

José Augusto de Carvalho

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMBARCAÇÕES
RECOLHEDORAS DE ÓLEO, EM ÁREAS DE EXPLORAÇÃO E
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO.**

Dissertação submetida ao corpo docente da Universidade Federal do Estado de Santa Catarina – UFSC, como requisito parcial exigido pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional. Para obtenção do Título de MESTRE PROFISSIONAL em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Renata Iza Mondardo

Florianópolis
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Carvalho, José Augusto

Avaliação do desempenho de embarcações recolhedoras de
óleo em áreas de exploração e produção de Petróleo / José
Augusto Carvalho ; orientadora, Renata iza Mondardo -
Florianópolis, SC, 2013.

83 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Exploração e produção de
Petróleo. 3. Embarcações recolhedoras. 4. Poluição do mar. 5.
Brasil. I. Mondardo, Renata iza. II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental. III. Título.

José Augusto de Carvalho

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMBARCAÇÕES
RECOLHEDORAS DE ÓLEO, EM ÁREAS DE EXPLORAÇÃO E
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO.**

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE Profissional em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Florianópolis, 07 de junho de 2013.

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr. ENS/UFSC
Coordenador do curso

Prof^a. Renata Iza Mondardo, Dra.
Orientadora

Banca Examinadora:

Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr. - Membro Interno

Prof.^a Cátia Regina C. Pinto, Dra. - Membro Interno

Prof.^a. Maria Eliza Nagel Hassemer, Dra. – Membro Externo

Dedico este trabalho a vocês que sempre me fizeram acreditar na realização dos meus sonhos e trabalharam muito para que eu pudesse realizá-los, meus pais, Nazaré e Antônio. A você Renata, companheira no amor, na vida e nos sonhos, que sempre me apoiou nas horas difíceis e compartilhou comigo as alegrias.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos os que compartilharam o trilhar de mais esse caminho percorrido, contribuindo, direta e indiretamente, para que eu realizasse este trabalho, auxiliando-me e dando-me forças nos momentos em que mais precisei. Minha gratidão, em primeiro lugar, a Deus, por estar comigo em todos os momentos e iluminando-me. A ele, minha eterna gratidão.

Agradeço, especialmente, à minha família, pelo apoio para que eu concretizasse essa pesquisa: minha mãe e meu pai; e, em especial, minha esposa, Renata Kelly, que esteve sempre ao meu lado, entendendo-me nos momentos de ausência, dando-me apoio e carinho.

À professora doutora Renata Iza Mondardo, minha “orientadora”, que possibilitou-me “aprendizagens únicas”, por meio do grande incentivo e orientação que me foram concedidos durante essa jornada, além de uma paciência grandiosa.

Aos colegas e professores do mestrado, por tudo o que com eles aprendi e por partilharem a construção do meu estudo. Em especial, ao meu colega Felipe.

Ao Instituto de Competências Empresariais – ICE, em especial à Virgínia pelo apoio durante o curso.

A todos, muito obrigado.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”
(Madre Tereza de Calcutá).

RESUMO

Sabe-se que a necessidade mundial de consumo do Petróleo vem aumentando, consecutivamente também cresce o processo de pesquisa e sua produção. Vivemos um momento especial, onde estamos presenciando a exploração de Petróleo no chamado Pré Sal, caracterizado por estar em grande profundidade. Esta tecnologia ainda não está completamente dominada e tem uma grande expectativa sobre as possíveis consequências resultantes deste processo de exploração e produção. Além das grandes profundidades, existem produções próximas à costa, inclusive com áreas ambientais sensíveis. Este trabalho buscou avaliar os principais impactos ambientais gerados pelas embarcações dedicadas ao combate de vazamento de óleo no mar, que são as “Embarcações Recolhedoras de Óleo”. Sabendo-se que atualmente essas embarcações ficam dedicadas nas proximidades dos locais de Exploração e Produção de Petróleo, navegando 24 horas por dia. Partindo deste princípio, foi pesquisado e calculado o consumo de óleo diesel e o quantitativo de emissão de poluentes atmosféricos, gerados por este consumo, necessários para o funcionamento das máquinas, como os motores, compressores e geradores. Ainda sobre esta navegação contínua, são apontados os principais acidentes ocorridos e a quantidade de óleo vazado no mar, com intuito de demonstrar que este trânsito contínuo dos barcos gera riscos de acidentes, com potencial de poluição ambiental. Além dos impactos ambientais, este trabalho demonstra os custos despendidos para operação destas embarcações. Também foi analisado o acidente ocorrido no Golfo do México em 2010, na Plataforma da BP Deepwater Horizon Oil spill. Os dados apresentados demonstraram que houve um vazamento de 4,9 milhões de barris de óleo no mar, e que a capacidade efetiva de recolhimento foi de 20%, então cerca de 980 mil barris foram capturados, ficando o restante 3,92 milhões de barris sem recolhimento. Basta analisar os recursos demandados para atender o incidente da BP, em Macondo, no Golfo do México, para perceber que toda essa estrutura subutilizada se torna pequena em um evento como esse.

Para que as embarcações permaneçam navegando em alto mar, um grande consumo de combustível é necessário para o funcionamento de seus motores propulsores. Foi apurado que anualmente são consumidos cerca de 81.600 m³ de combustível, resultando em uma emissão aproximada de 219 milhões de quilos de CO₂ na atmosfera. Além disso,

verificou-se que são gerados 228.480 litros de águas residuais, que são destinadas em alto mar, muitas vezes sem o tratamento adequado.

Como reflexão final, levantou-se a questão sobre o que é mais impactante ao meio ambiente: a estrutura de resposta dedicada a vazamentos de óleo, exigida e aprovada pelo IBAMA; ou os danos causados pelos eventuais derrames de óleo oriundos das operações de exploração e produção de petróleo.

Palavras chave: Embarcações Recolhedoras de Óleo, Exploração e Produção de Petróleo, Vazamentos de Óleo, Impactos Ambientais.

ABSTRACT

It is known that the world oil consumption need is increasing, and thus the research process and its production also increases. We live in a very special moment, in which we are witnessing the Oil Drilling in the so called pre-salt layer, characterized by the fact that it is located in a high depth. This technology is not completely dominated and exercises a large expectation on the possible consequences arising of mentioned exploration and production process. Besides the high depths, there also exist production sites next to the coast, including areas which are environmentally sensible.

Present work tried to evaluate the main environmental impacts caused by the vessels dedicated to the oil spilling response in the sea, which are the "Oil Recovery Vessels". It is known that these vessels stay at disposal in the proximity of the Oil Exploration and Production Sites, navigating 24 hours per day. Starting from mentioned principle, the diesel oil consumption, as well as the atmospheric pollutant emission quantitative generated by such consumption, which is necessary for the functioning machine such as motors, compressors and generators, were duly researched and calculated. Still referring to mentioned continuous navigation, we also indicate the main accidents occurred and the quantity of oil released in the sea, with the purpose to demonstrate that such continuous vessel transit generates accident risks, presenting a potential for environmental pollution. Besides the environmental impacts, present work also demonstrates the costs arising of such vessel operation. The accident that took place in the Gulf of Mexico in 2010, in the BP Platform Deepwater Horizon Oil spill, has also been analyzed. The presented data demonstrate that there occurred a spill of 4.9 million oil barrels in the sea, and that the effective cleanup and recovery was of 20%, having approx. 980 barrels been captured, whereas the remaining 3.92 million barrels have not been recovered. It is only necessary to analyze the resources required to attend the BP incident in Macondo, in the Gulf of Mexico, to perceive that all such underused structure gets small in such an event.

For sailing vessels remain at sea, a large consumption of fuel is needed for the operation of their engines propellers. It was found that annually are consumed approximately 81,600 m³ of fuel, resulting in the issuance of approximately 219 million pounds of CO₂ in the atmosphere. Furthermore, it was found that 228 million liters are generated wastewater, which are aimed at sea, often without treatment.

As a final reflection has been raised the question on what is more impacting to the environment: an answering structure dedicated to oil spills required and approved by IBAMA; or the damages caused by eventual oil spills arising of the oil exploration and production operations.

Keywords: Oil Recovery Vessels, Oil Exploration and Production, Oil Spills, Environmental Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão aérea de mancha de óleo	34
Figura 2: Árvore de Tomada de Decisão Sobre Uso de Dispersantes.....	46
Figura 3: Braços para aplicação de dispersantes por embarcações	49
Figura 4: Uso de pranchas para auxiliar a dispersão/agitação do óleo	49
Figura 5: Sistema de aplicação de dispersantes adaptado para aviões	50
Figura 6: Sistemas de aplicação de dispersantes adaptados para helicópteros..	51
Figura 7: Planilha de Consumo de Óleo Diesel.....	63 a 66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios para dimensionamento de barreiras de contenção	37
Tabela 2: Critérios para cálculo da capacidade de recolhimento	37
Tabela 3: Critério para descarga de pior caso	39
Tabela 4: Critério para descarga de pior caso menor que o somatório dos 3 níveis apresentados anteriormente.	40
Tabela 5: Classificação dos Tipos de Dispersantes	43
Tabela 6: Condições Limites para Aplicação de Dispersantes	47
Tabela 7: Volume de óleo que pode ser disperso, por hectare, em diferentes taxas de aplicação de dispersante.	48
Tabela 8: Principais acidentes com derramamento de Petróleo e derivados no Brasil, no período de 1960 a 2010.....	69 a 68
Tabela 9: Volume total de óleo vazado e volume estimado recolhido.....	71
Tabela 10: Quantidade Gerada de Águas Residuais	71
Tabela 11: Emissão de CO ₂	72

LISTA DAS SIGLAS

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CEDRO – Capacidade Efetiva De Recolhimento de Óleo
CEDRO dpc – Capacidade Efetiva De Recolhimento de Óleo Descarga de Pior Caso
CEDRO tdpc – Capacidade Efetiva De Recolhimento de Óleo tempo de disponibilidade para resposta à descarga de Pior Caso
CEDRO dm – Capacidade Efetiva De Recolhimento de Óleo descarga média
CEDRO Tdm – Capacidade Efetiva De Recolhimento de Óleo tempo para disponibilidade de recursos para resposta à descarga média
CEDRO dp – Capacidade Efetiva De Recolhimento de Óleo descarga pequena
CEDRO Tdp – Capacidade Efetiva De Recolhimento de Óleo tempo para disponibilidade de recursos para resposta à descarga pequena
PEI – Plano de Emergência Individual
CO – Monóxido de carbono
CO₂ – Dióxido de carbono
IMO – International Maritime Organization
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IMCO – Inter-Governmental Maritime Consultive Organization
SOLAS – Safety of Life at Sea - Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida no Mar
CLC – Companhia Logística de Combustíveis
SINDEC – Sistema Nacional de Defesa Civil
CIRM – Comissão Interministerial para dos Recursos do Mar
NR – Norma regulamentadora
MARPOL – International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
OPCR – International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation
PSRM – Plano Setorial para Recursos do Mar
ANP – Agência Nacional de Petróleo
MT – Ministério do Trabalho

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.1 A EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DO PETRÓLEO NO BRASIL	25
3.1.1 O Impacto Ambiental do Petróleo no Brasil	26
3.1.2 Impactos ambientais causados por embarcações	27
3.1.3 Impactos ambientais causados na atmosfera devido a combustão dos motores das embarcações	28
3.2 ACIDENTES AMBIENTAIS CAUSADOS PELA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO	30
3.2.1 Histórico de Acidentes	30
3.2.2 Dimensionamento dos acidentes	33
3.2.3 Riscos de acidentes envolvendo embarcações	34
3.3 EQUIPAMENTOS DISPONÍVEIS PARA COMBATE DE ACIDENTES MARÍTIMOS.....	35
3.3.1 Dimensionamento da capacidade de resposta	35
3.3.2 Capacidade de resposta	36
3.3.2.1 Barreiras de contenção	37
3.3.2.2 Recolhedores	37
3.3.2.3 Dispersantes químicos.....	41
3.3.2.3.1 <i>Critérios para a tomada de decisão quanto ao uso de dispersantes</i>	43
3.3.2.4 Dispersão mecânica.....	51
3.3.2.5 Absorventes.....	51
3.4 RECURSOS MATERIAIS PARA PLATAFORMAS	52
3.6 PLANO NACIONAL E INTERNACIONAL DE RESPOSTA RÁPIDA A EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS	52
3.6.1 Evolução da Proteção Ambiental	52
3.6.2 Convenções Internacionais	54
3.6.3 Normas Brasileiras	56
3.6.4 Poluição Ambiental	59
3.6.4.1 A Revolução Industrial e a Poluição.....	59
3.6.4.2 Gerenciamento de Resíduos.....	60

3.6.4.3 A Poluição do Mar	61
3.6.4.4 A Poluição Atmosférica	62
4. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	63
4.1 INTERPRETAÇÃO DA LEGISLAÇÃO	63
4.2 CONSUMO DE ÓLEO DIESEL	63
4.2.1 Levantamento dos dados.....	63
4.2.2 Apuração dos dados	64
4.2.3 Dimensionamento do Impacto Ambiental.....	65
4.3 ANÁLISE DE ACIDENTES E QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL VAZADO E RECOLHIDO	66
4.3.1 Quantificação do volume recolhido e do volume vazado	66
4.4 ÁGUAS RESIDUAIS	67
5. RESULTADOS.....	69
5.1. ANÁLISE DE ACIDENTES OCORRIDOS ENVOLVENDO EMBARCAÇÕES, COM VAZAMENTO DE PETRÓLEO.....	69
5.2 APURAR A EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS RECOLHEDORES DE ÓLEO DAS EMBARCAÇÕES, COMPARANDO COM O VOLUME DE ÓLEO DERRAMADO NO MAR.....	70
5.3 VOLUME DE ÁGUAS RESIDUAIS	71
5.4 CONSUMO DE DIESEL E VOLUME DE GASES LANÇADOS NA ATMOSFERA.....	72
6 . CONCLUSÕES	75
7. RECOMENDAÇÕES	77
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1. INTRODUÇÃO

Vivemos tempos de globalização, onde a demanda mercantil vem seduzindo a todos, oferecendo bens de consumo que proporcionam comodidade, qualidade de vida, conforto. Desta forma, estamos ficando cada vez mais dependentes de produtos industrializados e de novas tecnologias.

Devido ao grande desenvolvimento tecnológico, fica a dependência por máquinas potentes, capazes de produzir a uma velocidade muito elevada, com uma flexibilidade e variabilidade enorme, compatíveis com as exigências comerciais. Esse processo produtivo porém, necessita de potentes fontes de energia, capazes de alimentar todo o sofisticado maquinário.

