

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE

INDY DE FARIA GOMES

RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA AFETADA POR PETRÓLEO

RIO DE JANEIRO

2015

INDY DE FARIA GOMES

RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA AFETADA POR PETRÓLEO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de bacharel em ciências náuticas do curso de Formação de Oficiais Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Marcelo José das Neves
Especialista em Direito Marítimo

RIO DE JANEIRO

2015

INDY DE FARIA GOMES

RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA AFETADA POR PETRÓLEO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de bacharel em ciências náuticas do curso de Formação de Oficiais Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Marcelo José das Neves
Especialista em Direito Marítimo

Data Da Aprovação: _____ / _____ / _____

Orientador:

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

RESUMO

O petróleo é um dos produtos químicos mais comercializados mundialmente, pois é utilizado como fonte de energia. É difícil determinar alguma coisa que não dependa direta ou indiretamente do petróleo. O trabalho visa analisar de forma sintetizada os impactos ambientais causados pelo derramamento de petróleo assim como descrever os meios de combate a este tipo de sinistro em alto mar através de embarcações Oil Recovery, como também descrever os processos de composição e de degradação do petróleo no meio ambiente.

Palavras-Chaves: Derramamento de petróleo. Embarcações oil recovery. Acidente ambiental. Degradação do petróleo.

ABSTRACT

Oil is one of more chemicals marketed worldwide as it is used as an energy source. It is difficult to determine something that does not directly or indirectly dependent on oil. The study aims to examine how extensive the environmental impacts caused by oil spillage also as the means of fighter this type of sinister and to describe the processes of composition and degradation of oil into the environment.

Keywords: Oil spill. Oil recovery tugs. Environmental accidents. Degradation of oil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Contribuição de fontes de contaminação marinha por óleo	20
Figura 02: Contribuição de fontes antropogênicas	21
Figura 03: Formação em U	26
Figura 04: Formação em J com cabo limitador	27
Figura 05: Formação combinada	28
Figura 06: Ro Boom 3500	30
Figura 07: Hi Sprint	30
Figura 08: Barreira Weir Boom inflada	31
Figura 09: Barreira uni boom	32
Figura 10: Skimmer com vertedouro	33
Figura 11: Exemplo de skimmer do tipo Oleofílico	34
Figura 12: Exemplo de Skimmer tipo arraste acoplado a uma lancha egmopol	34
Figura 13: Exemplo de skimmer do tipo sucção	36
Figura 14: Embarcações efetuando a dispersão mecânica com jatos de água	37
Figura 15: Exemplo de dispersão com manobras de embarcações	37
Figura 16: Aplicação de dispersante com rebocadores	39
Figura 17: Transferência após recolhimento	39

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	HISTÓRICO DO PETRÓLEO E O QUE É	11
2.1	Histórico	11
2.2	O que é o petróleo?	13
3.	POLUIÇÃO MARINHA POR ÓLEO	15
3.1	Comportamento do petróleo na coluna d'água	15
3.1.1	Epalhamentos	15
3.1.2	Oxidações	16
3.1.3	Dispersões	16
3.1.4	Evaporação	17
3.1.5	Emulsificações	17
3.1.6	Dissoluções	18
3.1.7	Biodegradação	18
3.1.8	Sedimentações	19
3.2	Poluições por óleo	19
3.3	As tendências da contaminação	20
4.	CONTENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÓLEO DERRAMADO NO MAR ATRAVÉS DE EMBARCAÇÕES OIL RECOVERY	25
4.1	Formações para contenção / recolhimento de óleo	25
4.1.1	Formação em U	26
4.1.2	Formação em J	27
4.1.3	Combinação U e J	28
4.2	Barreiras de contenção utilizadas pela petrobras	29
4.2.1	Ro Boom	29
4.2.2	Hi Sprint	30
4.2.3	Weir Boom	30
4.2.4	Uni Boom	31

4.3	Recolhedores ou Skimmer	32
4.3.1	Tipos vertedouros ou WEIR SKIMMERS	33
4.3.2	Tipo oleofílico ou ADOSRBER SKIMMERS	34
4.3.3	Tipo Arraste ou BELT SKIMMERS	34
4.3.4	Tipo sucção ou suction pump	35
4.3.5	Tipo mecânico	36
4.4	Dispersão de manchas de óleo	36
4.4.1	Dispersão mecânica	36
4.4.1.1	Com jatos de água	36
4.4.1.2	Com manobras das embarcações	37
4.4.2	Dispersão Química	38
4.5	Disposição do óleo recolhido	39
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A utilização do petróleo traz grandes riscos para o meio ambiente desde o processo de extração, transporte, refino, até o consumo, com a produção de gases que poluem a atmosfera. Os piores danos podem acontecer durante o transporte de combustível, com vazamentos em grande escala de oleodutos e navios petroleiros.

A evolução rápida das técnicas, equipamentos e produtos dentro de um contexto de intensa ocorrência entre as empresas prestadoras de serviços, requer dinamismo, presteza, interação e a necessidade de se colocar sempre na vanguarda dos acontecimentos, oferecendo sempre uma solução rápida aos problemas acontecidos. É um fato conhecido que a paralisação ou erros e acidentes na área de prospecção geralmente custam muito, muito caro.

Este trabalho está organizado de modo que no **Capítulo I** contém um breve histórico da origem do petróleo e a explicação técnica acerca do combustível fóssil.

No **Capítulo II** é abordado sucintamente os aspectos da poluição marinha proveniente, principalmente, da introdução de óleo nos oceanos, assim como da tendência da contaminação.

No **Capítulo III** é tratado como e feita a recuperação de uma área afetada por poluição oleosa, dando um enfoque maior no Brasil.

2 HISTÓRICO DO PETRÓLEO E O QUE É

2.1 Histórico

O petróleo é um combustível fóssil originado provavelmente de restos de vida aquática, animal acumuladas no fundo de oceanos primitivos e cobertos por sedimentos. O tempo e a pressão do sedimento sobre o material depositado no fundo do mar transformam-no em massas homogêneas viscosas de coloração negra, denominadas jazidas de petróleo.

Os registros históricos da utilização do petróleo remontam a 4000 a.c. Os povos da Mesopotâmia, do Egito, da Pérsia e da Judeia já utilizavam o betume para pavimentação de estradas, calafetacão de grandes construções, aquecimento e iluminação de casas, lubrificação e até como laxativo.

No continente americano os incas e os astecas conheciam o petróleo e a exemplo da mesopotâmia, o empregavam na pavimentação de estradas.

