UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
ENGENHARIA AMBIENTAL

LIGIA YOKO INAFUKU
MARINA PIRES HELAL

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RESPOSTA A UM ACIDENTE ENVOLVENDO VAZAMENTO DE GRANDE MAGNITUDE DE ÓLEO NO MAR DURANTE A ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO *OFFSHORE* NO BRASIL

RIO DE JANEIRO
2011

LIGIA YOKO INAFUKU

MARINA PIRES HELAL

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RESPOSTA A UM ACIDENTE ENVOLVENDO VAZAMENTO DE GRANDE MAGNITUDE DE ÓLEO NO MAR DURANTE A ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO *OFFSHORE* NO BRASIL

Projeto de final de curso submetido ao corpo docente da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Professora Denize Dias de Carvalho, D.Sc.

RIO DE JANEIRO

2011

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RESPOSTA A UM ACIDENTE ENVOLVENDO VAZAMENTO DE GRANDE MAGNITUDE DE ÓLEO NO MAR DURANTE A ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO *OFFSHORE* NO BRASIL

LIGIA YOKO INAFUKU

MARINA PIRES HELAL

PROJETO DE FINAL DE CURSO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

Aprovado por:

Profª Denize Dias de Carvalho, D.Sc.

Profª Iene Christie Figueiredo, D.Sc.

André Villaça Ramalho, M.Sc.

RIO DE JANEIRO - RJ, BRASIL

FEVEIREIRO DE 2011

Inafuku, Ligia Yoko

Helal, Marina Pires

Avaliação da Capacidade de Resposta a um Acidente Envolvendo Vazamento de Grande Magnitude de Óleo no Mar Durante a Atividade de Perfuração *Offshore* no Brasil / Ligia Yoko Inafuku e Marina Pires Helal - Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2011.

XI, 86 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Denize Dias de Carvalho

Projeto de Graduação - UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Ambiental, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 76-86.

1. Acidente. 2. Derramamento. 3. Vazamento. 4. Emergência. 5. Óleo. 6. Petróleo. 7. Perfuração. 8. Resposta. I. Carvalho, Denize Dias. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Titulo.

Agradecimentos

Aos nossos pais, de quem temos muito orgulho, pelo apoio incondicional.

Aos nossos queridos irmãos, por estarem sempre ao nosso lado.

A Babalú e Dot, que tanto nos dão sem pedir nada em troca, pela companhia.

Aos nossos maravilhosos namorados, André e Dudu, pela paciência, carinho e compreensão durante toda essa trajetória.

Às nossas insubstituíveis amigas, Cassy, Hellen e Renata, pela grande ajuda e pelos inúmeros momentos de alegria ao longo da graduação.

À ICF, por permitir que nos dedicássemos no desenvolvimento deste projeto da melhor forma possível. A toda equipe pela ajuda e momentos de descontração. À Ana, pelos conselhos, compreensão e amizade que tornaram este processo menos estressante.

À Denize, que aceitou nos orientar, apesar das nossas restrições de tempo, e contribuiu com seus conhecimentos.

Ao André Villaça, pela ajuda no desenvolvimento deste projeto e por aceitar compor a nossa banca examinadora.

À Iene, pela competência na coordenação do curso de Engenharia Ambiental, por participar da nossa banca examinadora e pela amizade.

À UFRJ, por permitir que nos tornássemos engenheiras ambientais.

Às nossas famílias.

Resumo

Devido às descobertas de grande quantidade de óleo de boa qualidade nos reservatórios do Pré-Sal, o Brasil encontra-se em destaque no setor de Exploração e Produção (E&P) *offshore* de petróleo e gás natural. Como as condições operacionais nesses locais são semelhantes às do Golfo do México, onde ocorreu, em 2010, um grande derramamento de óleo, o presente trabalho analisou o sistema de resposta a situações de emergência dessa natureza atualmente aplicado e aceito no país.

As informações levantadas indicaram, principalmente, que: as novas condições sob as quais se realizam as atividades de E&P de petróleo atualmente impõem diversos desafios; há um excesso de legislações a serem seguidas durante as atividades de perfuração marítima no Brasil, porém, muitas com deficiências conceituais; os equipamentos exigidos apresentam diversas limitações; e os impactos resultantes de vazamentos de grandes volumes de óleo para o mar são extremamente negativos e afetam o meio ambiente, a sociedade e a economia.

Foram identificadas algumas medidas necessárias para melhorar o sistema atual e garantir um atendimento eficiente a eventos extremos de emergência, como: mudança no conteúdo dos Planos de Emergência Individual (PEI) elaborados atualmente, avaliação da possibilidade de exigência de novos equipamentos para resposta a derramamentos pela legislação brasileira, como os que foram testados e implementados no acidente no Golfo do México em 2010, criação de Planos de Áreas e do Plano Nacional de Contingência e modernização e adequação do sistema internacional de resposta às atuais situações adversas de E&P de petróleo.

Vale destacar que, apesar das modificações citadas serem muito importantes, foi possível concluir que é sempre melhor investir em segurança, a fim de se evitar, ao máximo, a ocorrência desses acidentes com grande potencial de impacto ambiental e socioeconômico.

Palavras-chave: *acidente, derramamento, vazamento, emergência, óleo, petróleo, perfuração, resposta.*

Abstract

Due to discoveries of large amount of good quality oil in the pre-salt reservoirs, Brazil is in focus in the offshore oil and gas Exploration and Production (E&P) sector. As the operating conditions at these sites are similar to the Gulf of Mexico, where a major oil spill took place in 2010, this work analyzed the response system to this kind of emergency currently applied and accepted in Brazil.

The information gathered indicated, mainly: operational conditions, under which E&P activities are now developed, pose many complex challenges; there is a clear excess of laws to be complied with, regarding the offshore drilling activity, even though they show conceptual deficiencies; lots of limitations related to the required equipment; and extremely negative impacts to the environment, society and economy due to large oil spills into the sea.

A few measures to improve the current system and to ensure an efficient control to extreme emergency events were identified, such as: changing the content of the Emergency Response Plans currently developed, evaluating the feasibility of a requirement for new equipment from Brazilian legislation for oil spill responses, such as those tested and used in the Gulf of Mexico's accident in 2010, creation of Area Plans and the National Contingency Plan and modernization and adequacy of the international response system to the current adverse conditions of E&P of oil.

It is noteworthy that despite the importance of these measures, it was concluded that it is always better to invest in safety, in order to avoid the occurrence of such accidents with potential to environmental and socioeconomic impact.

Keywords: *accident, spill, emergency, oil, drilling, response.*

Índice Geral

1 - Introdução 1

2 - Objetivo 4

3 - Justificativa 4

4 - Metodologia 4

5 - Levantamento de Dados 5

5.1 - Histórico de Acidentes Durante a Atividade de Perfuração Marítima 5

5.1.1 - Análise dos Dados do WOAD 5

5.1.2 - Principais Acidentes com Grandes Derramamentos de Petróleo 12

5.1.3 - Considerações Finais Sobre o Histórico de Acidentes 22

5.2 - Legislação Aplicável 22

5.3 - Equipamentos e Materiais Utilizados para o Controle de Vazamentos de Óleo no Mar 31

5.3.1 - Equipamentos e Materiais Requeridos pela Legislação Brasileira 31

5.3.2 - Equipamentos e Materiais Alternativos Utilizados no Acidente Envolvendo a Plataforma de Perfuração *Deepwarter Horizon* 46

5.4 - Impactos Ambientais e Socioeconômicos 50

5.4.1 - Metodologia de Avaliação de Impactos 50

5.4.2 - Principais Impactos Decorrentes de Vazamentos de Óleo no Mar 52

5.4.3 - Principais Impactos Ambientais e Socioeconômicos Ocasionados pelo Acidente Envolvendo a Plataforma de Perfuração *Deepwarter Horizon* 65

6 - Discussão 68

7 - Conclusões e Recomendações 74

8 - Referências Bibliográficas 76

Índice de Figuras

Figura 5-1- Gráfico da distribuição de acidentes por modo de operação. 8
Figura 5-2 - Gráfico da distribuição de acidentes com fatalidades por modo de operação. 11
Figura 5-3 - Plataforma de perfuração *Deepwater Horizon*. 16
Figura 5-4 - Exemplo de broca de perfuração tricônica. 17
Figura 5-5 - Perfil e equipamentos de um poço exploratório. 18
Figura 5-6 - Configuração simplificada de barreira de contenção. 33
Figura 5-7 - Configurações de barreiras de contenção. 34
Figura 5-8 - Queima da mancha de óleo contida por barreiras. 48
Figura 5-9 - Tartaruga marinha em ambiente com óleo. 65
Figura 5-10 - Pelicano coberto por óleo. 65
Figura 5-11 - Chegada de óleo na Ilha de New Harbor, Louisiana, em 06 de maio de 2010. 66
Figura 5-12 - Presença de óleo em praia na Ilha de Elmer, Louisiana. 67
Figura 5-13 - Limite da área fechada para pesca em 13 de julho de 2010. 67

Índice de Tabelas

Tabela 5-1 - Causas iniciadoras de acidentes. 6
Tabela 5-2 - Números de ocorrências e porcentagem por tipo de causa (1980-1997). 7
Tabela 5-3 - Dimensões de vazamentos. 9
Tabela 5-4 - Números de ocorrências e porcentagem por tipo de produto derramado e dimensão do vazamento (1980-1997). 9
Tabela 5-5 - Números de ocorrências e vítimas por tipo de causa (1980-1997). 10
Tabela 5-6 - Classificação de danos ao patrimônio. 11
Tabela 5-7 - Principais vazamentos de petróleo no mar do mundo. 12
Tabela 5-8 - Principais vazamentos de petróleo e derivados no Brasil. 13
Tabela 5-9 - Critérios para dimensionamento de barreiras de contenção. 35
Tabela 5-10 - Critérios para determinação da CEDRO para descargas pequena e média. 38
Tabela 5-11 - Volume de óleo que pode ser disperso, por hectare, em diferentes taxas de aplicação de dispersante. 41
Tabela 5-12 - Condições limites para sistemas de aplicação de dispersantes. 42
Tabela 5-13 - Definição dos atributos dos impactos. 50
Tabela 5-14 - Definição dos atributos dos impactos (continuação). 51
Tabela 5-15 - Avaliação da importância considerando-se os atributos permanência, abrangência espacial e magnitude. 52
Tabela 5-16 - Consolidação da classificação dos impactos causados por um vazamento de grande magnitude de óleo para o mar. 63
Tabela 5-17 - Resultados quantitativos da análise realizada. 63
Tabela 5-18 - Resultados quantitativos da análise realizada (continuação). 64

1 - Introdução

Atualmente, o estilo de vida adotado por grande parte da sociedade e o alto grau de industrialização associado vêm resultando em um aumento na demanda por energia em todo o mundo, motivando a busca por novas fontes. Apesar da grande tendência de desenvolvimento de energias alternativas e renováveis, o atual nível de conhecimento, domínio das tecnologias e a escala de geração de energias sustentáveis ainda não são suficientes para suprir todas as demandas.