Para atender a toda essa demanda, a principal fonte de energia está nos derivados do Petróleo, utilizados no processo, devido à dependência pela automação nas mais diversas formas de produção.

Para atender este mercado industrial, há um crescente investimento na Exploração de novas fontes de Petróleo, sendo que atualmente os holofotes estão voltados para a produção na Camada denominada Pré Sal.

O processo de Exploração e Produção do Petróleo é complexo, pois existem muitas variáveis e o risco de um acidente ambiental é muito grande. A busca por novas fontes está cada vez mais difícil e perigosa, por ser um processo pouco conhecido e focado em grandes profundidades, também porque em alguns casos, a área geográfica de produção está próxima de áreas ambientalmente sensíveis.

Para diminuir os possíveis impactos ambientais, protegendo áreas sensíveis e toda a fauna e flora marítima, existem várias legislações, algumas polêmicas, outras complexas, que norteiam as atividades em Águas Marinhas, Portos e demais áreas envolvidas. Determinam procedimentos e métodos obrigatórios durante a execução das atividades de exploração, produção e transporte, com intuito de eliminar e/ou diminuir os impactos ambientais, caso ocorra um acidente, com vazamento de Óleo no Mar.

Dentro deste universo de legislações, está a RESOLUÇÃO CONAMA 398, que determina as diretrizes para formulação do Plano de Resposta Rápida em Caso de Acidente com Vazamento de Óleo no Mar. Estão definidas no texto desta Resolução as máquinas e os

equipamentos que deverão compor a principal ferramenta de combate ao Vazamento de Óleo, incluindo sua posição geográfica.

Esta principal ferramenta é a disposição de Embarcações Dedicadas ao Recolhimento de Óleo, que são dotadas de equipamentos e tanques, capazes de recolher grandes quantidades da mistura Óleo e Água durante um vazamento, posteriormente destinando o resíduo para tratamento.

Os derramamentos de óleo têm o potencial de causar sérios danos ambientais, econômicos e sociais. Apesar dos investimentos em prevenção e para minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes desse tipo, eles continuam a ocorrer, demandando um trabalho de resposta contínuo.

No atendimento de uma emergência os envolvidos terão que optar pelas melhores estratégias a serem utilizadas, o que envolve a utilização de máquinas e equipamentos diversos, além de mão de obra qualificada. O tempo de atuação está definido na Resolução CONAMA 398, conforme tabela 4, de forma que seja possível minimizar ao máximo os impactos ambientais que por ventura venham a acontecer. Eis uma das razões pela qual se faz necessário ter informações tais como: como foi o derrame, onde ele aconteceu, qual será o impacto e os possíveis danos associados, além das formas disponíveis para minimizar. Quanto mais rápida e eficiente for a ação de resposta ao vazamento, menor será a prolongamento da mancha, ou seja, a área contaminada será menor.

Depois de contido o óleo, as atenções serão para as questões de levantamento dos impactos causados e também a forma de combate à poluição causada, seja através de contenção e recolhimento, dispersão mecânica, dispersão química ou o conjunto delas. Outras questões também fazem parte do contexto, como as fiscalizações e prestação de contas aos órgãos responsáveis, como a gestão dos resíduos gerados e limpeza de áreas contaminadas.

A Gestão do Plano de Resposta a Emergência tem que ser tratada como prioridade, pois um evento pode ocorrer a qualquer instante, em qualquer lugar da área de exploração e sob circunstâncias desfavoráveis, que tendem a dificultar o combate e agravar os impactos ambientais, espalhando o óleo.

Neste sentido, este trabalho irá analisar a principal ferramenta de combate ao vazamento de óleo no mar, determinada pela RESOLUÇÃO CONAMA 398, ou seja, a utilização de Embarcações

Dedicadas no Recolhimento de Óleo e os principais impactos ambientais da aplicação dessas embarcações nas proximidades das Unidades Marinhas de Exploração e Produção.

Assim sendo, este estudo contém cinco divisões. Na primeira parte, é apresentada a introdução; na segunda os objetivos; na terceira, a revisão bibliográfica em que se fundamenta a pesquisa; na quarta, são expostos os materiais e métodos utilizados; por fim, na quinta divisão, são apresentados e discutidos os resultados dos custos operacionais das embarcações, a poluição atmosférica gerada, a poluição marítima com resíduos, os riscos de acidentes e capacidade de recolhimento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral, avaliar os principais impactos ambientais da utilização de embarcações recolhedoras de óleo em área de exploração e produção de petróleo.

Para atingir esse objetivo geral, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar casos de acidentes envolvendo vazamento de óleo no mar, afim de quantificar o volume vazado e o volume recolhido;

2. Estimar o volume de águas residuais gerado pelas embarcações recolhedoras de óleo e que são descartadas no mar;

3. Apurar o consumo de combustível das embarcações recolhedoras de óleo e calcular o volume de CO₂ lançado na atmosfera.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DO PETRÓLEO NO BRASIL

A produção e exploração de petróleo são temas frequentes em espaços de discussão, pois tem grande importância no cenário mundial, envolvendo os aspectos políticos e econômicos do mundo. O petróleo é a principal fonte de energia utilizada na sociedade moderna. Nossa sociedade tem uma necessidade de energia muito grande e hoje no Brasil, aproximadamente 40% da energia consumida é proveniente do petróleo e seus derivados, o que evidencia a importância desse recurso no país. Devido à grande importância deste recurso energético, a exploração ganhou grande destaque no país, sendo que em 1938, foi criado o Conselho Nacional do Petróleo.

O Brasil atualmente é considerado autossuficiente na produção de petróleo. Desde sua descoberta em território nacional, o petróleo vem transformando a economia nacional, assim como a sociedade e também o meio ambiente onde várias questões ambientais são discutidas, por acarretarem muitos impactos ambientais. Por se tratar de um recurso importante na geração da energia utilizada, cada vez mais temos presenciado novas descobertas e uma intensa busca de reservas, agora focando em águas profundas, nas camadas do pré-sal e agora pós-sal, mesmo sabendo que estas descobertas, possam acarretar grandes impactos ambientais.

A exploração e produção deste recurso geram impactos ao meio ambiente e exige um processo de licenciamento ambiental, onde estão definidas as ações necessárias para minimizar estes possíveis impactos, oriundos da atividade de exploração e produção. Como esta produção é baseada na exploração de recursos naturais, gera uma série de modificações no meio ambiente. Para obtenção da autorização para início das atividades de exploração e produção, é necessário o licenciamento ambiental, que consiste em um processo administrativo pelo qual o órgão legalmente responsável pelo meio ambiente, faz uma análise inicial, afim de conceder as licenças ambientais necessárias, iniciando pela licença de localização, instalação, ampliação e operação para empreendimentos que utilizam recursos naturais e possam causar danos ou impactos que afetem o meio ambiente e a qualidade de vida das populações. Esta etapa é muito importante para a gestão ambiental e controle social em Estados democráticos. Outra importância da licença

ambiental está nas ações que se fazem necessárias para minimizar e/ou neutralizar impactos ambientais, baseados nas disposições legais e regulamentares. No caso da exploração e produção de petróleo, a RESOLUÇÃO CONAMA 398 é que determina as principais estratégias de contingência, em caso de acidente com vazamento de óleo no mar (Modificado de Ebah).

3.1.1 O Impacto Ambiental do Petróleo no Brasil

Os problemas ambientais relacionados à exploração e produção de petróleo geram muitos impactos ambientais, principalmente devido aos acidentes com derramamentos de óleo, resultando em alteração nos ecossistemas, costeiros e terrestres.

A exploração e produção de petróleo é uma atividade crítica, onde várias ações voltadas para as práticas preventivas e mitigadoras devem estar associadas a este processo, afim de evitar danos ao meio ambiente. Segundo a definição da Agência Nacional de Petróleo, a fase de Pesquisa ou Exploração consiste no conjunto de operações ou atividades destinadas a avaliar áreas, objetivando a descoberta e a identificação de jazidas de petróleo ou gás natural.

Através da metodologia de perfuração offshore, as companhias petrolíferas tenham acesso aos depósitos de petróleo localizados no fundo do mar. Com as inovações tecnológicas, as atividades de exploração e produção conseguem alcançar regiões antes inexploráveis, como no caso do pré-sal e pós-sal. Vários movimentos, tem se manifestado com opinião contrária a prospecção de petróleo em alto mar, pois há um entendimento destes movimentos, que os impactos causados pelas plataformas e navios marítimos, são devastadores ao meio ambiente.

Esta fase de novas descobertas acarreta também em riscos de um acidente ou um desastre ambiental, pois não sabemos se as tecnologias disponíveis são compatíveis com as reais necessidades, deste processo que ainda não se tem conhecimento de todos os aspectos impactantes, que passam contribuir para a ocorrência de um acidente.

Os impactos ambientais causados pelas atividades de exploração e produção, geralmente são provenientes de derramamentos de petróleo em torno de plataformas, seja por problema nas tubulações ou durante transferência do petróleo, em vazamento ocorrido no fundo do mar, principalmente devido ao fato da perfuração poder estimular o

escoamento de metais pesados com consequente poluição ambiental. Os efeitos gerados nas atividades de exploração e produção de petróleo poderão também perturbar o meio ambiente, seja através mudanças ecológicas resultantes de um derramamento, com mudanças físicas e químicas no habitat, como também no crescimento fisiológico e comportamento de organismos individuais ou espécies, além de uma destruição e/ou modificação de comunidades inteiras de organismos através de efeitos combinados de toxicidade e asfixia. Ainda, existe a limitação de espaço para os pescadores das regiões onde as atividades de exploração e produção estão sendo executadas, assim como o aparente deslocamento do pescado para a área de exclusão para a pesca, impactando nas condições de trabalho dos pescadores, que são obrigados a procurar e explorar novas áreas para aplicarem as práticas pesqueiras.

De uma maneira geral, as atividades relacionadas as atividades de exploração e produção de petróleo, tem grande potencial para a ocorrência de acidentes (Modificado de Periodicos.set.edu.br).

3.1.2 Impactos ambientais causados por embarcações

As embarcações recolhedoras de óleo fazem parte do plano de contingência ambiental, exigido pela RESOLUÇÃO CONAMA 398, determinado pelo órgão ambiental, como item condicionante durante a concessão da licença de operação.

Essas embarcações recolhedoras de óleo ficam navegando nas proximidades das unidades de produção, vinte e quatro horas por dia, fazendo o papel de “agente de contenção”, ficando de prontidão para atuarem em caso de um vazamento de óleo no mar.

Para atendimento desta condicionante, as empresas de exploração e produção de petróleo, devem dispor em seu plano de contingência, de uma quantidade mínima de embarcações recolhedoras de óleo, conforme definido na RESOLUÇÃO CONAMA 398, que prestarão o combate inicial em caso de acidente com vazamento de óleo no mar.

Estas embarcações deverão estar dotadas de equipamentos capazes de recolher o óleo derramado no mar, como barreiras de contenção e recolhedores de óleo. Se por ventura não for possível fazer o recolhimento, outros acessórios como canhões para fazer a dispersão mecânica da mancha de óleo ou sistema de aplicação de dispersante químico, deverão estar disponibilizados nas embarcações, afim de

somarem como ações capazes de mitigar os impactos ambientais potenciais de um acidente com vazamento de petróleo no mar.

Normalmente estas embarcações antes de iniciarem suas atividades, são inspecionadas pelo órgão ambiental competente, onde são verificadas as condições estruturais das embarcações, como número de equipamentos necessários para atuar em uma emergência ambiental e atuação da tripulação durante um simulado.

Somente após anuência do órgão fiscalizador, estas embarcações estão aptas para comporem o plano de contingência de uma determinada área de exploração e produção de petróleo.

Uma embarcação, para manter sua navegabilidade, consome uma grande quantidade de óleo diesel, resultando em uma grande emissão de poluentes na atmosfera, causadores de efeitos contribuintes para o aquecimento global.

Outro efeito impactante é a geração de resíduos sólidos e líquidos, todos com grande potencial poluidor ao meio ambiente.

Não podemos deixar de mencionar que estas embarcações estão sujeitas à ocorrência de acidente, acarretando em vazamento, ruptura de tubulação, transbordamento e/ou derramamentos de óleo, seja durante a operação de abastecimento e transferência entre embarcações e/ou entre embarcação e/ou terminal, até mesmo por colisão e/ou encalhe.

Outras situações impactantes ao meio ambiente estão associadas à transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos, por meio da água de lastro e incrustações no casco e efeitos de tintas tóxicas usadas nas embarcações, além de outros agentes como óleos e resíduos oleosos, esgotos sanitários e lixo.

3.1.3 Impactos ambientais causados na atmosfera devido a combustão dos motores das embarcações

Ainda necessitamos de muitos estudos sobre a poluição causada pelos navios. A cada ano a frota cresce muito, envolvendo o transporte marítimo (exploração e produção, transporte de carga e passageiros), calculado em mais de 50.000 embarcações. Além do aumento da potência usada nos motores de propulsão das embarcações, com objetivo de alcançar maior velocidade, contribuindo de forma significativa para a poluição do ar e para o efeito estufa, necessitando então de novos esforços para reduzir tais emissões. Importante resaltar que para o estudo da poluição do ar causada por embarcações é

necessário distinguir entre os gases que provocam efetivamente poluição do ar e os gases relacionados com o efeito estufa, como o CO₂. Entre os gases causadores de poluição, que contribuem para as mudanças climáticas, o monóxido de carbono (CO), além de material particulado (PM) presentes nos gases resultantes da queima do combustível usado nos motores marítimos e propulsão de navios. Segundo pesquisa realizada pela Universidade do Colorado, os navios emitem volume de poluentes particulados equivalentes à metade da poluição emitida pela frota de veículos de todo o mundo. Cerca de 3% de todo o CO₂ emitido no mundo vem das atividades humanas. A pesquisa monitorou emissões de partículas e dos gases emitidos por mais de 200 navios, incluindo os cargueiros, petroleiros e os navios de passageiros. Fazendo uma análise química das partículas e dos gases emitidos por eles (Modificado do Site Inovação Tecnológica, 2012).

O óleo diesel marítimo comercial, destinado aos motores diesel utilizados em embarcações marítimas, difere do óleo diesel automotivo comercial apenas na necessidade de se especificar a característica de ponto de fulgor, relacionada a maior segurança deste produto em embarcações marítimas. Como ponto de fulgor entende-se a menor temperatura que o óleo diesel vaporiza em quantidade suficiente para formar com o ar uma mistura explosiva, capaz de se inflamar momentaneamente, quando sobre ele se incidir uma chama (fonte de ignição). Para o óleo diesel marítimo o ponto de fulgor é fixado em um valor mínimo de 60°C (SILVA, 2005).

