

MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE NAVIOS DA MARINHA DO BRASIL – Estudo de caso do Aviso de Instrução *Aspirante Nascimento*

ELSON FERREIRA MACHADO*
Engenheiro de Tecnologia Militar

SUMÁRIO

Introdução	
Metodologia	
Conceitos fundamentais	
Legislações a serem atendidas	
Arcabouço básico – Meios flutuantes existentes na Marinha do Brasil	
Necessidade da busca por navios não poluentes	
Classificação das emissões poluentes	
Rede de Precedência	
Estudo de caso relativo aos aspectos ambientais do Aviso de Instrução <i>Aspirante Nascimento</i> e seus desdobramentos	
Padrão adotado para produção de Águas Servidas	
Distribuição da tripulação	
Alternativas para instalação do sistema de tratamento	
Seleção da unidade eletrocatalítica	
Impactos da instalação	
Análise comparativa	
Descrição do sistema de separação de água e óleo	
Dimensionamento do separador de água e óleo	
Pré-seleção do separador	
Separador de óleo para cozinha	
Compactador de lixo	
Soluções propostas e recomendações decorrentes do estudo	
Solução adotada pela Marinha do Brasil	
Quanto ao tratamento de esgoto sanitário	
Quanto à separação de água e óleo	
Conclusão	

* N.R.: Encarregado da Divisão de Sistemas Mecânicos do Centro de Projetos de Navios.

INTRODUÇÃO

A pesar de os navios não serem os maiores poluidores dos rios e mares, não existe razão para que sejam omissos a esse problema. Por outro lado, as embarcações não podem ser transformadas em estações flutuantes para tratamento de água.

Na atividade específica da Marinha do Brasil (MB), o objetivo fundamental do meio naval é estar preparado para utilizar seu sistema de armas. O sistema de controle de poluição é considerado secundário quando comparado com os complexos sistemas de um navio de guerra. Por esse motivo, até pouco tempo atrás, não só na MB como em forças estrangeiras, as instalações de equipamentos de controle de poluição não eram avaliadas com a importância atual.

Tal mudança deve-se ao agravamento da poluição hídrica e à conscientização de seus efeitos a médio e longo prazos.

Relatórios elaborados pela Marinha dos Estados Unidos (EUA) indicam que os custos para alijamento no porto do esgoto sanitário e da água oleosa são da ordem de US\$ 20/m³ e US\$ 50/m³, respectivamente.

A velha máxima do Almirante Tamandaré de “manter o navio limpo” sofreu alterações nas três últimas décadas. A ordem agora é manter o navio sem impactar o meio ambiente. As legislações ambientais e os órgãos fiscalizadores, cada vez mais rígidos, fazem com que a tripulação tenha que se acostumar a não mais limpar seu navio, à custa da impactação do meio exterior. Agora, em vez de descartar resíduos diretamente ao mar ou rio, faz-se necessário tratá-los, antes de alijá-los em terra e realizar acompanhamento da sua disposição final para aterro sanitário controlado, usina

de incineração ou unidade de tratamento de esgoto em terra.

Como convive a Marinha com esta realidade? Estão sendo tomadas as medidas adequadas para evitar que os navios degradem o meio ambiente? Quais são os processos tecnológicos associados a esse controle de poluição? Há a geração ou mesmo absorção de tecnologia nessa área? Pode-se operar somente com navios não poluentes?

Este trabalho objetiva analisar e propor alternativas a esses questionamentos, dando uma visão simplificada de problemas técnicos e desdobramentos.

METODOLOGIA

A apresentação deste trabalho consiste basicamente de uma explanação das diversas formas de poluição causadas por navios da

A velha máxima do Almirante Tamandaré de “manter o navio limpo”, agora é manter o navio sem impactar o meio ambiente

MB, dando ênfase à poluição por esgoto e óleo, suas normas e legislações vigentes. Estabelece uma rede de precedência das atividades associadas ao estudo de exequibilidade e adequabilidade de dotar navios já existentes de sistema de controle

de poluição e descreve um estudo de caso do navio Aviso de Instrução U10 *Aspirante Nascimento*, operado pela MB, no que tange ao sistema de controle de poluição (tratamento de águas servidas; separação de água e óleo e lixo). Finalmente, apresenta as considerações finais, bem como as conclusões e recomendações deste trabalho, objetivando a adequação às legislações ambientais.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Abaixo são apresentados alguns conceitos básicos que possibilitam melhor compreensão das informações que compõem o trabalho em questão.

Legislações a serem atendidas

Para navios marítimos e navios de águas interiores, há que se utilizar legislações específicas, pois estes meios situam-se em corpos receptores completamente distintos.

Atualmente, existe um grande número de instrumentos globais, nacionais e locais, pelos quais se buscam a proteção e a preservação do ambiente marítimo e de águas interiores.

a) Legislação para navios marítimos: Nas décadas de 50 e 60, a comunidade internacional começou a desenvolver legislação apropriada para controlar os despejos em águas costeiras e *offshore*.

A International Maritime Organization (IMO), órgão da Organização das Nações Unidas que trata da navegação marítima internacional, com o apoio dos países-membros, produziu a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios (Marpol 73/78), que é uma série de regulamentos sobre tipos de produtos aliçados pelas embarcações. A Marpol foi internalizada após a aprovação, pelo Congresso Nacional, do Decreto nº 2.508, de 4/3/98, referente ao Anexo IV da Marpol (poluição por esgoto sanitário) e da Lei 9.966, de 28/4/00, referente ao Anexo I da Marpol (poluição por óleo), obrigando seu atendimento por todos os navios em águas marítimas nacionais. Apesar de os navios de guerra não pertencerem ao fórum de discussão da Marpol, a Marinha vem adequando seus meios navais no sentido de preservar as condições ambientais e os ecossistemas onde interage.

A Marpol considera que esgoto sanitário é aquele oriundo de vasos sanitários, mictórios, ralos de banheiro, enfermarias e compartimentos com animais vivos, ou que tenha sido misturado com essas águas, constituindo o que é chamado de “águas negras”.

Em adição, consideram-se “águas cinzas” aquelas das demais origens: cozinha, pias, lavanderia etc. Comparando-se a quantidade

produzida de águas negras e cinzas, o volume das águas negras representa apenas 25% do volume total produzido em um navio.

Em navios já construídos, é rara a possibilidade de efetuar a separação das redes de coleta das águas negras e cinzas, devido à concepção dos projetos antigos, associada ao custo elevado das obras necessárias.

b) Legislação para navios de águas interiores: Os regulamentos da Organização Marítima Internacional (IMO) não são aplicáveis por não terem seu foco em transporte fluvial ou lacustre. Deste modo, a legislação pertinente é a definida pela Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

A regulamentação apresentada pelo Conama é mais restritiva do que a Marpol quanto ao que é permitido lançar. Óleos e graxas devem ser ausentes, e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) em cinco dias permitida é de no máximo 10 mg/l, valor cinco vezes menor que o mencionado na Marpol. Esta restrição mais severa tem como causa a possibilidade de uso dos corpos receptores de água doce para o consumo humano.

Com o objetivo de criar opções de aquisição de Separador de Água e Óleo (SAO) e Unidades de Tratamento de Águas Servidas (Utas) que possam atender ao contido no Conama, a seguir são apresentados no Quadro 1 – Parâmetros permissíveis para efluentes – os valores para os efluentes à luz da legislação aplicável para navios de águas interiores (Resolução nº 20/86 do Conama) e marítimos (Marpol 73/78 – Anexo IV).

