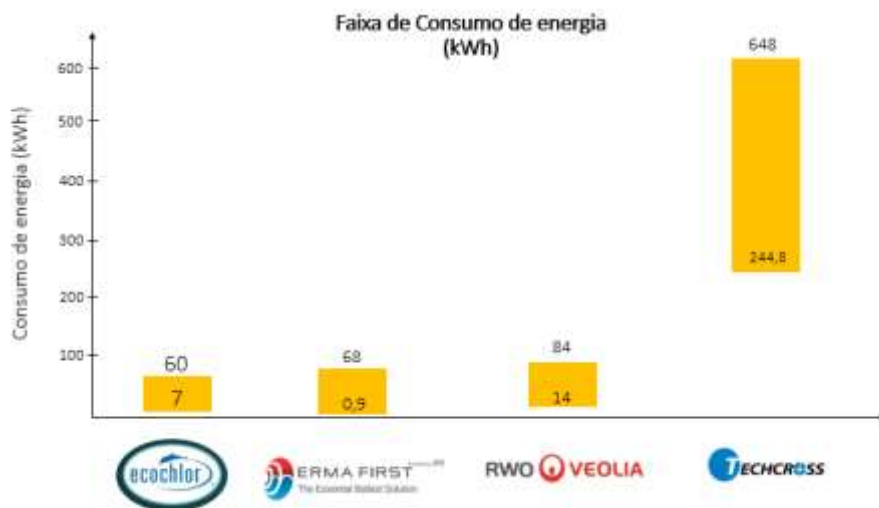


Figura 28. Faixa de consumo de energia dos sistemas de tratamento de água de lastro

Fonte: Pesquisa direta, 2020

4.4 Taxa de bombeamento dos navios graneleiros

Apresenta-se neste item, ao estudar sobre os navios graneleiros, uma análise da taxa de bombeamento de lastro dos principais navios graneleiros. Na Tabela 12, observa-se diferentes taxas de bombeamento, para diversos tipos de embarcação em diferentes casos em que o lastro é necessário. Além disso, é possível observar a delimitação da faixa de bombeamento dos navios estudados neste trabalho. Navios de granel seco e navios de minério operam em uma taxa que pode variar de 5000 a 10000m³/h, no qual se tem um lastro necessário para reposição de carga (lastro necessário em grandes quantidades, essencialmente para retorno de viagens). Neste trabalho a análise da taxa de bombeamento é um fator importante, visto que, não adianta obter um sistema com uma capacidade de tratamento muito alta se a própria embarcação não fornece uma taxa de bombeamento suficiente. Ou ainda, um sistema com baixa capacidade de tratamento em um navio que proporciona uma taxa de bombeamento muito superior.

Tabela 12 – Taxa de bombeamento dos navios graneleiros

Lastro necessário	Tipos de embarcação	Taxa de bombeamento(m³/h)
Lastro para reposição de carga	Navios de granel seco	5000-10000
	Navios de minério	10000
Lastro necessário em grandes quantidades, essencialmente para retorno de viagens	Tanquers	5000-20000
	Navios de gás liquefeito	5000-10000
	Petroleiros	10000-50000

Fonte: Adaptado de Água de lastro - Gestão e controle, 2018

4.5 Análises do método de tratamento utilizado

Apresenta-se neste item o estudo da eficiência dos métodos utilizados em cada sistema de tratamento de água de lastro. Esta eficiência vai variar de acordo com a combinação dos diferentes métodos vistos no capítulo 2. Além disso, será analisado neste item os efeitos e as contra indicações dessas combinações.

Além das principais características quantitativas, outro importante ponto a ser analisado é método de tratamento utilizado pelos sistemas. Na tabela 13 estão os listados estes sistemas e seus respectivos métodos.

