



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Maria José da Silva Silveira

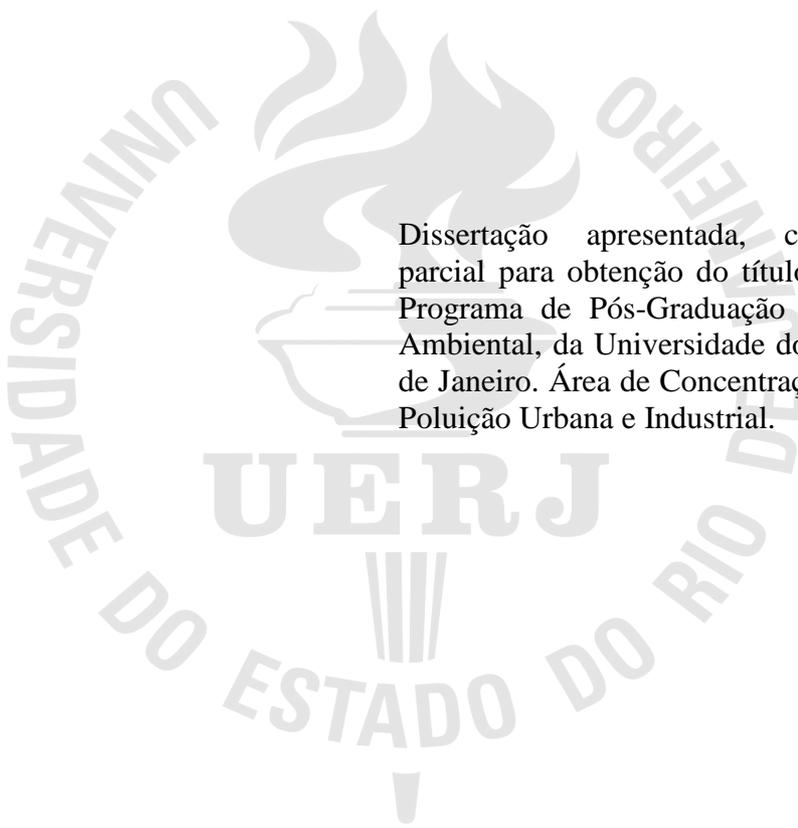
**Contribuição para a elaboração de um sistema de
gestão ambiental dos diques de manutenção e reparo do Arsenal de
Marinha do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2010

Maria José da Silva Silveira

**Contribuição para a elaboração de um sistema de gestão ambiental dos diques de
manutenção e reparo do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Olavo Barbosa Filho

Coorientador: Prof. Dr. Gandhi Giordano

Rio de Janeiro

2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE

UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

S587 Silveira, Maria José da Silva.
Contribuição para a elaboração de um sistema de gestão ambiental dos diques de manutenção e reparo do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro / Maria José da Silva Silveira. – 2010.
207f.

Orientador: Olavo Barbosa Filho.
Coorientador: Gandhi Giordano.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Gestão Ambiental - Teses. 2. Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro - Teses. 3. Engenharia Ambiental. I. Barbosa Filho, Olavo. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 502.13

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Maria José da Silva Silveira

**Contribuição para a elaboração de um sistema de gestão ambiental dos diques de
manutenção e reparo do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Olavo Barbosa Filho

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Gandhi Giordano

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof.^a Dr.^a Thereza Christina de Almeida Rosso

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Roberto de Barros Emery Trindade

PETROBRÁS

Rio de Janeiro

2010

DEDICATÓRIA

...Há quem fale
Que a vida da gente
É um nada no mundo
É uma gota, é um tempo
Que nem dá um segundo...

Há quem fale
Que é um divino
Mistério profundo
É o sopro do criador
Numa atitude repleta de amor...

...E a pergunta roda
E a cabeça agita
Fico com a pureza
Da resposta das crianças
É a vida, é bonita
E é bonita...

Viver!
E não ter a vergonha
De ser feliz
Cantar... (e cantar e cantar)
A beleza de ser
Um *eterno aprendiz*...

Ah meu Deus!
Eu sei, (eu sei)
Que a vida devia ser
Bem melhor e será
Mas isso não impede
Que eu repita
É bonita, é bonita
E é bonita...

Trechos de *Eterno Aprendiz*
Gonzaguinha

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido viver mais esta experiência tão gratificante, e agradeço a Nossa Senhora por ter conseguido cumprir esta meta.

À direção do Arsenal de Marinha, Almirante Artur Paraízo Campos, por incentivar o aperfeiçoamento técnico e a conclusão desta minha dissertação.

Ao PEAMB/UERJ pela qualidade do curso oferecido, através de um corpo docente de excelente gabarito profissional.

Aos meus orientadores, Olavo Barbosa Filho, PhD, e Gandhi Giordano, D.Sc, pela transmissão de conhecimentos, orientações e sugestões que muito contribuíram para o enriquecimento do conteúdo desta dissertação.

Ao Assessor da Gestão Integrada do Arsenal, comandante Carlos Roberto Frambach, por ter apoiado este trabalho.

Aos colegas do Departamento de Instalações do Arsenal, e, em particular, aos amigos da Divisão de Projetos, pelo constante incentivo.

À minha mãe pela compreensão durante este longo período de ausência

Às minhas filhas pelo amor.

À minha irmã, Lúcia, pela grande parceria e apoio para que eu terminasse esta dissertação.

Ao Pedro por ter sido, além de colega de turma, cúmplice, incentivador e companheiro.

À minha família, principalmente minhas irmãs, pelo carinho, solidariedade e apoio.

Aos amigos Paulo, Lúcia, Jorge, Cheila, Mari, André, Natalício, Elaine e Galvão pelo apoio técnico e pela torcida a favor.

Ao meu pai e aos meus avós (*in memoriam*).

Muito Obrigada.

Devemos reconhecer que, no meio de uma magnífica diversidade de culturas e formas de vida, somos uma família humana e uma comunidade terrestre com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura da paz.

ONU, *A Carta da Terra*, 1992.

RESUMO

SILVEIRA, Maria José da Silva. *Contribuição para a elaboração de um sistema de gestão ambiental dos diques de manutenção e reparo do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro*. 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

A Baía de Guanabara, ambiente de localização do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), sofre com a intensa pressão antrópica, principalmente no aspecto da qualidade das águas. Neste contexto, uma fração considerável da poluição decorre das atividades dos estaleiros, uma vez que a atividade industrial naval no Rio de Janeiro não tem mecanismo de controle de poluição à altura do seu real potencial poluidor. Esta ausência de fiscalização possibilita o lançamento na Baía de resíduos sólidos, efluentes sanitários, efluentes químicos, oleosos e tóxicos, tornando crescente a contaminação dessas águas, margens e mangues. Estes descartes cada vez mais são alvo das exigências ambientais da sociedade e das legislações. Devido a isto, a gestão de efluentes líquidos do Arsenal tornou-se prioritária, para tal, esse estudo foi proposto, tendo iniciado pela análise das oficinas do estaleiro, na qual as operações no dique foram identificadas como uma das mais impactantes do estaleiro. A partir desta constatação, estão apresentadas duas fontes de pesquisas para a redução dos impactos. Na primeira etapa, há o estudo das atividades geradoras de efluentes no dique de reparo, com os objetivos de propor a implantação das diretrizes de melhores práticas de gestão, de minimizar a geração de efluentes líquidos e de contribuir para a adoção de práticas ambientais proativas. Como segunda pesquisa, com base nas tecnologias mundiais, há a proposta de tratamento dos efluentes de um dique, na qual foram identificados os processos que irão atender às necessidades ambientais do estaleiro, com as opções de escolha entre o tratamento parcial, para o descarte na rede pública, ou com o prosseguimento do processo até o seu reúso. As conclusões deste estudo apontam para a implantação da gestão ambiental do dique sistematizada, rigorosa e integrada com a gestão das embarcações, acrescentando-se a isto, as necessidades de incorporação de tecnologias modernas e de sistema de tratamento dos efluentes, propiciando de maneira sustentável que haja a continuação do processo de produção do estaleiro e, ao mesmo tempo, permitindo o retorno da biodiversidade da Baía de Guanabara.

Palavras Chave: Estaleiro. Dique. Efluentes.

ABSTRACT

Guanabara Bay, located at Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), suffers from intense human pressure, especially on what is referred about water quality. In this context, a considerable part of the pollution comes from the shipyard's activity, sine that the naval industrial activity in Rio de Janeiro has no mechanism for pollution control that matches its real potential polluter. This lack of inspection makes it possible the launch of solid waste in Guanabara Bay, in addition of sanitary sewage, chemical waste, oily and toxic, which increases the contamination of the water, shores and mangroves. These discard has been, more and more, a target of society's environmental demands and of law's also. Because of that, the management of wastewater from Arsenal has become a priority, for that, this study was suggested. Beginning with the analyses of the shipyard workshops, which dry dock's activities have been identified as one of the most striking on the shipyard. From this conclusion, two research sources for impact reduction are presented. In the first stage there is a study of activities that creates wastewater in the dry dock of repair, with the purpose to propose the establishment of guidelines to improve the management practices, to minimize the production of liquid effluents and to help with the embracement of pro-active environmental practices. In the second research, with bases in world technologies, there is the purpose to treat the effluents from a dry dock, in which there were processes identified that would attend to the shipyard's environmental needs, with options of choice between the partial treatment, for disposal in public network, or to the persecution of reuse procedure. The conclusions of this study point to the implantation of a systemized environmental management of the dry dock, rigorous and integrated with the management of vessels. Adding to it, the need to incorporate modern technologies and treatment systems of effluents, which will provide, in a sustainable way, that the process of production of the shipyard could proceed. And, at the same time, allowing the return of the biodiversity of the Guanabara Bay.

Key-words: Shipyard. Dry dock. Effluents. Minimum pollution. BMP. Wastewater treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de impactos ambientais gerados por um estaleiro.	26
Figura 2 - Características Hidrológicas da Baía; Seção 1 - Canal Principal. Seção 2 - Intensa Poluição Orgânica. Seção 3 - Elevado Grau de Deterioração ambiental. Seção 4 - Menos Deteriorada. Seção 5 - Muito Deteriorada.....	38
Figura 3 - Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara e suas respectivas sub-bacias.....	40
Figura 4 - Mapa esquemático das instalações de um estaleiro de manutenção e reparo.	42
Figura 5 - Quadro da Cadeia Produtiva da Construção Naval.....	43
Figura 6 - Esquema dos insumos de um estaleiro, representado pelas indústrias de navipeças.	44
Figura 7 - Tipos de estaleiros.....	44
Figura 8 - Reparo de parte hidráulica do NAeSP.....	46
Figura 9 - Planta esquemática de um estaleiro de reparo e construção com as áreas de reparo assinaladas.....	47
Figura 10 - Fluxograma de produção de indústria típica de metal-mecânica.	48
Figura 11 - Utilização de emulsão em máquina CNC.	50
Figura 12 - Esquema de tanque eletrolítico.	54
Figura 13 - Fluxograma representativo do processo de tratamento galvânico com as origens dos seus resíduos e emissões.....	55
Figura 14 - Registro fotográfico do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro localizado na Ilha das Cobras, Baía de Guanabara – Rio de Janeiro, RJ.	64
Figura 15 - Preenchimento das baterias do submarino com eletrólitos.	70
Figura 16 - Oficina de Limpeza Química.	71
Figura 17 - Bombonas de armazenamento das substâncias químicas a serem descartadas...	72
Figura 18 - Seção transversal típica de um dique com o navio docado.....	75
Figura 19 - Visão dos picadeiros, preparados para a docagem da embarcação.	76
Figura 20 - Desenho esquemático com meio corte transversal das casas de bombas e da bacia do dique.....	77
Figura 21 - Corte longitudinal dos maciços de concreto enterrados.....	78
Figura 22 - Esquema das etapas do ciclo operacional de um dique.....	80
Figura 23 - Foto dos picadeiros do Nae São Paulo.....	82
Figura 24 - Casco de navio, área de carenagem com cracas e organismos vivos antes do hidrojateamento.	83
Figura 25 - Esquema das fontes poluentes, durante as operações de reparo em uma embarcação em um dique, e o fluxo de efluentes líquidos gerados.	84
Figura 26 - Esquema de remoção do revestimento.....	90
Figura 27 - Navio Porta Container, Holanda 2003, sendo jateado por sistema robotizado, equipamento Dockmaster 3000.....	91

Figura 28 - Fontes e etapas geradoras de efluentes líquidos.....	94
Figura 29 - Desenho esquemático de operador de máquina de jatear na limpeza e tratamento dos cascos de navios.....	99
Figura 30 - Lamas com contaminantes no fundo do dique.....	119
Figura 31 - Sistema de esgotamento de águas negras de um navio docado.....	135
Figura 32 - Esquema de sistema fixo de bombeamento de águas servidas e esgotos de embarcações.	136
Figura 33 - Fluxograma esquemático com as opções de apresentação das águas pluviais no fundo do dique e as hipóteses de seus descartes.	137
Figura 34 - Exemplos de curvas de volume acumulado de líquido em tanque de equalização em função do tempo.	140
Figura 35 - Exemplo de confecção da curva de volume, em função do tempo, de um tanque de equalização.	140
Figura 36 - Sequência com opções para o tratamento de efluentes com TBT.....	142
Figura 37 - Esquema da sequência de tratamento adotado por Platz et al (2003).	148
Figura 38 - Tratamento inicial do estaleiro Norfolk, antes da complementação com a remoção de TBT das águas residuárias.	149
Figura 39 - Diagrama de fluxo do esquema da instalação de remoção de TBT, por flotação (FAD) e carvão ativado (GAC).	150
Figura 40 - Extração por solvente.	151
Figura 41 - Fluxograma da proposta da estação de tratamento do dique.....	153
Figura 42 - Fluxo de entrada de água com saídas de emissões de efluentes líquidos e resíduos sólidos.	158
Figura 43 - Esquema de contenção parcial, com lona plástica, dos efluentes líquidos gerados durante o jateamento úmido.	159
Figura 44 - Ambiente contido, peças reparadas com isolamento de mantas plásticas.....	160
Figura 45 - Desenho esquemático do trabalho de jateamento, utilizando lonas como bacias de contenção.	162
Figura 46 - Piscinas de contenção para segregação pontual das águas residuárias.	162
Figura 47 - Sistema “IMProtector” com proteção total da bacia do dique.	163
Figuras 48 e 49 - Materiais de isolamento dos ralos de drenagem de águas pluviais, bermas e tapetes.....	164
Figura 50 - Armazenamento de óleo em tonéis no fundo do dique.	168
Figura 51 - Isolamentos e sistema de exaustores.	169
Figura 52 - Término dos trabalhos de limpeza de resíduos.	170
Figura 53 - Tanque de armazenamento das águas de lavagem, fixados lateralmente ao dique flutuante.....	170
Figura 54 - Sistema de Gestão Ambiental - Modelo ISO 14000.	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Impactos ambientais na instalação de um estaleiro.....	25
Tabela 2	- Equipamentos usuais de uma indústria metal-mecânica (CHAIB, 2005).....	49
Tabela 3	- Processos e respectivos impactos ambientais da indústria metal-mecânica.....	59
Tabela 4	- Resíduos gerados em uma marina de reparos, de acordo com a EPA.....	63
Tabela 5	- Principais oficinas do Arsenal de Marinha.....	65
Tabela 6	- Aspectos ambientais do estaleiro e suas origens.....	67
Tabela 7	- Tipos de resíduos sólidos gerados no AMRJ.....	68
Tabela 8	- Métodos alternativos para substituição do emprego de jateamento com areia a seco.....	88
Tabela 9	- Fontes poluidoras e resíduos gerados durante os trabalhos de enchimento / esgotamento.....	95
Tabela 10	- Fontes poluidoras e resíduos gerados durante os trabalhos de reparo.....	95
Tabela 11	- Síntese dos resíduos e impactos ambientais oriundos das águas residuárias das embarcações.....	104
Tabela 12	- Aspectos, atividades e impactos ambientais gerados pelas embarcações.....	106
Tabela 13	- Estimativa da lotação de algumas embarcações em manutenção em diques. ...	122
Tabela 14	- Valores dos parâmetros, obtidos em estaleiros da Califórnia, USA.....	128
Tabela 15	- Resumo das tecnologias de tratamento de TBT.....	146
Tabela 16	- Exemplo de resultados das águas residuárias de lavagem de pressão.....	155
Tabela 17	- Requisitos físico-químicos e microbiológicos mínimos necessários para reutilização de água recuperada.....	165
Tabela 18	- Valores limites para o descarte de efluentes líquidos em corpos receptores.....	177
Tabela 19	- Remoções mínimas para carga orgânica biodegradável de efluentes industriais.....	178
Tabela 20	- Valores máximos de DQO, para descarte em corpos d'água.....	179
Tabela 21	- Valores dos parâmetros básicos dos efluentes a serem descartados segundo a NBR 9800/1987.....	179

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMRJ	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro.
ANZECC	Australian and New Zealand Environment Conservation Council
APA	Área de Proteção Ambiental
BaP	Benzo (a) pireno
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BMP	Best Management Practices, melhores práticas de gestão
CASRM	Center for Advanced Ship Repair and Maintenance
CEDAE	Companhia Estadual de Água e Esgoto
CEGN	Centro de Estudos em Gestão Naval
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CHT	Collection Holding Tank
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CIMM	Centro de Informação Metal-Mecânica
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COD	Chemical Oxygen Demand, DQO
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
COT	Carbono Orgânico Total
CO _x	Óxidos de Carbono
CT	Capitão Tenente
DAdM	Diretoria de Administração da Marinha.
DAF	Dissolved Air Flotation
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DOCAS	Companhia Docas do Rio de Janeiro
DOCM	Diretoria de Obras Civas da Marinha
DPC	Diretoria de Portos e Costas

DQO	Demanda Química de Oxigênio
DWT	Deadweight tonnage, capacidade de água deslocada
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
ETAM	Escola Técnica do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETEI	Estação de Tratamento de Efluente Industrial
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
HPAs	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IMO	International Maritime Organization (Organização Marítima Internaciional)
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
ISO	International Organization for Standartization (Organização Internacional de Normalização)
JICA	Japan International Cooperation Agency
MARPOL	Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios
MB	Marinha do Brasil.
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Material Particulado
METRO	Municipality of Metropolitan Seattle
NAeSP	Navio Aeródromo São Paulo
NASA	National Aeronautics and Space Administration; também conhecida como Agência Espacial Americana
NASSCO	National Steel and Shipbuilding Company
NAVFAC	Naval Facilities Engineering Command
NAVSEA	Naval Sea Systems Command
NBR	Norma Brasileira da ABNT
NEPA	National Environmental Policy Act

NNSY	Norfolk Naval Shipyard
NORMAM	Norma da Autoridade Marítima
NOx	Óxidos de Nitrogênio
NPDES	National Pollutant Discharge Elimination System
NR	Normas Regulamentadoras
NSY	Naval Shipyard
O&G	Óleos e Graxas
OM	Organizações Militares
ONU	Organização das Nações Unidas
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PAC	Plano Ambiental Complementar
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon
PCB	Polychlorinated Biphenyl, Bifenilos policlorados
PDGB	Programa de Despoluição da Baía de Guanabara
PDRH BG	Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara
pH	Potencial Hidrogeniônico
PHNSY	Pearl Harbor Naval Shipyard
PIWAMAS	Process Integrated Closed Cycle Water Management System for Dry Docks
PNSY	Portsmouth Naval Shipyard
POPs	Poluentes Orgânicos Persistentes
Ppb	Partes por bilhões
Ppm	Partes por milhões
Ppt	Partes por trilhões
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
PRT	Procedimentos Técnicos
PVC	Cloreto de polivinil
RIMA	Relatório de Impacto do Meio Ambiente
SEA	Secretaria de Estado do Ambiente
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SINAVAL	Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e offshore
SO_x	Óxidos de Enxofre
SWPPP	Storm water Pollution Prevention Plan
TBT	Tributyltin, Tributil estanho
TDS	Total Dissolved Solids
TOC	Total Organic Carbon
TPH	Total Petroleum Hydrocarbons
SST	SolidosSuspensos Totais
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFC	Unified Facilities Criteria
USA	United States of America
USEPA	United States Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)
UV	Ultra Violeta

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	22
1	O ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO (AMRJ)	31
1.1	Histórico do AMRJ	31
1.2	O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro como complexo industrial (estaleiro) e base naval	31
1.3	Instalações físicas e atividades do estaleiro do AMRJ	32
1.4	Localização do AMRJ	34
1.4.1	<u>O ecossistema da Baía de Guanabara</u>	34
1.4.2	<u>Relevância urbanística</u>	35
1.4.3	<u>Atividades econômicas</u>	36
1.5	Enquadramento ambiental da Baía de Guanabara	36
1.5.1	<u>Fontes poluidoras da Baía de Guanabara</u>	36
1.5.2	<u>Programa de despoluição da Baía de Guanabara e implicações para os programas de saneamento e atividades industriais</u>	39
2	DESCRIÇÃO GENÉRICA DOS ESTALEIROS DE MANUTENÇÃO E REPARO	42
2.1	Tipologia e critérios de classificação dos estaleiros	42
2.2	Estaleiros Militares de Manutenção e Reparo	45
2.2.1	<u>Características distintivas</u>	45
2.2.2	<u>Unidades industriais</u>	47
2.2.2.1	Indústria Metal-Mecânica	47
2.2.2.2	Metalurgia.....	50
2.2.2.3	Pintura - revestimento não metálico orgânico	51
2.2.2.4	Processo industrial de galvanoplastia e de limpeza química	52
2.2.2.5	Eletro-Eletrônica.....	55
2.2.2.6	Diques	56
2.3	Impactos ambientais dos estaleiros de manutenção e reparo: geração de efluentes líquidos e emissões atmosféricas	56
2.3.1	<u>Metal-mecânica</u>	58
2.3.2	<u>Metalurgia</u>	59
2.3.3	<u>Pintura</u>	60

2.3.4	<u>Galvanoplastia</u>	61
2.3.5	<u>Diques</u>	61
3	ESTALEIRO DE MANUTENÇÃO E REPARO DO AMRJ	64
3.1	Estrutura física	65
3.2	Geração de resíduos e efluentes nas unidades industriais	66
3.2.1	<u>Resíduos sólidos no AMRJ</u>	67
3.2.2	<u>Gestão dos efluentes líquidos industriais</u>	68
3.2.2.1	Oficina de limpeza química	71
3.2.2.2	Galvanoplastia	72
4	DIQUES DE MANUTENÇÃO E REPARO	74
4.1	Descrição geral	74
4.1.1	<u>Estrutura física</u>	75
4.1.2	<u>Instalações complementares</u>	78
4.2	Principais etapas do ciclo operacional de um dique	79
4.2.1	<u>Enchimento do dique</u>	80
4.2.2	<u>Esvaziamento do dique e limpeza do piso</u>	81
4.2.3	<u>Reparo e manutenção naval</u>	81
4.2.3.1	Jateamento abrasivo a seco	85
4.2.3.2	Hidrojateamento e o ultra-hidrojateamento	86
4.2.3.3	Hidrojato com abrasivos	86
4.2.3.4	Jateamento a vácuo	86
4.2.3.5	Jateamento com pedras de gelo seco (dióxido de carbono sólido).....	87
4.2.3.6	Operações robotizadas na limpeza dos costados dos navios	89
4.2.3.7	Pintura.....	91
4.3	Geração de Resíduos e Efluentes no Ciclo Operacional	93
4.3.1	<u>Enchimento</u>	96
4.3.2	<u>Limpeza</u>	96
4.3.3	<u>Reparo e Manutenção</u>	97
4.3.3.1	Jateamento abrasivo a seco	97
4.3.3.2	Hidrojateamento e ultra-hidrojateamento	98
4.3.3.3	Hidrojateamento abrasivo	101
4.3.3.4	Operações robotizadas	101
4.3.3.5	Pintura.....	101
4.4	Resíduos e efluentes oriundos das embarcações docadas	103

4.4.1	<u>Águas de lastro</u>	104
4.4.2	<u>Águas de esgoto</u>	104
4.4.3	<u>Águas de porão</u>	105
4.4.4	<u>Águas de resfriamento</u>	105
4.5	Águas Pluviais	107
5	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DOS DIQUES DE MANUTENÇÃO E REPARO DO AMRJ	109
5.1	Descrição geral	109
5.1.1	<u>Estrutura física</u>	110
5.1.2	<u>Instalações complementares</u>	112
5.2	Principais etapas do ciclo operacional de um dique	112
5.2.1	<u>Enchimento e esvaziamento do dique</u>	112
5.2.2	<u>Limpeza do piso</u>	113
5.2.3	<u>Reparo e manutenção naval</u>	114
5.2.3.1	Jateamento a seco	114
5.2.3.2	Hidrojateamento e ultra-hidrojateamento	115
5.2.3.3	Hidrojateamento abrasivo	116
5.2.3.4	Operações robotizadas	116
5.2.3.5	Pintura.....	116
5.3	Geração de resíduos e efluentes no ciclo operacional	116
5.3.1	<u>Enchimento</u>	117
5.3.2	<u>Limpeza</u>	117
5.3.3	<u>Reparo e manutenção</u>	117
5.3.3.1	Hidrojateamento	117
5.3.3.2	Ultra-hidrojateamento e hidrojateamento com abrasivo.....	120
5.3.3.3	Pintura.....	120
5.4	Resíduos e efluentes oriundos das embarcações	120
5.4.1	<u>Águas de lastro</u>	121
5.4.2	<u>Esgoto sanitário</u>	121
5.4.3	<u>Águas de porão</u>	122
5.4.4	<u>Águas de resfriamento</u>	123
5.5	Águas pluviais	123
6	ELEMENTOS PARA UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DOS DIQUES DE MANUTENÇÃO E REPARO DO AMRJ	125

6.1	Gerenciamento dos efluentes e resíduos nos diques de manutenção e reparo	125
	
6.1.1	<u>Critérios para coletas de amostragens</u>	126
6.1.1.1	Levantamento das redes de drenagem e dos ralos do fundo do dique.....	126
6.1.1.2	Estabelecimento das fases de coletas.....	126
6.1.2	<u>Caracterização dos resíduos e efluentes</u>	127
6.1.2.1	Parâmetros sanitários	127
6.1.3	<u>Quantificação das vazões e cargas poluidoras</u>	133
6.1.3.1	Águas de lavagem.....	133
6.1.3.2	Águas de jateamento.....	133
6.1.3.3	Águas das embarcações	134
6.1.3.4	Águas de chuva.....	137
6.1.4	<u>Equalização dos Efluentes Líquidos</u>	138
6.1.5	<u>Processos de tratamento de efluentes líquidos</u>	141
6.1.5.1	Tratamentos de efluentes líquidos para diques.....	141
6.1.5.2	Revisão bibliográfica para tratamentos de efluentes líquidos	142
6.1.5.3	Alternativas para a remoção e/ou tratamento de TBT	144
6.1.5.4	Sistemas já estudados e aplicados como alternativos de tratamento de TBT para um dique.	147
6.1.5.5	Proposta para tratamento de efluentes líquidos do dique de reparo do Arsenal..	151
6.1.6	<u>Coleta, armazenamento e destinação dos resíduos sólidos</u>	155
6.2	Boas Práticas de Gestão	156
6.2.1	<u>Sistemas de contenção, coleta e segregação de efluentes líquidos</u>	159
6.2.2	<u>Captação de águas pluviais</u>	163
6.2.3	<u>Reúso de águas nos diques</u>	164
6.2.4	<u>Coleta, armazenamento, processamento e destinação dos resíduos sólidos</u>	166
6.2.5.	<u>Monitoramento e controle de emissões atmosféricas</u>	168
6.3	Adequação do ciclo operacional e dos procedimentos operacionais nos diques	169
	
6.3.1	<u>Introdução de etapas de limpeza</u>	169
6.3.2	<u>Treinamento de pessoal</u>	171
6.4	Aspectos legais e normativos para implementação do sistema de gestão ambiental	172
6.4.1	<u>Normas e documentação do sistema de gestão ambiental (ISO 14001)</u>	172

6.4.2	<u>Legislação ambiental</u>	174
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	181
7.1	Aprimoramento das etapas de gestão ambiental	181
7.2	Sistemas de tratamentos de efluentes líquidos	182
7.3	Recomendações	185
	REFERÊNCIAS	186
	APÊNDICE 1 - Insumos e resíduos das tipologias industriais consideradas para o estaleiro.....	199
	APÊNDICE 2 - Potenciais impactos ambientais das instalações de terra do AMRJ e as ações preventivas e mitigadoras recomendadas	201
	APÊNDICE 3 - Exemplo de estimativa do volume de tanque de equalização ..	206

INTRODUÇÃO

Problemática

Um estaleiro abrange um complexo industrial formado pela interatividade entre as operações com embarcações e as operações de um conjunto de indústrias de médio porte complementares entre si. Estas atividades geram uma grande variedade de poluentes e, dentre todos os processos desenvolvidos, os trabalhos nos diques originam os poluentes de mais difícil gerenciamento e controle, principalmente, por serem realizados a céu aberto, em grande escala, e com constantes operações de enchimento e esvaziamentos dos diques. Todos estes serviços provocam a formação de grandes fluxos de águas residuárias.

Os trabalhos de reparo com possibilidades de delineamento e de programação prévia são limitados, já que o mapeamento dos problemas encontrados é avaliado durante o desenrolar da execução dos serviços. Neste contexto, os cuidados ambientais são de difícil gestão, com o agravante de que nos estaleiros, até há pouco tempo, não existia histórico de prevenção da disseminação de poluentes.

Com as exigências das legislações ambientais nacionais e internacionais, as indústrias navais estão sendo obrigadas a adequar seus processos, operações e instalações físicas. Contudo, tais obrigações tornam-se tarefas complexas, pois não existe um tratamento padrão, pré-estabelecido, para os efluentes gerados em um dique. O número de variáveis aleatórias é grande, estas sofrem inúmeras influências, desde o clima local, que pode influir no uso de aditivos anticongelantes nos líquidos das embarcações, até o tamanho e tipo de motor das embarcações.

Relevância

A humanidade passou por profundas transformações no último século. Houve um aumento da industrialização, da taxa de crescimento populacional, um crescimento da produção e do consumo. Estas transformações geraram o desenvolvimento econômico, mas também provocaram uma degradação ambiental sem precedentes.

O meio ambiente marinho, caracterizado pelos oceanos, mares e complexos das zonas costeiras, forma um conjunto integrado que é componente essencial do sistema que possibilita a existência da vida sobre a Terra, além de ser uma riqueza que oferece possibilidade para um desenvolvimento sustentável (CNUMAD, 2005).

A grande responsabilidade pelos despejos de poluentes nos mares tem origem em fontes terrestres. Estas tendem a se concentrar nas regiões costeiras, o habitat marinho mais vulnerável e também o mais habitado por seres humanos, CNUMAD (2005). Neste contexto, uma fração considerável da poluição da baía de Guanabara decorre das atividades dos estaleiros, com o lançamento de resíduos sólidos em suas águas, esgotos sanitários, efluentes oleosos e substâncias químicas e tóxicas, contribuindo para a degradação ambiental.

Analisando as indústrias existentes na Baía de Guanabara sob o ponto de vista da sustentabilidade, tem-se uma visão desanimadora da situação do ecossistema existente, pois muitos anos de descaso em relação ao meio ambiente acarretaram a deterioração da natureza, as alterações do solo, da cobertura vegetal, das qualidades das águas e do ar do local, já que, até há pouco tempo, acreditava-se que os recursos naturais eram inesgotáveis e auto-regenerados e que os crescimentos industrial e econômico justificavam todas as perdas do meio ambiente.

Um dique típico gera um número considerável de aspectos ambientais que podem interagir com o meio ambiente, causando modificações adversas na flora, fauna, água, solo, ar e seres humanos. Quando são delineadas as quantidades de poluentes em um estaleiro, verifica-se que uma grande contribuição é oriunda das operações nos diques, principalmente, por serem de difícil controle, exigindo um planejamento rigoroso de suas atividades, a fim de evitar o fluxo de resíduos e de efluentes na direção do mar.

As operações de marinas ou estaleiros podem causar vários problemas na coluna d'água, como a diminuição do oxigênio dissolvido e aumento dos níveis de hidrocarbonetos de petróleo. Segundo a *United States Environmental Protection Agency*, USEPA (2001) os poluentes podem ser levados à água pelo escoamento superficial das áreas do estaleiro, pelos emissários e terminais, pelas próprias embarcações, diques, ou ainda por derramamentos e descargas de efluentes e resíduos gerados em terra ou a bordo.

Aos poucos as indústrias estão alterando os seus comportamentos perante aos recursos naturais, subordinando-se às leis ambientais que foram elaboradas, obrigando-as a estudar, controlar e monitorar as diferentes interferências que cada uma das suas atividades pode vir a causar sobre a região e sobre as populações residentes nas adjacências.

Dentre todos os processos desenvolvidos nas instalações do estaleiro, situado na bacia da Baía de Guanabara, as operações nos diques, envolvendo os trabalhos de reparo naval, geram os poluentes de mais difícil gerenciamento e controle, principalmente por serem realizados a céu aberto, em grande escala e de maneira descontínua. Estes efluentes e resíduos exigem um planejamento rigoroso a fim de evitar o lançamento destes poluentes na baía.

Deve ser destacado que, para uma instalação nova de um estaleiro, ocorrem impactos ambientais não mitigáveis restritos, como esquematizados na **Tabela 1**, porém, para estaleiros antigos que foram construídos sem a preocupação de preservar o meio natural em que estava implantado, há mais perdas, como o caso de toda a flora, com a eliminação da vegetação e o afugentamento e a eliminação da fauna terrestre originais, a alteração das características superficiais do solo, a alteração do fluxo natural das águas e outras modificações descritas na Figura 1, Centro de Estudos em Gestão Naval, (CEGN, 2010).

Tabela 1 - Impactos ambientais na instalação de um estaleiro.

Ambientais	Ruído e vibração	Ruído e vibração (fase de instalação)
		Ruído e vibração (fase de operação)
	Emissão Atmosférica	Alteração da qualidade do ar (fase instalação)
		Alteração da qualidade do ar (fase operação)
	Geomorfologia	Alteração morfológica
	Hidrogeologia	Alteração no lençol freático
Iluminação Artificial	Iluminação artificial de áreas naturais	
Ambientais	Recursos hídricos	Alteração da qualidade de águas superficiais
		Alteração do fluxo natural de águas superficiais
		Aumento de pressão sobre os recursos hídricos locais
	Oceanografia	Alteração das correntes marítimas
		Alteração no padrão de ondas
		Alteração no padrão de transporte de sedimentos (praias adjacentes)
		Aumento dos sólidos em suspensão na água (dragagem)
		Aumento dos sólidos em suspensão na água (bota-fora)
		Alteração da Batimetria
		Alteração da qualidade das águas do mar (lançamento de efluentes)
	Meio biótico marinho	Aumento da pressão sobre a biota
		Perdas de ambientes naturais
		Criação de ambientes artificiais
		Atropelamento da fauna
		Afugentamento da fauna
		Aprisionamento da fauna
		Risco de introdução de espécies exóticas
	Risco de contaminação do ambiente aquático	
	Solo	Alteração de características físicas e químicas do solo
		Desencadeamento de processos erosivos
	Fauna	Afugentamento da fauna
		Atropelamento da fauna
		Perda e alteração de ambientes naturais
Aprisionamento da fauna		
Aumento da pressão sobre os recursos da fauna		
Eliminação de vegetação		

Fonte: CEGN (2010).

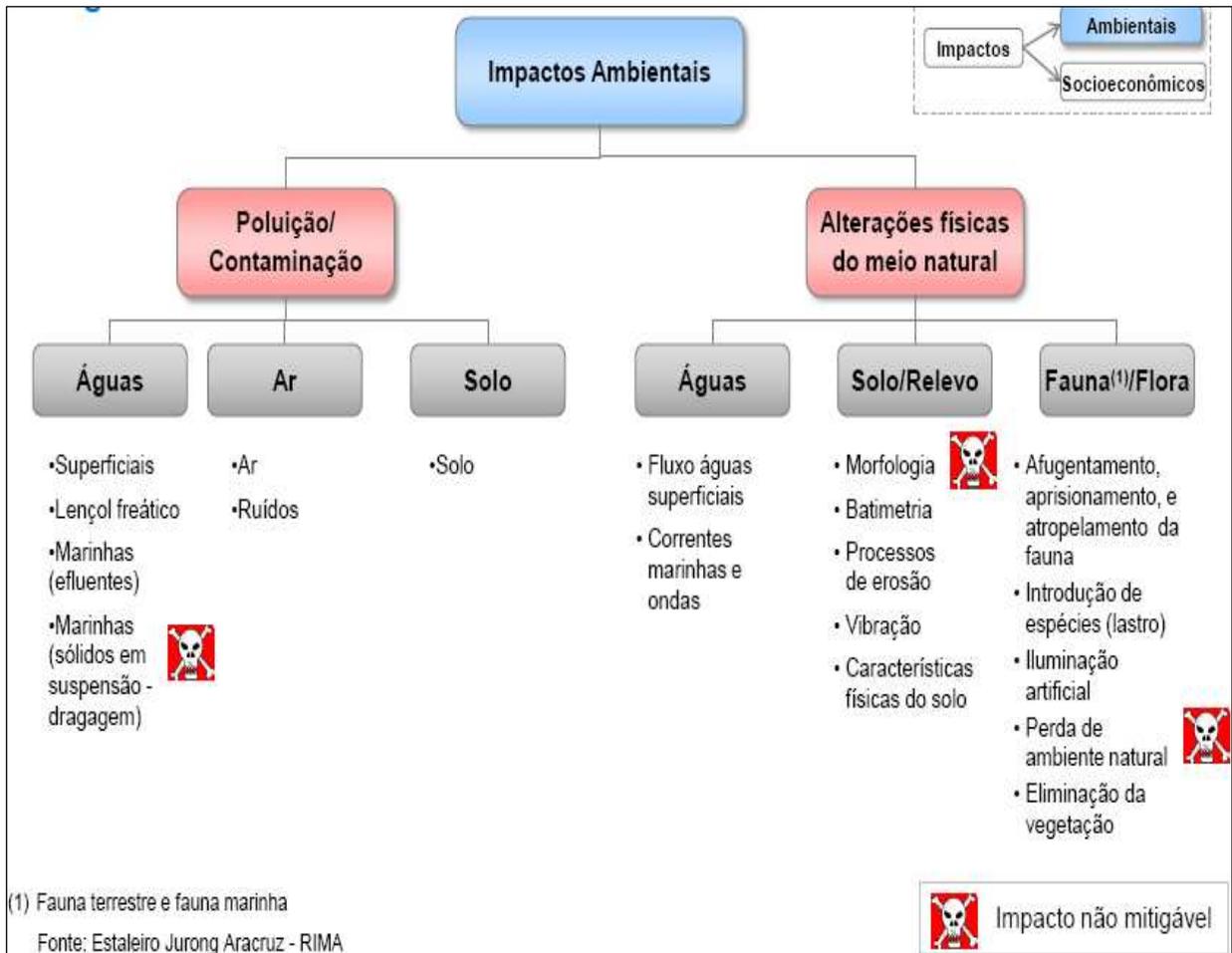


Figura 1 - Esquema de impactos ambientais gerados por um estaleiro.
 Fonte: Estaleiro Jurong Aracruz- RIMA, apud CEGN (2010).

Alguns empreendedores, sobretudo os ligados à indústria, diante do avanço que as questões ambientais têm ganhado junto à sociedade, passaram, ao longo dos últimos anos, a tomar providências que diminuíssem e controlassem os impactos causados ao meio ambiente por suas atividades produtivas. Esses avanços foram possíveis graças à implantação de sistemas de gestão ambiental (SGA) eficientes, permitindo, em muitos casos, a compatibilização entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental, ou seja, a busca por um desenvolvimento sustentável.

A virtual inexistência de dissertações específicas tanto sobre os impactos ambientais gerados nas operações dos diques de reparo, quanto sobre os problemas ambientais ocorridos durante as atividades de um estaleiro e as repercussões dos efeitos dessas ações sobre a rápida degradação ambiental da Baía de Guanabara, tornou necessário o presente estudo de caso. Com este, pretende-se mapear as entradas e saídas das águas residuárias do dique de um estaleiro que se transformam em grandes fontes contaminantes do mar, buscando-se aprimorar

o gerenciamento destes efluentes de tal forma que, ao final de todos os trabalhos, obtenha-se um sistema sustentável, gerando o menor volume de resíduos ou de emissões.

Além das águas residuárias, outro grande impacto ambiental observado é a dispersão e sedimentação de sólidos suspensos em ecossistemas aquáticos sensíveis, como ocorrem nas operações de esgotamento e enchimento do dique, nas operações de reparo e na operação de injeção de ar comprimido *Air-lift* no fundo do mar, para limpeza do acúmulo de sedimentos na porta. O produto tóxico, liberado pela agitação do material transportado, jateado ou aspirado, pode entrar em solução ou suspensão e contaminar os organismos marinhos.

A adoção de estratégias ambientais, com a implantação de sistema de gestão estruturado para uma indústria, permitirá reduzir os impactos, aumentar a eficiência do processo, melhorar a qualidade de produtos e serviços, reduzir custos e contribuirá positivamente para a imagem do estaleiro perante a sociedade internacional.

Os trabalhos de reparo, com possibilidades de delineamento e de programação prévia, são limitados, já que o mapeamento dos problemas encontrados é feito durante a execução dos serviços. Neste contexto, os cuidados ambientais são de difícil gestão, com poucas técnicas implantadas e testadas.

Em geral, não há cobertura física e as segregações dos efluentes gerados são difíceis de serem monitorados. Existem diversas fontes de poluentes, desde os inerentes, em terra, a um complexo industrial, com soldas, cortes, jateamentos, pintura e outros, até os relativos às contaminações portuárias das embarcações, como águas de lastro, águas de lavagem de caldeiras, e de casa de máquinas.

Através da pesquisa e de estudos na bibliografia internacional, procurou-se condensar e resumir os trabalhos realizados no dique, no sentido de identificar os mais viáveis tratamentos de efluentes líquidos, adaptados à realidade de um estaleiro público militar, analisando os fatores positivos e negativos de cada alternativa de tratamento. Ao mesmo tempo, procurou-se indicar as práticas de gestão ambientais mais adequadas para o gerenciamento das águas residuárias dos diques, observando as diretrizes da USEPA, procurando minimizar os volumes de efluentes.

Objetivos

- a) Objetivo geral

Apresentar, como primeira pesquisa, a análise dos processos relativos às atividades geradoras de efluentes no interior de um dique de reparo, com o objetivo de propor a implantação das diretrizes de melhores práticas de gestão a fim de alcançar a minimização da geração de efluentes líquidos. Como segunda pesquisa, a proposta de tratamento dos efluentes industriais do dique, analisando, com base nos dados obtidos na literatura mundial, opções de pré-tratamento, para posterior lançamento dos efluentes no sistema de esgoto, ou, dar prosseguimento ao tratamento até atender às exigências para o seu reúso.

b) Objetivos específicos

b.1) Apresentar um complexo industrial formado por um estaleiro e suas oficinas, operando em função dos trabalhos de reparo e de manutenção naval que são realizados no interior do dique, e seus respectivos impactos ambientais.

b.2) Mapear as potenciais origens das águas residuárias, durante as atividades industriais que se processam no interior do dique, identificando os mecanismos que permitem a mobilização dos poluentes nas redes de águas pluviais e nas redes de esgotamento do dique.

b.3) Aprimorar a gestão ambiental disponível, incluindo as boas práticas correntes em estaleiros para minimizar ou eliminar a mistura entre as águas pluviais e as residuárias, assim como evitar o contato de ambas com resíduos sólidos gerados durante as atividades operacionais. Essas medidas devem ser incorporadas à gestão dos efluentes do dique ou a planos de prevenção da poluição de águas pluviais.

b.4) Apresentar estudos com a caracterização dos efluentes e as opções de tratamentos destes, com os objetivos de controle dos contaminantes e de subordinação a regulamentos. Também foi analisado o grau necessário de reciclagem e de reaproveitamento de águas pluviais dos diques, com a finalidade de aplicação nas oficinas e diques do estaleiro. São analisadas várias técnicas de tratamento de efluentes líquidos, e este esforço é realizado com base nas literaturas de universidades, documentações e procedimentos padrão, obtidos no estaleiro, e através de buscas na Internet.

b.5) Apresentar alternativas entre desenvolver e implantar um sistema de tratamento de ciclo fechado de água, inclusive, em alguns casos, complementando com a dessalinização, alternativa em que quantidades consideráveis de água doce podem ser reaproveitadas, ou de realizar apenas o tratamento até que o efluente obtido possa ser descartado na rede pública.

Metodologia

Para a execução deste trabalho foram procedidas entrevistas e estudos *in loco* sobre os trabalhos realizados nos diques secos, identificando as atividades industriais predominantes e suas possíveis formas de contaminação do corpo receptor. De posse destes dados, foram pesquisados em outros estaleiros internacionais e em teses e demais documentos ligados às normas americanas e na restrita bibliografia internacional existente, as soluções ambientais de engenharia e de gestão encontradas para a instalação de um sistema de tratamento das águas residuárias produzidas nos diques secos já existente.

O método adotado para o estudo de caso aplicado a um estaleiro público militar foi o exploratório, que constou da aplicação de dois tipos de instrumentos de avaliação, o primeiro: a entrevista com encarregados dos setores de tratamento e pintura dos diques, engenheiros responsáveis pelas operações e manutenções do dique, com encarregados da assessoria de gestão ambiental integrada. O segundo: através da pesquisa bibliográfica, pesquisas técnicas aos arquivos de plantas civis, consultas à rede internet e outras fontes.

Foram obtidos dados sobre as principais fontes de poluição, decorrentes das atividades de manutenção e reparo das embarcações, das operações de jateamento e pintura dos cascos e as origens das águas residuárias das embarcações e os principais riscos de agressão ao meio ambiente. Desta forma, foi possível identificar os aspectos ambientais existentes e os possíveis impactos originados.

O principal resultado esperado com este trabalho, investigando o caso do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, está na possibilidade de contribuir para a adoção de práticas ambientais mais corretas pelos estaleiros, indicando as formas de tratamento mais eficientes dos efluentes industriais, gerados na retirada da pintura dos navios, buscando uma alternativa de desenvolvimento sustentável.

Estrutura do trabalho

Esta dissertação é composta por oito partes principais, sendo a primeira esta introdução.

O primeiro capítulo apresenta e situa o complexo industrial e a base naval do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro no seu contexto geográfico.

O segundo capítulo apresenta as oficinas que compõem um estaleiro e as atividades que ocorrem nas instalações. Com base na bibliografia mundial, identifica os impactos ambientais das indústrias equivalentes às existentes no complexo.

O terceiro capítulo apresenta as principais atividades do AMRJ e identifica seus impactos ambientais.

O quarto capítulo apresenta as instalações de um dique, os resíduos e os efluentes gerados durante o seu ciclo operacional e nos trabalhos de jateamento e pintura dos cascos dos navios docados, sugerindo cuidados ambientais e as segregações dos efluentes e das águas geradas pelas embarcações, evitando a mistura de águas limpas, tais como as de chuva, com resíduos, destacando a importância da segregação e das operações de limpeza dos resíduos sólidos.

O quinto capítulo descreve o estudo de caso que compreende o dique do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, com as suas instalações, operações e cuidados com os impactos ambientais gerados e com os descartes de resíduos.

O sexto capítulo apresenta um protocolo com as orientações necessárias para a gestão e o tratamento dos efluentes de um dique, pesquisando, na bibliografia mundial, a caracterização das águas residuárias de um dique, as tecnologias existentes para o tratamento das mesmas, assim como algumas alternativas de tratamento e as melhores práticas de gestão aplicáveis. Além disso, também foi realizada a análise das legislações existentes para o descarte na rede pública e para o lançamento no corpo receptor.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões e recomendações para futuras pesquisas.

1 O ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO (AMRJ)

1.1 Histórico do AMRJ

O Arsenal, localizado na Ilha das Cobras, tem como missão construir e reparar navios de guerra. A Ilha faz parte da Baía de Guanabara e foi povoada com a função primordial de defesa do Rio de Janeiro, servindo como sede de uma fortificação, fundada em 1624 por Martim de Sá.

O Arsenal foi edificado, inicialmente, no sopé do Mosteiro de São Bento em 1763 e surgiu como Arsenal Real da Marinha, no Rio de Janeiro, fundado por D. Antônio Álvares da Cunha. A primeira construção foi a nau S. Sebastião, lançada ao mar em 1767. Esse estaleiro passou a ter como atividade principal o reparo e a manutenção dos navios da esquadra real e dos navios que aportavam no Rio de Janeiro.

Em 7 de setembro de 1822, com a Independência do Brasil, houve a necessidade da constituição de uma esquadra para manter a unidade nacional, sendo preciso reparar os navios existentes e construir novos. Nessa época, o estaleiro passou a ser conhecido, oficialmente, por Arsenal da Marinha da Corte. Em 1930 foi transferido do continente para a ilha das Cobras com o nome de Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras (atual Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro). Um período de grande atividade ocorreu entre 1935 e 1945, iniciado com o lançamento ao mar do Monitor Fluvial Parnaíba, seguido pela construção de diversos navios e seu parque industrial era um dos mais modernos do mundo (MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO, 2005; PALMA, 2007).

Desde a sua instalação na Ilha, foram construídas tantas embarcações militares para a 2ª guerra mundial, como navios hidrográficos, que ajudam os ribeirinhos da Amazônia, chegando, atualmente, à construção de submarinos. Segundo Palma (2007), nos últimos anos, apesar da carência de recursos que limita suas atividades, o estaleiro tem se destacado no cenário da construção naval internacional por alguns eventos, recebendo prêmios por duas vezes do Instituto Pan-Americano de Engenharia Naval (IPEN).

1.2 O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro como complexo industrial (estaleiro) e base naval

O Arsenal de Marinha apresenta a particularidade de não possuir apenas as atribuições industriais atinentes às atividades de um estaleiro, já que também responde pelas funções

atribuídas a uma base naval, atendendo às funções portuárias de apoio de terra aos navios de guerra atracados e às respectivas tripulações. Em vista dessas atribuições, possui a responsabilidade de administrar em suas instalações, cais e embarcações a grande diversidade de impactos ambientais gerados pelas fontes poluidoras de diferentes naturezas e que, em determinadas situações, se sobrepõem. O Arsenal cumpre normas da própria Marinha para prevenir as poluições que possam ser causadas pelas suas atividades de estaleiro e pelas de apoio militar de terra.

Os serviços de manutenção e reparo, desenvolvidos no estaleiro e na base, provocam impactos ambientais que resultam na grande diversidade de geração de resíduos e efluentes tóxicos, podendo conter substâncias oleosas, águas contaminadas, borras de tintas, metais pesados, etc., e que devem ser caracterizados e ter uma disposição final adequada.

Os navios, quando atracados, geram resíduos sólidos, esgotos sanitários e efluentes oleosos que devem ser submetidos a processos de manejo, coleta e descarte adequado. Todas essas atividades, em áreas militares, devem ser sob responsabilidade da base de apoio. Pelas especificações técnicas exigidas as instalações de terra devem ser capazes de lidar com resíduos oleosos dos tanques das casas de máquinas, dos vazamentos das máquinas, das lavagens das caldeiras e etc; a Base deve também gerenciar as substâncias nocivas líquidas, como, por exemplo, procedentes das atividades de limpeza dos tanques; as cargas transportadas, e outros (REVISTA MEIO FILTRANTE ON LINE, 2008).

Os resíduos sólidos são gerados a partir do lixo, das derivações da limpeza dos tanques e dos resíduos gerados na manutenção de conveses, das casas de máquinas e outros.

Além destes poluentes, a água de lastro também possui relevante impacto ambiental. Esta água contém sedimentos, algas e organismos marinhos e são armazenadas pelo navio com a função de equilibrar o peso da carga. Toneladas de água salgada são transportadas de uma região, com um determinado ambiente, para outra diferente, originando, no momento do deslastro, uma bio-invasão nas novas águas costeiras.

Embora as Convenções aplicadas às embarcações excluam os navios de guerra, a Marinha do Brasil criou suas próprias normas com base nestas mesmas Convenções.

1.3 Instalações físicas e atividades do estaleiro do AMRJ

O Complexo Naval da Ilha das Cobras localiza-se na Ilha das Cobras, é formado por um conjunto de Organizações Militares (OM) da Marinha do Brasil (MB), com atividades diversas (administrativas, industriais, treinamento, saúde e apoio de restaurantes).

A Ilha das Cobras localiza-se no interior da Baía de Guanabara, sendo uma ilha de forma irregular, ligada ao continente (1º Distrito Naval) pelo lado oeste através da ponte Arnaldo Luz. É circundada por cais acostável e tem na parte central uma elevação em pedra. Possui uma área de 332.551,70 m² com área construída de 278.077,22 m², DAdM (2009).

Fazendo parte deste Complexo e ocupando a maior área da parte baixa da ilha, está instalado o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). Desenvolvendo atividades industriais e militares, este estaleiro possui capacidade técnica para realizar diversas atividades através de suas oficinas, tais como: oficinas estruturais; oficinas de mecânica; oficinas de eletricidade e controles; oficinas de tubulações, oficinas de sistemas de óleo hidráulico, pneumáticos e de controles; oficinas de serviços de estaleiro; oficinas de plásticos e madeiras; oficinas de motores; oficinas de construção de submarinos.

O Arsenal possui uma rede de coleta de esgotos sanitários com sistema de tratamento por fossas sépticas, além de uma Estação de Tratamento de Esgoto hospitalar. O sistema de fossas também recebe o esgoto sanitário da parte alta (rochosa) da ilha, que nas saídas se unem ao final do sistema de macro-drenagem com lançamento na Baía de Guanabara. Em 2008, foi disponibilizado para o estaleiro um ponto para o lançamento no tronco coletor do Sistema Alegria dos efluentes de esgoto sanitários provenientes da Ilha das Cobras.

Quanto ao seu *lay-out*, Penso (2002) considera um dos pontos interessantes do projeto do Arsenal o posicionamento das oficinas em relação ao navio em reparo. Esse projeto valoriza a questão da otimização dos meios aos fins. Assim, o Cais Norte do AMRJ foi projetado para ser o cais de reparo dos navios flutuando e os diques para os navios em terra. Dessa forma, ao longo do Cais Norte as diversas oficinas foram instaladas para atender a ambos.

Na área sul da ilha, onde se concentra o complexo de construção, existem as duas carreiras, a oficina de estruturas e o edifício de construção de submarinos.

O projeto do Arsenal da Ilha das Cobras, com suas especializações, oficinas em formato de linha de montagem e multiplicidade de aplicações dos instrumentais operam, principalmente, em função dos trabalhos de manutenção e reparo dos navios de guerra e mercantes, atracados e principalmente docados nos três diques. Além de suas atividades industriais e de apoio de base militar, também abriga a Escola Técnica do Arsenal de Marinha (ETAM) com a finalidade de formar profissionais de nível técnico e de melhorar a qualificação e atualizar trabalhadores do estaleiro.

As instalações do estaleiro do Arsenal, suas respectivas atribuições e impactos ambientais correspondentes serão mais bem discriminadas no capítulo 3.

1.4 Localização do AMRJ

O Arsenal está situado na ilha das Cobras, localizada na Latitude: 22°03'05" S e Longitude: 43°09'02" W, possuindo como meios de acesso às suas instalações: por terra, quatro portões guarnecidos por sentinelas, e acesso por mar, através de um Cais com extensão de 1828 metros, dividido em quatro seções, sendo assim distribuído: Cais Oeste, 200 metros; Cais Leste, 232 metros; Cais Norte, 730 metros e Cais Sul, subdividido em Cais Sul Interno, com 292 metros e o Molhe Sul Interno, com 374 metros, destinado à atracação de todos os tipos de embarcações.

A ilha das Cobras, ao longo dos anos, perdeu o seu ecossistema, pois muitos anos de descaso em relação ao meio ambiente acarretaram a deterioração da natureza, a alteração dos solos, da cobertura vegetal, e, principalmente, da qualidade das águas e do ar desta região. A Baía de Guanabara, ambiente de localização do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), sofre com a intensa pressão antrópica, principalmente no aspecto qualidade das águas. Por tal razão, a gestão de efluentes líquidos industriais e sanitários torna-se prioritária, visando a melhoria contínua do seu desempenho ambiental.

1.4.1 O ecossistema da Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara (“seio de mar”, em Tupi) surgiu há cerca de 10.000 anos, originando-se de uma depressão entre a Serra do Mar, regionalmente conhecida como Serra dos Órgãos, e o relevo costeiro, mais antigo, baixo, de morros arredondados, espalhados por toda a região (TITO, 2003).

A palavra estuário vem do latim *aestus*, maré, e se refere a um corpo semi-fechado de água, como a foz de rio ou baía costeira, em que a salinidade é intermediária entre água salgada e doce, e a ação da maré é um regulador físico importante e um subsídio de energia. Os estuários e as águas marinhas costeiras estão entre os ecossistemas mais férteis do mundo. A maior parte das formas de vida dos autótrofos está, muitas vezes, misturada em um estuário, mantendo uma alta taxa de produção bruta de: fitoplâncton; microflora bentônica e macroflora. Os estuários fornecem as “bases de criadouros”, para a maioria dos crustáceos e peixes criados não somente nos estuários, mas também em águas profundas, (ODUM, 2008)

Barroso [s.d.] em seu artigo sobre a Baía de Guanabara, apresentado durante as aulas do professor Amador, destacou que o mosaico de ambientes da Baía de Guanabara mostra uma grande diversidade de ecossistemas periféricos, com elevada produtividade primária e

secundária, fertilizada pela constante troca de água doce (fluvial) e marinha, propiciando a proliferação de uma extensa cadeia de organismos.