Arcabouço básico – Meios flutuantes existentes na Marinha do Brasil

As informações apresentadas no quadro 2 indicam os atuais meios flutuantes operados pela MB (cerca de 110 navios), incluindo todas as classes e suas respectivas condições em atendimento à legislação atual.

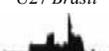
Quadro 1 – Parâmetros permissíveis para efluentes

Parâmetro	Conama (Regul. 20/86: águas classe 3)	Marpol (Anexo IV)
Coliformes fecais /100 ml	4.000/100ml	250/100ml ¹
Sólidos em suspensão	não especificado	100mg/l ²
DBO ₅	10 mg/l	50 mg/l
PH	entre 6,0 e 9,0	não especificado
Turbidez	100 UNT	não especificado
Materiais sedimentáveis	1ml/l	não especificado
Deve ser ausente de água, de acordo com o Conama reg, 20/86, para águas classe 3: – materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais – óleos e graxas – substâncias que formem depósitos objetáveis; e – substâncias que comuniquem gosto e odor.		

(1) MPN: Most Probable Number

(2) Quantidade máxima de sólidos em suspensão, acima da quantidade medida do corpo receptor

Quadro 2 – Meios flutuantes da Marinha do Brasil e suas condições

Navios da MB	Qtde	Tripulação estimada / navio	Trata- mento UTAS ⁽¹⁾ SAO ⁽²⁾ CHT ⁽³⁾	Método utilizado	Navios da MB	Qtde	Tripulação estimada / navio	Trata- mento UTAS ⁽¹⁾ SAO ⁽²⁾ CHT ⁽³⁾	Método utilizado
A12 <i>São Paulo</i>  Navio Aeródromo	1	3.000	Não	–	G30 <i>Ceará</i>  Navio de Desembarque- Doca	2	350	Não	CHT ⁽³⁾
S30 <i>Tupi</i>  Submarinos	5	32	Sim ⁽²⁾	CHT ⁽³⁾	U27 <i>Brasil</i>  Navio-Escola	1	450	Sim ⁽¹⁾⁽²⁾	Eletrolítico ⁽¹⁾ / Placas Oleofílicas ⁽²⁾
F40 <i>Niterói</i>  Fragata (classe <i>Niterói</i>)	6	220	Sim ⁽¹⁾ Não ⁽²⁾	Eletrolítico ⁽¹⁾	F46 <i>Greenhalgh</i>  Fragata (classe <i>Greenhalgh</i>)	3	280	Sim ⁽¹⁾⁽²⁾	Biológico ⁽¹⁾ / Centrífugo ⁽²⁾
G28 <i>Mattoso Maia</i>  Navio de Desembarque Carro de Combate	3	250/ 150 e 150	Não ⁽¹⁾ / Sim ⁽²⁾	CHT ⁽³⁾	U20 <i>Cisne Branco</i>  Navio-Veleiro	1	120	Sim ⁽¹⁾⁽²⁾	Físico- químico ⁽¹⁾ / Centrífugo ⁽²⁾

Navios da MB	Qtde	Tripulação estimada / navio	Tratamento UTAS ⁽¹⁾ SAO ⁽²⁾ CHT ⁽³⁾	Método utilizado	Navios da MB	Qtde	Tripulação estimada / navio	Tratamento UTAS ⁽¹⁾ SAO ⁽²⁾ CHT ⁽³⁾	Método utilizado
 K11 <i>Felinto Perry</i> Navio de Socorro Submarino	1	100	Sim ⁽¹⁾⁽²⁾	Físico-químico ⁽¹⁾ / Centrífugo ⁽²⁾	 P40 <i>Grajaú</i> Navio-Patrolha (classe <i>Grajaú</i>)	12	40	Sim ⁽¹⁾⁽²⁾	Eletrolítico ⁽¹⁾ / Placas oleofilicas ⁽²⁾
 V30 <i>Inhauma</i> Corveta	5	160	Sim ⁽¹⁾⁽²⁾	Eletrolítico ⁽¹⁾ / Placas oleofilicas ⁽²⁾	 R21 <i>Tritão</i> Rebocador de Alto-Mar (classe <i>Triunfo</i>)	3	45	Sim ⁽²⁾	Placas oleofilicas ⁽²⁾
 G23 <i>Almirante Gastão Motta</i> Navio-Tanque	2	120	Sim ⁽¹⁾⁽²⁾	Físico-químico ⁽¹⁾ / Placas Oleofilicas ⁽²⁾	 R24 <i>Alte. Guilhem</i> Rebocador de Alto-Mar (classe <i>Guilhem</i>)	2	40	Sim ⁽¹⁾ Não ⁽²⁾	Biológico ⁽²⁾
 G21 <i>Ary Parreiras</i> Navio Transporte	1	65	Não	–	 U17 <i>Parnaíba</i> Monitor	1	90	Não	–
 P10 <i>Pedro Teixeira</i> Navio-Patrolha Fluvial (classe <i>Pedro Teixeira</i>)	2	60	Não	–	 P10 <i>Piratini</i> Navio-Patrolha (Classe <i>Piratini</i>)	6	15	Não	–
 P30 <i>Roraima</i> Navio-Patrolha Fluvial (classe <i>Roraima</i>)	3	40	Não	–	 U19 <i>Carlos Chagas</i> Navio de Assistência Hospitalar	5	50	Não	–
 G17 <i>Potengi</i> Navio de Apoio Logístico Fluvial	1	20	Não	–	 G15 <i>Paraguassu</i> Navio-Transporte Fluvial	1	43	Não	–
 M15 <i>Aratu</i> Navio-Varredor (classe <i>Aratu</i>)	6	40	Não	–					

Navios da MB	Qtde	Tripulação estimada / navio	Tratamento UTAS ⁽¹⁾ SAO ⁽²⁾ CHT ⁽³⁾	Método utilizado	Navios da MB	Qtde	Tripulação estimada / navio	Tratamento UTAS ⁽¹⁾ SAO ⁽²⁾ CHT ⁽³⁾	Método utilizado
 P60 <i>Bracuí</i> Navio-Patrolha (classe <i>Bracuí</i>)	4	30	Não	–	 H21 <i>Sírius</i> Navio Hidrográfico	1	150	Não	–
 U29 <i>Piraim</i> Aviso-Transporte Fluvial	1	17	Não	–	 H35 <i>Amorim do Valle</i> Navio Hidroceano-gráfico	3	30	Não	–
 V15 <i>Imperial Marinheiro</i> Corveta (classe <i>Imperial Marinheiro</i>)	2	60	Não	–	 H18 <i>Comandante Varela</i> Navio Balizador	5	25	Não	–
 H44 <i>Ary Rongel</i> Navio de Apoio Oceanográfico	1	65	Não	–	 U10 <i>Aspirante Nascimento</i> Avisos de Instrução (<i>Aspirante Nascimento, Guarda-Marinha Jansen e Guarda-Marinha Brito</i>)	3	12	Não	–
 H40 <i>Antares</i> Navio Oceanográfico	1	50	Não	–	 Be4 <i>Bauru</i>	1	5	Não	–
 H34 <i>Almirante Graça Aranha</i> Navio Faroleiro	1	95	Não	–	 S22 <i>Riachuelo</i>	1	5	Não	–

Quadro 2 – Meios flutuantes da Marinha do Brasil e suas condições

(1) UTAS – Unidade de Tratamento de Águas Servidas

(2) SAO – Separador de Água e Óleo

(3) CHT – Coleta, Armazenamento e Transferência

Obs: Os dados relativos às atuais condições de operação dos sistemas instalados a bordo não foram levantados.