Tabela 13 – Sistemas e Métodos

Sistema	Método
Ecochlor® Ballast Water Management System	Filtração + Biocidas (dióxido de cloro)
ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000	Filtração + Eletrólise (Cloro)
CleanBallast	Filtração + eletrocloração
ECS-HYCHLORTM SYSTEM	Filtração + Biocidas (Hipoclorito de Sódio)

Fonte: Pesquisa direta, 2020

Como foi visto os métodos combinados são utilizados com o objetivo de aumentar a eficiência do sistema de tratamento de água de lastro. Ao associar os processos unitários potencializa então, a retenção de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos. Pela tabela 13, podemos observar que os principais métodos utilizados pelos fabricantes pesquisados foi a filtração, a utilização de biocidas e também é citado a eletrolise que é um processo que visa obtenção do cloro que, também, é considerado um biocida.

Na figura 29, foi traçada uma linha de convergência entre os métodos de filtração/biocida e outra em filtração/eletrólise, com o intuito de se analisar o grau de eliminação na combinação dos métodos. A partir dessa combinação percebe-se que há em ambos os processos de tratamento de água de lastro, uma esterilização completa da água. Este resultado significa que nesses sistemas obtém-se uma retenção completa de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos provenientes da água de lastro.

Métodos	Biciodas (Cloro)	Desoxigenação	Eletricidade	Filtração	Ozônio	Radiação Ultravioleta	Térmico	Eletrólise
Biciodas (Cloro)	-	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água
Desoxigenação	Esterelização completa da água	-	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + larvas e bactérias	Elimina organismos maiores + microorganismos	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água
Eletricidade	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + microorganismos	-	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água
Filtração	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + larvas e bactérias	Elimina organismos maiores + microorganismos	-	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Esterelização completa da água
Ozônio	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	-	Elimina microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água
Radiação Ultravioleta	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina microorganismos	-	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água
Térmico	Esterelização completa da água	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Elimina organismos maiores + microorganismos	Elimina organismos maiores + alguns microorganismos	Esterelização completa da água	-	Esterelização completa da água
Eletrólise	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	Esterelização completa da água	-

Figura 29. Combinação dos graus de eliminação

Fonte: Pesquisa direta, 2020

Como já comentado no item 2.5, os efeitos e as contra indicações da combinação dos métodos podem ser inúmeros, como: custo muito alto para implementação do tratamento, produção de substâncias corrosivas e problemas a saúde, produção de substâncias tóxicas que podem causar câncer, não eliminação de organismos resistentes a altas temperaturas etc. Na figura 30, foram traçadas linhas de convergência entre os métodos de filtração/biocida e filtração/eletrolise, com a finalidade de se analisar os efeitos e as contra indicações na combinação dos métodos. A partir dessa combinação constata-se que o processo de tratamento filtração/biocida, gera substâncias tóxicas que podem causar câncer. Já na combinação filtração/eletrolise as substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente. Sabe-se que o cloro é uma substância bastante utilizada no processo de desinfecção, seja através de biocidas ou quando se faz uso de eletrolise para obtenção deste como substância ativa. No entanto, o cloro quando misturado com substâncias orgânicas no caso os microrganismos e espécies marinhas geram cancerígenos organoclorados, chamados THMs (trihalometanos).

Métodos	Biciodas (Cloro)	Desoxigenação	Eletricidade	Filtração	Ozônio	Radiação Ultravioleta	Térmico	Eletrólise
Biciodas (Cloro)	-	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer
Desoxigenação	Substâncias tóxicas podem causar câncer	-	Custo muito alto	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Custo muito alto	Não se sabe	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Eletricidade	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Custo muito alto	-	Custo muito alto	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Custo muito alto	Custo muito alto	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Filtração	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Custo muito alto	-	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Custo muito alto	Não elimina: organismos resistentes a altas temperaturas, larvas	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Ozônio	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos	Não elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	-	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não elimina organismos resistentes	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde
Radiação Ultravioleta	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Custo muito alto	Custo muito alto	Custo muito alto	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	-	Custo muito alto	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Térmico	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Não se sabe	Custo muito alto	Não elimina: organismos resistentes a altas temperaturas, larvas	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não elimina organismos resistentes a altas temperaturas	Custo muito alto	-	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Eletrólise	Esterelização completa da água	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	-

Figura 30. Combinação dos efeitos e contra indicações

Fonte: Pesquisa direta, 2020

5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Neste capítulo foram apresentados os resultados obtidos na análise das informações dos principais sistemas de tratamento de água de lastro pesquisados com o objetivo de tratar alguns parâmetros como a capacidade de bombeamento de lastro e de carga, o consumo de energia, método utilizado e capacidade de tratamento desses sistemas.