O petróleo era conhecido já na antiguidade, devido a exsudação e afloramento frequentes no oriente médio. No antigo testamento é mencionado diversas vezes, e estudos arqueológicos demonstram que foi utilizado há quase seis mil anos. No início da era cristã, os árabes deram ao petróleo fins bélicos e de iluminação. O petróleo de BAKU, no Azerbaijão, já era produzido em escala comercial, para os padrões da época, quando Marco Polo viajou pelo norte da Pérsia em 1271.

A moderna indústria petrolífera data de meados do século XIX. Em 1850, na Escócia, James Young descobriu que o petróleo podia ser extraído do carvão e xisto betuminoso, e criou processos de refinação. Em agosto de 1859 o norte-americano Edwin Laurentine Drake, perfurou o primeiro poço para a procura do petróleo (a uma profundidade de 21m), na Pensilvânia. O poço revelou-se produtor e a data passou a ser considerada a do nascimento da moderna indústria petrolífera. A produção de óleo cru nos Estados Unidos, de dois mil barris em 1859, aumentou para aproximadamente três milhões em 1863, e para dez milhões de barris em 1874.

No Brasil, a primeira sondagem foi realizada no município de Bofete-São Paulo, entre 1892-1896, por Eugênio Ferreira de Camargo, quando ele fez a primeira perfuração na profundidade de 488 metros; contudo, o poço jorrou somente água sulfurosa. Em 1932 surgia a primeira refinaria de petróleo do Brasil, Refinaria Riograndense de Petróleo, localizada em Uruguaiana, a qual utilizava petróleo importado do Chile, entre outros países.

O petróleo está associado a grandes estruturas que comunicam a crosta e o manto da terra, sobretudo nos limites entre placas tectônicas.

O petróleo e gás natural são encontrados tanto em terra quanto no mar, principalmente nas bacias sedimentares (onde se encontram meios mais porosos - reservatórios), mas também em rochas do embasamento cristalino. Os hidrocarbonetos, portanto, ocupam espaços porosos nas rochas, sejam eles entre grãos ou fraturas. São efetuados estudos das potencialidades das estruturas acumuladoras (armadilhas ou trapas), principalmente através de sísmica que é o principal método geofísico para a pesquisa dos hidrocarbonetos.

Durante a perfuração de um poço, as rochas atravessadas são descritas, pesquisando-se a ocorrência de indícios de hidrocarbonetos. Logo após a perfuração são investigadas as propriedades radioativas, elétricas, magnéticas e elásticas das rochas da parede do poço através de ferramentas especiais (perfilagem) as quais também permitem ler as propriedades físicas das rochas, identificar e avaliar a ocorrência de hidrocarbonetos.

São controvertidas as teorias sobre a origem do petróleo. Entre as principais figuravam a da origem estritamente orgânica defendida por Demitri I. Mendeleiev, Marcellin Berthelot e Henri Moissan, e a teoria orgânica, que postula a participação animal e vegetal. De acordo com a primeira, o petróleo ter-se-ia formado a partir de Carburetos (de alumínio, cálcio, e outros elementos) que descompostos por ação da água (hidólise) deram origem a hidrocarbonetos como metanos, alcanos, etc. Os quais sob pressão, teriam sofrido polimerização (união de moléculas idênticas para formar uma nova molécula mas pesada) e condensação a fim de dar origem ao petróleo. Contra essa concepção mais antiga, levanta-se teoria orgânica, segundo a qual a presença no

petróleo de compostos nitrogenados, clorofilados, de hormônios, etc, pressupõe a participação de matéria orgânica de origem animal e vegetal. Em sua maioria os pesquisadores modernos tendem a reconhecer como sólida apenas a teoria orgânica, na qual destacam o papel representado pelos microrganismos animais e vegetais que sob a ação de bactérias, formariam uma pasta orgânica no fundo dos mares. Misturada a argila e a areia, se transformariam em rochas consolidadas, nas quais o gás e o petróleo seriam gerados e acumulados.

2.2 O que é o petróleo?

O petróleo é um composto natural complexo que ocorre devido à mistura de compostos inorgânicos. É produzido pela biomassa depositada ao longo de períodos geológicos que sofreram complexas reações em condições de alta pressão e temperatura em profundidade. Os compostos de forma gasosa que são chamados gás natural, forma líquida chamada óleo bruto e como um sólido ou semi-sólido asfalto. Estes materiais são quimicamente complexos e podem ser compostos por centenas de espécies moleculares. As moléculas alcançam em tamanho e complexidade o metano, um hidrocarboneto com peso molecular de somente 16 g/ mol e as substâncias sólidas tendo pesos moleculares de até 20.000 g/mol.

Composto na sua maioria de hidrocarbonetos alifáticos, alicíclicos e aromáticos sendo quantitativamente os mais importantes constituintes do petróleo. Também pode conter quantidades pequenas de nitrogênio (N), oxigênio (O), compostos de enxofre (S) e íons metálicos, principalmente de níquel (Ni) e vanádio (V).

Óleos brutos de diferentes regiões variam grandemente na sua composição de hidrocarbonetos. Na média, os três mais importantes grupos de hidrocarbonetos em petróleo são as moléculas de parafina, alcançando de 1 a mais de 78 carbonos, saturados e insaturados cinco ou seis carbonos alicíclicos ou naftalinas e uma grande variedade de aromáticos.

Durante o refinamento do petróleo bruto várias frações de hidrocarboneto são separados por destilação fracionada em temperaturas específicas. Alguns desses produtos são gás natural, gasolina, querosene, óleos lubrificantes, combustível para navios, entre outros. Em adição processos secundários podem converter frações mais pesadas em produtos mais leves e úteis. Este processo secundário pode aumentar o rendimento da gasolina a mais de 50% da quantidade original de petróleo bruto.

3 POLUIÇÃO MARINHA POR ÓLEO

3.1 Comportamento do petróleo na coluna d'água

Após um derrame, o óleo sofre vários processos mecânicos, químicos e biológicos chamados conjuntamente de intemperismo, que ocasiona a sua desintegração e a decomposição. A taxa destes processos é influenciada pelas condições de mar e vento, sendo que é mais efetiva nos primeiros períodos do derrame. De um modo geral, os principais fatores responsáveis pelo comportamento do petróleo no mar são os seguintes:

3.1.1 Espalhamentos

É o processo que mais afeta o comportamento do óleo durante as primeiras horas após o vazamento, desde que o ponto de fluidez do óleo seja menor que a temperatura ambiente. O espalhamento faz com que a mancha se expanda aumentando sua área e diminuindo sua espessura em até décimos de milímetros depois de uma hora e em poucos micros depois de duas a três horas garantindo assim, maior evaporação e dissolução.