Necessidade da busca por navios não poluentes

Poluição é o efeito causado por emissões de substâncias que possam alterar permanentemente ou temporariamente as características específicas do meio ambiente onde são lançadas. No processo poluente, distinguem-se três elementos básicos: a fonte (ou contaminante), a ação de contaminação e a poluição propriamente dita (que é o efeito causado pela contaminação). As fontes podem variar de resíduos de material orgânico, sujeito a degradação por digestão aeróbia e anaeróbia, a metais pesados e resíduos radioativos, capazes de permanecer no meio ambiente por períodos bastante longos. Podem incluir também emissões não mássicas, ou seja, em forma de energia, tais como a térmica e a acústica. Os processos de contaminação podem ser naturais, intencionais ou inadvertidos (acidentais) e, do ponto de vista temporal, eventuais, repetitivos ou contínuos. A poluição, ou seja, os efeitos da contaminação têm consequências bastante diversas, mas em sua maioria comprometem a perenidade dos ecossistemas existentes no meio ambiente. Em particular, a poluição marítima é definida por R. B. CLARK (2001) como sendo “a introdução pelo homem no meio ambiente marinho, de forma direta ou indireta, de substâncias ou energia que resultem em: perigos à saúde do ser humano; esgotamento das atividades ligadas ao meio ambiente marinho, incluindo a pesca; prejuízo à qualidade no uso da água do mar; e redução das atividades que possam conduzir conforto e conveniência”.

Diante dos intrínsecos atributos de mobilidade e permanência, as forças navais são tradicionalmente julgadas

como as mais adequadas para crises políticas e conflitos, onde haja necessidade de projeção de influência a longas distâncias. Entretanto, esses atributos não são, por si só, ilimitados. Os navios da força naval ainda permanecem precisando, para exercer suas tarefas, de: cruzar águas territoriais de outros países para se deslocar rapidamente aos locais onde devem operar; visitar portos para abastecerem-se de gêneros combustíveis e lubrificantes e, possivelmente, de armamento e munições; e estacionar em águas internacionais, sem sofrer constrangimentos legais.

Um dos óbices que se deslocam no momento para as tarefas citadas são as legislações ambientais, tanto de caráter local quanto de caráter internacional. Nas últimas três décadas, essas legislações tornaram-se continuamente mais rígidas. Em alguns casos, como no estado da Califórnia, nos EUA, beiraram, de forma inflexível, o limite tecnológico. Em nível internacional, as legislações foram ficando gradativamente mais rígidas, diminuindo o trauma causado. No plano militar, as legislações internacionais tendem a estabelecer exceções para os navios de guerra, que não são acompanhados, em muitos casos, pelas legislações locais. Desta forma, para garantir-se uma ampla liberdade de locomoção e estacionamento, as Marinhas de guerra devem perseguir a adequação de seus navios a essas legislações.

Classificação das emissões poluentes

Muitas classificações são possíveis para emissões de poluentes, mas duas guardam maior valor prático: a referente ao tipo de composição da emissão e a relativa ao serviço que originou essa emissão.

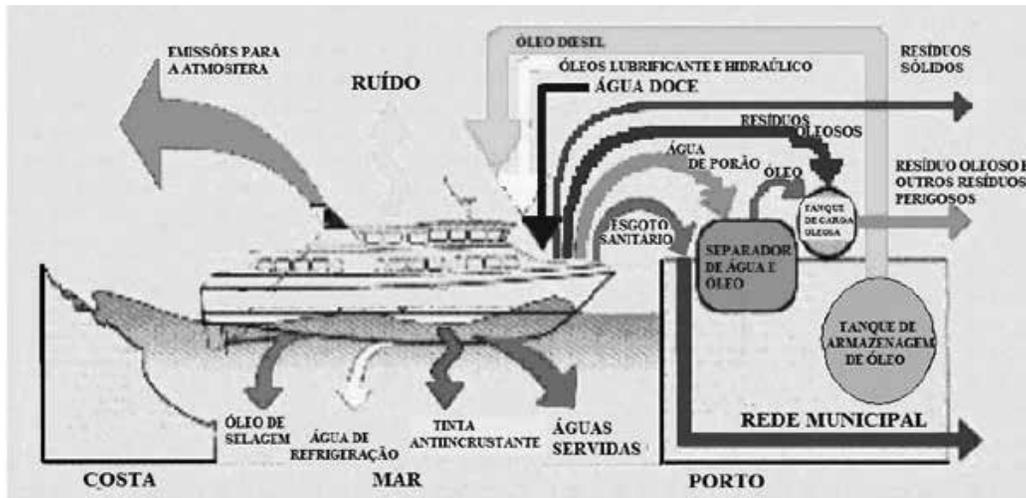


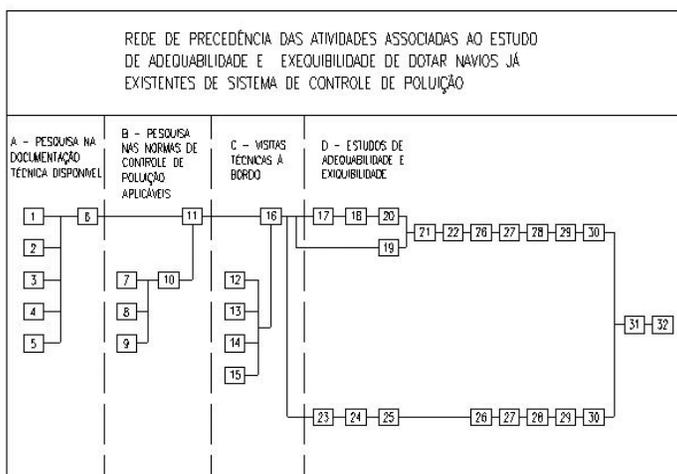
Figura 1 – Principais aspectos ambientais gerados por navios

REDE DE PRECEDÊNCIA

Com base em estudos de pesquisas bibliográficas de artigos disponíveis e legislações vigentes sobre os diversos tipos de poluição causados por navios de guerra no meio ambiente marinho, estabeleceu-se uma rede de precedência das atividades associadas ao estudo de exequibilidade e adequabilidade de dotar navios já existentes de sistema de controle de poluição, mostrada no quadro 3.

O objetivo básico desta rede de precedência é o levantamento de toda documentação (arranjo de redes, diagramas de

drenos e embornais, descargas de cozinha e trituradores), do estado dos equipamentos existentes a bordo (caso haja), disponíveis em cada navio ou classe de navio, caso não tenham sofrido modificações; de normas de controle e prevenção da poluição no mar, além de visitas técnicas e inspeções a bordo dos navios; verificação de espaços disponíveis para instalação de tanques de coleta, equipamentos etc.; da seleção e escolha do melhor processo a ser utilizado para cada navio ou classe de navio e de equipamentos adequados; e estimativa de pesos, centros e custos.



Quadro 3 – Rede de Precedência

A) Pesquisa na documentação técnica disponível

1) Desenhos de arranjo de redes de descarga de drenos, embornais, drenos sanitários, descargas de cozinha e trituradores.