O trabalho proporcionou, por exemplo, perceber que a capacidade de tratamento ou faixa de trabalho pode influenciar diretamente no custo de operação do navio. O tempo que irá demorar a lastração ou deslastração, por exemplo, influenciará em quanto tempo a embarcação permanecerá atracada no porto. Além disso, a faixa de trabalho pode afetar na quantidade de equipamentos a serem utilizados, por exemplo, quão mais rápido se deseja um processo de lastração ou deslastração, mais equipamentos devem ser utilizados e, conseqüentemente, maior será o consumo de energia.

Sendo assim é importante observar, na Figura 31, o comparativo entre os dados obtidos de consumo de energia e capacidade de tratamento desses sistemas. Nota-se um destaque do Ecochlor® Ballast Water Management System, em que se tem um sistema com uma grande faixa de trabalho produzida por um baixo consumo de energia. Já um destaque negativo seria o sistema da Techcross Ltd, em que se tem uma capacidade de tratamento razoável mas com um alto custo energético.

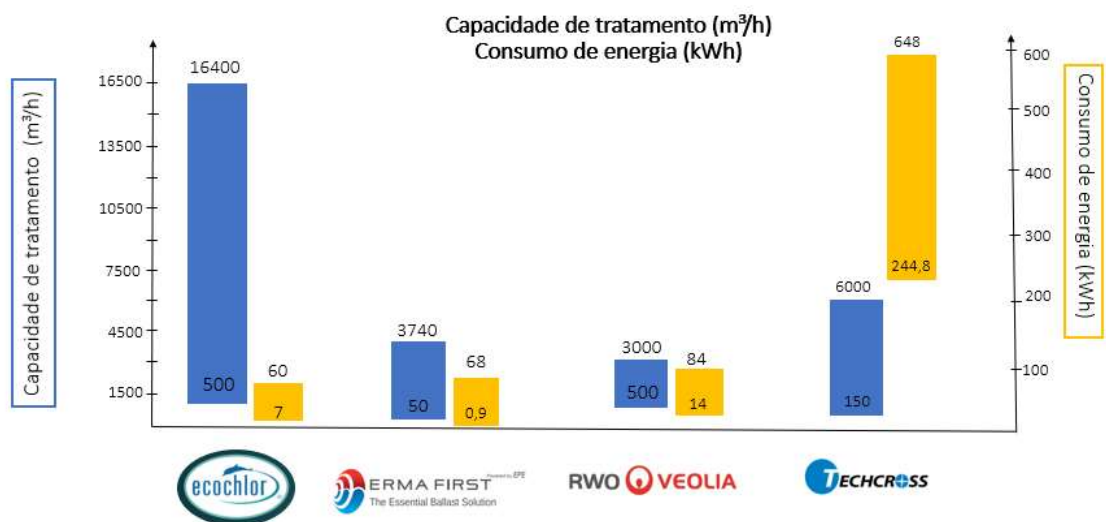


Figura 31. Comparação entre faixa de trabalho e consumo de energia

Fonte: Pesquisa direta, 2020

Ainda neste trabalho, percebeu-se que a análise da taxa de bombeamento é um fator importante, visto que, não adianta obter um sistema com uma capacidade de tratamento muita alta se a própria embarcação não fornece uma taxa de bombeamento suficiente. Ou ainda, um sistema com baixa capacidade de tratamento em um navio que proporciona uma taxa de bombeamento muito superior. Na figura 32, observa-se uma outra importante comparação da capacidade de carga e a taxa de bombeamento dos navios graneleiros. Constata-se que quanto mais carga um navio transporta de carga, maior será sua estrutura, maior será a necessidade de espaço para o lastro para estabilidade da embarcação, mais rápida deverá ser o processo de lastreamento/deslastreamento e, conseqüente, maior será a taxa de bombeamento.