Todas as características e propriedades são de suma importância no combate a poluição, por isso todos aqueles que estão envolvidos em combate a poluição, devem procurar se inteirar imediatamente logo que receberem aviso de incidente com óleo pois, como já vimos, são muito importantes na escolha dos equipamentos que iremos utilizar na resposta.

3.1.2 Oxidações

Processo que consiste na combinação dos diferentes hidrocarbonetos com o oxigênio livre da atmosfera. O óleo, quando sujeito aos raios solares na superfície das águas, sofre mudanças químicas, geralmente oxidação fotoquímica térmica.

Através dos raios ultravioletas do sol, pode ser eliminado cerca de 1% do óleo derramado por dia.

3.1.3 Dispersões

A dispersão do óleo em pequenas gotículas é o processo de degradação natural mais importante em relação à quebra da mancha e seu desaparecimento.

A dispersão é o resultado de três processos distintos:

- Formação de pequeníssimas gotas de óleo a partir da mancha sob influência da turbulência superficial da água.
- O transporte de gotículas de óleo pela coluna d'água, como resultado da energia cinética das gotículas de óleo fornecidas pela água e as forças de empuxo.
- O processo de mistura das gotículas do próprio óleo na mancha.

A densidade e a viscosidade do óleo derramado afetam a dispersão natural. Quanto maior for a densidade do óleo, menor será a diferença de densidade entre o óleo e a água, conseqüentemente, as gotículas se formarão com maior facilidade. Este processo poderá ser acelerado pelo uso de dispersantes especiais.

3.1.4 Evaporação

É o processo de degradação mais importante entre as primeiras 24 a 48 horas após o derrame. A evaporação depende de vários fatores, entre eles: a composição e as propriedades físicas do óleo, a área da mancha, a velocidade do vento, o estado do ar e da água e a intensidade da radiação solar.

Em consequência da remoção natural dos hidrocarbonetos leves, o volume do óleo diminui e a sua toxicidade é reduzida, em contrapartida, sua densidade e viscosidade aumentam.

Estudos demonstram que até 50% do óleo cru (leve) pode ser evaporado entre as 24 a 48 horas iniciais do vazamento. Combustíveis pesados e óleos crus pesados evaporam apenas 10%, óleo diesel cerca de 75%, gasolina, nafta e querosene 95% a 100%.

3.1.5 Emulsificações

A emulsificação do óleo é o resultado da dispersão de gotas de água no meio oleoso (aprox. 80%) formando uma matéria altamente densa chamada de —mousse de chocolatell. Como consequência da emulsificação temos o aumento da viscosidade, do volume (em até 4 vezes) da densidade (aprox. a da água) e a modificação da coloração, tornando o processo de limpeza bem mais difícil.

Depende também do tipo de óleo derramado e da condição meteorológica, quanto mais as águas estiverem agitadas, mais rápida se dará a emulsificação. Esta aumenta o volume e a viscosidade do material formado e, com isso o tratamento e a disposição final dessa emulsão. Quando o óleo está exposto nas águas, forma com elas uma emulsão estável de água e óleo, ou o chamado —mouse de chocolatell e se correlaciona com a duração da exposição, temperatura e movimento das águas.

Águas revoltas podem provocar, em 2 horas, a entrada de cerca de 70% de água na mancha e, em condições de águas calmas, cerca de 50% em 10 horas. Essas

emulsões tornam a mancha original muito diferente, pois a viscosidade fica aumentada, tornando-se não bambeável e não se pode mais usar dispersantes.

3.1.6 Dissoluções

Alguns componentes do óleo cru, notadamente os hidrocarbonetos aromáticos leves de baixa ebulição, são solúveis o suficiente para penetrarem na água mais rapidamente após um derrame. A taxa de dissolução vai depender de fatores como a agitação da água do mar e da temperatura. Essas frações mais solúveis são também componentes mais voláteis do óleo e normalmente evaporam em vez de mergulharem na água. Por meios analíticos de concentrações de hidrocarbonetos dissolvidos, foi confirmado que elas podem permanecer abaixo ou perto do local do derrame. Portanto, a dissolução depende, em grande parte, do ponto onde o óleo foi derramado.

3.1.7 Biodegradação

Processo muito importante é uma das formas mais conhecidas de autodepuração do meio ambiente aquático.

A natureza desenvolveu meios para manter o equilíbrio ecológico com a existência de bactérias e fungos que se alimentam de petróleo usando-o como fonte de energia. E depende de alguns fatores:

- A concentração de oxigênio nas águas;
- A temperatura – quando a temperatura diminui a concentração de O_2 aumenta.
- A disponibilidade de nutrientes – os microrganismos necessitam de O_2 e do carbono existentes nas águas e nos óleos, respectivamente mas também do nitrogênio e de fósforo que estão presentes em pequenas quantidades nas águas.

3.1.8 Sedimentações

É o processo onde partículas de óleo flutuante mergulham e alcançam o fundo das águas.

Para que ocorra a sedimentação, é necessário que as partículas do óleo menos densas que a água se modifiquem através da evaporação ou componentes mais leves se misturem através da incorporação de material particulado presente na coluna d'água, tornando-se mais pesadas que a água. Este processo torna-se importante próximo à costa, onde as cargas de material em suspensão são muito maiores que em mar aberto.

O material em suspensão na coluna d'água é muito encontrado em correntes de marés, estuários, istmos e mares revoltos. Quanto mais grosso for o óleo maiores são as chances de chegar a densidade igual a 1,00, conseqüentemente, as probabilidades de afundar aumentam.

3.2 Poluições por óleo

O petróleo exerce um papel preponderante na sociedade moderna e apresenta uma série de riscos quando liberado no meio ambiente, seja em derramamentos acidentais ou descargas crônicas.

As fontes de contaminação do mar por petróleo podem ser classificadas em quatro grupos: exsudação natural, extração, transporte e consumo. A exsudação natural tende a ocorrer em mar aberto, esporadicamente e em baixas vazões. As atividades associadas à extração de petróleo e gás podem provocar derramamentos acidentais provenientes de erupções de poços, vazamentos superficiais de plataformas ou desprendimento crônico associados com a disposição de águas produzidas e cascalhos contaminados gerados no processo de perfuração.