Barroso [s.d.] in curso com Amador, também destaca a importância das florestas da Mata Atlântica, de onde provinham a caça abundante de porcos-do-mato, capivaras, pacas, antas, cutias, veados, jacus, macucos, além de frutas e sementes, plantas medicinais e a matéria prima para a sobrevivência da população local. Das águas da baía e dos mangues obtinham-se peixes, como xaréus, robalos, tainhas, bagres, sardinhas, além de outras espécies como baleias, camarões, siris, caranguejos, mexilhões, sernambis e ostras.

Barroso [s.d.], no mesmo artigo, com base em pesquisas de Mayr et al. (1989), esclarece que as características hidráulicas da Baía de Guanabara devem ser interpretadas considerando o balanço entre as contribuições de água doce e o prisma de marés. Estes acessos influenciam as suas profundidades que variam de 20 m, ao longo do canal central, que segue o eixo maior da baía, até 1 m, durante a maré baixa, próximo à extremidade noroeste, na área mais deteriorada.

As condições ambientais são variáveis, desde totalmente degradadas, na margem noroeste, nas quais são constatadas altas concentrações de nutrientes e de metais pesados, decorrentes do despejo de esgotos sanitários e industriais, e de uma circulação deficiente, até praticamente naturais, como o caso dos manguezais do seu recôncavo ou do canal central de circulação de marés (BARROSO, s.d.).

1.4.2 Relevância urbanística

A Baía de Guanabara está localizada no Estado do Rio de Janeiro, entre as longitudes 43°00'00" e 43°20'00" W, e latitudes 22°40'00" e 23°05'00" S, trata-se de um ambiente estuarino tropical com uma população total nas áreas vizinhas de aproximadamente 10 milhões de pessoas, incluindo, a sudoeste, a cidade do Rio de Janeiro. A baía fornece água para uso industrial e é utilizada para recreação, navegação e pesca. Sua bacia de drenagem envolve uma área de cerca de 400 km², incluindo 16 municípios, sendo nove deles em suas áreas totais (Rio de Janeiro, São João de Meriti, Belford Roxo, Duque de Caxias, Magé, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói), Kjerfve (2001). Quando se consideram os municípios da face oeste da bacia, compreendendo: Rio de Janeiro, Nilópolis, São João de Meriti, Mesquita, Belford Roxo, Nova Iguaçu e Duque de Caxias, atinge-se a 80% da população total da bacia e contém o segundo maior parque industrial do país, (CASTRO, 2008).

Segundo Barroso (s. d.), a degradação ambiental resultou na redução de 90% da pesca comercial no período entre as décadas de 1970 a 1990, com o desmatamento e a destruição de manguezais, perda da balneabilidade das praias, assoreamento, aterros, erosão, enchentes e etc. Mesmo assim, existem na orla da baía, clubes sociais, náuticos e esportivos, áreas militares e comunidades pesqueiras (FEEMA, 1988).

1.4.3 Atividades econômicas

As indústrias localizadas ao redor da baía somam 74% do total das indústrias do estado. De acordo com o estudo realizado pela *Japan International Cooperation Agency*, Jica (1994), há grandes quantidades de efluentes industriais e domésticos que aportam nas águas da Baía. As principais atividades econômicas da região compreendem indústrias químicas, petroquímicas, de processamento de alimentos, têxteis e metalúrgicas região. Nesta existem duas refinarias de petróleo, dois aeroportos, dois portos comerciais, 16 terminais de petróleo e derivados, um terminal de gás, 12 estaleiros e 2000 postos de serviços (TITO, 2003).

A região é a segunda maior região metropolitana do país, possuindo um enorme parque industrial, além de abrigar o Porto do Rio de Janeiro, o Porto de Niterói e terminais privativos de petróleo e derivados. Na região estão ainda presentes refinarias, duas bases navais e estaleiros que estão sendo revitalizados pelo programa de financiamento do Governo Brasileiro para a retomada da construção naval no país (CASTRO, 2008).

1.5 Enquadramento ambiental da Baía de Guanabara

O elevado aporte de despejos domésticos e industriais, associados a organismos patogênicos, eutrofizam as áreas e comprometem o ecossistema e a qualidade das poucas espécies marinhas remanescentes, além de contribuir para o desaparecimento de outras espécies e intensificar o assoreamento e o aterro da bacia.

1.5.1 Fontes poluidoras da Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara é o corpo receptor de vários tributários, que descartam sedimentos contaminados, efluentes domiciliares e industriais. Os despejos industriais são altas fontes de poluição das águas da baía, representando cerca de 20% da poluição orgânica biodegradável, sendo, ainda, responsável pela quase totalidade da poluição química por

substâncias tóxicas e metais pesados, já a descarga de esgotos domésticos atinge 465 t/dia de carga orgânica, das quais somente 68 t/dia recebem tratamento adequado e existem vazadouros de lixo (clandestinos e oficiais), localizados às margens da baía e dos rios contribuintes, que recebem cerca de 8 mil t/dia de lixo urbano.

Segundo Castro (2008) o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara, PDRH-BG, apurou as 60 indústria mais poluidoras em 2000 e estimou a vazão média de lançamento de esgoto industrial na baía na ordem de 0,266 m³/s, com a concentração média de 134,5 mg/L de DBO e 283,4 mg/L de DQO.

De acordo com suas características hidrológicas, a Baía de Guanabara é dividida em cinco seções, como mostrado na Figura 2, Mayr et al. (1989) apud Tito (2003). A seção 1 abrange o canal principal de circulação, com as melhores condições ambientais, devido à contribuição da água do oceano, Tito (2003). A seção 2, mesmo próxima à entrada da Baía, possui elevada poluição orgânica, recebendo os efluentes das metrópoles, como as cidades do Rio de Janeiro (lado oeste) e de Niterói (lado leste). Nesta área, está localizado o Arsenal. A seção 3, com elevada deterioração ambiental, recebe os lançamentos de esgotos sanitários, efluentes industriais e poluição por óleo dos portos e dos estaleiros. A seção 4 corresponde à área de desemboque de rios menos deteriorados (Guapimirim e Caceribu). Nesta região, encontram-se os manguezais da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, ecossistema associado à Mata Atlântica, área de preservação permanente, segundo a resolução CONAMA (4/85); Tito (2003). A seção 5 é considerada a mais deteriorada, com o aporte de várias fontes de poluição.

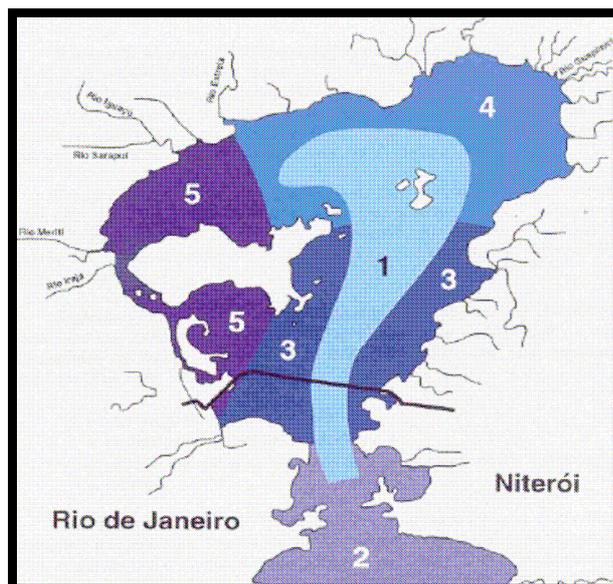


Figura 2 - Características Hidrológicas da Baía; Seção 1 - Canal Principal. Seção 2 -Intensa Poluição Orgânica. Seção 3 - Elevado Grau de Deterioração ambiental. Seção 4 - Menos Deteriorada. Seção 5 - Muito Deteriorada.

O ambiente estuarino da baía engloba inúmeros rios que levam a ela gigantescas quantidades de contaminantes orgânicos e inorgânicos, sedimentos entre outros. Segundo Scheffer (2001), foi a partir da década de 50, com o modelo de desenvolvimento industrial adotado, que as maiores transformações começaram na Baía de Guanabara e seu entorno. Embora ocorra esta forte degradação, os fatores geomorfológicos e as marés da Baía de Guanabara se combinam de maneira favorável, justificando a sua resistência, apesar da carga de poluentes lançada em suas águas.

Os resíduos líquidos industriais são responsáveis pela poluição causada por substâncias tóxicas e metais pesados, que atingem níveis críticos na baía. A distribuição e a acumulação de metais pesados como o cobre, cromo, cádmio, chumbo e mercúrio, todos de elevada toxicidade, permitiram delinear a região submetida à maior contaminação, que corresponde à seção 5 da Figura 2 (REBELLO et al., 1986 apud TITO, 2003).

De acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação e usos dos corpos de água, a maioria dessas águas é classificada para atividades de impacto humano secundário tais como a vela e a pesca recreativa (KJERFVE et al., 1997).

Em relação aos resíduos sólidos, um total superior a 8.000 toneladas de lixo doméstico é depositado diariamente às margens da baía, sobre os manguezais, com a liberação de 800 litros por dia de chorume, Amador (1996) apud COPPE/Lima (2010). Segundo os dados do PDRH-BG, em toda região são produzidos cerca de 13.680 t/dia de lixo domiciliar e público, que são coletados e dispostos em lixões ou aterros. O serviço de coleta de lixo em domicílio,

nos municípios da região, varia de 99% em Nilópolis, a 60% em Itaboraí (CONSÓRCIO ECOLOGUS - AGRAR, 2005 apud COPPE/LIMA, 2010).

A interferência antropogênica geradora de poluição, tanto de origem doméstica quanto industrial e naval, causa danos a todos os seres vivos constituintes da fauna e flora nativa e ao ecossistema local, além dos prejuízos econômicos.

Também devem ser considerados os impactos ambientais causados pelos navios, os quais, embora menos significantes que os impactos causados pelas indústrias, não são irrelevantes. Os sistemas de pintura anti-incrustantes, como o TBT, usados em navios contêm substâncias perigosas e oferecem um significativo risco de toxicidade e outros impactos crônicos para a vida humana e para organismos marinhos, Rosa (2003). As descargas e os derramamentos de óleo resultam na introdução dos mais diversos contaminantes nas águas. Em muitas áreas, da baía cuja troca de água é relativamente pobre, esses poluentes tendem a permanecer por longo tempo no meio ambiente.

1.5.2 Programa de despoluição da Baía de Guanabara e implicações para os programas de saneamento e atividades industriais

O Plano de despoluição da Baía de Guanabara, PDGB, corresponde ao nome dado a um programa de ações, financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e pelo *Japan Bank International Cooperation*, Jica, com dependência da contrapartida financeira do Governo do Estado, e que prioriza intervenções em sistemas de esgotamento sanitário e também prevêem a ampliação e melhoria dos sistemas de abastecimento de água e de resíduos sólidos de áreas urbanas contribuintes à Baía da Guanabara.

Medidas de controle e recuperação ambiental estão sendo implantadas, através do Plano de Despoluição da Baía de Guanabara, PDGB, e pelo Plano Ambiental Complementar, PAC.

De acordo com o diagnóstico deste Programa, o lançamento de esgotos domésticos na Baía é da ordem de 20 m³/s, sendo que apenas 2,7 m³/s recebem algum tipo de tratamento. Assim, segundo este diagnóstico, 7,0 toneladas de óleo, 6,0 toneladas de lixo sólido e 0,3 toneladas de metais pesados chegam diariamente à baía de Guanabara (PDGB, 2009).

Segundo pesquisa da COPPE/Lima (2010), a maior fonte de poluição da Baía é o esgoto doméstico, responsável por 84,26% da carga total de DBO e 58,14% da carga total de DQO, sendo as sub-bacias Noroeste e Oeste, as maiores contribuintes da carga total de DBO e DQO, Jica (1994) apud Castro (2008). Em relação ao esgoto industrial, as mesmas sub-bacias

forneem a maior contribuição de carga poluidora. Cabe ressaltar que o Arsenal encontra-se na última sub-bacia citada conforme ilustrado na Figura 3.

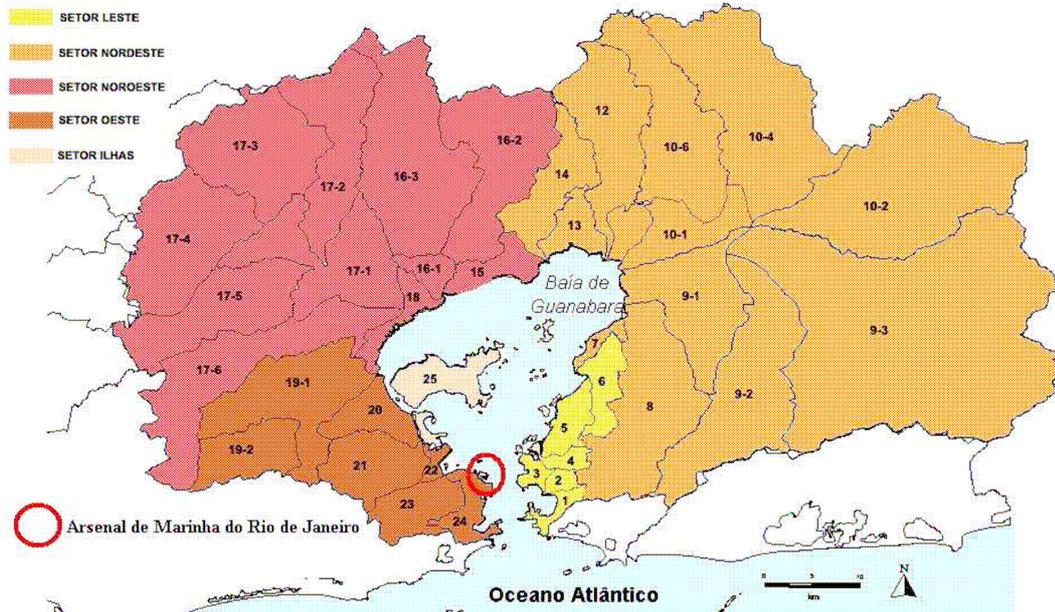


Figura 3 - Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara e suas respectivas sub-bacias.
Fonte: DOCAS Rio/CONCREMAT, 2009.

Segundo o relatório do Jica (1994) para o PDBG, os rios de grande vazão que deságuam na Baía apresentam, com exceção do rio Guapimirim, uma péssima qualidade de água. Os rios Estrela, Iguaçú, Sarapuí, Irajá e São João de Meriti, juntamente com os canais do Cunha e do Mangue, são responsáveis por 90 a 95% do total da carga poluidora recebida diariamente pela Baía.

O plano de monitoramento para a Baía de Guanabara e sua bacia, adotado pela antiga Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), atualmente, Instituto Estadual do Ambiente, INEA, envolve comumente a análise das substâncias: fenóis, cianetos, vários compostos de fósforo e nitrogênio, metais (zinco, cádmio, mercúrio, cromo, cobre, chumbo, ferro, etc.). (COPPE; LIMA, 2010).

A Baía de Guanabara recebe as águas de cinco bacias hidrográficas, contaminadas, em sua maioria, por esgotos sanitários e efluentes industriais, que eutrofizam estes corpos d'água, deixando-os com pouca capacidade de auto-depuração.

Em relação aos resíduos sólidos gerados, a meta pretendida é de recolher 90% dos resíduos domiciliares, dispondo esse lixo em aterros sanitários, impedindo a disposição inadequada do lixo, evitando o assoreamento de rios e canais.

O Arsenal de Marinha, deverá rever suas instalações de esgoto, executando redes e derivando seus despejos para o novo sistema coletor da Estação Alegria, disponibilizado pela concessionária, Companhia Estadual de Água e Esgoto, CEDAE, devendo atender a todas as exigências legais, previstas na lei federal nº 11445/07 (Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico) e em consonância com a Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, órgão do Ministério do Meio Ambiente, MMA, atendendo à Convenção Internacional para a Preservação da Poluição por Navios, MARPOL 73/78 e à Lei nº 41310/08, NT 202 R 10, DZ 215 R04 do INEA, legislações mais bem detalhadas no capítulo 6.

2 DESCRIÇÃO GENÉRICA DOS ESTALEIROS DE MANTENÇÃO E REPARO

2.1 Tipologia e critérios de classificação dos estaleiros

Estaleiro é considerado o local onde se constroem, guardam e reparam as embarcações e os seus derivados, para todos os fins, militares, transporte, polícia, lazer, pesca. (Wikipédia).

Um complexo industrial, formado por um estaleiro, que tem como atividade fim oferecer os serviços necessários para a construção ou reparo de uma embarcação, compreende áreas de reparos, com um conjunto de oficinas, equiparadas a indústrias de médio porte, diques e cais, e áreas de construção, abrangendo oficina metal-mecânica, carreiras e cais de acabamento.

Na Figura 4, está representado de forma esquemática o mapa de um estaleiro com as denominações das áreas necessárias para efetivação dos serviços.



Figura 4 - Mapa esquemático das instalações de um estaleiro de manutenção e reparo.
Fonte: Própria.

Sob o ponto de vista da sua inserção econômica, ressalta-se que o parque industrial, formado por um estaleiro, é apenas um elemento integrante da cadeia produtiva da indústria

naval, de acordo com Cunha (2006) o mercado naval apresenta-se bastante competitivo, sendo que a concorrência no setor ocorre a nível internacional, estando sujeita aos reflexos econômicos mundiais. Em meio a esse ambiente de competição e ao cronograma apertado das obras, a preocupação ambiental, muitas vezes, é encarada como um custo ou legada a um plano inferior de importância, apenas sendo considerada atrativa para as empresas de segmentos promissores, como a construção de plataformas e petroleiros, onde são cobrados os processos de certificação.

Para uma visualização da inter-relação entre os segmentos componentes da cadeia produtiva da indústria naval, na qual o estaleiro está inserido, foi montado o esquema da Figura 5, em que se destacam: armadores, estaleiros, fornecedores de peças e equipamentos, (navipeças), mercado e credor.

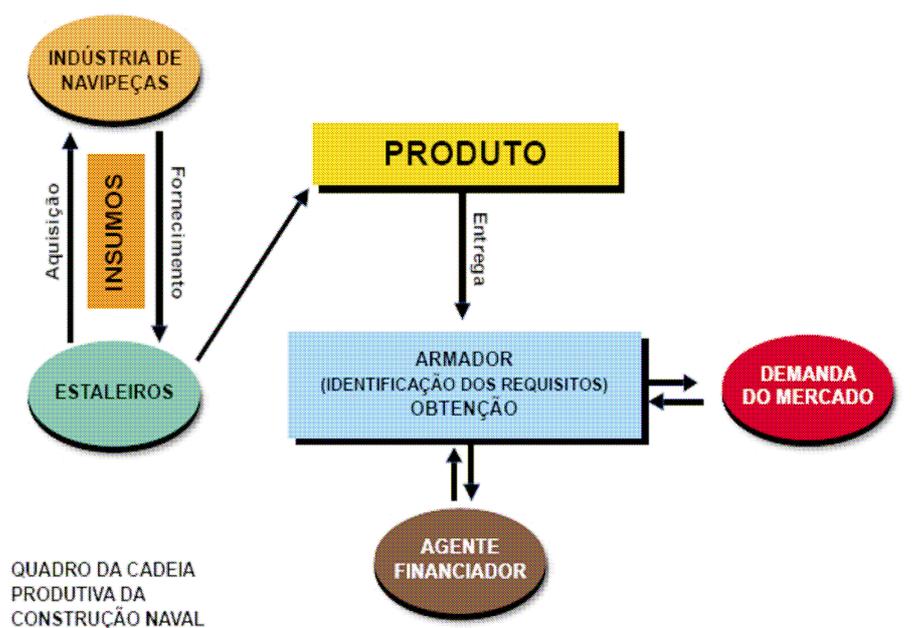


Figura 5 - Quadro da Cadeia Produtiva da Construção Naval.
Fonte: Ministério da Educação (2005).

De forma diferente das outras indústrias, principalmente, da automobilística, a construção de um navio de grande porte não é realizada em uma linha de produção. Na fabricação naval a variedade de produtos é muito grande, cada obra tem a sua particularidade, limitando a idéia de produção em série. Os navios são construídos em blocos ou anéis, principalmente os que possuem maiores dimensões, pois, de uma forma geral, o seu tamanho acarreta problemas na obtenção de espaço físico em terra, próximo ao mar. Buscando obter índices de produção mais elevados, tenta-se reduzir o tempo de construção do navio. Esta redução de prazo para a entrega dos trabalhos está relacionada à gestão do processo de

montagem e à coordenação no fornecimento das peças necessárias para a embarcação, etapa influenciada pela indústria de peças navais (navipeças).

A partir das necessidades da construção naval, o estaleiro deve ser dotado de oficinas com equipes especializadas que supram as demandas de estruturas metálicas, de tubulações, de máquinas, de eletricidade, de pinturas e de tratamentos de superfícies e de manobras de peso. Na Figura 6 está representado o esquema de interações entre as diferentes indústrias que abastecem um estaleiro nas etapas de construção e de manutenção.

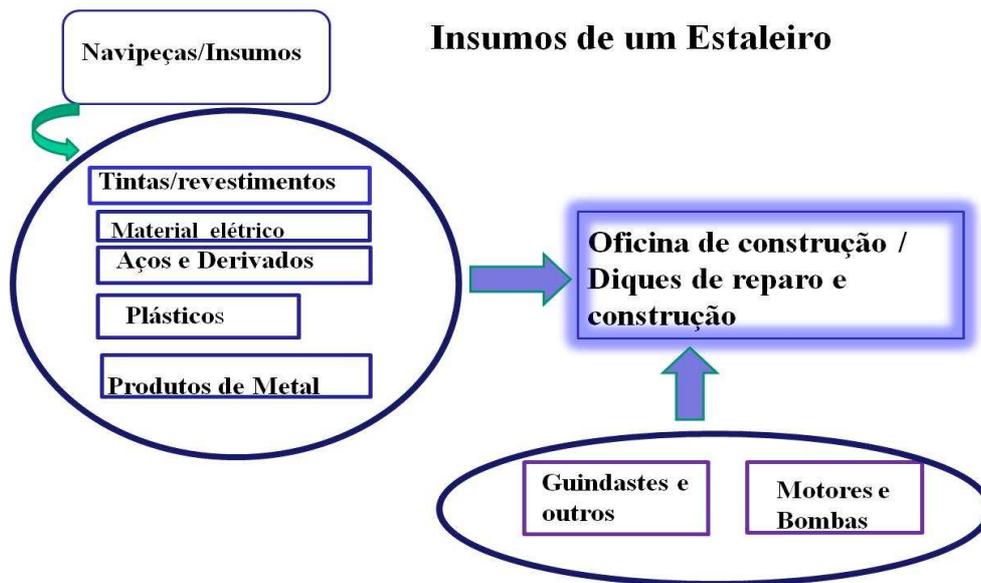


Figura 6 - Esquema dos insumos de um estaleiro, representado pelas indústrias de navipeças. Fonte: Própria com base em dados da ABDI (2009).

Existem diferenças entre os planejamentos dos estaleiros focados na construção de navios novos e estaleiros com ênfase em reparo naval, ocorrendo, também, diferença nas edificações entre navios militares e navios de transporte em geral, Figura 7.

Os navios militares necessitam de uma resistência maior, casco duplo, maior quantidade de pessoas, mais equipamentos, rapidez de locomoção e outros atributos inerentes às suas funções.

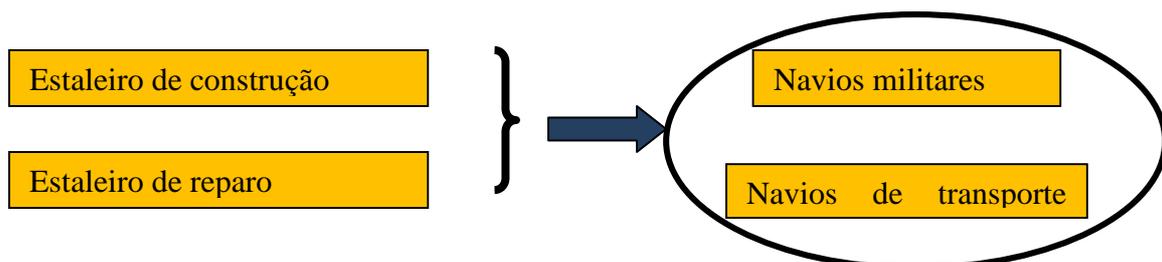


Figura 7 - Tipos de estaleiros.

Na construção de um navio novo, os trabalhos com estruturas de aço formam a origem de onde os outros processos irão se suceder, englobando os serviços de desempenho e estreitamento; marcação e corte; conformação; soldagem e proteção.

De acordo com Takimoto (2005), nos estaleiros de reparo, a construção em estrutura metálica é apenas uma etapa curta dos processos que são realizados. Os reparos englobam as limpezas e tratamentos de superfícies, obras de máquinas, redes elétricas e outros, sendo atividades difíceis de planejar com antecedência, pois, por vezes, dependem de delineamentos imprecisos, tais como os problemas que serão encontrados na restauração de equipamentos.

Na construção naval, são programadas, nas etapas de edificação da estrutura, cortes e soldagens de peças metálicas, para, em seguida, serem instaladas as máquinas de propulsão, de geração de energia e máquinas auxiliares e equipamento, após estas etapas, são efetivadas as redes e tubulações, as instalações elétricas, e os acessórios de casco, e por fim, ocorrem os acabamentos com tratamentos e pinturas. Estes trabalhos são compatíveis com as atividades das oficinas de metal-mecânica, de manutenção e montagem de máquinas e de redes; de instalações elétricas; de fundição, tratamento e pintura de superfícies. Todos esses serviços podem atuar simultaneamente nas operações de um dique de reparo.

Segundo De Negri et al. (2009), um dos ativos mais importantes de um estaleiro é o seu dique (seco ou flutuante). Os processos e equipamentos envolvidos na reparação naval abrangem, basicamente, as oficinas constantes no estaleiro, com menor atribuição para a de estruturas, e todas convergem para as operações realizadas no dique.

2.2 Estaleiros Militares de Manutenção e Reparo

2.2.1 Características distintas

As atividades de reparo e manutenção são inerentes ao ciclo operativo dos navios, nas quais manutenções periódicas são fundamentais. Takimoto (2005) ressalta que tanto a construção quanto o reparo da embarcação possuem basicamente processos semelhantes, utilizando os mesmos materiais, equipamentos e profissionais com a mesma capacitação. A maior diferença está na incerteza do escopo do trabalho que faz parte da atividade de reparo. Um exemplo está representado na Figura 8, apresentando a manutenção de motor de um navio.



Figura 8 - Reparo de parte hidráulica do NAeSP.
Fonte: AMRJ (2010).

As edificações industriais dos estaleiros possuem incumbências específicas, sendo bem definidas no arranjo geral do estaleiro, Figura 9. Segundo Takimoto (2005); CEGN (2010), os estaleiros necessitam das instalações discriminadas a seguir:

- Cais para acabamento, permitindo a continuação dos trabalhos no navio após o lançamento;
- Galpões para a execução dos trabalhos de: marcação, corte, conformação de chapas de aço; montagem de blocos de aço; preparação e pintura de superfícies; instalações de tubulações, de reparo e instalações de máquinas navais e de eletricidade. Tais oficinas desenvolvem serviços, realizados nas embarcações e nos diques;
- Carreira de Construção – edificação em terra, com um pequeno declive para o mar, onde é realizada a montagem final de navios;
- Dique seco – edificação em terra, com ligação com o mar, que pode ser utilizado para a montagem final ou o reparo de navios; e
- Áreas de estocagem.

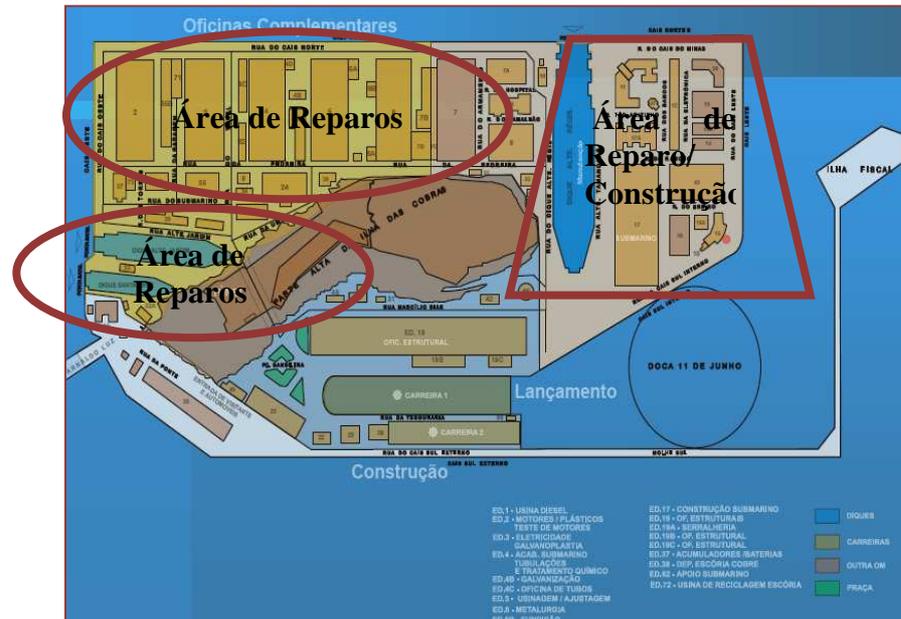


Figura 9 - Planta esquemática de um estaleiro de reparo e construção com as áreas de reparo assinaladas.

Fonte: Arquivo de plantas do AMRJ, adaptada.

2.2.2 Unidades industriais

Em um estaleiro, podem ser identificadas diferentes tipologias de indústrias, chamadas de navipeças, que correspondem às atividades desenvolvidas nas oficinas do complexo, destacando-se as empresas dos segmentos de atuação metal-mecânica, metalúrgica, galvanoplastia e limpeza química, serviços de pintura e tratamento de chapas de aço (proteção) e marcenaria. Estas atividades podem, também, ser realizadas a céu aberto em diques e carreiras.

Após as identificações dos tipos de trabalhos realizados na construção e no reparo naval, podem-se estabelecer as analogias entre os processos que ocorrem nas oficinas do estaleiro com os das indústrias operantes no mercado, mapeando os respectivos impactos ambientais.

2.2.2.1 Indústria Metal-Mecânica.

O processo produtivo metal-mecânico corresponde à oficina de estruturas navais, possuindo, como seqüência de produção, as etapas que incluem a elaboração do projeto mecânico, o recebimento de matéria-prima, a traçagem e corte, a usinagem, a conformação, furação, a montagem e a soldagem, limpeza, acabamento, tratamento e a pintura, Chaib

(2005). O fluxograma, apresentado na Figura 10, representa de uma forma esquemática, o processo produtivo típico descrito.

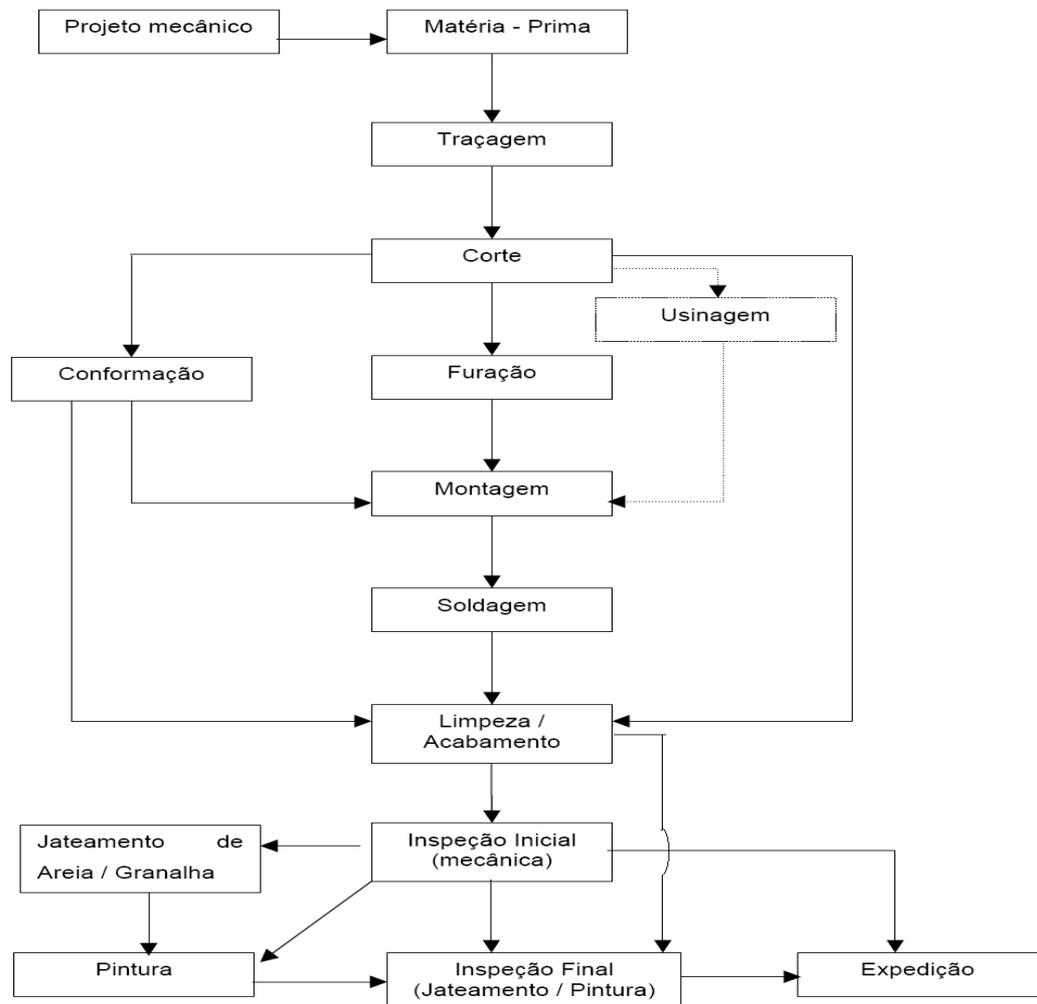


Figura 10 - Fluxograma de produção de indústria típica de metal-mecânica.
Fonte: CHAIB, 2005.

As atividades, as máquinas e os equipamentos, delineados como necessários para a operação de uma indústria metal-mecânica, podem indicar, previamente, os impactos ambientais que seus processos de fabricação são capazes de gerar, possibilitando montar os componentes da matriz de impactos relativos às atividades da oficina de estruturas navais.

Em um estaleiro, portanto, respeitando as diferenças de capacidade ou de tecnologia, são comuns entre as oficinas de estruturas os equipamentos discriminados na **Tabela 2** a seguir.

Tabela 2 - Equipamentos usuais de uma indústria metal-mecânica (CHAIB, 2005).

Etapa do Processo	Máquinas / Equipamentos específicos utilizados
Traçagem / Corte	Maçarico / Tartaruga / Corte plasma/ Máquina de corte (guilhotina) / Serra policorte
Furação	Furadeira manual e de coluna
Usinagem	Torno
Conformação	Prensa / Dobradeira / Calandra / Martelo de queda
Soldagem / Montagem	Máquinas de solda
Limpeza / Acabamento	Lixadeira manual
Outras	Compressor de ar / Esmeril

As ferramentas de corte utilizam fluidos na zona de contato entre a peça e a ferramenta de corte, reduzindo o atrito entre ambas. Os óleos podem ser integrais e isentos de água como os minerais (óleos de petróleo de base parafínica ou naftênica); os sintéticos (ésteres, diésteres); os vegetais (canola) ou ainda, misturados para dar maior compatibilidade com os aditivos (SENAI, 2006).

O óleo integral não é biodegradável, além disso, também possui o agravante de as emulsões e fluidos sintéticos possuírem uma gama diversificada de produtos químicos em sua composição, estes também são de difícil tratamento, e, se lançados nos recursos hídricos ou no solo, podem provocar danos ao ecossistema e à população, SENAI (2006). O ar também fica comprometido devido à produção dos aerossóis e vapores gerados pelo contato com superfícies quentes das peças. Na Figura 11 um exemplo de máquina operando com injeção de óleo lubrificante.



Figura 11 - Utilização de emulsão em máquina CNC.

Fonte: (SUPERTEC. Usinagem Técnica Industrial, apud SENAI, 2006).

2.2.2.2 Metalurgia

Minério é o modo como o metal se encontra na natureza e compreende uma mistura de metal, composto de metal e impurezas. A metalurgia tem por finalidade obter o metal puro, este ser extraído do minério de três maneiras: redução, precipitação química ou eletrólise. O processo de redução mais comum é o feito com carbono ou óxido de carbono a altas temperaturas, em fornos, e do qual resulta o metal puro ou quase puro, em estado de fusão. Ao ser reduzido o teor de carbono, obtém-se o aço, Bauer (2007). O ferro é o metal de maior aplicação nas indústrias das construções naval e civil.

Os produtos que se destacam na indústria naval são os registros, válvulas, cabeços, hélices e outros. Muitos métodos vêm sendo empregados para fundir vários materiais, dentre os processos empregados, a fundição em areia é uma das mais utilizadas.

Com suas altas temperaturas de fusão, torna-se a mais adequada para o ferro e o aço, mas também predomina para o alumínio, o latão, o bronze, e o magnésio. Através do processo de fundição é possível a obtenção de objetos na forma final, vazando líquido ou metal viscoso em uma forma (PAVANELLI, 2007; OKIDA, 2006).

Neste item serão estudadas as atividades que envolvem os metais comumente usados na indústria naval, nas quais são trabalhados os metais ferrosos e não ferrosos (alumínio, chumbo, cobre, estanho, zinco e etc.).

Operações de fundição de ferro em fornos elétricos são utilizadas para a recuperação de sucatas de outros processos (metal-mecânica, por exemplo). A fundição do ferro é

provocada pelo elevado calor, este metal líquido, após vazamento em machos ou moldes, dá origem às peças de ferro. Na fusão, há a liberação de fumos metálicos.

2.2.2.3 Pintura - revestimento não metálico orgânico

Os revestimentos de superfícies metálicas podem ser metálicos, não metálicos inorgânicos ou orgânicos e as suas utilizações podem ser para os aumentos das resistências à corrosão e para o embelezamento (Procedimentos Técnicos, PRT, AMRJ 243, 2003).

Segundo Olivier (2007), a prevenção à corrosão dos metais pode ser realizada por:

- Revestimentos metálicos: quando o metal de revestimento é mais nobre que o metal da peça, (por exemplo: cromagem e cadmiação). Este revestimento poderá ser por via eletrolítica, em que a peça a proteger é o catodo, ou utilizando um metal de sacrifício, caso em que o revestimento é realizado com um metal que se oxida mais facilmente (proteção catódica);
- Revestimentos orgânicos (tintas e vernizes);
- Revestimentos inorgânico (compostos que reagem quimicamente com a superfície do metal);
- Inibidores (diminuem a velocidade de corrosão, sendo orgânica e inorgânicos).

No caso do meio naval, dependendo do estado em que uma superfície se encontre, do material de que é constituída e de suas dimensões, exigirá um preparo especial que, poderá ser a aplicação de pintura ou os banhos da galvanoplastia (BAUER, 2007, p. 673).

As tintas possuem como matérias prima os pigmentos, solventes e resinas, podem ser definidas, de uma forma geral, como revestimentos de origem não-metálica com uma suspensão de partículas opacas (pigmentos) em um veículo fixo aglomerante fluido (resina), utilizando, em geral, um solvente, veículo volátil, como auxiliar de diluição. Após ser aplicada sobre a superfície metálica, a resina seca ou cura e forma-se uma película protetora, dificultando o contato da superfície metálica com o meio, minimizando os efeitos da corrosão.

As tintas aderem aos metais por ligações físicas, químicas ou mecânicas. As duas primeiras ocorrem através de grupos de moléculas presentes nas resinas das tintas que interagem com grupos existentes nos metais. A ligação mecânica se dá sempre associada a uma das duas e reflete na necessidade do preparo da superfície para a boa aderência. Uma vez que as tintas são um dos principais meios de contaminação de um dique, serão mais bem estudadas no capítulo 4, específico para estas instalações.

Preparar a superfície do aço compreende a execução de trabalhos que efetuam a limpeza e a rugosidade da peça. A limpeza retira os materiais estranhos, como contaminantes, oxidações e tintas mal aderidas, que poderiam prejudicar a aderência da nova tinta. Antes da aplicação da tinta, devem ser aplicados o fundo antióxido de ancoragem (zarcão, cromato de zinco) e um selador (BAUER, 2007).

Para peças com pequenas e medianas dimensões, a pintura ocorre em cabines apropriadas com exaustão dos gases. Para navios em reparo, devido às suas grandes dimensões, torna-se impossível a realização destes serviços em cabines de pintura, com controle das liberações das emissões. As pinturas são efetuadas nos diques, com todo um precedente de tratamento das superfícies, que no reparo também inclui a remoção de incrustações biológicas, aderidas ao casco durante a navegação. Compreende a sequência descrita a seguir:

Limpeza - a limpeza por ferramentas mecânicas são adotadas em estaleiros para pequenas áreas de superfície a ser limpa, podendo ser utilizadas escovas rotativas, lixadeiras rotativas e pistolas de agulhas. No caso de trabalhos que envolvam uma área de superfície maior, como o casco de um navio, utiliza-se a limpeza por jateamento abrasivo, podendo trabalhar como abrasivos: a areia, granalhas de escória de cobre, granalhas de aço e de óxido de alumínio (GNECCO, 2006).

Processos de jateamento - a areia é um abrasivo natural, porém seu uso é proibido em vários estados brasileiros, uma vez que possui alto teor de sílica livre, que pode provocar problemas respiratórios e a silicose. No caso de jateamento de tintas velhas e contendo metais pesados, o descarte do pó é um grande problema ambiental.

As granalhas de aço ou de escória de cobre podem ser utilizadas em espaços abertos ou fechados, nestes últimos, dentro de cabines, podem ser recuperados facilmente, através de pisos gradeados, elevadores de caneca e sistema de purificação das granalhas.

Limpezas por hidrojateamento empregam a água sob pressão contra a superfície com pressão ao redor de 40000 lb/pol² conseguindo remover ferrugens, tintas velhas e carepas de laminação. Semelhante a este processo há o hidrojateamento com granalha, na qual ocorre a introdução desta na corrente de água (GNECCO, 2006).

2.2.2.4 Processo industrial de galvanoplastia e de limpeza química

O tratamento de superfícies metálicas, com o objetivo de alteração das suas propriedades, é usual na indústria. O processo galvânico possibilita o recobrimento de

superfícies metálicas com metais diversos, em geral, tal proteção é feita pela eletrodeposição de uma fina película de outro metal mais inerte sobre o metal de base, por exemplo, sobre ferro ou aço, constituindo uma barreira entre a peça e o meio, ampliando a resistência à corrosão.

Os processos produtivos associados a essas atividades industriais compreendem diversas etapas de banhos de superfícies metálicas, que ficam em contato com soluções aquosas (ácidas e alcalinas) e, após, são lavadas por diversas vezes, gerando efluentes líquidos, contendo metais pesados dissolvidos.

O objetivo da galvanoplastia em um estaleiro é o de prevenir a corrosão, aumentar a dureza e a durabilidade das superfícies de peças dos navios, dos equipamentos eletrônicos, baterias e demais componentes de embarcações sujeitas à grandes ataques marinhos e a diversos tipos de corrosão. Após os banhos de deposição metálica, ocorrem as melhorias das propriedades superficiais, destacando-se a resistência, a espessura, a condutividade e a lubrificação.

Segundo Brett et al. (1993) apud OLIVIER (2007), o conceito eletrodeposição é usado para definir o recobrimento de peças com um metal condutor ou outra substância, sendo resultado de uma emigração de partículas carregadas eletricamente a uma solução aquosa iônica com o auxílio de corrente elétrica.

A corrente elétrica, em corrente contínua, implica na existência de transportadores de carga na matéria e de uma força que faça com que eles se movam. Os transportadores de carga podem ser elétrons, como no caso dos metais, ou íons positivos e negativos, como no caso de soluções eletrolíticas e sais fundidos. No primeiro caso, a condução é dita metálica e no segundo, eletrolítica (OLIVIER, 2007).

Os processos dos banhos se constituem em um tanque, chamado de célula, contendo uma solução eletrolítica que possui sais iônicos do metal a ser depositado, denominada de banho, dividindo-se em dois grupos: banhos orgânicos: incluem as pinturas, esmaltes, vernizes e lacas e banhos inorgânicos: os mais comuns são os banhos de cobre, cromo, estanho, níquel e zinco.

No catodo (eletrodo negativo) são colocadas as peças a serem beneficiadas, imersas no eletrólito que contém o sal do metal a ser usado no revestimento; e no anodo (eletrodo positivo) é colocado o metal que fornecerá os íons (cátions) para a solução eletrolítica.

O recobrimento de finas camadas metálicas sobre as superfícies é efetuado por meio químico e/ou eletroquímico, utilizando soluções aquosas dos metais a serem depositados. A etapa de tratamento é realizada em uma célula eletrolítica, como representada na Figura 12,

na qual a peça a ser tratada é ligada ao pólo negativo de uma fonte de corrente contínua, tornando-se cátodo, peça que receberá a deposição. O eletrodo ligado ao pólo positivo da fonte de corrente será o ânodo.

Além do cátodo e do anodo, é necessário um eletrólito que consiste de um sal do metal a ser aplicado, dissolvido em água. O ânodo, em geral, se constitui em uma barra do mesmo metal do sal, para que se mantenha a concentração de íons metálicos no eletrólito. Se o ânodo for um eletrodo inerte, a concentração de íons metálicos no eletrólito será mantida pela adição periódica de sais metálicos, Casagrande (2009). Esta solução, além de ser chamada de eletrólito, também é identificada como: solução ou simplesmente banho.

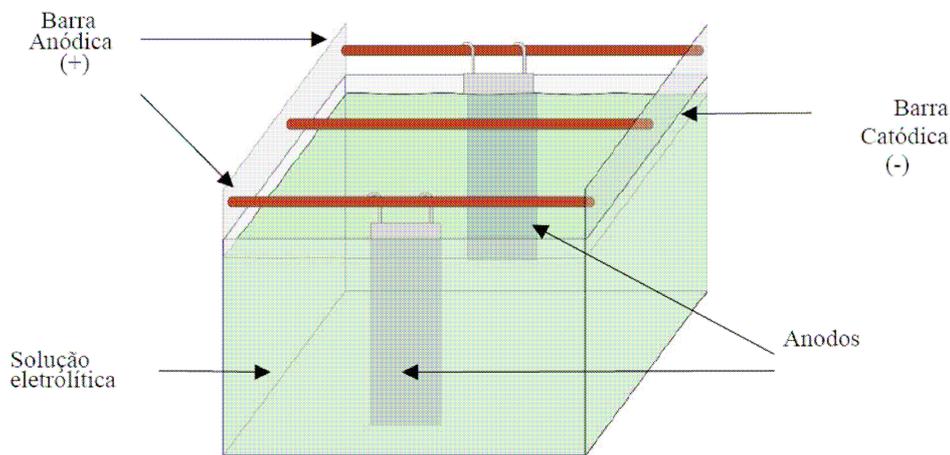


Figura 12 - Esquema de tanque eletrolítico.

Fonte: (Pugas, 2007 apud NOGUEIRA; PASQUALETTO, 2008).

Quando se aplica uma corrente elétrica, os íons metálicos carregados positivamente são depositados no cátodo (peça). A água é dissociada, liberando hidrogênio no cátodo e oxigênio no ânodo. Estes gases são liberados como bolhas na superfície do eletrólito. (CASAGRANDE, 2009).

Após cada etapa do processo galvânico, as peças são lavadas diversas vezes por meio da imersão das mesmas em banhos de lavagens, que se sucedem depois dos banhos concentrados. O último banho químico compreende o de passivação, este banho pode ser orgânico, utilizando tanino e dispersante, ou inorgânico, utilizando uma solução de óxido de cromo e ácido fosfórico.

Todos esses processos dão origem a efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões gasosas, com considerável grau de toxicidade. As águas de lavagem geram um grande volume de efluentes, contendo metais pesados.

Os efluentes da indústria galvânica podem ser segregados de acordo com a família da substância química predominante e com sua compatibilidade com as demais, assim os efluentes gerados podem ser segregados no grupo dos efluentes crômicos – banhos de cromo, em geral responsáveis pelo brilho da peça, e banhos passivadores e suas águas de lavagem; e no grupo dos efluentes cianídricos – banhos de cobre, zinco, cádmio, prata, ouro, com algumas soluções desengraxantes e suas águas de lavagens. Há também os grupos dos efluentes ácidos (soluções decapantes, soluções desoxidantes e águas de lavagens) e dos efluentes gerais alcalinos (desengraxantes químicos por imersão, eletrólitos e águas de lavagens) (NOGUEIRA; PASQUALETTO, 2008).

O processo de tratamento galvânico, abrange várias etapas entre limpezas químicas, banhos químicos e lavagens, esta sequência está bem representada no fluxograma da Figura 13, a seguir.

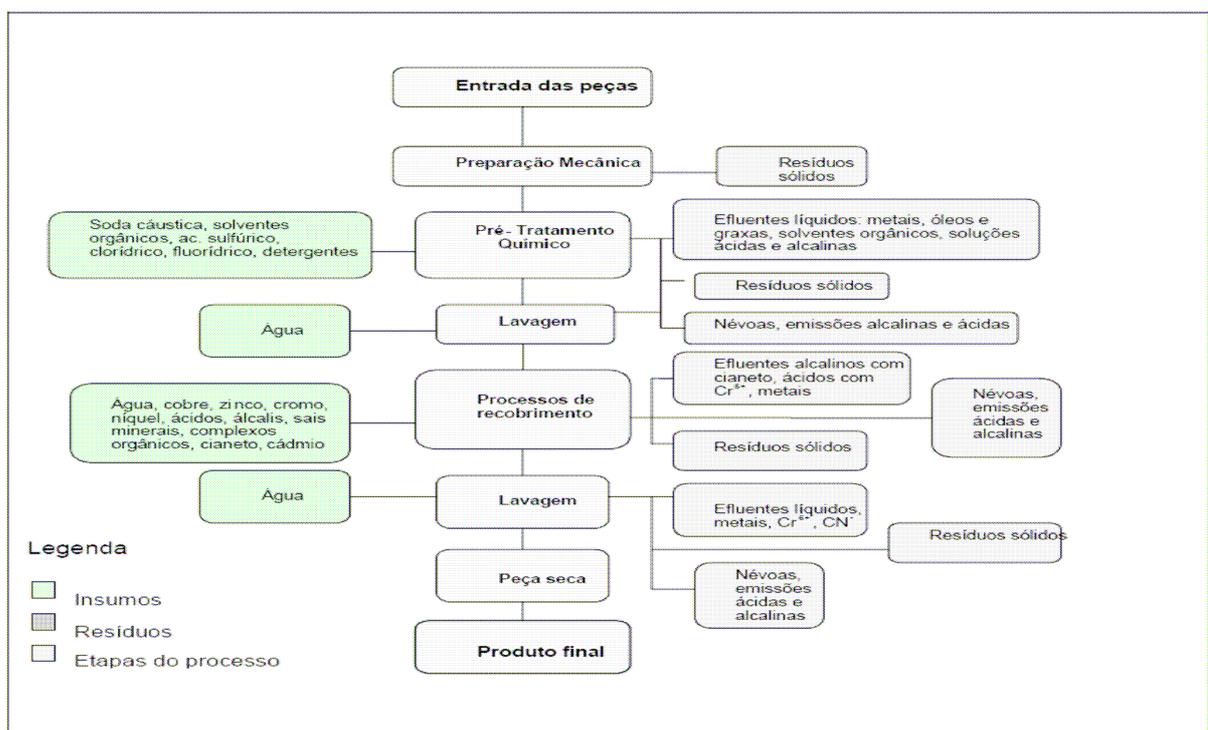


Figura 13 - Fluxograma representativo do processo de tratamento galvânico com as origens dos seus resíduos e emissões.

Fonte: SENAI. 2001.

2.2.2.5 Eletro-Eletrônica

O grupo de eletro-eletrônicos possuem em geral vários módulos básicos comuns entre eles, tais como: as placas de circuitos impresso, quadros elétricos, isolamentos, console de navegação, fios, plásticos anti-chama, computadores e disjuntores de mercúrio, componentes

condutores, equipamentos de visualização, como telas de tubos de raios catódicos e de cristal líquido, baterias, luminosos, resistências, relês, sensores e conectores, transformadores, sistemas de automação de geradores entre outros.

Os equipamentos eletroeletrônicos e seus componentes usam em sua fabricação matérias-primas como metais (cobre, ferro, alumínio, cádmio, níquel, chumbo, lítio, berílio, tálio), vidro e plástico (VAZ, 2010).

Além de os óleos lubrificantes utilizados compreenderem substâncias orgânicas recalcitrantes, os resíduos eletrônicos são, predominantemente, dos tipos perigosos e tóxicos, encontrados em computadores e seus periféricos, monitores, televisores, telefones fixos e celulares, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes, nas quais os maiores contaminantes são o mercúrio, o cádmio e o chumbo (VAZ, 2010).

Além dos impactos provocados pelos óleos, há também os oriundos dos ácidos de baterias e dos banhos químicos, uma vez que, as peças dos equipamentos são retiradas e submetidas a banhos de revestimento e proteção das superfícies. O cádmio é um dos metais mais utilizados, em virtude de sua boa soldabilidade e baixa resistência em contatos elétricos (Procedimentos Técnicos, PRT, AMRJ 243, 2003).

2.2.2.6 Diques

Este item, por ser mais complexo e por possuir atividades muito específicas, com poucas tipologias industriais compatíveis, possuirá um estudo particular relativos às suas atribuições no capítulo 4.

2.3 Impactos ambientais dos estaleiros de manutenção e reparo: geração de efluentes líquidos e emissões atmosféricas.

A abordagem ambiental de um complexo industrial, formado por um estaleiro, é fundamentada no conhecimento dos mecanismos que regulam os processos de produção dentro de cada oficina / indústria do complexo, tornando-se necessário formulações de estratégias de gestão para cada um dos segmentos.

Neste trabalho, serão estudadas as atividades de reparo, que resultam na geração de resíduos e efluentes, tóxicos ou perigosos, podendo conter substâncias oleosas, águas contaminadas, borras de tintas, metais pesados etc. Os navios, quando atracados, ou docados no estaleiro, também geram resíduos sólidos, esgotos sanitários, efluentes líquidos e oleosos

que precisam ter disposição final adequada, em geral, cabendo ao estaleiro de apoio a responsabilidade do descarte.

Para efetuar a análise e a avaliação dos impactos ambientais, originados em uma indústria, é preciso que seja gerada uma listagem, contendo todas as atividades, processos e serviços desenvolvidos na empresa, destacando-se os aspectos ambientais e as respectivas avaliações dos reflexos que os mesmos podem gerar no meio ambiente. No caso de um estaleiro, cada oficina corresponde a um tipo de indústria, com atividades complementares entre si.

Nas operações de manutenção e reparo de embarcações, são utilizadas substâncias contendo metais pesados. As tintas de proteção aplicadas nas embarcações atuam como veneno e têm a função de proteger os navios e ancoradouros de fungos, algas, mariscos e outros. Os seus pigmentos e veículos contêm substâncias tóxicas para o meio ambiente, tais como: estanho, óxido cuproso, oleato de metil mercúrio, naftenatos de cobre e zinco, óxido de mercúrio, cloreto mercurioso e pentaclorofenol.

Nas embarcações de madeira são utilizados o cobre e o cromo como preservativos, Bauer (2007, p 670). Anodos de sacrifício de zinco são utilizados como proteção catódica, para evitar a corrosão dos cascos de metal, principalmente, próximo à hélice de bronze, além disso, o zinco é freqüentemente um componente de óleo de motor.

O cádmio, o cobre e o cromo estão presentes nos tanques e nas águas de lavagens tanto das áreas de limpeza química como nas da galvanoplastia, sendo que, nesta última, há também cianeto, qualquer vazamento ou a inexistência de cuidados específicos pode permitir o acesso dessas substâncias às redes de águas pluviais, contaminando o ambiente aquático.

O cobre, das tintas anti-incrustante, além da acumulação nos sedimentos pode ficar suspenso na coluna d'água na forma de pequenas partículas.

O mercúrio está presente em termostatos e o cádmio nas baterias, estas também contêm ácido e metais tóxicos como chumbo (REZENDE, 2003).

Em um estaleiro, há também a poluição por hidrocarbonetos de petróleo, encontrados nos combustíveis, nos óleos e graxas e nos lubrificantes. Podem contaminar o solo e o meio aquático, nos casos de: derramamentos, nas operações de abastecimento; vazamentos dos motores e também nas operações de manutenção e reparo das embarcações, ou ainda, através do escoamento superficial de águas pluviais de pátios de oficinas, carreiras, diques e outras instalações. Os óleos lubrificantes de algumas máquinas e motores apresentam a característica de ser mais dificilmente biodegradáveis.