Na combustão do diesel formam-se diversos tipos de resíduos. Os produtos de reação dependem da concepção da potência e também da carga de trabalho do motor. A formação dos poluentes pode ser consideravelmente reduzida pela queima completa do combustível. Para isto contribui, por exemplo, uma cuidadosa adequação da mistura de ar-combustível, sua injeção exata assim como o turbilhonamento ideal. Forma-se em primeira linha simplesmente água normal (H₂O) e o dióxido de carbono (CO₂) que é atóxico. Em segunda linha também se formam concentrações relativamente pequenas de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não queimados (HC), óxido nítrico (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e partículas de fuligem. Como componentes de gás de escape diretamente perceptíveis podem ser constatados, com o motor frio, hidrocarbonetos não só parcialmente oxidados em forma de gotículas como fumaça branca ou azulada e aldeídos de cheiro forte. O início da injeção é exatamente regulável, a fabricação precisa

dos bicos e bombas injetoras de dosagem precisa reduzem o consumo de combustível e emissões existentes, assim como também as câmaras de combustão modificadas, geometria precisa do jato de injeção e pressão de injeção cada vez maior (SILVA, 2005). O uso do chamado combustível limpo, com menor teor de enxofre, tem resultados contraditórios, pois pesquisadores concluíram que, apesar de resultar em menor emissão de particulados, o uso do combustível com menor teor de enxofre resulta em partículas que ficam mais tempo em suspensão no ar. Por este motivo, estão entrando em vigor novas normas da International Maritime Organization (IMO) sobre gases emitidos por embarcações.

As emissões dos motores principais e auxiliares estão reguladas pelo Anexo VI da MARPOL 73/78 “Regras para a Prevenção da Poluição do Ar Causada por Navios”. Entretanto é importante ressaltar que a aprovação do Anexo VI do MARPOL em 2005 não surtiu o efeito de reduzir as emissões porque a legislação é demasiado permissiva (MONTROYA, 2011).

Além da poluição atmosférica, os navios também causam poluição no mar, através da utilização da água para manter a estabilidade do lastro. As águas residuais geradas nos navios tem o mesmo impacto que as águas geradas nas cidades, sendo considerado o volume gerado de 40 litros por pessoa (NOWLAN, L. & I. KWAN, 2001).

3.2 ACIDENTES AMBIENTAIS CAUSADOS PELA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

3.2.1 Histórico de Acidentes

Ultimamente os canais de comunicação, nos trouxeram notícias frequentes de vazamentos de óleo, em vários pontos de Exploração e Produção de Petróleo. Alguns acidentes com grandes proporções, outros acidentes foram considerados médios ou pequenos.

Devido à ocorrência de acidentes com petroleiros que causaram grandes derramamentos de óleo no mar, a preocupação com o ressarcimento de despesas com ações de combate e indenização das perdas econômicas, advindas dos danos causados, levou à adoção de convenções que estabeleceram responsabilidade dos proprietários de

navios (CLC 69), e complementarmente por grandes consumidores de petróleo (FUND 71) (CARDOSO, 2007).

Recentemente ocorreram dois acidentes que preocuparam a população mundial devido às suas consequências imediatas, bem como o seu potencial poluidor no futuro. O primeiro ocorreu no Golfo do México, em abril de 2010, onde houve um grande vazamento de petróleo no mar. Para minimizar os impactos ambientais, várias técnicas foram utilizadas, inclusive a polêmica dispersão mecânica, que na visão de alguns especialistas resume-se em um paliativo, transferindo o óleo que estava em uma camada sobre a lâmina d'água para o fundo do mar (Modificado de Revista Veja).

O segundo caso foi o acidente ocorrido na Bacia de Campos, em novembro de 2011, em uma Unidade Marítima operada pela empresa Chevron. Neste acidente ficou evidente a fragilidade do plano de emergência e resposta rápida da empresa, principalmente em sua estrutura de combate. De imediato os órgãos ambientais aplicaram uma multa à empresa. Posteriormente surgiu um novo vazamento em uma fissura próxima ao poço de exploração. A empresa Chevron anunciou que estaria finalizando a exploração neste poço enquanto várias entidades e políticos pedem a cassação da licença de operação da empresa no país (Modificado de O Globo).

Após a constatação do acidente, uma série de medidas emergenciais de resposta pré-definidas começa a ser desencadeada, ou seja, tudo que estava escrito em um plano de emergência e que foi testado, aprovado pelo órgão ambiental competente, depois de treinado e divulgado, deverá ser posto em prática passo a passo. Uma série de procedimentos devem ser cumpridos afim de se obter uma resposta apropriada, rápida e eficiente em resposta ao acidente (LANZILLOTTA, 2008).

Os acidentes ocorrem por uma combinação de falhas, desde a escolha de uma tecnologia equivocada pelos líderes, até a falha de um equipamento. Mesmo com a utilização de metodologias sofisticadas de gerenciamento de projetos, gerenciamento de riscos, análise de viabilidade econômica de projeto, dentre outras, o foco dos projetos e processos é a viabilidade econômica que muitas vezes não considera o valor agregado das atividades preventivas (ANDRADE et al, 2007).

Segundo Moergeli (2005 *apud* ANDRADE et al, 2007), o gerenciamento de riscos é realizado quando existe um grau de incerteza no processo que também pode ser implantado para atender requisitos legais ou exigência de clientes.

O gerenciamento de riscos ainda na fase de projeto permite a concepção de unidades produtivas mais seguras, porém é necessário manter o nível de segurança ao longo do processo, especialmente em caso de mudanças de concepção do projeto inicial. É importante a identificação das áreas vulneráveis e dos efeitos ocasionados por acidentes catastróficos ao meio ambiente, trabalhadores e população. Dependendo da dimensão do risco, são necessárias ações para sua redução seja pelo aumento de confiabilidade ou pela minimização da probabilidade de ocorrência, que nesse caso pode ser reduzida pelo aumento das camadas de proteção ou aumento da confiabilidade das salvaguardas (ANDRADE et al, 2007).

Para que isto aconteça o líder da equipe de resposta deve conhecer com detalhes o trabalho e a área que está sob sua responsabilidade. A equipe de resposta tem que saber avaliar a ocorrência e as alternativas de resposta cabíveis para diferentes acidentes, com diferentes volumes e em diferentes cenários. As pessoas envolvidas na limpeza devem possuir experiência de limpeza de ambientes costeiros e margens de corpos d'água, além de ser estabelecido um adequado fluxo de comunicação. As estruturas do time de resposta e dos colaboradores devem estar previamente estabelecidas no plano de emergência, a comunicação com os integrantes deste plano deve ser imediata. Na maioria dos casos, as primeiras horas após o acidente são marcadas por grande confusão e pouca informação, as atitudes no início da emergência irão influenciar a performance da equipe de resposta durante toda a resposta à emergência.

Para a determinação dos riscos associados às atividades e consequente avaliação dos cenários mais frequentes, são aplicadas Técnicas de Análise de Risco. A caracterização de riscos de derramamento de óleo inclui a análise dos tipos e volumes de derivados de óleo que são armazenados e transportados na área em estudo e do padrão histórico dos derramamentos, entre outros (COSTA, 2007).

Um fato importante em relação ao gerenciamento de riscos é a preparação para o atendimento aos acidentes, que atua em um segundo momento quando o acidente ou evento indesejável já ocorreu, necessitando da mitigação de suas consequências, em casos de falha nos sistemas de proteção. A legislação brasileira ocupou-se de regular estas ações de mitigação da indústria do petróleo. Depois da identificação dos riscos, inicia-se a definição de medidas para o seu gerenciamento, de acordo com o produto de sua probabilidade de ocorrência e suas consequências (XAVIER, 2010).

3.2.2 Dimensionamento dos acidentes

Grandes derrames de óleo podem ter sérias consequências ao meio ambiente e gerar impactos econômicos. A população como um todo geralmente tem grande interesse neste tipo de circunstância e os casos são bastante noticiados pela mídia. Conhecer a extensão do problema, o volume derramado e estimar os impactos que possam vir a ocorrer são fundamentais para uma resposta eficiente e para informar sobre o incidente para a sociedade (LANZILLOTTA, 2008).

É comum a utilização de aeronaves realizando sobrevoos nas áreas geográficas onde foi constatado algum vazamento, visando à realização do dimensionamento da mancha, geralmente utilizando uma técnica baseada na cronometragem do tempo de voo, que comparado com a velocidade da aeronave, estima-se o tamanho da mancha. A Figura 1 retrata a visão aérea de uma mancha de óleo.



Figura 1: Visão aérea de mancha de óleo

Fonte: Globo.com

Importante salientar, que não existe correlação entre o tamanho do vazamento e seu impacto. Ao invés de observar a estimativa do volume total vazado deve-se dar atenção ao local onde ocorreu (XAVIER, 2010).

Algumas vezes, pequenos vazamentos de óleo causam maiores danos para a vida selvagem. Como exemplo, observou-se a mortandade de 30.000 pássaros na Noruega depois de um pequeno vazamento em 1981, enquanto no vazamento do *Amoco Cádiz* em 1978 (um dos maiores da história) foram mortos 5.000 pássaros (GREEN & HAYWARD, 2010).

3.2.3 Riscos de acidentes envolvendo embarcações

Durante os anos 2000 a 2010, ocorreram acidentes graves com 706 cargueiros e 17 navios de cruzeiro. Os números são da Lloyd's Register, elaborado pela seguradora alemã Allianz. As principais causas dos acidentes apontadas pelo relatório foram: Naufrágio 49,1%; Avarias/Encalhamento 18%; Incêndio/Explosão 14,7%; Colisão 12%; Falha nas máquinas 2,1%; Colisão com obstáculos 2,1%; Outros 1,6% e Desaparecimento 0,4%. Em janeiro de 2012, o Costa Concordia adernou na Itália com mais de 4.200 passageiros a bordo, deixando ao menos 28 mortos.

Outros dados importantes a serem citados são os 863 acidentes com perda total em 1910, contra 172 em 2012. A proporção de crescimento da frota é gigantesca, pois na primeira década do século 20 a frota mundial de cargueiros e navios de passageiros era de cerca de

30.000, cem anos depois, o número já passa de 100.000. Várias foram as inovações tecnológicas e muita coisa mudou ao longo do último século. Para se ter uma ideia, o Titanic dispunha de bússolas, sextantes e cartas náuticas de papel. Atualmente o comandante de uma embarcação conta com informações meteorológicas constantes e vários equipamentos de alta tecnologia, como por exemplo, cartas náuticas computadorizadas e radares digitais. Hoje em dia, em torno de 49% das perdas totais devido a acidentes com navios ainda são motivadas por naufrágio. Contudo a colisão com um iceberg, que afundou o Titanic, não é comum. Dentre os riscos principais que envolvem uma embarcação, podemos citar a perda de máquinas causada pela falta de energia, as condições climáticas e o fator pessoal - erro humano (Modificado de BBC Brasil, 2012).

Colisões, problemas em meio a tempestades e naufrágios são atualmente causados em até 75 a 96% das vezes por erro humano (BBC Brasil, 2012).

"Um navio não se pilota sozinho. Mesmo com as inúmeras ferramentas tecnológicas à disposição da ponte de comando, a decisão final sobre a navegação é sempre do capitão. Pudemos ver isso no caso do Costa Concordia" (BBC Brasil, 2012).

No caso das embarcações Recolhedoras de Óleo, a forma atual de posicionamento das mesmas é dinâmica, ou seja, ficam navegando próximas as unidades de produção (Modificado de CONAMA 398).

3.3 EQUIPAMENTOS DISPONÍVEIS PARA COMBATE DE ACIDENTES MARÍTIMOS

A Resolução 398 do CONAMA, dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares e orienta a sua elaboração (CONAMA, 398). Seguindo a descrição do anexo III da Resolução CONAMA 398, estão descritos os critérios de dimensionamento da capacidade de resposta, a Estrutura Organizacional de Resposta deverá conter:

3.3.1 Dimensionamento da capacidade de resposta

Para atender a legislação atual, o Plano de Emergência Individual, que é uma ação imediata de resposta em caso de acidentes afim de minimizar os impactos ambientais resultantes de possíveis vazamentos, a Resolução CONAMA 398 estabelece o critério CEDRO, que determina a capacidade efetiva diária de recolhimento de óleo, considerando como parâmetro a capacidade de recolhimento das embarcações e o tempo de atuação necessário.

Quanto à capacidade de recolhimento, isto dependerá das especificações de tancagem, dimensões das barreiras e capacidade das bombas de recolhimento, considerando os volumes pré-definidos na tabela CEDRO (conforme tabelas 5 a 8 apresentadas adiante), para cada dia de combate.

Porém, para a efetiva atuação da embarcação é estipulado o tempo necessário para que a embarcação esteja no local do acidente, considerando para este tempo principalmente o potencial poluidor do vazamento, variando entre três possibilidades sendo: 12 horas, 36 horas ou 60 horas.

Atualmente as embarcações dedicadas são embarcações com velocidade limitada de deslocamento, cerca de 10 nós, o que faz com que as empresas exploradoras e produtoras de petróleo dimensionem as embarcações recolhedoras de óleo próximas às unidades de produção. Estas embarcações ficam navegando 24 horas por dia nas proximidades das unidades marítimas, de forma que possam atender conforme determinado no PEI (Plano de Emergência Individual), caso ocorra um acidente com vazamento de óleo no mar. Geralmente os locais onde são alocadas as embarcações são definidos como áreas geográficas de atuação, mapeadas em forma de polígonos, baseando na velocidade da embarcação e da distância compreendida para se atingir o ponto mais externo do polígono considerado como área coberta.

3.3.2 Capacidade de resposta

A capacidade de resposta da instalação deverá ser assegurada por meio de recursos próprios ou de terceiros, provenientes de acordos previamente firmados. Obedecendo aos critérios de descargas pequenas (8 m^3) e médias (até 200 m^3) e de pior caso, definidos conforme tabelas 5 a 8, apresentadas a seguir. O PEI (Plano de Emergência Individual) pode assumir, com base nos critérios, estruturas e estratégias específicas

para cada situação de descarga, conforme os cenários acidentais estabelecidos e seus requerimentos.