O transporte de petróleo e de produtos refinados e as atividades de refino e de distribuição podem provocar vazamentos que não são classificados como triviais, visto

poderem ocorrer como grandes derramamentos e em todos os locais de passagem de petroleiros ou onde oleodutos estejam instalados. As áreas próximas a instalações de processo de petróleo apresentam maior risco por concentrarem as três atividades mencionadas (transporte, produção e distribuição).

A contaminação provocada pelo consumo de petróleo, seja por carros, barcos, navios, ou por lixiviação de solo em áreas urbanas, corresponde à maior parcela de petróleo introduzida no mar devido a atividades humanas. Diferentemente de outras fontes, as quantidades introduzidas pelo consumo ocorrem como vazamentos lentos e crônicos e com as emissões atmosféricas. Como a maior parte do consumo de petróleo ocorre em terra, os rios, sistemas de drenagem de águas pluviais e de esgotos carregam a maior parcela de óleo que chega ao ambiente marinho.

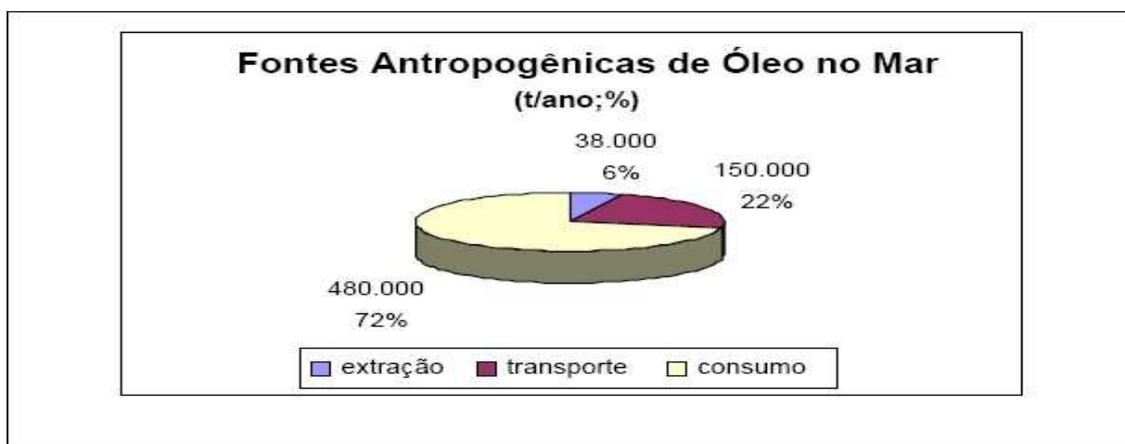
Do óleo que adentra o mar, a exsudação natural responde por 45%; a extração de petróleo por 3 %; o transporte de petróleo e derivados por 12 %; e o consumo de produtos de petróleo – responsável pela maior parcela não natural – por 38%.

Consideradas apenas as fontes antropogênicas, o consumo passa a ser responsável por 72 % da quantidade de óleo inserida nos oceanos; o transporte de petróleo e derivados responde por 22 % do total; e a extração de petróleo tem a menor contribuição, com 6 % (NAS, 2003). As imagens apresentam gráficos destas contribuições.

Figura 1: Contribuição de fontes de contaminação marinha por óleo



Fonte: National Archeology Society, 2003.

Figura 2: Contribuição de fontes antropogênicas

Fonte: National Archeology Society, 2003.

As formas antropogênicas de contaminação do mar por óleo incluem: descargas crônicas de refinarias e instalações de estocagem; descargas operacionais de navios ao longo das principais rotas de navegação; e acidentes como derramamentos de óleo por navios e ruptura de oleodutos. Também são originadas pela sociedade humana as descargas em rios; descargas difusas de áreas municipais industrializadas; as contaminações advindas da produção de petróleo fora da costa; e pela poluição da atmosfera. Geograficamente, as fontes variam em importância, mas as principais origens são, normalmente, terrestres: refinarias, lixo municipal e lixiviação de solo urbano.

Os derrames de óleo podem causar danos à vida marinha e forte impacto econômico nas atividades costeiras, afetando aqueles que exploram os recursos marinhos. Áreas costeiras onde são exercidas atividades de recreação e de turismo; indústrias que dependem do fornecimento de águas limpas para sua operação; portos e estaleiros; áreas de exploração e criação de recursos marinhos são exemplos de locais que, quando atingidos, podem sofrer grandes prejuízos.

Os danos podem ser causados pelas propriedades físicas e pela composição química do petróleo, como, ainda, pelas atividades de combate aos derramamentos. As ações de limpeza podem prejudicar animais e destruir *habitats*.

Grandes derramamentos de óleo têm sérios efeitos, mesmo que locais e temporários, mas a maior parte do óleo que chega aos oceanos é proveniente de eventos menos agudos – como descargas de rotina de navios, poluição atmosférica e óleo lubrificante descartado em águas pluviais.

3.3 As tendências da contaminação

Comparativamente ao óleo, a poluição provocada por outras substâncias como ozônio, clorofluorcarbono, organoclorados e organofosforados, e metais pesados têm menor visibilidade. A maior visibilidade dos incidentes de poluição por óleo tornou estes eventos os mais combatidos, regulados e pesquisados.

Estimativas, de 1981, apresentavam 3,2 milhões de toneladas por ano, de todas as fontes; a estimativa, de 1990, foi de 2,35 milhões de toneladas (GESAMP, 1993); e a de 2000 foi de 1,3 milhões de toneladas (NAS, 2003). Estas estimativas são altamente influenciadas pelo número e tamanho de derramamentos provenientes de navios, em cada ano.

A descarga de óleo no mar, proveniente de navios, decresceu a partir da década de 1980, devido às medidas exigidas pelas convenções internacionais sobre prevenção da poluição marinha por óleo transportado por navios. Embora com intensidades diferentes nas várias partes do mundo, há indícios de que a redução da contaminação ocorreu em escala global.

A quantidade total de óleo flutuante observada, em 1985, nas rotas de navegação e em suas correntes superficiais associadas foi $\frac{1}{4}$ daquela observada no período 1971-1972, baseado nas medições efetuadas nos Mares Mediterrâneo e Sargasso.