Alguns navios ainda utilizam óleos pesados, como no caso do acionamento de caldeiras, estes apresentam as características de serem de difícil biodegradação e de, por se apresentarem mais densos, não flutuarem na água. Um derramamento acarreta na sua submersão nos rios ou mar ou a infiltração fácil nos solos, até atingir camadas impermeáveis.

Alexander (1988), em sua dissertação, constatou que o cobre era o metal pesado mais comumente achado em níveis de concentração tóxicos nas águas de marinas e do entorno de estaleiros. Também são detectadas as presenças dos compostos de butil, particularmente o tributil, estes são um dos biocidas utilizados na pintura de cascos de embarcações para combater incrustações.

Quadros et al. (2003) comprovaram a presença de organo-estânico biologicamente ativa em organismos aquáticos nas baías de Sepetiba, no Rio de Janeiro. Cuidados especiais são exigidos em relação às atividades de dragagem, já que as substâncias tóxicas e os sedimentos de metais e seus compostos, que existem no fundo do meio aquático, quando agitados, reintroduzem os metais pesados na água, onde eles podem ser ingeridos e bio-acumulados por peixes ou outros organismos aquáticos.

Para Mierzwa (2005) é importante o gerenciamento adequado do uso da água em uma indústria, buscando-se a identificação de oportunidades para a maximização do uso da água e a minimização da geração de efluentes (prevenção da poluição), reduzindo seus respectivos impactos ambientais.

Pela Norma Brasileira - NBR nº 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1987) os resíduos sólidos são todos os resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição e outros. Alguns efluentes líquidos apresentam densidades muito elevadas, não sendo apropriados para o lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, já que podem suscitar a dúvida do seu estado físico. Nestes casos, não são indicados os tratamentos para águas residuárias, necessitando tratamentos empregados em resíduos líquidos, da mesma maneira que os resíduos oleosos.

2.3.1 Metal-mecânica

As operações de usinagem de peças metálicas que utilizam os fluidos de corte, quando manejadas inadequadamente, acabam atingindo o solo, o ar, a fauna, a flora e os recursos hídricos, prejudicando o meio ambiente, SENAI (2006). Além deste aspecto, devem ser considerados os gases liberados durante os serviços de corte e solda, com óxidos dos metais

soldados e pela liberação de MP, juntamente com os gases liberados pelos produtos de combustões. A seguir, na **Tabela 3**, uma síntese dos processos e respectivos impactos ambientais oriundos das atividades de construção de uma embarcação, com predominância da oficina metal-mecânica em um estaleiro.

Tabela 3 - Processos e respectivos impactos ambientais da indústria metal-mecânica.

Etapas do Processo	Emissões Atmosféricas / Efluentes Líquidos / Resíduos Sólidos
Recebimento de matérias prima / transporte de materiais	Recipientes vazios / Efluentes líquidos originados de vazamentos em eículos / material particulado Combustível / material particulado / névoa e vapores
Triagem / corte	Fluído de corte / névoas e vapores / sucata / cavacos / borras / material particulado / estopa
Furação / Usinagem	Fluído de corte / névoas e vapores / sucata / cavacos / óleos lubrificantes / Material particulado / estopa
Conformação	Fluído de corte / névoas e vapores / sucata / cavacos / óleos material particulado / estopa / sucata
Soldagem / Montagem	Óleos / sucata / névoa / cavacos / material particulado / estopa
Limpeza / Acabamento	Sabões / detergentes / vapores / recipientes vazios
Pintura / Tratamento de superfícies	Tintas / Solventes / metais em suspensão / névoas / recipientes vazios
Inspeção / expedição	Material particulado / isopor / papel / madeira / plástico
Laboratório	Produtos químicos / estopa / recipientes vazios / papel
Higiene / Escritório	Papel / plástico / sabões / detergentes / recipientes vazios

Fonte: CIMM (2002) apud CHAIB (2005).

2.3.2 Metalurgia

Na indústria metalúrgica há a liberação de grande quantidade de fumos, de gases de combustão (fusão) e de poeira metálica, de MP, de pó de ferro, sílica, óxidos metálicos, SO₂ (enxofre presente no minério, no carvão e no combustível), gás sulfídrico, formaldeído, amônia, hidrocarbonetos, fluoretos e outros. No **Apêndice 1** os aspectos ambientais relativos às atividades de Metalurgia encontram-se mais bem detalhados.

2.3.3 Pintura

Em estaleiros, quando as peças com menores dimensões, como as seções das embarcações, perfis e outros, vão ser submetidas às proteções de pintura, esses trabalhos são realizados em cabines hermeticamente fechadas. As emissões geradas pelas tintas ficam contidas no próprio recinto, ocorrendo a sua liberação através dos sistemas de exaustão. Caso sejam efetuadas as lavagens desses gases, essas águas também deverão ser submetidas a tratamento, uma vez que poderão conter em suas composições todos os produtos químicos utilizados nos solventes, resinas, pigmentos e aditivos das tintas, cujas composições já foram descritas no item 2.

As emissões provenientes da atividade de pintura são devidas às tintas aplicadas em aços, que tanto liberam material particulado fino, como fazem uso de solventes formados por compostos orgânicos 100% voláteis (VOC). A presença de particulados e a excessiva evaporação com a liberação de cheiro ativo podem causar problemas de saúde aos trabalhadores. As tintas podem ser classificadas pelo seu conteúdo de solventes em Alto VOC e Baixo VOC. Atualmente, a tendência é a produção de tintas com VOC zero (GNECCO, 2006).

Os solventes utilizados são de diferentes naturezas químicas, podendo ser hidrocarbonetos, glicóis, cetonas e alcoóis, porém todos são VOC de origem do petróleo. As resinas à base de água são um novo conceito de matérias primas, com o foco em reduzir a toxicidade das tintas, protegendo o meio ambiente. Quando os trabalhos forem realizados com tintas à base de solventes orgânicos, que é o caso das pinturas navais, a ventilação ou a exaustão forçada será imprescindível, principalmente para a segurança das pessoas e para evitar explosões e incêndio. Como as tintas são, em geral, aplicadas no dique, seus impactos ambientais serão mais bem estudados no capítulo 4.

➤ Poluição gerada por navios.

Os impactos ambientais, oriundos das atividades de um estaleiro, são originários de fontes geradas pelas oficinas de terra e por atividades geradas pelas embarcações. Nesta dissertação, apenas quando estiverem em manutenção nos diques serão incluídas as fontes de águas residuárias, advindas de operações nas embarcações. Nesta situação, essas podem gerar resíduos sólidos e contaminações líquidas pela drenagem de pátios, conveses, lavagem de embarcações, perdas de óleo, vazamentos de máquinas, aplicação de tintas anti-incrustante, água de lastro, lançamentos de efluentes líquidos e de esgoto.

2.3.4 Galvanoplastia

Devido à presença dos metais pesados, os resíduos gerados pelas galvanoplastias podem ser considerados como um dos mais tóxicos entre os mais diversos tipos gerados por um estaleiro, porém tais resíduos e efluentes podem ser segregados e tratados, uma vez que há tecnologia e estudos desenvolvidos para tal fim.

Com base na análise do fluxograma da galvanoplastia, apresentado no item anterior, e em dados da CETESB (1984), pode-se definir como as fontes de emissão dos efluentes líquidos: as águas de lavagem contínuas, após o desengraxe alcalino e após a decapagem ácida, e os efluentes periódicos dos tanques de desengraxe alcalino e de decapagem ácida.

Esses efluentes da tipologia galvânica podem ser segregados nas classes de efluentes crômicos, efluentes cianídricos, efluentes gerais ácidos, efluentes gerais alcalinos, Nogueira; Pasqualetto (2008). Em relação às emissões dessa oficina, são incluídos os vapores ácidos ou de cianetos, as partículas metálicas ou pó do processo e névoas de aerossol. No **Apêndice 1**, os aspectos ambientais relativos às atividades da galvanoplastia encontram-se mais bem detalhados.

2.3.5 Diques

Após o estudo das indústrias que compõem o parque industrial do estaleiro, percebe-se que um dos principais aspectos ambientais é as atividades a céu aberto, desenvolvidas no interior do dique, dando origem à geração de grandes quantidades de águas residuárias, com altas concentrações de uma variedade de contaminantes (como metais pesados, TBT, um agente anti-incrustante extremamente tóxico, PCB, óleos usados) e um consumo muito grande de água doce, principalmente devido ao tratamento de superfície dos cascos de navios.

As camadas de tinta velha, revestimentos de superfície, incrustação biológica (algas, moluscos) e deposições mineralógicas têm de ser removidas da superfície do casco. Este tratamento é realizado por alta pressão (hidrojateamento), jorrando principalmente para lavar os saís e preparar o casco do navio para tratamento; e pela pressão ultra elevada (ultrahidrojato) para remover camadas de tinta velha. Diferente de outras indústrias, em um dique, a qualidade e a quantidade da água gerada como efluente não são constantes, mas fortemente dependentes do trabalho realizado em um reparo e, portanto, variando em composição e quantidade dentro de grandes limites (PI-WAMAS, 2003).

Devido ao grande número de fontes, multiplicidade de efluentes, resíduos e emissões de gases, o dique será melhor explicitado no Capítulo 4.

Após a explanação sobre as diversas tipologias de indústrias, compatíveis com as atividades em terra de um estaleiro, podem-se estabelecer as correspondências entre os trabalhos executados e os aspectos ambientais observados. No **Apêndice 1**, com base em pesquisas na bibliografia existente, foram elaboradas as sínteses dos aspectos ambientais provenientes das indústrias equiparadas às oficinas de um estaleiro.

Devido à inexistência de normas específicas para o controle de emissões das atividades dos estaleiros, com a finalidade informativa, na **Tabela 4**, consta um resumo da EPA para os resíduos gerados em uma marina de reparo que, embora não possua um dique e sejam reduzidos os trabalhos em aço, serve de modelo simplificado de uma indústria de reparo naval de menor porte.

Tabela 4 - Resíduos gerados em uma marina de reparos, de acordo com a EPA.

	Operação Original	Descrição do Resíduo
1	Todos	Sobras de recipientes de matérias prima (ex: bolsas, sacos, latas) com restos de substâncias não usadas.
2	Emissões de tanques de armazenamento e emissões nas operações de equipamentos	Compostos orgânicos voláteis (COV).
3	Jateamento de granalhas e retirada de substâncias químicas	Efluentes líquidos contendo granalhas, tintas orgânicas, metais pesados, lodos, substâncias químicas, COV.
4	Pintura em spray e aplicação de resina	Resíduo de tintas, thinner (reductor), desengraxantes, solventes, resinas e gelcoats, COV
5	Engenharia de reparos	Resíduos oleosos de turbinas, lubrificantes, limpeza de carburador, desengraxantes, baterias.
6	Galvanização e limpeza química	Soluções com cianeto, lodos com metais pesados, ácidos, soluções alcalinas, emissões atmosféricas.
7	Oficinas mecânicas	Peças gastas, óleos lubrificantes, desengraxantes, solventes, MP e sucatas.
8	Equipamento de limpeza, área de lavagem	Efluentes contendo tintas, solventes, emissões de compostos orgânicos voláteis.
9	Desengraxante, equipamento de limpeza, resíduos de tinta antiga, fabricação de plástico reforçado	Resinas, tintas e solventes contaminados, emissões de compostos orgânicos contaminados.
10	Limpeza de porão da embarcação	Água com óleo do porão do navio.

Fonte: Marine Maintenance and Repair Facility Wastes, Table 2, de acordo com a EPA 1625/7-91/015. Compostos Orgânicos Voláteis, COV.

Para este estudo de caso, antes de descrever as atribuições dos diques de manutenção e reparo, será necessário conhecer as instalações do estaleiro onde se encontram inseridos, apresentando as oficinas e trabalhos que estão relacionados com suas operações, em vista disso, a seguir será apresentado, de maneira sucinta, o estaleiro público militar que compreende o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro.

3 ESTALEIRO DE MANUTENÇÃO E REPARO DO AMRJ

Os trabalhos relativos às atuações de uma base naval e de um estaleiro militar de construção e reparo de embarcações, como é o caso do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), envolvem atividades industriais e portuárias e ocorrem tanto em terra como na interface margens/água, comprometendo a qualidade da água do ambiente estuarino, interferindo diretamente no ecossistema marítimo. Neste estudo, são destacadas as operações do estaleiro, embora as atividades portuárias, relativas às atribuições como base naval, também gerem impactos ambientais, que muitas vezes se somam às do estaleiro. Uma vista panorâmica do AMRJ é apresentada na Figura 14.



Figura 14 - Registro fotográfico do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro localizado na Ilha das Cobras, Baía de Guanabara – Rio de Janeiro, RJ.
Fonte: AMRJ (2010).

Para que se aprimore o Programa de Gestão Ambiental, já implantado, será preciso que sejam conhecidos os processos produtivos das diferentes oficinas que compõem o estaleiro militar, verificando as possibilidades de redução dos impactos e suas alternativas mitigadoras. Com o objetivo de se identificar os processos, as atividades e os serviços, será

preciso pesquisar suas instalações, os tipos de atividades desenvolvidas que farão parte do trabalho produtivo geral.

3.1 Estrutura física

A estrutura física do Arsenal se apresenta com características distintas por se tratar de um complexo industrial que engloba desde atividades laboratoriais, hospitalares, educacionais e de escritório a atividades de estaleiro de construção e reparo. O projeto do Arsenal, com especializações na área de reparo, possui oficinas em formato de linha de montagem que operam, principalmente, em função dos trabalhos nos navios de guerra e mercantes, docados nos três diques. As principais instalações físicas do estaleiro são descritas sucintamente na **Tabela 5**, a fim de elucidar a natureza das atividades e processos, para posteriormente caracterizar os tipos de impactos para cada uma das edificações na próxima etapa do trabalho.

Tabela 5 - Principais oficinas do Arsenal de Marinha.

Departamentos do Arsenal	Tipos de atividades para cada divisão e setor
<i>Divisão de Oficinas de Estruturas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Construção e manutenção de estruturas navais em aço e alumínio; soldagem; fabricação de estruturas de aço e; edificação de seções de um navio.
<i>Divisão de Oficinas Mecânicas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Usinagem de grandes peças tais como eixos de navios; fabricação de componentes mecânicos; fabricação de modelos para uso em fundição; preparação de moldes e; fabricação de peças pelo processo de fusão e pelo processo de forjamento.
<i>Divisão de Oficinas de Eletricidade e Controles</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Usinagem e fabricação de peças para máquinas elétricas; fabricação, montagem e reparação de controles eletrônicos, eletro-mecânicos e máquinas elétricas e; execução de trabalhos de galvanoplastia.
<i>Divisão de Oficinas de Tubulações</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricação, instalação e testes de redes de água, óleo e afins; limpeza química, tratamento e galvanização de peças.
<i>Divisão de Hidráulica e Pneumática</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção de sistemas hidráulicos e pneumáticos de equipamentos.
<i>Divisão de Oficinas de Serviços de Estaleiro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação, docagem e construção de encalhes de navios, carpintaria naval, tratamento e pintura de navios em reparo nos diques ou em construção e; outras obras de pintura.
<i>Divisão de Oficinas de Plásticos e Madeiras</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de estruturas, cascos, embarcações, domos de sonar e outras peças em plástico reforçado com fibra de vidro e; obras de revestimento anti-corrosivo com resinas plásticas.
<i>Divisão de Oficinas de Motores</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Reparo e testes de motores navais de grande porte; desmonte dos mesmos e jateamento hidráulico das peças dos motores.
<i>Divisão de Oficinas de Construção de Submarinos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de submarino em todas as suas fases (oficina completa), executando todos os serviços de montagem e soldagem de itens estruturais do submarino.

Fonte: TAKIMOTO (2005) e AMRJ (2010).

3.2 Geração de resíduos e efluentes nas unidades industriais

As atividades descritas de maneira sucinta no item 3.1 originam impactos ambientais que necessitam ser mais bem detalhados nos estudos de cada uma das oficinas. Para uma análise inicial, foram pesquisados os impactos de indústrias equivalentes às oficinas do estaleiro, podendo-se destacar:

- Divisão de Oficinas – seus impactos ambientais são semelhantes aos gerados por uma indústria metal-mecânica, com a liberação de gases dos eletrodos e metais fundidos nas soldagens, MP e os resíduos sólidos, provenientes dos cortes e carepas.
- Divisão de Oficinas Mecânicas - seus impactos são semelhantes às de uma indústria metalúrgica, gerando em seus processos fumaça de óxidos metálicos, névoas e vapores de solventes, MP, produtos de combustão e SOx.
- Divisão de Oficinas de Eletricidade e Controles - Apresenta os poluentes das emissões das máquinas e vazamentos de óleos lubrificantes e solventes. O setor da galvanoplastia apresenta emissões de gases e águas de lavagens com cromo, cádmio, cianeto e outras substâncias tóxicas.
- Divisão de Oficinas de Tubulações - apresenta parte dos impactos de uma metalurgia ao fabricar tubulações e todos os poluentes da galvanoplastia, exceto liberação de cianeto.
- Divisão de Hidráulica e Pneumática - apresenta vazamento de óleos nos testes das máquinas, liberação de gases aromatizados e águas de lavagens de peças emulsionadas com óleos e graxas e solventes.
- Divisão de Oficinas de Serviços de Estaleiro - apresenta todos os poluentes de oficinas de pintura, detalhada adiante, e MP devido às serragens e partículas de tintas.
- Divisão de Oficinas de Plásticos e Madeiras - apresenta todos os poluentes da divisão de Serviços, com acréscimos de MP devido ao pó dos serviços de acabamentos das fibras de vidro e dos polimentos dos plásticos, liberação de gases aromáticos oriundos das resinas e dos catalisadores.
- Divisão de Oficinas de Motores - apresenta, ao testar os motores, alto consumo de água, vazamentos de óleos e grandes emissões de COx e SOx, comuns a motores diesel de navios, além de também gerar efluentes oleosos nas águas de lavagem das peças dos motores.

- Divisão de Oficinas de Construção de Submarinos - por ser uma estrutura com todas as etapas de construção e reparo de embarcações, apresenta, em menor escala, os poluentes descritos nas áreas de soldagem, de limpeza química, eletricidade, redes e outros.

Os departamentos citados acima contribuem para a poluição ambiental, porém os trabalhos realizados a céu aberto se destacam, sobretudo, por serem de difícil controle. Estes têm origem nos serviços efetuados nos cais de acabamento e reparo, nas carreiras e nos diques, em geral, operando com cortes e soldas, limpezas e tratamentos de cascos e conveses, testes em motores e outros serviços industriais. Por se apresentarem mais complexos, este estudo apresentará um capítulo específico para os diques.

Após o estudo dos processos de trabalhos realizados nas instalações do estaleiro, podem-se resumir como principais aspectos ambientais e suas respectivas origens as instalações discriminadas na **Tabela 6**.

Tabela 6 - Aspectos ambientais do estaleiro e suas origens.

Aspecto Ambiental	Origem
Efluentes Oleosos	• Oficinas; posto de abastecimento de viaturas; esgoto de porão dos navios docados e atracados, diques.
Efluentes Industriais	• Oficinas; laboratório de análises químicas, diques.
Efluentes Sanitários	• Sistemas de esgotos domésticos e hospitalares.
Resíduos Sólidos	• Oficinas; paióis; rancho; lixo comum, diques, carreiras.

Fonte: Assessoria de Gestão Ambiental Integrada do AMRJ.

Embora o foco deste estudo seja efluentes industriais, serão apresentados os tipos de resíduos sólidos gerados no estaleiro, já que existe a elevada probabilidade das águas de processo ser contaminadas por tais resíduos.

3.2.1 Resíduos sólidos no AMRJ

Segundo a classificação da NBR-ABNT nº 10.004, o armazenamento e a destinação dos resíduos sólidos, são realizados de acordo com seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, em função de sua periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, compreendendo os Resíduos Classe I – Perigosos, resíduos que apresentam parâmetros de periculosidade. Resíduos Classe II – Não inerte, aqueles que não se enquadram como Classe I ou Classe III. Resíduos Classe III – da NBR 10.004.

No estaleiro, para o caso dos resíduos tóxicos químicos, metais pesados, baterias e outros materiais e equipamentos contaminados, que representem um risco para a saúde e para o meio ambiente, é prevista uma central de armazenamento temporária de resíduos para serem reutilizados ou descartados, de acordo com suas características e classe. Em todas as oficinas existem contêineres plásticos para recebimento de águas oleosas, recolhidas por empresas credenciadas para o descarte.

No Arsenal, os resíduos perigosos que são segregados estão descritos na **Tabela 7**.

Tabela 7 - Tipos de resíduos sólidos gerados no AMRJ.

Tipos de Resíduos Perigosos gerados no AMRJ
• Isolante térmico que contém amianto;
• Lama do fundo de dique misturada com resíduos de tinta, óleo ou qualquer outro produto que contenha metal pesado;
• Resíduos sólidos gerados em atividades de limpeza química e galvanoplastia;
• Pilhas e baterias de equipamentos;
• Madeira, barreiras de absorção, trapos, esponjas ou qualquer outro material contaminado com óleo;
• Latões, tambores ou qualquer outro recipiente contaminado com óleo;
• Tinta ou produtos químicos;
• Cartuchos de impressoras;
• Sucatas metálicas ferrosas e não ferrosas;
• Escória do cobre empregada em serviço de jateamento de estruturas metálicas;
• Lâmpadas fluorescentes;
• Resíduos de Serviços de Saúde (RSS).

Fonte: Assessoria de Gestão Ambiental Integrada, AMRJ 08.

O gerenciamento dos resíduos oleosos não será aprofundado, pelo fato de ser comum a todas indústrias que compõem o estaleiro, não sendo específico do escopo principal, que são os efluentes líquidos do dique.

3.2.2 Gestão dos efluentes líquidos industriais

Os efluentes líquidos podem ser oriundos de três usos: do uso industrial (contendo compostos químicos orgânicos, inorgânicos, pigmentos, ácidos, solventes, borra de óleos,

graxas e metais ferrosos e não ferrosos, tintas), do uso sanitário e de águas pluviais, Abuyan, (1999) apud Veiga (2007). Segundo Miezwa (2005), o método mais efetivo para uma avaliação eficaz das atividades industriais será abrangendo:

- ✓ Os procedimentos de avaliação dos processos industriais com base nos dados disponíveis em literatura;
- ✓ Na análise dos processos industriais com base no estudo dos documentos disponíveis na própria indústria como, por exemplo, fluxogramas de processo, documentos descritivos, rotinas operacionais, entre outros;
- ✓ Nas visitas de campo, com o objetivo de constatar se os dados apresentados nos documentos analisados continuam consistentes, além de identificar as possíveis alterações ocorridas e que não foram contempladas nos documentos analisados.

A associação das informações obtidas através desses três procedimentos permitirá um melhor entendimento das atividades industriais desenvolvidas, contribuindo na implantação das estratégias para o gerenciamento das águas e dos efluentes, como também servirá de subsídio para a gestão dos resíduos sólidos.

A avaliação dos impactos ambientais das oficinas foi iniciada com a elaboração de uma pesquisa em documentos e *in loco*, levantando-se as atividades principais, os processos e serviços desenvolvidos, elaborando-se entrevistas com os responsáveis pelas áreas críticas e assinalando-se, de forma geral, os impactos ambientais. Durante os trabalhos de campo, todos os aspectos ambientais identificados foram listados, mesmo aqueles que estavam sob controle.

Algumas áreas, embora muito impactantes, não geravam efluentes líquidos, como o caso da fundição, oficina com muita liberação de gases de efeito estufa e de chuvas ácidas, poeiras e MP, oriundos das queimas dos metais, combustíveis e outros. Nesta oficina, são poucos os sistemas de exaustão e, quando existem, não possuem tratamento adequado. A sílica utilizada nas formas é recolhida e descartada por firmas credenciadas.

Na oficina elétrica, além dos óleos usados serem descartados por firma terceirizada, também há a diretriz de devolução das baterias usadas, inclusive as das embarcações, para os próprios fornecedores. A fabricação de eletrólitos e sua transferência para as baterias são realizadas em bacias de contenção, sem redes de conexão com o mar Figura 15.



Figura 15 - Preenchimento das baterias do submarino com eletrólitos.
Fonte: AMRJ (2010).

Os trabalhos de pintura das peças avulsas são realizados em cabines projetadas para este fim, hermeticamente fechadas com sistema de lavagem de gases. Estas cabines, com dimensões medianas e sem uso contínuo, não possuem tratamento das águas residuárias.

Com os dados levantados nas oficinas do AMRJ, foi elaborada uma tabela com os aspectos ambientais observados e seus potenciais impactos, assim como as ações preventivas e mitigadoras recomendadas. Estes dados constam do **Apêndice 2** e se constituíram como parâmetros iniciais que, guardando a ressalva das diferenças físicas das instalações, devem ser observados durante inspeções ambientais, realizadas nas instalações de um estaleiro de reparo e manutenção.

Após a análise de todas as oficinas e seus respectivos impactos ambientais, foram identificadas três grandes contribuições para o aumento no consumo de água e de geradores de efluentes químicos no Arsenal, compreendendo: galvanoplastia e limpeza química; águas residuárias com óleos e graxas e as águas residuárias do jateamento de casco de navios.

Opções de gerenciamento dos efluentes líquidos industriais, buscando a otimização do sistema de tratamento sendo considerados:

- a) Sistema de tratamento único para a galvanoplastia e para a oficina de limpeza química, situadas próximas e com descartes semelhantes.
- b) Sistema de central separadora de água e óleo, recolhendo as águas oleosas.
- c) Estudo e sistema específico para o tratamento dos efluentes de um dique de reparo.

Alguns processos industriais são comuns a várias indústrias, e outros são bastante particulares. No caso da galvanoplastia e da limpeza química, a identificação, quantificação e caracterização do efluente podem ser facilmente obtidas, já no caso do dique, o trabalho envolve dados pesquisados em bibliografia especializada e em resultados obtidos em ensaios de caracterização dos vários efluentes nas diferentes etapas do processo e em diferentes pontos de coleta do dique. A seguir uma explanação sintetizada da oficina de limpeza química e da galvanoplastia.

3.2.2.1 Oficina de limpeza química

A Divisão está capacitada a realizar limpeza química por imersão e tratamento superficial de tubulações, trocadores de calor e quaisquer materiais ferrosos ou não ferrosos em tanques com 4 metros de comprimento que abrangem: desengordurante, banho de decapagem a frio, ácido sulfúrico a 10%, neutralizante, fosfatizante, fluxagem, soda cáustica a 100 g/l, água de lavagem, removedor de tinta, nitro-sulfúrico, ácido crômico, ácido clorídrico e desengraxante, Figura 16.

Os tanques com banhos concentrados são encaminhados para descarte por empresa terceirizada, estes efluentes não possuem cianeto, apresentando em suas composições os metais cromo e zinco, ácidos sulfúrico, nítrico, clorídrico e fosfórico e hidróxido de sódio.



Figura 16 - Oficina de Limpeza Química.
Fonte: AMRJ (2010).

Segundo informações dos operadores, suas águas de lavagem também são recolhidas e armazenadas em bombonas, Figura 17, uma vez que os ralos de saída para as redes de águas pluviais foram vedados. Um contrato de manutenção contínua foi assinado entre o estaleiro e

uma firma responsável para o recolhimento das águas de lavagem e dos banhos concentrados, emitindo laudo com as características e fornecendo a destinação final de tais efluentes. Esta documentação é apresentada ao órgão fiscalizador, INEA.

Nos laboratórios do AMRJ as substâncias químicas compatíveis são armazenadas em bombonas e recolhidas pela mesma empresa responsável pelos descartes na limpeza química.



Figura 17 - Bombonas de armazenamento das substâncias químicas a serem descartadas.

3.2.2.2 Galvanoplastia

Na galvanoplastia, os tanques existentes no fluxo do processo compreendem : removedor de tinta, banho de cádmio, água de lavagem da passivação, passivação, cádmio rotativo, banho de cromo, desengraxante alcalino, desengraxante alcalino a quente, desengraxante alcalino eletrolítico, água de lavagem, neutralizante, água de lavagem, ativador, banho de cobre alcalino, água de lavagem, banho de cobre ácido, água de lavagem, banho de níquel, água de lavagem, banho de cromo decorativo. Outros banhos: de prata, de chumbo e estanho, ácido sulfúrico, água de lavagem, ácido clorídrico, removedor de tinta.

Após a imersão nos banhos concentrados da galvanoplastia, o arraste de substâncias gera água residuária nas lavagens de peças. Desta forma, todas as substâncias presentes nos banhos, estarão nos efluentes em concentrações diferenciadas. Os efluentes são tóxicos, necessitando-se remover metais pesados, cianetos e a correção do pH. Segundo Giordano (2008), o tratamento é feito pela oxidação de cianetos, redução de cromo hexavalente para cromo trivalente e precipitação de metais.

Os tanques concentrados da galvanoplastia não são descartados, não ocorrendo a troca dos banhos, sendo apenas completado o volume evaporado ou gasto da solução, mantendo a concentração. As águas de lavagem contendo cianeto se juntam com as alcalinas nas canaletas de drenagem e são segregadas das águas de lavagens contendo cromo e águas ácidas. Ambas as redes inicialmente segregadas, acabam sendo unidas na caixa de inspeção de esgoto existente.

Estas águas devem ser tratadas, pois fluem para as redes de águas de esgoto que descarregam nas fossas e deságuam no mar.

Pelo descrito acima, pode-se deduzir que as atividades podem ser gerenciadas, dependendo de uma boa gestão, de algumas soluções simples e de algumas obras de engenharia, como a de implantação do sistema de esgoto com conexão às redes públicas de coleta. No entanto, as atuações em um dique, não são tão simples, uma vez que existem grandes fluxos contaminantes e grandes possibilidades de conexão com as águas do corpo receptor, principalmente, pela sua própria porta batel, seu emissário e sua rede de águas pluviais, merecendo um estudo particular desta estrutura tão complexa.

4 DIQUES DE MANUTENÇÃO E REPARO

4.1 Descrição geral

Dique seco ou doca seca, conhecido como um dique permanente, é um recinto cavado à beira de um braço de água (mar, rio, etc.) de forma a receber uma ou mais embarcações e plataformas, para vistorias, limpeza, reparo ou construção. Trata-se de uma imensa bacia aberta de concreto com grandes dimensões, relativamente estreita em relação às dimensões das embarcações que a acessam. Serve como canteiro de obras para serviços industriais, podendo estar ou não inundado. No fundo da doca seca, existem picadeiros (suportes, em geral de madeira) onde as embarcações assentam as quilhas (Wikipédia e documentos do arquivo técnico do AMRJ).

O navio é puxado flutuando para ser parado em uma posição pré-determinada. Após isto, grandes portões ou caixões flutuantes (portas-batéis) são encaminhados para a direção da entrada, onde são afundados, fechando o acesso ao seu interior.

A água do mar apreendida é bombeada para fora, permitindo a descida controlada do navio para o fundo. O assentamento sobre blocos pré-posicionados (picadeiros) permite o seu apoio de maneira estável. Nesta etapa, ocorrem significativos volumes de água bombeados para o mar, exceto no caso de grandes manutenções, os navios permanecem no dique seco por período curto, em média por um mês, sendo de poucos dias o intervalo de tempo entre um navio fora do dique seco e a colocação de outro no seu interior. Na Figura 18 há o esquema de um dique com uma embarcação docada.

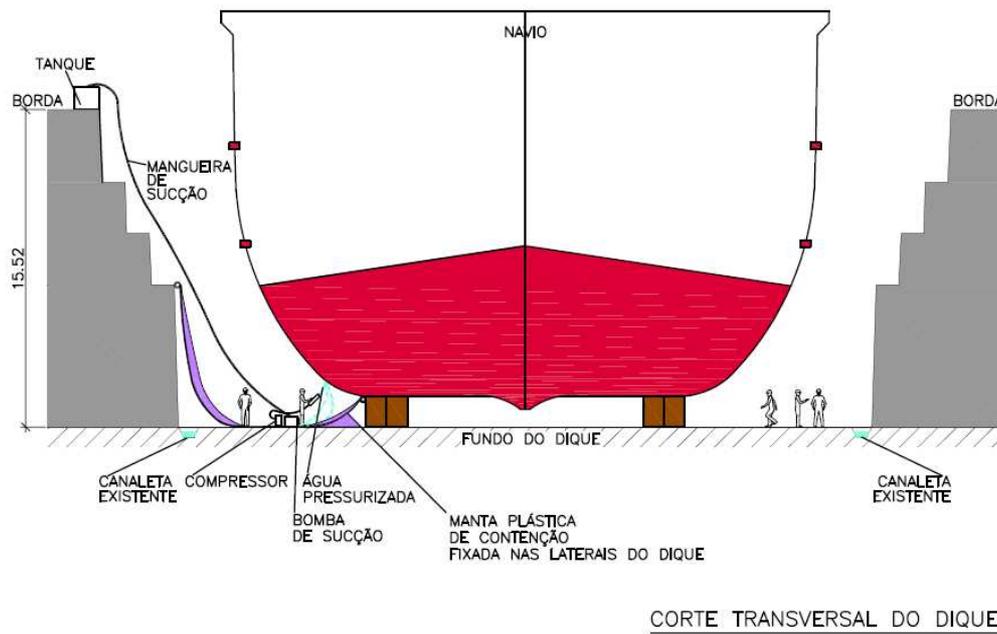


Figura 18 - Seção transversal típica de um dique com o navio docado.
Fonte: Própria.

Após a conclusão dos serviços de reparo, na saída da embarcação, cuidadosamente, a água do mar passa a ser bombeada para o interior do dique, até a igualdade dos níveis de água entre o interior e o exterior. A equalização das cotas de nível permite a abertura das portas para o alagamento da doca, sem que o caudal da entrada ponha em risco a estabilidade do navio, que irá sair do dique flutuando, puxado por cabrestantes, trabalhadores e finalmente por rebocadores.

4.1.1 Estrutura física

As dimensões mínimas da doca seca dependem das classes de navios que devem ser acomodados. Os navios que necessitam de manutenção e reparo mais profunda do que as dos navios em construção, que geralmente são removidos mais leves para o cais de acabamento, na conclusão dos serviços, com a instalação final dos equipamentos.

De acordo com o tipo de navio aplicável, as dimensões básicas do dique devem atender às alturas e posicionamentos dos planos de docagem (posição correta dos apoios da embarcação, sobre as quais a embarcação permanecerá apoiada). Uma orientação adotada para as dimensões, com o intuito de facilitar o posicionamento do navio e proporcionar espaço industrial para os trabalhos de construção ou de reparação está descrita a seguir:

- Variação da altura do picadeiro entre 1,2 e 1,8 m, devendo ser acrescida da altura dos calços de apuramento de 0,6 m
- Folgas no comprimento:
 - distância frontal entre 1,5 e 3,0 m;
 - distância da extremidade final entre 4,6 e 12,2 m;
 - largura de cada lado: entre 3,0 e 4,6m (UFC 150, 2002).

Na figura 19, há uma visão da distribuição dos picadeiros em um dique.



Figura 19 - Visão dos picadeiros, preparados para a docagem da embarcação. Ao final do dique, a porta batel, que serve de limite para a Baía de Guanabara. Fonte: Arsenal de Marinha, arquivo do AMRJ 246 (2008).

Cotas de nível do dique: docas secas são construídas abaixo do nível do mar, com profundidade suficiente para que uma embarcação entre flutuando. O tipo de profundidade de calado do navio que pode ser encaixado em uma dada profundidade do dique deve ter como base, a menor cota do nível de água do mar adjacente, associado com a altura de picadeiro necessária (UFC 150, 2002).

Ensecadeira do dique: a ensecadeira ou portões, conhecida no meio naval como porta batel, possui forma retangular, com estrutura resistente para trabalhar como barragem para impedir a entrada da água do meio externo para o interior do dique seco.

Em síntese: iniciando o ciclo de operação com um dique seco vazio, a água da baía é permitida entrar no interior da doca de uma maneira controlada. Quando o nível de água no dique seco é equivalente à externa, e um navio está no local, o caixão é fechado para bloquear a entrada da água da baía e grandes bombas que removem a água e a descarregam de volta ao

canal de ligação (aqueduto ou emissário) com o mar. Na Figura 20, há a representação da profundidade das tubulações de aspiração das bombas em um corte transversal de um dique.

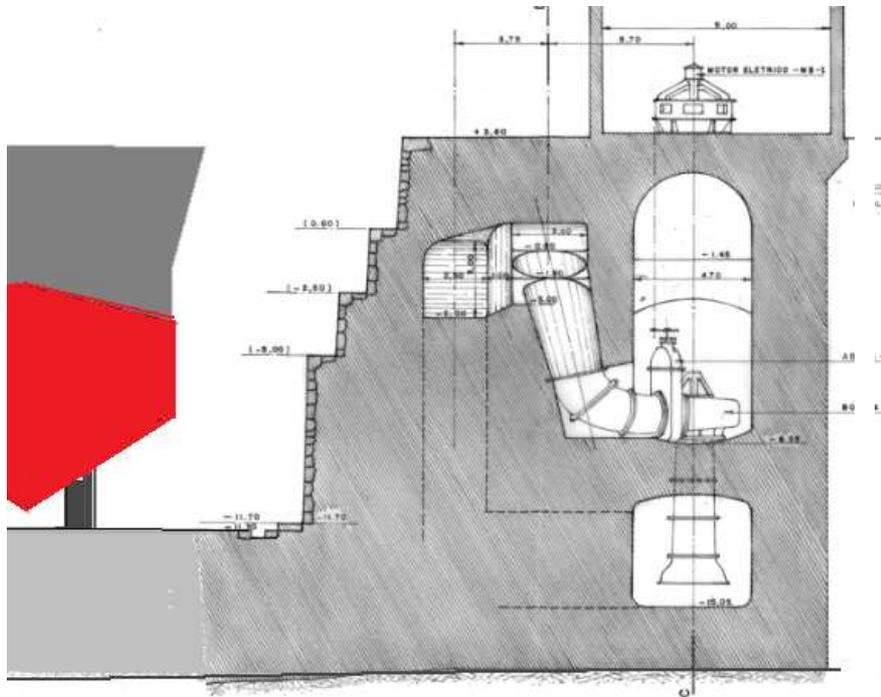


Figura 20 - Desenho esquemático com meio corte transversal das casas de bombas e da bacia do dique.

Fonte: Arquivo técnico do estaleiro, adaptação própria.

Quando a manutenção de uma embarcação termina, é liberada a entrada da água da baía externa para permitir a flutuação do navio dentro do dique seco. A água que circunda o navio e superfícies do dique é chamada de enchimento, inundação ou alagamento.

Nos projetos convencionais dos diques, a instalação hidráulica de cada estação é provida apenas com sistema tradicional de drenagem de águas pluviais, que se juntam ao sistema de esgotamento. Estes se ligam a profundas câmaras de aspiração, bem abaixo do piso, equipadas com bombas de alto volume de desaguamento. As bombas aspiram as águas do piso do dique, fazendo-as circular por aquedutos, até o descarte no mar. Na Figura 21 há o corte longitudinal da casa de bombas com as tubulações de aspiração dos ralos do piso do dique, descarregando em emissários/aquedutos com saídas para o mar.

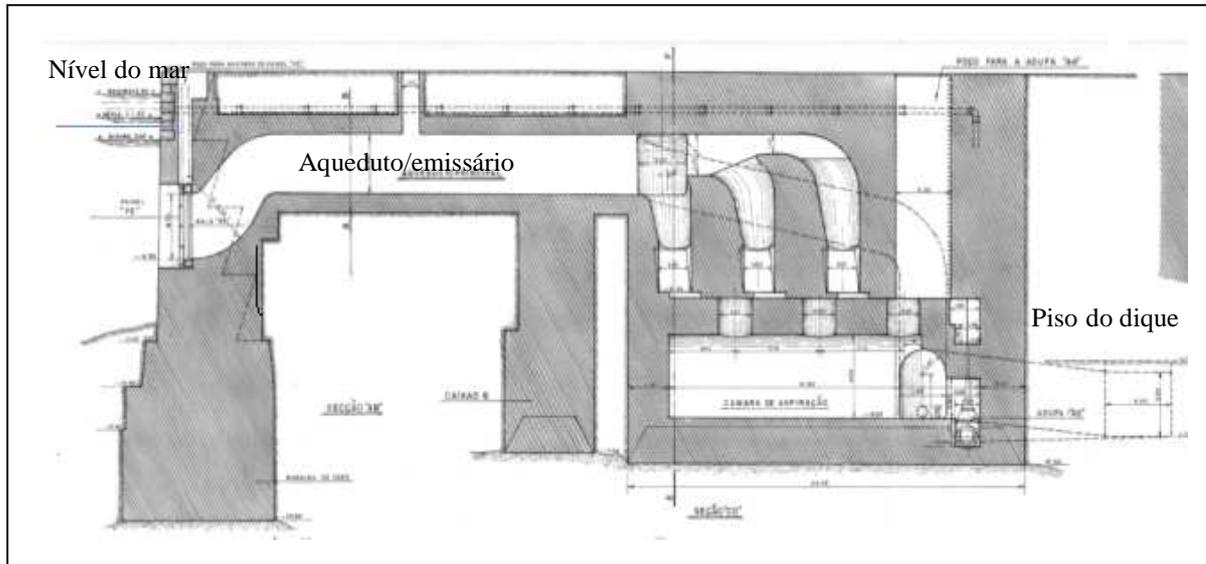


Figura 21 - Corte longitudinal dos maciços de concreto enterrados. Correspondem aos trechos subterrâneos das casas de bombas, laterais à bacia do dique. Fonte: Arquivo técnico do estaleiro, adaptação própria.

Projetos modernos compreendem, basicamente, o mesmo esquema anterior, porém acrescentando um conjunto de tubulações de desvio *by-pass*, que permita o encaminhamento das águas contaminadas para estação de tratamento, antes de seu deságüe. Nas construções dos diques antigos não havia a previsão para o sistema de tratamento dos efluentes.

4.1.2 Instalações complementares

Um dique, além das instalações físicas especiais, sujeitas a alagamentos e esgotamentos através de bombas de grande porte, também necessita de outros suportes mecânicos especiais, compreendendo: serviços de manobra de carga, destacando-se a utilização de guindastes que percorram a lateral do dique, com uma capacidade compatível com o tipo de embarcação docada; sistemas de soldagem; análise vibratória de eixos e máquinas; processos de galvanização a frio; testes hidráulicos e pneumáticos; reparação de estruturas em alumínio e de fibra de vidro e equipamentos de corte oxi-acetileno (CORNEJO, 1997).

Também são necessários os fornecimentos de água doce para jateamentos, para caldeiras ou para condicionadores de ar; de água salgada para os sistemas de resfriamento de máquinas e instalações sanitárias; a retirada de lixos e resíduos; a extração dos esgotos com a

ajuda de bombas pneumáticas; máquinas de pressão para jateamento e pintura; redes e compressores móveis de ar comprimido para o fundo do dique (CORNEJO, 1997).

4.2 Principais etapas do ciclo operacional de um dique

Conforme foi mencionado no item 4.1, dentre as operações realizadas em um dique, as que correspondem ao ciclo operacional se repetem sempre entre as realizações das entradas (docagens) e saídas (desdocagens) das embarcações, assim, de forma simplificada, pode-se resumir o ciclo operacional do dique obedecendo à seguinte sequência descrita:

- Entrada da embarcação;
- Colocação da porta-batel (barragem de vedação da entrada do dique);
- Esgotamento controlado;
- Assentamento da embarcação sobre picadeiros;
- Limpeza do fundo do dique;
- Trabalhos de reparo da embarcação;
- Limpeza do fundo do dique;
- Enchimento do dique/ Equalização dos níveis internos e externos;
- Retirada da porta-batel;
- Saída da embarcação do seu interior;
- Colocação da porta-batel (barragem da entrada do dique);
- Bombeamento para esvaziamento do dique;
- Limpeza do piso do dique;
- Instalação dos picadeiros no piso;
- Enchimento do dique/ Equalização dos níveis internos e externos;
- Retirada da porta-batel e
- Entrada da embarcação.

Estas etapas estão representadas esquematicamente na Figura 22 e podem divergir nas quantidades de fases de limpeza, e nos tipos de serviços de reparo.

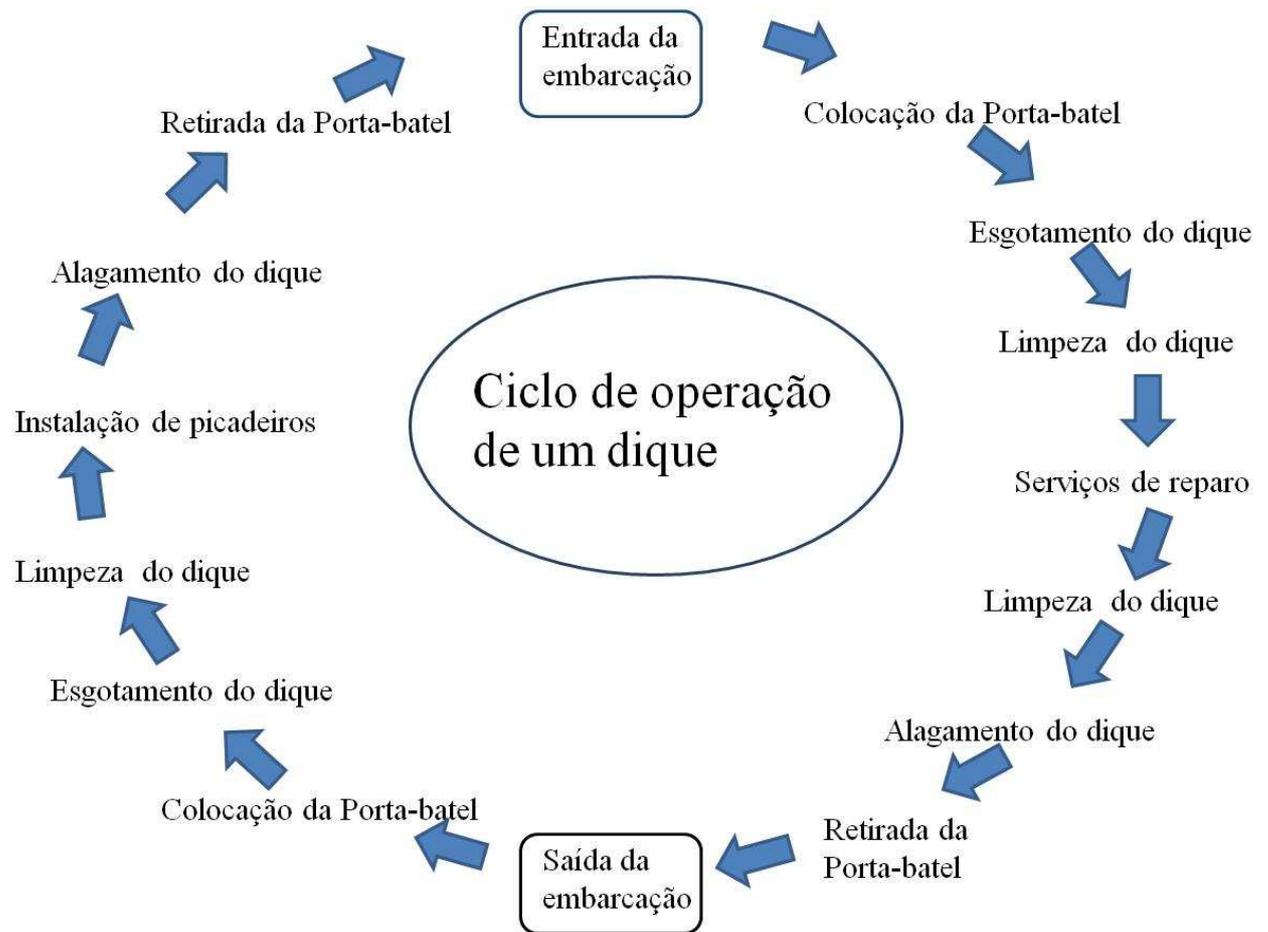


Figura 22 - Esquema das etapas do ciclo operacional de um dique.
Fonte: Própria.

Nos itens 4.2.1 ao 4.2.2, serão descritas, de forma sucinta, algumas etapas do ciclo operacional que tenham mais reflexo sobre o meio-ambiente, com destaque para a operação de reparo, que compreende a etapa mais variável, com maior tempo de operação e com maior poder de carga poluidora e em seguida as etapas correspondentes às embarcações.

4.2.1 Enchimento do dique

Nas operações de enchimento, ocorre a captação das águas do corpo hídrico adjacente, com isto, há o transporte de sedimentos suspensos, lodos e outros poluentes externos ao dique, que não foram gerados diretamente pelas suas atividades. Em algumas auditorias realizadas pela EPA, caso não tenha sido efetuado acréscimo de contaminantes, são autorizadas as descargas no mar desta primeira água de enchimento do dique.

Diques situados em áreas menos poluídas realizam programas de monitoramento, buscando conhecer as modificações na estrutura da comunidade zooplanctônica na região estuarina, com ênfase no mesoplâncton. Identificando e dimensionando uma eventual mortalidade de ovos, larvas e pós-larvas de peixes, crustáceos e moluscos, provocada pelo enchimento.

Para análise da caracterização dos efluentes da doca, não existindo restrição da norma do corpo receptor, deverá ser adotado o mar de fora como limite superior de contaminação, uma vez que, mesmo não tendo sido efetuados serviços, as taxas das águas residuárias não conseguirão ser mais baixas (limpas) do que as do mar de fora.

4.2.2 Esvaziamento do dique e limpeza do piso

Antes de iniciar o esgotamento do dique deverá ser realizada a limpeza do seu fundo, evitando que resíduos de tintas, abrasivos, metais pesados, óleos e outros contaminantes sejam carregados poluindo o meio aquático, no momento da liberação da águas contidas.

Caso não tenha ocorrido a segregação pontual dos trabalhos, as etapas de limpeza irão abranger os poluentes acumulados desde a etapa anterior de limpeza, incluindo a água da lama residuária, que se apresenta com todos os contaminantes que circularam durante o período.

4.2.3 Reparo e manutenção naval

Quando há a necessidade de acesso às áreas das embarcações que se apresentam submersas, é necessária a docagem em um dique, que embora seja local apropriado para as tarefas, apresenta a dificuldade de controle dos impactos ambientais, já que são estruturas, comumente, descobertas, com acesso das água de chuva e com conexão a corpos receptores.

Podem-se resumir os serviços de reparo como tendo a participação de todas ou parcialmente das atividades industriais discriminadas abaixo:

- Eletricidade, eletrônica e de máquinas;
- Fabricação de aço, tubos, peças e montagens;
- Jateamento e lavagem com pressão e
- Pintura.

Estes setores atendem os reparos necessários nos equipamentos e peças da embarcação, compreendendo: a manutenção das tomadas do mar, a limpeza e alterações das

grades; o reparo ou a mudança de válvulas e tubulações de fluidos; a reparação dos tanques de lastro; a manutenção do sistema de propulsão; os reparos de hélices, leme, âncoras, correntes e registros; os alinhamentos dos eixos; alterações das máquinas principais e auxiliares; manutenção de caldeiras; reparação do sistema de trocadores de calor; substituição das placas de zinco galvânico das proteções catódicas e outros, Cornejo (1997). Na Figura 23, uma visão do fundo do casco, docado e apoiado sobre os picadeiros.

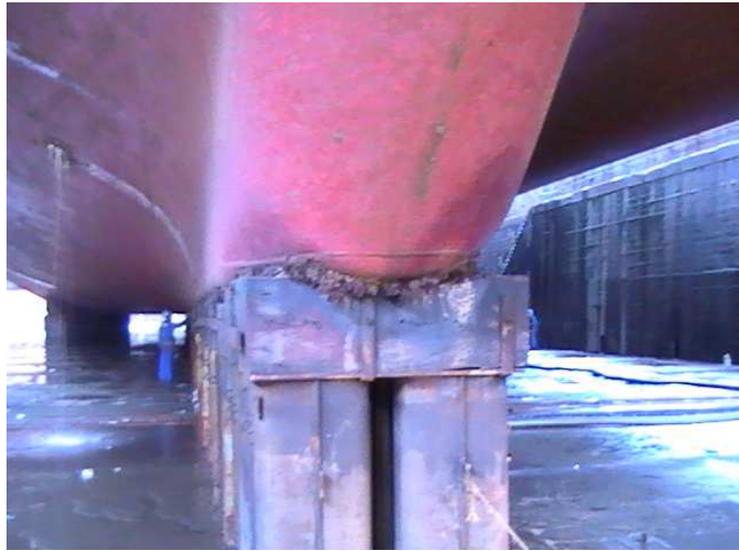


Figura 23 - Foto dos picadeiros do Nae São Paulo.
Fonte: Arquivo do Arsenal de Marinha, AMRJ 246 (2008).

Dentre todos os serviços necessários, os mais rotineiros ou básicos de manutenção das embarcações são conhecidos no âmbito naval como “carenameamento”. Este nome é atribuído a principal área de ação dos trabalhos de manutenção e pintura, se realizado na carena, área com organismos vivos, Figura 24. Como são os mais constantes e com maior impacto serão destacados neste estudo.



Figura 24 - Casco de navio, área de carenagem com cracas e organismos vivos antes do hidrojateamento.

Fonte: ECOSPEED (2009).

Após as atividades de limpeza das incrustações, é passada uma inspeção inicial para a escolha do tipo de jateamento a ser executado, a pintura a ser aplicada e a profundidade necessária de retirada de tintas antigas, podendo ser superficial ou com a total retirada da capa de proteção, até se obter o aço limpo, sem oxidação.

As execuções dos trabalhos com chapas de metal, o uso de solventes, a limpeza química e o desgorduramento, as atividades de usinagem, os tratamentos, as limpezas e os acabamentos de superfícies dos costados do navio possibilitam a descarga de resíduos contaminados na água do mar, sendo necessário o tratamento das águas residuárias, Pangam (2009); Kotrikla (2008). Em vista disso, as atividades realizadas no dique que envolvem o reparo de embarcações, apresentam uma tarefa desafiadora em termos de controle de poluição.

Dentre as fontes geradoras de cargas poluidoras líquidas, características das atividades do dique, Figura 25, destacam-se:

- Águas de enchimento do dique;
- Águas de jateamento para limpeza e tratamento de superfície;
- Águas com óleo;
- Águas pluviais (quando em contato com ou resíduos contaminados);
- Águas de secagem das lamas;
- Águas de lastro;
- Águas de porão;
- Águas de caldeiras;

- Águas de esgoto (negras);
- Águas de resfriamento de motores.

Pela sequência apresentada, as quatro últimas fontes são oriundas pela própria operação interna da embarcação, estas origens serão analisadas, uma vez que interferem com a operação do dique. Este estudo irá sugerir diretrizes de gestão com o objetivo de segregá-las, porém seu gerenciamento dentro do navio não será abordado, por fugir do propósito deste trabalho.

As águas com óleo, por ser uma constante de todo estaleiro e não serem específicas do dique, serão comentadas, porém não serão aprofundadas.

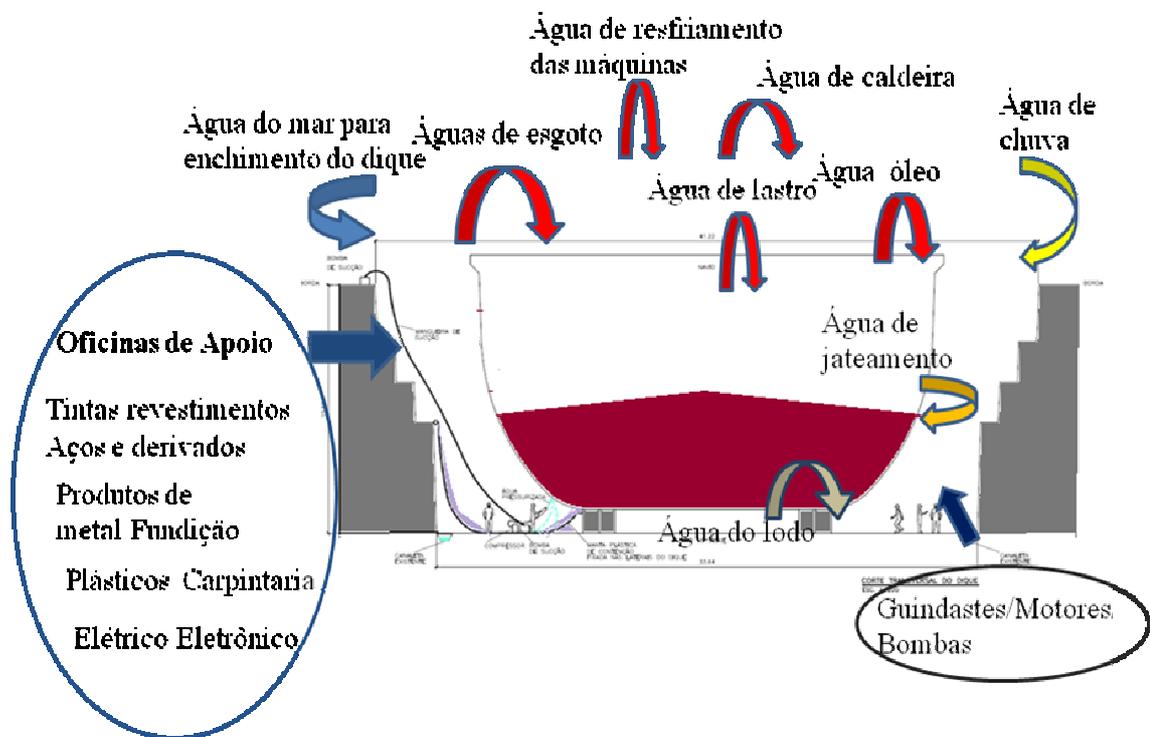


Figura 25 - Esquema das fontes poluentes, durante as operações de reparo em uma embarcação em um dique, e o fluxo de efluentes líquidos gerados.