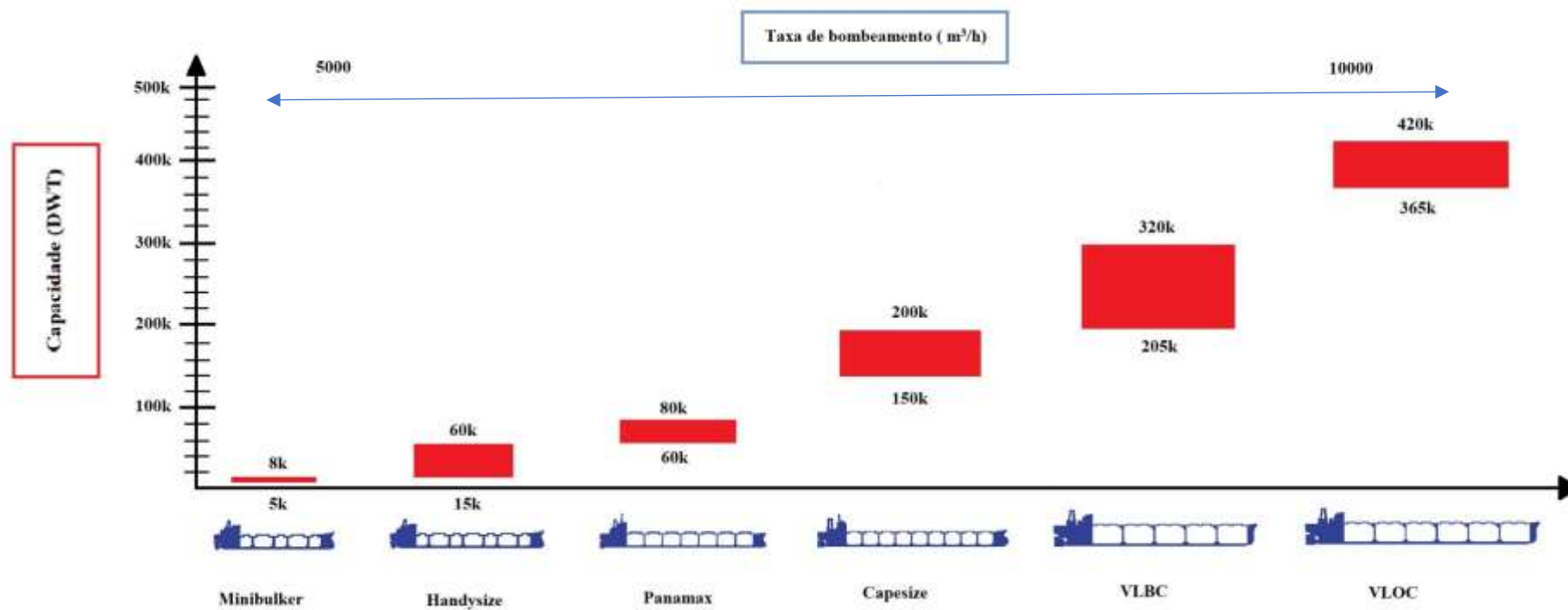


Figura 32. Capacidade de carga dos navios graneleiros

Fonte: Pesquisa direta, 2020

Levando em consideração todo o conhecimento obtido no decorrer do trabalho e a partir das análises realizadas, foi feita uma recomendação de qual sistema indicado para os diferentes tipos de navio graneleiro. Na Tabela 14, pode-se perceber todos os navios graneleiros, o sistema indicado, suas características relevantes e aspectos negativos.