3.3.2.1 Barreiras de contenção

As barreiras de contenção deverão ser dimensionadas em função dos cenários acidentais previstos e das estratégias de resposta estabelecidas. Contemplando as frentes de trabalho junto à fonte, na limitação do espalhamento da mancha e na proteção de áreas vulneráveis prioritárias, obedecendo aos seguintes critérios:

Tabela 1: Critérios para dimensionamento de barreiras de contenção

Fonte: Resolução CONAMA 398

3.3.2.2 Recolhedores

Para o cálculo da capacidade de recolhimento, deverá se obter os seguintes critérios para as descargas pequena e média, conforme

ESTRATÉGIA	QUANTIDADE MÍNIMA
Cerco completo do navio ou da fonte de derramamento	3 x comprimento do navio ou da fonte de derramamento, em metros.
Contenção da mancha de óleo	De acordo com o cálculo da capacidade efetiva diária de recolhimento de óleo - CEDRO (tabela 6).
Proteção de rios, canais e outros corpos hídricos	O maior valor entre: 3,5 x largura do corpo hídrico, em metros, e 1,5 + velocidade máxima da corrente em nós x largura do corpo hídrico, em metros; até o limite de 350 metros.

descrito na Tabela 2:

Tabela 2: Critérios para cálculo da capacidade de recolhimento

Descargas pequena (dp) e média (dm)

Volume	Tempo para disponibilidade de recursos no local da ocorrência da descarga	Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo (CEDRO)
Vdp é o volume de descarga pequena Vdp é igual ao menor valor entre 8 m ³ e o volume da descarga de pior caso.	Vdp é o volume de descarga Pequena. Vdp é igual ao menor valor entre 8 m ³ e o volume da descarga de pior caso. Tdp é o tempo para disponibilidade de recursos para resposta à descarga pequena. Tdp é menor que 2 horas	CEDROdp é igual a Vdp
Vdm é o volume de descarga média Vdm é igual ao menor valor entre 200 m ³ e 10% do volume da descarga de pior caso	Tdm é o tempo para disponibilidade de recursos para resposta à descarga média, que poderá ser ampliado, a partir de justificativa técnica, desde que aceita pelo órgão ambiental competente Tdm é menor que 6 horas	CEDROdm é igual a 0,5 x Vdm

Fonte: Resolução CONAMA 398

No caso de plataformas localizadas além do Mar Territorial, o valor a ser requerido para CEDROdm, Tdm, CEDROdp e Tdp poderá ser alterado a partir de justificativa técnica, desde que seja aceita pelo órgão ambiental competente.

No caso de portos organizados e demais instalações portuárias e terminais, deverá ser incluído o cenário de derramamento de óleo por navios dentro dos seguintes limites:

- Terminais de óleo: a CEDRO deverá ser dimensionada para descargas pequena e média. No caso de derramamento de óleo acima de 200 m³, a instalação deverá apresentar as ações previstas para garantir a continuidade de resposta ao atendimento da emergência.

- Portos organizados, demais instalações portuárias e outros terminais: a CEDRO deverá ser dimensionada para descarga pequena. No caso de derramamento de óleo acima de 8 m³, a instalação deverá apresentar as ações previstas para garantir a continuidade de resposta ao

atendimento da emergência. Para a situação de descarga de pior caso, a resposta deve ser planejada de forma escalonada, conforme a Tabela 3, onde os valores da CEDRO se referem à capacidade total disponível no tempo especificado:

Tabela 3: Critério para descarga de pior caso

Fonte: Resolução CONAMA 398

O cálculo do volume da descarga de pior caso para a determinação da CEDRO requerida para plataformas deverá considerar o volume decorrente da perda de controle do poço durante 4 dias, demonstrando capacidade de manutenção da estrutura de resposta durante 30 dias.

No caso de plataformas localizadas além do mar territorial, os valores a serem requeridos para CEDRO_{dpc} e T_{dpc} poderão ser

Descarga de pior caso (dpc)	
TN1 é o tempo máximo para a disponibilidade de recursos	TN1 é igual a 12 horas
CEDRO	Zona Costeira, lagos, represas e outros ambientes lênticos: CEDRO _{dpc1} igual a 2.400 m ³ /dia rios e outros ambientes lóticos: CEDRO _{dpc1} igual a 320 m ³ /dia Águas marítimas além da Zona Costeira: CEDRO _{dpc1} igual a 1.600 m ³ /dia
TN2 é o tempo máximo para a disponibilidade de recursos	Zona Costeira, lagos, represas e outros ambientes lênticos: CEDRO _{dpc2} igual a 4.800 m ³ /dia Rios e outros ambientes lóticos: CEDRO _{dpc2} igual a 640 m ³ /dia Águas marítimas além da Zona Costeira: CEDRO _{dpc2} igual a 3.200 m ³ /dia. (TN2 = 36 horas)
TN3 é o tempo máximo para a disponibilidade de recursos	TN3 é igual a 60 horas
CEDRO	Zona Costeira, lagos, represas e outros ambientes lênticos: CEDRO _{dpc3} igual a 8.000 m ³ /dia. Rios e outros ambientes lóticos: CEDRO _{dpc3} igual a 1.140 m ³ /dia. Águas marítimas além da Zona Costeira: CEDRO _{dpc3} igual a 6.400 m ³ /dia

alterados a partir de justificativa técnica, desde que aceita pelo órgão ambiental competente.

No caso de rios e outros ambientes lóticos, em função da distância do local da ocorrência da descarga, o valor a ser requerido para a CEDROdpc poderá ser alterado a partir de justificativa técnica, desde que aceita pelo órgão ambiental competente.

Nos casos em que o volume da descarga de pior caso (V_{pc}) for menor que o somatório (S) dos volumes de recolhimento dos três níveis apresentados na Tabela 4, o cálculo da capacidade de recolhimento deverá obedecer aos seguintes critérios:

Tabela 4: Critério para descarga de pior caso menor que o somatório dos 3 níveis apresentados anteriormente.

Local de ocorrência da descarga de pior caso	S (m³)
Zona Costeira, lagos, represas e outros ambientes lênticos	Menor que 15.200
Águas marítimas além da Zona Costeira	Menor que 11.200
Tempo (TN)	CEDROdpc
TN1 é igual a 12 horas	CEDROdpc1 é igual a $0,15 \times V_{pc}$
TN2 é igual a 36 horas	CEDROdpc2 é igual a $0,30 \times V_{pc}$
TN3 é igual a 60 horas	CEDROdpc3 é igual a $0,55 \times V_{pc}$

Fonte: Resolução CONAMA 398

O cálculo para estabelecimento de equipamentos relacionados à Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo (CEDRO) deverá obedecer à seguinte fórmula:

$$CEDRO = 24 \cdot C_n \cdot fe,$$

Onde:

C_n é igual à capacidade nominal do recolhedor, em m³/h; fe é o fator de eficácia, cujo valor máximo é 0,20.

A CEDRO, para dimensionamento de equipamentos, poderá ter outra formulação, a partir de justificativa técnica, desde que seja aceita pelo órgão ambiental competente.

3.3.2.3 Dispersantes químicos

Uma das ferramentas disponíveis e também a mais polêmica. Para nortear o uso do dispersante, temos a Resolução CONAMA 269, que estabelece as diretrizes para sua utilização.

No Brasil existe a Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, assinada em Londres, Reino Unido em 1990 (OPRC/90), através do Decreto No. 2.870, de 10 de dezembro de 1998, onde fica obrigatório que o país deverá estabelecer um sistema nacional para responder aos incidentes de poluição por óleo, como o Plano Nacional de Contingência. Dessa forma, entre outras atividades a serem implementadas para dar suporte a esse Plano, a regulamentação para uso de Dispersantes Químicos é de fundamental importância, por tratar-se de uma técnica internacionalmente reconhecida para auxiliar o combate aos derrames de óleo no mar.

O objetivo da Resolução CONAMA 269 é estabelecer as diretrizes para o uso desses produtos durante as operações de emergência e também para servir como subsídio para a tomada de decisão dos coordenadores da emergência, nessas ocasiões.

Os dispersantes são formulações químicas de natureza orgânica, destinadas a reduzir a tensão superficial entre o óleo e a água, auxiliando a dispersão do óleo em gotículas no meio aquoso. São constituídos por ingredientes ativos, denominados surfactantes, cuja molécula é composta por uma cadeia orgânica, basicamente apolar, com afinidade por óleos e graxas (oleofílica) e uma extremidade de forte polaridade, com afinidade pela água (hidrofílica). Além dos surfactantes, os dispersantes também são constituídos por solventes da parte ativa que permitem a sua difusão no óleo.

Os dispersantes são, potencialmente, aplicáveis em situações de derrames de óleo, visando a proteção de recursos naturais e socioeconômicos

sensíveis como os ecossistemas costeiros e marinhos. Sua aplicabilidade, entretanto, deve ser criteriosamente estabelecida e aceita somente se resultar em menor prejuízo ambiental, quando comparado ao efeito causado por um derrame sem qualquer tratamento, ou empregado como opção alternativa ou, ainda, adicional à contenção e recolhimento mecânico no caso de ineficácia desses procedimentos de resposta.

A eficiência do dispersante, entre outras considerações, está relacionada aos processos de intemperização do óleo no mar. Óleos intemperizados tornam-se mais viscosos e podem também sofrer emulsificação, que diminuem a eficiência desses agentes químicos. Dessa forma, caso seja pertinente a utilização do dispersante e considerando o cenário do derrame, sua aplicação, tanto quanto possível, deve ser realizada durante as operações iniciais do atendimento, criteriosa e preferencialmente nas primeiras 24 horas.

Quando um dispersante é aplicado sobre uma mancha, as gotículas de óleo presentes são circundadas pelas substâncias surfactantes, estabilizando a dispersão, o que ajuda a promover uma rápida diluição pelo movimento da água. O dispersante reduz a tensão superficial entre a água e o óleo, auxiliando a formação de gotículas menores, as quais tendem tanto a se movimentar na coluna d'água, como permanecer em suspensão na superfície, acelerando o processo natural de degradação e de dispersão, favorecendo desta forma a biodegradação. Os dispersantes, quando aplicados apropriadamente, podem ajudar a transferir para a coluna d'água um grande volume de óleo que estava na superfície, obtendo-se resultados com maior rapidez do que os métodos de remoção mecânicos (CONAMA 269).

Basicamente existem três tipos de dispersantes que podem ser aplicados na mancha oleosa através de embarcações ou aviões:

Tipo 1 – Dispersante Convencional

O princípio ativo é diluído em solventes, em geral hidrocarbonetos alifáticos. O princípio ativo tem baixa concentração e o

produto está pronto para uso. Para este produto, não é necessário fazer diluição na aplicação, ou antes, de ser aplicado.

Tipo 2 – Dispersante Concentrado Solúvel em Água

O princípio ativo é geralmente uma mistura de substâncias tensoativas e compostos oxigenados ou outros. Por ser de base aquosa, pode sofrer diluição prévia para ser aplicado.

Tipo 3 – Dispersante Concentrado Não Solúvel em Água

O princípio ativo na maioria das vezes é uma mistura de substâncias tensoativas, compostos oxigenados, hidrocarbonetos alifáticos e outros. Com concentração elevada, resultando em um baixo consumo. Geralmente tem base aquosa e deve ser aplicado sem diluição.

Tabela 5: Classificação dos Tipos de Dispersantes

Dispersante	Tipo	Modo de Aplicação	Solvente
Convencional	1	Não diluído (puro)	Hidrocarbonetos não aromáticos
Concentrado	2	Diluído	Oxigenados (glicol, éteres) e
	3	Não diluído (puro)	hidrocarbonetos não aromáticos

Fonte: Resolução CONAMA 269

3.3.2.3.1 Critérios para a tomada de decisão quanto ao uso de dispersantes

O uso do dispersante tem como critério que o mesmo seja homologado pelo Órgão Ambiental Federal competente, seguindo:

- a) Em consonância com a Convenção sobre a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS/74), quando for necessária a adoção de medidas emergenciais decorrentes do derrame de óleo, nas quais haja risco iminente de incêndio com perigo para a vida humana no mar ou regiões costeiras, envolvendo instalações marítimas ou navios próprios ou de terceiros;
- b) Em situações nas quais outras técnicas de resposta, tais como contenção e recolhimento do óleo, não sejam eficientes, em função das

características do óleo, do volume derramado e das condições ambientais;

c) Em situações nas quais a mancha de óleo estiver se deslocando para áreas designadas como ambientalmente sensíveis, devendo ser aplicados no mínimo a 2.000 m da costa, inclusive de ilhas, ou em distâncias menores do que esta, se atendidas às profundidades maiores que as isóbatas, encontradas ao longo do mar territorial, como definido a seguir:

Do Cabo Orange a Foz do Rio Parnaíba 10 m

Da Foz do Rio Parnaíba ao Cabo Calcanhar 15 m

Do Cabo Calcanhar à Ilhéus 20 m

De Ilhéus ao Chuí 15 m;

d) Em situações que sua aplicação é mais eficiente e vantajosa na minimização do impacto global de um derrame, que possa vir a atingir áreas ambientalmente sensíveis, a fim de assegurar que a mistura óleo/dispersante não chegue a comprometer o ambiente costeiro e nem outros ativos ambientais importantes;

e) Em áreas e situações específicas não previstas nos itens anteriores, desde que devidamente autorizados pelo órgão ambiental competente (CONAMA 269).

Os dispersantes químicos não poderão ser utilizados em:

a) Áreas costeiras abrigadas, com baixa circulação e pouca renovação de suas águas, onde tanto o dispersante químico quanto a mistura de óleo possam permanecer concentrados ou ter um alto período de residência, tais como corpos d'água costeiros semi-fechados;

b) Estuários, canais, costões rochosos, praias arenosas, lodosas ou pedregulhos ou, ainda, áreas sensíveis tais como manguezais, marismas, recifes de corais, lagunas, restingas, baixios expostos pela maré, unidades de conservação, parques ecológicos e reservas ambientais;

c) Áreas discriminadas nos mapas de sensibilidade como sendo de: ressurgência; desova e berçário naturais de peixes; espécies ameaçadas de extinção; populações de peixes ou frutos do mar

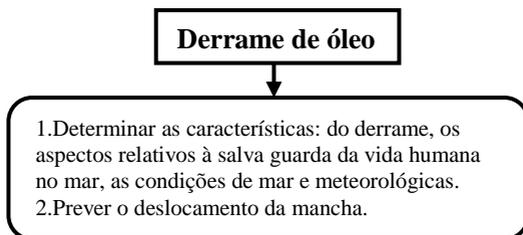
de interesse comercial ou ainda de criadouros artificiais de peixes, crustáceos ou moluscos (aquicultura); migração e reprodução de espécies (mamíferos, aves, tartarugas); recursos hídricos para o uso tanto abastecimento humano como para fins industriais.

d) Derrames de petróleo ou derivados que possuam viscosidade dinâmica inferiores a 500 mPa.s ou superiores a 2.000 mPa.s a 10 oC, pois a eficiência dos dispersantes sobre este tipo de óleo é baixa ou nula;

Casos em que o processo de formação da emulsão água-óleo tenha sido iniciado (“mousse de chocolate”) ou, ainda, quando o processo de envelhecimento da mistura de óleo for visível;

Situações nas quais se deseja manter apenas a estética do corpo hídrico, mas sem que tal fato seja preponderante sobre o disposto no item 3.1.2.d da Resolução 269, que trata da preservação de áreas sensíveis e área costeira; e na limpeza de instalações portuárias, em qualquer tipo de embarcação, bem como em equipamentos utilizados na operação de resposta ao derrame de petróleo ou derivados (CONAMA 269).