Segundo TN Petróleo[1], em reportagem do dia 24/01/2011 de sua revista digital, a demanda mundial de petróleo aumentará 2% em 2011, de acordo com projeções divulgadas pelo ministro saudita do Petróleo, Ali al-Nuaimi. Além disso, de acordo com reportagem publicada em 14/01/2011 pela revista digital do Instituto Carbono Brasil[2], em 2011 os investimentos e subsídios para fontes de energias consideradas “sujas”, como os combustíveis fósseis, serão muito maiores quando comparados com os realizados para fontes renováveis. Isso se deve a uma série de fatores, destacando-se a falta de políticas climáticas que limitem os níveis de emissão de gases intensificadores do efeito estufa.

Dessa forma, o petróleo ainda se mantém em destaque, ocupando posição estratégica na oferta de energia, além de fornecer derivados necessários à produção de bens consumidos em larga escala, como tintas, vernizes, borrachas, fertilizantes, etc.

Além do aumento da demanda energética, a produção de petróleo em todo o mundo vem sofrendo pressões da outra ponta da cadeia: a oferta. Se por um lado as demandas são cada vez maiores, a oferta está cada vez mais escassa.

Sabe-se que as reservas de petróleo são finitas e, dessa forma, a indústria de Exploração e Produção (E&P) busca constantemente novas áreas exploratórias, de forma a garantir sua sustentabilidade, compensando a exaustão de outras jazidas. No início das atividades, a exploração e produção de petróleo eram realizadas em locais onde as acumulações eram facilmente acessadas. Dessa forma, reservas localizadas em terra e/ou em profundidades rasas foram intensamente exploradas, devido às condições favoráveis a operação dos equipamentos e estruturas. O aumento da demanda juntamente com a exaustão destas áreas vêm provocando a migração das atividades para locais de difícil acesso, como áreas remotas em território marítimo e até mesmo regiões desertas congeladas como o Alaska.

---

[1] Informações disponíveis em: http://www.tnpetroleo.com.br/noticia/24559/demanda-de-petroleo-crescera-2-em-2011-e-opep-pode-produzir-mais

[2] Informações disponíveis em: http://www.institutocarbonobrasil.org.br/reportagens_carbonobrasil/noticia=726725

Considerando a posição estratégica do petróleo na política e na economia mundial, pode-se dizer que as reservas e a produção desse combustível conferem grande poder a um país. De acordo com dados referentes a 2009, publicados pela C.I.A.[3], Rússia, Arábia Saudita e Estados Unidos ocupam respectivamente a 1ª, 2ª e 3ª posição na lista dos maiores produtores de óleo (fração líquida do petróleo após a separação de fases) do mundo, enquanto o Brasil ocupa a 9ª colocação.

Historicamente, no país, havia uma grande necessidade de complementar a oferta para suprir a demanda interna por energia e derivados de petróleo. Dessa forma, o Brasil ocupava uma condição de importador devido à escala e qualidade do petróleo produzido nacionalmente. Entretanto, recentemente o país foi elevado a um novo patamar de reservas e produção de petróleo, assumindo posição de destaque no *ranking* dos grandes detentores de reservas desse combustível em todo o mundo, em decorrência das descobertas na camada geológica Pré-Sal[4] na costa brasileira.

Conforme informação apresentada no *site* da Petrobras, principal empresa de exploração e produção de petróleo no Brasil, apesar de o Pré-Sal estar presente ao longo de grande parte do litoral brasileiro, as principais áreas localizam-se entre os estados de Santa Catarina e Espírito Santo, onde foi verificada a presença de grandes volumes de óleo leve, cuja qualidade e valor comercial são superiores à maioria do óleo explorado atualmente no país.

Ainda de acordo com o *site* da empresa, a camada Pré-Sal consiste em um profundo intervalo geológico, localizado abaixo de uma camada de sal, o qual apresenta grande potencial para a geração e acúmulo de petróleo. Além das camadas de rochas e de sal, que juntas podem somar até 7 mil metros de profundidade, a distância entre os locais onde são realizadas as atividades e o continente, assim como a lâmina d'água, que pode alcançar até 2 mil metros de profundidade, impõem muitos desafios.

A condição de operação em águas profundas é uma realidade para diversos outros parques exploratórios em todo o mundo. Na região de água profunda do Golfo do México, no sul dos Estados Unidos, por exemplo, há intensa e crescente atividade exploratória, apesar das condições adversas impostas pela extensa lâmina d'água e grande distância da costa (US EIA[5], 2011). As dificuldades operacionais impostas por essas características são constantemente superadas com massivos investimentos no

---

[3] *Central Information Agency* - EUA. Informações disponíveis no site oficial: https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2173 rank.html

[4] Informações disponíveis no portal sobre o pré-sal, no site da Petrobras: http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/petroleo/presal/

[5] Informações extraídas do US *Energy Information Administration* (EIA), disponíveis no *site* oficial da instituição: http://www.eia. doe.gov/pub/oil_gas/petroleum/analysis_publications/oil_market_basics/supply_federal_offshore.htm

desenvolvimento de tecnologias avançadas, ao passo que as preocupações com a preservação ambiental parecem não ter evoluído de forma compatível.

Em abril de 2010, o acidente envolvendo a plataforma de perfuração *offshore* - *Deepwater Horizon*, no Golfo do México, resultou no vazamento de aproximadamente 780.000 m³ de óleo cru no mar. Além das falhas operacionais, o acidente, atualmente considerado o pior desastre ambiental na história dos Estados Unidos[6], evidenciou as grandes deficiências no sistema de resposta atualmente praticado e aceito internacionalmente. O grande volume de óleo derramado no mar durante cerca de 03 (três) meses de vazamento contínuo resultou não apenas em prejuízos econômicos, como em diversos impactos ambientais. Devido à ação dos ventos e correntes marinhas, o óleo se dispersou e provocou a poluição de diversos ecossistemas costeiros, causando a morte de milhares de animais, como aves, peixes, tartarugas marinhas, mamíferos marinhos, recifes de coral, entre outros (NOAA[7], 2011).

Logo, além dos grandes desafios tecnológicos, a nova fronteira exploratória do Brasil também impõe importantes desafios relacionados à proteção do meio ambiente. É possível identificar semelhanças entre as características operacionais das atividades desenvolvidas no Pré-Sal brasileiro e no Golfo do México, como a extensa coluna d'água. Assim, os planos estabelecidos para o combate a eventual vazamento, no contexto da atividade exploratória no Brasil, devem ser avaliados, considerando as dificuldades enfrentadas durante a ação de resposta à real emergência.

Atualmente, sabe-se que a qualidade, bem como a condição de todo tipo de vida no planeta, está intimamente relacionada ao meio ambiente em que esta se insere e faz parte. Dessa forma, são cada vez maiores a pressão pública e as preocupações por partes das empresas com relação à preservação ambiental durante o desenvolvimento de atividades potencialmente ou efetivamente poluidoras.

Nesse sentido, o presente trabalho procurou analisar o sistema de resposta a vazamento de óleo no mar exigido pela legislação brasileira e praticado pelas empresas operadoras de atividades exploratórias no Brasil, considerando um acidente de grande magnitude. Para isso, foram consideradas informações referentes ao acidente ocorrido no Golfo do México em abril de 2010; ações emergenciais exigidas e previstas para serem empregadas em caso de vazamento de óleo no mar; legislações aplicáveis e suas exigências mínimas para o plano de emergência, entre outras.

---

[6] De acordo com Carol Browner, diretora do departamento de energia e mudanças climáticas do governo americano. Informação disponível no *site*: http://www.nhregister.com/articles/2010/06/06/opinion/doc4c0b106fac8a3586413892.txt

[7] *National Oceanic and Atmospheric Administration*, agência federal para assuntos oceânicos e atmosféricos, disponível em: http://www.gulfspillrestoration.noaa.gov/oil-spill/affected-gulf-resources/

2 - Objetivo

O objetivo desse projeto é avaliar as atuais condições de resposta a eventuais acidentes de vazamento de óleo no mar que possam ocorrer durante a atividade de perfuração marítima realizada no Brasil. Assim, espera-se determinar se o país está legal e tecnicamente preparado para controlar e combater um acidente de grande magnitude dessa natureza, e consequentemente minimizar os diversos impactos ambientais que podem ser gerados.

3 - Justificativa

A discussão sobre esse tema é relevante, uma vez que a atividade de E&P *offshore* de petróleo e gás natural no Brasil encontra-se em foco, devido às descobertas significativas na camada Pré-Sal. Além disso, o acidente ocorrido no Golfo do México, em abril de 2010, trouxe à tona questionamentos em relação à segurança na operação dessa atividade e também dúvidas acerca da capacidade de controle rápido e eficiente de um grande derramamento de óleo no mar. Com isso, em decorrência das semelhanças operacionais entre a atividade desenvolvida no Pré-Sal e aquela relacionada ao acidente mencionado, trata-se de um importante momento para aplicação das lições aprendidas.

4 - Metodologia

De modo que o objetivo apresentado anteriormente fosse atingido, a metodologia de elaboração do trabalho consistiu no levantamento de informações em bancos de dados confiáveis, como *Science Direct* e SciELO, que hospedam publicações científicas sobre diversos temas. Adicionalmente, foram avaliados portais de universidades, instituições de ensino e empresas e órgãos relacionados à atividade de E&P *offshore* de petróleo e gás natural, proteção ambiental e serviços de resposta a emergências, onde realizou-se uma busca por livros, teses, dissertações, artigos e periódicos sobre assuntos relacionados ao tema deste estudo.