2) Diagramas das redes de esgoto de porão e suas respectivas descargas pelo costado.

3) Plano de capacidade (arranjo geral de tanques).

4) Levantamento de dados dos equipamentos existentes a bordo relacionados com o sistema acima.

5) Arranjo integrado de áreas.

6) Identificação das configurações possíveis.

B) Pesquisa nas normas de controle e preservação de poluição aplicável

7) Marpol 73/78, com suas emendas e atualizações.

8) U.S. Coast guard.

9) Sociedades classificadoras.

10) Determinação dos requisitos aplicáveis – Qualidade do efluente (Águas Servidas e Separação de Água e Óleo).

11) 1ª validação das configurações tentativas possíveis.

C) Visitas técnicas a bordo

12) Levantamento das redes dos sistemas, buscando soluções para a coleta dos efluentes.

13) Levantamento dos locais para instalação de tanques de coleta de águas servidas e esgoto oleoso.

14) Verificação da possibilidade de utilização de tanques já existentes a bordo para este fim.

15) Levantamento de espaços disponíveis para instalação de novos equipamentos e redes que venham atender ao sistema.

16) 2ª validação das configurações tentativas possíveis.

D) Estudos de adequabilidade e exequibilidade

17) Elaboração de um arranjo tentativo para o sistema de drenos, embornais e drenos sanitários (Águas Servidas).

18) Estudar a implicação do arranjo acima no arranjo geral do navio (Águas Servidas).

19) Estimativa de produção diária de águas servidas.

20) Posicionamento e/ou seleção de tanques compatíveis com o arranjo efetuado no item 17.

21) Seleção do processo de tratamento a ser utilizado.

22) Elaboração de diagramas para o sistema de águas servidas.

23) Elaborar um arranjo tentativo para redes de esgoto de praça de máquinas com descarga para tanque ou separador.

24) Posicionamento e/ou seleção de tanque de coleta de esgoto oleoso.

25) Elaboração de diagramas para sistema de separação de água e óleo.

26) Seleção de equipamentos.

27) Estimativa de peso.

28) Verificação dos impactos na estabilidade e no arranjo.

29) Implicação da planta elétrica.

30) Implicações no sistema de ar comprimido (caso aplicável).

31) Decisão: CHT (Coleta, Armazenamento e Transferência) ou instalação de equipamentos para tratamento.

32) Parecer de adequabilidade e exequibilidade.

ESTUDO DE CASO RELATIVO AOS ASPECTOS AMBIENTAIS DO AVISO DE INSTRUÇÃO *ASPIRANTE NASCIMENTO* E SEUS DESDOBRAMENTOS

O U10 *Aspirante Nascimento* é um navio utilizado na preparação e no adestramento e instrução de futuros oficiais, e sua função é

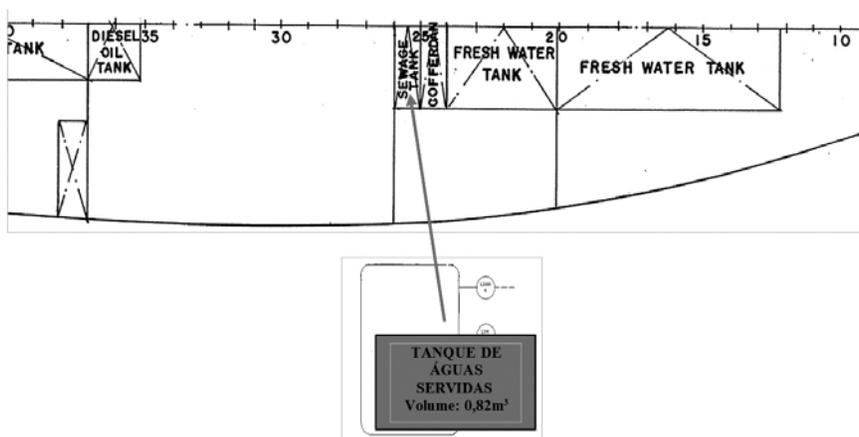


Figura 2 – Extrato da Planta do Arranjo Geral do U10 *Aspirante Nascimento*

prepará-los para operarem com os diversos sistemas existentes a bordo, como: Navegação, Incêndio, Controle de Avarias, Controle de Poluição, Sistemas Elétricos etc.

O navio dispõe, atualmente, de um sistema CHT (Coleta, Armazenagem e Transferência), constituído por um tanque com volume de aproximadamente $0,82\text{m}^3$, localizado no compartimento dos tanques no fundo do navio (*sewage tank*), conforme apresentados nas figuras 2 e 3.

As águas servidas podem ser descarregadas diretamente ao mar, em emergência ou por meio de tomadas de transferência, para facilidades no porto.

Não foi possível obter planos do sistema de bordo devido a problemas de ordem militar. Segundo dados da tripulação do *Aspirante Nascimento*, o único plano acessível do sistema existente é o diagrama fixado no quadro de CAV (Controle de Avarias).