Existe uma ferramenta para a tomada de decisão, que tem como objetivo auxiliar durante uma emergência, onde há vazamento de óleo no mar. Esta ferramenta é a **Árvore de Decisão** (figura 2), auxiliar para o emprego dos dispersantes químicos homologados, ou seja, facilita durante as operações de tomada de decisão quanto à necessidade de sua utilização, perante os critérios pré-determinados.



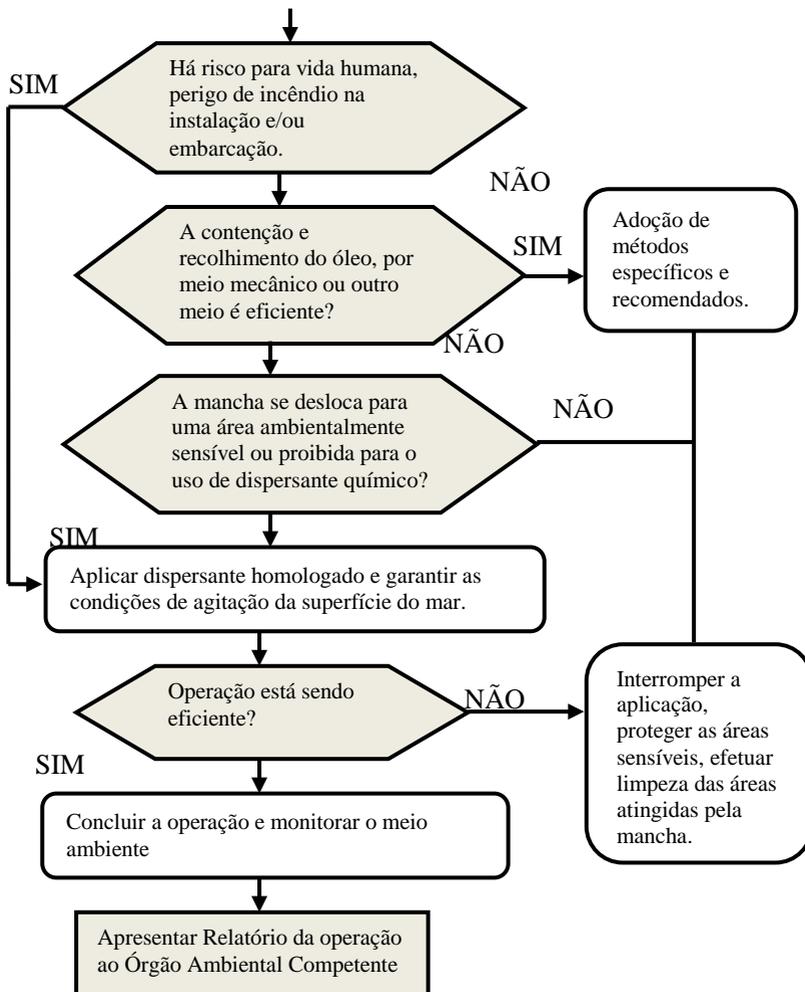


Figura 2: Árvore de Tomada de Decisão Sobre Uso de Dispersantes
Fonte: Resolução CONAMA 269

Na aplicação dos dispersantes, para se determinar o método e a forma correta de aplicação, durante o combate do vazamento de óleo no mar, deverá ser feita uma avaliação de uma série de fatores, como por exemplo: o tipo e volume de óleo a ser disperso; o grau de intemperização do óleo no mar no momento da aplicação; as

características oceanográficas e meteorológicas; o tipo de dispersante a ser utilizado; os equipamentos disponíveis para a aplicação.

Também deverão ser observadas as condições climáticas, observando-se, por exemplo, as situações de mar calmo, onde existe a necessidade de promover a agitação mecânica após a aplicação do dispersante, que irá favorecer a eficiência do combate.

Quanto à taxa de aplicação dos dispersantes, esta irá variar de acordo com o tipo de óleo, espessura da mancha e condições oceanográficas. A aplicação pode ser realizada através de duas variáveis: vazão da bomba do sistema de aplicação e velocidade da embarcação ou aeronave (Tabela 6).

Para este cálculo, utiliza-se a seguinte equação:

$$Q_b = 0,003.Q_a .v.l$$

Onde:

Q_b = vazão da bomba (l/min);

Q_a = taxa de aplicação (l/ha);

v = velocidade da embarcação ou aeronave (nós);

l = largura da faixa de aplicação (m).

Tabela 6: Condições Limites para Aplicação de Dispersantes
Fonte: CONAMA 269

Para a aplicação de dispersantes, um fator importante é estimar a área atingida e o volume derramado. A Tabela 7 fornece subsídios para orientar essas ações.

Sistema de Aplicação	Condições Ambientais Limites para Operações Efetivas e Seguras				
	Escala Beaufort	Velocidade do vento		Altura das ondas	
		(nós)	(m/s)	(pés)	(m)
Embarcação	3 - 5	7 - 21	3,6 - 10,8	1 - 9	0,30 - 2,70
Avião monomotor	5	17 - 21	8,7 - 10,8	6 - 9	1,80 - 2,70
Helicóptero	5 - 6	17 - 27	8,7 - 13,9	6 - 17	1,80 - 5,20
Avião grande porte	7	30 - 35	15,4-18,0	17-23	5,20 - 7,00

Tabela 7: Volume de óleo que pode ser disperso, por hectare, em diferentes taxas de aplicação de dispersante.

Taxa de Aplicação Dispersante/Óleo	Volume de Dispersante Utilizado (litros/ha)				
	1:1	46,8	65,5	93,5	187,1
1:2	93,6	131	187	374,2	935,4
1:4	187,2	262	374	748,4	1871
1:10	468	655	935	1871	4677
1:20	936	1310	1870	3742	9354
1:30	1404	1965	2805	5613	14031
1:50	2340	3275	4675	9355	23385
1:100	4680	6550	9350	18710	46770

Fonte: Resolução CONAMA 269

Importante ressaltar que os dispersantes podem ser aplicados através de aeronaves e de embarcações, aviões pequenos e helicópteros.

Na aplicação de dispersantes por via marítima, as embarcações possuem braços, com um conjunto de bicos do tipo pulverizadores, que irão fazer o lançamento do produto direto na área afetada pelo óleo. Na Figura 3 é feita uma ilustração deste processo. Uma das dificuldades da aplicação via marítima, está nos veículos que geralmente são utilizados como rebocadores, embarcações de trabalho e barcaças, entre outros. O fator dificultante está na velocidade de deslocamento, pois são relativamente lentas, com velocidades inferiores a 10 nós e, além de cobrirem pequenas áreas durante a aplicação. Como suporte, são feitos sobrevoos, para monitorar a mancha e repassar as informações ao coordenador da Ação de Resposta, como por exemplo, o deslocamento da mancha quando próximas das áreas sensíveis.

A Figura 3 demonstra um sistema típico de “braços” que geralmente é instalado em uma embarcação. Os braços ficam próximos ao costado, sendo que existe um sistema que permite o giro dos braços, aumentando a área de atuação na mancha, durante a aplicação de dispersantes químicos pelas em embarcações. Para dimensionar o sistema, em especial os bicos de aplicação, características da bomba a ser utilizada (vazão e pressão) são essenciais, de modo a possibilitar uma aplicação uniforme de gotículas e *nunca* na forma de névoa ou neblina.

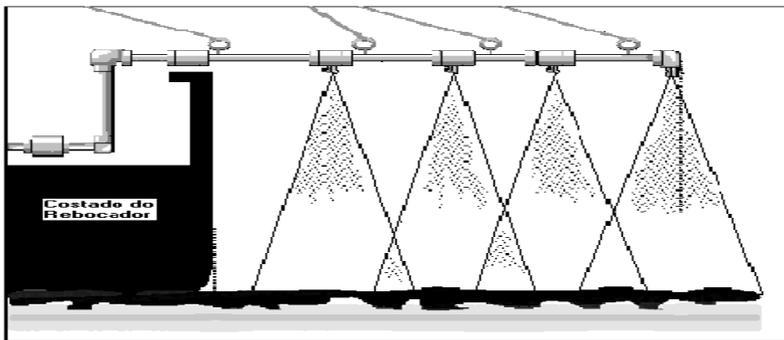


Figura 3: Braços para aplicação de dispersantes por embarcações

Fonte: Resolução CONAMA 269

Para melhorar o processo, existe a possibilidade de promover a agitação para facilitar o processo de mistura e obter uma dispersão adequada, através do auxílio de pranchas de madeiras, conforme apresentado na Figura 4.

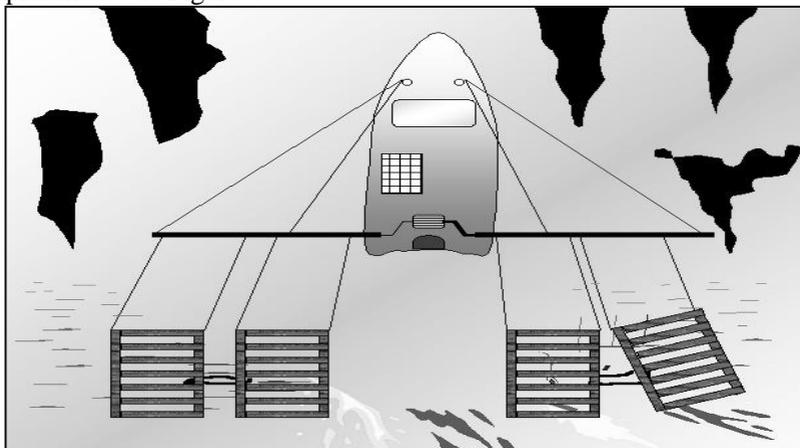


Figura 4: Uso de pranchas para auxiliar a dispersão/agitação do óleo

Fonte: Resolução CONAMA 269

Existe ainda o sistema de combate a incêndios em embarcações, que pode ser utilizado como recurso para dispersar a mancha. Porém, deverá ser o último recurso, ou seja, quando da indisponibilidade de sistemas específicos. Para esta operação, os denominados FIFI – Fire Fighter, o sistema de lançamento do produto sobre a mancha deve ser

realizado com uma inclinação variando entre 30° e 40° em relação ao plano horizontal, resultando em condições necessárias para a pulverização em forma de gotículas, a aplicação jamais deve ser feita através de jatos sólidos.

Para optar por aeronave, deve levar em consideração a sua autonomia, porte do vazamento, distância do local de combate e capacidade de carga. Aviões de pequeno porte, com boa autonomia de voo, baixo consumo de combustível e com capacidade de operar em pistas de pouso improvisadas são recomendados para o combate a pequenos derrames próximos à costa e já os helicópteros apresentam como maior vantagem a manobrabilidade, sendo, portanto mais indicados para operações em regiões portuárias e acidentadas ou de plataformas de produção de petróleo.

As Figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, sistemas de aplicação de dispersantes adaptados para aviões e helicópteros.



Figura 5: Sistema de aplicação de dispersantes adaptado para aviões

Fonte: Resolução CONAMA 269



Figura 6: Sistemas de aplicação de dispersantes adaptados para helicópteros

Fonte: Resolução CONAMA 269

3.3.2.4 Dispersão mecânica

No caso da opção de dispersão mecânica deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente justificativa do dimensionamento da quantidade de equipamentos e embarcações a serem utilizados e o tempo para disponibilidade desses recursos.

Neste processo, o método consiste em fazer manobras com as embarcações sobre as manchas de óleo facilitando a dispersão. Além das manobras com a embarcação sobre as manchas, são utilizados canhões d'água, que são direcionados e ajudam ainda mais na dispersão.

3.3.2.5 Absorventes

Os absorventes utilizados para limpeza final da área do derramamento, para os locais inacessíveis aos recolhedores e, em alguns casos, para proteção de litorais vulneráveis em sua extensão ou outras áreas especiais deverão ser quantificados obedecendo-se o seguinte critério:

a) barreiras absorventes: o mesmo comprimento das barreiras utilizadas para a contenção;

- b) mantas absorventes: em quantidade equivalente ao comprimento das barreiras utilizadas para contenção; e
- c) materiais absorventes a granel: em quantidade compatível com a estratégia de resposta apresentada.

3.4 RECURSOS MATERIAIS PARA PLATAFORMAS

As plataformas deverão estar equipadas com o conjunto de equipamentos e materiais estabelecidos inerentes ao Plano de Emergência de Navios para Poluição por Óleo (Shipboard Oil Pollution Emergency Plan-SOPEP), conforme definido na Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, concluída em 2 de novembro de 1973, seu Protocolo, concluído em 17 de fevereiro de 1998, ambos em Londres, suas Emendas de 1984 e seus anexos Operacionais III, IV e V, promulgada no Brasil por meio do Decreto no 2.508, de 4 de março de 1998. Republicada por ter saído com incorreção, do original, no Diário Oficial da União de 27 de fevereiro de 2002, Seção 1, págs. 128 a 133 (CONAMA, RESOLUÇÃO 398).

3.6 PLANO NACIONAL E INTERNACIONAL DE RESPOSTA RÁPIDA A EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS

3.6.1 Evolução da Proteção Ambiental

Dizer que no Brasil não existe legislação é incoerente, porém pecamos pelo excesso de leis e normas, que em sua grande maioria, deixam “lacunas” que aos olhos de especialistas, perdem sua eficiência ao serem moldadas de acordo com a conveniência da tomadora do serviço.

Com textos contraditórios, às vezes faltantes de profundidade e relevância ao tema, não conseguem proporcionar diretrizes capazes de assegurar que as questões ambientais estejam realmente seguras segundo o ciclo exploratório que o ser humano vem desenvolvendo.

Nota-se que nos últimos anos, impulsionados principalmente pelas mudanças climáticas e também por alguns acidentes ocorridos, os órgãos ambientais estão buscando uma estrutura voltada para a fiscalização e melhoria na gestão das atividades impactantes. A fim de evitar e/ou minimizar os danos ambientais, ou seja, estamos diante de

uma atitude reativa, onde as ações surgem após experiências com acidentes, onde danos ocorreram e justificam os investimentos e as fiscalizações.