Foram compiladas informações como histórico de acidentes na atividade de perfuração marítima, legislações aplicáveis ao tema, principais impactos ambientais relacionados a derramamento de óleo no mar e técnicas e equipamentos de resposta atualmente utilizados.

O presente estudo encontra-se estruturado em 03 (três) principais capítulos: Levantamento de Dados, Discussão e Conclusões e Recomendações.

5 - Levantamento de Dados

5.1 - Histórico de Acidentes Durante a Atividade de Perfuração Marítima

Vazamentos decorrentes da atividade de E&P *offshore* de petróleo e gás natural são frequentes no mundo inteiro e, na maior parte dos casos, tratam-se de pequenos ou médios derramamentos[8] (CARVALHO, 2010). No entanto, devido a causas distintas, eventualmente podem ocorrer acidentes mais graves, podendo gerar não apenas impactos ambientais, como também socioeconômicos. O mais recente acidente de grande magnitude dessa natureza ocorreu no Golfo do México em abril de 2010.

A seguir, serão apresentadas estatísticas sobre acidentes em atividades de perfuração marítima, obtidas do *Worldwide Offshore Accident Databank* (WOAD), banco de dados mundial amplamente conhecido e utilizado. Ressalta-se que algumas estatísticas obtidas do relatório "*Accident Statistics for Offshore Units on the United Kingdom Continental Shelf* (UKCS) 1990-2007[9]" também serão utilizadas, buscando-se complemenntar as informações do WOAD.

A análise de acidentes ocorridos anteriormente é um método eficaz de antecipação de falhas nos sistemas analisados, pois permite realizar uma avaliação das causas mais frequentes e das condições locais que favoreceram sua ocorrência, indicando os pontos que devem ser priorizados. Devido a essa importância, a Análise Histórica de Acidentes é uma seção obrigatória no item de Análise de Riscos dos estudos ambientais exigidos pela legislação brasileira para todas as unidades que desejam realizar atividades de E&P *offshore* de petróleo no Brasil.

5.1.1 - Análise dos Dados do WOAD

O "*Worldwide Offshore Accident Databank*, *Statistical Report* 1998", elaborado pela *Det Norske Veritas* (DNV), é um banco de dados que contém uma análise estatística de acidentes que ocorreram em atividades *offshore* entre 1970 e 1997 no mundo inteiro. Entretanto, os dados que serão apresentados ao longo dessa seção abrangem apenas 17 anos, considerando o período de 1980 a 1997[10].

---

[8] A classificação da magnitude de um vazamento é definida de acordo com o volume de óleo derramado, conforme apresentado na **Tabela 5-3**.

[9] Disponível em: http://www.oilandgasuk.co.uk/cmsfiles/modules/publications/pdfs/EHS30.pdf

[10] Na fonte utilizada (Relatório de Controle Ambiental (RCA) da Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-PAMA-8, Bacia do Pará-Maranhão, elaborado pela ICF Consultoria do Brasil para a PETROBRAS) para obtenção dos dados do WOAD, constavam informações apenas sobre o período entre 1980-1997.

- ***Tipos de Acidentes***

Conforme mencionado anteriormente, os acidentes em unidades marítimas podem ter diversas origens. Os acidentes registrados no WOAD foram classificados de acordo com as causas iniciadoras apresentadas na **Tabela 5-1**.

Tabela 5-1 - Causas iniciadoras de acidentes.

Causas de Acidentes	Descrição
Falha da Âncora	Problemas com a âncora, com a linha da âncora ou guinchos
Blowout	Fluxo incontrolável de gás, óleo ou outro fluido do reservatório
Tombamento	Perda de estabilidade, resultando na completa virada da unidade (emborcar)
Colisão	Contato acidental entre uma unidade da atividade *offshore* e outra unidade externa
Contato	Contato acidental entre duas unidades da atividade *offshore*
Acidentes com Guindaste	Qualquer evento causado por/ou envolvendo guindaste ou outro equipamento para elevação
Explosão	Explosão
Queda de Material	Queda de objetos a partir de guindastes ou outros equipamentos de levantamento de carga. Queda do guindaste, botes salva-vidas que acidentalmente caiam no mar e homem ao mar estão incluídos
Incêndio	Incêndio
Afundamento	Perda de flutuação da instalação
Encalhe	Contato com o fundo do mar
Acidente com Helicóptero	Acidente com helicóptero no heliponto ou outro lugar da instalação
Entrada de Água	Alagamento da unidade ou compartimento causando perda de estabilidade/flutuação
Adernamento	Inclinação incontrolada da unidade
Falhas das Máquinas	Falha das máquinas de propulsão
Fora de Posição	Unidade acidentalmente fora da posição esperada ou fora de controle
Vazamento	Perda de fluido ou gás para as circunvizinhanças causando poluição ou risco de explosão/incêndio
Dano Estrutural	Falha por quebra ou fadiga de suporte estrutural
Acidente Durante Reboque	Quebra ou problemas durante o reboque
Problema no Poço	Problema acidental com o poço
Outros	Outros eventos além dos especificados acima

Fonte: Dados do WOAD obtidos do Relatório de Controle Ambiental (RCA) da Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-PAMA-8, Bacia do Pará-Maranhão, elaborado pela ICF Consultoria do Brasil para a PETROBRAS.

Dentre as causas iniciadoras apresentadas, *blowout*, afundamento, explosão, tombamento, colisão, adernamento, vazamento e problema no poço se destacam como os principais eventos que podem resultar em derramamento de óleo para o mar.

As principais unidades de perfuração marítimas utilizadas atualmente são: Plataformas fixas, plataformas auto-eleváveis, plataformas semissubmersíveis e navios-sonda[11]. Como as 02 (duas) primeiras são restritas a profundidades pequenas e atualmente a tendência é a exploração em águas cada vez mais profundas, as outras 02 (duas) são as unidades de maior importância no cenário atual. Como ambas são móveis, nas estatísticas analisadas serão consideradas apenas as desse tipo.

A **Tabela 5-2** apresenta os números de ocorrências de acidentes em unidades móveis de perfuração e suas porcentagens correspondentes, pelos tipos de causas definidos pelo WOAD, as quais foram descritas na **Tabela 5-1**.

Tabela 5-2 - Números de ocorrências e porcentagem por tipo de causa (1980-1997).

Causas de Acidentes	Ocorrências	%
Falha da Âncora	84	5,65%
Blowout	108	7,26%
Tombamento	66	4,44%
Colisão	28	1,88%
Contato	116	7,80%
Acidentes com Guindaste	41	2,76%
Explosão	28	1,88%
Queda de Material	81	5,44%
Incêndio	131	8,80%
Afundamento	53	3,56%
Encalhe	32	2,15%
Acidente com Helicóptero	6	0,40%
Entrada de Água	33	2,22%
Adernamento	59	3,97%
Falhas das Máquinas	14	0,94%
Fora de Posição	116	7,80%
Vazamento	95	6,38%
Dano Estrutural	172	11,56%
Acidente Durante Reboque	59	3,97%
Problemas no Poço	141	9,48%
Outros	25	1,68%
Total	**1.488**	**100,00%**

Fonte: Dados do WOAD obtidos do RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

[11] **Plataforma fixa**: Jaqueta de aço sobre a qual é montada uma estrutura que comporta todos os equipamentos e acomodações necessárias às atividades de perfuração. Possuem a vantagem de serem estáveis até sob as condições mais severas de mar, já que não flutuam. São projetadas para utilização em águas rasas, com limitação de profundidade de cerca de 300 metros de lâmina d'água (SCHAEFFEL, 2002).

Plataforma auto-elevável: Possui um casco de formato geralmente triangular ou retangular suportado por pernas treliçadas fixadas no fundo do mar. O casco pode ser posicionado na altura mais conveniente, mantendo a plataforma longe da ação das ondas. Assim como as fixas, é utilizada em águas rasas e oferece a vantagem da estabilidade (SCHAEFFEL, 2002).

Plataforma semissubmersível: Plataforma flutuante que se apóia sobre colunas as quais, por sua vez, se apóiam em flutuadores submersos (*pontoons*) (FERNÁNDEZ *et al*., 2009). Oferecem a vantagem de operação em maiores lâminas d'água (SCHAEFFEL, 2002).

Navio-sonda: Embarcação equipada com sonda de perfuração e demais equipamentos necessários para realização da perfuração (FERNÁNDEZ *et al*., 2009). Sua principal vantagem é a capacidade de perfurar em quase qualquer lâmina d'água (SCHAEFFEL, 2002).

Destaca-se que os principais acidentes que podem resultar em vazamento de óleo para o mar, indicados anteriormente, correspondem a cerca de 40% do total ocorrido no período analisado.

O WOAD contém também estatísticas que relacionam número de acidentes pelo modo de operação de unidades móveis (perfuração, ociosa, operação, produção, construção, suporte, transferência e outras). Os dados registrados indicam que a fase perfuração possui o maior índice de ocorrência de acidentes, representando pouco mais de 50% do total, conforme mostra a **Figura 5-1**.

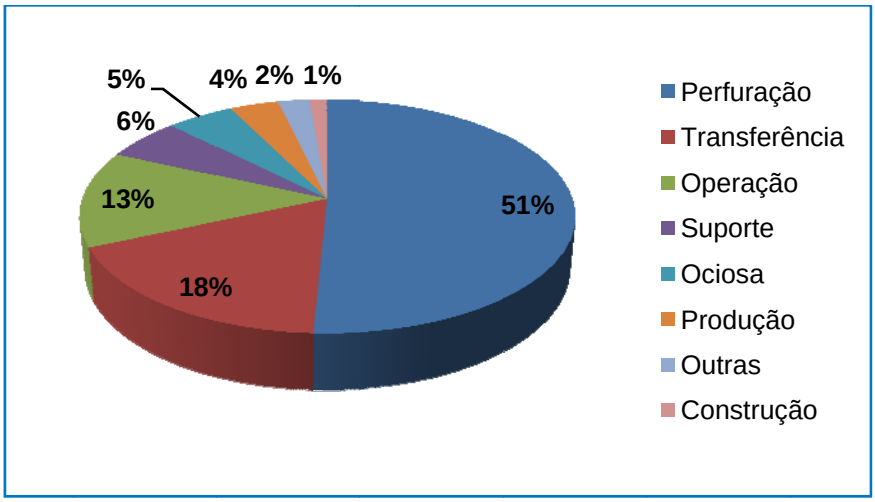

Figura 5-1- Gráfico da distribuição de acidentes por modo de operação.
Fonte: Dados do WOAD obtidos do RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

O relatório "*Accident Statistics for Offshore Units on the United Kingdom Continental Shelf* (UKCS) 1990-2007", apesar de tratar somente da plataforma continental do Reino Unido e considerar um período distinto do WOAD (1990-2007, ao invés de 1980-1997), apresenta resultados que também demonstram que a perfuração é a etapa com maior número de acidentes.