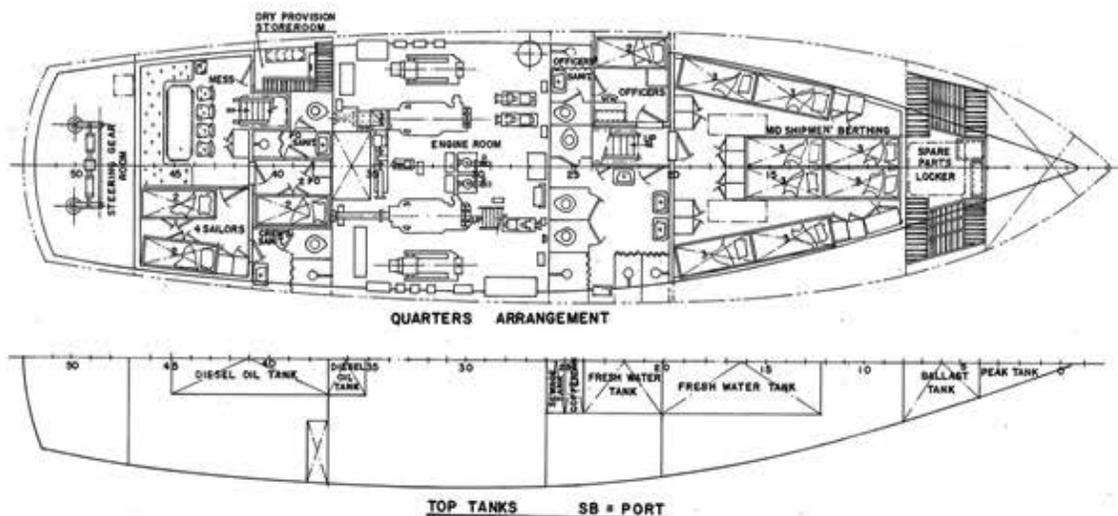


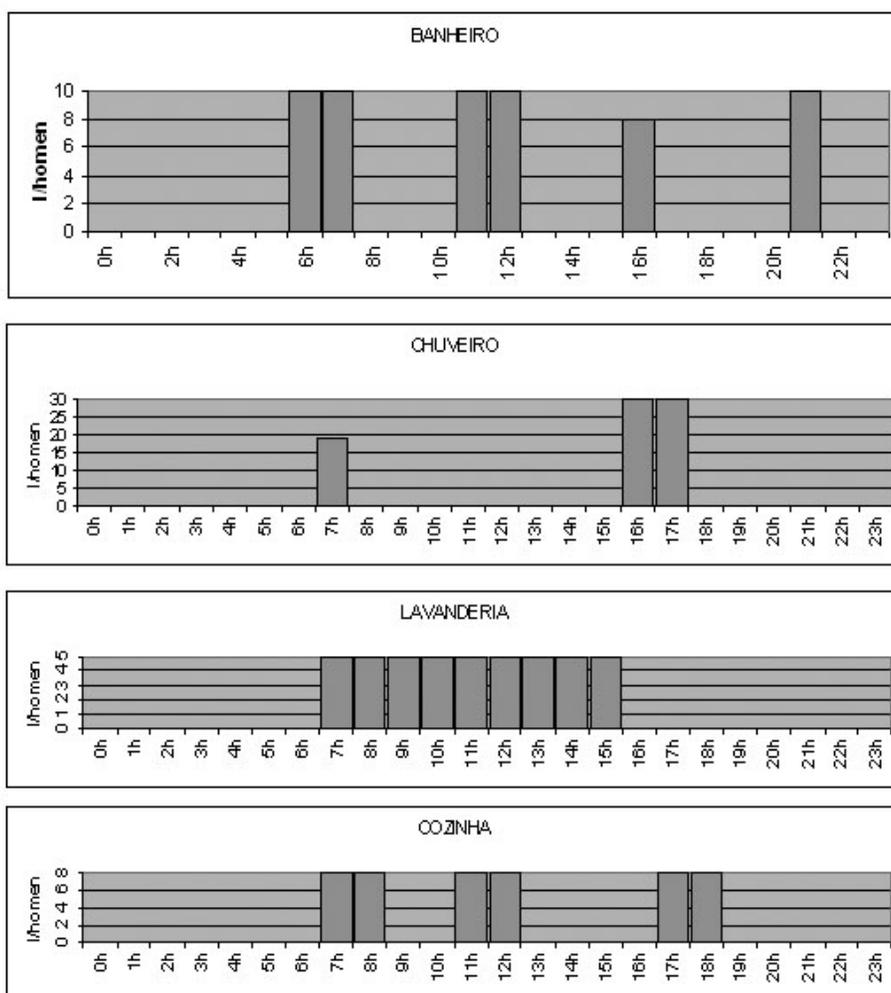
Figura 3 – Diagrama Esquemático do Tanque de águas servidas no U10 *Aspirante Nascimento*

Padrão adotado para produção de Águas Servidas

Com base na simulação feita em um navio da MB, adotou-se o perfil de produção de águas servidas representado nas curvas abaixo:

PERFIL DE PRODUÇÃO DE ÁGUAS SERVIDAS																								
	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
BANHEIRO							10	10				10	10				8						10	
CHUVEIRO								19									30	30						
LAVANDERIA								5	5	5	5	5	5	5	5									
COZINHA								8	8			8	8					8	8					
TOTAL	0	0	0	0	0	0	10	42	13	5	5	23	23	5	5	5	38	38	8	0		10		

Figura 4 – Perfil de produção de águas servidas



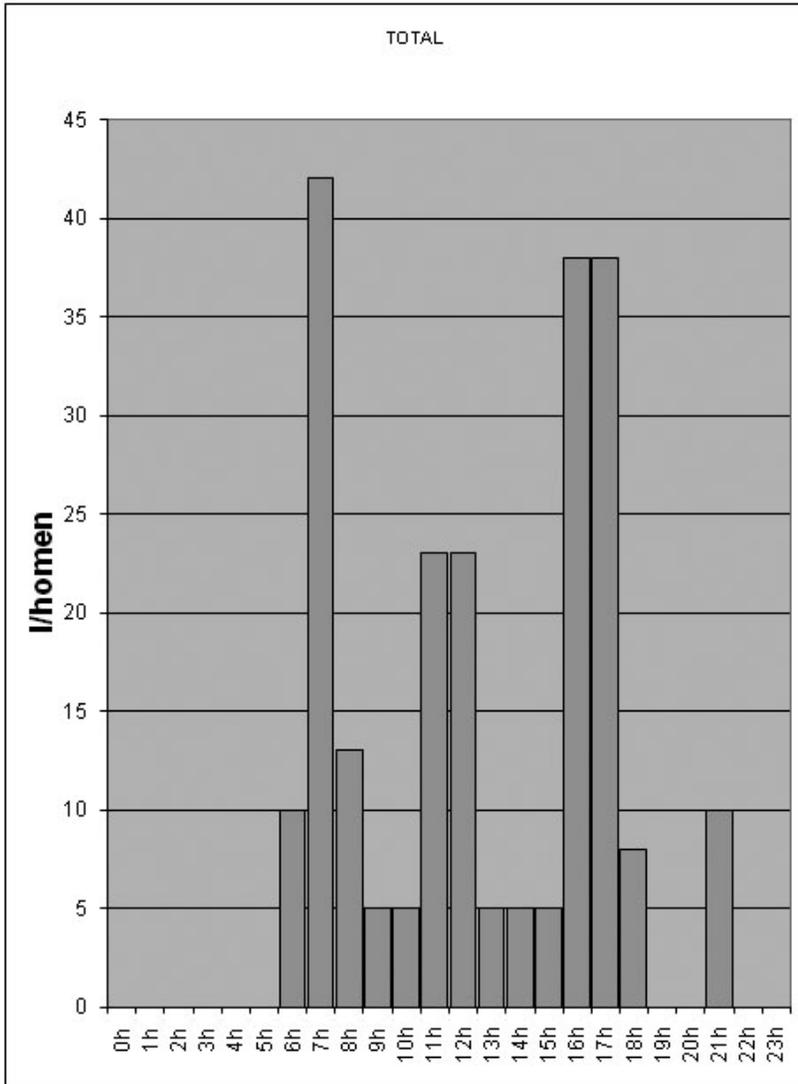


Figura 5 – Total de produção de águas servidas geradas por dia

No entanto, os valores deste perfil de produção devem ser majorados em 15%, para atingir o valor total de 230 l/homem.dia (incluindo

águas negras, cinzentas e de cozinha). Esse valor é definido no Regulamento 7 do Anexo IV da Convenção IMO/Helsinki (quadro 4):

	UNIDADE: LITROS/HOMEM.DIA	
	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA A VÁCUO
ÁGUAS NEGRAS	70	25
ÁGUAS NEGRAS E CINZENTAS	230	185

Quadro 4 – Extrato da Convenção IMO/HELSINKI de Consumo de Água a Bordo

Distribuição da tripulação

Foi utilizada, para cálculo da produção, a tripulação de 12 homens mais a tripulação de embarque de instrução (cerca de dez homens), que, segundo informação do pessoal de bordo, é o máximo que se poderia atingir no navio. A distribuição da tripulação que utiliza o sistema a vante e a ré será calculada proporcionalmente à capacidade do tanque de águas servidas existente no navio. Assim teremos:

Capacidade do tanque de águas servidas: 812,5 litros (0,82 m³)

Distribuição da tripulação = 12 homens

Distribuição da tripulação de guardas-marinha = dez homens

Total de produção de águas servidas = 22 x 230 = 5060 l/dia ~ 5 m³/dia

Alternativas para instalação do sistema de tratamento

Foram considerados dois tipos de Unidades de Tratamento de Águas Servidas (UTAS) passíveis de serem instalados a bordo do *Aspirante Nascimento*, apenas as unidades que utilizam os processos eletrolítico ou biológico.