A poluição dos mares por óleo foi reconhecida como um problema na primeira metade do século XX e vários países introduziram regulamentos nacionais para controlar as descargas de óleo nas suas águas territoriais (CARDOSO, 2007).

Grandes acidentes com derramamento de óleo no mundo exigiram que ao longo do tempo fossem elaboradas diversas normas e regulamentos relacionados à poluição marítima. Propostas de medidas para proteção do meio ambiente marinho foram encaminhadas a fóruns internacionais pertinentes, em especial à Organização Marítima Internacional (IMO), e a partir desses surgiram medidas e regulamentações necessárias. A IMO surgiu em 1982, a partir de uma reorganização do IMCO (Inter-Governmental Maritime Consultive Organization), que era um órgão governamental criado em 1948.

A partir desta reorganização, a IMO tornou-se uma agência das Nações Unidas e tem como objetivo melhorar as condições de segurança da vida humana no mar e proteger o meio ambiente marinho do transporte de cargas, tudo isto através de convenções internacionais, protocolos e emendas (COSTA, 2007).

No ramo petrolífero, estas ações vêm de muitos anos em particular a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo de 1969, e a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios de 1973 e alterada por Protocolo de 1978 - MARPOL 73/78, culminando com o estabelecimento da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo de 1990 – *International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation* (OPRC/90), ambas ratificadas no Brasil, que contribuíram no processo de evolução da legislação brasileira além de servir de base para a elaboração da Lei Nº 9.966, de 28 de abril de 2000, que dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas

em águas sob jurisdição nacional (SOUZA FILHO, 2006).

3.6.2 Convenções Internacionais

Datada de 12 de maio de 1954, em uma conferência no Reino Unido, a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição do Mar por Óleo começou a vigorar a partir de 26 de julho de 1958, e tratava da prevenção da poluição do mar por óleo proveniente de navios-tanque e proibia a descarga de óleo ou misturas oleosas dentro de áreas delimitadas (UNESCAP, 2003 *apud* SOUZA FILHO, 2006).

Consecutivamente, foi elaborada a Convenção Internacional de 1969 sobre a intervenção no alto-mar dos estados costeiros, para o caso de acidente com potencial de provocar uma poluição por óleo (COSTA, 2007).

A Convenção SOLAS é normalmente vista como o mais importante tratado internacional relacionado à segurança de navios mercantes. A primeira versão, adotada em 1914 como resposta ao naufrágio do Titanic, foi emendada em 1929, 1948 e 1960, sendo esta última revisão já sob a coordenação da IMO (FERREIRA, 2006).

A aplicação de suas determinações visa minimizar a ocorrência de incidentes de poluição ao garantir, com base em inspeções periódicas, melhores condições de construção e operação de navios (CARDOSO, 2007).

A partir de 2 de outubro de 1983, entrou em vigor a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por navios MARPOL 73/78. Essa surgiu impulsionada pelo acidente ocorrido com o navio Torrey Canyon, nas Ilhas Sicilly, em 1967, onde ocorreu um derramamento de aproximadamente 119.000 m³ de Petróleo, atingindo as regiões costeiras da França e da Inglaterra (MELLO, 2005).

A Convenção MARPOL é considerada a principal convenção internacional sobre a prevenção da poluição do ambiente marinho por embarcações por causas operacionais ou acidentais. Ela é uma

combinação dos dois tratados adotados em 1973 e 1978 e atualizados e emendados através dos anos (FERREIRA, 2006).

Em 1969 aconteceu em Bruxelas a Convenção sobre a Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, com a finalidade de definir limite de responsabilidade civil, por danos causados a terceiros.

Na Convenção FUNDO 71 os proprietários de navios formaram um fundo para compensação de danos provenientes de acidentes ambientais causados por poluição do mar. A compensação adicional é oferecida pelo Fundo 71 às vítimas de danos de poluição quando estas forem incapazes de obter esta compensação do proprietário do navio ou a compensação obtida deste for insuficiente para cobrir os danos (CARDOSO, 2007).

A Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo (OPRC) de 30/11/1990, entrou em vigor em 1995, com foco em promover a cooperação internacional e aperfeiçoar a capacidade nacional, regional e global de preparo e resposta à poluição por óleo, levando em consideração as necessidades particulares dos países em desenvolvimento, particularmente as dos pequenos Estados insulares, encorajando o estabelecimento de planos de emergência de poluição por óleo (em navios, instalações offshore, portos e instalações manipuladoras de óleo) e de planos de contingência nacionais e regionais (COSTA, 2007).

Conhecer estas normas é muito importante, pois através delas são determinadas regras comportamentais que afetam as tripulações de navios, dos operadores de plataformas e das instalações industriais offshore, sabendo-se dos danos que podem causar para outros países se houver derramamento de óleo ou outros incidentes que provoquem danos ambientais em águas internacionais (ANDRADE et al, 2007).

3.6.3 Normas Brasileiras

O Brasil é famoso pela diversidade e quantidade de sua legislação, o que cabe também para as questões marítimas.

As principais normas adotadas no Brasil são:

- Decreto 79.437 de 28/03/1977, que promulga a CLC 69;
- Decreto 83.540 de 04/06/1979, que regulamenta a aplicação da CLC 69;
- Lei 639 de 31/08/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente;
- Decreto 87.566 de 16/09/1982, que promulga a Convenção de Londres (1972);
- Lei 7203 de 03/07/1984, que dispõe sobre a assistência e salvamento de embarcação, coisa ou bem em perigo no mar, nos portos e nas vias navegáveis interiores;
- CONAMA 20 de 18/06/1986 que dispõe sobre a classificação das águas nacionais;
- Lei 7661 de 16/05/1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro;
- Decreto 99.274 de 06/06/1990, que regulamenta a Lei 9638/81 e Lei 6902/81;
- Lei 8617 de 04/01/1993, que dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileira;
- Lei 8630 de 25/02/1993, que dispõe sobre o regime de exploração dos portos organizados e das instalações portuárias;
- CONAMA 5 de 05/08/1993, que dispõe sobre tratamento de resíduos sólidos em portos, aeroportos, terminais ferroviários, rodoviários e de prestação de serviços à saúde;
- Decreto 895 de 16/08/1993, que dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC;
- Decreto 1265 de 11/10/1994, que institui a Política Marítima Nacional – PMN;
- Lei 9478 de 06/08/1997, que dispõe sobre a Política Energética Nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo;

- Resolução CIRM 5 de 03/12/1997, que aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II;
- Lei 9537 de 11/12/1997, que dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional;
- Portaria MT 53 de 17/12/1997, que aprova a Norma Regulamentadora 29 – NR 29 planos de emergência voltados para o controle e o auxílio mútuo entre as partes contratantes;
- CONAMA 237 de 19/12/1997, que dispõe sobre licenciamento ambiental;
- Lei 9605 de 12/02/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente;
- Decreto 2.508 de 04/03/1998, que promulga a MARPOL 73, 78 e 84;
- Decreto 2.596 de 18/05/1998, que regulamenta a Lei 9537/97;
- Decreto 2.870 de 10/12/1998, que promulga a OPCR 90;
- Decreto 2.956 de 03/02/1999, que institui o V Plano Setorial para Recursos do Mar – PSRM;
- Lei Complementar 97 de 09/06/1999, que dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas;
- Decreto 3.179 de 21/09/1999, que regulamenta a Lei 9605/98;
- CONAMA 265 de 27/01/2000, que dispõe sobre avaliação do derramamento de óleo na Baía da Guanabara;
- Portaria ANP 14 de 01/02/2000, que dispõe sobre notificação de acidentes;
- Lei 9966 de 28/04/2000, que dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional;
- IN IBAMA 01 de 14/07/2000, que dispõe sobre registro de dispersantes químicos;
- CONAMA 269 de 14/09/2000, que dispõe sobre o uso de dispersante químico em derramamento de óleo no mar;
- CONAMA 274 de 29/11/2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

- Decreto Legislativo nº 246 de 28/06/2001, que dispõe sobre a prevenção de acidentes industriais maiores em instalações nucleares e usinas que processem substâncias radioativas, instalações militares e transporte fora das instalações distinto do transporte por tubulações;
- CONAMA 293 de 12/12/2001, que dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo;
- Decreto 4.871 de 06/11/2003, que regulamenta o Plano de Área previsto na Lei 9.966.
- CONAMA 398 de 11/07/2008, que revoga a Resolução CONAMA no 293/01 e Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração.

Toda esta legislação, infelizmente, surgiu após algumas ocorrências com danos ambientais, ou seja, através de indicadores reativos. Apesar dos significativos avanços tecnológicos nas atividades de exploração, armazenamento e transporte de petróleo e de seus derivados, ainda existe a possibilidade de um acidente acontecer e de gerar poluição ambiental. As consequências podem ser reduzidas e, para tanto, o Plano de Contingência é uma ferramenta fundamental. O termo contingência significa um fato incerto que pode ou não ocorrer (AURÉLIO, 1999), daí a importância do preparo e do planejamento. Este fato incerto pode ser um incidente ou um acidente. A diferença entre estes termos é que o incidente é um evento imprevisto e indesejável que poderia ter resultado em algum tipo de dano à pessoa (de um ferimento leve até a morte), ao patrimônio (próprio ou de terceiros) ou ainda em impacto ao meio ambiente (aos ecossistemas, à fauna e à flora), mas não resultou. Já o acidente foi o evento que efetivamente gerou danos humanos, materiais e ambientais. Assim, para otimizar a capacidade de resposta e minimizar as consequências

negativas destes eventos, as instalações que manipulam substâncias perigosas devem possuir um Plano de Contingência bem elaborado. Isto é, simples, objetivo e funcional com equipes bem capacitadas (CETESB, 2012).

3.6.4 Poluição Ambiental

Entende-se como poluição qualquer degradação (deterioração, estrago) das condições ambientais. É traduzida como uma perda, por menor que seja da qualidade de vida em decorrência de mudanças ambientais. Essas mudanças ambientais causadas pelos chamados poluentes, que são agentes com potencial de provocar a poluição, como por exemplo, um gás nocivo na atmosfera, detritos que sujam os rios ou praias. Outro exemplo é o das chuvas ácidas, isto é, precipitações de água atmosférica carregada de ácido sulfúrico e de ácido nítrico. Esses ácidos, que corroem rapidamente a lataria dos automóveis, os metais de pontes e outras construções, além de afetarem as plantas e ocasionarem doenças respiratórias e de pele nas pessoas. Muitas vezes essas chuvas ácidas vão ocorrer em locais distantes da região poluidora, inclusive em países vizinhos, devido aos ventos que carregam esses gases de uma área a outra.

A poluição, portanto, diz respeito à qualidade de vida das aglomerações humanas. A degradação do meio ambiente causada pelo homem provoca uma deterioração dessa qualidade, pois as condições ambientais são imprescindíveis para a vida, tanto no sentido biológico como no social.

3.6.4.1 A Revolução Industrial e a Poluição.

A Revolução Industrial iniciou um processo crescente de poluição, onde tomamos como o princípio do problema para a humanidade. Sabemos que já existiam exemplos de poluição anteriormente, como por exemplo, no Império Romano. Porém, foi com a industrialização e urbanização, que este problema aumentou significativamente e a sua escala deixou de ser local para se tornar muito maior. Este fato se deu não apenas porque a indústria era a principal responsável pela emissão de poluentes no meio ambiente, mas também

porque a Revolução Industrial representou a consolidação e a globalização do capitalismo, sistema socioeconômico dominante hoje no espaço mundial.

O capitalismo é um sistema econômico voltado para a produção e acumulação constante de riquezas. Tudo passa a ser utilizado nesse processo de produção “desenfreado”, que cada vez mais busca grandes escalas de produção, como por exemplo: as riquezas naturais presentes nos mares e nas florestas. Destaca-se que nesse processo a preocupação não é pelo que é bom ou justo e sim o que trará maiores lucros a curto prazo.

É importante lembrar que as novas tecnologias modernas têm um domínio sobre o meio natural, porém em alguns casos podem trazer consequências negativas para a qualidade da vida humana em seu ambiente. Para evitar esta desarmonia, as técnicas sempre deverão ser revistas em busca da melhoria contínua.

3.6.4.2 Gerenciamento de Resíduos

Conforme determina a Lei Federal 9605/98 e Lei Federal 6938/81, o responsável pela correta destinação dos resíduos é o gerador. Portanto, um contrato de coleta, transporte e destinação final dos resíduos gerados deve ser muito bem elaborado, no intuito de tornar o gerador e o gerenciador/transportador corresponsáveis pela correta destinação final de cada tipologia de resíduo a ser destinado.

A Norma Técnica 08/08 define uma escala de prioridades quanto ao destino nobre dos resíduos gerados nos navios de apoio:

- a devolução ao fabricante;
- reuso;
- reciclagem;
- recondicionamento;
- rerefino, além do outras maneiras de disposição final, como coprocessamento;
 - descontaminação;
 - aterro sanitário;
 - aterro industrial e incineração em terra. Este é um bom argumento junto às organizações responsáveis pelos navios para se optar pelo melhor tratamento aos resíduos.

Quanto à empresa gerenciadora de resíduos, caso insista em não colaborar com esta questão, aterrando resíduos recicláveis, por exemplo, a alternativa é buscar outra gerenciadora que se digne a dar um destino nobre aos resíduos.

3.6.4.3 A Poluição do Mar

Infelizmente desde os tempos mais remotos o homem costuma lançar seus detritos nos cursos de água. Acreditava-se que devido ao grande poder de autolimpeza, principalmente os oceanos, esse processo não causaria danos. Contudo, com o crescimento desordenado esse volume aumentou muito e tem causado várias alterações, pois em muitos casos já está superando a capacidade de purificação dos rios e oceanos, que é limitada. Importante ressaltar que, além disso, passou a ser despejada na água uma grande quantidade de produtos que não são biodegradáveis, ou seja, não são decompostos pela natureza podendo ser citado como exemplo, os plásticos. Em outros casos, produtos como detergentes vão se acumulando nos oceanos, reduzindo a capacidade de retenção de oxigênio na água, gerando como consequência prejuízos a vida aquática.

Nos dias atuais, um dos maiores poluentes dos oceanos é o petróleo. O intenso tráfego de navios petroleiros e demais embarcações destinadas a atender ao processo de exploração e produção vem contribuindo de forma assustadora para esse tipo de poluição e alcança níveis elevadíssimos. Temos presenciado grandes vazamentos causados por acidentes, despejando milhares de toneladas de óleo no mar. Outras situações estão em navios que soltam petróleo no mar rotineiramente por ocasião de lavagem de seus reservatórios, mesmo que contrariando a legislação vigente. Estima-se que esses resíduos de petróleo lançados ao mar com a água da lavagem representam cerca de 0,4 a 0,5% da carga total.