Das diversas causas iniciadoras já apresentadas, o *blowout* é o acidente de maior preocupação na fase de perfuração, uma vez que possui grande potencial de gerar severas consequências ao meio ambiente e à integridade das estruturas das plataformas. Contudo, atualmente, são feitos grandes investimentos em inovações tecnológicas com objetivo de reduzir a frequência desses eventos.

- ***Severidade dos Danos***

A seguir, encontram-se divididos em 03 (três) categorias, os danos gerados pelas causas iniciadoras de acidentes apresentadas na **Tabela 5-1**.

a) Danos Ambientais

De acordo com o WOAD, os danos ambientais estão diretamente associados a acidentes que resultem em vazamento de algum produto para o mar. Como o presente trabalho é voltado para derramamentos de óleo no mar, serão analisados apenas vazamentos dos elementos abaixo, não sendo considerado, por exemplo, o derrame de produtos químicos.

- Óleo cru e óleo lubrificante
- Óleo e gás
- Óleos leves, como óleo combustível aquecido, óleo hidráulico, condensado, metanol, glicol, óleo diesel ou lama a base de óleo.

Além disso, o banco de dados em questão gera estatísticas de acidentes conforme a dimensão do vazamento (**Tabela 5-3**).

Tabela 5-3 - Dimensões de vazamentos.

Dimensão do Vazamento	Quantidade / Volume*
Pequeno	Vazamentos de 0 - 9 toneladas (0 a 11 m³)
Moderado	Vazamentos de 10 - 100 toneladas (12 a 125 m³)
Significante	Vazamentos de 101 - 1.000 toneladas (126 a 1.250 m³)
Grande	Vazamentos de 1.001 - 10.000 toneladas (1.251 a 12.500 m³)
Muito grande	Vazamentos > 10.000 toneladas (> 12.500 m³)

* Para definição do volume (m³), considerou-se a densidade de um óleo cru de 818 kg/m³.

Fonte: Dados do WOAD obtidos do RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

Na **Tabela 5-4** é possível observar os números de ocorrência de acidentes que geraram vazamentos por tipo de produto derramado e também pela dimensão do vazamento, considerando unidades móveis de perfuração.

Tabela 5-4 - Números de ocorrências e porcentagem por tipo de produto derramado e dimensão do vazamento (1980-1997).

Produto	Dimensão do Vazamento					
	Pequeno	Menor	Significante	Grande	Muito Grande	Desconhecida
Óleo cru	6	-	2	-	-	5
Óleo e gás	9	-	1	2	5	13
Óleo leve	37	7	3	-	-	4
Total	**52**	**7**	**6**	**2**	**5**	**22**
%	**55,32%**	**7,45%**	**6,38%**	**2,13%**	**5,32%**	**23,40%**

Fonte: Dados do WOAD obtidos do RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

Nota-se que vazamentos classificados como ‘grande’ e ‘muito grande’ representam uma pequena parcela de cerca de 8% do total.

b) Danos ao Homem

Em relação aos danos ao homem, o WOAD possui estatísticas que tratam de acidentes com fatalidades. Na **Tabela 5-5** estão apresentados os números de ocorrências de acidentes dessa natureza em unidades móveis de perfuração, além dos números de vítimas fatais, pelos tipos de causas definidos pelo WOAD.

Tabela 5-5 - Números de ocorrências e vítimas por tipo de causa (1980-1997).

Causas de Acidentes	Ocorrências	Vítimas
Falha da Âncora	2	3
Blowout	3	21
Tombamento	20	424
Colisão	1	7
Contato	-	-
Acidentes com Guindaste	-	-
Explosão	6	8
Queda de Material	13	19
Incêndio	11	33
Afundamento	1	2
Encalhe	-	-
Acidente com Helicóptero	4	27
Entrada de Água	1	1
Adernamento	2	4
Falhas das Máquinas	-	-
Fora de Posição	-	-
Vazamento	1	1
Dano Estrutural	-	-
Acidente Durante Reboque	1	1
Problemas no Poço	-	-
Outros	5	12
Total	**71**	**563**

Fonte: Dados do WOAD obtidos do RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

A partir dos dados da tabela anterior, nota-se que o tombamento é o tipo de acidente responsável pelo maior número de fatalidades.

Conforme mencionado anteriormente, o WOAD possui estatísticas que relacionam número de acidentes pelo modo de operação de unidades móveis. Após análise dos dados registrados, verificou-se que, assim como para acidentes em geral, a fase perfuração possui também o maior índice de ocorrência de acidentes com fatalidade, com aproximadamente 53% do total, conforme apresentado na **Figura 5-2**.

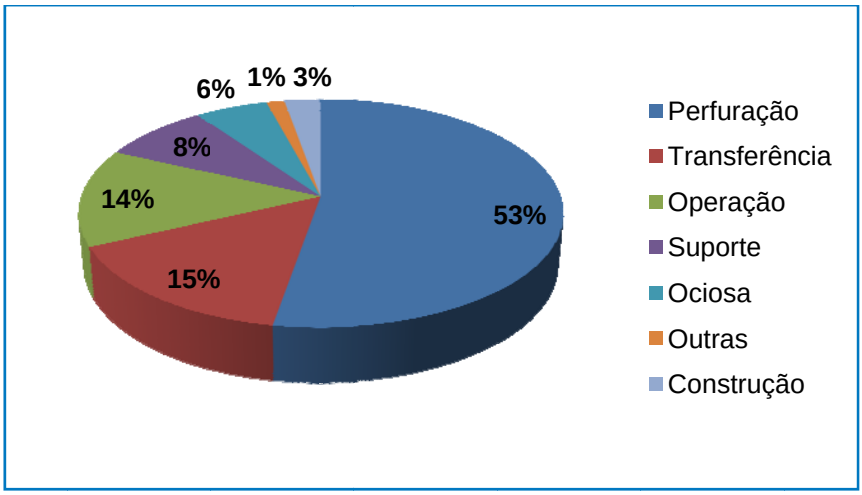

Figura 5-2 - Gráfico da distribuição de acidentes com fatalidades por modo de operação.
Fonte: Dados do WOAD obtidos do RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

c) Danos ao Patrimônio

Em relação aos danos ao patrimônio, o WOAD possui estatísticas que tratam da severidade dos danos após a ocorrência de um acidente. A classificação de danos está apresentada na **Tabela 5-6**.

Tabela 5-6 - Classificação de danos ao patrimônio.

Grau de Dano	Descrição
Perda Total	Perda total da unidade incluindo perda total da construção do ponto de vista das seguradoras.
Dano Severo	Dano severo para um ou mais módulos da unidade, grandes danos em equipamentos essenciais.
Dano Significativo	Dano sério e significativo para módulo ou área localizada da unidade.
Dano Menor	Dano a mais de um equipamento não essencial ou dano menor em um equipamento essencial.
Dano Insignificante	Dano insignificante ou nenhum dano ou nenhum dano à(s) parte(s) de equipamento essencial.

Fonte: Dados do WOAD obtidos do RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

Os dados registrados no WOAD indicam que acidentes que resultam em ‘dano insignificante’ e ‘dano menor’ são os mais comuns, representando aproximadamente 60% do total de acidentes em unidades móveis de perfuração.

Ressalta-se que, comparando a fase perfuração com a de produção, a primeira possui um percentual maior de acidentes resultando em perda total (igual a 6%, enquanto na produção é de cerca de 3%).

Realizando a distribuição das diversas causas iniciadoras de acidentes pelos diferentes graus de danos que podem ser ocasionados, observa-se que cerca de 83% dos *blowouts* ocorridos, acidente que gera maior preocupação na fase de perfuração, resultaram em ‘dano insignificante’ e ‘dano menor’. Além disso, nenhum desses eventos ocasionou a perda total da unidade.

5.1.2 - Principais Acidentes com Grandes Derramamentos de Petróleo

A **Tabela 5-7** apresenta brevemente, de forma cronológica, os eventos com maiores vazamentos de petróleo para mar ocorridos no mundo, considerando o intervalo de tempo entre 1970 e 2010. Destaca-se que foram avaliados derramamentos superiores a 25.000 m³, o que corresponde a 02 (duas) vezes o limite mínimo de vazamentos classificados como 'muito grande' pelo WOAD.

Tabela 5-7 - Principais vazamentos de petróleo no mar do mundo.