Seleção da unidade eletrocatalítica

Baseado no volume diário de produção de águas servidas, conforme cálculo na distribuição da tripulação e nos modelos de unidades descritos no quadro 5, dados obtidos de catálogo.



Standard OMNIPURE Design Specifications					
		6MC	7ME	8MC	12MC
Personnel Complement (Maximum)¹					
Black Water		25	40	60	120
Black & Gray Water		12	16	25	50
Treatment Ratings (Maximum)					
Volume	(L/day)	2960	4540	6800	13600
	(Gal/Day)	781	1199	1796	3593
Dimensions & Weights					
Length	(mm)	1600	1676	2210	2311
	(inches)	63	66	87	91
Height	(mm)	1727	1626	1727	1778
	(inches)	68	64	68	70
Width	(mm)	711	787	711	711
	(inches)	28	31	28	28
Dry Weight	(kg)	654	794	895	991
	(lbs)	1441	1750	1973	2185
Operating Weight	(kg)	994	1488	1633	2043
	(lbs)	2191	3280	3600	4505
V-1 Volume	(liters)	227	341	568	643
	(gallons)	60	90	150	170
V-2 Volume	(liters)	114	227	284	454
	(gallons)	30	60	75	120
Utility Requirements					
Power (KVA)**		5.5	5.5	5.5	8.8
Seawater	(L/min)	1.9	3.8	5.7	9.5
	(G/min)	0.5	1.0	1.5	2.5
¹ Personnel complement provided for reference only. System sizing to be based on daily hydraulic loadings as determined by actual field data where available.					
** All electrical ratings assume normal operating conditions at normal seawater salinity levels.					
All information is subject to change at the discretion of Severn Trent De Nora.					

Quadro 5 – Modelos de UTAS Eletrocatalítica (Fonte: Omnipure)

Foi selecionada a seguinte unidade:
 Modelo: 8 MC (possui tanques da própria unidade)

Quantidade: 1 (uma)
 Capacidade de tratamento: 7,0 m³/dia
 Dimensões: Comprimento = 2.210 mm;
 Altura = 1.727 mm; Largura = 610 mm
 Peso: 711 kg.

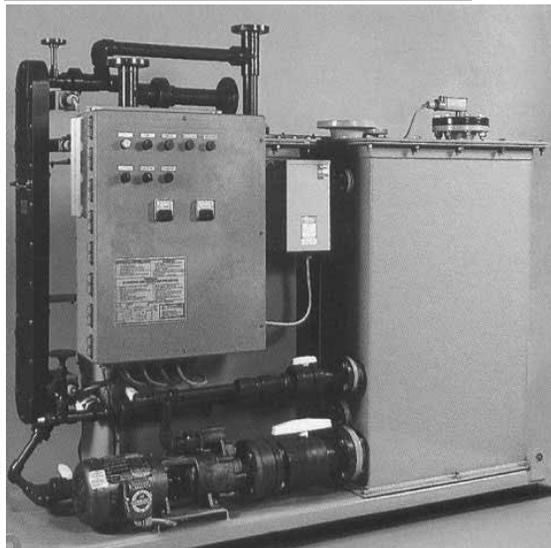
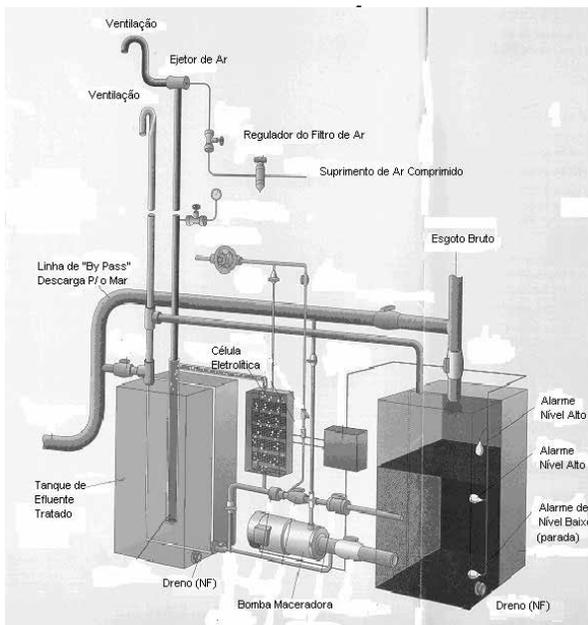


Figura 6 – Unidade de tratamento de águas servidas eletrolítica (Fonte: Omnipure)

Impactos da instalação

Necessidade de instalação de tanques sépticos

Em função do perfil de produção de águas servidas, pode-se observar que há dois períodos críticos de produção de águas servidas: de 7 às 8 hs e de 16 às 18 hs.

A Unidade de Tratamento selecionada possui tanques próprios, com o desempenho constante durante todo o dia. Dessa forma, os dois tanques funcionam como tanques de recebimento do esgoto bruto e de decantação, para depósito dos resíduos provenientes do processo.

Desvantagens:

1 – processo de eletrólise necessita de sal para condutividade (aproximadamente 1% de salinidade);

2 – não é recomendado para operação em águas doces pelo próprio fabricante;

3 – necessidade de declorador proveniente do processo de eletrólise, que gera hipoclorito de sódio;

4 – manutenção e reparo dos componentes da UTAS etc.

Vantagens:

1 – atende integralmente à IMO;

2 – é o mais indicado para navegação marítima (menor tamanho, não gera lama residual etc.).

Impactos da instalação

Seleção da unidade biológica

Consiste basicamente de um tanque de aeração que recebe o afluente (esgoto bruto), onde é misturado com lodos ativados e aerado continuamente com ar difuso, proveniente de um soprador instalado na parte superior da Unidade de Tratamento de Águas Servidas. Com essa operação, o oxigênio existente no ar está sendo injetado na mistura, garantindo, assim, a circulação necessária para que se evite a sedimentação do material sólido em suspensão.

A aeração tem como finalidade principal a oxidação da matéria orgânica existente no esgoto, reduzindo-se a carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e formando

o lodo ativado, que é mantido em suspensão durante toda a operação da UTAS.

Para a redução do lodo formado em suspensão no líquido, a mistura, continuamente aerada, é conduzida ao tanque de decantação (clarificador), de forma retangular, com o fundo afunilado, onde um sistema de *air lift* remove e recircula o lodo sedimentado para o tanque de aeração, aproveitando-se a atividade biológica ainda presente, objetivando melhorar o rendimento do processo e aumentando a oxidação da matéria orgânica presente na mistura.

O efluente clarificado no decantador passa para a câmara de desinfecção por transbordamento, onde é tratado por radiação ultravioleta ou outro método.

Após a desinfecção, o líquido é bombeado para o corpo receptor.

O modelo selecionado inicialmente é:

– Fabricante: Hamworthy

– Modelo: ST4A

Dimensões:

– Comprimento: 2.350 mm

– Largura: 1.560 mm

– Altura: 1.750 mm

– Capacidade de Tratamento: 6,0 m³/dia

– Peso: 4.860 kg.