A quantidade de óleo que entra no mar devido às atividades de transporte por navios diminuiu de 1,47 milhões de toneladas, em 1981, para 0,54 milhões de toneladas em 1990 (IMO,1990). A maior parte deste óleo é proveniente de operações de rotina,

como descarte de resíduos de casas de máquinas e lavagem de tanques. A poluição acidental contribui com menos de 30% do total, mas dada sua alta visibilidade e a possibilidade de atuação em poucas áreas de atividades específicas — transporte, extração e produção — foi centrada sobre ela a atuação de prevenção da poluição marinha por óleo.

O número de derramamentos provenientes de petroleiros decresceu significativamente nos últimos 30 anos. A média anual de incidentes de derramamento da década de 70 foi 3 vezes as da década de 80 e 90 e mais de 6 vezes a média parcial da atual (HUIJER, 2005).

Atualmente, existem, aproximadamente, 8.000 navios-tanque transportando petróleo cru e derivados pelos mares do mundo, na maior parte das vezes sem incidentes (HUIJER, 2005).

A Tabela mostra as quantidades derramadas, em incidentes com petroleiros envolvendo mais de 7 toneladas, no período entre 1967 e 2004.

Tabela 1: Maiores Poluições Ocorridas no Mundo

Posição	Navio	Ano	Local	Quantidade derramada (t)
01	Atlantic Empress	1979	Off Tobago, West Indies	287,000
02	ABT Summer	1991	700 nautical miles off Angola	260,000
03	Castillo de Bellver	1983	Off Saldanha Bay, South Africa	252,000
04	Amoco Cadiz	1978	Off Brittany, France	223,000
05	Haven	1991	Genoa, Italy	144,000
06	Odyssey	1988	700 nautical miles off Nova Scotia, Canada	132,000
07	Torrey Canyon	1967	Scilly Isles, UK	119,000
08	Sea Star	1972	Gulf of Oman	115,000
09	Irenes Serenade	1980	Navarino Bay, Greece	100,000

10	Urquiola	1976	La Coruna, Spain	100,000
11	Hawaiian Patriot	1977	300 nautical miles off Honolulu	95,000
12	Independenta	1979	Bosphorus, Turkey	95,000
13	Jakob Maersk	1975	O porto, Portugal	88,000
14	Braer	1993	Shetland Islands, UK	85,000
15	Khark 5	1989	120 nautical miles off Atlantic coast of Morocco	80,000
16	Prestige	2002	Off the Spanish coast	63,000
17	Aegean Sea	1992	La Coruna, Spain	74,000
18	Sea Empress	1996	Milford Haven, UK	72,000
19	Katina P	1992	Off Maputo, Mozambique	72,000
33	Exxon Valdez	1989	Prince William Sound, Alaska, USA	37,000

Fonte: International Tanker Owners Pollution Federation, 2005

4 CONTENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÓLEO DERRAMADO NO MAR ATRAVÉS DE EMARCAÇÕES OIL RECOVERY

Hoje em dia existem várias técnicas e equipamentos para combater, conter e recuperar um derramamento de óleo no mar, incluindo em geral métodos físicos e químicos como os que veremos nos tópicos seguintes. Neste capítulo fazemos referência as embarcações de combate à poluição.

4.1 Formações para contenção / recolhimento de óleo

O lançamento da barreira poderá ser realizado de várias maneiras: em sua forma mais usual, deve ser realizado com a embarcação lançadora aprovada contra a corrente marítima; entretanto, embarcações que lançam a barreira lateralmente deverão se posicionar de maneira tal que a barreira seja lançada no sentido da corrente.

Por este motivo, as direções da corrente devem ser logo determinadas e divulgadas, passando a servir de parâmetro durante a operação.

Uma observação importante: poderão ocorrer situações nas quais a força e a direção do vento, na área de ocorrência de óleo, irão deslocar a mancha de óleo e a barreira de contenção numa direção diferente da corrente marítima que incide no local. Nesses casos, novos procedimentos serão negociados entre o Coordenador da operação, os Comandantes e o líder de equipe.

De modo geral, toda a operação de lançamento de barreiras é realizada com as embarcações aprovadas contra a corrente marítima.

A direção da corrente e o rumo contra a corrente são diametralmente opostos, com diferença de 180° entre eles.

Para realizar as diferentes formações temos os seguintes participantes:

- 1- **Embarcação Principal:** é a embarcação que transporta e lança a barreira; geralmente pertence a classe oil recovery, sendo equipada com aparelhos recolhedores de óleo denominados skimmers.
- 2- **Embarcação de apoio:** é a embarcação que apoia a embarcação principal, durante operações de formações com barreira.
- 3- **Coordenação da operação:** realizada pelo coordenador de Grupo de Operações no Mar, geralmente embarcado em helicóptero

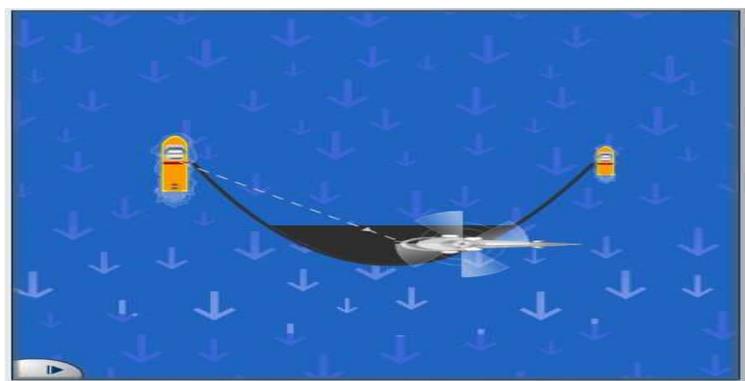
4.1.1 Formação em U

A formação em U é a de maior abertura, possibilitando cercar e conter óleo em uma frente mais ampla. Na abertura da formação, o posicionamento das embarcações é orientado pelo coordenador da operação que, está a bordo do helicóptero, possui ampla visão de toda a área. A velocidade operacional não deverá ultrapassar 1 knot.

Neste tipo de formação, o óleo retido se concentra numa área afastada da embarcação principal, impossibilitando que ela mesma realize o seu recolhimento.

A formação em U exige uma terceira embarcação para lançar e operar o equipamento recolhedor de óleo (skimmer). Esta terceira embarcação poderá realizar o recolhimento por dentro ou por fora da formação em U.

Figura 3:Formação em U.