Ano	Local	Unidade	Volume Aproximado (m³)	Causa
2010	Golfo do México (EUA)	Plataforma semissubmersível de perfuração (*Deepwater Horizon*)	780.000	*Blowout* seguido de explosão e afundamento da plataforma
2009	Mar do Timor, Oceano índico (Austrália)	Plataformas de perfuração (*West Atlas / Montara*)	30.000	*Blowout* e incêndio
2002	Costa Galega. Norte de Portugal, Oceano Atlântico	Petroleiro (*Prestige*)	75.000	Navio se parte ao meio após sofrer várias avarias em tempestade e afunda em seguida
1994	República Autônoma dos Komi (Rússia)	Oleoduto	360.000	-
1991	Golfo Pérsico (Oriente Médio)	Poços de petróleo do Kuwait	1.600.000	Governo do Iraque abriu válvulas de poços para dificultar o desembarque, durante a Guerra do Golfo
1990	Texas (EUA)	Petroleiro (*Mega Borg*)	25.000	Problema na manobra de alívio seguida de incêndio
1989	Alasca (EUA)	Petroleiro (*Exxon Valdez*)	45.000	Choque entre o petroleiro e um recife
1983	Golfo Pérsico (Oriente Médio)	Plataforma de Nowruz	310.000	Afundamento da plataforma após choque de tanque
1979	Tobago (Caribe)	Petroleiro (*Atlantic Empress*)	340.000	Colisão com o petroleiro *Aegean Captain* seguida de naufrágio, durante tempestade
1979	Baía de Campeche (México)	Poço exploratório Ixtoc 1, perfurado por uma plataforma semissubmersível (*Sedco 135F*)	550.000	*Blowout* seguido de incêndio e afundamento da plataforma
1978	Costa da Bretanha (França)	Petroleiro (*Amoco Cadiz*)	270.000	Navio se parte ao meio após encalhar em recifes
1976	Massachusetts (EUA)	Navio-tanque (*Argo Merchant*)	30.000	Navio se parte ao meio após encalhar nos bancos de Nantucket
1971	Cabo Hatteras (EUA)	Petroleiro (*Texaco Oklahoma*)	40.000	Navio se parte ao meio durante tempestade

Fonte: "*Cronologia dos Principais Vazamentos de Petróleo no Mundo*", 30/04/2010 - Disponível em: http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesaude/ultimas-noticias/efe/2010/04/30/veja-cronologia-dos-principais-vazamentos-de-petroleo-no-mundo.jhtm / "*Maiores Vazamentos de Petróleo do Mundo*", 27/05/2010 - Disponível em: http://meioambiente.culturamix.com/ecologia/maiores-vazamentos-de-petroleo-do-mundo / "*Saiba Quais Foram os 10 Derramamentos de Óleo que Marcaram a História*", 04/12/2010 - Disponível em: http://boipebanews.blogspot.com/2010/12/saiba-quais-foram-os-10-derramamentos.html

Nota-se, na relação apresentada anteriormente, que a maior parte dos acidentes identificados ocorreu nos EUA, e que nenhum dos eventos listados se desenvolveu em território brasileiro. Ressalta-se que há apenas 03 (três) acidentes envolvendo plataformas de perfuração, dentre eles o mais recente ocorrido no Golfo do México.

Realizando um levantamento dos principais vazamentos de petróleo e derivados já ocorridos no Brasil, considerando derramamentos acima de 126 m³ ('Significante' - de acordo com a **Tabela 5-3**), foram identificados os seguintes acidentes (**Tabela 5-8**).

Tabela 5-8 - Principais vazamentos de petróleo e derivados no Brasil.

Ano	Local	Fonte do Vazamento	Volume Aproximado (m³)
1975	Baía de Guanabara - RJ	Cargueiro fretado pela Petrobras	7.300
1983	Bertioga - SP	Oleoduto da Petrobras	3.000
1984	Cubatão - SP	Duto de gasolina da Petrobras	700
1994	18 praias do litoral norte de SP	-	2.700
1997	Baía de Guanabara - RJ	Oleoduto da Petrobras	2.800
1998	Entre São José dos Campos e Guararema - SP	Oleoduto da Petrobras	1.500
2000	Baía de Guanabara - RJ	Oleoduto da Petrobras	1.300
2000	Araucária - PR	Tubulação de refinaria da Petrobras	4.000
2001	Bacia de Campos	Plataforma de produção P-36 da Petrobras	1.800
2001	Barueri - SP	Oleoduto da Petrobras	200
2001	Baía de Paranaguá - PR	Petroleiro com nafta da frota da Transpetro (Subsidiária da Petrobras)	392

Fonte: "*Principais Acidentes com Petróleo e Derivados no Brasil*" - Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/acidentes_ambientais/principais_acidentes_com_petroleo_e_derivados_no_brasil.html / "*Lembranças da Vila Socó, Ontem e Hoje*", 14/01/2010 - Disponível em: http://zonaderisco.blogspot.com/2010/01/lembrancas-da-vila-soco-ontem-e-hoje.html

Destaca-se que todos os acidentes envolveram instalações da Petrobras (com exceção do ocorrido em 1994, o qual não identificou-se a fonte do vazamento) e apenas um sucedeu-se em uma plataforma, sendo esta de produção. Além disso, nenhum dos derramamentos classificou-se como 'muito grande' (acima de 12.500 m³).

A seguir, serão descritos os acidentes ocorridos em plataformas de perfuração, identificados na **Tabela 5-7**. Primeiramente, serão apresentadas descrições breves sobre os acidentes envolvendo as plataformas *West Atlas, Montara* e *Sedco 135F*. Após essas descrições, será tratado com maior detalhamento o acidente na plataforma *Deepwater Horizon*.

- ***O Acidente com as Plataformas de Perfuração West Atlas e Montara***

Em 21 de agosto de 2009, um poço exploratório de petróleo no Campo de *Montara*, localizado no Mar do Timor, Oceano Índico, na costa norte da Austrália Ocidental, sofreu um *blowout*. Esse poço estava sendo perfurado pela WHP (*Well Head Platform* - Plataforma Cabeça de Poço) *Montara*. A ocorrência do acidente foi associada à

perfuração de um novo poço em área adjacente pela plataforma *jackup West Atlas*, o que pode ter interferido na pressão do reservatório.

As 03 (três) primeiras tentativas de acabar com o vazamento não foram eficazes e a quarta, em 01 de novembro de 2009, além de ter também falhado, ainda deflagrou um incêndio na plataforma *West Atlas*. Finalmente, em 03 de novembro de 2009, após 74 dias do início do acidente, a quinta tentativa foi bem sucedida e o vazamento foi cessado. Isso foi obtido com o bombeamento de cerca de 3.400 barris (aproximadamente 540 m³) de lama em um poço aliviador[12] até a base do poço em que ocorria o vazamento. Após estar controlado, foi ainda inserido, também pelo poço aliviador, um tampão de cimento para evitar outro vazamento que eventualmente pudesse ocorrer. Como uma medida de segurança adicional, em dezembro de 2009 foram inseridas 02 (duas) barreiras mecânicas acima do tampão de cimento.

No total, foram derramados aproximadamente 30.000 m³ de óleo cru e condensado no mar que atingiram regiões de extrema importância para conservação da vida marinha e as 02 (duas) plataformas mencionadas foram completamente destruídas. Com isso, o acidente é considerado um dos piores desastres ambientais da Austrália relacionados a derramamentos de petróleo.

- ***O Acidente com a Plataforma de Perfuração Sedco 135F***

Em 03 de junho de 1979, o poço exploratório de petróleo Ixtoc I, localizado na Baía de Campeche, Golfo do México, a uma distância de cerca de 90 km da cidade de Carmen, México, sofreu um *blowout*. Esse poço estava sendo perfurado em lâmina d'água de 50 m, a uma profundidade de aproximadamente 3 km pela plataforma semissubmersível *Sedco* 135-F da *Transocean*, empresa de origem suíça especializada em operações de perfuração *offshore,* contratada pela empresa petrolífera estatal mexicana PEMEX (Petróleos Mexicanos).

A causa principal para ocorrência do *blowout* foi a perda de circulação de fluido de perfuração[13]. Com isso, o poço tornou-se instável, pois a pressão da formação do petróleo aumentou, permitindo sua entrada no poço e, em seguida, sua chegada na

---

[12] Poço perfurado para permitir intervenção de interrupção de *blowout* em poço adjacente. Através do poço aliviador, é feita a injeção de fluidos de perfuração de alta densidade no reservatório, para deter o vazamento, e, em seguida, a injeção de cimento para garantir a selagem do poço. Informação disponível em: http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9034436&contentId=7063870

[13] Misturas de sólidos, líquidos, aditivos químicos e/ou gases utilizados durante a perfuração dos poços para exploração de petróleo (VEIGA, 1998 *apud* SCHAFELL, 2002). Sua principal função é transportar os cascalhos gerados no poço até a superfície, apesar de desempenhar outras funções importantes, como: limpar o poço, manter os cascalhos em suspensão quando não houver circulação no poço, manter a estabilidade mecânica e equilíbrio de pressões no poço; resfriar e transmitir força hidráulica a broca (VAN DYKE, 2000; ECONOMIDES *et al*., 1998; BOURGOYNE *et al*., 1991; LUMMUS *&* AZAR, 1986 *apud* SCHAFELL, 2002).

plataforma. O petróleo que vazou entrou em contato com uma fonte de ignição e, portanto, o combustível começou a ser queimado, afetando de forma intensa a plataforma *Sedco 135F*, que afundou após ser totalmente destruída pelo incêndio.

O vazamento durou 280 dias e só foi cessado após a injeção de água durante vários dias pelos 02 (dois) poços aliviadores, seguida de total tamponamento do poço Ixtoc I. No total, foram derramados aproximadamente 550.000 m³ de óleo cru no Golfo do México. De acordo com relatórios da empresa, desse volume, 50% foi queimado, 16% evaporou, 6% foi coletado e 28% se dispersou.

Apesar de ter ocorrido há cerca de 30 anos, o acidente ainda hoje é considerado como um dos maiores desastres ambientais consequentes de vazamento de óleo no mar, tendo em vista que afetou uma parte considerável da região oceânica do Golfo do México, além de ter atingido grande extensão da costa mexicana e do Texas, EUA.

- ***O Acidente com a Plataforma de Perfuração Deepwarter Horizon***

O expressivo acidente ocorrido em abril de 2010 envolveu a atividade de perfuração realizada pela petrolífera britânica BP no Golfo do México. Esta empresa desenvolve, entre outras atividades, a exploração e produção de petróleo em diversas partes do mundo.

Em outubro de 2009, a BP iniciou as operações para a perfuração do poço exploratório *Macondo*, localizado no prospecto que recebe o mesmo nome, na região sul do Golfo do México. A atividade começou a ser desenvolvida pela plataforma de perfuração semissubmersível denominada *Marianas*. Esta sonda pertence à *Transocean*, contratada pela BP para realização deste serviço.

Devido ao ciclo anual de formação de ciclones tropicais, essa região é frequentemente atingida por violentos furacões. A “Temporada de Furacões do Atlântico” caracteriza-se por um período variável de meses ao longo do ano quando é mais frequente e intensa a ocorrência de eventos meteorológicos extremos, como furacões.

Dessa forma, com base nas informações de previsão de deslocamento e intensidade das massas de ar, as atividades *offshore* desenvolvidas em áreas vulneráveis como o Golfo do México podem ser temporariamente suspensas com o objetivo de evitar a exposição dos trabalhadores e prejuízos aos ativos lá instalados.