A gama de variações dessas substâncias é imensa e, devido a serem recentes as exigências de tratamento, ainda não existe o mapeamento perfeito desses efluentes na bibliografia, porém, em função da complexidade e da necessidade de se efetuar o tratamento e o descarte dos mesmos, as normas mundiais adotaram alguns parâmetros que são verificados nas auditorias dos estaleiros. Estas fontes formaram um dos alicerces deste estudo, uma vez que, auditorias são consideradas excelentes formas de mapeamento e monitoramento dos

aspectos e impactos ambientais, e por apenas a dissertação de Alexander (1988) ter sido encontrada sobre o assunto.

A sequência do trabalho de manutenção se inicia, pela aplicação de alta pressão de água (hidrojateamento), principalmente, para lavar os saís e retirar os organismos vivos, preparando o casco do navio para o tratamento das chapas de aço. A seguir, para remover camadas de tintas velhas, ocorre o jateamento abrasivo seco ou o jateamento de água com pressão ultra elevada (ultra-hidrotrato) com ou sem abrasivos.

Para Frenzel (2003), embora o jateamento a seco seja o método que melhor prepara a superfície do casco, quando atuam em grandes embarcações, ao ar livre, torna-se difícil isolar totalmente o ambiente.

A *Occupational Safety and Health Administration*, OSHA, recomenda a troca de processo ou de equipamentos, utilizando técnicas alternativas para reduzir ou eliminar a quantidade de poeira gerada. Estas técnicas estão resumidas adiante e incluem jateamento abrasivo molhado, hidrojateamento e jateamento com pedras de gelo seco.

Outras técnicas de limpeza que não utilizam o jateamento abrasivo e são adequadas para trabalhos menores incluem métodos térmicos, químicos e mecânicos de extração.

Algumas técnicas de remoção que podem reduzir ou eliminar os níveis de poeira tóxica, durante a preparação de superfície, incluem jateamento com bicarbonato de sódio, esponjas abrasivas reutilizáveis, ou mídias de plástico; descascagem criogênica (imersão de peças pequenas em nitrogênio líquido, seguido por abrasão suave) e pintura com descascagem a laser.

A seguir a descrição dos métodos mais utilizados na atividade de limpeza e tratamento dos costados dos navios.

4.2.3.1 Jateamento abrasivo a seco

O jateamento abrasivo a seco é, preferencialmente, aplicado em cabines hermeticamente fechadas, protegendo o meio ambiente dos resíduos gerados.

Neste processo, com o auxílio de ar comprimido, os materiais abrasivos são impulsionados em alta velocidade contra uma superfície, com a finalidade de remover a tinta e preparar a superfície de trabalho.

Para o caso de grandes embarcações, esses serviços são executados em diques e em carreiras, tornando-se difícil à contenção do ambiente de trabalho com o mesmo padrão de

exclusão do obtido nas cabines. Na situação a céu aberto, são aconselhados isolamentos com coberturas e fechamentos laterais com lonas e sistemas de exaustão.

4.2.3.2 Hidrojateamento e o ultra-hidrojateamento

O hidrojateamento e o ultra-hidrojateamento são as práticas mais comuns utilizadas nos estaleiros para a remoção de tintas do casco do navio (CHAMP, 2003; PRASAD; SCHAFRAN, 2006).

O jato de água de alta pressão representa um sistema de decapagem que usa um motor de bomba de alta pressão, um grande volume de água, mangueira de alta pressão, e uma pistola equipada com um bico de spray. O hidrojateamento apresenta a grande vantagem de minimizar os riscos à saúde humana, evitando a respiração de materiais abrasivos utilizados no jateamento a seco, principalmente ao substituir o jateamento de areia nos serviços de remoção de tintas.

4.2.3.3 Hidrojato com abrasivos

Inclui sistemas em que uma mistura de água e abrasivo é projetada por ar comprimido, existindo também um método alternativo, podendo ser adicionada água em injetores de jateamento abrasivo convencional através de um adaptador. A adição de inibidores na água pode ser necessária, para minimizar o "flash", oxidação instantânea, ferrugem das áreas de superfície, que surge quando o metal nu é exposto ao ambiente, entre a remoção do revestimento antigo e aplicação de novo revestimento (OSHA, GUIDANCE DOCUMENT, 2006).

4.2.3.4 Jateamento a vácuo

Jateamento manual com abrasivos em revestimentos de superfície e, simultaneamente, recolhimento de abrasivos gastos e de restos de tinta com uma captura a vácuo.

O sistema compreende uma cabeça, composta pelo bocal de recuperação a vácuo e por um bocal de sopro. O vácuo forma uma vedação com a superfície de trabalho. Os abrasivos típicos utilizados incluem óxido de alumínio, granalhas de aço, ferro e areia gelada.

4.2.3.5 Jateamento com pedras de gelo seco (dióxido de carbono sólido)

O dióxido de carbono, “jato frio de CO₂” (gelo seco), age no metal através da formação de “grânulos” sobre a superfície, quando aplicado por jatos, similares aos jatos de areia, Schlesinger; Paunovic (2000) apud Tochetto (2008). O impacto das partículas sobre a superfície do metal provoca a sublimação, ocasionando uma rápida expansão do gás e energia, gerando micro choques que promovem a limpeza (TOCHETO, 2008).

Após o uso, o gelo seco evapora, deixando apenas lascas de tintas / escamas e ferrugem que podem ser aspirados ou varridos e colocados em recipientes para eliminação. As aplicações incluem a limpeza de peças de aeronaves e metais. A **Tabela 8** apresenta um resumo dos métodos alternativos, em substituição aos trabalhos de jateamento com areia a seco, em ambiente a céu aberto.

Tabela 8 - Métodos alternativos para substituição do emprego de jateamento com areia a seco.

Atividade	Vantagens	Desvantagens
<p>Jateamento Abrasivo Úmido</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Substitui, na maioria dos casos, o jateamento abrasivo seco. • Diminuição das emissões de poeira. • Diminuição da quantidade de confinamento necessária (em relação ao jateamento a seco). • Encaixe de dispositivo simples de água no bico da mangueira de jateamento reduz a quantidade de poeira de 50-75%. • Encaixe de dispositivo misturador de água no bico da mangueira de jateamento reduz a perda do impacto convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode gerar efluentes contaminados com lascas de tinta e de metais da superfície. • Taxa de limpeza de superfície menor do que o jateamento abrasivo seco. • A mistura do abrasivo com a água reduz o impacto sobre a superfície.
<p>Hidro-jateamento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Substitui, na maioria dos casos, o jateamento abrasivo a seco. • Excelente na remoção de revestimentos duros ou enferrujados. • Não requer a contenção necessária para o grão seco jateado e produz emissões de poeira substancialmente mais baixas. • Evita a necessidade de dar destino adequado a grãos utilizados contaminados. • Pode utilizar sistemas de reuso de água. • As águas residuárias são geralmente adequadas para eliminação em esgoto, após as partículas de tinta serem removidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é tão eficiente quanto o grão abrasivo. • Custos de consumo e manutenção elevados. • Taxa de produção menor do que o jateamento ultra-alta pressão, mas confinamento e custos de limpeza são menores. • O maior problema na hidrodecapagem é com o ferrugem advindo do flash.
<p>Jateamento a vácuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abrasivo continuamente recuperado e reutilizado. • Limpa de forma eficaz com o mínimo de poeira. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesados e difíceis de usar. • Pequenas taxas de produção e custos elevados. • Erros na forma de trabalhar com o bocal, rompem a vedação do vácuo.
<p>Jateamento com pedras de gelo seco</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Os resíduos são minimizados, e inclui lascas de tinta / escamas e ferrugem, sem desperdício de abrasivos. • Preparação de superfície excelente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos elevados do equipamento, manuseio e armazenamento. • Necessidade de múltiplos repasses para eliminar totalmente a pintura.

Fonte: Directorate of Standards and Guidance Office of Maritime. OSHA, Guidance Document, U.S.A., 2006, adaptada.

Embora os processos descritos acima busquem a minimização da propagação de poluentes, ainda assim, ocorre uma grande geração de resíduos sólidos e de efluentes líquidos, que também deverão ser tratados.

As pesquisas realizadas caminham para a evolução tecnológica, com substituição dos processos de reparo de casco convencional, utilizando recursos da robotização, nestes serviços de carenagem, a exemplo da indústria automobilística nos trabalhos de pintura, as máquinas substituem os trabalhos braçais e estão apresentando a vantagem de não permitir a mistura de poluentes de diferentes fontes. A seguir alguns exemplos das novas tecnologias pesquisadas.

4.2.3.6 Operações robotizadas na limpeza dos costados dos navios

Há pesquisas sendo realizadas no sentido de eliminar a utilização da tecnologia atual de jateamento, uma vez que, durante estes trabalhos, há a liberação no ar ou na água dos metais pesados usados em revestimentos marinhos como o cobre, o cádmio, o cromo e demais.

Em alguns países com condições financeiras de adotar soluções com alta tecnologia, como a utilizada no estaleiro de Toulon, na França, estas atividades são robotizadas, sendo aplicados os hidro-jateamentos através de equipamentos que aderem ao casco, com a dupla função de jatear água doce e de, simultaneamente, recolher as águas residuais, evitando o escorrimento e a queda destas para fora do bocal. Estas águas capturadas são encaminhadas e submetidas a tratamento imediato, através de filtros instalados na base do equipamento.

Com este procedimento, não ocorrendo a mistura das águas residuárias com qualquer outra substância presente no dique, as possibilidades de variações de composições químicas dos efluentes ficam bem limitadas.

As garras do robô aderem ao casco, jateiam, aspiram e filtram os efluentes. Este sistema permite um maior respeito ao meio ambiente, já que não há descarga de efluentes.

Segundo o dossiê de presse, "Le Developpement Durable de la Defense", do ministério da defesa da França, a qualidade da água descartada após a operação é dez vezes melhor do que a exigida pelas normas francesas vigentes, tendo sido testado na fragata anti-submarino Dupleix.

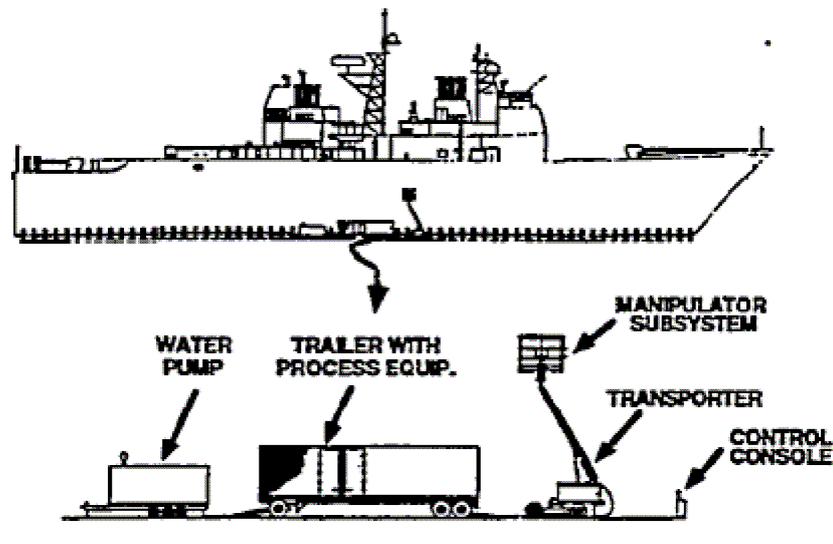


Figura 26 - Esquema de remoção do revestimento.

Fonte: (The National Shipbuilding Research Program, January, 1995 NSRP0439, 1995).

O sistema incorpora o bocal de jato de água dentro de um quadro, dimensionado para que seja precisa a aplicação do jato de água contra a lateral de um navio, descascando caminhos guiado mecanicamente pelo quadro. As garras do equipamento, manipuladas por um controle remoto, têm a capacidade de aderir e de se adaptarem aos contornos da superfície do casco do navio.

Este bocal também faz simultaneamente, com um vácuo forte, a contenção dos efluentes residuais em torno do bocal de jato de água e os recolhimentos da água de processo e dos resíduos dos revestimento. O produto obtido compreende o revestimento removido e o material de base do casco.

Uma bomba de alta pressão e um tanque de recuperação de efluentes também fazem parte do conjunto, todos os equipamentos são móveis ou com reboques para manobrabilidade em todas as áreas do estaleiro.



Figura 27 - Navio Porta Container, Holanda 2003, sendo jateado por sistema robotizado, equipamento Dockmaster 3000.

Fonte: HAMMELMANN, 04_applications dockmastercasehistory6-3.en.pdf.

4.2.3.7 Pintura

A pintura é a maneira mais comum de se efetuar a proteção de grandes áreas de superfícies metálica. Por meio da aplicação de tintas vernizes, lacas ou esmaltes consegue-se combater a deterioração dos mais diversos tipos de materiais, aplicando-lhes uma película resistente que impeça a ação dos agentes de destruição ou corrosão.

As tintas possuem como matérias prima pigmentos, solventes e resinas e podem ser definidas, de uma forma geral, como revestimentos de origem não-metálica, com uma suspensão de partículas opacas (pigmentos) em um veículo fixo aglomerante fluido (resina), utilizando, em geral, um solvente, veículo volátil, como auxiliar de diluição.

Após ser aplicada sobre a superfície metálica, a resina seca ou cura e forma-se uma película protetora, dificultando o contato da superfície metálica com o meio, minimizando os efeitos da corrosão.

O veículo fixo ou não-volátil (resina) é o componente das tintas responsável por ligar ou aglomerar as partículas de pigmento, sendo, na sua maior parte, de natureza orgânica.

É o responsável pela adesão da película à superfície metálica, tornando-se o constituinte que mais caracteriza a tinta, responsável pela maior parte das propriedades físico-químicas da mesma.

As resinas podem ser naturais ou sintéticas e são definidas como substâncias amorfas de médio ou alto peso molecular, solúveis em alguns solventes orgânicos. Na sua maioria não são solúveis em água.

Os solventes são substâncias usadas para solubilizar a resina, diminuir a viscosidade e facilitar a aplicação das tintas. De acordo com Santos (2005); GNECCO (2006), dentre os solventes utilizados na indústria se destacam: hidrocarbonetos alifáticos (nafta e aguarrás), hidrocarbonetos aromáticos (tolueno e xileno), ésteres (acetato de etila, acetato de butila e acetato de isopropila), álcoois (etanol, butanol e álcool isopropílico), cetonas (acetona, metilacetona, ciclohexanona) e os glicóis (etilglicol, butilglicol).

Atualmente o uso das tintas com solventes está sendo substituído pelas tintas solúveis em água, já que os solventes orgânicos são inflamáveis e tóxicos, Santos (2005), porém, ainda não são adequadas para estruturas submersas (GNECCO, 2006).

Os pigmentos são partículas opacas e sólidas, em suspensão em um veículo fluido, usados com a finalidade de obter proteção anticorrosiva, cor, opacidade, impermeabilidade e melhoria das características físicas da película.

Os pigmentos podem ser classificados, quanto à natureza, em orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos são usados principalmente para dar opacidade e cor (objetivo tintorial). Dentre os inorgânicos, destacam-se os cromatos de chumbo e bário, litopônio, óxido de titânio, alvaiade de chumbo, óxido de zinco, óxido de ferro, litargírio, zarcão, e negro fumo. (BAUER, 2007).

Quando o vapor de água e os gases corrosivos, existentes no ambiente marinho e nas áreas industriais, permeiam as camadas de tintas, os pigmentos anticorrosivos, da camada inferior, protegem a chapa de aço, Santos (2005), porém, muitas vezes, causando danos ao meio-marítimo, pois, ao reagirem, provocam a precipitação dos metais inclusos nas tintas.

Os gases no meio industrial, em geral, se apresentam ácidos, e alguns pigmentos das tintas promovem a sua neutralização e por vezes, a sua alcalinidade. Em meio alcalino o aço é apassivado e praticamente não sofre corrosão (GNECCO, 2006).

Em relação à ação, os pigmentos podem ser ativos ou inertes. Os ativos são os que influem decisivamente na formulação, compreendem os tintoriais, os anticorrosivos e os especiais (resistentes ao calor, luminescentes, redutores da condensação de umidade, fungicidas, etc.). Os inertes são os pigmentos que pouco contribuem nas propriedades básicas das tintas (BAUER, 2007).

Em relação às tintas herbicidas, as antiincrustantes são as que têm grande aplicação na indústria naval, em geral com base organometálicas, sendo as mais utilizadas com estanho,

altamente tóxica, ou com cobre. Embora seja muito combatido o uso do TBT, substância altamente tóxica, muitas tintas ainda o possuem em sua composição.

Tributilestanho (TBT) é um organoestanho, composto de três cadeias laterais de butila, ligadas covalentemente a um átomo central de estanho (Sn). Formam um grupo de compostos, contendo o $(C_4H_9)_3Sn$, e estão inclusos no grupo dos organometálicos. Quimicamente estes componentes são representados pelas fórmulas R_3Sn (Monossobstituídos), R_2SnX (Dissobstituídos), R_3SnX (Trissobstituídos), R_4Sn (Tetrassobstituídos), nas quais R é um grupo alquil ou aril e X é uma espécie aniônica (ex. haleto, óxido ou hidróxido); (HOCH, 2001, apud SANTOS, Dayana, 2008).

Devido à forte tendência de se adsorver às partículas de sedimentos, o TBT é detectado em concentrações significativas ao longo das rotas marítimas, em portos, docas e estaleiros, e neste último caso, principalmente nas áreas dos diques de reparação naval, como consequência das remoções de antigas e aplicações de novas camadas de tinta contendo TBT (EXTOXNET, 1996; FENT, 1996; TAM et al., 2002; WWF, 2002; PROJECT TBT-CLEAN, 2003).

Quando o navio se desloca, a liberação do TBT na água ocorre muito lentamente, a partir da matriz polimérica da camada de tinta, por um processo de auto-polimento. Swain (1999) pesquisou um biocida com saída de $4\mu\text{g}/\text{cm}^2$ por dia, calculando como exemplo, um navio porta-contêineres com um comprimento de 260m e com uma superfície aproximada de 13.000 m² molhada. Assim, a entrada do TBT no ambiente é de cerca de 190 kg/ano (EXTOXNET, 1996; FENT, 1996; TAM et al., 2002; WWF, 2002; PROJECT TBT-CLEAN, 2003).

Deve ser ressaltado que o processo de pintura apresenta uma parcela dos principais poluentes gerados nos trabalhos de jateamento, descritos no item anterior, uma vez as lascas de tintas, soltas durante o descascamento da chapas de aço, fazem parte do conjunto de elementos constituintes do efluente gerado.

4.3 Geração de Resíduos e Efluentes no Ciclo Operacional

As atividades efetuadas no interior de um dique possuem uma infinidade de fontes de efluentes líquidos, além das originadas durante o ciclo operacional, também contribuem as atividades internas na embarcação, as águas pluviais contaminadas, as águas devido ao desaguamento do lodos do piso e as águas com óleos, resultante de todas as operações. Para

Tabela 9 - Fontes poluidoras e resíduos gerados durante os trabalhos de enchimento / esgotamento.

Fontes de águas residuárias do ciclo operacional do dique	Resíduos
Águas de lavagem do piso/ Águas de secagem do lodo	Resíduos dos reparos: raspagens, soldagem de aço, montagens, pintura, abrasivos, lavagem com pressão, metais pesados, tintas com TBT, anticorrosivos, óleos, graxas e solventes. As águas podem estar segregadas ou sobrepostas.
Águas de inundação do dique	Poluentes existentes nas águas adjacentes, transporte de resíduos contaminados nos sedimentos em suspensão (por exemplo, TBT, metais tóxicos).
Águas de esgotamento do dique	Quando o piso não é limpo antes do esgotamento, existirão resíduos de reparos, óleos, metais pesados, lascas de tintas com TBT, anticorrosivos, substâncias químicas e outros. Podem se apresentar sobrepostas ou segregadas.
Água e óleo comum a todo estaleiro	Águas e resíduos de óleos usados, pesados (caldeiras) e recalitrantes (lubrificantes), geridos de acordo com as regulamentações de resíduos perigosos. Podem se apresentar nas águas residuárias e pluviais.

Fonte: Confecção própria com base no relatório de auditoria no Todd Pacific Shipyards (s.d.), em concordância com a EPA, e SCHAFRAN (1998) adaptados.

Tabela 10 - Fontes poluidoras e resíduos gerados durante os trabalhos de reparo.

Fontes de águas residuárias do ciclo operacional	Resíduos
1.1 - Hidrojateamento grosseiro	Incrustações biológicas (algas, moluscos), lascas de tintas antigas e revestimentos soltos das superfícies.
1.2 - Ultra-Hidrojateamento	Águas contaminadas com tintas com TBT e anticorrosivos, metais pesados, revestimentos das superfícies e herbicidas.
1.3 – Hidrojateamento com granalhas	Águas contaminadas, areias, granalhas, organismos marinhos, metais pesados, partículas de tinta com TBT e anticorrosivos, revestimentos das superfícies e herbicidas.

Fonte: Confecção própria com base no relatório de auditoria no Todd Pacific Shipyards (s.d.), em concordância com a EPA, e SCHAFRAN (1998) adaptados.

4.3.1 Enchimento

Uma forma de contaminação ocorre com o enchimento do dique, pois as águas que são bombeadas das bordas do cais, geralmente uma área poluída por resíduos em suspensão, são transportadas para o interior da doca, junto com partículas de poluentes que, com a movimentação, poderão ser diluídos nas águas e se tornarem bio-disponíveis. Após a entrada da embarcação, esta mesma água é bombeada para fora, carreando os poluentes mais dissolvidos.

Ressalta-se, no entanto, que a contaminação inicial dos sedimentos nem sempre pode ser ligada diretamente à descarga do dique, uma vez que sistemas aquáticos com correntes fortes podem realizar o transporte de contaminantes em longas distâncias (NATIONAL RESEARCH CONSELHO, 1989; USEPA, 1994).

4.3.2 Limpeza

Quando há o esgotamento das águas do dique, permanece no piso um grande volume de lama, tornando difícil a execução dos próximos trabalhos de instalação de picadeiros e a circulação de pessoal e de equipamentos. Nesta etapa do ciclo operacional, ocorrem a raspagem, varrição e lavagem do piso, de tal forma que permita o início do reparo.

Tanto nas operações internas, trabalhos atinentes às atribuições da doca, quanto nas movimentações externas, com os trabalhos de enchimento, ocorre um grande volume e fluxo de resíduos, dando origem a uma grande quantidade de lama. Estas, quando desaguadas, apresentam líquidos com todos os contaminantes que circularam durante as atividades.

Nesta situação, a caracterização e o tratamento desses efluentes serão mais complexos e dispendiosos, demonstrando o quanto é importante a gestão do dique desde o início das operações, principalmente, com atividades simples como a limpeza constante do fundo e com a segregação das águas, não permitindo que se misturem, facilitando a diretriz final da gestão, que compreende o tratamento.

Sob o ponto de vista do tratamento, há casos em que é difícil estabelecer a diferença entre resíduos líquidos e efluentes líquidos, principalmente, no que se refere ao grau de densidade, visto que, por vezes, o efluente se apresenta com tão elevado grau de densidade que será necessário tratá-lo como resíduo (REZENDE, 2003).

Em um dique, o potencial de mobilização e de acumulação de resíduos é elevado, em vista disso, além da etapa inicial de limpeza, inerente ao processo de produção, acrescentam-

se outras limpezas, necessárias durante o transcorrer dos trabalhos, fundamentais para os cuidados com a segregação de contaminantes.

Durante e após cada atividade de jateamento, o piso deve ser varrido e, em alguns casos, lavado, evitando a mistura de poluentes, minimizando o volume e a complexidade no tratamento dos efluentes. Ao final, os resíduos sólidos devem ser recolhidos e as águas de lavagem direcionadas ao tanque de armazenamento, para, então, serem submetidas a tratamento.

4.3.3 Reparo e Manutenção

De acordo com os trabalhos explanados no capítulo 2, item 2.3.5, vários processos que antecedem à pintura são necessários para a preparação do metal. Nestes trabalhos podem ser empregados os processos de raspagem, hidrojateamento, ultra-hidrojateamento, jateamento a seco com abrasivos e hidrojateamento com abrasivos.

Essas atividades são responsáveis pelas grandes quantidades de poeiras, águas contaminadas, areias, granalhas, organismos marinhos, metais pesados e partículas de tinta, contendo TBT, substância anti-vegetativa (PANGAN et al., 2009).

4.3.3.1 Jateamento abrasivo a seco

Durante as atividades, os níveis de poluentes perigosos podem ser elevados, dependendo do tipo de abrasivo que está sendo utilizado, o tipo de fonte de matérias-primas e / ou processos de fabrico dos abrasivos. Estas substâncias que são projetadas incluem escórias de carvão, escória de cobre, e granalhas metálicas (NATIONAL STEEL AND SHIPBUILDING COMPANY, NASSCO, 1998).

Tradicionalmente, a areia de sílica é utilizada como um abrasivo, no entanto, devido aos riscos à saúde associados ao pó de sílica, se encontra em desuso na maioria dos estaleiros.

A escória de carvão, normalmente, contém níquel e vanádio e uma variedade de outros metais. A escória de cobre das fundições primárias possui bário, cobalto, cobre, cromo (trivalente) e níquel; já a escória de cobre, obtida a partir fundições secundárias, pode conter níveis significativos de arsênio e chumbo. Escória de níquel normalmente apresenta cobre, níquel, cromo (trivalente) e níveis mais baixos de cobalto e vanádio (ABRASIVE BLASTING HARZARDS IN SHIPYARDS EMPLOYMENT, OSHA, 2006).

Segundo Kotrikla (2008), o jateamento a seco apresenta uma tarefa desafiadora em termos de controle de poluição, pois os resultados dessas atividades acarretam em grandes quantidades de resíduos muito finos no ar, perto de recursos hídricos, de difícil contenção por serem gerados em grandes volumes.

Song; Woo; Kim (2005) verificaram que, durante os processos de jateamento com areia, os resíduos dos diques apresentaram 15% de tintas e 85% de areia (peso seco) sendo que a concentração total de compostos organoestânicos foi de 23 mg Sn/g de areia seca (PANGAM, 2009).

4.3.3.2 Hidrojateamento e ultra-hidrojateamento

Os resíduos e efluentes gerados nos processos com hidrojateamento e ultra-hidrojateamento são os mesmos, variando as quantidades de partículas de tintas e de organismo marinhos, portanto, os mesmos poluentes gerados serão considerados.

No jateamento dos costados são retiradas os revestimentos e os metais ferrosos, que formam a base dos materiais utilizados na fabricação dos navios. Também são retirados os materiais como o alumínio, o cobre e outros que não contêm ferro e que são usados, em geral, para algumas superestruturas. O chumbo, em alguns casos, é utilizado como lastro nas embarcações.

O zinco obtido tem origem nas áreas de proteção catódica, o bronze está nas hélices e em outras áreas com resistência à corrosão e necessidades estruturais. Dependendo do material da qual é composta a base do casco, o jateamento poderá apresentar potenciais contaminantes contendo alumínio, cádmio, cromo, cobre, ferro, chumbo, manganês, níquel e zinco (NASSCO, 1998).

Os metais das águas residuárias do jateamento podem se apresentar dissolvidos ou sob a forma de partículas. Todos os metais na forma dissolvida são considerados bio-disponíveis, os metais nas águas residuárias incluem partículas que não estão disponíveis para absorção biológica, mas que se sedimentam e quando revolvidas, podem se dissolver e contaminar o meio marinho. Segundo Alexander (1988), quando o hidrojateamento é utilizado para a lavagem do casco, a parcela de tinta que se desprende é pequena, em geral, aderida aos micro-organismos, sendo menor ainda a parte que é dissolvida.

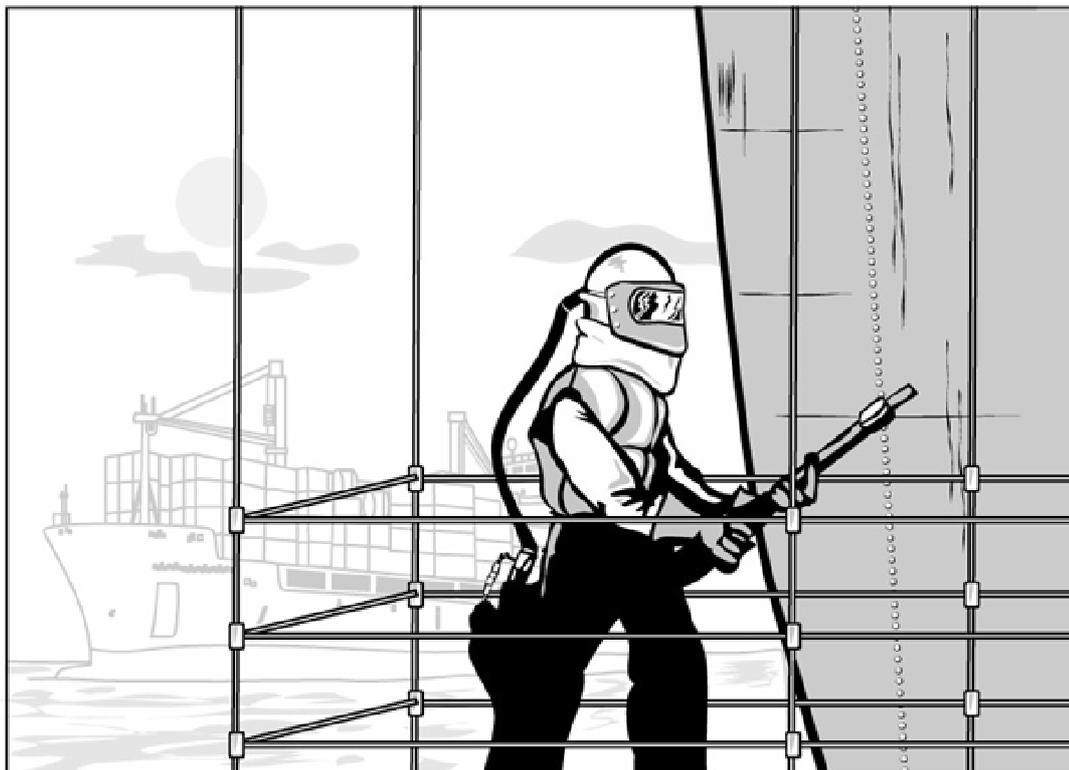


Figura 29 - Desenho esquemático de operador de máquina de jatear na limpeza e tratamento dos cascos de navios.

Fonte: Directorate of Standards and Guidance Office of Maritime. Guidance Document, Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration, OSHA, 2006, U.S.A.

Alexander (1988) ao recolher as amostras diretamente do costado do navio, sem contato com o piso, encontrou sólidos totais em suspensão, acima de 700 mg / L. DQO era normalmente acima de 800 mg / L.

Seis metais foram regularmente encontrados em concentrações superiores a 1 mg / L nas águas de limpeza dos cascos das embarcações. Estes seis metais foram: alumínio, cobre, ferro, manganês, chumbo e zinco. As maiores concentrações de metais na água residual foram cobre, zinco, e ferro. Outros seis metais, bário, cromo, cádmio, níquel, estanho e vanádio foram encontrados em concentrações abaixo de 1 mg / L, em algumas amostras o estanho ultrapassou 1 mg / L (SCHAFRAM, 1998).

Segundo Alexander (1988), para todas as amostras, os resultados obtidos de DQO solúvel foram bastante baixos (<50 mg / L), confirmando a hipótese de que é pequena a parcela dissolvida presente na água. Além disso, Alexander sugeriu que o TBT, se existisse, era pouco provável que fosse na fase solúvel, em grande parte devido ao elevado coeficiente de partição do TBT octanol-água e pelo fato dos resultados de laboratório indicarem índices elevados de SST. Giordano (2008) aconselha que prevaleça a análise do carbono orgânico

total, COT, em substituição ao parâmetro da DQO, já que este é alterado em presença da água do mar.

Pangam (2009), em seu trabalho, cita outras pesquisas, específicas sobre a presença de organo-estanhos nas operações de remoção de tintas antigas, que obtiveram a comprovação de que estaleiros chegaram a gerar milhares de litros de água contaminada por TBT.

Pangam (2009) ressaltou que Messing; Ramirez; Fox (1997), estimaram que, do total da frota mercante em circulação, cerca de 70% a 80% apresenta tintas anti-incrustantes com TBT aplicadas no costado.

Kotrikla (2008) constatou a alta concentração de compostos organo-estânicos na coluna de água e nos sedimentos das regiões marcadas pelas atividades navegação ou nas áreas próximas a portos. Situação na qual podem ser enquadradas as adjacências marítimas da entrada de um dique.

Neste estudo, além de serem realizadas pesquisas em auditorias, tese e artigos, também foram pesquisadas normas e tese específicas sobre o desmonte de embarcações, pois, os trabalhos que são efetuados em grandes reparos possuem a compatibilidade com as atividades do desmonte de embarcações, com as mesmas probabilidades de atividades com poluentes orgânicos persistentes (POPs).

No jateamento dos costados, por exemplo, há a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), metais e o TBT das tintas, no desmonte de embarcações há a constância de determinados tipos principais de POPs, como o cloreto de polivinil (PVC), os HPAs, Tributilestanho (TBT) e assim por diante (DNV, 2000, apud RASHED; YANG, 2009).

POPs são compostos orgânicos resistentes à degradação ambiental química, biológica e fotolítica. Devido a isso, persistem no ambiente, podem ser transportados a longas distâncias, bio-acumular nos animais e no Homem, bio-magnificar nas cadeias alimentares, e ter um potencial de impactos significativos no ambiente (RITTER L., 2007, apud RASHED; YANG, 2009).

Somente após as atividades de recuperação, poderão ser procedidos os serviços de proteção correspondentes à pintura naval, dentre as quais se destacam as tintas anti-corrosivas e antiincrustantes.

4.3.3.3 Hidrojateamento abrasivo

De acordo com Frenzel (2001), a caracterização dos fluxos de resíduos em um jateamento abrasivo úmido pode ser efetuada pelo conhecimento de processos / operações do estaleiro. O efluente gerado a partir das operações de preparação de superfícies é constituído por abrasivos gastos, lascas de tintas específicas da embarcação, e outros contaminantes superficiais.

O hidrojateamento com abrasivo possui os mesmos contaminantes do ultra-hidrojateamento, item 4.3.3.2, com o acréscimo de gerar efluentes líquidos com abrasivos contaminados gastos e todos os demais poluentes mencionados no item sobre jateamento abrasivo a seco, porém com menor possibilidade de dispersão no ar e necessitando um menor consumo de água do que o ultra-hidrojateamento.

4.3.3.4 Operações robotizadas

O processo de jato de água robotizado possui as vantagens de: a tinta ser basicamente o único resíduo, não ser gerado nenhum contaminante no ar, não necessitar estruturas de contenção, não haver a necessidade de armazenagem das águas geradas nos diques, e evitar as constantes lavagens do piso. Dispensam os reservatórios fixos nas docas para o tratamento dos efluentes, uma vez que é tratado automaticamente pelo sistema. Torna-se o equipamento ideal para estaleiros que não tenham rede pública de esgoto, obtendo, ao final, uma água própria para reúso.

4.3.3.5 Pintura

A aplicação de pintura nova com sistema de pulverização resulta em depósitos nas superfícies adjacentes aos navios ou da peça a ser trabalhada. Quando estes resíduos têm contato com as águas pluviais, a mobilização ou solubilização dessas partículas pode ocorrer.

A primeira camada a ser aplicada sobre a chapa do aço tem a função de proteger as superfícies do navio contra a corrosão, podendo conter até 30 por cento dos metais pesados e constituem a base para as demais aplicações, inclusive as antiincrustantes. Compostos de chumbo, tal como o cromato de chumbo e tetraóxido fio vermelho, têm sido amplamente utilizados em tintas marítimas (NASSCO, 1998).

As superfícies interiores e exteriores dos navios são protegidas principalmente por dois tipos de revestimentos: as tintas anticorrosivas, à base de zinco, e as tintas anti-incrustantes. Tintas anti-incrustantes são utilizadas na camada mais externa dos cascos dos navios, podendo incluir na sua composição substâncias como o cobre e o tributil estanho.

As tintas são trabalhadas pelos fabricantes para atender a um maior prazo de duração, de tal forma que, dependendo do nível de poluição da região em que o navio permaneça, devem ser incluídos aditivos químicos que garantam as propriedades das tintas nesta área.

Como exemplo: o caso de uma embarcação que esteja localizada em uma baía altamente poluída, como a região oeste da Baía de Guanabara, será necessário que outras substâncias químicas sejam acrescidas às tintas, de tal forma que suas propriedades biocidas sejam preservadas, preservando a função inicial de revestimento da tinta.

Estes acréscimos às fórmulas originais são mantidos em segredo pelos fabricantes, este fato é uma das razões que dificulta a pré-caracterização dos efluentes ou, até mesmo prejudicando o funcionamento da estação de tratamento, já que na sua composição pode existir alguma substância nociva, ainda não incluída nas exigências padrão das normas.

Além disso, as tintas aplicadas em cada embarcação também fornecem outros tipos de proteções do aço, mais específicas para cada área de atuação no navio, apropriadas para onde predominantemente irá navegar, como no caso das tintas contra congelamentos (quando navegam em áreas geladas), assim como há tintas específicas para resistir a altas temperaturas.

Alexander (1988) informa que Phillips (1976), em sua pesquisa a respeito dos componentes tóxicos e cancerígenos da pintura, constatou que todas as tintas marítimas apresentam algum tipo de compostos não-voláteis tóxicos, como o óxido cuproso ou os químicos organoestânicos, que são normalmente encontrados em quantidades entre 7 a 75 por cento do peso molhado.

Outros componentes de metais pesados presentes nas tintas marítimas e que também são potencialmente tóxicos, pelo menos sob o ponto de vista ambiental, são encontrados nos compostos de zinco, existentes nos pigmentos (ZnO), e nos compostos de bário, usados como extensores, o cobre é encontrado como pigmento de óxido cúprico, (CuO), e possui a ação biocida do óxido cuproso (Cu₂O).

O óxido de ferro, Fe₂O₃, é usado como pigmento vermelho. O alumínio é utilizado na forma de silicato de alumínio. Chumbo, cobalto e manganês estão contidos no naftnato, sais de secagem (ALEXANDER, 1988).

O estanho na forma inorgânica não é considerado tóxico, porém alguns dos seus compostos orgânicos são bastante tóxicos como o caso do TBT. Além da tendência à bioacumulação, ao longo da cadeia alimentar, Quadros et al. (2004), estes compostos são persistentes no ambiente marinho, resultante da sua lenta taxa de degradação e pelo fluxo contínuo de entrada no meio (DE MORA et al., 2003 apud SANTOS; DAYANA, 2008).

Em alguns estaleiros do nordeste do Brasil são realizados programas de acompanhamento do meio biótico para determinação das concentrações ambientais de biocidas de tintas anti-incrustantes no corpo receptor, utilizando dados da oceanografia física e espécies bio-indicadoras para monitorar e ter uma visão mais ampla dos impactos ambientais na área.

Os serviços realizados no interior do dique, que envolvam a retirada ou a aplicação de tintas anti-incrustantes, lançam o TBT no ar, na água e geram resíduos sólidos. A contaminação da água ocorre nos trabalhos com hidrojateamentos, na percolação das águas de chuvas e nas operações de esgotamento das docas secas, com o transporte para o mar de resíduos depositados no fundo do dique (AREVALO; CALMANO, 2007; PANGAM, 2009).

Quando as superfícies são pintadas em ambientes abertos, resinas, solventes e pigmentos são disseminados no ambiente, contaminando ar, solo e água.

4.4 Resíduos e efluentes oriundos das embarcações docadas

A geração de resíduos e efluentes nas operações de embarcações se apresenta como uma potencial fonte de poluentes, ocorrendo inclusive durante os trabalhos de reparo em um dique, uma vez que, muitas vezes, continua operando, testando motores, sistemas de refrigeração e outras atividades. Com base nas auditorias realizadas em estaleiros militares dos USA, em consonância com as especificações da EPA, foi elaborada a **Tabela 11**, com uma síntese das operações realizadas no interior de um dique e seus respectivos impactos ambientais, relacionados a emissões líquidas.

Tabela 11 - Síntese dos resíduos e impactos ambientais oriundos das águas residuárias das embarcações.

Efluentes líquidos da embarcação operando	Resíduos
1.0 - Águas negras / cinzas	Águas negras e cinzas: vapor de caldeiras, vazamentos de válvulas e tubulações, drenadas para o esgoto do navio, poluentes: óleos e graxas, lubrificantes, fluidos hidráulicos; sais inorgânicos e metais, oriundos da desmontagem da embarcação na manutenção: cobre, cromo, chumbo e mercúrio, anticongelantes, solventes e produtos químicos de limpeza.
2.0 - Águas de resfriamento de máquinas	Carregam os contaminantes das águas de origem de abastecimento das redes de resfriamento dos equipamentos, em geral, águas salgadas, que degradam as tubulações de cobre. Efluentes com temperatura diferente do corpo receptor.
3.0 - Águas de caldeiras/Águas de porão	Apresentam contaminantes dos revestimentos internos das tubulações, variação de temperatura, óleos e graxas, substâncias químicas anticorrosivas.
4.0 - Águas com óleos	Em geral oriundas das operações nos porões dos navios, nas casas de máquinas, nas lavagens dos pisos e de vazamentos.
5.0 - Águas de lastro	Poluentes: metais (ferro, cobre, cromo e etc), constituintes químicos, de aditivos (floculantes para a separação de lodos suspensos e cromato de sódio, limitador do crescimento de algas) ou do contato com os revestimentos das tubulações e dos tanques de lastro (revestimentos epóxi e inibidores de ferrugem). Além de espécies invasoras (moluscos e algas).

Fonte: Confecção própria com base: EPA315-B00-001 (2000); Todd Pacific Shipyards(2005); RASHED e YANG (2009).

4.4.1 Águas de lastro

A água de lastro tem o potencial de conter plantas e animais, incluindo micro-organismos e patogênicos, que são nativos do local de onde foi recolhida a água. Quando a água de lastro é transportada e descarregada em outro porto ou zona costeira, os organismos sobreviventes têm o potencial impacto no ecossistema local. A invasão do espécies aquáticas não indígenas pode causar mudanças significativas no meio-ambiente.

4.4.2 Águas de esgoto

Consiste na água negras, de origem do esgoto sanitário e de outros líquidos, tais como vapor condensado, águas de lavagens, válvulas e vazamentos de tubulações, água proveniente de várias fontes, tanto quando um navio está em operação e quando está em manutenção. Pode conter poluentes, de vazamentos e derramamentos, o vapor condensado, da caldeira.

Esta drenagem pode incluir pequenas quantidades de óleos, combustíveis, lubrificantes, fluidos hidráulicos anticongelante, solvente e produtos químicos de limpeza (RASHED; YANG, 2009).

4.4.3 Águas de porão

A água do porão pode conter compostos orgânicos tóxicos, como solventes e bifenilos policlorados (PCB), que podem ser causadores de câncer e levar a outras doenças graves, tais como danos nos rins e fígado, anemia e insuficiência cardíaca. As descargas de compostos orgânicos tóxicos podem também resultar na liberação de gás venenoso, que ocorre mais frequentemente quando os resíduos ácidos reagem com outros resíduos na descarga.

A água do porão contém óleos e combustíveis que podem envenenar os peixes e outros organismos marinhos. Podem flutuar na superfície da água e ser fundido na costa, podem cobrir as plantas e animais de pequeno porte, assim, interferir com ciclos de vida de plantas e na respiração do animal. Aves, peixes e outros animais são conhecidos a abandonar as áreas de nidificação suja pela poluição (EPA315-B00, 2000; RASHED; YANG, 2009).

4.4.4 Águas de resfriamento

Poluição térmica resultante do lançamento, principalmente em rios e águas interiores, da água aquecida usada no processo de refrigeração dos motores dos navios. Para os seres vivos, os efeitos da temperatura dizem respeito à aceleração do metabolismo, ou seja, das atividades químicas que ocorrem nas células. A aceleração do metabolismo provoca aumento da necessidade de oxigênio e, por conseguinte, na aceleração do ritmo respiratório. (MACIEL, 2005).

Os poluentes dos navios quando entram em contato com as águas dos diques ou do meio-ambiente originam os impactos ambientais discriminados na **Tabela 12**.

Tabela 12 - Aspectos, atividades e impactos ambientais gerados pelas embarcações.

Poluentes dos navios	Fontes	Aspecto Ambiental	Impactos sobre o Meio-Ambiente e sobre a Saúde Humana
Substâncias Ácidas e Alcalinas	<ul style="list-style-type: none"> Ácido de bateria, soda cáustica, ácidos e bases de produtos de limpeza. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta a acidez natural ou a alcalinidade da água. Altera o pH. 	<ul style="list-style-type: none"> Tóxicos às plantas e animais marinhos. Aumenta a toxicidade de substâncias tóxicas, metais e produtos químicos.
Metais	<ul style="list-style-type: none"> Partículas de tinta do hidrojetamento. Aparas de metal. Desgaste do motor. Anodos de zinco e tintas. 	<ul style="list-style-type: none"> Acumulam nos sedimentos e nos meios marinhos. Persistentes no ambiente. Alguns metais são nocivos para microorganismos. 	<ul style="list-style-type: none"> Alterações na cadeia alimentar no meio marinho, com a eliminação de espécies.
Cobre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> Lixiviação de cobre das tintas, liberando cobre dissolvido. 	<ul style="list-style-type: none"> Persistente, acumulam nos sedimentos e organismos marinhos. 	<ul style="list-style-type: none"> Alterações na cadeia alimentar no meio marinho.
Tributlytin (TBT) Poeiras e sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> Agente tóxico em tintas anti-incrustantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Persistentes no ambiente. Acumulam nos sedimentos e animais marinhos 	<ul style="list-style-type: none"> Plantas contaminadas são tóxicas para animais marinhos. Mariscos contaminados perigosos à saúde.
Zinco(Zn)	<ul style="list-style-type: none"> Anticorrosivo e pigmentos de tintas. 	<ul style="list-style-type: none"> Dissolve na água, sendo persistente no ambiente. Bio-acumulam. 	<ul style="list-style-type: none"> Tóxico ao meio marinho.
Petróleo / Combustível	<ul style="list-style-type: none"> Abastecimento e manutenção do motor. 	<ul style="list-style-type: none"> Degradado por microorganismos. Persistentes. Acumulam nos sedimentos, mangues e meio marinhos. 	<ul style="list-style-type: none"> Tóxicos para plantas e animais marinhos. Podem causar câncer e mutações. Mudanças comportamentais em animais marinhos.
Poeiras e sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> Raspagem e polimento, erosão durante a construção e reparo das embarcações. Metais pesados, hidrocarbonetos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Acumulam no meio marinho, Contaminantes liberados na água, quando agitados. 	<ul style="list-style-type: none"> Reduz o oxigênio e a qualidade das águas Soterra o habitat, alimentos e / ou organismos marinhos. Aumenta a turbidez.
Nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> Escoamento de esgotos, lixos e detergentes com Fósforo ou Nitrogênio. 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentação das plantas e animais marinhos. 	<ul style="list-style-type: none"> Crescimento de algas, diminui a luz e oxigênio na água (eutrofização).
Solventes	<ul style="list-style-type: none"> Para manutenção e reparo. Tinta, removedor e desgordurante. 	<ul style="list-style-type: none"> Indissolúvel na água. Submerge em água, penetrando no solo até atingir uma superfície impermeável. 	<ul style="list-style-type: none"> Solventes podem causar câncer. Intoxicação, inconsciência e tonturas.

Fonte: Leigh T. Johnson (1995) apud McCOY, Erika J. A. (2004).

4.5 Águas Pluviais

Atividades comuns de um dique, tais como: corte e solda de metais, preparação de superfície e pintura são fontes potenciais de poluição. Mesmo com a limpeza constante do dique, para minimizar o potencial de poluentes durante o escoamento das águas pluviais, e embora sejam empregadas as mais sofisticadas e rigorosas técnicas das melhores práticas de gestão (BMPs), alguns metais pesados como o cobre, chumbo, níquel e zinco são, invariavelmente, transportados no sistema de drenagem das águas de chuva para o corpo receptor (FRENZEL, 2003).

Os contaminantes, das águas residuárias e pluviais, gerados no dique podem ser determinados pelas experiências anteriores com o escoamento e monitoramento de ambas em estaleiros navais. Na bibliografia internacional, os parâmetros de interesse são identificados como: material particulado, medido como sólidos suspensos totais (SST) e turbidez; metais, incluindo: o cobre, zinco, cádmio, cromo, chumbo, níquel, prata, mercúrio e estanho; o tributil-estanho (TBT); hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos medidos como: óleo e graxa, PAH, combustíveis, ou DQO (CASRM, 1998).

O material particulado pode ser proveniente de diversas fontes e pode ter características químicas e físicas diferentes. Fontes de materiais particulados, gerados durante a hidrodecapagem, bem como no jateamento abrasivo tradicional, incluem a areia, lascas de tinta, o crescimento marinho, o corte e trituração de metal, partículas de solda, resíduos de pintura, ferrugem, produtos químicos derramados a seco.

Três metais que são mais comumente observados em águas pluviais dos diques são cobre, zinco e chumbo. O cobre é obtido através do contato com tinta à base de cobre ou a partir de sucatas de metal e de equipamentos (ALEXANDER, 1988).

O contato direto entre a precipitação de metais e as águas pluviais deve ser evitado, minimizando as mobilizações desses materiais e as concentrações em águas pluviais. O zinco existe, em grande parte, devido à sua inclusão em *primers* nas proteções anticorrosivas do aço e nos ânodos de zinco usados como parte dos sistemas de proteção catódica dos cascos.

Tributil-estanho é um outro componente que é monitorado em algumas licenças nos USA. A fonte de TBT em estaleiros é associada com a remoção e a aplicação de tintas TBT nos cascos de navios em doca seca e com o seu escoamento pela água da chuva.

Embora muitos estaleiros não adotem tintas com TBT há alguns anos, ainda existe a necessidade de exigências futuras de controle destes compostos orgânicos, já que névoas de tinta e lascas de tinta que foram depositadas no entorno do estaleiro, podem revelar-se

como uma fonte de TBT por um período prolongado de tempo. Evidência deste efeito prolongado foi o acompanhamento de dados sobre TBT em estaleiros dos USA, obtendo-se concentrações > 1000 ppt, nas quais os representantes do estaleiro informaram que o TBT não era usado há alguns anos, Schafran (1998). Deve ser ressaltado que muitos navios mercantes ainda utilizam em seus cascos tintas com estas substâncias.

Além do TBT, outros compostos orgânicos estão presentes nos diques, tais como os hidrocarbonetos, lubrificantes, tintas, solventes e fluidos hidráulicos, sendo um dos lugares identificado pelo potencial de contribuir para os compostos orgânicos de águas adjacentes.

5 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DOS DIQUES DE MANUTENÇÃO E REPARO DO AMRJ

5.1 Descrição geral

Neste estudo dos efluentes dos diques do AMRJ, formaram subsídios importantes: a realização de trabalhos, projetos e obras nos locais, assim como as pesquisas em documentos dos arquivos técnicos e da assessoria de gestão ambiental do estaleiro. Também foram obtidas informações fundamentais através das entrevistas realizadas com os responsáveis pelos trabalhos de reparo de embarcações, realizados nos diques Almirante Régis, Sta Cruz e Jardim. Neste contexto foram identificadas as atividades industriais predominantes e suas possíveis formas de contaminação na Baía de Guanabara. De posse desses dados e com base na literatura pesquisada, foram apresentadas as propostas de gestão ambiental e propostas de engenharia para a instalação de um sistema de tratamento dos efluentes líquidos, já que os diques em questão não possuem tratamento para suas águas residuárias.

Os diques do AMRJ são utilizados no reparo dos navios da MB, serviços executados por mão de obra interna ou externa, gerenciados por servidores públicos civis e militares. Suas instalações também são terceirizadas para armadores, proprietários de navios mercantes, que, neste caso, utilizam mão de obra externa na realização do reparo, porém com contrato de locação sob o gerenciamento de representantes do estaleiro.

Neste capítulo, procurou-se estudar as atividades de limpeza de casco, que representam potenciais fontes de poluentes e de águas residuárias, e analisar as opções de soluções para a coleta de efluentes, apresentando sugestões simplificadoras e fornecendo indicações construtivas, para abrigar as redes e o sistema de tratamento dos diques existentes.

A pesquisa sobre as instalações físicas foi realizada nos próprios diques e nos arquivos técnicos da empresa, verificando-se as redes de drenagem e a utilização dos gerenciamentos dos fluxos de águas residuárias que são geradas ou aportam em seu interior.

Nas operações do dique, a característica principal, e um dos seus elementos complicadores, é o fato de existir uma diversidade de procedimentos que podem ocorrer a céu aberto e simultaneamente, acarretando grandes variações de tipos de resíduos. Os resíduos e efluentes podem ser gerados separadamente, alguns nas embarcações e outros na área da bacia do dique, com grandes possibilidades de virem a ser misturados, já que todas as operações são realizadas dentro de uma mesma caixa (dique). A grande dificuldade está em segregá-los, e em descartá-los, obedecendo à classe do receptor, exigindo um gerenciamento ambiental

sistematizado, com o objetivo de controlar e minimizar a complexidade do efluente. Para isto, será necessário utilizar uma sistemática de tratamento fechado, acompanhando a entrada e saída dos insumos com as respectivas emissões de cada operação pontual e disseminada, facilitando, ao final, o sistema de tratamento das águas residuárias.

Em resumo: para o despejo do efluente, deve-se ter como objetivo a separação em partes simples para, então, realizar o tratamento do que foi obtido, após o máximo de segregação possível.

5.1.1 Estrutura física

O Arsenal de Marinha possui três diques permanentes, um dique flutuante, atracado em um dos seus cais e uma carreira dotada de porta, funcionando, também, como um dique de plano inclinado. O estaleiro opera os quatro diques, sendo foco desse estudo apenas as três docas secas, designadas como: dique Almirante Régis Bittencourt, dique Almirante Jardim e o dique Santa Cruz.

O Dique Almirante Régis Bittencourt, construído no período de 1910 a junho de 1928, é o maior dique de reparo da América do Sul, com capacidade para docar tanto navios da Marinha como navios mercantes de até 80.000 toneladas de deslocamento. Possui comprimento utilizável de 254,58m; largura do fundo, na entrada, de 35,96m, altura de 15,51m. Para apoio na docagem, conta com 14 cabrestantes/guinchos elétricos, 4 cabrestantes/guinchos manuais assim como, sistemas de incêndio, água doce, oxi-acetileno e ar comprimido. Suprimento de energia elétrica em 110V, 220V e 440V.

O dique é esgotado por meio de três bombas centrífugas, de eixos verticais, cujos motores são diretamente conjugados. Estas bombas, funcionando simultaneamente, devem, em duas horas, esgotar a bacia do dique, com um volume correspondente à maré de + 2,40 e sem navio docado. Trabalhando individualmente, cada uma deve ser capaz de esgotá-lo em seis horas. Estes prazos foram adotados no projeto e foram os máximos admitidos.

Além das três bombas de esgotamento, existe uma quarta de dessecamento, também centrífuga, de eixo vertical, motor conjugado e uma descarga de 500 m³ por hora, destinada a esgotar as águas de chuva e de infiltrações.

A casa de bombas dos motores tem dimensões de 9,00m. x 21,00m e abriga os motores, os reostatos, os quadros de distribuição e o poço de visita.

O dique possui um aqueduto principal, destinado ao enchimento e esgotamento do mesmo. Junto à casa de bombas o aqueduto divide-se em dois, um deles recebe a descarga das

bombas e o outro serve para o enchimento. Mais adiante o aqueduto de enchimento reúne-se com o de aspiração.

O Aqueduto de aspiração possui altura d'água variando de 2,40m a -15,00m. O aqueduto de dessecamento liga diretamente a parte mais profunda do aqueduto de aspiração ao poço das bombas de dessecamento. A altura d'água varia de 2,40m a -16,50m.

As adufas dos aquedutos principal e de aspiração são planas e, quando abertas, deixam livre toda a seção do aqueduto. Os ralos destes aquedutos e as saídas de descarga são providos de sistema de gradeamento, 10,00 e 20,00 m², respectivamente, para impedir a entrada de corpos estranhos no interior da bacia do dique e nas bombas.