Desvantagens:

1 – variação do ambiente no qual o navio estiver operando (rio ou mar) implica diretamente o processo de formação das colônias de bactérias, afetando o processo de tratamento, que necessita de tempo para sua formação;

2 – grandes dimensões;

3 – peso elevado;

4 – manutenção e reparo dos componentes constantes.

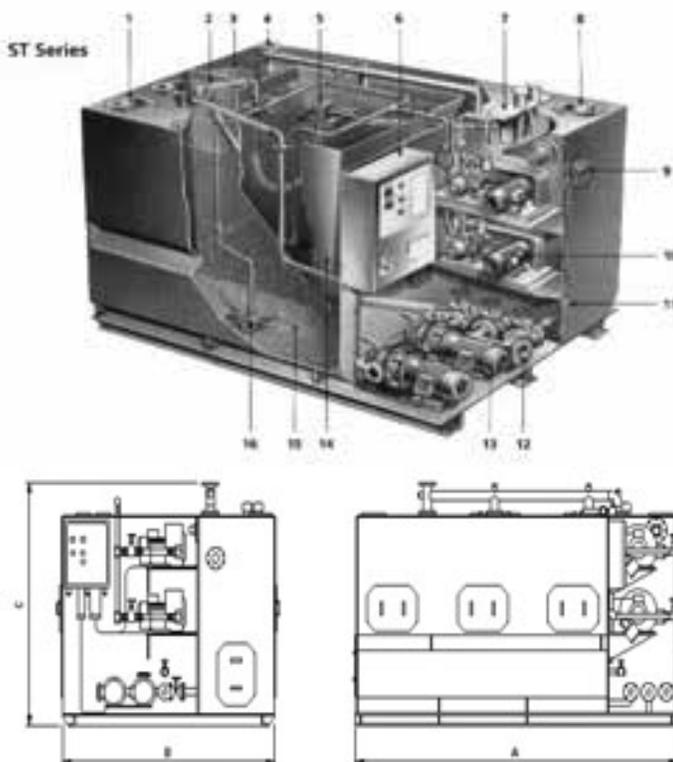


Figura 7 – Unidade de tratamento de águas servidas biológica

Vantagens:

- 1 – processo totalmente sem adição de produtos químicos (pode ser usado UV ou ozônio para desinfecção);
- 2 – atende integralmente à IMO; e
- 3 – possui integração com sistema a vácuo.

Impactos da instalação

Necessidade de instalação de tanques sépticos

Conforme informações fornecidas pelo fabricante, a unidade já possui tanques com capacidade de armazenamento suficientes para o recebimento do esgoto bruto e um tanque de decantação para depósito dos resíduos, com desempenho constante durante todo o dia para a produção esperada.

ANÁLISE COMPARATIVA

O quadro 6 apresenta uma análise comparativa entre os sistemas apresentados (eletrocatalítico e biológico) e os impactos da instalação a bordo.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE SEPARAÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO

A mistura de água e óleo é aspirada dos pocetos de diversos pontos do navio pela bomba do sistema de separação de água e óleo e descarregada através do separador, processo descrito na figura 8. O óleo separado é descarregado para um tanque de óleo usado, e a água descarregada ao mar, através de um sensor que analisa a quantidade de óleo existente na mesma. Se a quantidade de óleo existente for superior a 15 ppm, o sensor comanda para que a água oleosa retorne para o separador ao invés de ser descarregada pelo costado.

Dimensionamento do separador de água e óleo

A vazão do separador de água e óleo é dimensionada em função de navios similares e sua tonelagem, logo adota uma vazão 0,25 m³/h.

Parâmetros	Sistema Eletrolítico (Omnipure – 8MC)	Sistema Biológico (Hamworthy – ST4A)
Nº de UTAS necessárias	1 (uma)	1 (uma)
Capacidade de tratamento (m ³ /Dia)	7,0	6,0
Dimensões (mm)	C = 2210; L = 610; H = 1727.	C = 2350; L = 1560; H = 1750.
Necessidade de tanques sépticos	A própria unidade já possui tanques	A própria unidade já possui tanques
Alterações no arranjo	Modificação do arranjo na praça de máquinas ou compartimentos adjacentes, para instalação da UTAS (ver observação)	Modificação do arranjo na praça de máquinas ou compartimentos adjacentes, para instalação da UTAS (ver observação)
Experiências em navios da MB	Instalada nas corvetas classe <i>Inhaúma</i> , no Navio-Tanque <i>Gastão Motta</i> , nos navios-patrolha e no <i>NE Brasil</i>	Apenas nos rebocadores <i>Almirante Guilhem</i> e <i>Guilhobell</i> . No entanto, desde a incorporação desses navios não foram postas em operação
Peso (kg.)	1.633	4.860

Quadro 6 – Análise comparativa entre os sistemas apresentados e seus impactos

Obs: Estes dados não devem ser considerados para qualquer eventual dimensionamento de sistemas

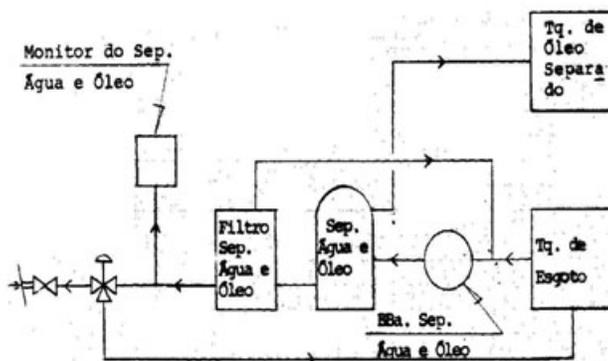


Figura 8 – Diagrama básico de um sistema de separação de água e óleo

Pré-seleção do separador

Em consonância com os equipamentos já em uso na MB, tem-se o seguinte modelo pré-selecionado:

Fabricante: B+V Industrietechnik GmbH

– Modelo: TMPB 0,25 m³/h

– Quantidade: 1

– Dimensões:

Comprimento: 870 mm; Largura: 1.463 mm; Altura: 400 mm

– Capacidade de Tratamento: 0,25 m³/h

– Peso: 345 kg

Separador de óleo para cozinha

Para possibilitar a descarga direta das águas servidas provenientes da cozinha produzidas no preparo dos alimentos para o tratamento (UTAS), faz-se necessária a instalação de um sistema automático para a remoção de gorduras das águas servidas provenientes das pias de cozinha.

Fabricante: Thermaco

– Modelo: W-300-AST-30 GPM (1,89l/s)

– Quantidade: 1

– Potência: 1.500W/115V/60Hz/13 Amp



Figura 9 – Separador de água e óleo



Figura 10 – Separador de óleo de cozinha

Compactador de lixo

O compactador modelo 8251 pode compactar caixas, latas, caixas de papelão etc., com cerca de 700 l de volume residual e comprimidas até um volume de cerca de 0,04m³. A compactação de alimentos e a disposição de resíduos e vidros não são recomendadas para este modelo.

A potência demandada do motor usado para a compactação sem carga é de cerca de 250W, e a potência máxima durante a compressão é próxima a 700W.

As características de segurança incluem as chaves removíveis com interruptor partida/fechado e a chave de segurança para abertura da gaveta, de modo a prevenir o uso sem autorização e a compactação com a porta aberta.

As características principais deste equipamento são listadas a seguir:

- Comprimento: 510 mm + 550 mm (área de operação)
- Altura: 840 mm
- Largura: 310 mm
- Peso: 61 kg



Figura 11 – Compactador de lixo

Soluções propostas e recomendações decorrentes do estudo

As instalações para recepção de resíduos produzidos a bordo dos navios podem ser

integradas aos processos de gerenciamento de resíduos em terra, gerando um custo relativamente baixo.