Em 2009, para o Oceano Atlântico, a temporada de furacões foi estabelecida entre os meses de junho e novembro. Para o último mês da temporada, foi verificada a formação e aproximação do Furacão “Ida”. Dessa forma, a plataforma *Marianas* foi

retirada do local e encaminhada ao estaleiro para ser submetida a serviços manutenção e reparos de danos causados durante a remoção da plataforma.

Para garantir a continuidade da atividade, a sonda de perfuração danificada foi substituída por uma plataforma semissubmersível similar, também de posse da *Transocean*, denominada *Deepwater Horizon*, que pode ser observada na **Figura 5-3**.

Figura 5-3 - Plataforma de perfuração *Deepwater Horizon*.
Fonte: http://www.deepwater.com/fw/main/Deepwater-Horizon-Gallery-987.html

Esta categoria de plataforma é composta de complexa estrutura para realização e serviços de apoio à atividade de perfuração, a qual é instalada sobre flutuadores submersos. A unidade flutuante sofre movimentações, devido à ação das ondas, correntes e ventos, que podem danificar os equipamentos ligados ao poço. Por isso, durante toda a atividade, é necessário que a plataforma permaneça posicionada na superfície do mar, com deslocamento controlado, dentro de um círculo com raio de tolerância que varia de acordo com os equipamentos utilizados na subsuperfície.

Para isso, podem ser empregados 02 (dois) tipos de sistema de posicionamento, ou a combinação destes. O posicionamento pode ser realizado por sistema de ancoragem, o qual consiste de âncoras e cabos capazes de restaurar a posição da unidade flutuante quando esta é movimentada de sua posição ideal pela ação das ondas, ventos e correntes. Já o sistema de posicionamento dinâmico consiste na ação de auto-propulsores para o restabelecimento da posição, com base em informações de sensores e satélite, como é o caso da plataforma *Deepwater Horizon*.

Após a passagem do furacão e com o restabelecimento das condições operacionais no Golfo do México, em fevereiro de 2010, a atividade de perfuração do poço *Macondo* foi reiniciada com a nova plataforma.

A atividade de perfuração consiste em uma sequência de etapas organizadas com objetivo de perfurar o solo marinho até a profundidade necessária, possibilitando a comunicação entre a formação rochosa, onde é esperada a presença de acumulação de petróleo, e a plataforma que irá receber a produção.

A ação combinada de rotação, peso da coluna de perfuração[14] e jateamento de fluido, através de uma broca (**Figura 5-4**), resulta no corte e na trituração das formações rochosas subsuperficiais. O fluido de perfuração é injetado pelo o interior da coluna de perfuração, e retorna à superfície pelo espaço anular entre a coluna e a parede do poço, trazendo o cascalho[15] gerado.

Figura 5-4 - Exemplo de broca de perfuração tricônica.
Fonte: HALLIBURTON, 2001 *apud* SCHAFFEL, 2002.

Ao final da perfuração de determinados intervalos, a coluna de perfuração é suspensa para a instalação do revestimento interno do poço, com tubos de aço especiais contra corrosão pela passagem de petróleo. Esta proteção tem objetivo de selar a formação geológica exposta para garantir a estabilidade do poço, além de prevenir contaminações.

Após esta etapa, chamada *casing*, dá-se início ao processo de cimentação do poço, operação que consiste na injeção de um cimento especial no espaço anular entre a parede externa do revestimento e a parede interior do poço, garantindo o isolamento das rochas expostas.

Ao final da cimentação, inicia-se uma nova fase com a utilização de uma broca de menor diâmetro, dando continuidade à atividade com segurança. A escolha do número

[14] Coluna composta por tubos, broca e outros equipamentos necessários à perfuração. As funções desta estrutura são: aplicar peso e transmitir rotação à broca, conduzir fluido de perfuração e garantir inclinação do poço (FERNÁNDEZ *et al*., 2009).

[15] De acordo com Schafell (2002), os cascalhos são fragmentos de rocha triturados pela ação da broca de perfuração. Estes são carreados do poço até a plataforma, pelo fluxo do fluido de perfuração, onde serão avaliados e descartados para o mar, se dentro das condições estabelecidas pela legislação.

de fases de perfuração com os diferentes diâmetros das brocas e fluidos depende das características das rochas a serem perfuradas e a profundidade final prevista.

Em linhas gerais, o processo de perfurar consiste na ação repetitiva de girar a coluna de perfuração com a broca conectada na base, mantendo o bombeio constante do fluido de perfuração, de forma que este percorra a coluna de perfuração até a broca, retornando pelo espaço anular entre a coluna de perfuração e a parede do poço, carregando os cascalhos[16].

Como medida de segurança, no início da atividade de perfuração, instala-se, diretamente na cabeça do poço, o *Blowout Preventer* (BOP). Este equipamento consiste em um conjunto de válvulas de segurança, as quais podem controlar e até interromper o fluxo indesejado de petróleo através de comandos acionados na plataforma durante a perfuração. O uso do BOP é obrigatório durante a atividade de perfuração, a partir de certa profundidade, apresentando grande importância na prevenção de eventos de *blowout*.

A **Figura 5-5**, a seguir, ilustra o perfil de um poço exploratório revestido e cimentado, bem como o posicionamento do BOP.

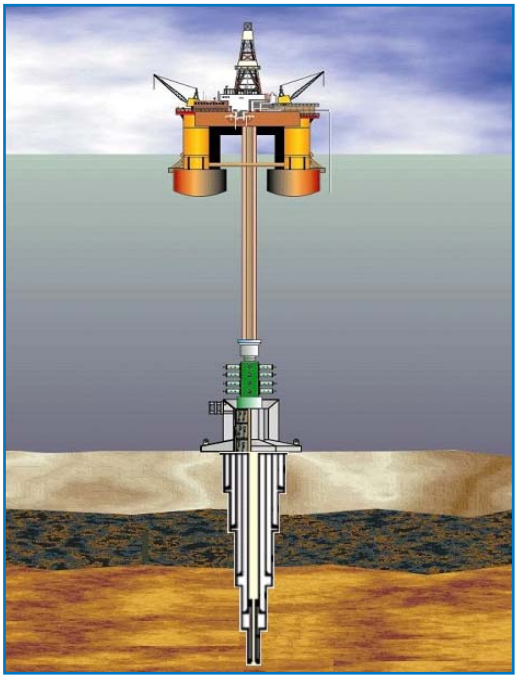

Figura 5-5 - Perfil e equipamentos de um poço exploratório.
Fonte: RCA - BM-PAMA-8, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

No caso da perfuração do poço *Macondo*, após a conclusão de todas as etapas da perfuração do poço, pretendia-se realizar a operação de abandono temporário,

[16] Trecho retirado do RCA da Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-PAMA-8, Bacia do Pará-Maranhão, elaborado pela ICF Consultoria do Brasil para a PETROBRAS.

permitindo a saída da sonda de perfuração e posterior conexão da plataforma de produção. Entretanto, uma combinação trágica de eventos interrompeu a continuidade das operações.

Devido a uma sequência de falhas, acredita-se que o petróleo da formação rochosa tenha migrado para o interior do poço e, consequentemente, para dentro do *riser*, tubo de aço que conecta o poço à plataforma. Assim, o petróleo, na forma de mistura de óleo cru e gás natural, emergiu na superfície da plataforma, espalhando óleo e gás pela unidade de forma descontrolada. Em 20 de abril de 2010, a pluma de gás metano liberado rapidamente se espalhou pela plataforma e, em contato com fonte de ignição, causou violentas explosões.

De acordo com o relatório de investigação[17] elaborado pela própria BP, foram identificados 08 (oito) problemas-chave que compõem a cadeia de eventos que contribuiu para a ocorrência do acidente.

1. **A barreira de cimento no espaço anular não isolou a passagem de hidrocarbonetos[18].**

   Após testes laboratoriais, amostras do cimento utilizado na cimentação do poço, foram consideradas instáveis. A qualidade questionável do cimento pode ser decorrente da interação deste com fluidos de perfuração ou altos teores de nitrogênio. Além disso, testes laboratoriais incompreensíveis impediram a identificação de problemas potenciais.

2. **Barreiras mecânicas na sapata não interromperam o fluxo de hidrocarbonetos.**

   As sapatas são estruturas de apoio dos revestimentos que dispõem de barreiras mecânicas contra passagem de fluidos. Entretanto, apesar disso, considera-se que a sapata do fundo do poço permitiu a entrada o petróleo no poço.

3. **O teste de pressão negativa do poço foi considerado aprovado, apesar de a estabilidade do poço não ter sido estabelecida.**

   Este teste é conduzido para confirmar a integridade da cimentação do espaço anular, das sapatas, dos revestimentos e da vedação da cabeça do poço. Os resultados não indicaram a estabilidade do poço, mas, mesmo assim, foram concluídos admitindo-se aprovação.

---

[17] *Deepwater Horizon - Accident Investigation Report* disponível no *site*: http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9034902&contentId=7064891

[18] Mistura de compostos orgânicos constituída apenas por carbono e hidrogênio. Os hidrocarbonetos são os principais componentes dos combustíveis fósseis, que incluem petróleo, carvão e gás natural (FERNÁNDEZ *et al*., 2009).

4. **Influxo não foi identificado até a entrada de hidrocarbonetos no *riser*.**

Evidências da entrada de hidrocarbonetos, como aumento de pressão interna do poço, não foram identificadas até que a presença desta substância fosse detectada no interior do *riser*. Acredita-se que, devido às atividades desenvolvidas simultaneamente na plataforma, essas informações tenham sido negligenciadas e não permitiram a tomada de ações de controle a tempo.

5. **Falha nas ações de resposta para restabelecer o controle do poço.**

Para restabelecer o controle do poço, caso fosse identificado influxo de hidrocarbonetos, este deveria ter sido automaticamente fechado por um sistema de emergência. Apesar do acionamento das válvulas do BOP, estas não promoveram o isolamento imediato, levando 06 (seis) minutos para interrupção do fluxo.

6. **Presença de gás na plataforma, após a separação no sistema de separação lama-gás.**

Caso necessário, o fluxo de hidrocarbonetos deveria ser desviado e lançado diretamente ao mar, de forma segura. Entretanto, no momento do *blowout*, o desvio estava fechado e o fluxo foi encaminhado para o Separador de Lama e Gás. Este equipamento é responsável pela eventual remoção de gás do fluido de perfuração e, dessa forma, não está preparado para receber grandes volumes. Assim, os hidrocarbonetos continuaram a ser espalhar pela plataforma e, devido à nova condição de pressão e temperatura, houve a liberação de gás, o que resultou em uma nuvem inflamável que cobriu a plataforma.