Em suas atividades, não ocorrem trabalhos de construção de edificações novas, havendo a predominância de realizações de revisão, reparação, alteração e outros trabalhos industriais em uma grande variedade de navios, incluindo o navio aeródromo São Paulo, corvetas e demais embarcações militares e comerciais privadas. É necessário destacar que os trabalhos realizados dentro das instalações das embarcações docadas, contam com o apoio das diversas oficinas de reparo, já mencionadas no capítulo 2. Os trabalhos no casco se caracterizam mais como atividades de corte e soldas e jateamentos e pintura.

O dique Almirante Jardim, dique escavado na rocha viva, foi construído no período de 27 de agosto de 1824 a 21 de setembro de 1861. Tem capacidade para docar tanto navios da Marinha como navios mercantes de até 16.000 DWT, possuindo comprimento utilizável de 165,15 m, largura do fundo, na entrada, com 19,00 m e altura de 11,21 m. Para manobras está equipado com 8 cabrestantes/guinchos elétricos, sistema de incêndio, água doce, oxi-acetileno e ar comprimido, suprimento de energia elétrica em 110V, 220V e 440V.

O Dique Santa Cruz, o segundo dique do Arsenal escavado na rocha viva, foi construído no período de maio de 1861 a outubro de 1874. Tem capacidade para docar navios tanto da Marinha como navios mercantes de até 2.500 DWT, possuindo comprimento utilizável de 88,45 m, largura do fundo, na entrada, com 9,15 m e altura com 8,50 m. Apresenta como disponíveis 4 cabrestantes/guinchos elétricos, sistema de incêndio, água doce, oxi-acetileno e ar comprimido e suprimento de energia elétrica em 110V, 220V e 440V. Todos os diques são providos de manobra de peso de guindastes sobre trilhos e auto-propelidos.

Os demais diques Santa Cruz e Almirante Jardim estão situados no cais oeste e foram construídos adjacentes. Operam com uma única casa de bombas, com aqueduto de esgotamento comum e com sistemas de enchimento independentes. As operações de

enchimento e esgotamento, em geral, possuem técnicas semelhantes às descritas para o dique maior.

O dique maior, Alm^{te} Régis Bittencourt, possui melhores condições de manutenção, uma vez que se apresenta bem espaçoso, facilitando os trabalhos de jateamento e, conseqüentemente, também fornece melhores condições de instalação de práticas ambientais, como a limpeza do fundo do dique e de contenção provisória da área de trabalho, já o dique Alm^{te} Jardim, por ser mais estreito e docando grandes embarcações militares, disponibiliza pouco espaço para operações simultâneas de jateamento e limpeza do fundo.

Os três diques apresentam grandes ralos, para onde fluem as redes de drenagem, guardando a particularidade dos diques Sta Cruz e Alm^{te} Jardim apresentarem um ralo comum aos dois e está situado sob a casa de bombas, com mais dificuldade para o acesso. O ralo do dique Alm^{te} Régis, com dimensões de 4,00 m x 5,00 m e 3,00 m de profundidade, está localizado dentro da sua própria bacia. Estes dados serão importantes no momento da captação das suas águas residuárias.

Os diques ficam em operação durante 12 meses por ano e se encontram em atividade há cerca de noventa anos. Não existe em suas instalações sistema de drenagem específico para águas industriais, de tal forma que permita a segregação dos efluentes e das águas pluviais limpas. Apresentam-se com limitado espaço físico para abrigar as instalações necessárias para a implantação do sistema de tratamento dos efluentes líquidos.

5.1.2 Instalações complementares

Já descrito no item 5.1.1.

5.2 **Principais etapas do ciclo operacional de um dique**

5.2.1 Enchimento e esvaziamento do dique

O processo de docagem constitui etapa fundamental na manutenção e reparo de embarcações. Os procedimentos das manobras de docagem e desdocagem nos diques secos do AMRJ são sistematizados e, de maneira simplificada, se iniciam pela preparação dos berços e picadeiros, de acordo com o plano de docagem do navio. Em seguida, é efetuada a limpeza do

dique com a finalidade de retirar sobras de material. Concluída esta etapa, há o alagamento do dique e, em seguida, a entrada dos navios.

As manobras de entrada de navios nos diques secos consistem em retirar os balaústres, a preparação da espia central, utilizada para puxar e alinhar o navio para o interior do dique, retirar a Porta Batel com o auxílio de rebocadores e puxar a embarcação.

Após a entrada do navio, ocorre a instalação da porta batel, contando com o auxílio de mergulhadores e de rebocadores. Assim que a porta é instalada, é realizada a limpeza a seco do fundo e, após esta etapa, ocorre o esgotamento do dique até que o navio apóie totalmente nos picadeiros.

Os serviços de reparo da embarcação são realizados e, quando finalizados, inicia-se o alagamento do dique para a flutuação e retirada do navio.

Caso o navio não apresente vazamento ou qualquer problema, impedindo a sua flutuação, o alagamento deve prosseguir até atingir o mesmo nível do corpo receptor externo. Antes da retirada da porta batel, os representantes da assessoria de gestão ambiental são comunicados, a fim de realizar inspeção nas águas do dique, em que é observada a existência de brilho na superfície. Mesmo antes do parecer do inspetor, percebendo-se a presença de óleo na água, o órgão responsável pela manobra, instala barreiras de absorção e contenção. Dependendo da grandiosidade do vazamento, outras medidas mais eficazes deverão ser providenciadas para a retirada destes resíduos.

Os procedimentos para interrupção do derramamento de óleo são conseqüências do tipo de atividade que se está realizando. Quando o vazamento ocorrer na rede do tanque, deverão ser fechadas todas as válvulas de interceptação das redes de óleo e ser procedida a transferência do óleo do tanque avariado para outro tanque de bordo (ou tanque no dique). Em paralelo, deverá ser feita a tentativa de interrupção do vazamento com a utilização de tampões, como, por exemplo, panos e estopas, sacos de areia, etc.

Com o auxílio de espias e rebocadores é efetuada a saída do navio, a porta é reinstalada, o dique é totalmente esgotado e nova limpeza é efetuada para a retirada das lamas carregadas da área externa para o interior do dique.

5.2.2 Limpeza do piso

As etapas de limpeza no dique existente se resumem em raspagem com pás de escavadeiras mecânicas, pás manuais e carrinhos de mão, retirando as lamas e os sólidos grosseiros, em seguida, é complementada com pás manuais e varrições localizadas. As

retiradas de lamas, cracas e resíduos sólidos são realizadas pelo pessoal do estaleiro ou por empresa terceirizada, dependendo de quem for o gerador ou o responsável pelos serviços. As limpezas no dique são consideradas como fundamentais nas seguintes etapas: após a docagem, antes e depois da desdocagens. São consideradas como necessárias nas fases que antecedem as mudanças dos processos de trabalho entre o hidrojateamento e hidrojateamento com granalhas ou antecedendo os trabalhos de pintura. Cabe ressaltar que nos diques do estaleiro não são realizadas lavagens do piso.

Um fator limitante para a realização das limpezas é a forma de como foi construída a superfície do fundo, com depressões e reentrâncias para impedir que os abrasivos fossem carregados para o ralo, porém, ocasionando obstáculos para os serviços de retirada de resíduos.

Uma atividade de limpeza, que não está relacionada com o ciclo operacional, ocorre por ocasião de vazamento de óleo, nesta situação, os operadores do dique espalham materiais absorventes como palha, estopas, panos e outros nas áreas afetadas, impedindo que o óleo atinja as redes de drenagem e redes de águas pluviais.

O resíduo oleoso retirado assim como o material absorvente e os equipamentos descartáveis são acondicionados em tambores, identificados externamente com a inscrição “RESÍDUO OLEOSO”, e são armazenados temporariamente na área próxima à Carreira nº 1, até serem descartados por empresa credenciada pelo INEA.

5.2.3 Reparo e manutenção naval

5.2.3.1 Jateamento a seco

Inicialmente os trabalhos de carenagem e decapagem no estaleiro eram efetuados a seco com jateamento de areia, contudo, tais procedimentos foram excluídos das operações industriais a céu aberto, principalmente devido ao descontrole das emissões atmosféricas e aos riscos de doenças, oriundos da sílica da areia, tais como: silicose, doenças respiratórias e infecções oftálmicas, que afetam operadores e trabalhadores das áreas vizinhas.

O jateamento a seco, utilizando granalhas, também foi utilizado, porém, devido ao grande volume de poeiras e materiais particulados no ar, estes processos estão sendo preteridos. No estaleiro, tais operações são realizadas, para peças ou lanchas menores, no interior de cabines hermeticamente fechadas.

5.2.3.2 Hidrojateamento e ultra-hidrojateamento

Os serviços de jateamento dos costados dos navios são realizados por mão de obra de empresas externas. A fiscalização destes contratos é efetuada pelos funcionários civis e militares do estaleiro. O procedimento de lavagem do casco para apenas retirar as cracas e organismos marinhos é efetuado pelo hidrojateamento, já para o processo de retirada da superfície e preparação para a pintura dos navios docados no AMRJ, utilizam o ultra-hidrojateamento e o jateamento abrasivo úmido com granalha de escória de cobre.

Estes serviços seguem a sequência descrita abaixo:

1º) Hidrojateamento a baixa pressão (até 7 MPa = 10000 psi), para remoção das incrustações, nesta situação o consumo de água é de cerca de 75 L/min. As algas retiradas ficam depositadas no fundo do dique;

2º) Inspeção visual do casco para determinar o percentual da área em que será realizado tratamento de superfície e pintura, em geral, estão presentes os representantes do departamento de pintura no dique, o do fabricante da tinta, do controle de qualidade do estaleiro e o representante do gerenciamento da obra. Após esta etapa, serão efetuadas a terceira limpeza e o tratamento de superfície, que pode ser o jateamento abrasivo úmido ou o ultra-hidrojateamento. Sendo o hidrojateamento a ultra-alta pressão (acima 21 MPa = 30000 psi) - tratamento de superfície em que se utiliza como abrasivo a água, o consumo de água é de 5 a 8 L/min.

Segundo resultados dos testes de laboratórios credenciados pelo INEA, solicitados pelos representantes do estaleiro, as escórias de cobre, antes de serem utilizadas, não são consideradas como prejudiciais aos ecossistemas solo e água, sendo enquadradas como resíduo inorgânico, classe II, inerte, segundo a NBR 10004.

Nos diques do estaleiro nunca foram utilizados os jateamentos com pedras de gelo e tampouco o jateamento a vácuo. Foram testadas operações automatizadas com jateamento abrasivo, contudo, não foram aprovadas, uma vez que houve um grande volume de emissões atmosféricas dos pós, partículas e MP, advindos dos abrasivos.

Já foram efetuados, alguns testes com operações de hidrojateamento robotizadas, sem possuir o sistema acoplado para simultaneamente tratar e o reaproveitar as águas, porém a qualidade dos serviços de remoção de tintas foi inferior à do ultra-hidrojateamento convencional, tendo sido necessário que os trabalhos fossem refeitos nos trechos de emendas das chapas dos cascos.

5.2.3.3 Hidrojateamento abrasivo

O jateamento abrasivo úmido é o mais utilizado no estaleiro, compreende tratamento de superfície em que se utiliza como abrasivo a escória de cobre e água. Possui menor capacidade de limpeza do que o hidrojateamento a ultra-alta pressão, o consumo de água é de 20 a 25 L/min.

5.2.3.4 Operações robotizadas

Não existem operações robotizadas nos diques do estaleiro

5.2.3.5 Pintura

Os navios da Marinha adotam as normas estabelecidas pela Diretoria de Engenharia Naval, DEN, que recomenda para esta pintura um esquema de aplicação de tintas epóxi, com quatro demãos, sendo a primeira demão: *primer* epóxi, aplicado diretamente ao substrato; segunda demão: tinta seladora que serve para dar compatibilidade à tinta de acabamento; terceira e quarta demãos: tintas com poder anti-incrustante, que utiliza biocidas, inibindo a incrustação de cracas. Ressalta-se que esta mesma Diretoria proibiu o uso de tintas com TBT.

5.3 Geração de resíduos e efluentes no ciclo operacional

Foi observado que os principais indicadores ambientais, utilizados para medir a o desempenho ambiental da empresa, se referem a dados correspondentes aos resultados relativos ao conjunto de indústrias e navios que compreendem o estaleiro, existindo poucas informações específicas para o dique. Encontraram-se, como indicadores para o dique o cumprimento da legislação específica para derramamentos de óleos e a preocupação com a rastreabilidade dos resíduos sólidos, através dos manifestos de resíduos. Nestes documentos há o controle de volumes, classificações e destinos das coletas correspondentes às lamas e cracas do primeiro jateamento e referentes às limpezas de lamas geradas durante os enchimentos e esgotamento dos diques e às que antecedem e precedem os trabalhos de pintura. Não há sistema de tratamento das águas residuárias de jateamento e pluviais contaminadas, embora exista a determinação de descarte dos tanques das embarcações por firma credenciada.

5.3.1 Enchimento

Os resíduos são os mesmos já citados no capítulo 4, sedimentos sólidos, provenientes das lamas existentes nas águas externas e remanescentes dos emissários de conexão entre a bacia do dique e o corpo receptor.

5.3.2 Limpeza

A limpeza do piso é efetuada a seco, não utilizando a água para a lavagem. Todos os resíduos sólidos são descartados por firmas credenciadas pelo INEA.

5.3.3 Reparo e manutenção

5.3.3.1 Hidrojateamento

No estaleiro público militar, os resíduos gerados durante o primeiro jateamento são segregados em tambores ou em contêineres metálicos no interior do dique e regularmente manobrados, por meio de guindastes, para a borda. Estes tambores são estocados provisoriamente ao longo do pátio do dique, permanecendo neste local até serem transportados para armazenamento em área, ainda não definida pela empresa como específica para este fim, fora da ação das operações do dique, ao lado do edifício 19 ou na carreira, aguardando o recolhimento por firma terceirizada para o descarte.

A preocupação em retirar-se o material da borda é com o objetivo de evitar que seja contaminado por outro tipo de resíduo que por ventura seja depositado em seu interior, tais como recipientes vazios de substâncias oleosas, fato que altera a sua classificação original para classe I. Uma discrepância a ser apontada seria o fato de os tanques de armazenagem de resíduos não serem cobertos e nem identificados, portanto, além de estarem sujeitos a lavagens pelas chuvas, também, sofrem com descartes indiscriminados de resíduos do dique e dos navios.

Após o recolhimento dos resíduos por firma especializada e credenciada pelo INEA, são emitidos manifestos de resíduos para o descarte em aterros sanitários. As caçambas metálicas vazias são guardadas em local apropriado até a sua reutilização para o mesmo tipo de resíduo.

Segundo informações dos responsáveis técnicos, destacados nas referências bibliográficas, foram realizados testes nos resíduos do primeiro hidrojateamento e estes foram caracterizados como classe II, dados diferentes dos obtidos na bibliografia consultada, capítulo 4, já que, cracas e corpos marinhos estão aderidos e se alimentam das tintas e, uma vez retirados, podem se apresentar contaminados, carregando em seus organismos, internamente e externamente, estas substâncias químicas tóxicas do casco, além de, também, poderem apresentar em seus contornos resquícios dos óleos provenientes das águas poluídas por onde a embarcação navega.

A justificativa de se ter obtido, classe II seria, segundo a encarregada pelo AMRJ-083, Divisão da Gestão do Meio-Ambiente, CT EN Elaine, pelo fato do impacto da água no hidrojateamento, não conseguir desprender lascas de tintas, uma vez que, após cada etapa de jateamento, há inspeções técnicas no navios que constatam não ocorrerem retiradas de lascas do costado. Outro ponto que deve ser considerado é o fato de os organismos marinhos possuírem, isoladamente, alta concentração de contaminantes, porém, quando misturados com as lamas da baía, carregadas durante o enchimento do dique, apresentará uma baixa concentração em relação ao conjunto contido no tambor, sendo classe II a classificação das amostras do conjunto. Para um melhor acompanhamento, recomenda-se que novos testes laboratoriais sejam realizados, a fim de confirmar o enquadramento de tais organismos.

Neste estudo, as várias atividades que ocorrem no dique estão caracterizadas no capítulo 4. Os meios de acesso desses contaminantes ao mar foram estudadas *in loco* e nas plantas de estrutura da época da sua construção. Além destes dados, dentro do estaleiro, foram pesquisados relatórios de laboratórios, referentes ao enquadramento inicial das gralhas como classe II, inertes, antes de serem usadas no jateamento. As águas com a função de matéria-prima no processo de jateamento apresentam a mesma qualidade de água doce, distribuída pela Companhia Estadual de Água e Esgoto, CEDAE, utilizada por todo o complexo naval da ilha das Cobras.

Apenas um conjunto de testes das águas residuárias foi realizado (laboratório Hidroquímica), sendo classificadas como classe I por conterem resíduos perigosos, porém não foram encontradas informações mais precisas sobre o local do dique onde foi realizada a coleta; qual a área do navio foi jateada e, além disso, foram insuficientes os parâmetros pesquisados. Serão aconselháveis novos testes, obedecendo ao estipulado no capítulo 6, com levantamento por período de tempo maior, com mais quantidades de testes, mais substâncias pesquisadas como: TBT, SS, além da modificação do processo de análise do estanho solúvel, devendo ser mais bem detectado com testes com forno de Grafite.



Figura 30 - Lamas com contaminantes no fundo do dique. Apresenta resíduos de tintas, abrasivos gastos, óleos e graxas, anodos de sacrifício, lixos, metais pesados e outros resíduos.
Fonte: Própria.

Para os resíduos gerados, Figura 30, a diretriz implantada na empresa é de que o armazenamento e o descarte dos resíduos perigosos são de responsabilidade do gerador, este podendo ser o órgão que se encontra realizando os serviços ou a empresa terceirizada que o esteja efetuando. Porém, mesmo não sendo o gerador, o estaleiro permanece com a responsabilidade solidária por ser o contratante do serviço. O armazenamento desses materiais deve ser feito em local apropriado, coberto e segregado para posterior recolhimento por empresas especializadas, de forma a evitar o contato humano sem a devida proteção.

O estaleiro está sujeito a inspeções ambientais da Diretoria de Portos e Costas, DPC, órgão responsável por representar a Marinha do Brasil, MB, na preservação do meio ambiente, porém, ainda não há diretrizes específicas para os diques.

Não há uma planilha resumo com as discriminações e o somatório dos materiais descartados específicos para o dique, as medições de consumo de água foram obtidas através do encarregado do setor de pintura.

Não há o controle da geração de efluentes líquidos e, esta diretriz ainda não é abordada, não existindo sistema de tratamento de efluentes químicos para o dique. Outros indicadores, como o consumo de energia, as emissões gasosas e o consumo de embalagens e de granalhas não são cadastrados.

5.3.3.2 Ultra-hidrojateamento e hidrojateamento com abrasivo

Estes são os processos empregados no estaleiro. O ultra-hidrojateamento e o hidrojateamento com abrasivos liberam menos poluentes na atmosfera do que o jateamento a seco, porém produzem efluentes líquidos contaminados com lascas de tintas antiincrustantes, anticorrosivas, aditivos das pinturas, metais pesados e outros já citados no capítulo 4. Para melhor qualidade nos resultados do processo de jateamento, o estaleiro utiliza a granulometria das granalhas novas, não permitindo o reúso das mesmas nos seus trabalhos, autorizando a saída das mesmas para o reúso em outras atividades da empresa subcontratada nos trabalhos de jateamento e proprietária da granalha. Como não há o descarte para um aterro industrial, não há a emissão de manifesto de resíduo. O consumo de granalhas é controlado pelos proprietários e operadores das mesmas.

5.3.3.3 Pintura

Não existem cuidados com o meio ambiente relativos às emissões atmosféricas advindas dos sprays de tintas ou dos MP e pós dos abrasivos. Os operadores trabalham com EPIs próprios para cada atividade, inclusive são utilizadas máscaras com insuflação de ar, em algumas situações em que os espaços são muito restritos ou em ambientes confinados, nas operações com jateamentos abrasivos.

5.4 Resíduos e efluentes oriundos das embarcações

Em relação à questão dos efluentes gerados pelas embarcações docadas, a fim de se evitar que ocorram impropriedades ambientais, o estaleiro adotou a diretriz de descarte por firma terceirizada das águas dos tanques que irão sofrer reparo. O procedimento usual para o descarte das águas residuárias, oriundas dos tanques de lastro, de esgoto sanitário ou de água de porão, tem início quando da necessidade de descarte dos efluentes armazenados para início dos serviços em sua superfície. O órgão responsável pelos trabalhos de manutenção ou de

jateamento do costado comunica à assessoria de gestão ambiental integrada da necessidade de descarte dessas águas. Os serviços, em geral, são realizados pela aspiração, utilizando caminhões, credenciados pelo INEA, dotados com bomba e reservatórios.

5.4.1 Águas de lastro

No estaleiro não há restrições à descarga parcial de água de lastro na bacia do dique durante o esgotamento, em se tratando de lastro limpo e partindo do pressuposto que, sendo navio de guerra, obrigatoriamente atendeu à determinação da Lei nº 9966/2000, com a troca de água de lastro a 200 milhas da costa. Em estaleiros internacionais, somente é permitida a descarga de água de lastro fora da bacia, atendendo a todas as restrições assinaladas anteriormente e não entrando em contato com o chão dique, onde é possível pegar os restos de reparação naval.

Quando há a necessidade de reparo no tanque de lastro, a assessoria de gestão integrada é acionada a fim de acompanhar as possibilidades de descarte no próprio dique, verificando se já ocorreu a troca de lastro e se há substâncias oleosas. Para o caso de tanque contaminado, efetua-se a descarga conforme especificado no item 5.4.3.

5.4.2 Esgoto sanitário

Os diques não são dotados de sistema de coleta de esgoto sanitário. As embarcações docadas utilizam os sanitários dos prédios construídos especificamente para o propósito de atenderem os navios em reparo, não sendo permitido o descarte de águas negras e cinzas no interior do dique. Os tanques de armazenamento dos sistemas de esgoto sanitário das embarcações são esgotados em caminhões, credenciados pelo INEA para o descarte destes efluentes. Nas situações em que a embarcação possui um elevado número de tripulação, como o NAE São Paulo, é necessário a sub-locação de barça para o esgotamento.

A assinatura do protocolo de intenções entre a CEDAE e o AMRJ, constatou a preocupação em dotar o complexo naval da ilha das Cobras com sistema de pontos de coleta dos esgotos sanitários oriundos das embarcações, incluindo a construção de rede para as embarcações docadas. Sendo necessária a estimativa de esgotos a serem lançados por dia pelos navios docados. Na **Tabela 13**, está apresentada, em caráter ilustrativo, uma estimativa da lotação de dois navios, que realizam suas manutenções nos diques.

Tabela 13 - Estimativa da lotação de algumas embarcações em manutenção em diques.

NAVIO	LOTAÇÃO
NAe São Paulo	1.000 a 1.500 pessoas durante a semana.
Fragata União	250 a 260 pessoas

Fonte: DOCM (2009).

Os restos de alimentos oriundos das embarcações são depositados em caçambas instaladas ao redor do dique, estes resíduos são constantemente recolhidos por firmas particulares credenciadas pela COMLURB. Os vidros, plásticos, papel/papelão e madeira não contaminados são descartados nos tambores de coleta seletiva, distribuídos pelo perímetro do dique, de onde serão recolhidos na Central de Resíduos para armazenagem e, posteriormente, retirados por cooperativas de catadores.

Os diques não recebem em seu interior águas negras, mas, por vezes, há o descarte de águas cinza, este fato ocorre porque não há regras pré-estabelecidas e nem uma gestão integrada navio/dique, proibindo este procedimento.

5.4.3 Águas de porão

Para se efetuar serviços de reparo nos tanques do porão, o procedimento a ser realizado será o mesmo que para todos os tanques da embarcação: a assessoria de gestão ambiental é acionada, assim como a segurança do trabalho, para que se possa verificar os riscos ambientais e à segurança dos operadores. Após a garantia da retirada com segurança, são contratadas firmas credenciadas pelo INEA, para o descarte dos efluentes e resíduos líquidos existentes em seu interior. Quando o tanque encontra-se vazio, novos cuidados devem ser verificados em relação aos riscos de explosões e de intoxicação pelos gases remanescentes.

O descarregamento de resíduos utilizados pelos navios docados ocorre pela transferência direta dos resíduos e efluentes para a borda com o auxílio da empresa transportadora responsável licenciada para realizar a operação, transferindo-se os resíduos, com o auxílio de guindastes do dique, para os caminhões que os transportam até a destinação final.

5.4.4 Águas de resfriamento

Nos diques do AMRJ, as águas do mar são utilizadas para o resfriamento dos equipamentos. São bombeadas, através de mangotes para dentro das embarcações e, após a circulação pelos equipamentos, as mesmas são descartadas dentro da própria bacia do dique, passando a ser contaminadas pelos resíduos e efluentes do processo industrial.

Todos os trabalhos pesquisados na literatura mundial consideravam como premissa de trabalho a segregação das águas de resfriamento, podendo ser descartadas no corpo receptor caso não sofram qualquer contaminação. Para o contexto das dimensões das estações de tratamento, será de fundamental importância o efetivo isolamento destas águas, não permitindo o acréscimo de aditivos ou o seu contato com os trabalhos industriais, uma vez que, caso seja contaminada, deverá ser submetida a tratamento, o que acarretarão elevados consumos de substâncias químicas e de materiais, além de ser necessários tanques de tratamento com grandes dimensões, já que a sua vazão é diária, constante e de grande volume.

Deve ser destacado que quando são bombeadas águas de um ambiente poluído por esgoto, as substâncias poluentes poderão provocar a deterioração dos materiais dos dutos de cobre e dos equipamentos das embarcações. Este fato pode ser comprovado pelo elevado nível de corrosão das redes de resfriamento, quando o cobre reage com o nitrogênio amoniacal existente nas águas aspiradas do mar da Baía de Guanabara.

5.5 **Águas pluviais**

As redes de águas pluviais do dique são as mesmas que drenam as suas águas residuárias, portanto, para o estudo de um tratamento, será importante a implantação de técnicas de melhores práticas de gestão, com a instalação de bacias móveis, recebendo as águas residuárias ou a construção de sistemas de drenagens separados, com redes distintas e, além disso, a construção de barreiras, nas laterais das canaletas, impedindo o caimento e o acesso das águas industriais. Existe a opção de serem instaladas coberturas de lonas ou permanentes sobre as áreas de trabalho, isolando-as das águas de chuva, como o caso da nova estrutura móvel executada sobre o dique Sta Cruz, no entanto, esta opção atendeu apenas ao dique com menor largura.

Considerando que é difícil a segregação entre ambas as águas e que, mesmo que tenha sido efetuada limpeza, as chuvas que escoarem na bacia do dique irão ser contaminadas, será

aconselhável que o sistema de tratamento atenda aos dois volumes de águas, que poderão ser recolhidas nos ralos existentes.

Para o aproveitamento das águas pluviais, poderia ser sugerido, como primeira opção de aplicação, o uso para o resfriamento das máquinas, mantendo a sua circulação em ciclo fechado, sem permitir a contaminação no piso (ver item anterior). A segunda opção seria para lavagens: de conveses e/ou do piso do dique. Estas sugestões serão abordadas no capítulo 6.

6 ELEMENTOS PARA UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DOS DIQUES DE MANUTENÇÃO E REPARO DO AMRJ

6.1 Gerenciamento dos efluentes e resíduos nos diques de manutenção e reparo

Os efluentes do dique constituem uma mistura complexa de compostos orgânicos e inorgânicos e é impraticável, no início das operações, uma análise química completa e imediata da maioria dos compostos, já que variam em composição e quantidades dentro de grandes limites.

Todo o processo industrial é dinâmico e mutável, dependendo das dimensões e do tipo de trabalho realizado no reparo da embarcação. Neste contexto, existem materiais cujos impactos sobre o meio ambiente e a saúde, por vezes, são desconhecidos. São exemplos a sílica no aço, o asbesto nos isolamentos térmicos e substâncias em formulações de propriedade das empresas de tintas, sempre com novas pesquisas sobre pigmentos, solventes e resinas.

Há também que se considerar que o fluxo dos sólidos em suspensão no meio adjacente, com a mobilização das águas do mar nas operações de docagem e desdocagem, permite a dissolução de substâncias tóxicas que serão incorporadas ao efluente final.

Devido à complexidade e à necessidade de se efetuar os tratamentos e o descarte das águas poluídas, as normas mundiais adotaram alguns indicadores globais de poluição que são verificados nas auditorias dos estaleiros, e que serão uma das bases deste gerenciamento.

Os indicadores globais de poluição compreendem uma série de métodos empíricos para avaliação dos poluentes de um efluente industrial e são excelentes ferramentas para avaliação do nível de contaminantes. Para a verificação do atendimento à legislação vigente, pode-se pesquisar a presença de determinadas substâncias poluentes nas amostras. A sua aplicação não requer o conhecimento da composição química das vazões industriais. Este fato simplifica o trabalho de caracterização dos efluentes, principalmente, quando já há pré-definição das substâncias presentes. Assim, com base nesta diretriz, e em dados de monitoramento dos estaleiros navais, serão apresentadas as substâncias esperadas de serem encontradas, os critérios a serem adotados para a implantação do sistema de gestão e opções de tratamento para o descarte em concordância com a legislação vigente.

6.1.1 Critérios para coletas de amostragens

Para a coleta de amostras será necessário que se estabeleça um processo de sistematização, com o objetivo de padronizar as etapas de trabalho, os locais que melhor representem as características das substâncias do efluente, com a indicação dos pontos exatos de coleta. A seguir, as propostas para se obter as características do efluente.

6.1.1.1 Levantamento das redes de drenagem e dos ralos do fundo do dique

- Verificação das localizações das redes de drenagem do dique, o posicionamento dos ralos, e dos demais pontos de acúmulo de efluentes e de resíduos. Estes locais se constituirão nos prováveis pontos de coleta de amostras e de instalação de poços de recebimento e bombeamento dos efluentes para o sistema de tratamento.
- Apresentação do plano de amostragem, indicando os locais apropriados para a coleta da amostra, atendendo às necessidades de projeto.

6.1.1.2 Estabelecimento das fases de coletas

A maneira como é feita a coleta influencia a integridade de uma amostra e, se não for padronizada, produzirá estudos de caracterização que não poderão ser comparados. Portanto, as técnicas de coleta, incluindo amostragem e equipamentos, deverão ser padronizadas, com laboratórios credenciados pelo INEA, acreditado pelo INMETRO, segundo a norma NBR ISO IEC 17025.

As amostras das águas residuárias do jateamento deverão estar associadas à maneira como estas águas estão sendo trabalhadas, podendo se apresentar nas seguintes formas:

- Totalmente segregadas, coletadas de piscinas plásticas de captação, localizadas embaixo da embarcação, servindo como pequenos reservatórios de contenção dos efluentes que escorrem pelo casco e caem diretamente nas bacias. Neste caso, a caracterização torna-se muito mais simples do que nas situações com a mistura com outros resíduos.
- Amostras das águas de chuva segregadas, coletadas das canaletas de drenagem, isoladas dos processos de trabalho.
- Amostras de águas residuárias e pluviais não completamente segregadas. Estas águas escoam em direção a um depósito comum, e no seu trajeto vão carregando outras

substâncias contaminantes. Nesta situação, as amostras para a avaliação da tratabilidade do fluxo final que escoar na bacia do dique, terão como local de coleta o ponto mais próximo possível da alimentação do sistema de tratamento e renderão os dados mais relevantes.

Os métodos laboratoriais de análise também deverão ser padronizados. No caso de águas residuárias, serão os estabelecidos pelo Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21st edition (APHA, 2005).

Serão elaborados registros sob a forma de planilhas, onde os dados obtidos devem ser inseridos, arquivados e comparados entre atividades que correspondam aos mesmos tipos de processos produtivos, discriminando: os dados relativos aos trabalhos de pintura, os dados relativos aos efluentes gerados nos jateamentos, as informações relativas às águas pluviais, ou sobre as águas geradas após o resfriamento de equipamentos (SCHAFRAN, 1998).

Como os trabalhos no dique são fortemente associados ao tempo, para uma otimização no processo, são realizados testes em pequenas áreas do costado da embarcação antes de iniciar os serviços de retirada total das tintas, em que são coletadas amostras para a caracterização dos poluentes, de tal forma que se possa planejar ou confirmar, antecipadamente, as medidas de tratamento que deverão ser satisfeitas.

Após as coletas dos trechos mais prováveis de geração de correntes de efluentes, serão efetuadas as caracterizações destas amostras, seguindo o especificado a seguir.

6.1.2 Caracterização dos resíduos e efluentes

6.1.2.1 Parâmetros sanitários

Segundo Giordano (2009), “Parâmetros sanitários são os indicadores utilizados para o dimensionamento e o controle da poluição por efluentes industriais, representando a carga orgânica, inorgânica, biológica e a carga tóxica dos efluentes, são estudados e conjugados de tal forma que melhor signifiquem e descrevam as características de cada efluente”.

a) Águas de lavagem

Terão características variáveis, apresentando todas as substâncias constituintes dos serviços realizados no período entre duas lavagens consecutivas. A sua composição dependerá da efetiva implantação das segregações dos efluentes e da constante limpeza dos resíduos do fundo do dique.

b) Águas de jateamento

Neste processo de trabalho, será considerada, como premissa de projeto, a segregação das águas residuárias de jateamento, as quais serão descarregadas no sistema de tratamento sem o contato com águas de resfriamento, de lavagem, de lastro, de porão ou pluviais.

Conforme descrito no capítulo 4, os parâmetros de interesse para os efluentes de jateamento são identificados como: material particulado (medido como sólidos suspensos totais- SST); turbidez; condutividade (medindo os sais, principalmente os cloretos); metais (cobre, zinco, cádmio, cromo, chumbo, níquel, prata, mercúrio, estanho); compostos orgânicos das tintas anti-incrustantes (TBT); óleos e graxas; e PAH, além dos valores de DBO, DQO, o pH, a toxicidade. Outros parâmetros serão incluídos, sempre que forem necessários. A *Environmental Protection Agency*, EPA, aconselha, em algumas auditorias, a verificação de ortofosfato e nitrato.

Como referência orientativa, para os valores das substâncias encontradas nas amostras coletadas em diques de estaleiros da Califórnia, foi anexada a **Tabela 14**.

Tabela 14 - Valores dos parâmetros, obtidos em estaleiros da Califórnia, USA.

ESTUDO	AMOSTRA	TIPO	pH	TURBIDEZ	SST (1)	VSS (1)	SÓLIDOS	DQO (1)	O&G	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Sn	As
METRO (2)	TOTAL	MÉDIO	7,2	176	261	NA	11,00	3202	20	0,01	0,1	12,5	0,05	0,34	6,6	0,34	0,2
	FILTRADO	MÉDIO	NA	NA	NA	NA	NA	60	NA	0,034	0,007	0,8	0,01	0,07	0,6	0,05	<DL
	TOTAL	BAIXO	6,1	3	22	NA	0,70	140	9,9	0,022	0,006	0,12	0,01	0,03	0,22	0,06	0,07
	TOTAL	ALTO	8,7	840	693	NA	50,00	740	31	0,05	27	49	0,42	1,7	33	1,6	0,3
	FILTRADO	BAIXO	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	0,033	0,007	0,11	0,01	0,04	0,05	0,05	<DL
	FILTRADO	ALTO	NA	NA	NA	NA	NA	200	NA	0,006	0,007	3,6	0,01	0,1	2,1	0,05	<DL
Dissertação (4)	SPRAY	BAIXO	6,3	195	195	80	1,00	160	NA	0,01	0,05	5,6	0,03	0,24	2,6	0	NA
	SPRAY	ALTO	6,4	1500	1500	850	30,00	1200	NA	0,55	0,19	62,2	0,37	1,27	84,8	0	NA
	ESCOA	BAIXO	6,2	350	350	20	0,07	148	NA	0,002	0,05	8,1	0,03	0,27	3,3	0	NA
	ESCOA	ALTO	6,4	1670	1670	630	14,00	2523	NA	0,08	0,31	139,8	0,44	1,26	26,8	1,0	NA
	TOTAL	BAIXO	6,8	2	2	NA	<0,10	NA	NA	<0,01	<0,025	<0,01	<0,22	1,2	<0,02	0,01	<0,01
	TOTAL	ALTO	8,8	19312	19312	NA	200,00	NA	61	<0,1	10	60	60	13,0	39,0	5,0	0,19
	FILTRADO	BAIXO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<0,01	<0,03	<0,04	<0,2	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01
EPA (3)	FILTRADO	ALTO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<0,1	0,79	4,5	<0,2	0,5	4,1	30	0,15

Fonte: SCHAFFRAN, 1998, *in*:NASSCO.

(1) SST, VSS, DQO em mg/L; (2) METRO - Municipality of Metropolitan Seattle (1992); (3) EPA-Environmental Protection Agency; (4) Dissertação- ALEXANDER (1988).

Com exceção da dissertação de Alexander (1988), que realizou as coletas antes do contato do efluente com os contaminantes do piso, nos documentos não há a indicação sobre o local da coleta. De acordo com Schafran (1998), o estudo de Alexander (1988) contém a mais completa caracterização de águas residuárias de hidrojateamento.

Após a análise dos dados, constata-se valores elevados de sólidos suspensos, Cu, Pb e Zn. Estes dados serão comparados com os parâmetros limites para a autorização de descartes. Os lançamentos de efluentes no corpo receptor serão limitados segundo as legislações ambientais federal e estadual, atendendo também aos valores limites da qualidade das águas receptoras, constantes no artigo 19 da Resolução CONAMA 357 /2005 do Ministério do Meio-Ambiente, MMA. Estes dados se apresentam mais bem detalhados no item 6.4.2.

No caso da ocorrência de acidentes ou de derramamentos de resíduos, em que haja a necessidade de se identificar determinados poluentes, será necessário utilizar indicadores com técnicas particulares que permitam detectá-los como o caso do estanho, existente no TBT solúvel, cianeto, fenóis, sulfetos etc.

c) Águas das Embarcações

A Convenção Internacional para a Preservação da Poluição por Navios, MARPOL 73/78, com o objetivo de disciplinar a poluição dos mares e oceanos, causada por resíduos ou materiais cuja origem não corresponda a eventos acidentais, determina aos países signatários, que as instalações receptoras devem ser capazes de lidar com toda a gama de detritos que provenham dos navios. A Lei Federal nº 9966/00 estendeu as áreas de abrangência dos pressupostos da MARPOL 73/78 para todos os mares territoriais, rios, lagos, baías, golfos e estuários, pois esta Convenção não se aplica às águas situadas dentro dos mares territoriais. Em concordância com a lei, foram estudados os seguintes destinos da águas geradas dentro de uma embarcação docada.

c.1) Águas de lastro

Água de lastro é um importante aspecto ambiental a ser considerado na gestão de efluentes, normalmente esta água é captada na baía de origem da embarcação, acrescida de sedimentos e organismos exóticos, proporcionando, a partir daí, o fenômeno da bio-invasão. O descarte em áreas costeiras e em baías, sem o tratamento prévio desta água, contribui para o desequilíbrio da biota nativa e a perda de sua biodiversidade. Em vista disso, a MARPOL

73/78 e seus países signatários, grupo da qual o Brasil faz parte, com o objetivo de preservação do meio marítimo, estabeleceram a troca da água de lastro nas seguintes situações:

- Troca oceânica da água de lastro da embarcação a pelo menos 200 milhas náuticas da costa e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade.
- Troca da água de lastro obrigatória para todos os navios engajados em navegação comercial entre bacias hidrográficas distintas e sempre que a navegação for entre portos marítimos e fluviais.

Com a entrada em vigor da “Norma da Autoridade Marítima para o Gerenciamento da Água de Lastro de Navios” (NORMAM-20) da Diretoria de Portos e Costas, DPC, passou a ser exigido o preenchimento de formulário, encaminhado pelos agentes dos navios às Delegacias e Capitânicas dos Portos com jurisdição na área do porto onde o navio atracará. O referido documento contém informações sobre as características do navio, sobre a sua rota (último e próximos portos), e informações a respeito da água de lastro, tais como, capacidade do tanque, local de tomada, volume, temperatura, salinidade e se foi realizada a troca oceânica do lastro (CASTRO, 2008).

Estas informações serão de fundamental importância para a definição sobre o transporte de organismos bio-invasores e sobre a possibilidade do lastro estar contaminado por óleo, portanto, com base nestes cuidados, quando um navio é posto na doca seca para a manutenção do tanque de lastro, somente poderá descarregar a água de lastro, caso atenda às seguintes orientações:

- Para efeito de rastreabilidade da origem da água, deverá ser apresentado o recibo do preenchimento de formulário, controlado pela DPC, Diretoria de Portos e Costas, em que consta a declaração de deslastro da embarcação em águas oceânicas, fora do limite de 200 milhas.
- Deverá ser verificado o tipo de lastro armazenado, caso contenha resíduos oleosos ou receba outro contaminante, correspondendo a lastro do tipo “sujo”, deverá ser efetuado o tratamento desta água.
- Quando for tanque do tipo limpo, apresentando apenas águas da costa local, poderá ser descartado no corpo receptor, porém, esta descarga de água de lastro não poderá entrar em contato com o chão do dique seco, local em que é possível pegar os restos de reparação naval.

- Quando não for realizado o reparo no tanque e não sendo observadas as origens do lastro, o navio, na saída, deverá manter o mesmo peso da entrada.

c.2) Esgoto sanitário

Segundo a MARPOL 73/78, existem dois grupos de dispositivos para o manuseio de águas servidas em embarcações: o tipo A, quando coletam as águas servidas, para posterior disposição ao mar ou nas facilidades do porto; e o tipo B, que coletam as águas servidas, tratando-as para depois descarregá-las no mar.

As coletas dos esgotos das embarcações deverão contemplar a realização dos seguintes ensaios: Cloretos (mg/L), pH, Condutividade a 25° C ($\mu\text{S}/\text{cm}$), DBO(mg/L O₂), DQO (mg/L O₂), Detergentes (MBAS)-mg/L, Sólidos Sedimentáveis (mL/L), Óleos e Graxas Totais (mg/L) e Resíduos não Filtrável Total (Sólidos em Suspensão).

c.3) Águas de porão

Os porões dos navios correspondem aos locais para onde escoam os vazamentos, condensações e drenagens das caldeiras e dos sistemas de refrigeração. Para lá também são carregados e acumulados restos de reparos de equipamentos, carepas de aço, infiltrações do costado, lubrificantes, solventes, detergentes e outros contaminantes. As suas águas residuárias constituem-se nos efluentes armazenados no fundo das embarcações e devem ser gerenciadas, já que, durante os trabalhos de reparo do costado, há o risco escaparem para os diques. A composição química das águas de porão compreende metais pesados, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos e surfactantes. Estes produtos dificultam o tratamento dos despejos.

c.4) Águas de resfriamento

Os navios, em geral, utilizam a água do mar para resfriamento dos motores. As normas ambientais americanas, EPA e NPDES, permitem o descarte destas águas no ambiente de origem, contudo devem ser atendidas algumas exigências, podendo ser destacadas:

- Proibição da adição de produtos químicos na água de resfriamento.

- Proibição da descarga de soluções de limpeza ou sólidos, que sejam resíduos do resfriamento.
- De acordo com a EPA, a temperatura da água não deve ser alterada em mais de 1,0 ° C a partir de condições ambientais, fora da zona de mistura estabelecida.
- A descarga não deve conter sólidos flutuantes, espuma visível, ou resíduos oleosos que produzam brilho na superfície das águas receptoras, atendendo às determinações da Lei nº 9966.

d) Águas pluviais

A descarga de águas pluviais, quando são associadas às atividades industriais, necessita ser submetida a tratamento, neste caso, os parâmetros que devem ser atendidos para o seu descarte dependerão do seu destino final, podendo ir para a rede pública ou para águas receptoras sob jurisdição municipal, estadual ou federal. Já para o caso de se desejar evitar este tratamento, as águas pluviais devem ser segregadas e não contaminadas pelos resíduos das operações. Para se atingir tal objetivo, deverão ser identificadas as fontes potenciais de poluição que poderão afetar a qualidade das águas, com a elaboração de registros e procedimentos que devem ser obedecidos, compreendendo:

- Mapeamento das atividades realizadas, consideradas potenciais fontes de contaminação, tais como: manutenção e reparo de motores; lavagem com pressão; pintura; polimento; soldagem; jateamento com abrasivos; fabricação de metais; carga / descarga; o manuseio, coleta, armazenagem e eliminação dos resíduos; armazenagem dos materiais abrasivos usados; tintas, alumínio, aço, ferro-velho e outros que podem estar expostos à chuva.
- Elaboração de desenhos com a localização do dique, indicando os esquemas de drenagem das áreas para cada um emissário de águas pluviais, identificando a direção do fluxo, as quantidades e o tipo de poluentes que deverão estar presentes na descarga.
- Realização de cursos e palestras de preparação das equipes de trabalho e de operação do dique para a realização das suas tarefas com comprometimento ambiental, além da formação de equipe que deverá acompanhar o efetivo cumprimento dessas práticas.

6.1.3 Quantificação das vazões e cargas poluidoras

6.1.3.1 Águas de lavagem

Antes de ser submerso, o piso deverá ser completamente varrido e, em seguida, lavado. As águas de lavagem serão recolhidas com a utilização de bombas a partir de pocetos e encaminhadas para tratamento. Quando está previsto o serviço de lavagem, as seguintes considerações devem ser observadas.

- A previsão do volume de água de lavagem gerada; com a vazão média de cada mangueira e a quantidade total de mangueiras usadas ou a medição total da vazão pela marcação de hidrômetro;
- O ponto em que a água de lavagem será bombeada para o tratamento;
- A amostra da água de lavagem será recolhida quando a água começar a escorrer no poço;
- O tempo entre o início e o final do fornecimento de água para a lavagem do piso;
- Os tipos de resíduos que estão sendo carreados;
- A possibilidade de chuvas;
- A capacidade do tanque de armazenamento.

6.1.3.2 Águas de jateamento

Durante as operações de jateamento, deverão ser instalados hidrômetros nas redes de alimentação das máquinas de jateamento para medição e controle da vazão, e, em paralelo, deverá haver um controle do tempo em que estas máquinas estarão operando, podendo ser através de horímetros, instalados nas próprias máquinas. Estas operações poderão ser simplificadas quando nos manuais dos equipamentos já houver a indicação de qual o volume de água jateada em um período de tempo. Para a quantificação das cargas poluidoras, dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos lançados, serão considerados:

- O histórico dos consumos de água nos trabalhos de jateamento, as medições de vazões, o tempo de atuação e a quantidade de máquinas que atuam nos trabalhos realizados em uma embarcação e em várias simultaneamente.

- Levantamento da estimativa dos efluentes líquidos a serem coletados por dia em jateamentos individuais e simultâneos, das diversas classes de embarcações, elaborando um histórico.

Frenzel (2001) esclarece que, em estaleiros da Europa e dos Estados Unidos, nas operações iniciais de hidrojateamento, as águas geradas são recolhidas, filtradas ou colocadas em um tanque com câmaras separadoras, sedimentando e filtrando os sólidos, e descartadas sem a necessidade de depuração do tratamento.

6.1.3.3 Águas das embarcações

O texto da Lei nº 9966/00 determina que além do esgoto sanitário e dos resíduos sólidos e oleosos, conforme especificado pela MARPOL 73/78, as águas servidas das embarcações não podem ser descartadas nas águas interiores. Sendo assim, deve haver o controle do descarte desses efluentes, não somente quando atracados, mas também quando docados. Nessas situações, devem ser observados os seguintes cuidados:

a) Águas de lastro

O navio pode ter vários tanques em lastro, portanto devem-se realizar as análises e quantificar o volume de cada tanque que for efetuar o descarte no dique. Os dados referentes aos volumes e quais tanques estão em carga serão disponibilizados nos formulários preenchidos para a DPC, conforme descrito no item 6.1 subitem c.1.

b) Esgoto sanitário

Os navios, em geral, quando estão docados, mantêm suas operações e cabe ao estaleiro o apoio de terra para o descarte de efluentes e resíduos. Portanto, é necessário prover os diques de sistema de coleta de esgotos sanitários que atenderão às embarcações, conforme ilustrado na Figura 31. No projeto serão estimados os volumes diários de descarregamentos, com base em: históricos de docagens; classes das embarcações; quantidades máximas de navios simultaneamente docados; lotações; consumos mínimos e máximos de água de cada navio e autonomia de seus tanques. Também deverá ser considerada, em condições de pico de fluxo, a utilização do número máximo de encaixes de coleta previstos (UFC 213, 2003). Com

os dados anteriores como referência, calculam-se as vazões finais para cada hipótese de descarregamento.

Para que seja descartado apenas esgoto sanitário, as embarcações deverão ter como rotina a prática da separação dos resíduos domésticos do navio dos resíduos industriais gerados, incluindo as fugas de águas de porão, águas de caldeiras, águas com resíduos de jateamento e pintura, e demais águas residuárias internas.

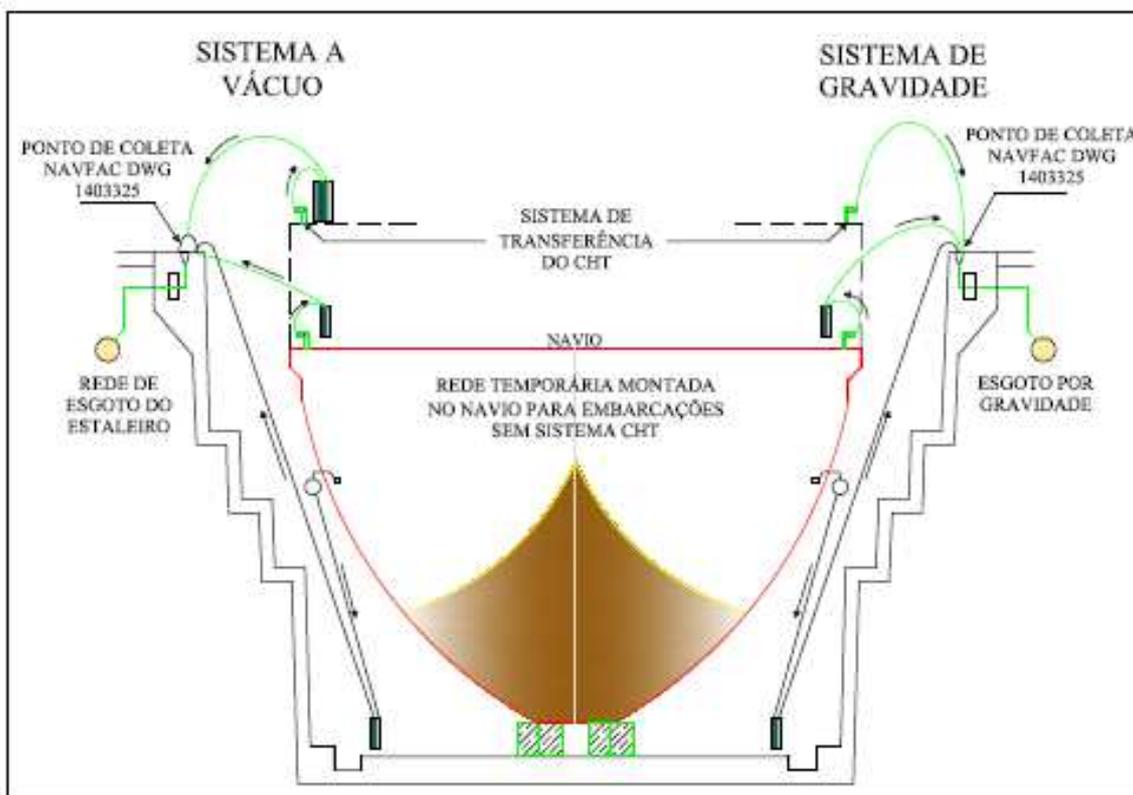


Figura 31 - Sistema de esgotamento de águas negras de um navio docado.
Fonte: Unified Facilities Criteria ,UFC 213 (2003), adaptado.

Como uma orientação inicial para as estimativas dos despejos, existem valores de referência baseados nas lotações de embarcações, fornecidos pelo Tratado de Helsinki e MARPOL 73/78. Assim, para o sistema de tratamento e coleta de águas servidas de um navio, pode ser adotado um volume de efluentes de 180L/(homem/dia), considerando 230L/(homem/dia), para navio de passageiro, e maior do que 400 para GT (fragatas). Para águas negras, o volume estimado é de 70L/(homem/dia) (DOCM, 2009).

Em alguns estaleiros dos USA, quando não existe rede pública no local, o descarregamento final do esgoto do navio é realizado através de sistema a vácuo, com tanque coletor central, localizado em área específica no retroporto do estaleiro, recolhendo e destinando o esgoto para a rede pública, Figura 32. O sistema é interligado às embarcações

através de mangueiras flexíveis, que são conectadas ao tanque interno dos navios, Colletion Holding Tank, CHT, e aos pontos de coleta.

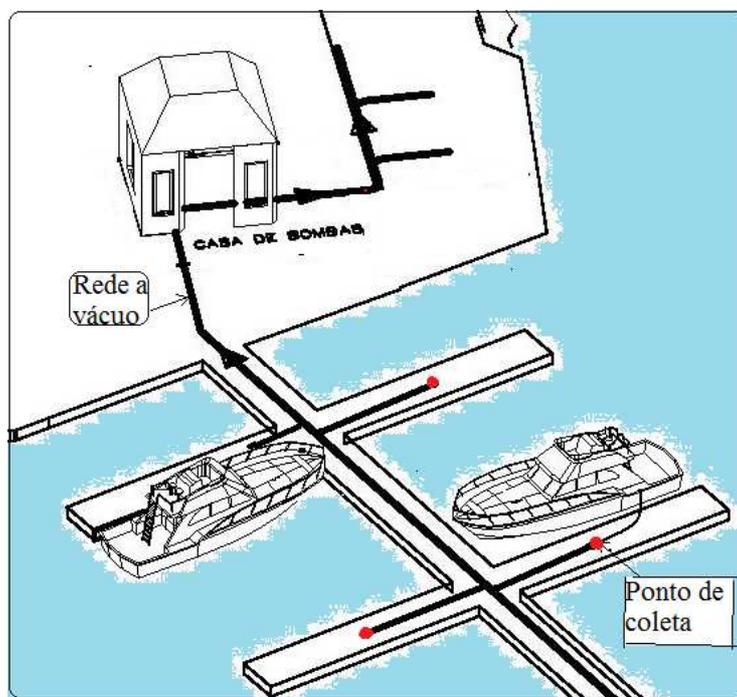


Figura 32 - Esquema de sistema fixo de bombeamento de águas servidas e esgotos de embarcações.

Fonte: Própria com base na USEPA, 2004.

Quando o dique é provido de rede coletora pública, efetua-se o lançamento diretamente, porém são necessários determinados cuidados, uma vez que os sistemas de esgoto das embarcações, por reduzirem o consumo de águas, apresentam-se mais concentrados, necessitando, em geral, de inclinações maiores do que as usuais em esgotos da rede pública. Além disso, alguns navios utilizam a água do mar como veículo, apresentando taxas elevadas de cloreto, o que prejudica a operação de uma estação de tratamento de esgoto, ETE, biológica, específica para receber este esgoto.

c) Águas de porão

A quantificação das águas de porão é variável, dependendo do volume de resíduos e efluentes que vazaram e foram armazenados nos respectivos tanques, podendo ser estimado o seu volume pelas dimensões do tanque, considerando o espaço ocupado pelos efluentes e a altura do nível dos líquidos.

d) Águas de resfriamento

O volume do caudal aspirado para as redes de resfriamento dos equipamentos que permanecem em funcionamento é calculado em função da capacidade das bombas, do tempo de atuação e das perdas de carga ocorridas. Ao longo de sucessivas docagens, com os dados registrados pelo tipo de embarcação e a quantidade de equipamentos ligados, pode-se prever de quanto será o volume de água de resfriamento gerado durante o dia.

Quando são bombeadas águas de um ambiente poluído por esgoto, as substâncias poluentes poderão provocar a deterioração dos materiais dos dutos e dos equipamentos. Um exemplo seria o elevado nível de corrosão das redes de resfriamento de cobre, quando estas substâncias reagem com o nitrogênio amoniacal, existente nas águas da Baía de Guanabara.

6.1.3.4 Águas de chuva

A gestão das águas de chuva na bacia do dique pode seguir diferentes diretrizes, sintetizadas pelo fluxograma da Figura 33.