Tabela 14 – Características dos métodos e recomendação de potenciais navios a utilizar

Sistema	Método	Características	Aspectos negativos	Navio recomendado
Ecochlor® Ballast Water Management System	Filtração + Biocidas (dióxido de cloro)	*Esterelização completa da água *Grande capacidade de tratamento *Baixo consumo energético	*Substâncias tóxicas podem causar câncer	 Panamax VLBC VLOC
ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000	Filtração + Eletrolise(Cloro)	*Esterelização completa da água *Média capacidade de tratamento *Consumo energético aceitável	* Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	 Minibulker Handysize Panamax
CleanBallast	Filtração+eletrocloração	*Esterelização completa da água *Média capacidade de tratamento *Consumo energético aceitável	* Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	 Minibulker Handysize Panamax
ECS-HYCHLORTM SYSTEM	Filtração + Biocidas (Hipoclorito de Sódio)	*Esterelização completa da água *Média capacidade de tratamento	*Substâncias tóxicas podem causar câncer *Alto consumo energético	 Panamax VLBC VLOC

Fonte: Pesquisa direta, 2020

5.1 CONCLUSÃO

Como visto neste trabalho, apesar de necessário, o lastreamento pode gerar impactos. A transferência de uma espécie não nativa, por exemplo, pode gerar uma série de problemas para o ecossistema local. Além disso, as questões da água de lastro não são de simples resolução.

Os sistemas de tratamento a bordo dos navios tornam-se essenciais para inibição de problemas ambientais e sanitários provenientes da água de lastro. A IMO sendo uma organização - criou, então, regulamentações que fornecessem as especificações necessárias para que esses sistemas trabalhassem de forma segura e minimamente eficiente. Dentre os diferentes tipos de sistemas de tratamento de água de lastro, tem-se diversos métodos - como, por exemplo, biocidas, desoxigenação, eletricidade, eletrólise, filtração, hidrociclones, ozônio, radiação ultravioleta, térmico, dentre outros - com diferentes capacidades, eficiências, efeitos e contra indicações de tratamento.

Contudo, este trabalho apresentou, como objetivo principal, análises dos principais sistemas de tratamento de água de lastro, tendo como foco a solução de alguns parâmetros, como a capacidade de bombeamento de lastro e de carga dos principais navios graneleiros, o consumo de energia, o método utilizado e a capacidade de tratamento desses sistemas. Desta forma, foi possível definir os melhores e/ou mais eficientes sistemas de tratamento para os principais navios graneleiros (nota-se que não foi levada em consideração a viabilidade econômica dos sistemas, seja pela sua aquisição ou manutenção). Além disso, é importante observar que a escolha do sistema de tratamento adequado vai depender de outros fatores como: porte da embarcação, sua rota, espaço físico disponível, dentre outros. Entretanto, a partir da análise feita de todos os parâmetros levantados na Tabela 14, aliada às informações da Figura 31, constatou-se que o Sistema Ecochlor® Ballast Water Management System e o Sistema ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000 obtiveram melhores resultados dentre aqueles estudados. Nota-se que o Sistema Ecochlor tem uma maior eficiência energética comparado ao ECS-HYCHLORTM SYSTEM, enquanto o Sistema ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000, possui uma maior faixa de trabalho e com um consumo energético baixo comparado com o CleanBallast. Sendo assim, o estudo recomenda a utilização do Sistema Ecochlor® Ballast Water Management System para os navios Panamax, VLBC e VLOC; e recomenda, ainda, o Sistema ERMA FIRST Ballast Water Management System 3000 para os Navios Minbulker, Handsize e Panamax.

Pautado nisso e na problemática “ Dentre os sistemas homologados de tratamento da água de lastro estudados, quais as melhores aplicações a bordo para os diferentes tipos de navios graneleiros?”, constata-se que o trabalho proposto obteve sucesso. Isso se deu pelo processo, que partiu da análise dos principais sistemas de tratamento de água de lastro, levando em consideração a capacidade de tratamento e a faixa de consumo de energia - fatores tidos como de extrema relevância na definição dos mais eficientes sistemas para os principais navios graneleiros, tendo em vista que esses fatores podem influenciar diretamente no custo de operação do navio.