7. **O sistema de incêndio e gás não evitou a ignição dos hidrocarbonetos.**

De acordo com a modelagem de dispersão do gás, a nuvem rapidamente cobriu áreas operacionais da plataforma, saturando o sistema de incêndio, atingindo potenciais fontes de ignição.

8. **O BOP não foi capaz de selar o poço definitivamente.**

As primeiras explosões danificaram cabos de controle e as linhas hidráulicas. Estes equipamentos eram responsáveis pela comunicação eletrônica e alimentação de energia dos controles do BOP. Dessa forma, todos os sistemas de emergência aplicados falharam: a desconexão de emergência, acionado pela

equipe operacional na plataforma, a função de modo automático, e a intervenção por ROV[19] (*Remote Operated Vehicle*).

Imediatamente após a primeira explosão, a plataforma ficou sem energia elétrica. Estima-se que 10 segundos depois, ocorreu a segunda explosão, logo abaixo do *deck* da plataforma. Em decorrência destes eventos, foram registradas 11 fatalidades de trabalhadores que tentavam controlar a situação de emergência. Visto a situação insustentável do acidente, foi determinado o abandono imediato da plataforma.

A perda de energia afetou o sistema de posicionamento dinâmico da plataforma, fazendo com que está ficasse a deriva. Dessa forma, os equipamentos ligados ao poço sofreram movimentações que danificaram o BOP. Além disso, a segunda explosão danificou as linhas de comunicação da plataforma com o poço, responsáveis pelo controle eletrônico e hidráulico do BOP.

A relevância de cada evento ainda é assunto de discussão, mas sabe-se que, por ambos os motivos, o fluxo de hidrocarbonetos do poço à plataforma foi mantido, promovendo a alimentação contínua do fogo iniciado pelas explosões.

No dia 22 de abril de 2010, somente 02 (dois) dias após as explosões, a plataforma *Deepwater Horizon* naufragou arrastando consigo os tubos de aço que a conectavam ao poço e provocando o rompimento do *riser* em altura próxima ao leito marinho.

Com o *riser* danificado, o vazamento passou a ocorrer próximo ao BOP, que se apóia sobre a cabeça do poço no fundo do mar. Devido à extensa coluna d'água sobre o BOP, o acesso para manobras de controle do vazamento tornaram-se ainda mais difíceis. Por esse motivo, houve o vazamento de aproximadamente 780.000 m^3 de petróleo diretamente para o mar durante aproximadamente 03 (três) meses.

Apesar das dificuldades operacionais, durante este período, diversas tentativas para controlar o vazamento foram aplicadas sem sucesso. Adicionalmente às medidas de controle previstas no plano de resposta à emergência, foram considerados e empregados diversos outros mecanismos alternativos na tentativa de conter o vazamento.

Além disso, para o controle da poluição dos ecossistemas vulneráveis e remediação de fauna e flora afetados, foram acionados os recursos e serviços da empresa, de terceiros, do governo americano e de iniciativas voluntárias.

---

[19] Veículo subaquático, controlado remotamente, que permite a observação do fundo do mar e intervenção em estruturas submarinas, através de braços e pinças articuladas. Informação disponível em: http://www.hidrografico.pt/rov-remotely-operated-vehicle.php

Somente após 87 dias de vazamento contínuo, o poço foi selado definitivamente. As diferentes técnicas de controle e remediação empregadas na resposta a este acidente serão abordadas mais a fundo e avaliadas, ao longo deste trabalho.

5.1.3 - Considerações Finais Sobre o Histórico de Acidentes

É importante destacar que os 03 (três) principais acidentes envolvendo vazamento de óleo para o mar ocorridos em plataformas de perfuração foram causados por *blowouts*. Com isso, conforme descrito anteriormente, durante a fase de perfuração esse tipo de evento deve, de fato, ser uma das maiores preocupações.

É interessante notar que as estatísticas apresentadas no **item 5.1.1** indicaram que entre 1980 e 1997 nenhum evento de *blowout* ocorrido em plataformas de perfuração resultou em perda total das unidades. Contudo, todas as plataformas descritas no item anterior foram completamente destruídas durante os acidentes, ocorridos em períodos não englobados pelo banco de dados utilizado.

5.2 - Legislação Aplicável

O Brasil é notoriamente um país com excesso de legislações. Adicionalmente, observa-se que, muitas vezes, as normas aprovadas são de difícil aplicação e possuem textos complexos, confusos e de raso conteúdo, revelando carência de planejamento no momento de elaboração. Também em decorrência dessas falhas no preparo dessas legislações, notam-se algumas deficiências de normas sobre determinados assuntos de extrema importância, podendo ser citada, como exemplo, a ausência de uma legislação que crie um sistema nacional para responder aos acidentes de poluição por óleo.

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), como uma medida preventiva de geração de impactos ambientais, atividades efetiva ou potencialmente poluidoras devem ser submetidas a um processo de licenciamento ambiental, o qual exige a elaboração de relatórios que apontem os possíveis impactos ambientais e socioeconômicos que serão gerados e as medidas que devem ser tomadas para mitigá-los.

Destaca-se que, desde o acidente no Golfo do México em 2010, houve manifestações de maior preocupação dos órgãos ambientais brasileiros com a exploração e a produção segura e sustentável de petróleo no país. Dessa forma, de acordo com a ministra do meio ambiente, Izabella Teixeira, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) está elaborando medidas para tornar mais rigorosa a liberação de licenças ambientais

para o setor de petróleo no país. Essas novas regras já passariam a valer para as novas rodadas de licitação de blocos dentro e fora da região do Pré-Sal[20].

A Resolução CONAMA nº 237/1997 determina que o órgão competente para realização do licenciamento ambiental da atividade de perfuração marítima é o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), pois a ele compete o julgamento de atividades realizadas no mar territorial, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 23/1994, a licença ambiental que deve ser expedida durante esta fase é a Licença Prévia para Perfuração (LPper). Para que a LPper seja concedida, o estudo ambiental a ser apresentado é o Relatório de Controle Ambiental (RCA). Ressalta-se que em determinadas situações, em substituição do RCA, o órgão ambiental pode exigir a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental, juntamente com seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Esses estudos são semelhantes em relação aos itens abordados, entretanto, para o EIA normalmente são exigidas informações com maior nível de detalhamento.

Para elaboração de ambos os estudos, o IBAMA emite um Termo de Referência (TR), documento que contém uma relação de itens que devem ser abordados. Os TRs emitidos para atividade de perfuração marítima exigem sempre a elaboração de Plano de Emergência Individual (PEI) para a unidade envolvida no projeto. A obrigatoriedade da apresentação do PEI decorre da Lei Federal nº 9.966/2000 e da Resolução CONAMA nº 398/2008. Esse plano deve descrever e dimensionar as medidas de combate, em caso de derramamento de óleo, e ser atualizado e complementado, na medida em que o empreendimento sofrer alterações.

A seguir estão apresentadas as principais legislações, organizadas de forma cronológica, aplicáveis a acidentes envolvendo vazamento de óleo no mar. Estão compreendidas normas editadas pela União, por órgãos competentes relacionados ao meio ambiente e à atividade de perfuração de petróleo *offshore*, além de códigos, convenções e conferências internacionais sobre o tema.

- **Resolução ANP nº 44, de 22/12/2009**: “Estabelece o procedimento para comunicação de incidentes, a ser adotado pelos concessionários e empresas autorizadas pela ANP a exercer as atividades da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis, bem como distribuição e revenda.”

[20] Informações disponíveis em: http://www.tnpetroleo.com.br/noticia/24557/mma-diz-que-estuda-regras-mais-rigidas-para-setor-de-petroleo

Essa resolução determina que os concessionários e empresas mencionados acima devem comunicar imediatamente à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), na forma prevista no seu Anexo I, os incidentes que envolvam: risco de dano ou dano ao meio ambiente ou à saúde humana; prejuízos materiais ao patrimônio próprio ou de terceiros; ocorrência de fatalidades ou ferimentos graves para o pessoal próprio, para terceiros ou para as populações; ou interrupção não programada das operações por mais de 24 horas. Dessa forma, estão englobados os acidentes que resultem em vazamento de óleo para o mar, tendo em vista que estão relacionados aos incidentes apresentados anteriormente.

Além disso, esta norma define que os concessionários ou empresas supracitados devem apresentar à ANP o Relatório Detalhado de Incidentes referente ao evento ocorrido, no prazo de 30 dias (podendo ser estendido em alguns casos), a partir do momento no qual foi constatado o evento (com exceção do primeiro incidente citado, que envolve apenas riscos).

- **Resolução CONAMA nº 398, de 11/06/2008**: "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."

O PEI é elaborado com o objetivo de garantir que a unidade seja capaz de realizar, de forma imediata e eficiente, as ações de respostas necessárias para atendimento a eventuais incidentes de poluição por óleo. Para isso, deve empregar recursos próprios, humanos e materiais, ou de terceiros, quando previamente acordado.

No PEI, devem estar definidos, de maneira clara, o sistema de alerta de derramamento de óleo que deve ser imediatamente acionado, a forma de comunicação do incidente às entidades interessadas, a equipe que estará envolvida nas ações de resposta e as responsabilidades de cada funcionário, os equipamentos e materiais disponíveis para utilização e os procedimentos operacionais de combate ao incidente. É preciso que os procedimentos sejam determinados para cada etapa após o vazamento, conforme apresentado a seguir:

- Deslocamento dos recursos, quando necessário
- Monitoramento da mancha de óleo derramado
- Interrupção da descarga de óleo
- Contenção do derramamento de óleo

- Recolhimento do óleo derramado
- Dispersão mecânica e química do óleo derramado
- Limpeza das áreas atingidas
- Coleta e disposição dos resíduos gerados
- Registro das ações de resposta
- Proteção de áreas vulneráveis, populações e fauna

É importante destacar que o PEI busca ser conservador, uma vez que considera o vazamento de pior caso da unidade para dimensionar o seu sistema de resposta a acidentes de derramamento de óleo. Para isso, são realizadas modelagens de dispersão de óleo no mar[21] do volume de pior caso calculado com base no vazamento de óleo decorrente de um *blowout* durante 30 dias. Com os resultados obtidos, é possível verificar os fatores mais vulneráveis, como por exemplo, concentrações humanas, unidades de conservação, áreas ecologicamente sensíveis, etc., e priorizá-los nos procedimentos de proteção, na ocorrência de um acidente.