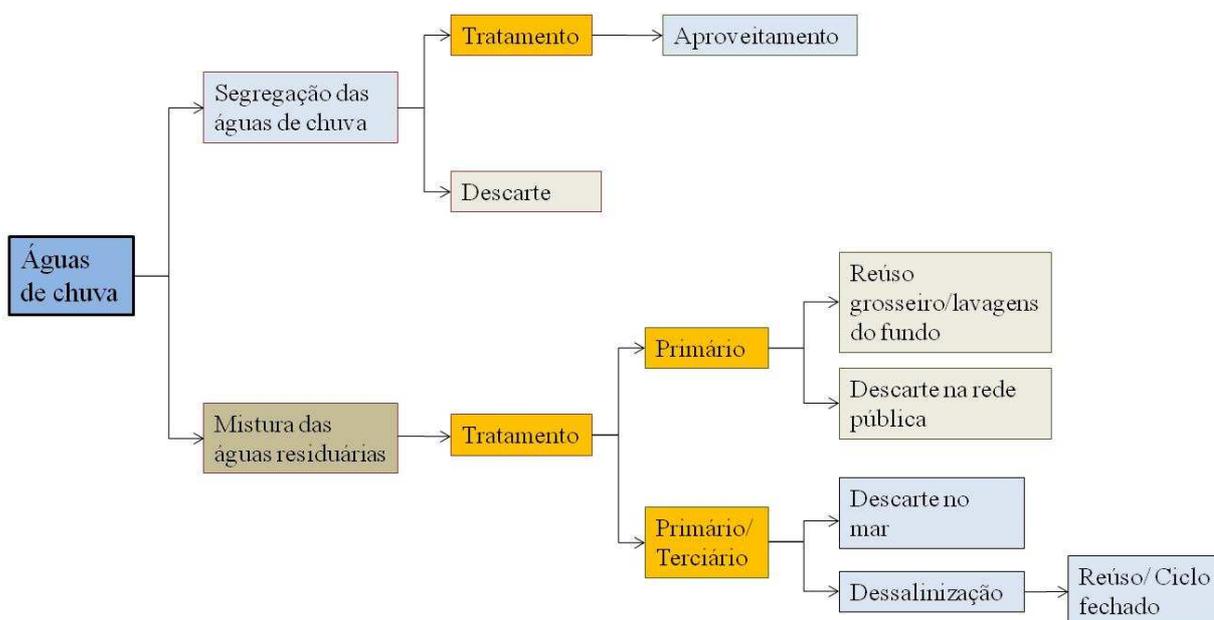


Figura 33 - Fluxograma esquemático com as opções de apresentação das águas pluviais no fundo do dique e as hipóteses de seus descartes.

Para a quantificação da água de chuva, consideram-se as hipóteses com e sem a mistura das atividades industriais, dimensionando-se o tanque receptor, obedecendo às seguintes diretrizes:

➤ Cálculo do índice pluviométrico da região

Com base em informações oficiais ou utilizando pluviômetros, realizam-se levantamentos em área próxima do dique, obtendo os índices pluviométricos mensais dos últimos anos, em geral dez anos. Com estes valores pode-se calcular a chuva média mensal, ou pode-se considerar a probabilidade de 95%, 85% e 75% de ocorrência do índice. Para uma solução mais confiável, a opção de 95% seria a escolha ideal, já a probabilidade de 75% será tolerável e a chuva média mensal com muitos riscos de ser suplantada.

➤ Cálculo da área de captação, correspondente à área do fundo do dique.

➤ Estimar o período de tempo de atuação da chuva.

De posse desses dados, calcula-se o volume de entrada: **Volume**= **A x i**, considerando-se: A= área de incidência da chuva; i= índice pluviométrico.

Ressalta-se que, no caso de um dique, é preciso que toda a água seja retirada do seu fundo e direcionada para o tanque de equalização, evitando-se o seu desvio e, portanto, considerando-se que o piso deva ser impermeável, não deve ser considerado o coeficiente de Run-off.

Também deverá ser considerada a hipótese do acontecimento de chuvas torrenciais, adotando o maior índice pluviométrico apurado em um período pré-determinado, em geral de dez anos, atuando por um tempo estimado(t) máximo (t= tempo de precipitação máximo, considerado com a probabilidade de ocorrência). Nesta hipótese, o volume será de entrada: **Volume**= **A x i x t**. A saída dependerá do tempo necessário para o tratamento do efluente.

No **Apêndice 3**, há o exemplo de Frenzel (2003) da estimativa do volume de um tanque para armazenamento de águas de jateamento e pluviais. Há também um exemplo aplicado a um dique do Arsenal.

6.1.4 Equalização dos Efluentes Líquidos

Os trabalhos de reparo do dique se resumem aos realizados interna e externamente ao navio. Internamente, devido às condições naturais da embarcação, as águas residuárias, como as de lastro, porão e resfriamento, que estejam contaminadas, podem ser contidas e

bombeadas diretamente para um tanque de equalização. Estes fluxos não possuem as mesmas características e não são contínuos, necessitando ser tratados por regime de batelada.

As águas externas à embarcação, como as pluviais e de jateamento, quando contaminadas pelos resíduos do piso, serão mais complexas. Também apresentam fluxo variável, já que este tipo de trabalho não é rotineiro ao longo do ano. Em vista dessas variações qualitativas e volumétricas, será necessária a previsão de um tanque de equalização para submeter os efluentes a tratamento.

Nas atividades industriais descontínuas e com tratamento de águas residuárias contínuo, o tanque de equalização amorteceria as flutuações da carga orgânica biodegradável, efetua o controle adequado do pH, minimizando os surtos de vazão para os sistemas de tratamento físico-químicos, além disso mantém taxas de alimentação química compatíveis com a capacidade de processamento do equipamento de tratamento, mantendo um fluxo contínuo de alimentação e evitando que concentrações elevadas de materiais tóxicos entrem nas estações de tratamento (CAMMAROTA, 2007).

O tanque de equalização é provido de aeração e agitação para evitar odores, podendo estar conectado em paralelo ou em série com o sistema de tratamento. O uso de um tanque de equalização pode melhorar o desempenho de uma planta já existente e até aumentar a sua capacidade útil.

O volume do tanque de equalização pode ser determinado através do método de conservação de massa ou pelo método gráfico, que corresponde a um diagrama de **volume de alimentação Acumulado x Tempo**, conforme mostrado nas Figuras 34 e 35. A vazão média diária também é representada no diagrama e corresponde à linha reta da origem ao ponto final do diagrama.

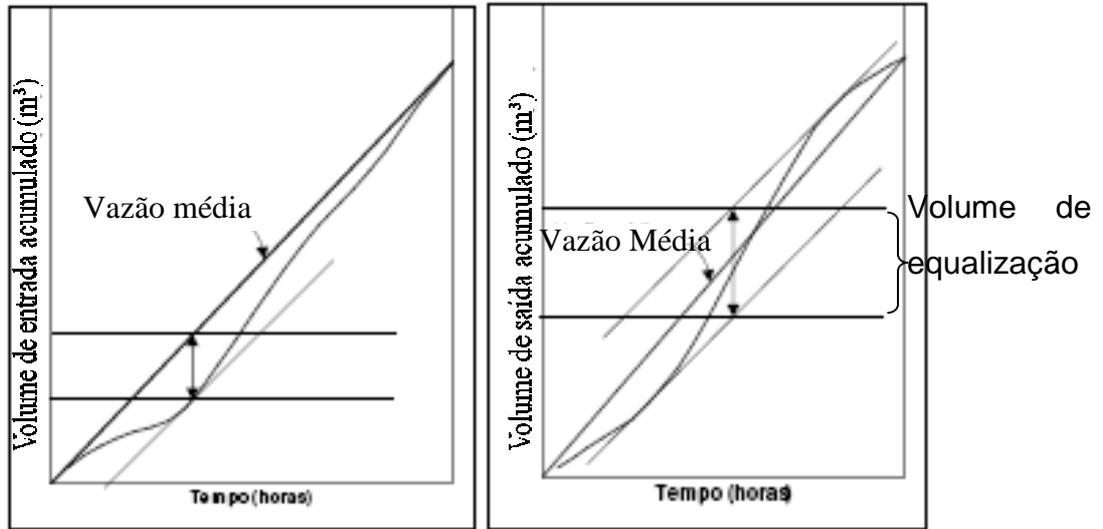


Figura 34 - Exemplos de curvas de volume acumulado de líquido em tanque de equalização em função do tempo.

Fonte: DA SILVA (s.d.).

O volume do tanque de equalização será a soma do valor teórico, tempo de retirada do volume sólido, acréscimo dos fluxos de reciclo, aerção e outros fluxos. Um exemplo dos cálculos dos sistemas de equalização é apresentado no **Apêndice 3**.

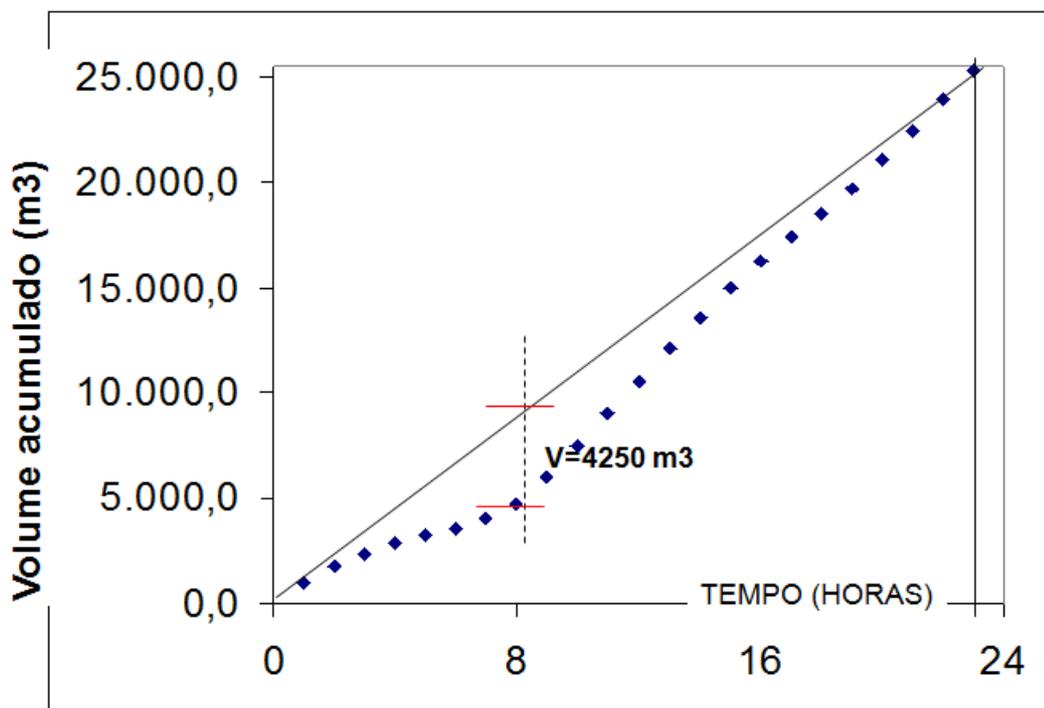


Figura 35 - Exemplo de confecção da curva de volume, em função do tempo, de um tanque de equalização.

Fonte: ESAC (2010).

6.1.5 Processos de tratamento de efluentes líquidos

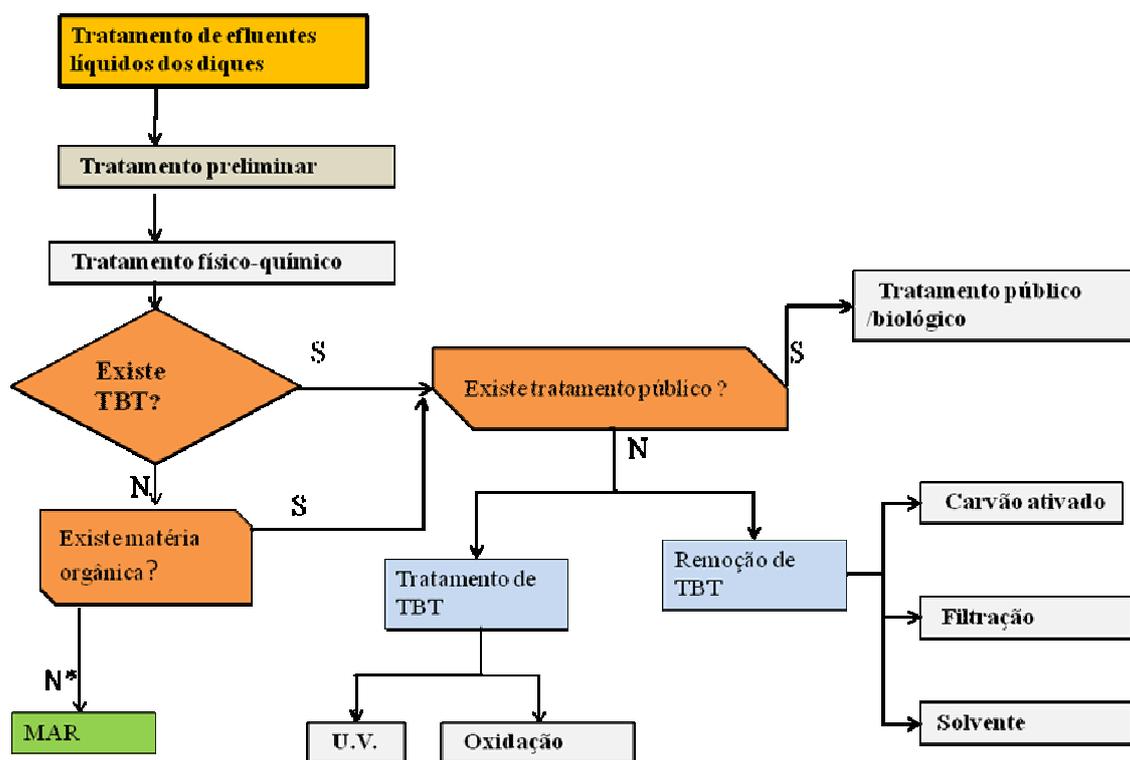
O processo de tratamento adotado deve atender aos valores limites dos parâmetros dos efluentes industriais para serem lançados no corpo receptor, atendendo ao disposto sobre os padrões de qualidade das águas superficiais nas legislações federal, estadual, e municipal em vigor, tendo como objetivo a compatibilização desses efluentes com as características da qualidade da água, exigidas para Baía de Guanabara.

Quando a classe das águas receptoras não é identificada como de classe especial, pode receber o despejo, desde que sejam efetuados os tratamentos adequados. Para isto, os efluentes serão segregados e agrupados de acordo com as fontes emissoras. Com a obtenção das características das amostras, coletadas no piso, nas calhas do dique ou nas piscinas de contenção, serão obtidos subsídios para o tipo de tratamento a ser adotado, atendendo aos parâmetros legais estipulados pela legislação.

6.1.5.1 Tratamentos de efluentes líquidos para diques

Atualmente a eliminação do TBT tem sido objeto de estudos e pesquisas, constituindo-se no elemento que diferencia os métodos de tratamentos dos efluentes. Com base em auditorias e pesquisas sobre tratamentos de águas residuárias e de águas de chuva contaminadas pelo fundo do dique, pode-se destacar nestes sistemas basicamente os tratamentos convencionais físico-químicos, complementados com processos de polimento. Em geral estes sistemas, quando se constituem em pequenas estações de tratamento, não incluem o tratamento biológico.

Com o objetivo de apresentar os sistemas de tratamento efetivamente implantados e/ou montados em protótipos para os diques, inicialmente será apresentada, de forma sucinta, a revisão bibliográfica de processos de tratamentos de efluentes que podem ser adotados no caso de águas residuárias com TBT. Na Figura 36 está representada a sequência com as alternativas apresentadas para tratamento de TBT.



N - corresponde aos limites permitidos pelas legislações*

Figura 36 - Sequência com opções para o tratamento de efluentes com TBT.

6.1.5.2 Revisão bibliográfica para tratamentos de efluentes líquidos

O tratamento físico-químico de águas residuárias é usualmente aplicado em estaleiros, iniciando-se com o tratamento preliminar, composto de métodos físicos para a remoção de sólidos flutuantes de grandes dimensões, de sólidos em suspensão, areias, óleos, materiais jateados (escória de cobre) e cracas. Para tal, há a utilização de grades, peneiras, caixas de areia, desarenadores, decantadores, caixa separadora de água e óleo, filtros de areia e etc.

Em seguida a esta etapa, realiza-se o tratamento primário, que são métodos químicos para a precipitação dos metais pesados e para a desestabilização e remoção do material coloidal. De forma geral, se processa com a coagulação/ floculação seguida pela separação das fases, através da sedimentação ou flotação.

A precipitação de metais ocorre pela formação de hidróxidos metálicos, devendo ser verificada a curva de solubilidade dos metais (pH x solubilidade), Giordano (2008), já a

remoção dos óleos solúveis requer a quebra de emulsão. Os coagulantes são utilizados para a separação de óleos solúveis juntamente com o lodo, enquanto que os óleos insolúveis são removidos pela superfície. (TOCHETO, 2008).

No tratamento secundário há a eliminação de matéria orgânica, em geral, por tratamento biológico, porém, para o caso do jateamento no dique, não seria aplicável, uma vez que não é um serviço constante e, além disso, há a presença de biocidas nas composições dos efluentes, sendo difícil manter uma colônia de micro-organismos. Portanto, para a eliminação da matéria orgânica dissolvida é previsto o processo de oxidação, filtração e outros, mais bem detalhados no tratamento terciário.

Os tratamentos terciários, para o polimento dos efluentes, podem utilizar a filtração, separação por membrana, adsorção, troca iônica e outros.

Os filtros são utilizados para remover sólidos não sedimentáveis de águas residuárias, neles estão incluídos os materiais filtrantes típicos, os tecidos, a areia, o carvão ativado e a zeólita.

A filtração por membranas é o método de tratamento, na qual um líquido exerce a força de pressão hidrostática contra uma membrana semipermeável, Kim; Dempsey (2008) apud Pangam (2009). A membrana será escolhida, de acordo com a finalidade desejada de remoção de materiais, como: material particulado microscópico (bactérias, algas, vírus, material coloidal), moléculas orgânicas (pesticidas, componentes de combustíveis, solventes, etc.) e íons (metais pesados, salinidade excessiva, dureza). Kotrikla (2008) esclarece que a tecnologia de separação por membranas é pouco aplicada em estaleiro, como a osmose reversa, principalmente, por ser cara para instalar, relativamente lenta e necessitando de formação especializada do operador e de grandes obras civis durante a instalação, além de ser necessário proceder previamente a tratamentos das águas residuárias.

A adsorção é um processo que ocorre quando um gás ou um soluto acumula líquido sobre a superfície de um sólido (adsorvente) ou, mais raramente, um líquido (adsorvente), formando o adsorvato, este podendo ser um filme molecular ou atômico, Hucks; Shelby (1984) apud Pangam (2009). Entre as substâncias adsorventes citam-se turfa, cinza, areia, carvão vegetal, casca de extração de tanino, flocos de hidróxido férrico, permutadores iônicos granulados, e carvão ativado. Podem ser removidos os fenóis, a cor, nutrientes, sólidos em suspensão, matéria orgânica não biodegradável (TOCHETO, 2008).

Hanna; Allen (2005) apud Pangam (2009), em estudo piloto de uma planta de tratamento, testaram a eficiência dos adsorventes dolomita para remover os resíduos do

estaleiro TBT e encontraram uma redução de 80% da concentração inicial de TBT, que é comparável com a capacidade de remoção pelo carbono ativado nas mesmas condições.

No caso da troca iônica, atuam as resinas, que são polímeros sintéticos, caracterizados por macromoléculas orgânicas, que, embora insolúveis, simulam ou reagem como ácidos, bases ou sais em meio aquoso. Essas resinas têm a propriedade de trocar os íons dissolvidos no efluente, segundo uma reação de equilíbrio reversível. A carga de resinas, que é acondicionada nas colunas trocadoras de íons, é sempre calculada em função do projeto, constituindo uma das partes principais do equipamento de troca iônica (TOCHETO, 2008).

6.1.5.3 Alternativas para a remoção e/ou tratamento de TBT

Para a escolha do tratamento indicado para os efluentes de um dique e no sentido de atender às exigências da Resolução 357 do CONAMA artigo 14, e às determinações constantes na Convenção Internacional para a Preservação da Poluição por Navios, MARPOL 73/78, quando o estaleiro não está integrado à rede pública, para o descarte das águas residuárias no corpo receptor, será necessário remover ou tratar os compostos organo-estanhos. Desta forma, com base na literatura mundial, a seguir, serão apresentadas as soluções pesquisadas e/ou aplicadas.

a) Remoção de TBT pela adsorção

Beacham; Schafran, et al. (2003) mostraram que o uso de adsorção por carvão ativado com areia de filtração reduziu a concentração de TBT. Esta concentração, dependendo do tipo de tinta aplicada na embarcação, no momento da entrada da água de jateamento no sistema, apresentava valores entre 8.300 ng / L e 480.000 ng / L. Na saída, em função do leito de carbono, foi reduzida a valores que variaram entre 41 ng / L e 2.100 ng / L. Kotrikla (2008), em seu estudo, destaca que Shafran (2003) considerou o uso de carvão ativado como um dos processos mais eficaz para eliminar a contaminação por TBT das águas de um estaleiro, porém esta técnica realiza a transferência do TBT para o adsorvente, não eliminando o poluente, criando assim um problema para o descarte e/ou tratamento de resíduos sólidos.

Outra limitação se constitui no fato de, antes da filtração, ser necessário efetuar-se a remoção de todas as partículas e matéria orgânica do esgoto, caso contrário, os carvões adsorvem os primeiros materiais orgânicos que surgirem, reduzindo a sua capacidade de adsorção para o TBT.

b) Remoção de TBT pelo tratamento biológico

Considerando-se que as concentrações de TBT em efluentes de estaleiro são altas e variáveis e que seu objetivo é o de matar os organismos incrustantes, este composto elimina a atividade microbiana em lodo ativado.

c) Extração por solvente

Solventes como toluenos e extratos de éter são utilizados para a extração do TBT. O processo é realizado por dispersão de um solvente apropriado no fluxo de água do processo. A dispersão fornece um ambiente para a transferência do TBT para o solvente.

Na **Tabela 15**, há o resumo de diferentes tecnologias de tratamento de efluentes de um dique. Foram analisados os aspectos relativos à disponibilidade (em laboratório, escala piloto, ou já implantado); eficiência de remoção em percentagem de tributilestanho; velocidade de degradação em meia vida; custo, investimento, vantagens e desvantagens.

d) Tratamento por fotodegradação

A fotodegradação de uma molécula é causada pela absorção de fótons, especialmente da radiação infravermelha, da luz visível ou da luz UV (ultravioleta). Os compostos TBT são suscetíveis à foto-degradação, sob a influência do radical hidroxila e na presença da luz solar. Estes radicais reagem com a ligação organo-estanho e removem um grupo butil de cada vez. A presença de um oxidante forte, tais como peróxido de hidrogênio ou ozônio, é necessária como uma fonte de radical hidroxila, caso contrário, não irá ocorrer a fotodegradação.

Kotrikla (2008) relatou que a fotocatalise, utilizando luz visível, UV e a oxidação, é processo eficaz para a remoção de TBT dos resíduos de estaleiros. Neste processo, o UV reage com o ozônio ou com o peróxido de hidrogênio que, através da cadeia de várias reações, produz o radical hidroxila.

Neste sistema de tratamento, a taxa de reação é influenciada negativamente pelo teor de matéria orgânica no resíduo, pois os radicais hidroxila também podem degradar estes compostos orgânicos. Por fim, neste processo, pelas pesquisas, há a necessidade de 42% H_2O_2 , percentual elevado, no caso de tratamento de grandes navios.

Um exemplo, citado no projeto TBT-Clean, é o cálculo do consumo de peróxido para o efluente de um navio de grande porte, que gera um volume de águas residuárias de 2.000.000 litros, para uma concentração de dosagem de 0,3 mL / L de 42% H₂O₂, será de 666 litros. Portanto, para fins de grandes embarcações, a utilização de um gerador de ozônio poderá ser mais prática. (LIFE 02, TBT CLEAN, 2003).

Outra técnica dirigida para a oxidação do TBT é o uso conjunto de H₂O₂ e íons de Fe²⁺ (o reagente Fenton) em meio ácido, na qual o radical Hidroxila, altamente reativo, é produzido na reação do H₂O₂ com Fe²⁺. Esta hidroxila reduz as complexas moléculas do composto organo-estanho, através de reações de degradação.

Tabela 15 - Resumo das tecnologias de tratamento de TBT.

Critério de Extração	Oxidação por UV	Lodo Ativado	Carvão Ativado	Solvente
Disponibilidade	Em larga escala	Em larga escala	Em larga escala	Em larga escala
Eficiência de Remoção (%)	99,9%	Tratamento secundário - 90% Tratamento terciário - 98%	99,9%	99,9%
Vida Média (minutos)	0,37			
Custo (energia/tonelada)	Alto (energia+H ₂ O ₂)	Baixo	Alto (carvão ativado)	< 7
PRO (alta eficiência)	Alta eficiência Rápida.	Simple	Alta eficiência Rápida	Alta eficiência, baixo consumo de solventes, baixo volume de resíduos.
CONTRA	Grande consumo de oxidante, turbidez e matéria orgânica dificultam.	Produção de altos volumes de lodo contaminado.	Etapas preliminar, remoção de SS. Necessidade de tratamento do carvão ativado, contaminado por TBT.	

Fonte: LIFE02, TBT-CLEAN, (2003).

6.1.5.4 Sistemas já estudados e aplicados como alternativos de tratamento de TBT para um dique.

Neste estudo foram pesquisados sistemas de tratamento das águas residuárias dos diques existentes nos Estados Unidos, Europa e Oceania (não foram obtidas informações sobre os sistemas asiáticos). Com os dados obtidos, a grande diferença observada em relação aos tratamentos, foi quanto à preocupação com os organo-metálicos. Em alguns estaleiros o processo não identifica a etapa da retirada destes compostos, em outros casos, não foi observada a preocupação em incluí-los como elementos a serem analisados. A seguir, uma síntese dos trabalhos estudados.

Existem propostas para o tratamento de águas residuárias com o objetivo de reduzir os níveis de organo-estanhos dos efluentes, até obter padrões aceitáveis pela legislação. Santos (2008) indica os tratamentos propostos por Celeumans et al. (1998), compreendendo sistema composto por quatro processos: floculação e sedimentação, filtração, adsorção por carbono ativado e, após todos estes precedentes, inclui a degradação dos organos-estanhos por radiação UV, até ser obtido o Sn inorgânico.

Platz et al. (2003) construíram um sistema de tratamento em escala industrial, para eliminar tributilestano e os metais pesados zinco (Zn) e cobre (Cu) dos efluentes de diques. O sistema foi instalado em uma derivação da planta de tratamento existente. O processo de remoção de TBT, foi iniciado com a realização da fotólise, ao expor a água à luz UV, em seguida, procedeu-se a foto-oxidação, expondo a água à luz UV na presença de H₂O₂ (LIFE02, TBT-CLEAN, 2003).

Originalmente, a estação de tratamento consistia em um sistema de floculação / precipitação, seguida por uma filtração. Posteriormente, foi ampliada com dois trocadores de íons em série, vinculando os metais pesados Cu e Zn, e duas unidades paralelas de radiação UV, para quebrar TBT. Platz et al. (2003), reivindicam as eficiências de remoção de contaminantes em uma escala industrial, com troca iônica e com unidade de radiação de UV, de 97% para o cobre, de 91% para o zinco e de 99,95 para o TBT. A Figura 37 apresenta de forma esquemática o sistema de tratamento adotado.

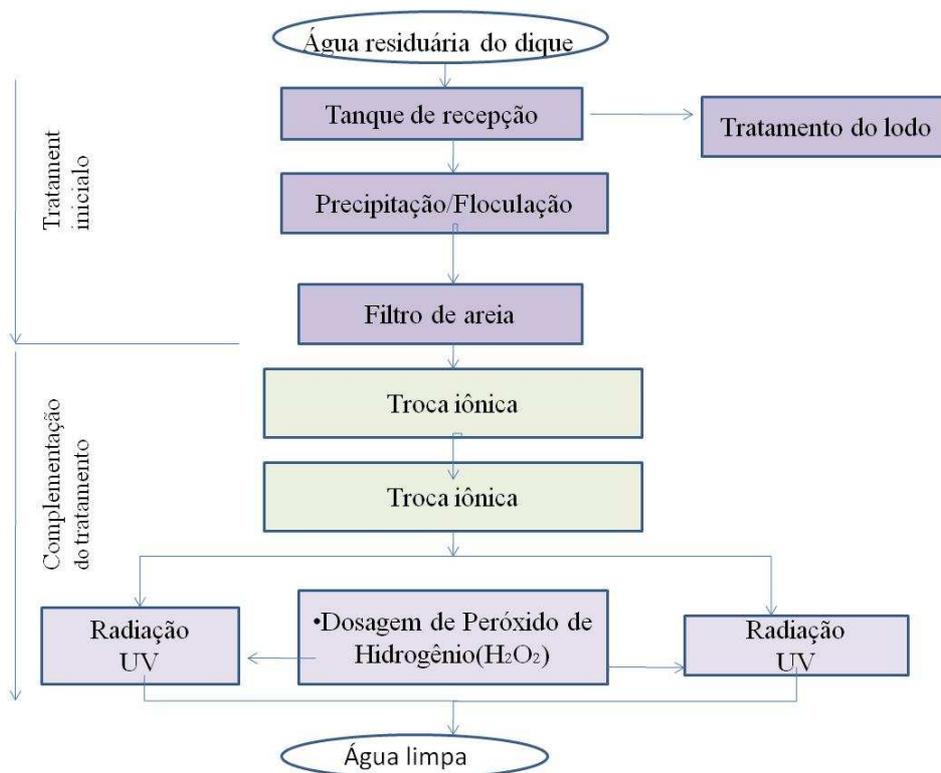


Figura 37 - Esquema da sequência de tratamento adotado por Platz et al. (2003).

A remoção de TBT por lodo ativado ocorre nas estações convencionais de tratamento de águas residuárias. Relatórios de Fent (1996) sobre a planta de tratamento de esgoto de Zurique confirmam que o TBT foi removido com uma elevada eficiência da fase de água, mas também ressalta que quase todo este poluente foi acumulado no lodo do esgoto. O lodo contaminado foi tratado depois em várias condições, incluindo utilizando os tratamentos aeróbios, anaeróbios, mesófilos e termofílicos. Segundo os relatórios, em todas as condições, a degradação do TBT não ultrapassou a 30% (LIFE02, TBT-CLEAN, 2003).

Sobre o sistema de tratamento implantado no estaleiro Norfolk, a partir da pesquisa em documentos, datados de 1998, pode-se constatar a evolução no critério de tratamento de efluentes. Inicialmente, apenas existia o tratamento primário. Atualmente, por exigências das legislações locais, o estaleiro Norfolk construiu uma planta piloto para remoção de TBT. Na Figura 37 está representada a cadeia de tratamento inicial, que consistia em uma unidade de flotação por ar dissolvido, DAF, com a adição de coagulantes e floculantes, nas quais poderia ocorrer a remoção das *partículas* de TBT. Completando o sistema, o fluxo passava por uma camada de filtro de areia.

Já para a segunda etapa de tratamento, construída posteriormente, houve a anexação de um conjunto com dois estágios de filtro de carvão ativado para a remoção do TBT *dissolvido*. O diagrama do sistema original de tratamento é mostrado na Figura 38.

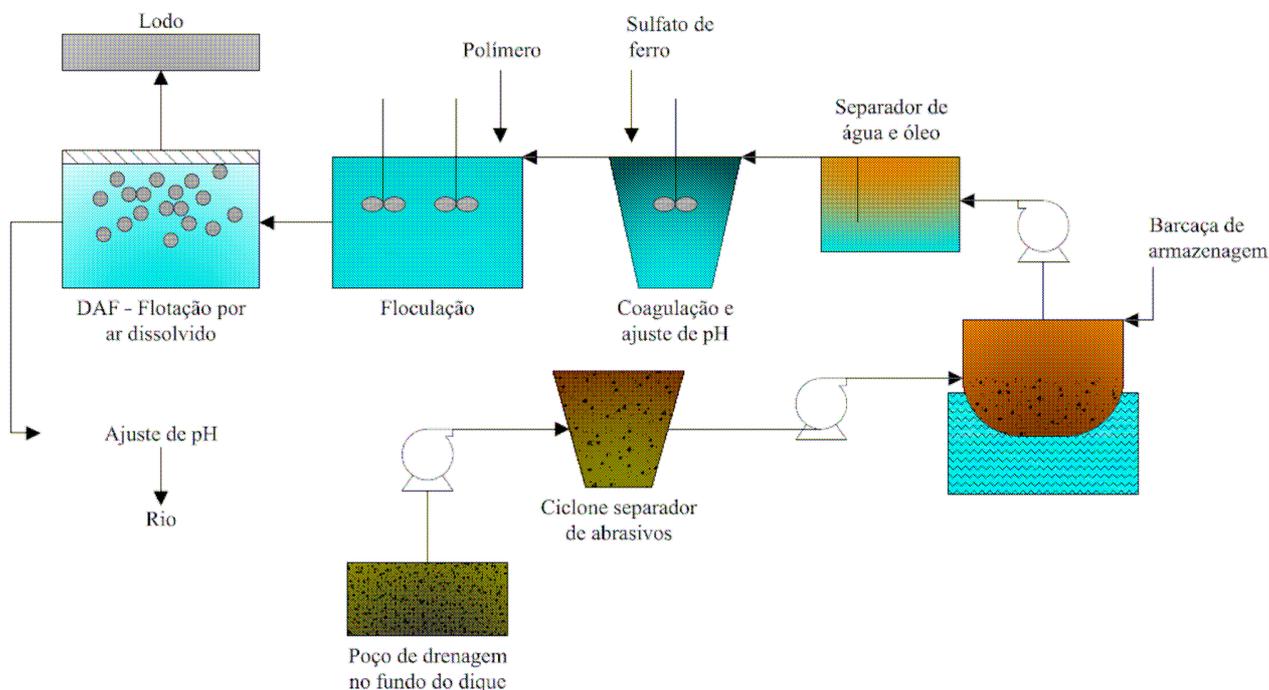


Figura 38 - Tratamento inicial do estaleiro Norfolk, antes da complementação com a remoção de TBT das águas residuárias.

Fonte: CASRM (1998).

No esquema anterior, as águas das chuvas e as águas residuárias são coletadas no poço de drenagem do dique e bombeadas para um ciclone separador, que remove as partículas sólidas. A água é então transferida para uma balsa, que funciona como uma bacia de equalização do fluxo. Os resíduos da água são tratados em um vaso vertical, separador coalescente de óleo e água. Em um tanque de mistura são adicionados o sulfato de ferro e o cal para ajuste de pH.

Um polímero orgânico é injetado no topo do tanque de floculação para reforçar a separação sólido-líquido. Os sólidos são removidos em uma unidade de flotação de ar dissolvido. Antes do lançamento no rio, a água tratada é desinfetada por um processo combinado de radiação ultravioleta com peróxido de hidrogênio. Segundo os estudos realizados pelo CASRM (1998), na fase original do tratamento, obtinha-se a taxa de remoção de Cobre e Zinco maiores do que 90% e o óleo não emulsionado, graxas e hidrocarbonetos de 90%. O processo, atualmente, foi ampliado com os dois estágios com sistema de carvão ativado, para a remoção do TBT, como esquematizado na Figura 39.

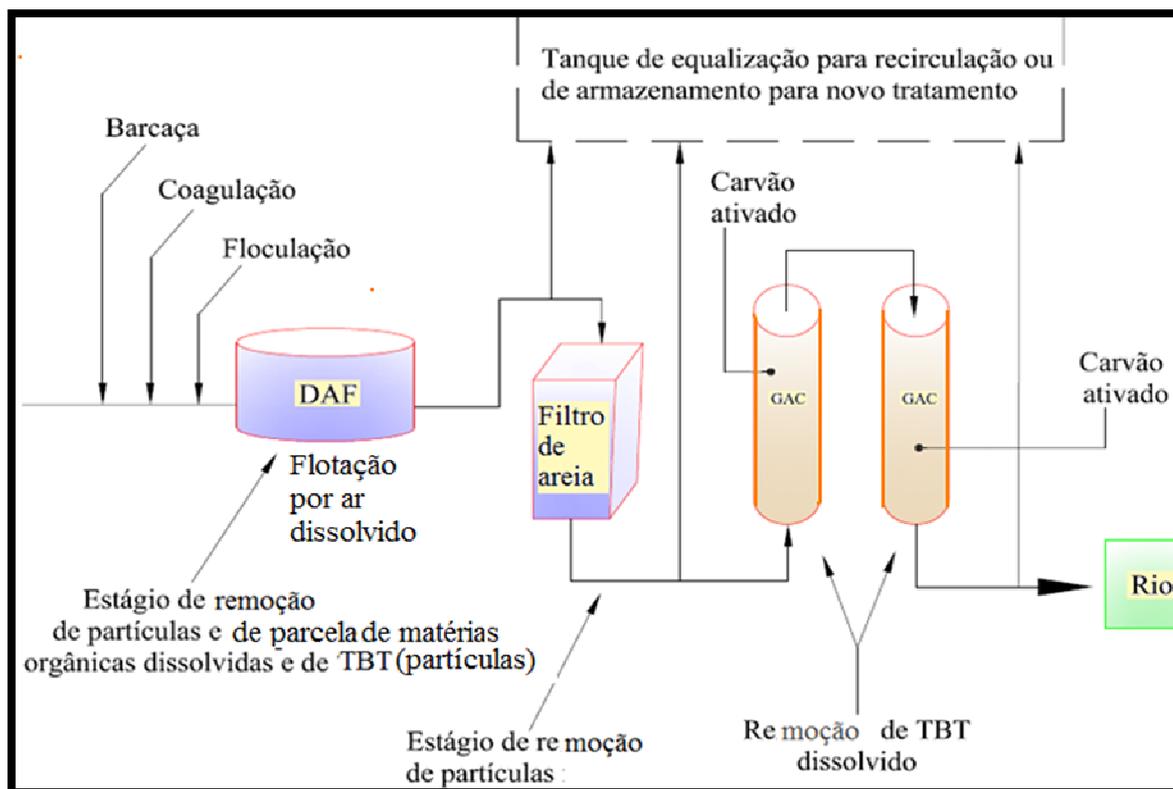


Figura 39 - Diagrama de fluxo do esquema da instalação de remoção de TBT, por flotação (FAD) e carvão ativado (GAC).
Complementação do tratamento já existente no estaleiro Norfolk.
Fonte: FOX, BEACHAM e SCHAFFRAN (2003).

Ashcroft; Abel (1999) desenvolveram a operação de extração por solvente na Universidade de Sunderland no Reino Unido, e esta será implantada em uma ampla gama de processos industriais, principalmente no tratamento de efluentes de diques. O processo de extração de solvente tem conseguido reduzir os níveis de TBT, de 2 mg / L para 200 ng / L em um único estágio. Além disso, outra vantagem é a minimização do volume de resíduos produzidos, já que o volume de solvente necessário é de 2-4% do volume tratado.

O processo de um tratamento de extração por solvente é mostrado na Figura 40. Este consiste inicialmente na remoção de sólidos grosseiros e a transferência das águas residuárias do fundo do dique (1), bombeadas e desaguadas no sistema propriamente dito. O sistema é dotado de um tanque de equalização (2); após o tratamento primário, as águas residuárias são bombeadas (3) para o tanque de mistura com o solvente (4). Antes deste tanque, uma fração do afluente é previamente desviado (5) para dosagem (6), a qual serve de base para definição da quantidade de solvente necessária (no tanque de contato) para a extração do TBT. A partir do tanque de contato, a mistura entra no módulo de separação (7), onde solvente e água limpa são separados. A água pode ir para a descarga (8) ou retornar para mais tratamento (9). O

solvente é recolhido (10) para a reutilização, tratamento ou eliminação (ASHCROFT e ABEL, 1999).

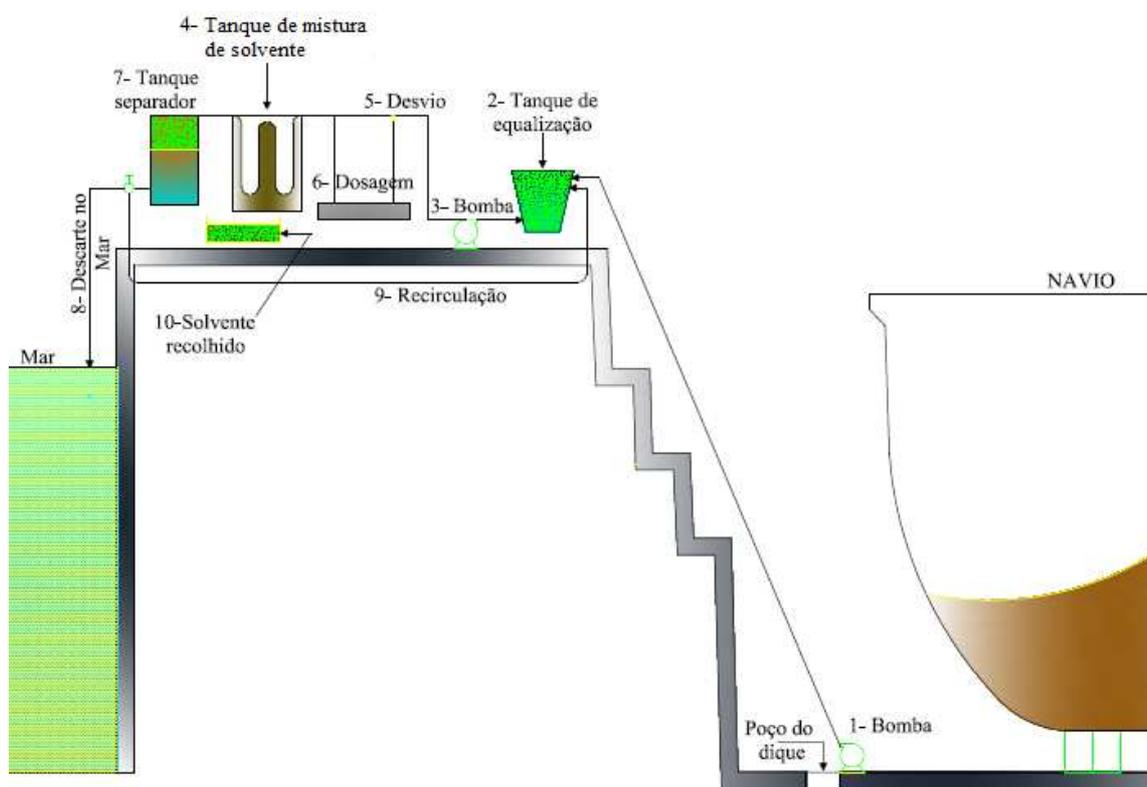


Figura 40 - Extração por solvente.

Fonte: ASHCROFT e ABEL (1999), adaptado.

Pelos processos apresentados, a escolha de uma ou a combinação entre duas ou mais técnicas, sempre dependerá do potencial de cada técnica, dos mecanismos envolvidos, na redução do contaminante de interesse, Mierzwa (2005). Tomando como referência as pesquisas apresentadas, e com base nas observações e acompanhamento dos serviços de jateamento realizados em um dique, foi elaborada a proposta do processo de tratamento apresentado a seguir.

6.1.5.5 Proposta para tratamento de efluentes líquidos do dique de reparo do Arsenal

O corpo receptor, não sendo considerado como de classe especial, poderá receber o efluente tratado de determinadas instalações industriais. A autorização para a descarga dos efluentes varia de um estado para outro, os estaleiros devem desenvolver seus próprios

métodos e sistemas de tratamentos, com a caracterização e a quantificação adequada dos efluentes, o dimensionamento dos tanques de equalização, tanques de decantação e sistemas de filtração.

O tratamento no local, através de estação de tratamento de efluentes industriais (ETEI), geralmente exige que os contaminantes das águas residuárias, tais como lascas de tinta, organismos marinhos, granalhas gastas durante o processo de jateamento e outros sedimentos devam ser removidos antes da descarga.

Na bibliografia internacional, muitos estaleiros desenvolveram seus próprios métodos e sistemas de tratamento, como tanques de decantação, sistemas de filtração e métodos de tratamento químico, a maioria procurando economicamente cumprir os requisitos para o tratamento destes resíduos e efluentes.

Após a pesquisa sobre sistemas de tratamentos, implantados e experimentais existentes, procurou-se analisar três opções de tratamento, abrangendo:

- Como primeira proposta, desenvolver um sistema de tratamento até obter índices que permitam o descarte dos efluentes no corpo aquático adjacente.
- Como segunda alternativa, apresentar um ciclo fechado de água, inclusive com a dessalinização, reaproveitando a água.
- Como terceira e última opção, a alternativa de realizar o tratamento até que o efluente obtido atenda os padrões exigidos pela concessionária e possa ser descartado na rede pública. Na Figura 41, encontra-se representado o fluxograma do tratamento proposto.

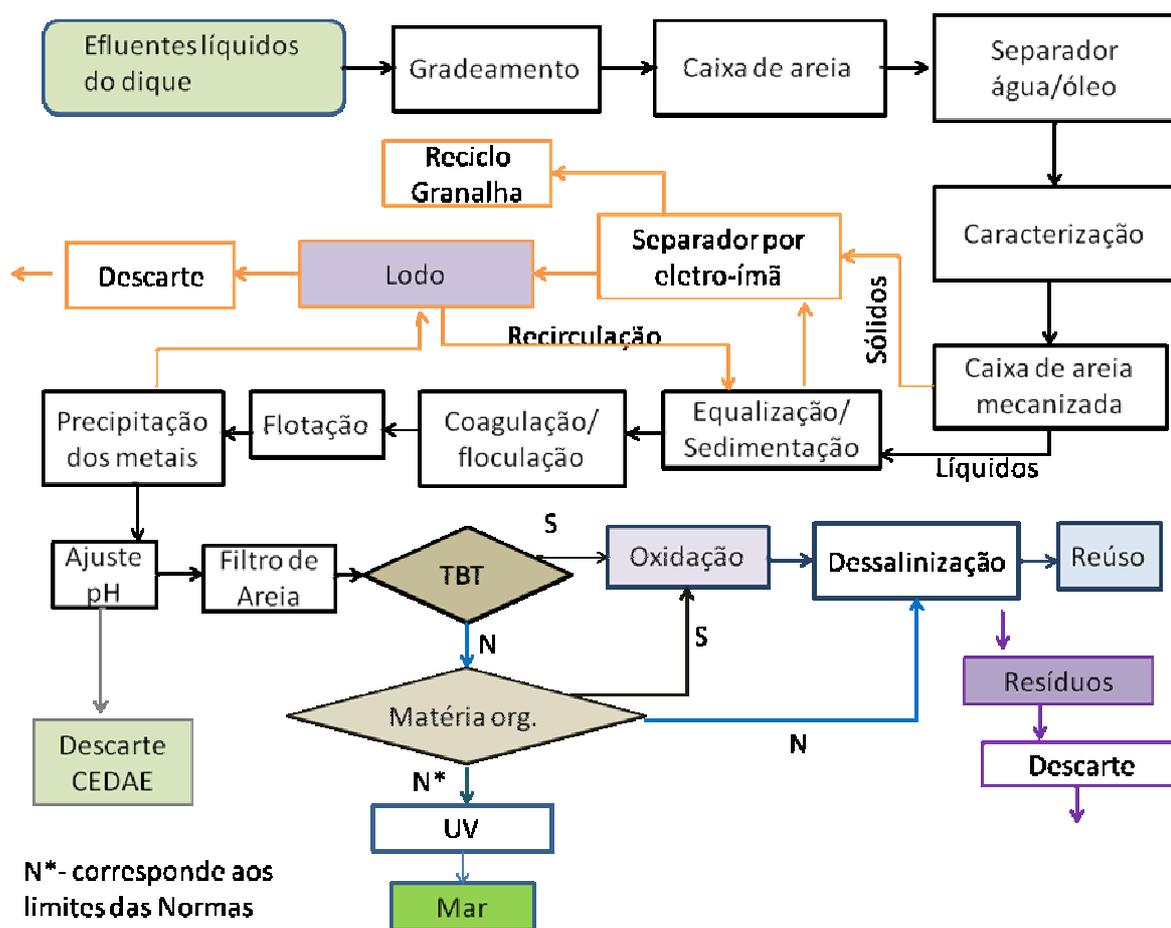


Figura 41 - Fluxograma da proposta da estação de tratamento do dique.

Na proposta de tratamento dos efluentes gerados durante os processos de jateamento, foram consideradas como diretrizes básicas: separadores de água e óleo; tanques de sedimentação, com a função de sedimentar lascas de tintas, cracas e granalhas; precipitação de metais; eliminação da matéria orgânica; redução da toxicidade do TBT e, no caso de reúso para utilização em jateamentos, também dessalinizar.

O processo proposto consiste em, inicialmente, os efluentes passarem por tratamento para a remoção dos sólidos grosseiros e finos, provenientes de detritos ou pedaços de materiais que existam dentro do dique, passando por sistemas de gradeamento e de peneiramento. Após, o fluxo segue para a caixa de areia, onde haverá a sedimentação dos sólidos sedimentáveis, e para o tanque separador de água e óleo, retirando os óleos não solúveis. Na sequência, são armazenados no tanque de equalização, onde as variações de vazão serão amortecidas.

A próxima etapa será a do tratamento primário de coagulação e floculação, onde ocorrem a desestabilização dos colóides com a introdução de coagulantes e a formação de flocos. Isso aumenta a eficiência da próxima etapa, a flotação, na qual com ar e polímeros, há a formação de bolhas que adsorvem as partículas de gorduras, proteínas, argilas e micro-organismos e flutam, removendo estes resíduos. Na etapa seguinte, ocorre a precipitação química dos metais tóxicos pela formação de hidróxidos. Nesta fase, a maior dificuldade é a precipitação concomitante de diversos metais.

Uma derivação no processo deverá ocorrer na saída da passagem da caixa de areia mecanizada, desviando os sedimentos e as granalhas para o separador com eletro-ímã, possibilitando o reciclo destas.

Caso deseje-se o reuso para aplicação no próprio trabalho de jateamento, segue-se para um tratamento secundário, que pode ser por oxidação ou tratamento eletrolítico de matéria orgânica. Neste estudo, optou-se pelo processo oxidativo pelo fato de ser destrutivo, não transferindo os poluentes de uma fase aquosa para uma segunda fase, sólida. Constitui-se no processo indicado quando a alimentação é recalcitrante à biodegradação e/ou inibitória e tóxica à biocultura.

O processo oxidativo submete a tratamento os compostos orgânicos tóxicos, como os complexos derivados de corantes, pesticidas, preservativos de madeira e aditivos plásticos. Sendo indicado para o caso das tintas retiradas serem recalcitrantes ou biocidas.

Para a hipótese de a água tratada ser aplicada em reuso nos serviços de jateamento dos cascos das embarcações, esta deverá ser isenta de sais, portanto, será necessária a dessalinização por osmose reversa.

Na hipótese de descarte na rede coletora pública, atendendo os limites da concessionária, o tratamento poderá ser interrompido antes da etapa de filtração de areia, cuja função é similar à empregada nas instalações de tratamento de águas, podendo ser utilizada nas remoções de sólidos em suspensão e de bactérias que não foram removidos no decantador ou na precipitação.

Considerando-se o descarte em um corpo receptor, o efluente, sem TBT, seguirá a seqüência explicitada no fluxograma com o ajuste do pH, filtro de areia e UV.

Para um melhor delineamento da tratabilidade da estação, deverá ser realizado um protótipo, simulando um processo por bateladas com as águas residuárias do dique, sendo tratadas em datas diferentes com temperaturas semelhantes às do local onde será instalada a estação, retirando-se amostras, após as etapas decisivas de descarte.

Como caráter elucidativo, a **Tabela 16** apresenta os resultados das caracterizações das águas residuárias de lavagem de pressão em diques do Município de Seattle, METRO, que em 1992, realizou as coletas dos efluentes e obteve os dados discriminados a seguir.

Tabela 16 - Exemplo de resultados das águas residuárias de lavagem de pressão.

Parâmetros	Unidades	Média	Valores máximos ou faixas de variações
pH	Sem unidades	7,2	6,7 – 8,2
Turbidez	Sem unidades	469	1700
Sólidos Suspensos	mg/L	800	3100
Óleos e graxas	mg/L	Sem iridescência visual	
Cobre	µg/L	55.000	190.000
Chumbo	µg/L	1.700	14.000
Zinco	µg/L	6.000	22.000
Estanho	µg/L	490	1.400
Arsênico	µg/L	80	100

Fonte: SHAFRAN et al. (1998).

Estas concentrações de metais (cobre, chumbo, zinco) no esgoto excedem os padrões típicos para a descarga de esgoto sanitário e supera a qualidade da água dos corpos receptores dos padrões das normas ambientais americanas por um fator de cerca de 1.000, Schafran (1998). Giordano também considera importante a verificação dos valores de Carbono orgânico total como indicador de matéria orgânica, já que o DQO sofre interferências do íon cloreto.

6.1.6 Coleta, armazenamento e destinação dos resíduos sólidos

➤ Gestão de Resíduos

Os resíduos sólidos no Brasil são definidos pela Norma Brasileira -NBR nº 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1987), considerando todos os resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

Para orientar a prática mais adequada na destinação de resíduos, legislações e Normas técnicas específicas vêm sendo desenvolvidas nos níveis federal, estadual e municipal. No Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente, INEA, através da Diretriz 1310

de 2004 – Sistema de Manifesto de Resíduos realiza o rastreamento dos resíduos, acompanhando o seu descarte em aterros apropriados para cada classe determinada na ABNT.

O dique de reparo gera uma grande variedade de resíduos sólidos de impacto nocivo ao meio ambiente. Dentre os resíduos perigosos que deverão ter destinação adequada, destacam-se: material isolante térmico que contém amianto; lama do fundo de dique misturada com resíduos de tinta, óleo, produtos que contenham metal pesado; resíduos sólidos gerados em atividades de corte e solda; sucatas de baterias das embarcações, óleos de máquinas e equipamentos; madeira, barreiras de absorção, trapos, esponjas ou qualquer outro material contaminado com óleo; recipientes contaminados, tinta ou produtos químicos; sucatas metálicas ferrosas e não ferrosas; escória do cobre empregada em serviço de jateamento e lâmpadas fluorescentes.

Para o caso de vazamentos das embarcações, deverão ser previstos os mesmos cuidados observados para derramamentos de óleos, com instalação de barreiras de contenção e a distribuição de materiais absorventes para a retirada da água com óleo. Já para grandes vazões, será necessário o bombeamento para o tanque de equalização a fim de proceder ao tratamento deste efluente ou ao descarte por empresa terceirizada credenciada pelo órgão ambiental fiscalizador.

Todos os resíduos sólidos do dique, transportados para destinação final, só deixarão as dependências do estaleiro com o documento denominado Manifesto de Resíduo, documento determinado pelo órgão estadual fiscalizador para manter a rastreabilidade do resíduo e assegurar a sua correta destinação final.

Todas as embarcações docadas devem segregar do lixo comum, materiais recicláveis descartados (papel, papelão, plástico, vidro e latas) e descartar nos coletores próprios, dispostos ao longo do dique, destinados e identificados para este fim.

➤ Programas de Monitoramentos

Em paralelo com as medidas necessárias para a gestão e o tratamento dos efluentes e dos resíduos do dique, também deverão ser implantadas as boas práticas de gestão conforme, detalhado no item 6.2.

6.2 Boas Práticas de Gestão

Devido às grandes dimensões das embarcações, existem limitações físicas para a realização dos reparos e tratamento dos cascos em locais fechados. Em virtude deste

empecilho, a grande maioria das atividades de reparo e de construção naval ocorre próxima a baías, estuários e rios.

Galpões, com coberturas e fechamentos laterais, possuem condições que facilitam o controle das emissões atmosféricas, evitam o acesso das águas pluviais, dos ventos e de outros parâmetros que, no caso de instalações a céu aberto, influenciam e dificultam as tarefas de controle da poluição.

A falta de contenção torna-se uma das causas das grandes quantidades de disseminação de contaminações e uma das razões pelas dificuldades de controle e minimização dos impactos ambientais nesses locais.

Segundo o conteúdo e comentários do relatório *National Steel and Shipbuilding Company* (NASSCO, 1998), das operações realizadas a céu aberto, as que se caracterizam como mais complexas, para o controle e tratamento ambiental, são as relacionadas com as atividades no interior de um dique (John Martin e Brooke Davis, 1998 in NASSCO).

Em complemento a esta afirmação, de acordo com o relatório final de Schafran (1998), de todos os serviços gerados no interior de um dique, a aplicação e remoção de tintas em cascos de navios são os tipos de serviço que têm despertado mais atenção.

Uma das maneiras que as legislações internacionais, USEPA, 1979, EPA 440/-79/076b, e agências do Estado *_National Pollutant Discharge Elimination System_* (NPDES) encontraram para gerenciar estas atividades impactantes foi através da aplicação das *Best Management Practices*, BMPs, em geral, padronizadas por tabelas ou questionários, que, uma vez preenchidos e com o comprometimento dos operadores, simplificam a complexidade da caracterização dos efluentes.

Na implantação de uma BMP para efluentes líquidos, deverão ser estudadas as fontes internas, oriundas das operações no dique, e as fontes externas, devido aos processos de alagamento e devido às águas pluviais. As primeiras fontes permitem a entrada de águas externas que, ao serem terminadas as tarefas, são expulsas da bacia, carregando os resíduos sólidos e águas residuárias. Já as águas de chuva, em contato com os resíduos, poderão solubilizá-los ou transportá-los. Enquanto as atividades mais poluidoras de um estaleiro, realizadas sem cobertura, só tem acesso ao mar através das redes de águas pluviais, o dique libera com a porta e emissários todos os efluentes. Os efluentes liberados podem ser observados no esquema da Figura 42 com os fluxos de entradas e de saídas de águas.