Fonte: Curso de controle de contingência da Petrobrás

Quando se posiciona por dentro da formação, a embarcação recolhadora deve se manter afastada da barreira e lançar o skimmer de forma que este atinja o fundo da formação, utilizando quase todo o comprimento da mangueira do recolhedor. Quando se posiciona por fora, a embarcação recolhadora deve praticamente encostar na barreira, evitando que o peso da mangueira force e deite a barreira, fazendo com que o óleo passe por baixo ou mesmo por cima dela.

4.1.2 Formação em J

A formação em J é frequentemente adotada porque utiliza duas embarcações para realizar toda a operação (cerco, contenção e recolhimento do óleo); como o óleo fica acumulado bem próximo, a própria embarcação lançadora da barreira poderá realizar o recolhimento do óleo, com a utilização do skimmer. Esta configuração é gerada após o emparelhamento das embarcações participantes, podendo a embarcação principal dar a ré lentamente até concluir a formação do J, como também a embarcação de apoio pode ir a avante lentamente para o mesmo fim.

Na figura a seguir mostra a formação das embarcações nesta manobra.

Figura 4: Formação em J com cabo limitador



Fonte: Curso de controle de contingência da Petrobrás

A formação em J não possibilita uma grande abertura, o que limita a capacidade da barreira de cercar o óleo numa frente mais ampla. Neste caso pode ser colocado um cabo limitador de abertura do fundo do J, com a função de possibilitar a flexão da haste do J, para aumentar a boca e alcance da barreira. O cabo limitador deve ser lançado juntamente com o último trecho da barreira. Uma das pontas do cabo limitador é amarrada a uma barra de ancoragem instalada na própria barreira; a outra ponta do cabo limitador deve ser presa a um guincho auxiliar a boreste da embarcação principal.

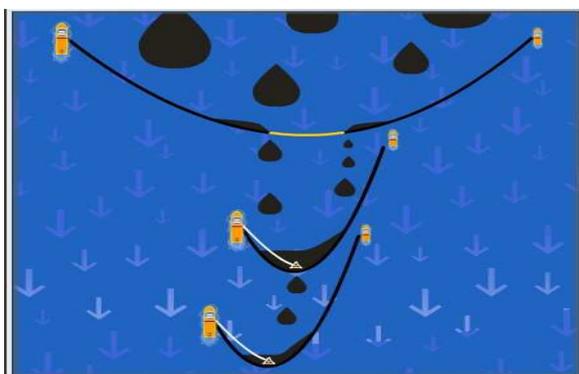
4.1.3 Combinação de U e J

Quando a mancha se encontra dispersa, uma formação em U poderá ser utilizada simplesmente para cercar o óleo, sem recolhê-lo. Após se acumular no fundo da formação em U, o óleo começará a passar pela barreira numa maior concentração, sendo direcionado para uma formação em J, montada logo atrás.

O óleo que vaza da formação em U, é recolhido na formação em J, por um skimmer operando a partir da embarcação principal.

Para que o óleo contido no U passe pela formação, talvez seja necessária a execução de manobras com as embarcações, orientadas pelo Coordenador da operação. Aumentar a velocidade de reboque é uma das manobras indicadas para forçar a passagem de óleo contido.

Figura 5: Formação combinada



Fonte: Curso de controle de contingência da Petrobrás

4.2 Barreiras de contenção utilizadas pela petrobras

A continuação apresentamos sucintamente as características, vantagens e desvantagens dos tipos de barreiras utilizados pela Petrobras. Neste início estamos colocando na tabela 8, estas informações e a continuação apresentaremos cada uma destas barreiras.

Tabela 2: Características operacionais das Barreiras

Propriedades Operacionais / limites	RO BOOM	HI SPRINT	WEIR BOOM	UNI BOOM
Estável com força de mar ate força (Escala Beaufort)	7	3	5	9
Estável com ventos ate	33 nós	10 nós	21 nós	38 nós
Eficiente com ondas ate	3 m	0,25 m	3 m	4 m
Maior velocidade operacional efetiva	1 nó	1 nó	1 nó	1 nó
Velocidade máxima de reboque com a Barreira esticada.	10 nós	5 nós	5 nós	12 nós

Fonte: Manual do fabricante

4.2.1 Ro Boom

Formada por compartimentos estanques e justapostos, com 3m comprimento cada, que são inflados e tamponados, um a um, antes de seu lançamento ao mar. Essas barreiras são fornecidas em seções que medem cerca de 250 m de comprimento e possuem um dispositivo que possibilita acoplar duas ou mais seções, formando barreiras com cerca de 500 m, ou até mais, dependendo das necessidades de

aplicação e das condições ambientais. Uma corrente, fixada em sua parte inferior, funciona como lastro, contribuindo para estabilidade na água. O recolhimento do óleo tem que ser feito por um skimmer lançado em separado.

Figura 6: Ro Boom 3500



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.2.2 Hi Sprint

Formada por 7 módulos tubulares com 50 m de comprimento, já interligados, que alcançam 350 m de comprimento. Não existe dispositivo que permite acoplar 2 barreiras iguais a essa.

Antes de seu lançamento ao mar, esse tipo de barreira é inflado com o auxílio de equipamento próprio, que pode ser posicionado na embarcação lançadora ou mesmo na embarcação de apoio, que também terá a função de rebocar, pela extremidade, a barreira já inflada. Na figura ilustramos este tipo de barreira

Figura 7: Hi Sprint



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.2.3 Weir Boom

Formada por um único compartimento tubular estanque, com 370 ou 390 m de comprimento. Não existe dispositivo que permita acoplar 2 barreiras deste tipo.

Durante o seu lançamento ao mar, a barreira Weir Boom é inflada com o auxílio de equipamento próprio, posicionado na própria embarcação que executa o lançamento. O lastreamento necessário para estabilizar a barreira é feito com a própria água do mar, através de bomba própria, de operação contínua, que fica posicionada na extremidade da barreira. Na figura mostramos a barreira Weir boom já na água.

O recolhimento do óleo é realizado por um sistema de 4 bombas e diques incorporados na própria barreira.

Figura 8: Barreira Weir boom inflada



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.2.4 Uni Boom

Formada por uma única seção tubular estanque com 300 m de comprimento. Ao ser lançada, um sistema estrutural interno, de forma espiralada, é inflado por um compressor de ar posicionado na embarcação que executa o lançamento.

Após a conclusão do lançamento, já com a barreira toda na água, um segundo sistema de ar completa o enchimento e a pressurização do miolo da barreira, promovendo as condições próprias para sua entrada em operação. Não existe dispositivo que permita acoplar 2 barreiras iguais a essa. Sua principal característica é a

grande facilidade e rapidez de lançamento. Na figura vemos a barreira uni boom inflada com a embarcação já posicionada.