5.2 Recomendações

A partir do estudo realizado, alguns pontos de melhoria foram identificados, recomenda-se, então, para trabalhos futuros:

- Estudo de melhoria dos sistemas de tratamento de água de lastro, com o objetivo de se obter um sistema eficiente e com os menores efeitos e contra indicações ao meio ambiente;
- Análise financeira comparativa dos sistemas de tratamentos, comparando custos de aquisição e manutenção, para uma futura análise de viabilidade aos diferentes navios graneleiros.
- Estudo para atualização dos novos sistemas de tratamentos homologados pela IMO, com a intenção de observar as melhorias e aqueles que são mais promissores.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, Thayanna da Costa. **Estudo do sistema de tratamento de água de lastro: viabilidade técnica do sistema portuário**, 2012, 28p.

Ballast Water Biocides Investigation Panel. **Ballast Water Biocides Treatment Demonstration Project Using Copper and Sodium Hypodhlorite**. Michigan Environmental Science Board. 2002.

CACHO, Antônio José S. C. **Arquitectura Naval**. Lisboa. 2014.12p.

CARMO, Maria Chauviere. **Água de lastro**. Ministério da Defesa: Exército Brasileiro. Secretaria de Ciência e Tecnologia. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2006.

Committee on Ship Ballast Operations. **Stemming the Tide: Controlling Introductions of Nonindigenous Species by Ships' Ballast Water**. National Research Council; Commission on Engineering and Technical Systems; Marine Board; Committee on Ships' Ballast Operations, 1996.

DARDEAU Jr, E. A.; BIVENS, Tony. **Zebra mussel control with backwash filtration**. No. CONF-9507190--. American Society of Civil Engineers, New York, NY (United States), 1995.

DOBROSKI, N. et al. **Assessment of the efficacy, availability and environmental impacts of ballast water treatment systems for use in California waters**. Produced for the California State Legislature. 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa - ação**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1986.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

HUSAIN, M. et al. 2004. **Ballast water treatment by de-oxygenation with elevated CO2 for a shipboard installation-a potentially affordable solution**. In: Matheickal JT, Raaymakers S(eds), Second International Symposium on Ballast Water Treatment. International Maritime Organisation, London, UK, 48-64p.

IMO. **International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (BWMC)**. International Maritime Organization (IMO). 2004. (Vianna; Corradi, 2006-2007)

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

MAGALHÃES, Petrônio Sa Benevides. **Transporte Marítimo: cargas, navios, portos terminais**. São Paulo. 2011. 25p.

MANSUR, C.D. et al. **Limnoperna fortunei (Dunker, 1857), molusco bivalve invasor, na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul.** 2003.

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.

National Research Council (NRC) Marine Board. **Stemming the Tide: Controlling Introductions of Nonindigenous Species by Ships' Ballast Water.** Committee on Ships' Ballast Operations, Marine Board, Commission on Engineering and Technical Systems, NRC. National Academy Press, Washington, D.C. 1996

OLIVEIRA, E.C.M. **Desinfecção de efluentes sanitários tratados através da radiação ultravioleta.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003

PEREIRA, Newton Narciso. **Água de lastro: gestão e controle.** São Paulo. 2018. 72-73p.

RIGBY, G.; HALLEGRAEFF, G. **The transfer and control of harmful marine organisms in shipping ballast water: behaviour of marine plankton and ballast water exchange trials on the MV “Iron Whyalla”.** J. Marine Environ. Eng. 1, 1994. 91–110 p.

SAHO, N. et al. **Superconducting Magnetic Separator for Ballast Water Treatment.** Proceedings of the 2st International Ballast Water Treatment R & D Symposium London, UK: International Maritime Organization. 2003. 125-134 p.

SARDINHA, Álvaro. **Dimensões de navios: Porte, Arqueação, Deslocamento.** Coleção Mar Fundamental, Lisboa 2013, 4 p.

SASSI, J. et al. **Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment.** 2005.

SILVA, J. S. V. da; FERNANDES, F. C. **Avaliação de sobrevivência de organismos em água de lastro tratada com cloro.** In: SILVA, J. S. V. da; SOUZA, R. C. de. (Orgs.). *Água de Lastro e Bioinvasão.* Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

TSOLAKI, Efi; DIAMADOPOULOS, Evan. **Technologies for ballast water treatment: a review.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology 85.1 (2010): 19-32p.

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