Fluxo de Entradas e Saídas de Emissões Líquidas

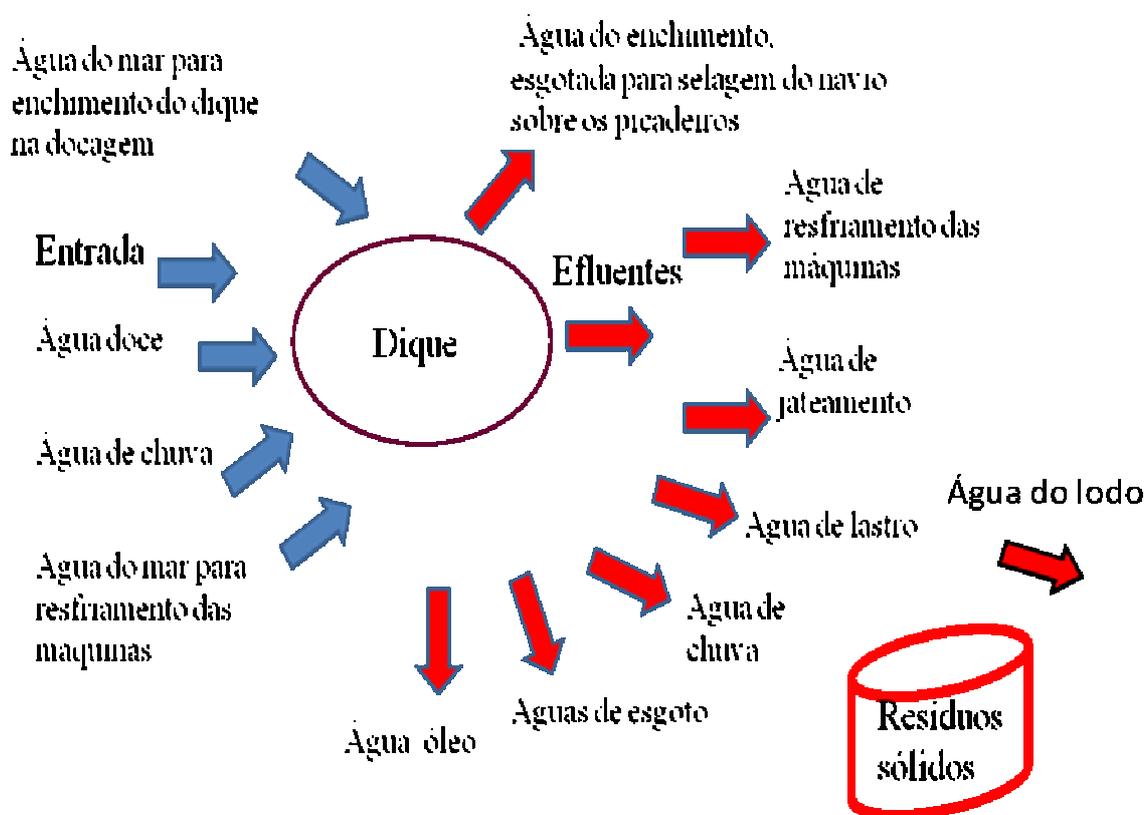


Figura 42 - Fluxo de entrada de água com saídas de emissões de efluentes líquidos e resíduos sólidos.

Fonte: Própria.

As melhores práticas para os trabalhos no interior de um dique, essencialmente, correspondem em evitar que os contaminantes, sob a forma de resíduos e de efluentes, sejam disseminados no meio ambiente marítimo. A propagação líquida é efetuada pelos dois principais meios de saída de águas residuárias: as redes de alagamento/esgotamento do dique e as de águas pluviais.

Mesmo quando há a segregação dos efluentes, diques antigos possuem redes de drenagem e de esgoto que desembocam em um único aqueduto, comum às duas, provocando o encontro das águas. Neste caso, é difícil a separação física dos efluentes.

As águas utilizadas para os jateamentos do casco, lavagens de casas de máquinas, de tanques e de caldeiras dos navios docados, assim como as de resfriamento dos equipamentos, as águas de lastro e de outros efluentes devem ser distribuídas em diferentes fluxos para serem submetidas a tratamentos ou descartes terceirizados.

Estas águas contêm uma carga considerável de substâncias tóxicas, sendo adequado o tratamento por atividade específica, já que tratar a água que provém de processos *end of pipe*

é quase impraticável, principalmente, se misturadas com os resíduos e lamas que se acumulam no piso do dique durante as operações.

Dentre as medidas de melhores práticas de gestão indicadas para um dique, os cuidados com os processos de segregação e/ou tratamento de efluentes gerados são os mais indicados e devem abranger as determinações indicadas pela EPA enumeradas a seguir.

6.2.1 Sistemas de contenção, coleta e segregação de efluentes líquidos

a) Estabelecer como chegar a um método de captação das águas residuárias geradas, verificando a rede de drenagem, com caimento para um ponto provável de captação, em geral, correspondendo ao ralo do dique.

b) Instalar pisos e proteções verticais impermeáveis, para a contenção das lascas de tinta e jateamentos secos, podendo também formar uma bacia de contenção das águas residuárias geradas, conforme representado na Figura 43. Para situações com jateamentos em pequenas áreas, o isolamento pode ser realizado com uma lona impermeável temporária.

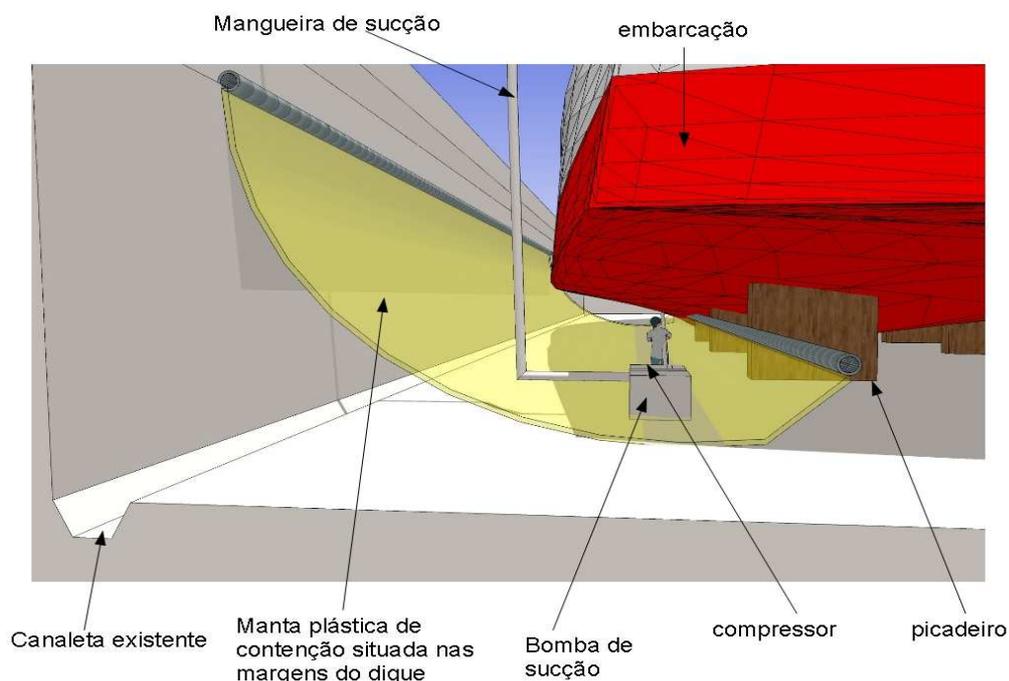


Figura 43 - Esquema de contenção parcial, com lona plástica, dos efluentes líquidos gerados durante o jateamento úmido.

Fonte: Própria.

c) Proibir o uso de inibidores de corrosão, que apresentem ácido nítrico no jateamento úmido, principalmente se o descarte for para um lago.

d) Elaborar mapa das áreas de influência dos trabalhos, identificando e assinalando os locais onde as fontes de poluição têm a probabilidade de serem misturadas à chuva ou ao escoamento superficial, destacando-se: manutenção e reparação de motores, tanques e equipamentos do navio; hidrojateamento; pintura, soldagem, jateamento; serviços de fabricação, áreas de carga e descarga, tratamento, armazenamento e eliminação de resíduos; tanques de armazenamento de líquidos; áreas de armazenamento de líquidos (tintas, solventes, resinas); áreas de armazenamento de material (meios de jateamento, alumínio, aço, sucatas) e áreas com significativas emissões de partículas de poeira (jateamento abrasivo, raspagem, pintura).

e) Atingir, após tratamento do efluente, os padrões de qualidade da água do corpo receptor, estabelecidos pelo Ministério do Meio Ambiente, MMA, e pelo estado, atendendo, para o descarte dos efluentes no corpo receptor, a todas as exigências promulgadas pelas legislações, orientações ou normas.

f) Implantar e descrever as medidas para evitar que os sólidos abrasivos (granalhas e areias), lascas de tinta e *overspray*, utilizados nos processos de pintura e jateamentos, descarreguem em águas receptoras ou de sistemas de drenagem de águas pluviais.

g) Conter os efluentes das atividades de raspagem e pintura, impedindo a descarga dos contaminantes no ambiente, tais como: coberturas ou barreiras plásticas ou lonas, durante operações de jateamento ou pintura, para conter os sprays de pintura no ar, Figura 44.

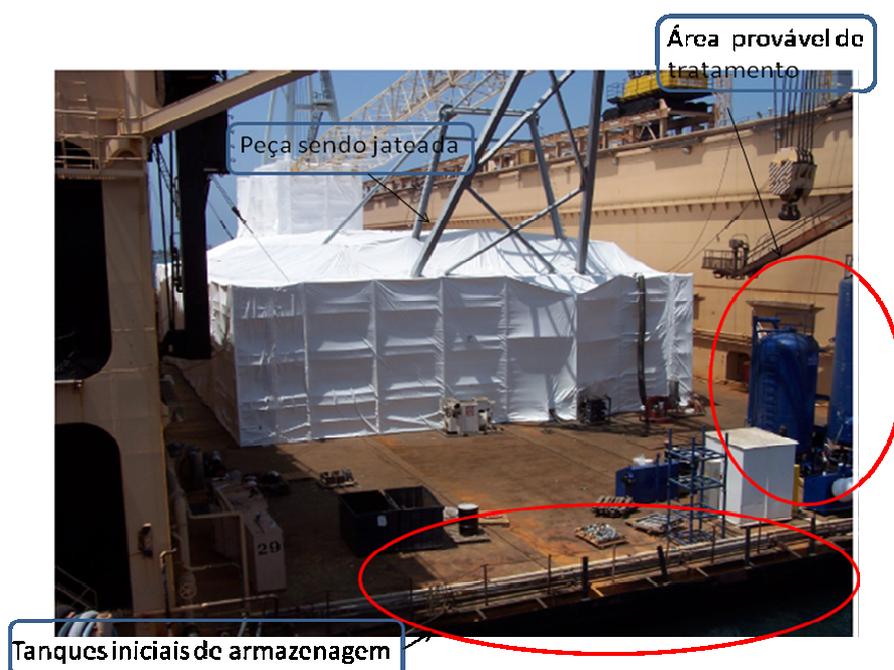


Figura 44 - Ambiente contido, peças reparadas com isolamento de mantas plásticas.
Fonte: Drydock cleaning BAE.Systems.pdf.

h) Limpar regularmente as redes de águas pluviais e os depósitos de resíduos de jateamento abrasivo e lascas de tinta.

i) Rotular e conservar todos os materiais poluentes líquidos ou sólidos (tais como, combustíveis, tintas, solventes, óleos usados, anti-congelantes, baterias) da armazenagem, em bacias de contenção, em local protegido e seguro, afastados de esgotos (EPA).

j) Implantar e descrever as medidas para impedir ou minimizar a contaminação devido à precipitação ou ao escoamento superficial nas áreas de armazenamento. Especificar quais os materiais são guardados em ambientes fechados ou em recintos ao ar livre.

l) Delinear todas as atividades de manutenção, mantendo um inventário organizado dos materiais utilizados na oficina, recolhendo todos os restos dos fluidos antes da eliminação.

m) Descrever as medidas para impedir a contaminação devido à precipitação ou ao escoamento superficial de material, descrever as diretrizes de medidas de BMP para a movimentação, tratamento de substâncias poluentes nas áreas (por exemplo, abastecimento, pintura e mistura de solvente, e a eliminação de águas residuárias dos processos dos navios).

n) Implantar o programa de manutenção preventiva, realizando a inspeção e manutenção de redes de águas pluviais, inspecionar e testar equipamentos e instalações, avaliando as condições que podem causar avarias ou falhas que poderão resultar em descargas de poluentes para as águas superficiais.

o) Elaborar manual, descrevendo os procedimentos de rotina para a manutenção e limpeza do dique seco, evitando ou minimizando a mistura dos poluentes presentes nos escoamentos das águas residuárias e das águas pluviais. Alertar para procedimentos não rotineiros, por exemplo: a docagem de embarcação fora dos padrões usuais, como o originário de outro país, podendo conter tintas com TBT aderidas no casco.

p) Usar lonas plásticas, formando bacias de contenção em torno das áreas de jateamento, para captura e controle de detritos e de águas residuárias, Figuras 45 e 46.

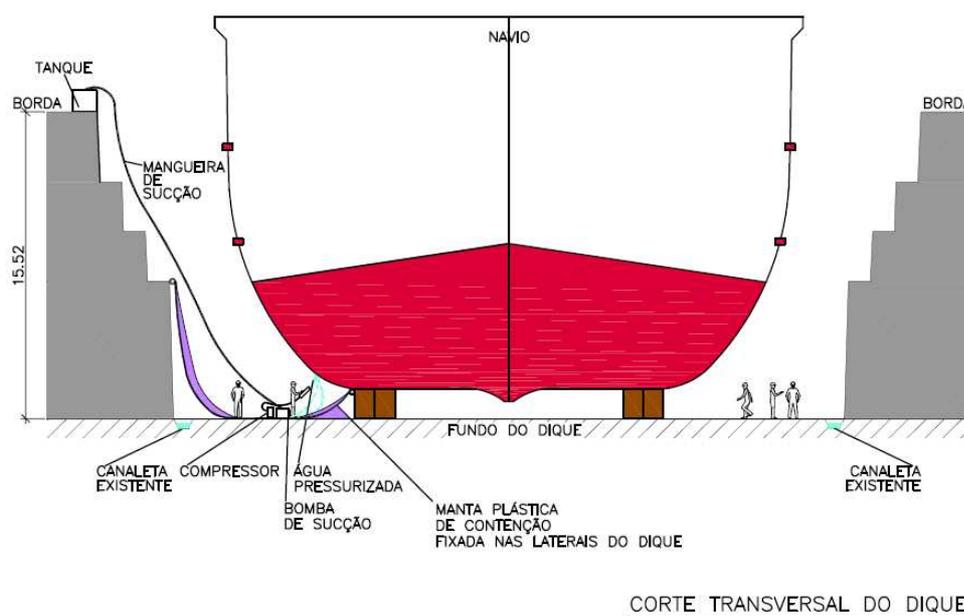


Figura 45 - Desenho esquemático do trabalho de jateamento, utilizando lonas como bacias de contenção.

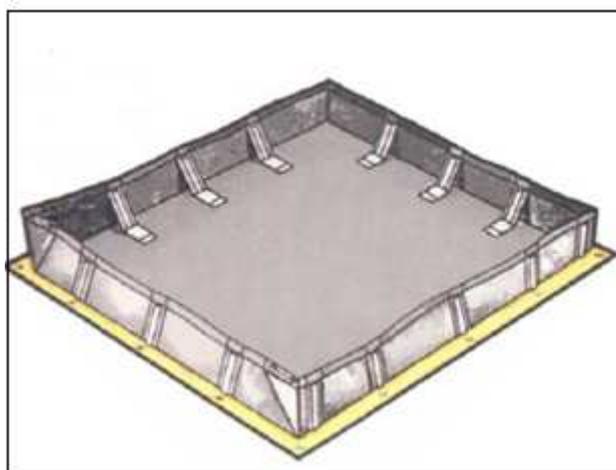


Figura 46 - Piscinas de contenção para segregação pontual das águas residuárias.
Fonte: *Carolina Equipment & Supply* apud FRENZEL (2001).

q) Instalar mantas de isolamento em todo o dique, utilizando o sistema de segregação total. Nesta opção de barreira total, considera-se como referência o sistema “IMPROTECTOR CONCEPT”. Este método corresponde a uma barreira impermeável que envolve completamente a superfície da doca, isolando suas redes e canaletas, impedindo o acesso das águas residuárias (COUTTS 2006; DPIFM, 2006; COUTTS; FORREST; PANNELL, 2007), Figura 47.

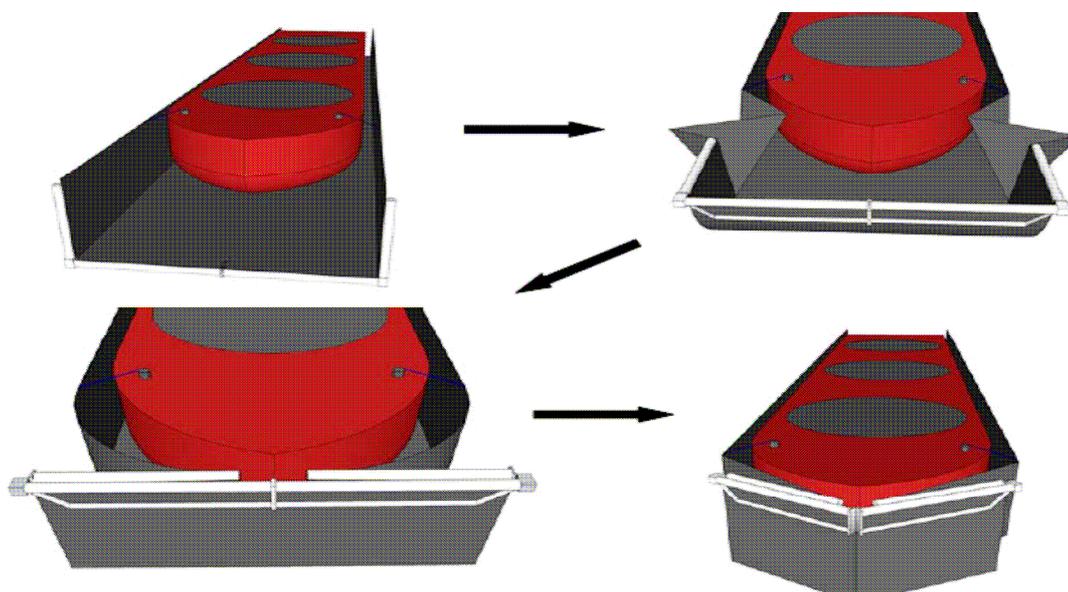


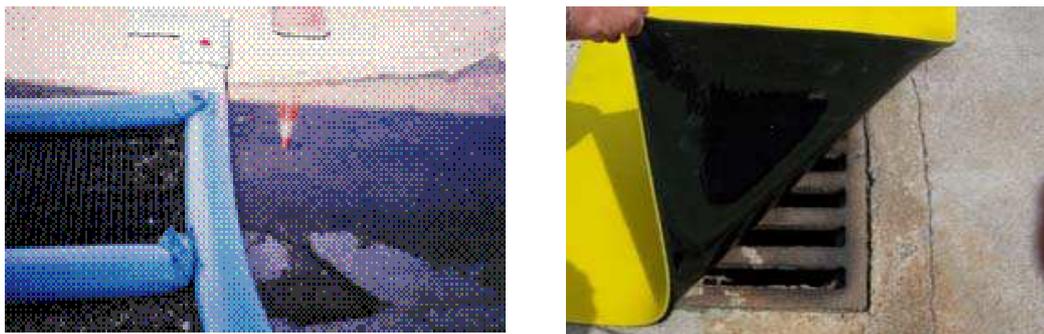
Figura 47 - Sistema “IMProtector” com proteção total da bacia do dique. Isolamento das águas residuárias, impedindo a saída para o mar.
Fonte: Enclosure treatment (2009).

r) Pesquisar sistemas modernos com menos consumo de água (por exemplo, robótica móvel), reaproveitando a água para trabalhos adicionais ou efetuando a recirculação.

6.2.2 Captação de águas pluviais

As diretrizes dos trabalhos no dique sempre deverão estar focadas para que sejam constantes as limpezas do fundo e os trabalhos de segregações de substâncias contaminantes, de tal forma que dificulte a mistura das águas de chuva com os efluentes líquidos ou com os resíduos sólidos, deverão ser obedecidos os cuidados especificados para as águas residuárias, item 6.2.1, para os resíduos sólidos, item 6.2.4, e o disposto a seguir.

a) Isolamento das redes de águas pluviais, protegendo-as através de coberturas ou desviando-as, procurando separá-las das atividades industriais, reduzindo o fluxo das águas de chuva que transporta poluentes para o corpo receptor, Figuras 48 e 49.



Figuras 48 e 49 - Materiais de isolamento dos ralos de drenagem de águas pluviais, bermas e tapetes.

Fonte: Carolina Equipment & Supply apud FRENZEL (2001).

b) Considerar a instalação de barreiras, impedindo o escoamento dos efluentes na direção das redes de águas pluviais e encaminhar o escoamento direto para poços de bombeamento do sistema de tratamento.

6.2.3 Reúso de águas nos diques

Reúso é a recuperação da água sem qualquer alteração da qualidade, tornando-se viável quando ocorre compatibilidade entre a qualidade do efluente e os requisitos do consumidor industrial.

A técnica do reciclo consiste na recuperação da água, após a melhoria de sua qualidade, utilizando o tratamento secundário ou terciário para algum tipo de consumidor, desde que sejam atendidos seus requisitos de qualidade.

De acordo com Mierzwa (2002), de maneira geral, uma definição aceita para o termo reúso da água é: “uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”. Esta conceituação caracteriza o reciclo como uma forma de reúso, sendo que, também, deverá ser observado que, quando a água tratada for aplicada para o reúso, os limites a serem atendidos irão depender da nova aplicação destas águas.

Para se utilizar o reúso e atender às exigências das qualidades das águas necessárias na nova aplicação, em função da complexidade da atividade, é preciso conduzir um estudo detalhado para implantar cada uma das opções disponíveis (FIESP/CIESP, 2005).

Na **Tabela 17** constam exemplos de quatro atividades com potenciais para aplicações das práticas de reúso de efluentes, pesquisados por Junior (2007), compreendendo: consumo

de água no processo de pintura; reposição de perdas em torres de resfriamento; lavagem de pisos e irrigação de áreas verdes industriais, e em descarga sanitária.

Tabela 17 - Requisitos físico-químicos e microbiológicos mínimos necessários para reutilização de água recuperada.

Parâmetros	Unidade	Potenciais locais de consumo de água recuperada			
		Águas de Processo (Pintura)	Torre de resfriamento	Lavagem de pisos e irrigação de áreas verdes industriais	Descarga sanitária
Temperatura	°C	Ambiente	Ambiente	Ambiente	Ambiente
pH	~	6 – 8 ⁽¹⁾	6 – 9 ⁽²⁾	6 – 9 ⁽²⁾	6 – 9 ⁽²⁾
Turbidez	NTU	≤ 2 ⁽⁸⁾	≤ 3 ⁽⁴⁾	≤ 2 ⁽²⁾	≤ 2 ⁽²⁾
Cor	Hazen	≤ 20 ⁽⁷⁾	SE	≤ 15 ⁽⁶⁾	≤ 15 ⁽⁶⁾
DQO	mg/L	≤ 50 ⁽⁹⁾	≤ 75 ⁽⁵⁾	≤ 25 ⁽¹⁰⁾	≤ 25 ⁽¹⁰⁾
DBO ₅	mg/L	≤ 30 ⁽⁸⁾	≤ 30 ⁽²⁾	≤ 10 ⁽²⁾	≤ 10 ⁽²⁾
CT	mg/L	SE	SE	SE	SE
COT	mg/L	SE	SE	SE	SE
CI	mg/L	SE	SE	SE	SE
ST	mg/L	≤ 1005	≤ 530	SE	SE
SST	mg/L	≤ 5 ⁽⁷⁾	≤ 30 ⁽²⁾	SE	SE
SDT	mg/L	≤ 1000 ⁽⁷⁾	≤ 500 ⁽⁵⁾	≤ 1000 ⁽⁶⁾	≤ 1000 ⁽⁶⁾
Coliformes Totais	NMP/100mL	≤ 2,2 ⁽⁸⁾	SE	SE	SE
Coliformes Fecais	NMP/100mL	Ausente ⁽⁹⁾	≤ 200 ⁽²⁾	Ausente ⁽²⁾	Ausente ⁽²⁾
Condutividade	μS/cm	SE	800 – 1200 ⁽³⁾	SE	SE
Dureza	CaCO ₃	≤ 30 ⁽¹⁾	50 – 180 ⁽³⁾	≤ 500 ⁽⁶⁾	≤ 500 ⁽⁶⁾

(1) **Fonte:** ALEXSSANDRA ANGELINO, contato pessoal, (2006); (2,3,4,7,8) **Fonte:** US EPA (2004); (5) **Fonte:** METCALF & EDDY (2003); (6) **Fonte:** Valor máximo recomendado para água portátil, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de 25/03/2004; (9) **Fonte:** Ezequiel SERAFIM, contato pessoal, (2006); (10) **Fonte:** FLORENCIO(coordenadora),FINEP/PROSAB 4 (2006); (11) **Fonte:** Considerando o valor da DQO 2,5 vezes maior que a DBO₅; Apud: Airton Oenning Júnior, 2007.

SE - Sem Especificação encontrada; CT-Carbono Total; COT- Carbono Orgânico Total; CI- Carbono Inorgânico; ST- Sólidos Totais, SST- Sólidos Suspensos Totais e SDT- Sólidos Dissolvidos Totais.

Uma forma de reúso corresponde à operação robotizada na limpeza dos costados dos navios. O sistema concebido pela Agência Espacial Americana, NASA, para atuar em estruturas espaciais, foi adotado na indústria naval. Este equipamento possui dupla função,

proporcionando o máximo benefício, uma vez que limpa as superfícies do costado e recolhe os efluentes, tratando-os automaticamente, reduzindo os gastos com instalações de estações de tratamento destas águas residuárias e economizando parte das atividades de BMP, que exigem a constante limpeza do fundo do dique, que, pelo novo processo, terá poucos resíduos remanescentes.

Haverá a redução dos volumes de águas residuárias e da necessidade de armazenamento destas águas em tanques para futuro tratamento.

O sistema é totalmente móvel e pode operar no estaleiro, dentro de um dique seco, ou em um porto. Os elementos básicos incluem uma bomba de alta pressão de água, um transportador teleoperado com braço com eixos telescópicos, um processo de recuperação de águas residuárias, conectado a reboque e um sistema de controle remoto.

Uma contra indicação será pelo fato das máquinas de alta pressão necessitarem de água com pureza muito elevada, a fim de evitar a constante manutenção e a reposição de peças.

Em um sistema de ciclo fechado, como o utilizado no processo robotizado, quando a água residuária é aspirada, chega com sais, que se acumulam na máquina, como o sódio, que sai do casco no crescimento orgânico. Também há o óleo e a graxa que saem do casco; o sal e o óleo causam problemas para a bomba e para a performance da pintura. Estes contaminantes afetam negativamente o desempenho de revestimentos, precisando ser monitorados.

6.2.4 Coleta, armazenamento, processamento e destinação dos resíduos sólidos

Os resíduos gerados pelas atividades do dique incluem abrasivos gastos, solventes e óleos gastos, gotas de tintas, produtos de limpeza, compostos anticorrosivos, lascas de tinta, sucata de metal, as hastes de soldadura, carepas, madeira, plástico, resina, fibras de vidro, e diversos lixos. Quando não são adequadamente controlados, esses materiais podem entrar na corrente das águas de jateamento e pluviais, contaminando o meio-ambiente. Surge então a necessidade de cuidados durante as operações do dique, atendendo às diretrizes especificadas pelas boas práticas de gestão, como discriminadas a seguir:

- Decidir entre o armazenamento ou o descarte de materiais abrasivos, desgastados durante a execução dos serviços, assim como a utilização de sobras de metais como matéria prima na fundição.

- Considerar a implantação de um plano de controle de estoque para limitar a presença de materiais potencialmente perigosos no local.
- Segregar os óleos lubrificantes e encaminhar para rerrefino. Armazenar os resíduos de solventes para reutilização.
- Observar cuidados com a segregação dos restos de metais de corte e solda ou por demais fontes, não permitindo a contaminação do fundo do dique.
- Implantar a coleta seletiva.
- Implantar e descrever cronogramas de rotina no estaleiro para a manutenção e limpeza. Retirar regularmente os materiais jateados, resíduos e sucatas do pátio, como: granalhas, metal, madeira, plástico, lixos diversos, papel, vidro, sucata industrial, isolamento, hastes de solda, embalagens, etc.
- Segregar os resíduos sólidos e efluentes para que não ocorra a mistura com as águas pluviais.
- Os resíduos provenientes do jateamento com escória do cobre devem ser armazenados em reservatórios cobertos, até o descarte e destinação final desse material por empresa devidamente licenciada às destinações finais desse material.
- Proibir acúmulo de resíduos perigosos no interior das docas secas. Exigir que baterias gastas, lâmpadas fluorescentes, ânodos de zinco, lastro de chumbo e outros metais tóxicos retirados das embarcações devam ser contidos em tambores específicos para cada tipo de contaminante. Serão cobertos, para evitar o contacto com a chuva.
- Possuir estoques de materiais absorventes e de contenção de óleo, facilmente disponíveis para limpar e conter derramamentos.
- Estabelecer medidas de prevenção e de contenção de derramamentos oleosos.
- Armazenar corretamente lubrificantes e resíduos oleosos, classificados como de alto risco para a saúde humana e para o ecossistema aquático, devendo ser armazenados em tonéis cobertos e descartados como resíduos perigosos, Figura 50.



Figura 50 - Armazenamento de óleo em tonéis no fundo do dique.

Fonte: NSRP, SP1 062007 (2007).

- Realizar inspeções nas saídas das embarcações, confirmando a ausência de brilho nas águas, caso contrário, instalar sistema de absorção ou de contenção de óleo.

6.2.5 Monitoramento e controle de emissões atmosféricas

- Proibir serviços de decapagem e pintura sobre águas abertas ou em ambiente incontido em condições de vento forte, tornando ineficaz a contenção. Figuras 44 e 51.
- Instalar sistema de exaustão de ar adequado, durante a remoção da pintura e as varrições de poeiras, resíduos e detritos do jateamento.
- Criar áreas de exclusão com fechamentos laterais e coberturas, isolando com lonas, plásticos ou madeiras as áreas de trabalho, impedindo a proliferação no ambiente de gases, pó e poeiras. Os objetos ou estruturas devem ficar totalmente contidos e serem providos de sistema de exaustão, Figura 51.



Figura 51 - Isolamentos e sistema de exaustores.
 Instalados durante o processo de jateamento abrasivo seco.
 Fonte: NSRP, SP1 062007 (2007).

- O ar deve ser monitorado para garantir que os trabalhadores e o meio-ambiente fora do recinto não fiquem expostos a níveis elevados de contaminantes.
- Quando for possível, utilizar pintura eletrostática, trabalhando com cargas eletrostáticas que eletrizam a tinta na pistola no momento em que é projetada contra a peça, que está aterrada. A tinta eletrizada é atraída pelo campo eletrostático para a peça, reduzindo o grau de contaminação do meio ambiente.
- Quando possível, utilizar sistemas móveis de redes aéreas de água, semelhantes a “sprinklers” móveis, atuando sobre as áreas de trabalho, não permitindo a difusão das poeiras e pó, porém gerando águas residuárias.

6.3 Adequação do ciclo operacional e dos procedimentos operacionais nos diques

6.3.1 Introdução de etapas de limpeza

As melhores práticas de gestão aconselham a limpeza a seco, evitando a geração de efluentes líquidos, contudo, para o caso do fundo do dique, há situações, como às que antecedem à abertura da porta batel, nas quais ocorrem as necessidades de serem efetuadas lavagens (Figuras 52 e 53). Estas limpezas retiram os resíduos sólidos, de forma que, nas

etapas de saída da embarcação, não são transferidos resquícios de poluentes para o corpo receptor. Estes cuidados também reduzem o volume e a complexidade tóxica dos novos efluentes que serão gerados em outras etapas subseqüentes ao jateamento, como as de pintura.



Figura 52 - Término dos trabalhos de limpeza de resíduos.
Início da lavagem do piso do dique.
Fonte: NSRP, SP1 062007 (2007).



Figura 53 - Tanque de armazenamento das águas de lavagem, fixados lateralmente ao dique flutuante.
Fonte: NSRP, SP1 062007 (2007).

As operações de limpeza são fundamentais para a segregação dos poluentes e ferramentas extremamente importantes para evitar a contaminação das águas pluviais, sendo necessário observar os seguintes cuidados para a sistematização dessa etapa operacional do dique:

- a) O piso do dique deve ser limpo no início, durante e após a conclusão dos trabalhos.
- b) Considerar, primeiramente, varrer ao invés de usar mangueira para a retirada de detritos e materiais gastos no jateamento, reduzindo o volume de tratamento necessário.
- c) Utilizar, nas lavagens, águas de chuva tratadas e / ou águas de reúso.
- d) Limpar e varrer completamente o fundo do dique, antes da saída do navio e antes do alagamento do dique, em alguns casos, efetuar a lavagem como complementação da limpeza. Após a retirada do navio e fechamento da porta batel ou adufa, incluir novo procedimento para limpeza de óleo, graxa ou vazamentos de combustíveis ocorridos no dique.
- e) As águas de lavagem do piso devem ser recolhidas para posterior tratamento.

6.3.2 Treinamento de pessoal

Todo o pessoal cujas tarefas possam criar um impacto significativo sobre o meio ambiente deve receber treinamento apropriado, conscientizando-se dos impactos ambientais de suas atividades e os benefícios ao meio ambiente de sua melhoria de desempenho pessoal, comprometendo-se em atender à política ambiental, para isto, será necessário que a administração assuma diretrizes de treinamento de pessoal, como destacadas a seguir:

- Promover programas de treinamento e conscientização relacionados ao SGA para todos os funcionários, direcionados, no mínimo, às seguintes atividades: gestão de óleos usados, gestão de solventes gastos, gestão de abrasivos gastos, eliminação de águas residuais do navio, prevenção de derrames, verificação dos procedimentos gerais de boas práticas de limpeza, redução de disseminação de poluentes nos processos de jateamento e pintura.
- Formar equipes de prevenção à poluição, responsáveis pelo acompanhamento de medidas de controle, de inspeções e de preenchimento de formulários com informações e avaliações de conformidades.

- Realizar inspeções regulares nos diques, impedindo que sejam descarregados, nas redes de águas pluviais, efluentes associados à atividade industrial (por exemplo, a pressão de lavagem, jateamento e lixamento, pintura de armazenamento, material, manutenção e reparação de motores, manuseio de materiais, e dique seco).
- Implantar programa de monitoramento de determinação da toxicidade aguda e crônica dos efluentes tratados das operações do dique, avaliando e monitorando a eficiência dos sistemas de tratamento adotados pelo estaleiro, para diminuir o impacto dos efluentes na fauna do corpo receptor, realizando bio-ensaios com periodicidade, indicada para o adequado monitoramento da área.
- Implantar programas de monitoramento da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos, realizando medições na área de influência direta do dique, acompanhando os níveis de qualidade da água e dos sedimentos ativos na região e certificando os dados obtidos durante os trabalhos de gestão e tratamentos.

6.4 Aspectos legais e normativos para implementação do sistema de gestão ambiental

6.4.1 Normas e documentação do sistema de gestão ambiental (ISO 14001)

A abordagem ambiental de uma indústria é fundamentada no conhecimento dos mecanismos que regulam os seus processos de produção. No caso de um dique de manutenção e reparo, tornam-se necessárias as formulações de estratégias de gestão para cada atividade desenvolvida no seu interior.

Os serviços de manutenção e reparo realizados no dique apresentam uma grande diversidade de processos, resultando na múltipla geração de resíduos e efluentes, podendo conter substâncias oleosas, águas contaminadas, borras de tintas, metais pesados, biocidas, etc. Os navios, quando docados, também geram resíduos sólidos, esgotos sanitários, efluentes líquidos e oleosos.

Com base na ISO 14001, as diretrizes do plano integrado de gestão ambiental, devem abranger as gestões que envolvam os cuidados ambientais com navios docados, o plano de gestão de águas residuárias, o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, as medidas de controle e prevenção contra derramamento de óleos, os planos de prevenção à poluição das águas pluviais e de gestão da qualidade do ar (NORTAM02, 2005).

Segundo Rosa (2003) um sistema de gestão ambiental pode ser montado sem que seja necessário o apoio de alguma norma específica e que, ainda que seja montado um sistema de gestão, com base em uma norma, como a ISO 14001, a certificação não é obrigatória.

Quando não há o objetivo da certificação, a estrutura proposta pela norma poderá ser usada integral ou parcialmente no sistema, sem que haja a necessidade de auditorias para manutenção de certificado. No caso de um dique antigo e de reparo, as etapas devem ser pesquisadas e testadas, exigindo um longo tempo de preparação, sendo complexo o processo de certificação.

Para viabilizar o sistema de gestão no dique, o processo preparatório deve ser gradual, estudando e adequando cada processo de trabalho, modernizando ou adaptando cada equipamento às exigências. Segundo Orecchini (2000) apud Tochetto (2004), a ISO 14001 é a norma-chave para a implantação de um sistema de gestão ambiental (SGA), pois especifica as exigências e apresenta os elementos principais da estrutura do sistema.

A abordagem básica com relação aos requisitos estabelecidos pela Norma ISO 14000 é apresentada na Figura 54.



Figura 54 - Sistema de Gestão Ambiental - Modelo ISO 14000.

Fonte: TOCHETO, 2004, Adaptação de Nagel, 2002.

A implantação de um sistema de gestão ambiental é baseada no Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, and Act*), que nada mais é do que um procedimento sistematizado e estruturado para o planejamento, implantação, verificação e revisão das estratégias para a obtenção de uma melhoria do desempenho ambiental da organização (BRAGA et al., 2005, p. 291).

Segundo Seifert (2005), para a implantação de um sistema integrado de gestão, será necessário um planejamento em que as seguintes etapas sejam contempladas: nomeação de

um comitê para supervisionar a implantação; diagnóstico da organização; redação da política do sistema; elaboração de um plano de ação baseado nas discussões da Diretoria; atribuição de funções específicas a diretores específicos; elaboração e implementação de um conjunto de projetos com prazos definidos; revisão ou criação de um manual de procedimentos, para refletir os requisitos das normas; ampliação ou redação das instruções de trabalho necessárias; organização de auditorias internas; adequação e correção de não conformidades, relativas a auditorias passadas e preparação para novas auditorias externa.

Uma etapa que deve anteceder o desenvolvimento de um SGA refere-se à revisão ou diagnóstico inicial, que contempla uma avaliação inicial dos procedimentos que estão sendo utilizados pela empresa, no que se refere às questões ambientais e uma prospecção sobre as estratégias futuras (BRAGA et al., 2005, p. 291).

A auditoria ambiental compreende uma ferramenta importante de controle do SGA de uma indústria, fornece uma visão maior das questões que envolvem as etapas produtivas, localizando áreas de riscos de impactos ambientais e problemas de infração ou desvio no cumprimento das normas padronizadas, destacando acertos ou falhas no processo que venham a pôr em risco o meio ambiente. A aplicação, sistemática e periódica, de auditorias é um instrumento de verificação que possibilita uma análise estatística das ocorrências de falhas mais freqüentes, Silva (2001). Os conjuntos de medidas destinadas a controlar os poluentes na sua origem e eliminar mecanismos de transporte em potencial. Eles podem ser implementados sem ou com poucas modificações de engenharia para a instalação. Se BMPs são aplicadas eficazmente, reduzirão substancialmente os poluentes no dique.

Uma vez que há carência de teses sobre os impactos ambientais dos efluentes de diques, (apenas uma tese sobre o assunto foi encontrada), e como a auditoria ambiental compreende uma ferramenta importante de controle da gestão ambiental, este estudo teve como base as auditorias ambientais, realizadas em estaleiros militares nos USA, em concordância com as determinações da EPA e com as especificações das NPDES.

6.4.2 Legislação ambiental

Alguns comentários sobre as legislações já foram efetuados no transcorrer dos itens deste capítulo. Em função do local de descarte das águas residuárias, o processo de tratamento deve atender a valores limites dos parâmetros dos efluentes industriais para poderem ser lançados no coletor público ou no corpo receptor. Nesta última hipótese, deverá atender ao disposto sobre os padrões de qualidade das águas superficiais nas legislações federal,

estadual, e municipal em vigor, tendo como objetivo a compatibilização desses efluentes com as características da qualidade da água que são exigidas para a Baía de Guanabara.

Kjerfve et al. (1997), em função dos critérios de concentração dos parâmetros ambientais previstos na Resolução CONAMA 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação e usos dos corpos de água, concluiu que grande parte das águas da Baía da Guanabara é classificada como de atividades de impacto humano secundário, classe II.

Assim, para o descarte no corpo receptor, no Estado do Rio de Janeiro, além de atender à Resolução especificada, as análises de caracterização físico-químico e toxicológica dos efluentes também deverão estar em acordo com:

- NT 202 R 10 - Versa sobre critérios e padrões para o lançamento de efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.
- DZ 205 R.6 - Diretriz de Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de Origem Industrial - Estabelece exigências de controle de poluição das águas que resultem na redução da Matéria Orgânica Biodegradável de Origem Industrial e da Matéria Orgânica Não Biodegradável de Origem Industrial; e Compostos Orgânicos de Origem Industrial que interferem nos mecanismos ecológicos dos corpos d'água e na operação de sistemas biológicos de tratamento implantados pelas indústrias, pela CEDAE e pelos Serviços Autônomos de Esgoto dos Municípios.
- DZ 209 – Diretriz de Controle de Efluentes Líquidos Industriais.
- DZ 213 R06- Estabelece critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais, utilizando testes de toxicidade com organismos aquáticos vivos, de modo a proteger os corpos d'água da ocorrência de toxicidade aguda ou crônica de acordo com a NT-202 e DZ-209, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.
- DZ 215 R04- Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem industrial.
- DZ 942 R.7 – Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – Procon Água – Especifica como as empresas devem promover o controle de seus lançamentos; frequência do monitoramento e modelo do relatório a ser enviado mensalmente ao INEA.
- Resolução 357 artigos 19 e 34 com as alterações da Resolução 397 de 2008.

- IMO, Organização Marítima Internacional, nas especificações sobre água de lastro e tributil estanho, TBT, através do disposto na MARPOL 73/78.
- Lei 9966/ 2000, Lei da poluição por óleo

Quando o efluente industrial, que for gerado nos diques, puder ser ligado à rede coletora de esgotos, os valores máximos dos parâmetros do efluente, com tratamento parcial, deverão obedecer os valores estipulados pelo INEA estabelecidos na Diretriz DZ 205-R06.

Quando o efluente tratado for lançado em um corpo d'água, deverá estar de acordo com o estabelecido nas NT 202 revisão 10, DZ 205 R6 e NT 213 R 06 do INEA; artigos 19 e 34 da Resolução CONAMA 357 do e às alterações constantes na Resolução CONAMA 397, atendendo às exigências mais restritivas

Analisando as legislações sobre os descartes em corpos receptores, constatou-se que não há limitação para o tributil na legislação estadual. Na legislação federal, Resolução 357 do CONAMA, não há discriminação deste composto organometálico em relação às condições de lançamento. Foi observada esta limitação no artigo 19, que versa sobre qualidade da água classe II, classificação de grandes áreas da Baía de Guanabara.

Em situações em que as legislações versem sobre o mesmo tema, mas discordem em parâmetros e exigências, devem-se adotar as mais restritivas. No caso de ausência de normas técnicas ambientais nacionais foram consultadas as normas internacionais, como EPA e ANZECC.

No Estado do Rio de Janeiro, quando estiver disponível o sistema de rede coletora pública, não é permitido o descarte das descargas de efluentes sanitários ou industriais, mesmo após o tratamento em uma ETEI, em lagoas, baías e zonas marítimas, sendo obrigatório o seu descarte na rede da CEDAE.

Na **Tabela 18** encontram-se os valores limites para o descarte em corpos receptores, segundo o INEA e de acordo com o padrão de qualidade da água, Classe 2, especificado nas Resolução CONAMA 357 e Resolução CONAMA 397. Observa-se que há discordâncias entre as legislações para os valores limites de determinados metais.

Tabela 18 - Valores limites para o descarte de efluentes líquidos em corpos receptores.

Parâmetros Inorgânicos	Valor Máximo (NT 202)	Valor Máximo (Resolução 357 e 397)
Alumínio total	3,0 mg/L Al	NC
Cádmio total	0,1 mg/L Cd	0,2 mg/L Cd
Chumbo	0,5 mg/L Pb	0,5mg/L Pb
Cobre	0,5 mg/L Cu	1,0 mg/L Cu
Cromo	0,5 mg/L Cr	1,1 mg/L Cr
Cromo trivalente	NC	1,0 mg/L Cr ³⁺
Estanho	4,0 mg/L Sn	14,0 mg/L Sn
Ferro solúvel	15,0 mg/L Fe	15,0 mg/L Fe
Mercúrio	0,01 mg/L Hg	0,01 mg/L Hg
Níquel	1,0 mg/L Ni	2,0 mg/L Ni
Vanádio	4,0 mg/L V	NC
Zinco	1,0 mg/L Zn	5,0 mg/L
Cianetos	0,2 mg/L CN	1,0 mg/L CN
Índice de Fenóis (orgânico)	0,2 mg/L C ₆ H ₅ OH	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Nitrogênio Amoniacal	NC	20,0 mg/L
Tributilestanho (parâmetro orgânico)	NC	0,37 µg/L
Cobre dissolvido	NC	1 mg/L Cu

Fonte: INEA, NT 202 R10 e CONAMA, Resolução 357/2005. Art. 19, subitem II, Padrões de Qualidade da Água §5º Padrões de lançamento de efluentes, e Resolução 397, 2008. NC- Não Consta.

Os valores limites dos parâmetros básicos dos efluentes industriais, para serem lançados no sistema coletor público de esgoto sanitário dotado de tratamento, devem obedecer ao disposto na DZ 205 R6 e aos valores limites sugerido pela norma ABNT NBR 9800/1987.

Segundo a legislação DZ 205 R6 do INEA, todas as unidades industriais que gerem efluentes, contendo matéria orgânica, deverão reduzi-la, através das tecnologias de tratamento, sendo adotado o enfoque de controle por níveis mínimos de remoção de carga orgânica. Dependendo da carga orgânica total gerada pela atividade poluidora, poderá ser exigido o nível mínimo de eficiência entre os valores de 40%, 70% ou 90%.

No caso de lançamento de matéria orgânica biodegradável em rede coletora que possua tratamento, a indústria deve apresentar comprovante do órgão responsável pela operação desse sistema de tratamento, atestando a capacidade de escoamento e tratamento da

carga orgânica biodegradável que estará recebendo. Para o caso de tal capacidade ser insuficiente, a carga orgânica deve ser reduzida aos níveis previstos no item 5.1 da diretriz DZ 205 R6 do INEA.

Os critérios de redução se orientam pela tipologia industrial e pela carga orgânica gerada. A alternativa de atendimento a padrão de concentração ou de carga possibilita que indústrias implantem tecnologias de tratamento compatíveis com seu potencial poluidor (DZ 205 R6). Na **Tabela 19**, estão representados os níveis mínimos de redução da DBO, adotado pelo INEA.

Tabela 19 - Remoções mínimas para carga orgânica biodegradável de efluentes industriais.

VAZÃO $\leq 3,5$ m ³ /dia	
Carga (kg DBO/dia)	Remoção
carga $\leq 2,0$	sólidos grosseiros, sedimentáveis e materiais flutuantes.
VAZÃO $> 3,5$ m ³ /dia	
Carga (kg DBO/dia)	Remoção de DBO (%)
$2 < \text{carga} \leq 10$	40
$10 < \text{carga} \leq 100$	70
carga > 100	90

Fonte: INEA. DZ 205 R6.

Quando a rede coletora for dotada de tratamento biológico e, além disso, quando a operadora de serviços de esgoto for também a responsável pelo recebimento e tratamento do conjunto de efluente de origem industrial, será exigido da unidade industrial, para cada ponto de lançamento, a implantação de pré-tratamento ou tecnologia menos poluente, de modo a compatibilizar o lançamento com o sistema de tratamento biológico e com os usos benéficos do corpo receptor.

Para os controles da matéria orgânica não biodegradável e da carga de poluentes que interferem no metabolismo da flora e fauna aquática e na operação dos sistemas biológicos de tratamento, as unidades industriais devem implantar sistemas de pré-tratamento de seus efluentes líquidos.

Segundo a DZ 205 R6, os efluentes das oficinas dos estaleiros com vazão superior a 3,5 m³/dia somente poderão ser lançados nos corpos d'água, direta ou indiretamente, se atenderem aos limites de Demanda Química de Oxigênio, DQO, estabelecidos na **Tabela 20**. Na **Tabela 21** há os valores aplicáveis a diques.

Tabela 20 - Valores máximos de DQO, para descarte em corpos d'água.

INDÚSTRIAS	DQO
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas, impermeabilizantes, secantes e resinas/massas plásticas	< 300 mg/L ou 6,0 kg/dia
Operações unitárias de tratamento de superfícies efetuadas em indústrias dos gêneros metalúrgico, siderúrgico, mecânico, material de transporte, material elétrico, eletrônico e de comunicações, material plástico, borracha, aparelhos, instrumentos e materiais óticos.	< 200 mg/L ou 4,0 kg/dia
Indústrias siderúrgicas e metalúrgicas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coqueria, carboquímica e alto forno ▪ Aciaria e laminação ▪ Demais unidades, exceto para de tratamento de superfícies 	< 200 mg/L < 150 mg/L < 100 mg/L

Fonte: INEA, DZ 205 R6.

Tabela 21 - Valores dos parâmetros básicos dos efluentes a serem descartados segundo a NBR 9800/1987.

	NBR 9800/1987
pH	6 a 10
DQO (mg/L)	≤ 800
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	≤ 20
Sólidos suspensos (mg/L)	≤ 400
Chumbo (mg/L)	≤ 1,5
Ferro (mg/L)	≤ 15
Níquel (mg/L)	≤ 2,0
Zinco (mg/L)	≤ 5

Fonte: ABNT. NBR 9800/1987.

Segundo a Resolução CONAMA nº 237 de 1997, um dique estará sujeito ao licenciamento pelo órgão ambiental competente, sempre que for realizada qualquer construção, alteração ou ampliação que sejam efetiva ou potencialmente poluidoras, ou que utilizem recursos ambientais ou que possam degradar o meio ambiente. Nestas situações,

devem obedecer às determinações discriminadas nas licenças de instalação e operação, estipuladas durante o processo de licenciamento ambiental, na qual é feito o estudo dos impactos ambientais (EIA).

As análises da Lei Federal nº 9966 de 2000 e de outras normas e legislações ambientais, relativas ao licenciamento de um estaleiro e às suas atividades, destacam a importância da gestão adequada de resíduos e efluentes gerados em suas atividades cotidianas, devendo atender às exigências da licença de operação, evitando penalidades em decorrência da inobservância dos requisitos legais.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Aprimoramento das etapas de gestão ambiental

As etapas de gestão, a serem aprimoradas para os diques de reparo existentes no Arsenal, envolvem os gerenciamentos de dois sistemas complexos, compreendendo os trabalhos executados no interior do dique e as operações normais de funcionamento da embarcação docada. Ambos os focos geram resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas, inclusive com a possibilidade de influências mútuas. Diante desta complexidade, as propostas de gestões devem ser pesquisadas, e testadas, necessitando de tempo de preparação, com a implantação gradual, adequando cada processo de trabalho, revisando e verificando suas respostas às mudanças, modernizando ou adaptando cada equipamento às novas necessidades.

Nas operações relativas às atividades nos diques, com o conjunto de propostas das melhores práticas de gestão apresentado, em que há a orientação para a segregação das dos resíduos e das águas residuárias dos jateamentos, das águas de chuva, das águas de lastro e das águas de refrigeração, comprova-se que muitas vezes pequenos investimentos e algumas boas ações e/ou idéias reduzem o volume dos tanques de tratamento.

Uma das atividades, que se caracteriza como excelente ferramenta para efetuar a segregação dos resíduos sólidos, corresponde à limpeza completa da doca seca, tornando-se a opção preferencial pelos inspetores, especialmente se o trabalho no dique for seguido de repintura.

De todos os processos de tratamento estudados, o tratamento com reúso ou com descarte sem substâncias tóxicas seria o objetivo ideal, o que nem sempre é a solução escolhida, já que é altamente dispendioso, distanciando-se do escopo da atividade fim do estaleiro.

Pelas pesquisas realizadas *in loco*, pode-se constatar a dificuldade para que se consiga obter a segregação da águas residuárias e a importância da retirada dos resíduos sólidos, evitando-se a mistura e contaminação das águas pluviais durante o arraste destes contaminantes. Além destas diretrizes na gestão, constatou-se ser primordial a separação das águas de resfriamento, estabelecendo critérios e controles a fim de evitar a sua contaminação, caso contrário, será necessário o seu tratamento, fato que irá provocar a necessidade da reserva de uma grande área para o tratamento dessas águas, uma vez que o volume necessário para o resfriamento dos motores é constante e extraordinariamente elevado.

Outro ponto a ser observado é a importância das interações entre as gestões ambientais das embarcações e do dique, em que sejam obedecidas as diretrizes estipuladas pelo gerenciamento do dique em relação aos resíduos sólidos e aos efluentes gerados pelas embarcações. Nestas inter-relações destacam-se os cuidados em relação às águas oleosas, às águas de porão, às águas de lastro, águas negras e cinzas, águas de resfriamento, águas de drenos, águas de lavagens de conveses, os produtos químicos utilizados e demais efluentes e resíduos contaminantes que não deverão ser despejados no interior do dique.

É nesta fase em que se constata que as melhores práticas de gestão tornam-se fundamentais, segregando as águas de resfriamento, controlando o seu fluxo e as suas características, viabilizando o seu descarte no corpo receptor.

7.2 Sistemas de tratamentos de efluentes líquidos

No contexto do estaleiro, após o estudo apresentado com a identificação das possibilidades da ocorrência de impactos ambientais do complexo industrial em terra e das embarcações docadas, constata-se que as atividades que ocorrem em um dique de manutenção, por serem realizadas a céu aberto, com difícil controle dos efluentes tóxicos provenientes dos jateamentos dos cascos são a principal fonte de contaminação.

Embora, há alguns anos, seja proibido o uso de TBT em pequenas embarcações e que muitos fabricantes estejam desenvolvendo tintas com outras opções de biocidas, no tratamento das águas geradas, este composto deverá constar nas exigências futuras, uma vez que, conforme relatado neste estudo, ainda existe em 70% das embarcações. De acordo com os estudos efetuados, também há evidências deste potencial efeito prolongado para o TBT, permanecendo nos sedimentos depositados pelas névoas e lascas de tintas nas vizinhanças, nos fundos do mar adjacente ao dique e nas rotas dos navios.

Além disso, há o fato de os tratamentos de efluentes serem realizados apenas para obedecer às legislações, estipulando-se que seu descarte não altere o enquadramento das águas do corpo receptor, fato que não garante o total tratamento dos efluentes, uma vez que para consegui-lo, deveria ser conhecida a sua caracterização, sendo desconhecidas e variáveis muitas das substâncias contidas no efluente. Outro aspecto a ser observado, é que estes efluentes não são contínuos, possuindo a particularidade de apresentarem qualidades diferentes em cada operação.

Após a caracterização, será fundamental a simulação do tratamento das águas residuárias, necessitando levar em consideração que deverão ser executadas diferentes

simulações, devido ao aporte de efluentes e resíduos variáveis, uma vez que, depende da etapa de trabalho que está sendo executada no interior do dique. Estas águas, toda vez que forem tratadas, irão apresentar mudanças na qualidade, o que irá dar origem a um sistema de tratamento descontínuo.

Em relação à simulação, esta poderá ser iniciada pela precipitação química, já que, devido à presença de metais, provavelmente será utilizada em uma das etapas do tratamento definitivo. Nesta fase, deverá ser observado que há probabilidade da ocorrência de outras reações e precipitações, não previstas inicialmente, pois existem diversos contaminantes inseridos no efluente, não identificados antecipadamente.

Além do problema, analisado sob o ponto de vista de contaminantes, há o foco da quantidade, isto é: o grande volume de águas residuárias geradas durante as chuvas, pois estas, durante o seu fluxo, efetuam o carreamento dos resíduos e dos demais efluentes gerados nos processos industriais. Outra forma de contaminação ocorre com o enchimento do dique, uma vez que as águas são bombeadas das bordas do cais, área contaminada por resíduos em suspensão e transportadas para o interior da doca. Nesta última atividade, com a implantação de BMPs e com a constante limpeza do dique, serão minimizadas as transposições de sedimentos.

Após os estudos dos diferentes processos de tratamento de efluentes químicos implantados em estaleiros internacionais, pode-se concluir que os dois componentes diferenciais nos tratamentos ainda são o TBT e os aditivos químicos, pois o primeiro é tão persistente e ainda são utilizados nas grandes embarcações, e o segundo, existente nas fórmulas das composições das tintas marítimas, geralmente, é inacessível, por se constituir em segredo industrial.