As normas sobre a destinação dos dejetos são bastante rigorosas, já que só é permitido atirar resíduos a uma distância mínima de 50 milhas do litoral e a uma velocidade de dejetos de 60 litros por milha. Essas exigências se aplicam a todos os petroleiros, independente do tamanho, e são completadas, ademais, por três obrigações: proibição total de derramamento de óleo quando a navegação ocorrer em uma zona especial; utilização de um sistema de cisterna de decantação e de um dispositivo de controle dos derramamentos ao mar (caixa preta);

quantidade de óleo autorizada a ser lançada ao mar não devendo ultrapassar o limite de 1/15.000 em relação ao volume da carga de onde provêm estes resíduos.

Quanto aos navios que não são petroleiros, de menos de 400 toneladas, os lançamentos são igualmente proibidos em zona especial, fora desta, somente estão autorizados se o navio estiver em movimento, e se forem respeitadas as diversas condições relativas ao teor em óleo da mistura, ao local do derramamento (no mínimo 12 milhas do litoral), sobretudo ao equipamento utilizado. Os navios não petroleiros escapam à aplicação desta convenção, exceto, todavia se eles navegarem dentro de uma das zonas especiais, onde seus lançamentos são objeto de uma regulamentação específica.

3.6.4.4 A Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica caracteriza-se pela presença de substâncias como gases tóxicos e partículas sólidas no ar. Uma das causas desta poluição está na emissão de resíduos, como exemplo, a queima de óleo diesel dos motores de propulsão das embarcações. Além dos problemas causados no sistema respiratório, os efeitos da poluição atmosférica atingiram níveis críticos, como a inversão térmica, fenômeno que dificulta a limpeza de poluentes localizados nas camadas próximas à superfície. Um dos principais impactos da poluição atmosférica está na emissão de gás carbônico, resultando em uma maior retenção de calor, o chamado “efeito estufa”.

Outra consequência da poluição atmosférica é o surgimento e a expansão de um buraco na camada de ozônio. O ozônio é um gás que filtra os raios ultravioletas do Sol. Se esses raios chegassem à superfície terrestre com mais intensidade provocariam queimaduras na pele, que poderiam até causar câncer, além de destruir as folhas das árvores.

4. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para responder às questões levantadas no item 2.2, a metodologia de elaboração deste trabalho consistiu no levantamento de informações sobre este assunto em bancos de dados de instituições renomadas, destacando-se CETESB, onde foram identificados os principais acidentes com derramamento de óleo no mar ocorridos no Brasil, no período de 1960-2011.

4.1 INTERPRETAÇÃO DA LEGISLAÇÃO

Foi realizada pesquisa em Sites de órgãos especializados e dedicados, buscando legislação específica, destacando a RESOLUÇÃO CONAMA 398.

A RESOLUÇÃO CONAMA 398 trata das especificações para atendimento de acidente com derramamento de óleo e também onde são definidas as técnicas, os equipamentos necessários para o pronto atendimento que as embarcações deverão estar equipadas e também os tempos médios necessários para iniciar os atendimentos (combate ao derramamento).

Materiais escritos ou outros tipos de materiais, também foram considerados como fonte de informação necessária para o desenvolvimento desta pesquisa.

4.2 CONSUMO DE ÓLEO DIESEL

4.2.1 Levantamento dos dados

Para apurar o consumo de óleo diesel inicialmente foi definido que será considerado o total de 6 empresas que possuem embarcações dedicadas ao combate de vazamento de óleo no mar.

Estas embarcações deverão estar prestando serviços para uma mesma empresa (afretadora), de forma que o procedimento de levantamento do consumo seja o mais homogêneo possível.

Para levantar o consumo do óleo diesel foi solicitado às empresas fretadoras os volumes médios de consumo por mês.

Os valores informados estão descritos abaixo:

- Empresa A: 201 m³

- Empresa B: 184 m³
- Empresa C: 206 m³
- Empresa D: 166 m³
- Empresa E: 215 m³
- Empresa F: 228 m³

Em seguida foi realizada uma análise quantitativa do volume de óleo diesel consumido pelas embarcações recolhedoras de óleo das 6 (seis) denominadas empresas A, B, C, D, E e F, prestadoras de serviços nas atividades de exploração e produção de Petróleo, utilizando a fórmula abaixo, onde foi definido o valor médio geral, do consumo de óleo diesel, que será considerado no item 5 – Resultados, para os cálculos da emissão de poluente atmosférico.

Cálculo:

$$\text{Consumo mensal} = \frac{\text{Consumo Mensal M}^3}{\text{N}^\circ \text{ de empresas informantes}}$$

$$\text{Consumo mensal} = \frac{1.200 \text{ M}^3}{6}$$

$$\text{Consumo mensal} = 200 \text{ m}^3$$

Dessa forma, foi estabelecido um consumo médio de óleo diesel para as embarcações.

Estes dados foram considerados da frota dedicada de embarcações recolhedoras de óleo, afretadas por uma empresa do ramo de gás e energia, que iremos denominar Empresa X.

4.2.2 Apuração dos dados

Diante dos valores de consumo apurados, posteriormente foi feito o cálculo quantitativo da emissão de dióxido de carbono na atmosfera, emitido pela combustão dos motores das embarcações e demais equipamentos, utilizando-se a Equação Química da Combustão.

Para o cálculo da Equação Química de Combustão, iremos considerar a seguinte fórmula:

Cálculo:

- Emissão em Kg CO₂

$$\text{Emissão em Kg CO}_2 = \frac{\text{Vol. Cons. Óleo} \times \text{Densidade} \times \text{Fator Conversão}}{\text{Conversão}}$$

4.2.3 Dimensionamento do Impacto Ambiental

Para que sejam entendidos os efeitos da poluição, emitida através da combustão dos motores das embarcações, foi realizado o cálculo da quantidade de árvores que são necessárias para neutralizar o aquecimento global excessivo, conforme fórmula abaixo:

Cálculo:

- **Quantidade de Árvores**

Quant. Árvore = $\frac{\text{CO}_2 \text{ Produzido}}{\text{KG CO}_2 \text{ consumido por Árvore}}$

KG CO₂ consumido por Árvore

É importante mencionar que existe uma planilha nas empresas fretadoras onde são apontados os valores médios de consumo por operação, de forma a identificar em quais operações o consumo é maior e/ou menor.

A Figura 7 ilustra o modelo de planilha que é utilizado pelas empresas, para controle operacional do consumo de óleo diesel operacional.

Embarcação:	
Data:	Nº Contrato
Nome do Responsável:	
Assinatura do Responsável:	
Descrição da Operação	Volume L/H
Aguardando sem consumo	
Aguardando carga atracado	
Aguardando carga sob máquinas	
Aguardando condição de mar fundeado	
Aguardando condição de mar sob máquinas	
Aguardando Porto fundeado	
Aguardando Porto sob máquinas	
Aguardando programação fundeado	
Aguardando programação sob máquinas	
Aguardando unidade fundeado	
Aguardando unidade sob máquinas	
Aguardando liberação de autoridade	

Continua

Continuação

Aguardando área sob máquinas	
Navegando com máquina reduzida	
Navegando com toda máquina	
Operando no Porto	
Prontidão sob máquinas	
Combate à poluição	
Troca de turma	
Posicionamento dinâmico	
Teste de formação das barreiras	
Treinamento e simulação	

Figura 7: Planilha de Consumo de Óleo Diesel**Fonte:** Modificado da Empresa X.

4.3 ANÁLISE DE ACIDENTES E QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL VAZADO E RECOLHIDO

Afim de analisarmos os acidentes ocorridos, primeiramente foi definido que serão considerados os acidentes constantes na tabela 8, que se referem a acidentes ocorridos no Brasil, entre 1960 e 2011, durante o transporte marítimo.

4.3.1 Quantificação do volume recolhido e do volume vazado

Para avaliar a eficiência do sistema de recolhimento de óleo será considerado como parâmetro de eficiência de recolhimento o percentual máximo estabelecido na RESOLUÇÃO CONAMA 398.

A RESOLUÇÃO CONAMA 398 determina que o valor máximo de recolhimento corresponde ao percentual de 20%, do volume inicialmente vazado.

Partindo deste princípio, foi realizada uma comparação entre o volume de óleo derramado e o que deveria ter sido recolhido, conforme fator máximo de recolhimento definido na RESOLUÇÃO CONAMA 398, correspondente aos principais acidentes ocorridos no Brasil.

Para apurar os valores de recolhimento será considerada a seguinte fórmula:

Cálculo:

$$\text{Vol. Recolhido} = \text{Total óleo vazado} \times 20\%$$

Esta análise foi realizada considerando os valores dos principais acidentes resultantes de transporte marítimo, ocorridos no Brasil, no período de 1960 – 2011, descritos na Tabela 8.

Desta forma, os dados apurados do volume de óleo vazado no mar correspondem à soma dos valores individuais dos acidentes listados na tabela 8.

4.4 ÁGUAS RESIDUAIS

Sobre as Águas Residuais, foi estimado o volume de águas residuais geradas pelas embarcações recolhedoras de óleo e que são descartados no mar, utilizando a equação simplificada, descrita abaixo:

Cálculo:

Vol. Águas Residuais Descartado = volume gerado por tripulante x quantidade de tripulantes.

Lembrando que a quantidade gerada por tripulante foi de 40 litros (NOWLAN, L. AND KWAN, I; 2001).

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISE DE ACIDENTES OCORRIDOS ENVOLVENDO EMBARCAÇÕES, COM VAZAMENTO DE PETRÓLEO.

A Tabela 8 apresenta os dados dos principais acidentes envolvendo embarcações, com vazamento de óleo em águas brasileiras, considerando o período de 1960 até 2010.

Tabela 8: Principais acidentes com derramamento de Petróleo e derivados no Brasil, no período de 1960 a 2010.

Principais acidentes com derramamento de Petróleo e derivados no Brasil, no período de 1960 – 2010			
Fonte / Causa	Data	Vol. vazado m³ estimado	Vol. recolhido m³ estimado
Explosão do navio Sinclair Petrolore	Dez/1960	66.530	13.306
Colisão do navio Takimyia Maru	Ago/1974	6.000	1.200
Colisão do navio Tarik Ibn Ziyad	Mar/1975	6.000	1.200
Colisão do navio Brazilian Marina com rocha	Jan/1978	6.000	1.200
Colisão do navio Brazilian Marina com Pier	Jan/1985	2.500	500
Vazamento embarcação na Baía de Guanabara	Jan/1987	12	2,4
Vazamento navio Horta Barbosa	Ago/1990	20	4
Petroleiro Theomana	Set/1991	2.150	430
Colisão dos navios Smyrni e Elizabeth Rickmers	Jul/1998	40	8
Encalhe do navio Norma	out/2001	5.000	1000
Explosão do navio Vicunha	Nov/2004	285	57
Explosão do navio Alina P	Dez/2001	Não estimado	
Naufrágio de Barçaça	Nov/2005	365	73

Continuação da tabela 8

Embarcação NORSUL	Jan/2008	116	23,2
Colisão Shembulk Shangai com Rebocador	Marc/2008	3	0,6
Naufrágio de Embarcação	Jan/2009	5	1
Explosão de Embarcação	Ago/2010	Não estimado	

Fonte: Modificado de CETESB, 2012

Analisando os números apresentados, está evidente que a presença das embarcações recolhedoras de óleo, que ficam dedicadas às operações de recolhimento de óleo vazado, aumentam o risco de acidentes ambientais, causados por colisões, encalhes e explosões, com possibilidade de vazamento de petróleo no mar.

Os dados descritos na Tabela 8, referente ao período entre 1960 e 2010, quando ocorreram 17 acidentes envolvendo embarcações, com um volume de petróleo derramado no mar de aproximadamente 95.000 m³ de petróleo, devido a acidentes envolvendo embarcações durante a navegação.

Os efeitos do petróleo são devastadores sobre a fauna e flora marinha, afetando inicialmente o plâncton (microrganismos vegetais e animais dos quais alguns peixes se alimentam).

Em seguida, ocorre uma séria de danos em cadeia, pois os peixes que ingerem os resíduos são envenenados e acabam morrendo. Ocorre também o bloqueio da luz solar, afetando as algas que necessitam da luz solar para realizar a fotossíntese (retirada de CO₂ e liberação de O₂), resultando em mortes por falta de oxigênio ou contaminação pelo óleo.

Além disso, substâncias tóxicas se acumulam nos tecidos de mamíferos, tartarugas e peixes, causando distúrbios reprodutivos e cerebrais. As penas das aves ficam impregnadas de óleo ocasionando a perda da flutuabilidade e consequente morte por afogamento.

5.2 APURAR A EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS RECOLHEDORES DE ÓLEO DAS EMBARCAÇÕES, COMPARANDO COM O VOLUME DE ÓLEO DERRAMADO NO MAR.

Conforme descreve a própria Resolução do CONAMA 398, a capacidade máxima de recolhimento é de 20%.

Partindo deste princípio, foram analisados os dados dos principais acidentes ocorridos no Brasil, conforme descrito na Tabela 8.

A Tabela 9 demonstra os valores apurados nos acidentes descritos na Tabela 8 e também os valores máximos que poderiam ser recolhidos, considerando as determinações legais (20% de recolhimento).

Tabela 9: Volume total de óleo vazado e volume estimado recolhido

Vol. Total de Óleo Vazado m³ (estimado)	Vol. recolhido m³ (estimado)
95.026	19.005

Fonte: Pesquisa do Autor.

Os cálculos apresentados na Tabela 9, demonstram que as embarcações recolhedoras de óleo, se tivessem atuado nestes sinistros, teriam recolhido aproximadamente 19.000 m³ dos 95.026 m³, que efetivamente vazaram.

Para a obtenção destes valores foi considerado o valor máximo da capacidade de recolhimento, que pode variar conforme condições climáticas.

Apuramos então, que dos 95.026 m³ de óleo derramados no mar, cerca de 76.000 m³ de óleo não foram recolhidos, causando impactos à flora e fauna marinha.

5.3 VOLUME DE ÁGUAS RESIDUAIS

Águas residuais são geradas pelas embarcações, resultando em impactos semelhantes aos gerados nas cidades.

O volume das águas residuais aqui considerado foi de 40 litros diários por tripulante.

Um navio Recolhedor de Óleo tem cerca de 14 tripulantes, ou seja, gera grande quantidade de águas residuais, conforme demonstra a Tabela 10.