Ao longo deste estudo, pode-se verificar que houve evolução no combate à poluição causada por navios, mitigando transtornos diversos, tanto à vida marinha como às populações que utilizam a região da costa para sobrevivência e lazer. Mas ainda há muito por fazer.

Não há interrupção da poluição se a educação e a conscientização não começarem pelo topo da cadeia, isto é, pelos armadores ou operadores dos navios que os programam e determinam suas operações.

Nos tempos de hoje, com a preocupação crescente com a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, espera-se que as autoridades governamentais, as ONGs e a sociedade deixem de atuar isoladamente e passem a trabalhar em conjunto na busca da minimização dessa poluição.

O perigo de poluição por diversos elementos é tão evidente que a necessidade de controle e prevenção sobre a situação é absoluta.

Na segurança, se todos os elementos disponíveis apontam no sentido de demonstrar que é ao homem que cabe a maior responsabilidade pelos acidentes ocorridos no mar, então se invista prioritariamente no homem, pois só desse modo é possível reduzir esses acidentes e tragédias marítimas.

A Marinha brasileira vem adequando seus navios à legislação ambiental vigente, embora parte da frota ainda encontre-se em fase de estudos e adaptações conforme apresentado no Quadro 1, tendo em vista que foram construídas ou adquiridas com normas e legislações de épocas e ocasiões em que não havia a preocupação na área ambiental.

A questão de custos para novas adaptações muitas vezes inviabiliza soluções em curto prazo, apesar de existirem tecnologias perfeitamente aplicáveis para soluções possíveis de proteção ao meio ambiente.

Com isso, a rede de precedência apresentada no quadro 3 torna-se imprescindível para a tomada de decisões. No caso específico estudado, para avisos de instrução classe *Aspirante Nascimento* é exequível; entretanto, existem problemas a serem transpostos com relação ao arranjo dos equipamentos no navio.

Cabe ressaltar que a manutenção do sistema CHT a bordo dos avisos de instrução classe *Aspirante Nascimento* só deve ser efetiva como controle de poluição se forem previstos sistemas de tratamento nos portos e nas bases ou meios de transferência dos dejetos armazenados para estações públicas de tratamento de esgoto.

Recomenda-se monitoramento frequente quanto ao desempenho de unidades de tratamento já instaladas a bordo dos navios, no que concerne à operacionalidade, custos de operação e manutenção, rejeitos obtidos, eficiências e eficácias, que venham a atender às necessidades ambientais, dentro dos custos e padrões aceitáveis.

SOLUÇÃO ADOTADA PELA MARINHA DO BRASIL

Quanto ao tratamento de esgoto sanitário

Entre os sistemas apresentados, observa-se que, em função do tipo de embarcação, do espaço disponível, da faixa de operação do navio e do efluente produzido, pode-se escolher aquele que melhor atenda aos objetivos. Desta forma, é recomendada a instalação de UTAS em alguns navios ou de CHT em outros.

Todos os sistemas listados acima atendem ao contido na Marpol. Por outro lado, o Conama, por ser mais restritivo e não permitir o lançamento de esgoto não tratado, impossibilita o uso de CHT a bordo. Os outros sistemas podem ser utilizados, desde que seja garantido o efluente dentro dos parâmetros definidos no regulamento.

Quanto à separação de água e óleo

O derramamento de óleo é um sério problema que a Marinha tem resolvido com a instalação de SAO coalescedores nos navios. O resultado tem sido satisfatório, com a integração do porto para recepção do óleo segregado. Para navios de pequeno porte, conforme previsto na Marpol, temos adotado a construção de tanques de armazenamento para receberem a água oleosa do porões, que é transferida posteriormente para o porto, sem tratamento.

CONCLUSÃO

A MB vem procurando adequar seus navios à legislação ambiental vigente. Para isso, as áreas enfocadas foram:

- poluição ambiental por esgoto orgânico, por meio de recomendações de instalação de UTAS (que podem ser de vários tipos) ou de CHT, inclusive;
- poluição por óleo, por meio de recomendações de instalação de SAO;
- poluição por lixo, por meio de recomendações de instalação de compactadores de lixo.

Finalmente, há de se ressaltar que a adequação à legislação ambiental é uma tarefa contínua, uma vez que tais leis são evolutivas.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<MEIO AMBIENTE>; Poluição; Poluição do mar;

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 9966. Dispõe Sobre Prevenção, Controle e Fiscalização Causados por Lançamento de Óleo e outras Substâncias Nocivas ou Perigosas em Águas sobre Jurisdição Nacional e dá outras Providências; 2000.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama – Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986.
- MARKLE, S. P., e Gill, S. E., TAKE: Acquiring the Environmentally Sound ship of the 21st Century, USN; 2001.
- DZ.215.R-1 – Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem não Industrial – FEEMA. Estabelece exigências de controle de poluição das águas que resultem na redução de carga orgânica biodegradável de origem sanitária, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras, SLAP; 2007.
- General Specification for Ships of The United States Navy – Department of the Navy Naval Sea Systems Command – Section 593 – Environmental Pollution Control Systems – Edition 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental – Especificação e Diretrizes para Uso, 14 p, 1996.
- IMO/MARPOL 73/78. Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios –1973, Protocolo de 1978, Relativo à Marpol 73 Emendas de 1984 ao Protocolo à Marpol 1978 e seus Anexos. Implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Disponível em <http://www.dpc.mar.mil.br>. Acesso em out. 2013.
- KOSS – Environmental Sound Ships for the 21st. Century in Proceeding of The INEC'92 – Solution to the Challenge of a New Defense, Imare, Plymouth, UK, 1992.
- Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21. Capítulo 17 – Proteção dos oceanos, de todos os tipos de mares, inclusive mares fechados e semifechados e das zonas costeiras, e proteção, uso racional e desenvolvimento de seus recursos vivos; 1992.
- MARCELO F. Maciel – Trabalho final de mestrado em Engenharia Ambiental. Gestão de resíduos sólidos gerados por navios e terminais de contêineres – O caso do porto do Rio de Janeiro, 2005.
- NT.202.R-10 – Critérios e Padrões para Lançamentos de Efluentes Líquidos – Feema; 2003.
- PAPER. DREW, J. Demboski, JOHN H. Benson, MICHAEL A. Mull. – Evolutions In U.S. Navy Shipboard Sewage Snd. Greywater Programs; 2003.
- _____. The Naval Architect January – Membranes Advancing into Waste Water Treatment; 2001.
- _____. Helcom – Recommendation 11/Attachment – Regulation 7 – Annex IV – Helsinki Convention; 1998.
- PORTARIA Nº 51 DE 4 DE DEZEMBRO DE 1991 – Ministério da Saúde (SNVS) – Atividades de Prevenção e Controle de Cólera nos Meios de Transportes nas Áreas Portuárias, Aeroportuárias e Estações de Fronteiras no Território Nacional.
- R.B.CLARK – *Marine Pollution*, 3rd Edition PP6, Claredon Press, Oxford, UK, 2001.
- 831-AVIN-01-801-01 – General Arrangement – “Training Ship”.
- Visita Técnica ao U10 *Aspirante Nascimento*, em 15/1/2014.