O recolhimento do óleo tem que ser feito por um skimmer lançado em separado.

Figura 9: Barreira uni boom



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.3 Recolhedores ou Skimmer

Hoje existem vários tipos de recolhedores, mas para ter uma boa eficiência devem ser observados alguns fatores importantes como:

- Habilidade do operador;
- Espessura do óleo;
- Viscosidade do óleo;
- Grau de emulsificação;
- Sucção do sistema;
- Estado do mar;
- Capacidade de armazenamento;
- Quantidade e capacidade de retirada de lixo sólido.

4.3.1 Tipos vertedoresos ou WEIR SKIMMERS

Realiza o recolhimento de óleo pela ação da gravidade, quando posicionado na interface da água/óleo. São projetados para operarem em águas calmas e em camadas espessas de óleo. São eficientes em óleo de viscosidade média. Normalmente são simples de operar. Recolhe todos os tipos de óleos e emulsões. Recomendado o uso em águas calmas, porém o lixo entope sua aspiração e se não for adequadamente operado, pode recolher até 90% de água. Na figura ilustramos este tipo de equipamento.

Figura 10: Skimmer com vertedouro



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.3.2 Tipo oleofílico ou ADSORBER SKIMMERS

Inclui recolhedores de cordas, escovas e disco. O material oleofílico move-se através da mancha de óleo e este adere a esse material e em seguida o óleo é raspado ou espremido e coletado. Normalmente recolhem mais óleo do que água e operam bem com óleos de viscosidade média (100 a 2.000 CST).

Figura 11: Exemplo de skimmer do tipo Oleofílico



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.3.3 Tipo Arraste ou BELT SKIMMERS

São recolhedores do tipo esteira oleofílica ou não, que transporta óleo por arraste ou por absorção. A esteira mergulha na interface água/óleo retirando por aderência o óleo da superfície. Esse tipo é muito usado por embarcações que possuem capacidade de armazenamento, como, por exemplo, a —Lancha Egmopolll.

Na figura ilustramos este tipo de equipamento acoplado a uma Lancha Egmopol.

Figura 12: Exemplo de Skimmer tipo arraste acoplado a uma lancha egmopol



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.3.4 Tipo sucção ou SUCTION PUMP, AIR SUCTION SKIMMERS

Bombas de sucção e bombas pneumáticas para aspirar óleos. São bombas do tipo SPATE, SELTORQUE E SELWOOD, que também podem ser adaptadas em sistema tipo SKIM PACK e MANTIS, dependendo de cada situação, além de caminhões a vácuo. Podem usar tanto bombas à vácuo como sistema de venturi. O bombeamento de material viscoso é possível, permite a injeção de água para agir como meio fluido. Óleos com a volatilidade alta, deverão ser evitados, por motivo de segurança, devido ao risco de fogo provocado pela aspiração gasosa. Os tanques (recipientes), deverão ser reforçados para evitar serem colapsados. Se o operador não for habilidoso poderá recolher mais água que óleo, porém podem ser utilizados em qualquer lugar e podem recolher todos os óleos crus e emulsões.

A seguir ilustramos este tipo de skimmer.

Figura 13: Exemplo de skimmer do tipo sucção



Fonte: www.alpinabriggs.com

:

4.3.5 Tipo mecânico

Estes dependem da ação física para recolher óleo. Deverá estar combinado com bomba adequada e capaz de transferir óleos viscosos, emulsões e lixo. Têm a desvantagem de não operar com óleos leves, requerem camadas muito espessas. Porém são ideais para recolher óleos pesados ou emulsões.

A eficiência do recolhedor dependerá da capacidade da bomba em transferir o óleo recolhido. A eficácia de uma bomba dependerá da viscosidade do óleo. Essa eficácia é perdida com o aumento da viscosidade do óleo. Algumas bombas tipo parafuso toleram alta viscosidade e podem transferir até óleo solidificado.

4.4 Dispersão de manchas de óleo

4.4.1 Dispersão mecânica

4.4.1.1 Com jatos de água

apoiado estejam equipadas com canhões d'água capazes de produzir jatos com alta pressão. É bastante comum que embarcações de grande porte tenham esse tipo de equipamento. Na figura 15 ilustramos este tipo de procedimento

O emprego desses recursos, com o objetivo de promover a dispersão de manchas de óleo no mar, demonstrou ser muito conveniente por vários motivos:

- A relativa facilidade de mobilização dessas embarcações, pela alta probabilidade de alguma delas estarem disponíveis próximas da área da ocorrência do óleo.
- Os bons resultados e a grande eficiência que a utilização desses equipamentos já demonstraram em situações reais. O emprego de jato de água, para provocar o turbilhonamento da superfície onde ocorre o óleo, demonstrou ser bem mais eficiente do que o processo usual de fracionar a mancha de óleo pela repetida passagem de embarcações sobre ela.
- Além da comprovada eficiência, a utilização de jatos de água mostra-se também vantajosa sobre a prática do uso de dispersantes químicos: utilizar simplesmente, a própria água do mar, sem nenhum aditivo, caracteriza-se como não agressivo ao meio ambiente.

Figura 14: Embarcações efetuando a dispersão mecânica com jatos de água

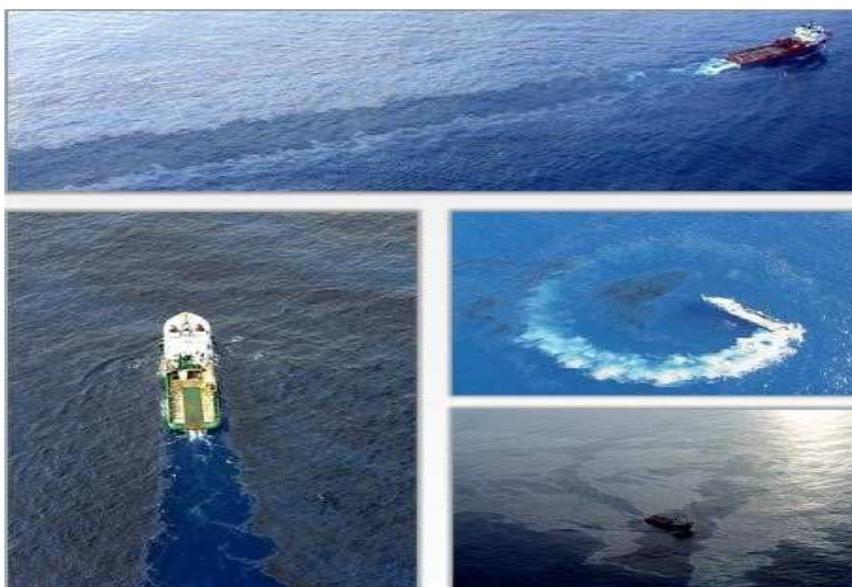


Fonte: www.alpinabriggs.com

4.4.1.2 Com manobras de embarcações

Quando não houver disponibilidade de utilização dos canhões de água, o turbilhonamento da superfície e o fracionamento da mancha de óleo superficial podem ser obtidos por passagens sucessivas de uma ou mais embarcações sobre a área afetada. Atualmente é dada preferência ao processo de dispersão com jatos de água, na figura a seguir mostramos este tipo de procedimento. Na figura 16 ilustramos este procedimento