Tabela 10: Quantidade Gerada de Águas Residuais

Quant. Embarcações	Quant. Tripulantes	Litros por Tripulante	Total de Resíduo Gerado por Ano
34	476	40	228.480 litros

Fonte: Pesquisa do autor na Empresa X

Cálculo:

Total de resíduo gerado = Quant. Embarcações x Quant. Tripulantes x vol. gerado por tripulante x 12

A Tabela 10 demonstra que com a presença das 34 embarcações, atualmente utilizadas pela Empresa X, navegando durante um ano, foram gerados 228.480 litros de água residual, descartada em alto mar.

Normalmente estas águas residuais não são tratadas adequadamente e criam um perigo para a saúde pública, fauna e flora marinha.

Esses resíduos contém um alto nível de nutrientes (nitrogênio e fósforo).

Esta água residual é descartada durante a navegação (em alto mar). Dentre os principais impactos causados por este descarte inadequado, destacamos a multiplicação das algas e a depleção de oxigênio, afetando diretamente a fauna e flora marinha.

5.4 CONSUMO DE DIESEL E VOLUME DE GASES LANÇADOS NA ATMOSFERA

A estratégia para atendimento das determinações da RESOLUÇÃO CONAMA 398, é que as embarcações naveguem 24 horas por dia, sendo necessária uma grande quantidade de óleo diesel para alimentação dos motores, causando poluição ambiental à atmosfera com a emissão de gases, principalmente o CO₂.

A Tabela 11 demonstra o cálculo da quantidade anual de emissão de CO₂ gerado pela combustão dos motores propulsores das embarcações.

Tabela 11: Emissão de CO₂

EMIÇÃO DE CO ₂	
Volume Consumido de Diesel por ano (litros)	81.600.000
Densidade do Diesel em kg/l	0,858
Conversão diesel > CO ₂ (kg/kg)	3,14
Emissões em kg CO ₂	219.840.192

Fonte: Pesquisa do Autor na Empresa X.

Cálculos:

Emissão em Kg CO₂ = Vol. Cons. Óleo x Densidade x Fator Conversão

Para se obter o consumo de diesel, apurou-se a média dos apontamentos resultantes das planilhas de consumo, resultando em um consumo médio mensal de óleo diesel de 200 m³ por embarcação.

Considerando que a Empresa X, tem uma frota de 34 embarcações, foi apurado que o consumo mensal é de 6.800 m³ de óleo diesel, acumulando um total de 81.600 m³ durante um ano.

A partir dos dados analisados, calcula-se que são emitidos anualmente pelas embarcações dedicadas, aproximadamente 219 milhões de quilos de CO₂, contribuindo para o chamado efeito estufa, responsável pelo aquecimento global.

Em termos de dimensionamento, para neutralizarmos esta emissão e evitarmos o aquecimento global excessivo, seria necessário realizar o plantio de 1,157 milhões de árvores nativas da Mata Atlântica.
Cálculo:

$$\text{Quant. \u00c1rvore} = \frac{\text{CO}_2 \text{ Produzido}}{\text{KG CO}_2 \text{ consumido por \u00c1rvore}}$$

6. CONCLUSÕES

Os dados obtidos referentes ao período entre 1960 e 2010, mostraram que ocorreram 17 acidentes envolvendo embarcações, com um volume de petróleo derramado no mar de aproximadamente 95.000 m³ de petróleo, devido a acidentes envolvendo embarcações durante a navegação.

A eficiência dos equipamentos recolhedores de óleo das embarcações, estrutura de resposta dedicada a vazamentos de óleo no mar atualmente utilizada no Brasil, conforme demonstrado nos resultados, apresenta uma eficiência de recolhimento de óleo aquém da real necessidade, principalmente se ocorrer um grande vazamento de óleo, pois somente cerca de 20% (no máximo) é recolhido, devido as limitações dos equipamentos existentes.

As embarcações dedicadas ao combate e recolhimento de óleo vazado no mar, geram outros impactos ambientais, como a poluição do mar com águas residuais geradas pela sua tripulação, os resultados obtidos demonstraram que no período de um ano, foram gerados 228.480 litros de água residual, descartada em alto mar. Dentre os principais impactos causados por este descarte inadequado, destacamos a multiplicação das algas e a depleção de oxigênio, afetando diretamente a fauna e flora marinha.

Para que as embarcações permaneçam navegando em alto mar, um grande consumo de combustível se faz necessário para o funcionamento de seus motores propulsores. Anualmente são consumidos cerca de 81.600 m³ de combustível, resultando em uma emissão aproximada de 219 milhões de quilos de CO₂ na atmosfera. Estes valores proporcionam um grande aumento no efeito estufa, contribuindo de forma significativa para o desequilíbrio da temperatura do planeta.

Por fim, percebeu-se a necessidade urgente de repensar a estrutura de resposta mesmo que isso signifique propostas de alterações na legislação vigente (Resolução CONAMA 398). Estratégias alternativas, tais como monitoramento em tempo real e dispersão natural, uso efetivo de dispersão química, compartilhamento de recursos, tanto entre bacias quanto entre empreendedores, prevendo até mesmo, a formação de parcerias globais capazes de atender grandes emergências devem ser melhores discutidas e aplicadas.

7. RECOMENDAÇÕES

Uma alternativa para reduzir os impactos gerados na atividade de combate a vazamento de óleo no mar seria reduzir o número de embarcações dedicadas, substituindo as embarcações dedicadas ou parte delas, por embarcações do tipo “Supply”, por exemplo, que ficam nas proximidades das unidades de produção, para atendimento e suprimento em geral.

Com relação a eficiência dos equipamentos de recolhimento de óleo, uma alternativa seria estudar medidas para aumentar a eficiência de recolhimento do resíduo oleoso, como, por exemplo, desenvolvimento de centrifugas e separadores de óleo e água, aumentando assim a eficiência de recolhimento do óleo; direcionar investimentos para estudo dos efeitos da aplicação dos dispersantes químicos, que atualmente ainda não estão com sua aplicação pré-aprovada, dependendo de análise e aprovação do órgão competente (devido à falta de informações sobre os efeitos futuros do produto ao meio ambiente), o que compromete a eficiência do produto sobre a mancha de petróleo, devido às mudanças físico/químicas que o petróleo sofre ao longo do tempo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A poluição causada pelos navios. 21/07/2010. Disponível em:
<<http://qualidadeonline.wordpress.com/2010/07/21/a-poluicao-causada-pelos-navios/>> Acesso em 09/08/2012

ANDRADE, E.M., CALIXTO, E., LACERDA, G. B. M. Regulação das Emergências Ambientais e Sua Contribuição à Gestão Ambiental da Indústria do Petróleo. Anais do V SIMGEN: Simpósio de Gestão e Estratégia em Negócios. Seropédica, UFRRJ, RJ, BRASIL, 12/09/2007. Disponível em: <<http://thecnna.com/pdf/regulacao.pdf>>. Acesso em: 29/08/2012.

BRITISH PETROLEUM - BP. Deepwater Horizon Containment and Response: Harnessing Capabilities and Lessons Learned. Houston, 2010.84 p. Disponível em:
<<http://www.bp.com/sectiongenericarticle800.do?categoryId=9036579&contentId=7067595>>. Acesso em: 29/08/2012.

CARDOSO, Análise Menezes. Sistema de Informações para Planejamento e Resposta a Incidentes de Poluição Marítima por Derramamento de Petróleo e Derivados. 2007. 108 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Principais acidentes com vazamento de Petróleo. São Paulo, 2012
<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/2_Principais%20acidentes%20internacionais.pdf>. Acesso em 05/02/2013.

CONAMA, (2000). CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Brasília, Brasil. Resolução Nº 269, de 14 de setembro de 2000. Dispõe sobre a utilização de dispersantes químicos em vazamentos, derrames e descargas de petróleo e seus derivados no mar. ANEXO – *Regulamento para uso de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar*. 19pp. DOU 11/12/2000 e 12/01/2001

CONAMA, (2008). CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, Brasília, Brasil. Resolução Nº 398, de 11 de junho de 2008. Dispõe sobre

o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração. 17pp. DOU N° 111 de 12/06/2008. Convenção internacional para salvaguarda da vida humana no Mar SOLAS/74.2011. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/SOLAS_indice-2011.pdf>. Acesso em 23/09/2012.

COSTA, Luiz Rodolfo Tinoco Aboim. Modelo Estratégico de Otimização para a Resposta a Derramamento de Óleo Considerando Áreas Sensíveis. 2007. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

Desastre Ambiental no Golfo do México. Veja digital. Disponível em: <<http://www.veja.abril.com.br/tema/desastre-ambiental-no-golfo-do-mexico>>. Acesso 05/02/2013

FERREIRA, A. B. H. Aurélio século XXI: o dicionário da Língua Portuguesa. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FERREIRA, José Paulo. Análise de Estratégias de Resposta a Derramamento de Óleo Pesado no Litoral do Espírito Santo Utilizando Modelagem Computacional. 2006. 199 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2006.

FILHO, Hayrton Rodrigues do Prado; A Poluição Causada pelos Navios. Disponível em: <<http://qualidadeonline.wordpress.com/2010/07/21/a-poluicao-causada-pelos-navios/>>. Acesso em 03/03/2013.

FOGAÇA, Jennifer. Os Danos Causados por Vazamentos de Petróleo nos Oceanos. 2012. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com.br/quimica/danos-causados-por-vazamentos-petroleo-nos-oceanos.htm>>. Acesso em 05/02/2013.

GREEN, Kenneth P.; HAYWARD, Steven F. The Dangers of Overreacting to the Deepwater Horizon Disaster. *Energy And Environment Outlook: American Enterprise Institute for public Policy Research*, Washington, D.c, n. 1, p.1-10, jun. 2010.

IMO, (2005). *INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO)*. Disponível em: <www.imo.org>. Acesso em 19/09/2012.

Impactos ambientais causados pela exploração e produção de petróleo na Bacia de Campos. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAehvoAC/impactos-ambientais-exploracao-producao-petroleo-na-bacia-campos-rj>> Acesso em 02/08/2013

Impactos ambientais causados pela perfuração de petróleo. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/downloadSuppFile/297/62>> Acesso em 05/08/2013

ITOPF Handbook 2011/2012. The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF). London. UK. Disponível em: <<http://www.itopf.com/publicat.html>>. Acesso em 27/06/2012

LANZILLOTTA, Handerson Agnaldo de Almeida. Árvores de Decisão como Ferramentas de Apoio à Resposta a Derrames de Óleo. 2008. 150 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

MELLO, Antônio José Plácido de. Considerações legais sobre elaboração de um plano de contingência para vazamentos de óleos no Brasil. *Vértices, Campos Dos Goytacazes*, n. 7, p.47-52, jan. 2005. Quadrimestral.

MONTOYA, C. Juan Carlos. Redução dos impactos ambientais causados por emissões de gases no transporte marítimo. Biblioteca digital USP. São Paulo, 07/11/2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-03042012-081921/pt-br.php>> Acesso em 02/02/2013.

Navios emitem poluição equivalente à metade da frota mundial de carros. Redação do Site Inovação Tecnológica, 04/05/2009. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=navios-emitem-poluicao-equivalente-a-metade-da-frota-mundial-de-carros&id=010125090504>> Acesso em 05/02/2013

NOWLAN, L. & I. KWAN, Cruise Control – Regulating Cruise Ship Pollution on the Pacific Coast of Canadá, 2001.

NT 08/08-NOTA TÉCNICA CGPEG/DILIC/IBAMA N° 07/11 PROJETO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO. Resíduos sólidos das atividades de Exploração e Produção de petróleo e gás em bacias sedimentares marítimas do Brasil no ano de 2009 – Consolidação dos resultados da Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA n° 08/ 08.

Disponível em:

<<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/anexos/Nota%20Tecnica%20CGPEG-DILIC-IBAMA%2001-11%20%20Projeto%20de%20Controle%20da%20Poluicao%20-%20PCP.pdf>>. Acesso em 05/02/1013

São Paulo: BBC Brasil, c2012. Disponível em:

<http://WWW.bbc.co.uk/portuguese/celular/noticias/2012/04/120413_tit_anic_riscos_atuais_acidentes_jp.shtml> Acesso em 18/06/2012

DECRETO N° 79.437, de 28 de março de 1977. Disponível em:

<http://www.apetres.org.br/legislacao_news/LEGISLA%C3%87%C3%83O%20FEDERAL/DECRETOS%20FEDERAIS/1.977/DECRETO%20FEDERAL%20N%C2%BA%2079.437%20DE%201977.pdf> Acesso em 12/03/2012.

SANCHES, Caio Glauco; SILVA, José Flávio. Combustão diesel automotivo e suas alternativas IM338-Tecnologia da gaseificação. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 07/ 2005.

SOUZA FILHO, André Moreira de. Planos Nacionais de Contingência para Atendimento a Derramamento de Óleo: Análise da Experiência de Países Representativos das Américas para Implantação no Caso do Brasil. 2006. 213 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Ciências em Planejamento Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

XAVIER; Gustavo Simão. Utilização de Dispersantes Químicos na Resposta a Incidentes De Poluição por Óleo: Revisão Bibliográfica e Contribuição Para Alteração da Legislação Nacional. Rio de Janeiro 2010.

VIEGAS, Thales. O balanço do vazamento de óleo no golfo do México. 23/08/2010. Disponível em:

<<http://infopetro.wordpress.com/2010/08/23/a-bp-e-as-alternativas-do-desastre-a-esperanca/>> Acesso em 05/06/2012.

Rio de Janeiro. Mancha de óleo vazado voltou a diminuir e se afasta do litoral, diz ANP, 11/2011 Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2011/11/mancha-de-oleo-vazado-voltou-diminuir-e-se-afasta-do-litoral-diz-anp.html>>. Acesso 02/02/2013.

Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Disponível em:

<http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2010/joao_e_renato/relat1/Corpo.htm> Acesso em 06/06/2012.

Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

Disponível em:

<http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2011/Paula_Bastos_e_Bernardo_Lannes/relat1/Conteudo.htm> Acesso em 06/06/2012.

ZÍLIO, Evaldo López; PINTO, Ulysses Brandão. Identificação e distribuição dos principais Grupos de compostos presentes nos Petróleos brasileiros. Rio de Janeiro. Bol. Téc. PETROBRAS, 25pp, jan./mar. 2002. Disponível em:

<http://www2.petrobras.com.br/boletim/Boletim_45_1/identificacaoedis_tribuicao.pdf> Acesso em 13/03/2012.

Vazamentos de Petróleo na Plataforma da Bacia de Campos. Disponível em:

<<http://ambientalsustentavel.org/tag/bacia-de-campos/>> Acesso em 10/02/2013.