Pela pesquisa realizada, devido à grande variabilidade das características das águas residuárias, para o caso do Arsenal, recomenda-se o tratamento parcial, compreendendo os tratamentos preliminar e primário, com o recolhimento prévio dos sólidos grosseiros e, principalmente, lascas de tintas em suspensão, instalando caixas de areia mecânicas, seguidas de caixas separadoras de água e óleo, para, então, acessar o sistema de tratamento primário, incluindo as clarificações químicas dos efluentes e a precipitação dos metais. Após estas etapas, deverá ser realizado o descarte na rede pública, onde será dado o prosseguimento do tratamento.

Em relação ao tratamento primário, para um conhecimento mais preciso das substâncias que compõem o efluente, deve-se montar um protótipo com um “by pass” das águas residuárias e, constantemente, monitorar o fluxo. Com a coleta desses efluentes, deve-

se estabelecer um tratamento padrão e organizarem-se planilhas de acompanhamento, com informações diárias sobre todas as operações ocorridas no dique, relativas a cada atividade, na qual sejam anotadas as ocorrências comuns e alertadas as situações em que as operações fujam das atividades usuais do dique, tais como no caso em que houver atracação de embarcação, proveniente de local diferente das origens dos navios que usualmente são docados, anotando-se, por exemplo, o tipo de tinta anti-incrustante, anti-corrosivas, ou anti-congelantes retiradas do seu casco, os aditivos aplicados, os vazamentos ocorridos, as águas residuárias descartadas e, principalmente, o fluxo completo percorrido pelas águas de resfriamento.

Como já destacado, após verificar a complexidade da realização do tratamento para o descarte na baía, sugere-se o tratamento preliminar com separador de água e óleo seguido pelo físico-químico, garantindo a retirada de metais, e a seguir, descarte na rede pública, fato que possibilita o tratamento biológico em uma grande estação de tratamento, que terá micro-organismos capazes de eliminar os compostos orgânicos remanescentes.

Processos de tratamentos biológicos podem remover contaminantes originados na limpeza dos cascos, resíduos que têm outros efeitos sobre o ambiente (por exemplo, produtos químicos solúveis de anti-incrustantes), porém, segundo Frenzel (2003), a mais rentável forma de realizar este tipo de tratamento será quando conseguir descartar em um sistema de esgotos público, após ter sido retirada uma parte dos resíduos e sólidos em suspensão.

Para o caso de estaleiros situados em áreas fora do alcance de redes públicas, caso do estaleiro a ser construído na Baía de Sepetiba, o tratamento deverá ser estudado considerando-se a viabilidade técnica e econômica de aquisição de robôs nos trabalhos de carenamento, fato que segrega bem os efluentes, e/ou considerando-se a instalação de uma ETEI bem equipada, com remoção de TBT, indicando-se a oxidação por UV ou a remoção por carvão ativado.

Em alguns projetos de estaleiros no Brasil, já há a preocupação de, na etapa de enchimento do dique para a saída da embarcação, derivar 20% das águas superficiais superiores para sistema separador de água e óleo. No caso dos óleos pesados, deverão ser retirados junto com os resíduos sólidos.

Para o resfriamento dos equipamentos, ressalta-se é prejudicial para o navio a aspiração e utilização das águas do mar, poluídas por esgoto, contendo nitrogênio amoniacal, pois este corroi as redes de cobre das embarcações atracadas ou docadas.

7.3 Recomendações

Recomenda-se a continuação deste estudo com as coletas e ensaios, para todos os processos que irão ocorrer no dique, por um período de tempo que possa embasar os dados necessários para as caracterizações dos efluentes dos diques, definindo o processo de tratamento mais adequado.

Em relação ao volume a ser tratado recomenda-se incluir a vazão das águas pluviais, uma vez que, por se apresentarem de forma difusa, torna-se difícil a sua segregação total. Este armazenamento e respectivo tratamento possibilitam o reaproveitamento para outros usos, como água de resfriamento das embarcações e águas de lavagens de conveses de navios e de pisos.

Como proposta para a continuidade deste estudo seria a gestão ambiental que envolvesse as duas atividades de gestão: das embarcações e do dique, com a criação de um modelo, capaz de melhor atender às etapas de tratamento dos efluentes e de controle dos resíduos sólidos do dique.

REFERÊNCIAS

- A. FILHO, J. B. G. **Indústria da Fundição e o Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/a_industria_da_fundicao_e_o_meio_ambiente.pdf> ref VANDERGRIFT, A. E. et al. Particulate Pollutant System Study Ref.: PB 203522: Handbook of Emission Properties. Vol. III . Acesso em: Set. 2009.
- ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Estudos Setoriais de Inovação. Indústria Naval. Projeto: **Estudo sobre como as Empresas Brasileiras nos Diferentes Setores Industriais Acumulam Conhecimento para Realizar Inovação Tecnológica**. Relatório Setorial: **Inovação e a Indústria Naval no Brasil**. Pesquisadores: DE NEGRI, J. A., KUBOTA, L., TURCHI, L., Belo Horizonte, BH, 2009. Disponível em: <http://ns2.abdi.com.br/?q=system/files/relatorio_naval_final.pdf>. Acesso em: Nov. 2009.
- ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Projeto: **Estudo sobre como as Empresas Brasileiras nos Diferentes Setores Industriais Acumulam Conhecimento para Realizar Inovação Tecnológica**. Relatório Setorial: **Inovação e a Indústria Naval no Brasil**.: Relatório Setorial: **Construção Naval**. Volume I. Pesquisadores: SABBATINI, R. C. et al. NEIT/IE/Unicamp, 2007.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9800: Critérios para Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário. 1987
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14001:2004: Sistema de Gestão Ambiental: Especificação e Diretrizes para Uso. Rio de Janeiro, 2004.
- ALEXANDER, Kenneth C. **Characterization and Treatability of Hydroblast Wastewater**. (Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Engineering), 1988. Department of Civil Engineering. University of Washington, Seattle, 1988.
- ALVES, W.A. et al. Artigo: **A importância da aplicação prática das técnicas de planejamento de layout na retomada sustentável da indústria naval brasileira**. in XII SIMPEP. Bauru, SP, Brasil, 07 a 09 de novembro de 2005.
- AMRJ(2010). Página Internet-Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. Disponível em: <[HTTP://www.mar.mil.br/amrj/](http://www.mar.mil.br/amrj/)>. Acesso em: 10 ago. 2010.
- ANZECC BMPs 2000 <<http://www.environment.gov.au/coasts/pollution/antifouling/code/pubs/code.pdf>> 1A24-94E1-9AC905A416CB&siteName=arc.
- APHA. American Public Health Association, 2005.
- ASHCROFT P.L., ABEL D.: **Process Water Treatment for the removal of TBT in ship wash down wastewaters** in Proceedings of Oceans '99 Congress, p.73 – 75. 1999.
- BARROSO, Lisia Vanacôr. **Aspectos da Atividade de Pesca na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro**. Trabalho aprovado como parte dos requisitos da disciplina de Seminário de

Doutorado, ministrada pelos Profs. Elmo Amador, Sandra Cunha, e Ângelo Pedroto, no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG-UFRJ). Curso de Doutorado em Geografia da UFRJ. Rio de Janeiro, (s.d.).

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. Editora: Livros Técnicos e Científicos. Volume 2. 2007.

Best Management Practices (BMPs) for Hull Maintenance at Boatyards and Marinas – several BMPs, Canada and USA. Disponível em: http://www.pyr.ec.gc.ca/boatyards/index_e.htm. Acesso em: 11 nov. 2009.

BOSQUILHA, G.E. & BRAGA, E.S. **Avaliação do risco ambiental causado pelo uso de surfactantes no sistema estuarino de Santos**. In: Resúmenes Ampliados X Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar: Las Ciencias del mar a favor del desarrollo de las comunidades. 2003. San José, Costa Rica.. SP, Brasil, 2003.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S.; **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª Ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.605/1998 (Lei dos Crimes Ambientais).

BRASIL. Lei nº. 9.966 (Lei da Poluição Hídrica ou Lei do Óleo) de 28 de abril de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 abr.2000.

BRASIL. MB- **Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro**. 2010. Disponível em <<http://www.mar.mil.br/amrj/>>. Acesso em: 03 jan. 2010.

BRASIL. MB- **Orientações para Implantação e Acompanhamento do Sistema de Gestão Ambiental**, 2005. Disponível em: <http://Defesa.BR.NTACAP3MARINHANORMA.pdf>. Acesso em:06 jun. 2009.

BRASIL. MB, Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). **Manual de Gestão Ambiental**. 2009.

BRASIL. MB, Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). PRA-08-001: **Resíduos Sólidos**, 2009.

BRASIL. MB, Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). PRA-08-002: **Cuidados Ambientais com Navios Atracados**, 2007.

BRASIL. MB, Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). PRT-246-007A: **Preparação para a Docagem**, 1996.

BRASIL. MB. DPC- NORTAM 02 - Norma Técnica Ambiental sobre Sistema de Gestão Ambiental nas Organizações Militares de Terra, 2005.

BRASIL. MB. DPC-097. **Papel da Marinha do Brasil na Preservação do Meio Ambiente**.2006.

BRASIL. Ministério de Educação. Filho, G. G.; Camillo, J. S. **O Uso Racional do Mar**, Capítulo 2 *in*: O mar no Espaço Geográfico Brasileiro. Coleção: Explorando o Ensino, v.8. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005.304 p. Disponível em: http://www.mar.mil.br/menu_v/amazonia_azul/arquivos/livrogeo.pdf> Acesso em: 22 out 2010.

BRASIL. MMA. CONAMA, Resolução N° 397. Altera o inciso II do § 4o e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente; CONAMA N° 357/ 2005, 2008.

BRASIL. MMA. CONAMA. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente; CONAMA N° 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

BRASIL. MMA. Resolução CONAMA N° 237/1997.

CAMMAROTA, Magali Christe, **Engenharia do Meio Ambiente**, EQB-482. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2007.

CASAGRANDE, Delci Fátima Meneghetti. **Minimização de Impactos Ambientais da Indústria Galvânica através do Uso de Soluções Livres de Cianeto** (Dissertação de Mestrado em Qualidade Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Centro Universitário Feevale. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, 2009.

CASTRO, Maria Cecília Trindade. **O Porto do Rio de Janeiro sob o Enfoque da Água de Lastro**, (Dissertação para Título de Mestre). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial, FEN/ UERJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

CEGN, Centro de Estudos em Gestão Naval. **Estudo sobre Gestão Ambiental de Estaleiros**. Estudo desenvolvido no âmbito do projeto denominado: “Metodologia de Projeto de Estaleiro”, financiado com recursos do CT Aquaviário/FINEP. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.gestaonaval.org.br/arquivos/Documentos/CEGN%20-%20Estudo%20sobre%20gestão%20ambiental%20de%20estaleiros.pdf>. Acesso em: 10 out. 2010.

CHAIB, Erick B. D’Angelo. **Proposta para Implementação de Sistema de Gestão Integrada de Meio Ambiente, Saúde e segurança do Trabalho em Empresas de Pequeno e Médio Porte: Um estudo de Caso da Indústria Metal-Mecânica**. 2005. (Tese de Doutorado em Planejamento Energético) – Curso de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2005.

CHAMP, M.A., FOX, T. and MEARNS, A.J. (1999). **Treatment of regulated discharges from shipyards and drydocks. Proceedings of the special session held at Oceans ’99**, Seattle, Washington, September 13-16. Marine Technology Society, 230 pp Washington, 1999.

CNUMAD, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 02/2010.

CONNOR, J.; DROCIK, J. (2001). **Best Management Practices for New Hampshire Marinas**. New Hampshire Department of Environmental Services, Concord, NH, 2001, 79pp.

COPPE/LIMA. Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente, LIMA. **Diagnóstico Estratégico**, Capítulo 3 *in*: Avaliação Ambiental Estratégica de Empreendimentos do Plangas, GNL E COMPERJ na Região em Torno da Baía da Guanabara (PPE 9082). LIMA/ COPPE/ PETROBRÁS, 2010. Disponível em: < <http://www.lima.coppe.ufrj.br/lima/pages/pagina.php?id=projetos/ipga/02>>. Acesso em: 1 out. 2010.

CORNEJO, Hugo F. R. **Estudio de Necesidad, Dimensionamiento e Implantacion de un dique seco para servir a la Flota Mercante de Trafico Internacional**. (Tesis de Grado Previa a la Obtencion del Titulo de Ingeniero Naval). Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Escuela Superior Politecnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador, 1997.

COSTA, Lucia M. S. A. e BRITTO, Ana L.: **Proposta para Recuperação Ambiental de Rios urbanos: Uma Análise visando a Recuperação do Rio Botas na Baixada Fluminense no Rio de Janeiro**. PROURB- Artigo *in* Congresso Ibérico 3. Programa de Pós-Graduação em Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ (s.d.).

COUTTS 2006; DPIFM, 2006; Coutts e Forrest 2007; Pannell e Coutts 2007. **“IMPROTECTOR CONCEPT”, Enclosure Treatment: A Biosecure Treatment for Oil Rig Pontoons**. MAF Biosecurity New Zealand Technical Paper No: 2009/40.2009.

CUNHA, Marcus S. **A indústria de Construção Naval, uma Abordagem Estratégica**. (Dissertação para Título de Mestre na área de Engenharia Naval e Oceânica). Curso de pós-graduação em engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2006.

Curso Básico de Galvanoplastia- ABTS- Associação Brasileira de Tratamentos de Superfície, vol 2-1990.

DA SILVA, Carlos Ernando - Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais. Departamento de engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Marta. UFSM/CT/HDS. Fonte: <http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A2.pdf>.

DAdM, Sistema CADIMA Web. Disponível em: <<http://dadm2.dadm.mb/admstr/aplica/sicadima/sicadimanotes.nsf/TomboRJ?OpenView&Start=83.2.193&Count=30&ExpandView>>. Acesso em: 10/09/2010.

DE FREITAS, Marcelo M. **Gestão de Resíduos Sólidos Gerados por Navios e Terminais de Contêineres - O Caso do Porto do Rio de Janeiro** (Dissertação para Título de Mestre). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial, FEN/ UERJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

Diretoria de Obras Civas da Marinha, DOCM. Programa de Projeto: **Sistema de Coleta de Esgotos Sanitários no Complexo Naval da Ilha das Cobras (CNIC)**, Programa de Projeto Executivo: PE.1.41000.005.PPP.001.09, Rio de Janeiro, 2009.

DOCAS Rio/CONCREMAT. Relatório Ambiental Simplificado (RAS) das obras de derrocagem nos canais de acesso do Porto do Rio de Janeiro, 2009.

DOCKMASTER3000. **Equipamentos robotizados**. Disponível em: HAMMELMANN,04_applications-dockmastercasehistory6-3.en.pdf.

ECOSPEED (2009). Disponível em: WWW.subind.net/web/doc/Newsletter_-mei09.pdf.

Environment Canada (1995). **Best Management Practices (BMPs) for Marinas and small Boatyards in British Columbia**. Report by PCA Consultants Ltd., Richmond, BC, 18pp. Disponível em: <www.pyr.ec.gc.ca/boatyards>. Acesso em: 5 jan. 2010.

EPA (2005). Environmental Protection Agency Shipyard Stormwater Best Management Practice #3. Disponível em: <<http://cms-shipbuilders.advancedlegal.com/pdfs/8112005113526A.pdf>>. Acesso em: Jan. 2010.

EPA (2002). Fact Sheet: Relatórios de auditoria, em Guam Shipyard, no atendimento às diretrizes constantes da permissão No. GU0020362, de maio de 2002, em concordância à National Pollutant Discharge Elimination System. NPDES. Relatórios de auditoria, em Pearl Harbor Shipyard, no atendimento às diretrizes constantes da permissão No. HI 0110086, 2006, em concordância à National Pollutant Discharge Elimination System. NPDES.

EPA (2004). Environmental Protection Authority. Stormwater Management for Marinas, Boat Sheds and Slipways. Report of EPA for the Government of Southern Australia, 4pp. Ministry of Environment and Natural Resources Seychelles (2004). Antifouling and hull cleaning guidelines, 2004, 11pp.

EPA (2005), Environmental Protection Agency. **Shipyard Stormwater Best Management Practice #3: Removal of Hull Biofoulants**, 2005, 5 pp.

EPA (2005). **Shipyard Stormwater Best Management Practice #3**. Disponível em: <http://cms-shipbuilders.advancedlegal.com/pdfs/8112005113526A.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2010.

EPA (2006). Report No. 2: Compliance Evaluation Inspection, NPDES Permitte: United States Navy. Navy Region Hawaii for the Fort Kamehameha Wastewater Treatment Facility Outfall. NPDES Permit HI 0110086. Inspected Facilities: Facility No.1: Pearl Harbor Naval, Facility No.2: Hickam Air Force Base. 2006. Disponível em:< Pearl harbor phnsyepadrydock.pdf.>. Acesso em: 05 abr. 2010.

EPA (2009). Fact Sheet: Proposed Issuance of a National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES). Permit to discharge Pollutants Pursuant to the Provisions of the Clean Water Act (CWA) for United Department of Defense, Department of the Navy, Naval Base Kitsap Bangor. Permit#WA-002557-7. Disponível em:< [http://yosemite.epa.gov/R10/water.nsf/95537302e2c56cea8825688200708c9a/b57dde801d84ea1d88256d9d0058a783/\\$FILE/WA0025577%202d%20FS.pdf](http://yosemite.epa.gov/R10/water.nsf/95537302e2c56cea8825688200708c9a/b57dde801d84ea1d88256d9d0058a783/$FILE/WA0025577%202d%20FS.pdf)>. Acesso em: 16 abr. 2010.

EPA 1625/7-91/015, 1991. **The Marine Maintenance and Repair Industry Risk Reduction Engineering Laboratory and Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency**. Cincinnati, 1991.

Escola Superior Agrária de Coimbra, ESAC (2010). Tanques de equalização. Disponível em: <www.esac>. Acesso em: 25 out 2010.

FLETCHER L. E. & LEWIS J.A.: **Regulation of shipyard discharges in Australia and the potential of UV oxidation for TBT degradation in washdown waste water**. *in* Proceedings of Oceans '99 Congress, p. 27 – 35. 1999.

FLOERL, Oliver et al. **Efficacy of hull cleaning operations in containing biological material. I. Risk assessment**. MAF Biosecurity New Zealand Project ZBS2002-04. MAF Biosecurity New Zealand Technical Paper No: 08/12. Prepared for BNZ Pre-clearance Directorate by The National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd., 2005.

FOX T.J., BEACHAM T., SCHAFFRAN G.C., CHAMP M.A.: **Advanced technologies for removing TBT from ship washdown and drydock runoff wastewaters**. *In*: Proceedings of Oceans '99 Congress, p.63-71. 1999.

FRANCE. Ministère de la Défense. Dossier de Presse: **Developpement Durable leau**. *in* Le Plan d'Action Environnement du Ministère de la Défense, 2006. Disponível em: http://www.defense.gouv.fr/marine/base/dossiers/dossier_environnement/la_gestion_de_leau. Acesso em: 20 maio 2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DE MEIO AMBIENTE – FEEMA. Qualidade de Água da Baía de Guanabara (1990/1997). Programa de Despoluição da Baía de Guanabara. Rio de Janeiro, 1998.

GALVÃO, José G. da S., entrevista concedida a Maria José da S. Silveira, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, 19/03/2010.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento de Efluentes Industriais**. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Rio de Janeiro. 2008.

GNECCO, Celso et al. **Tratamento de Superfície e Pintura** *in* Série Manual de Construção em Aço. Instituto Brasileiro de Siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006.

GREENHALGH, Juvenal. **O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro na história (1765-1822)**. Rio de Janeiro: Editora a Noite, Vol. I, 1951.

GREENHALGH, Juvenal. **O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro na história (1822-1889)**. Rio de Janeiro: Gráficas do IBGE, Vol.II. 1965.

HORSMON, Albert W. e CLAPHAM, Jr. Scott B. Final Report: **Waste Water Treatment Techninology Survey**. Submitted to: National Steel and Shipbuilding Co (NASSCO). by: Bath Iron Works (BIW), in Marine, and The University of Michigan Transportation Research Institute Marine (UMTRI) Systems Division. San Diego, CA. 1998.

IMHOFF, K. R. e KARL; **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. Editora Edgard Blücher Ltda. 26ª Ed., 1985.

IMO. Organização Marítima Internacional, nas especificações sobre água de lastro e tributil estanho, TBT, através do disposto na MARPOL 73/78.

IMO. **Anti-fouling Systems**, 2010. Disponível em: www.imo.org.

INEA, DZ 205 R.5. Diretriz de Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de Origem Industrial - Estabelece exigências de controle de poluição das águas que resultem na redução da Matéria Orgânica Biodegradável de Origem Industrial e da Matéria Orgânica Não Biodegradável de Origem Industrial; e Compostos Orgânicos de Origem Industrial que interferem nos mecanismos ecológicos dos corpos d'água e na operação de sistemas biológicos de tratamento implantados pelas indústrias e pelos Serviços Autônomos de Esgoto dos Municípios.1991.

INEA, DZ 209 – Diretriz de Controle de Efluentes Líquidos Industriais.

INEA, DZ 213 R06- Estabelece critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais, utilizando testes de toxicidade com organismos aquáticos vivos, de modo a proteger os corpos d'água da ocorrência de toxicidade aguda ou crônica de acordo com a NT-202 e DZ-209, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.1990.

INEA, DZ 215 R04- Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem industrial.

INEA, DZ 942 R.7 – Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – Procon Água – Especifica como as empresas devem promover o controle de seus lançamentos; frequência do monitoramento e modelo do relatório a ser enviado mensalmente ao INEA.1990.

INEA, NT 202 R 10. Versa sobre critérios e padrões para o lançamento de efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.1986.

JICA, Japan Bank International Cooperation.

JORGE, Leila Cristina et al. (2002). Artigo: **Interações dos processos sócio-ambientais nas bacias das Enseadas de Icaraí e São Francisco, Organismos Aquáticos como bio-indicadores da Qualidade Ambiental com enfoque no mexilhão Perna perna** (Linnaeus, 1798), *in* Mundo & Vida, vol. 3. Curso de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PGCA), Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. 2002.

KJERFVE, B. et al. **Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía deGuanabara, Rio de Janeiro, Brazil**. In: Continental Shelf Research. (1997).

KOTRIKLA, Anna. **Treatment Approaches of the Tributyltin Paint Wastes from the Shipyards**. In: International Conference “Shipping in the era of Social Responsibility”, 2006, Argostoli, Cephalonia, Greece. Paper.2006. University of the Aegean, Department of

Shipping, Trade and Transport. Greece. Disponível em: <www.stt.algean.gr/metaxasconf/>. Acesso em: 05 jan. 2010.

LIMA, Elizabeth C. da Rocha. **Qualidade de Água da Baía de Guanabara e Saneamento: Uma Abordagem Sistêmica** (Tese de Doutorado em Planejamento Energético). Curso de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

MACCOY, Erika J. A. McCoy, **Marine Advisor**. Program Representative, 2004; University of California Cooperative Extension, San Diego, Califórnia.

MANNING, Cynthia J. 1995. **Analysis of Pollution Prevention Efforts For Ships Homeported at Norfolk Naval Base, Norfolk, Virginia**. (Master's Thesis, Naval Postgraduate School Monterey CA). Accession Number: ADA301228. Disponível em: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA301228&Location=2&doc=GetTRDoc.pdf>. Acesso em: Jul. 2010.

MARTIN, John e DAVIS, Brooke. Final Report: **Filtration of Runoff from Pressure Washing Vessel Hull in Drydock**. Prepared by National Steel and Shipbuilding Company (NASSCO). Facilities and Environmental Effects Under the National Shipbuilding Research Program (NSRP). San Diego, California, September 1995.

MIERZWA, J. C. & HESPANHOL, I. **Água na Indústria, Uso Racional e Reúso**, Oficina de Textos, SP, 2005.

NAIEM, Mohd Azzeri Bin Md (2004). **Viability Study on the Application of Advanced Blasting Method in Malaysian Shipbuilding Industry Naiem**. Dissertation of the degree of Master of Engineering (Marine Technology). Faculty of Mechanical University Technology Malaysia. Malaysia, 2004.

NASSCO, National Steel and Shipbuilding Company. Final Report: **Filtration of Runoff from Pressure Washing Vessel Hull in Drydock**. In Behalf of SNAME SPC PANEL SP-1, Facilities and Environmental Effects. For National Steel and Shipbuilding Company (NSRP).

NEW ZEALAND. **TBT-Clean Screening of Technologies Report**, Report for Life by Port of Antwerp, APEC, DEC, Envisan and ERC, in Project: LIFE02 ENV/B/000341, Complementation to Directive 1999/51/EC, 2003. Disponível em: <<http://www.portofantwerp.be/tbtclean/uploadeddocuments/Final%20Report%20TBT-Screening%20of%20technologies.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2010.

NEW ZEALAND. Enclosure treatment: **A biosecure treatment for oil rig pontoons MAF Biosecurity New Zealand Technical**. Paper No: 2009/40. Prepared for MAF Biosecurity New Zealand, By Aquenal Pty Ltd. Ministry of Agriculture and Forestry. Disponível em: <www.biosecurity.govt.nz/about-us/our-publications/technical-papers>. Acesso em: 10 maio 2010.

NOGUEIRA, L. S. et al. Artigo: **Plano de Prevenção de Riscos Ambientais (PGRA) para Empresas de Galvanoplastia**. Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Católica de Goiás. Goiânia, GO, (s.d.).

NPDES. Proposed Issuance of a National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Permit to Discharge Pollutants Pursuant to the Provisions of the Clean Water Act (CWA) for

United States Department of Defense, Department of the U.S. Navy. Naval Base Kitsap Bangor, 2009.

NPDES. Proposed Issuance of a National Pollutant Discharge Elimination System . Fact sheet: Todd Pacific Shipyards Corporation for PERMIT WA-000261-5, 2005. Disponível em: <[http://www.ecy.wa.gov/PROGRAMS/WQ/permits/permit_pdfs/todd_pac/Todd Pacific Shipyards Factsheet.pdf](http://www.ecy.wa.gov/PROGRAMS/WQ/permits/permit_pdfs/todd_pac/Todd_Pacific_Shipyards_Factsheet.pdf)>. Acesso em: Dez. 2010.

NSRP, SP1. 062007-Drydock-Cleaning-BAE-Systems.pdf. Dry dock Cleaning Best Practice for Ship Repair, San Diego, 2007. Disponível em: < 062007-Drydock-Cleaning-BAE-Systems.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2009.

O. Jr., Airton; PAWLOWSKY, Urivald. **Avaliação de tecnologias avançadas para o reúso de água em indústria metal-mecânica**. Artigo Técnico *in* ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Código ABES: 042/07, vol.12- nº 3 – jul/set 2007, p 305-316.

ODUM, Eugene P.; BARRET, Gary W. ; **Fundamentos de Ecologia**. 5ª Ed. norte-americana. CENGAGE Learning, 2008, São Paulo.

OKIDA, José Roberto. **Estudo para Minimização e Reaproveitamento de Resíduos Sólidos de Fundição** (Dissertação para Título de Mestre em Engenharia de Produção). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica federal do Paraná. Campus Ponta Grossa, Paraná, 2006.

OLIVIER, Samantha. **Avaliação dos Impactos Ambientais Gerados pela Produção de Resíduos Industriais do Ramo Metalúrgico: Recuperação e Reciclagem**. Dissertação para Título de Mestre em Gestão e Políticas Ambientais. Do Curso de Pós-graduação de Gestão e Políticas Ambientais do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

OSHA, Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor Occupational. Guidance Document: **Abrasive Blasting Harzards in Shipyards Employment**. Directorate of Standards and Guidance Office of Maritime, 2006. Disponível em: <http://www.osha.gov/dts/maritime/standards/guidance/shipyardguidance.html>.

PACHECO, Élen Beatriz. **Introdução aos Processos Químicos e Bio-Químicos**. Polímeros, capítulo 10, pág 70-73. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola de Química, 2007.

Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center (PNPP). Large Shipyard: Best Management Practices. Appendix C: **Surface Preparation, Paint Removal, Sanding Areas**. Compiled by the Washington Department of Ecology, 1997. Disponível em: <WWW.appliedtm.com/projects/ports/freeport%20Harbor%20ship%20repair%20Facility.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2009.

PALMA, Marcos André Westphallen. **Influência do Ambiente de Trabalho na Gestão do Conhecimento de um Estaleiro Público**. 2007. (Dissertação para título de Mestre em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. 2007.

PANGAN, Prajwala e GIRIYAN, Asha. **TBT impacts: Towards improved management of organotin compounds Shipyard waste disposal and its regulations**. Paper do Projeto: Shipyard waste disposal and its regulations, European Commission and The Energy and Resources Institute. Realizado em consórcio entre: Per Le Nuove Tecnologie, L'energia E L'ambiente (ENEA) ACS Department of Environment, Global Change, and Sustainable Development, Italy ;The Energy and Resources Institute (TERI), Western Regional Centre, India; National Institute of Oceanography (NIO), Marine Corrosion and Materials Research Division, India; National Institute of Ocean Technology (NIOT), India; Göteborgs Universitet (UGOT), Department of Law, Göteborg University, Sweden; Stichting Katholieke Universiteit/Radboud Universiteit (KUN/RU) Faculty of Science, Mathematics and Computing Science, Radboud Universiteit, The Netherlands, 2009. Disponível em: <<http://www.teriin.org/teri-wr/projects/impactsnewsletter.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2010.

PAVANELLI, Luciana Conceição. **Diagnóstico Ambiental das Áreas Susceptíveis à Contaminação por Metais no Pólo Industrial de Fundição em Loanda Paraná**. 2007. (Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Curso de Pós-graduação em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2007.

PENSO, Antonio L. D. Estudo de Caso da Evolução Organizacional da Escola Técnica do Arsenal Marinha do Rio de Janeiro (ETAM) em Relação à Viabilidade do Atingimento Simultâneo de Requisitos Fomentados pelo Ministério da Educação e pelo Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (Dissertação para o título de Mestre). Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, RJ, 2002.

PIWAMAS. Project: **Process Integrated closed cycle water management system for dry docks**. CORDIS Technology Marketplace. Disponível em: <<http://cordis.europa.eu/date/PROJ-/ALTIONeq112362005919ndDOCeql1498ndTBLeqEN-PROJ.htm>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

Plano de Despoluição da Baía de Guanabara, PDGB (2009). Página eletrônica. Disponível em: <<http://www.pdbg.org.br>>.

PROCÓPIO, Aline Sarmento. **Poluição Atmosférica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química (2007).

QUADROS, Juliana.P. e CAMILO, D.; RESENDE, A.; PESSOA, I. & FERNANDES, M. A. Artigo: **Poluição por Compostos Organoestânicos, (COE's)**. Departamento de Oceanografia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2003. Acesso: jupq@uol.com.br. Disponível em: <[http://www.alicmar.org/congresos/documentos/decimo/Orales%20Extensos/contaminacion%20\(toxicos%20persistentes\).pdf](http://www.alicmar.org/congresos/documentos/decimo/Orales%20Extensos/contaminacion%20(toxicos%20persistentes).pdf)>. Acesso em: 08 out. 2009.

RASHED, Abu Toha Md. Rashed e YANG Ming Rui. **The Environment and Human Safety Threats in Ship Recycling Industry in Asian Developing Countries**. Master Thesis of Science in Transport and Logistics Management School of Business, Economics and Law University of Gothenburg. Spring, 2009.

Revista Meio Filtrante On Line, (2008). Artigo: **A Busca por Navios não Poluentes**. Edição nº32, maio/junho. Acesso em: 25 dez. 2009.

REZENDE, J. H. **Um Estudo sobre a Gestão de Resíduos e Efluentes em Marinas, Terminais Hidroviários de Passageiros e Embarcações de Turismo e Lazer no Reservatório de Bariri/ Hidrovia Tietê – Paraná.** (Dissertação para Título de Mestre em Engenharia). Curso de pós-graduação em engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2003.

ROSA, Silvio R. Z **Sistema de Gestão Ambiental Aplicado a Rebocadores Portuários: O Caso do Porto do Rio de Janeiro** (Dissertação para o título de Mestre em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2003.

ROSS Jonathan. Conference paper: **Environmental Pollution Control: Regulatory Considerations and a Case in Point.** Ross McNatt Architects Houston TX, 1992. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADP023023>>. Acesso em: jul. 2010.

SANTOS, Dayana M. **Compostos Orgânicos no Material Particulado em Suspensão e Sedimentos Superficiais no eixo Leste-Oeste do Complexo Estuarino de Paranaguá. PR.** (Dissertação para o Título de Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos). Curso de Pós Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Área de Concentração em Biogeoquímica Marinha, do Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2008.

SANTOS, Saint-Clair D. O.: **Formulação e Ensaios de Tintas com Base na Tecnologia de Ferrugem Protetora para Emprego em Ambiente Antártico** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais)- Curso de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2005.

SCHAFFRAN, Gary C. WINFIELD, Joseph G. POMMERENK, Peter, AKAN, A. Osman, MIZELLE, Larry. Final Report: **Stormwater Collection, Treatment, Recycling and Reuse in a Shipyard.** NSRP Project N1-96-07. Center for Advanced Ship Repair and Maintenance (CASRM). Old Dominion University, Norfolk, 1998.

SCHEEFER, Milena: **Avaliação da Efetividade do Controle Industrial do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara.** (Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético) – Curso de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2001.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO14001 Sistema de Gestão Ambiental – Implantação Objetiva e Econômica.** Editora Atlas, 2005. 258p.

SENAI (2001). Documento 3. **Gestão de resíduos em tratamento de Superfície: Etapa de Decapagem Ácida.** Minas Gerais, 2001.

SENAI (2006). **Gestão de Resíduos Fluidos de Usinagem.** Documento 3 *in* Projeto Programa Piloto para a Minimização dos Impactos Gerados por Resíduos Perigosos. SENAI/MMA/UNIDO/UNEP/RED CENTROS. Rio Grande do Sul, 2006.

SILVA, Ademir Brandão, 2001: **Gestão Ambiental na Indústria: Uma Avaliação do Comportamento dos Setores Químico e Petroquímico com Relação aos Passivos**

Ambientais e os Problemas Causados em Torno da Baía de Guanabara. Dissertação para o Título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública. Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

SILVA, E. R., entrevista concedida a Maria José da S. Silveira, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, 1/09/2010.

SINAVAL. Mendonça A. **A Capacitação da Indústria Naval Brasileira**, (s.d.).

STICHNOTHE, H., THOEMING, J., CALMANO, W. **Desoxification of tributyltin contaminated sediments by an electrochemical process. The Science of the Total Environment**, 2001 & 2002. p.266; 265-271.

TAKIMOTO, Alexandre K., (2005). **Proposta de Reorganização de um Estaleiro Público Militar uma Utilização de Modelo de Estrutura Divisional**, (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2005.

TITO, M. J. B. **Estimativa de Parâmetros Utilizados em um Modelo de Multimeios-Aplicação na Baía de Guanabara.** (Tese de Doutorado de Ciência dos Materiais e Metalurgia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica da Pontifícia Universidade Católica, PUC, RJ, 2003.

TOCHETTO, Marta Regina L. **Efluentes Líquidos. Química Ambiental e Gerenciamento de Resíduos.** Parte I. Departamento de Química. Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, RS. março 2008.

TOCHETTO, Marta Regina L. **Implantação de Gestão Ambiental em Grandes Empresas com Atividade Galvânica.** (Tese de Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

U.S. EPA/Gulf Coast Shipyard Stormwater Best Management Practices Project. Disponível em: Shipbuilders.org-Portals-shipbuilders-documents-pdf-811200592424A.pdf.

U.S.EPA. 1997. Profile of the Shipbuilding and Repair Industry. EPA 310-R-97-008.

UFC (150), 4-150-02. Unified Facilities Criteria (UFC). **Design: Dockside Utilities for Ship Service Technical Criteria for Military Construction. Headquarters**, U.S. Army Corps of Engineers (HQUSACE), Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC) and Air Force Civil Engineer Support Agency (AFCEA). May, 2003.

UFC(213), 4-213-10. Unified Facilities Criteria, 2002. **Design: Graving drydocks.** U.S. Army Corps of Engineers. Naval facilities engineering command (Preparing Activity). Air Force Civil Engineer support Agency, 2003. Disponível em: www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC-4-213-10.pdf. Acesso em: 06 jun. 2010.

VAZ, A. M. P. **Lixo Eletrônico: Por uma destinação consciente.** Monografia apresentada ao POSEAD – Programa de Pós-Graduação à Distância da Universidade Gama Filho, como

pré-requisito para a obtenção do grau de especialista em Gestão Ambiental de Empresas, (2010).

VEIGA, Lílian Bechara (2005). **Diretrizes para a Implantação de um Parque Industrial Ecológico: Uma Proposta para o PIE de Paracambi, RJ** (Tese de Doutor em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

WILLIAMS, John e RICE Robert M. The National Shipbuilding Research Program, NRSP. **U.S Navy High-Pressure Water jet Closed-Loop Paint Stripping System**. Paper No.17 *in* Ship Production Symposium: Ship Production Committee Facilities and Environmental Effects Surface Preparation and Coatings Design/Production Integration Human Resource Innovation Marine Industry Standards Welding Industrial Engineering Education and Training, NSRP 0439, 1995.

APÊNDICE 1 - Insumos e resíduos das tipologias industriais consideradas para o estaleiro

INSUMO	TIPOLOGIA INDUSTRIAL	ASPECTOS AMBIENTAIS
<ul style="list-style-type: none"> • Resinas Plásticas • Solventes (metanol, metil etil cetona, etileno, benzeno, tolueno, xileno). • Acetona, éter glicol. • Pigmentos orgânicos e inorgânicos. • Substâncias químicas (amônia, cloro, dióxido de cloro, etileno, etil glicol). • Metais (bário, cobre, manganês, cádmio, cromo, níquel, zinco, chumbo, mercúrio). • Lubrificantes: óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades industriais de síntese das bases das tintas e de serviços de pintura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos contendo metais (bário, cobre, manganês, cádmio, cromo, níquel, zinco, chumbo, mercúrio). • Solventes (metanol, metil etil cetona, metil iso butil cetona, etileno, benzeno, tolueno, xileno). • Borrás de tinta e pigmentos. • Lubrificantes: óleos e graxas. • Águas residuárias com metais, solventes, restos e borrás de tintas e pigmentos.
<ul style="list-style-type: none"> • Águas de lavagem dos gases nas cabines de pintura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento dos gases liberados na pintura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Águas residuárias com substâncias químicas liberadas pelos gases.
<ul style="list-style-type: none"> • Metais (bário, alumínio, cromo, cobre, manganês, níquel, zinco, estanho, prata). • Substâncias químicas (cloro, cianeto, etil cetona, antraceno, etil benzeno, etil glicol). • Solventes (acetona e amônia). • Tintas e vernizes. • Resinas e materiais plásticos. • Lubrificantes: óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Galvanoplastia 	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos contendo metais (bário, alumínio, cromo, cobre, manganês, níquel, zinco, estanho). • Substâncias químicas. • Solventes (acetona, amônia). • Grânulos e pellets plásticos. • Borrás ácidas. • Restos, borrás de tintura, pigmentos. • Lubrificantes: óleos e graxas.
<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação do metal de sucatas e refugos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria Metalúrgica - Fundição Secundária. 	<ul style="list-style-type: none"> • Óxidos Metálicos. • MP: ferro, sílica, óxidos metálicos. • Produtos de combustão (fusão). • SO₂ (enxofre presente no minério, no carvão e no combustível). • gás sulfídrico, formaldeído, amônia, hidrocarbonetos, fluoretos.

Continuação do Apêndice 1

<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Forno: <ol style="list-style-type: none"> a) Cubilô. b) Revérbero. c) Elétrico de indução. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria Metalúrgica <ul style="list-style-type: none"> - Fundição de ferro 	<ul style="list-style-type: none"> • MP em função do tipo do forno: <ol style="list-style-type: none"> a) Emissão - 7,8 kg/t de metal. b) Emissão - 0,9 kg/t de metal. c) Emissão - 0,9 kg/t de metal.
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Forno: <ol style="list-style-type: none"> a) Elétrico a arco. b) Elétrico de indução. c) Siemens-Martins. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria Metalúrgica <ul style="list-style-type: none"> - Processamento secundário do aço 	<ul style="list-style-type: none"> • MP em função do tipo de forno. <ol style="list-style-type: none"> a) Emissão - 6,8 kg/t de metal. b) Emissão - 0,045 kg/t do material. c) Emissão - 4,8 kg/t do material.
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de forno: <ol style="list-style-type: none"> a) Cadinho. b) Elétrico. c) Revérbero. d) Rotatório. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria Metalúrgica <ul style="list-style-type: none"> - Fundição de bronze 	<ul style="list-style-type: none"> • MP em função do tipo de forno. <ol style="list-style-type: none"> a) Emissão - 1,75 kg/t de material. b) Emissão - 1,35 kg/t de material. c) Emissão - 11,85 kg/t de metal. d) Emissão - 9,40 kg/t de metal.
<ul style="list-style-type: none"> • Fusão de metal/ Manuseio de areia. • Ácidos (fosfórico, sulfúrico, oxálico, acético). • Solventes (benzeno, metil etil cetona, xileno, tolueno). • Lubrificantes: óleos, graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria Metalúrgica <ul style="list-style-type: none"> - Produtos. - Produção de peças forjadas, trefiladas, laminadas e extrudadas. - Acabamento do metal. 	<ul style="list-style-type: none"> • MP (fundições). • Fumaça (metal). • Névoas. • Borrás Ácidas. • Óleos, graxas. • Solventes
<ul style="list-style-type: none"> • Águas de lavagem das exaustões dos gases, liberados pelos fornos. • Fumaças e névoas das fusões dos metais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exaustores 	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes dos alto-fornos com fenol e cianeto. • Efluentes com metais dos óxidos das fumaças, produtos de combustão e SO₂ (enxofre do minério, carvão e combustível).
<ul style="list-style-type: none"> • Banhos de decapagem de ferrosos, e de não ferrosos. • águas de lavagem nas indústrias de laminações, metalúrgicas, aramifícios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Decapagem de metais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Efluente com desengraxantes, ácido sulfúrico, ácido nitrosulfúrico, soda cáustica.
<ul style="list-style-type: none"> • Plásticos polimerizado, polietileno. • Polipropileno(PP), cloreto de polivinil (PVC), poliestireno(PS), • Solventes, corantes (dióxido de titânio, óxido de ferro). • Fibra de vidro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peças de plástico e de fibras, constituídas por polímeros, passíveis de moldagem por ação da temperatura e pressão, tornando-se fluídos. • Resinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grânulos e pellets plásticos. • Águas residuárias. • Pó, poeiras e MP. • Emissões de gases oriundos de substâncias químicas aromatizadas como solventes e resinas.

Fonte: PROCÓPIO (2007), pág. 56 a 58; IMHOFF(1985), pág.125-175; VEIGA (2005) e PACHECO (2007), cap. 10 pág. 70-73.

**APÊNDICE 2 - Potenciais impactos ambientais das instalações de terra do AMRJ
e as ações preventivas e mitigadoras recomendadas**

Edifício	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Medidas Preventivas e Mitigadoras Sugeridas
Edifício 2 Oficina de teste de motores	<ul style="list-style-type: none"> • Óleo usado na bancada de testes de motores. • Água utilizada na lavagem dos gases. • Água de Jateamento para Lavagem e descarbonização de motores. • Óleo em geral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das redes de águas pluviais com óleos e graxas, resinas, solventes, tintas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de bacias de contenção. • Encaminhamento dos efluentes com O&G para sistema separador e demais efluentes para ETEI. • Tanques com soluções saturadas-opção de descarte por firma terceirizada.
Edifício 2 Marcenaria	<ul style="list-style-type: none"> • Serragem. • Colas, Resinas, Tintas e Vernizes e solventes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado. • Contaminação das redes pluviais com a lavagem das peças com resíduos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação de aspirador de serragem. • Coletor de pó / exaustão das máquinas individuais ETEI.
Edifício 2 Oficina de plástico reforçado	<ul style="list-style-type: none"> • Lã de Fibra de Vidro e pallets de plástico. • Lixamento das peças. • Colas, Resinas, Tintas e Vernizes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material Particulado. • Contaminação das redes pluviais com a lavagem das peças com resíduos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coletor de pó/ exaustor dos equipamentos. • Aspirador de manga para Pó de fibra de vidro e plástico ETEI.
Edifício 2 Paiol de materiais recicláveis	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento provisório de materiais oriundos de coleta seletiva. 		<ul style="list-style-type: none"> • Bacias de contenção para óleos e graxas. • Área segregada.
Edifício 3 Oficina de Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> • Cabine de jateamento, do setor de enrolamento de motores, utiliza, solvente à base de cloro etileno (FO). • Lubrificantes. • Água de Baterias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Piso permeável - Contaminação do solo e das redes de águas pluviais. • Emissão de gases. 	<ul style="list-style-type: none"> • Efluente direcionado para poço, para aspiração e descarte.

Continuação do Apêndice 2

<p>Edifício 3 Galvanoplastia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de Peças. • Águas de lavagem com cádmio, cromo, cianeto, soda cáustica, cobre, ácido sulfúrico. • Tanques com soluções para banhos de cádmio, prata, cobre, cromo, Lavados Ferrosos, não ferrosos e elastômeros. • Liberação de gases extraídos para a atmosfera • Névoas ácidas, alcalinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais. • Emissão de gases dos metais utilizados na eletrólise, Sox. • Sais dos metais. • Consumo de Água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques das Soluções sem descarte • Instalação de sistema de tratamento das redes de águas de lavagem diferenciadas: para cianeto, independente das de cromo ou das de cádmio, preferencialmente até a secagem dos lodos. • Sistema de Exaustão.
<p>Edifício 4 Oficina de Tubulações</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Liberação de gases. • Óleos e Graxas • Lubrificantes e solventes. • Cabine de testes de - ampolas de submarinos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Liberação de gases combustão e gases dos metais da soldas. • Contaminação das águas pluviais pelas águas de testes das ampolas de submarinos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Efluente direcionado para poço, para aspiração e descarte.
<p>Edifício 4 Oficina de Limpeza Química</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques com desengraxantes, ácido sulfúrico, ácido nitrosulfúrico, soda cáustica. • Liberação de gases. • Óleos e Graxas. • Lubrificantes e solventes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissão de gases tóxicos devido à decapagem, solventes, SOx e outros. • Contaminação das águas pluviais pelas águas de lavagem. • Tanques com substâncias químicas. • Elevado consumo de Água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques com soluções saturadas descartados por firma especializada.
<p>Edifício 5</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Óleos e Graxas. • Lavagens de peças ferrosas, não ferrosas e elastômeros. • Lubrificantes e solventes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais pelas águas das lavagens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estocagem das águas residuárias de lavagem das peças, para encaminhamento para ETEI.

Continuação do Apêndice 2

<p>Edifício 6 Metalurgia / Fundição</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de madeira para a confecção de moldes. • Areia de silicato de sódio para a confecção de moldes. • Óleo para alimentação dos fornos. • Fuligem da fundição de zinco e cobre sem filtragem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissão de gases oriundos das queimas dos óleos dos fornos. • Material particulado, fuligem, fumos e gases, oriundos das fundições de metais como Zinco e Cobre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Descarte por firma especializada da sílica das formas. • Instalação de Sistema de exaustão, com tratamento, para máquinas e fornos.
<p>Edifício 6A Laboratório de Análises Químicas e de testes destrutivos e não destrutivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Substâncias químicas, metais tóxicos e não tóxicos e óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais com substâncias químicas, metais tóxicos e óleos e graxas no descarte e lavagem dos recipientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento em tanques dos efluentes com substâncias químicas compatíveis para posterior descarte por firma especializada.
<p>Edifício 7A Cabine de testes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de jateamento de granalhas a seco e de pintura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Liberação de fuligens e de material particulado, oriundos dos atritos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Exaustão.
<p>Edifício 7B Oficina de hidráulica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de óleos hidráulicos e solventes. • Águas de lavagem, com jateamento de peças. • Tanques de armazenamento de óleos enterrados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais com substâncias químicas, metais tóxicos e óleos e Graxas. • Contaminação do solo por óleo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento e remanejamento das águas residuárias do jateamento para a central de tratamentos de óleos e graxas.
<p>Edifício 8 Oficina de serviços do estaleiro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de óleos, graxas, solventes e tinta. • Águas de lavagens de gases da cabine de pintura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais. • Liberação de gases oriundos de substâncias químicas voláteis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolhimento e encaminhamento para tratamento na ETEI e na central de óleos.
<p>Edifícios 17 Construção de Submarinos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques desengraxantes (trifosfato de sódio) e de limpeza química. • Águas de lavagens da Cabine de pintura com resíduos descartados nas águas pluviais. • Óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais. • Liberação de gases oriundos dos solventes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolhimento e encaminhamento para tratamento na ETEI e na central de óleos.
<p>Edifício 17 Carpintaria</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de madeiras. • Óleos e graxas. • Serragem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das Águas pluviais. • Material particulado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de aspirador de serragem com ciclone e filtros de mangas.

Continuação do Apêndice 2

<p>Edifício 17 Caldeira</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Queima de óleo para fornecimento de vapor das panelas industriais das cozinhas. • Tanque de óleo. • Óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissão de gases pela queima incompleta dos combustíveis. • Fuligem. • Contaminação das águas pluviais e solos. • Consumo de Água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de exaustão. • Bacia de contenção para o tanque de óleo.
<p>Edifício 15 Oficinas de obras civis e de Instalações industriais</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais de construção civil, cimento, amianto, madeira, aço, cobre, zinco e ferro. • Materiais de instalações industriais e de elétricas. • Óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação do solo e águas pluviais por amianto, cimento e metais. • óleos e graxas. • material particulado da. • areia e pó de cimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilização e cobertura dos materiais estocados. • Descarte dos materiais de demolição por firma especializada.
<p>Edifício 19 Oficina de Estruturas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões de gases provenientes das máquinas de solda, usinagens, caldeiraria, corte e corte a plasma. • Águas dos tanques da máquina de corte a plasma, com resíduos das chapas de aço. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões de gases provenientes dos metais fundidos pelas máquinas de soldas. • Contaminação das águas pluviais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar áreas específicas para execução de soldas com sistema de exaustão e lonas de isolamento. • Recolhimento das águas residuárias da máquina de corte, para tratamento na ETEI.
<p>Edifícios 43 e 11 Cozinhas e restaurantes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentos. • Óleos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lixo Orgânico. • Contaminação das águas pluviais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caixa de gordura. • ETE.
<p>Edifício 35A e 35B Garagem e Posto de Abastecimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Água de lavagem de veículos. • Óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolhimento das Águas com óleo para encaminhamento à central de tratamento e de Óleos.
<p>Edifício 36 Alojamentos e oficinas de submarinos docados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Óleos e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolhimento dos óleos para encaminhamento à central de tratamento.
<p>Edifício 37 Grupo Destilatório</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques com ácidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar bacias de contenção.

Continuação do Apêndice 2

Edifício 48 Hospital	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratório de análises clínicas. • Odontoclínica. • Emergência. • Centro-Cirúrgico. • Raio X. • Ambulatório. • Material patogênico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de lixo hospitalar. • Efluentes Patogênicos. • Contaminação das águas pluviais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Descartes do lixo hospitalar por firma especializada. • Tratamento de esgoto hospitalar com desinfecção.
Edifício 71 Oficina de Lanchas	<ul style="list-style-type: none"> • Resinas. • Fibra de vidro. • Material Particulado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poluição do ar. • Contaminação das águas pluviais 	<ul style="list-style-type: none"> • Descarte dos resíduos por firma especializada. • Sistema de exaustão.
Carreiras	<ul style="list-style-type: none"> • Óleos e graxas. • Tintas e solventes. • Máquinas de corte e solda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas mar • Poluição do ar • Geração de resíduos sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento com lonas no piso e no entorno, formando bacias de contenção para as substâncias químicas e resíduos.
Diques	<ul style="list-style-type: none"> • Óleos e graxas. • Tintas (TBT). • Jateamento com água. • Jateamento com água e granalha de cobre. • Espécies vivas e incrustações. • Águas de Lastro. • Consumo de água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas do mar. • Poluição do ar • Geração de resíduos sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento com Lonas, formando bacias, armazenando águas residuárias. • Recolhimento, tratamento e reuso.
Paiol de Sucatas	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento a céu aberto de sucatas de diferentes metais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Água de chuva carreando diferentes efluentes para rede de águas pluviais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Executar piso impermeabilizado, cobertura e proteção contra chuvas e isolamento da área.
Água de resfriamento da cabine de teste	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado consumo de água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar, tratar e recircular a água.

Fonte: Própria.

APÊNDICE 3 - Exemplo de estimativa do volume de tanque de equalização

➤ *Cálculo de Sistemas de Equalização*

Para um cálculo expedito do volume de um tanque de equalização para o acúmulo de águas de chuva e de águas de hidrojetamento Frenzel (2001), apresentou os cálculos a seguir:

a) Escoamento da água de chuva

Se um dique-seco é de 600 ft X 100 ft e, por exemplo, com uma chuva com intensidade de 1 (um) ft por evento de chuva, então:

$$600 \text{ ft comprimento} \times 100 \text{ ft de largura} \times 1 \text{ ft de profundidade} = 60.000 \text{ ft}^3 / \text{ft}$$

$$1 \text{ feet} = 12 \text{ polegadas}$$

$$(60.000 \text{ ft}^3 / \text{ft}) = 60.000 \text{ ft}^3 / 12 \text{ polegadas} = 5.000 \text{ ft}^3 / \text{polegada}$$

Há 7,48 galões por ft³ (pé cúbico) assim:

$$(5.000 \text{ ft}^3 / \text{polegada}) \times 7,48 = 37.400 \text{ galões} / \text{pol} = 37,4 \text{ mil galões de água por polegada em um evento de chuva.}$$

b) Escoamento por hidrojetamento

Para duas máquinas de hidrojetamento com bombas operando cada uma por 8 horas ininterruptas. Então:

Bombas Ultra High Pressure podem gerar de 06 a 04 gal por min

Duas máquinas trabalhando 8 horas = $((6 + 4) / 2) \times 60 \times 8 \times 2 = 4.800$ galões (o que é pequeno em comparação com a água da chuva).

c) Total de escoamento superficial: água da chuva + jateamento.

$$37.400 \times 2 + 4.800 = 79.600 \sim 80.000 \text{ galões (2 eventos de chuva com } i = 1 \text{ ft)}$$

O sistema de tratamento deve ser dimensionado para o tratamento da água em 24 horas, neste caso, a bomba é dimensionada em função da quantidade de água gerada durante o jateamento do casco, planejando-se recolher tanto as águas pluviais como do hidrojetamento.

O tamanho da bomba para acomodar os dois escoamentos será:

$$80.000 \text{ gal} / 24 \text{ h} / 60 \text{ min} = 55 \text{ gal} / \text{min}, \text{ para o tanque ficar vazio em 24 horas.}$$

Estes são alguns cálculos aproximados que se pode usar para estimativa das dimensões. Conforme já comentado no item 6.1.3, Frenzel (2001), considera o sistema de tratamento preliminar suficiente para atender o hidrojetamento inicial, geralmente projetado

para a filtração de partículas maiores, seguido de pré-sedimentação de sólidos em um tanque de decantação e filtragem com filtros de 2 microns para proteger as bombas.

Aplicando-se o mesmo processo para um pré-dimensionamento do volume de um tanque de equalização no dique Alte Régis, para o acúmulo de águas de chuva e de águas de hidrojateamento:

a) Escoamento de águas de chuva

Supondo, para chuvas torrenciais, 2 eventos de 10 minutos de chuva, com intensidade de 180 mm/h (www.ebanataw.com.br/drenagem/chuva/htm) no dique-seco de 258,00 m de comprimento e 35,00 m de largura.

Cálculo do volume acumulado de água:

$$258 \text{ m} \times 35 \text{ m} \times (0,18 \text{ m} / 60 \text{ min}) \times 10 \text{ min} \times 2 \text{ eventos} = 541,8 \text{ m}^3 = 541.800 \text{ litros}$$

Portanto, há o acúmulo de 541.800 litros de água para uma chuva torrencial de $i = 180 \text{ mm/h}$, durante 2 eventos de 10 minutos cada.

b) Escoamento por hidrojateamento

Para duas máquinas de hidrojateamento com bombas operando, cada uma por 8 horas ininterruptas. Então:

Bomba Ultra High Pressure consome 20 litros de água por minuto (AMRJ 246, 2010). Com duas máquinas trabalhando 8 horas = 2 máq. $\times 20 \text{ L} \times 8 \text{ h} \times 60 \text{ min} = 19.200 \text{ litros}$ (valor pequeno, em comparação com o volume da água da chuva).

c) Total de escoamento superficial: água da chuva + jateamento.

$541.800 + 19.200 = 561.000 \text{ litros}$. (o sistema de tratamento deve ser dimensionado para operar durante 24 horas).

A capacidade da bomba para acomodar os dois escoamentos será:

$561.000 \text{ L} / 24 \text{ h} / 60 \text{ min} \approx 390 \text{ litros} / \text{min}$, (esta será a vazão mínima da bomba para o tanque de armazenamento ficar vazio em 24 horas).