Figura 15: Exemplo de dispersão com manobras de embarcações



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.4.2 Dispersão Química

Os dispersantes são formulações químicas destinadas a reduzir a tensão superficial água/óleo, limite que o óleo não se mistura com a água.

São soluções líquidas de surfactantes semelhantes a detergentes, dissolvido ou em suspensão num solvente. Os surfactantes têm compatibilidade com a água (hidrofílico) e com o óleo (oleofílico). A ação dos surfactantes reduz a tensão superficial permitindo ao óleo, penetrar na água e devem ser aplicados nas primeiras 24 horas para sua melhor eficácia, como gotículas que são degradadas por bactérias naturais, areia em suspensão, por exemplo. Os dispersantes não dispersam o óleo e sim auxiliam a agitação mecânica, verdadeira causadora da dispersão, e estabiliza essa dispersão formada, equilibrando a tendência do óleo em reunir as gotículas dispersas e formar novas manchas.

A aplicação de dispersantes não objetiva o recolhimento do óleo e sim proporciona sua biodegradação de forma mais rápida, pelos micro-organismos presentes na água. Sua aplicabilidade, entre tanto deve ser criteriosamente estabelecida e aceita somente se resultar em menor prejuízo ambiental, quando comparada ao efeito causado por um derrame sem qualquer tratamento, ou empregado como alternativa adicional à contenção e recolhimento ou dispersão mecânica do óleo, em caso de ineficiência desses procedimentos de resposta.

As tripulações e Comandantes das embarcações equipadas para a aplicação de dispersantes geralmente já possuem o treinamento apropriado para tal; entretanto, por estarem posicionadas ao nível do mar, possuem uma capacidade bastante limitada de bem visualizar a mancha de óleo a ser dispersada. Por isso, sempre serão de grande utilidade as orientações e as informações passadas pelo Coordenador da Operação que, a bordo do helicóptero, possui amplo campo de visão do cenário de operações, do posicionamento e da concentração do óleo superficial a ser dispersado.

Na figura ilustramos a aplicação de dispersante através de embarcações OR.

Figura 16: Aplicação de dispersante com rebocadores



Fonte: www.alpinabriggs.com

4.5 Disposição do óleo recolhido

O destino dos resíduos coletados durante as ações de resposta definido pelo Gestor Central da unidade que gerou a ocorrência, havendo a opção do descarte ser realizado para outra unidade marítima. Na figura mostramos a transferência para uma unidade marítima.

Figura 17: transferência após recolhimento



Fonte: www.alpinabriggs.com

Inicialmente o resíduo gerado pela operação poderá ser disposto temporariamente em um navio, barcas, tanques flutuantes, tambores, big bags, silos etc. Tendo-se o cuidado de verificar nessas armazenagens temporárias as condições do local e da própria armazenagem para evitar nova contaminação da área.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi abordado de forma bem breve o modo como acontece um derramamento de petróleo no mar e como se procede para a recuperação da área afetada. Para isso foi abordado o seu conceito e como, através de suas propriedades químicas, o óleo se espalha em todas as camadas do oceano. Dessa forma, tendo conhecimento das técnicas utilizadas para a contenção do acidente/incidente de óleo no mar, conclui-se que além de ser muito trabalhoso, o custo é elevado e o dano ao meio ambiente incalculável.

Importante salientar que os processos citados separadamente muitas vezes acontecem de forma simultânea devido à complexidade de uma operação de combate a vazamento de óleo no mar. E isso conta também com a competência do comandante e de sua tripulação, para o aperfeiçoamento contínuo das ações de resposta.

Por fim, este trabalho foi importante para o meu conhecimento acerca das técnicas utilizadas, assim como para familiarização dos modos de se proceder durante o acidente, contribuindo assim para a capacidade de resposta rápida e coerente com cada tipo de ocorrência. Afinal, cada pequeno incidente pode se tornar um grande acidente, tratando-se de óleo no mar e de suas consequências.

REFERÊNCIAS

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78). London, 1978. Acesso em: ago de 2015.

IOPC – INTERNATIONAL OIL POLLUTION COMPENSATION FUND 1992. Claims Manual, Edição 2005. Reino Unido 2005. International Oil Pollution Compensation Funds, Reino Unido, 2003. Acesso em: jun de 2015.

MANUAL DE TREINAMENTO PARA EMBARCAÇÕES OR, arquivo em software. Acesso em: jul de 2015.

MARINHA DO BRASIL – MB. Comando do 4. Distrito Naval. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/4dn/bnvc.html>>. Acesso em: jul de 2015.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE – MMA. Relatório sobre o Impacto ambiental Causado pelo Derramamento de Óleo na Baía de Guanabara. 59 p., Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/67B2E6A7/artigo5.doc>. Acesso em: ago de 2015.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA, MARPLOT User's Guide, edição de 27 de setembro de 2001, 189 p. Acesso em: jul de 2015

OCEANATLAS. Disponível em: <<http://www.oceanatlas.com/unatlas/issues/pollutiondegradation>>. OCEAN INDUSTRIES BC - OIBC. **Historical Re-visit to the B.C. 1965-72 Offshore Experience**. Arquivo em formato pdf criado em 15 de novembro de 2004. OKLAND, J. Recovery of Oil Spills in Marine Arctic Regions. Noruega, 24 de janeiro de 2000. Acesso em: jun de 2015.

ONIP – ORGANIZAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO. Miniglossário. Disponível em: http://www.onip.org.br/main.php?idman=informacoes&mainpage=Mini_Glossario.htm. Acesso em: jun de 2015 .