Além disso, o PEI contém uma relação dos equipamentos e materiais que podem ser utilizados para controle do acidente e limpeza das áreas atingidas, conforme apresentado abaixo, e apresenta os critérios para dimensionamento da quantidade necessária de cada um.

- Barreiras de contenção
- Recolhedores
- Dispersantes químicos
- Dispersão mecânica
- Armazenamento temporário
- Absorventes

Vale ressaltar que o modelo atual de PEI vem sendo discutido, uma vez que após o acidente no Golfo do México em 2010 passou-se a acreditar que os volumes de pior caso, antes considerados conservadores, devem agora ser revistos. Na situação real supracitada, o poço derramou óleo por quase 03 (três) meses, aproximadamente 03 (três) vezes o tempo considerado pela legislação, sem que nenhuma medida de controle tenha sido efetivamente bem sucedida.

[21] Simulações que visam determinar a área de influência da mancha de óleo na região de interesse, sob diferentes condições meteo-oceanográficas (FUGRO, 2009).

- **Decreto nº 4.871, de 06/11/2003**: “Dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.”

O principal objetivo dessa legislação é o estabelecimento de Planos de Áreas para áreas marítimas que tenham concentração de plataformas e suas respectivas instalações de apoio, portos organizados ou instalações portuárias. Ficará a cargo do órgão ambiental competente a coordenação da elaboração desses planos, que consistirão, basicamente, na consolidação dos PEIs das unidades englobadas pelas áreas em questão. Ressalta-se que além dos recursos previstos nos PEIs, os Planos de Áreas deverão considerar ações conjuntas e outros elementos necessários para a resposta a acidentes de poluição por óleo.

Apesar do decreto que dispõe sobre Planos de Áreas ter sido aprovado em 2003, atualmente apenas um plano dessa natureza foi criado no Brasil[22]. Em outubro de 2010, as empresas Companhia Docas de São Sebastião, Petrobras (Tebar) e Dersa (Travessia das Balsas) apresentaram o primeiro Plano de Área do Brasil, referente às suas instalações no município de São Sebastião, no litoral norte de São Paulo.

É importante destacar que há poucos projetos semelhantes em andamento com o objetivo de estabelecer esses planos.

- **Decreto nº 4.136, de 20/02/2002**: “Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, prevista na Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, e dá outras providências.”

A importância desse decreto está no fato do mesmo apresentar de forma detalhada as penalidades que podem ser aplicadas para diferentes situações em que unidades lancem óleo no mar. É válido ressaltar que mesmo com a aplicação das penas previstas nessa legislação, o responsável pelo derramamento fica ainda obrigado a atender às penalidades estabelecidas na Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) e em outras normas específicas. Além disso, o agente também não se isenta da responsabilidade civil pelas perdas e danos causados ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado.

[22] Informações disponíveis em: http://www.guiadapesca.com.br/geral/meio-ambiente/apresentado-primeiro-plano-de-area-por-empreendedores-do-litoral-norte-paulista/

- **Resolução CONAMA nº 269, de 14/09/2000**: “Regulamenta o uso de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar.”

A regulamentação para o uso de dispersantes químicos é importante, uma vez que se trata de uma técnica internacionalmente reconhecida para auxiliar o combate aos derrames de óleo no mar.

De acordo com essa resolução, é necessária a obtenção de registro do dispersante químico junto ao IBAMA, para sua utilização em ações de resposta aos vazamentos de óleo no mar. Este órgão, através de sua Instrução Normativa nº 01/2000, estabeleceu os critérios a serem adotados para concessão do registro.

A resolução estabelece os critérios e restrições para o uso e os métodos e forma de aplicação desses produtos. Ressalta-se que apesar de apresentar a importância de sua aplicação em situações de derrames de óleo, afirma que a utilização de dispersantes químicos deve ser estabelecida de forma criteriosa e aceita somente em alguns casos, conforme será explicado com mais detalhes no item **Dispersantes Químicos**.

- **Lei nº 9.966, de 28/04/2000**: “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 e dá outras providências.”

Esta lei estabelece os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios em águas sob jurisdição nacional.

O Capítulo que trata dos Sistemas de Prevenção, Controle e Combate da Poluição determina que toda plataforma deverá dispor obrigatoriamente de instalações ou meios adequados para o combate da poluição. Neste Capítulo há também uma disposição que obriga os operadores de plataformas a elaborarem manual de procedimento interno para o gerenciamento dos riscos de poluição.

Além disso, conforme mencionado anteriormente, essa resolução dispõe sobre a obrigatoriedade de PEIs para plataformas. A legislação em questão também estabelece a consolidação dos PEIs em Planos de Áreas, que foram tratados com mais detalhes no Decreto nº 4.871/2003, descrito acima. Adicionalmente, determina a elaboração, pelo órgão federal de meio ambiente, em consonância com o disposto na Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de

Poluição por Óleo, de 1990 (OPRC/90), ratificada pelo Brasil, do Plano Nacional de Contingência, através da consolidação dos Planos de Áreas.

O Capítulo que trata da Descarga de Óleo, Substâncias Nocivas ou Perigosas e Lixo, estabelece que qualquer acidente ocorrido em plataformas, que possa provocar poluição das águas sob jurisdição nacional, deverá ser imediatamente comunicado ao órgão ambiental competente, à Capitania dos Portos e ao órgão regulador da indústria do petróleo, independentemente das medidas tomadas para seu controle.

Este Capítulo também determina que os responsáveis pela descarga de material poluente em águas sob jurisdição nacional são obrigados a ressarcir os órgãos competentes pelas despesas por eles efetuadas para o controle ou minimização da poluição causada, independentemente de prévia autorização e de pagamento de multa. Ressalta-se que há um Capítulo específico da Lei nº 9.966/2000 que define as sanções aplicáveis aos infratores que não cumprirem as suas disposições.

- **Decreto nº 2.953, de 28/01/1999**: "Dispõe sobre o procedimento administrativo para aplicação de penalidades por infrações cometidas nas atividades relativas à indústria do petróleo e ao abastecimento nacional de combustíveis, e dá outras providências."

Essa legislação determina que a fiscalização das atividades relativas à indústria do petróleo será realizada pela ANP e abrangerá a operação de instalações e equipamentos utilizados para o exercício de qualquer atividade vinculada à indústria do petróleo. Os agentes da fiscalização terão livre acesso aos estabelecimentos e instalações das empresas que exerçam essas atividades, podendo requisitar diversas informações, dados, documentos e relatórios que julguem necessários.

Além disso, esse decreto estabelece que qualquer pessoa, constatando infração às normas relativas à indústria do petróleo, poderá dirigir representação à ANP, para efeito do exercício do seu poder de polícia.

Esse decreto também descreve o procedimento administrativo, incluindo autuação, citação, intimação, defesa do autuado, instrução, julgamento e recurso, ao qual o infrator estará sujeito, e as penalidades que poderão ser aplicadas.

- **Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, 1990 (OPRC/90)**: Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 2.870, de 10/12/1998.

As Partes se comprometem, conjunta ou individualmente, a tomar todas as medidas adequadas, em conformidade com as disposições da presente Convenção e de seu Anexo, para o preparo e a resposta em caso de acidente de poluição por óleo.

- **Convenção Internacional relativa à Intervenção em Alto-Mar em Casos de Acidentes com Poluição por Óleo, 1969**: Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 6.478, de 09/06/2008.

As Partes ficam autorizadas a tomar, em alto-mar, as medidas necessárias para prevenir, atenuar ou eliminar os perigos graves e iminentes de poluição ou ameaça de poluição das águas do mar por óleo, resultante de um acidente marítimo ou das ações relacionadas a tal acidente, capazes de gerar significativos impactos negativos.

- **Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, 1969 (CLC/69)**: Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 79.437, de 28/03/1977.

As Partes ficam comprometidas a garantir compensação acessível e adequada às vítimas de danos por poluição, resultantes de derramamentos de óleo de navios.

A seguir, estão apresentadas, de forma simplificada e em ordem cronológica, outras legislações pertinentes e relevantes ao tema do presente trabalho:

- **Decreto nº 6.514, de 22/07/2008**: "Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências."
- **Código Internacional Sobre Estabilidade Intacta (Código IS 2008), 2008**
- **Resolução ANP nº 43, de 06/12/2007**: "Institui o Regime de Segurança Operacional para as Instalações de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural."
- **NORMAM 01, de 11/05/2005**: "Embarcações empregadas na navegação de mar aberto."
- **Decreto nº 5.377, de 23/02/2005**: "Aprova a Política Nacional para os Recursos do Mar."
- **Norma Regulamentadora nº 30 (NR-30), de 04/12/2002**: "Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário."

- **Resolução CONAMA nº 306, de 05/07/2002**: “Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais.”
- **Portaria ANP nº 25, de 06/03/2002**: “Aprova o Regulamento de Abandono de Poços perfurados com vistas à exploração ou produção de petróleo e/ou gás.”
- **Código Internacional para Sistemas de Segurança contra Incêndio (Código FSS), 2002**
- **Decreto nº 2.851, de 30/11/1998**: “Dispõe sobre programas de amparo à pesquisa científica e tecnológica aplicados à indústria do petróleo, e dá outras providências.”
- **Lei nº 9.605, de 12/02/1998 - Lei de Crimes Ambientais**: “Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.”
- **Código Internacional de Dispositivos Salva-Vidas (LSA), 1998**
- **Resolução CONAMA nº 237, de 19/12/1997**: “Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.”
- **Resolução CIRM nº 02, de 13/08/1997 (EMENTA)**: “Aprova o Programa de Mentalidade Marítima (PROMAR) e cria o Comitê Executivo para o Programa de Mentalidade Marítima, no âmbito da Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM).”
- **Norma Regulamentadora nº 09 (NR-9), de 29/12/1994**: “Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.”
- **Resolução CONAMA nº 23, de 07/12/1994**: “Institui procedimentos específicos para o licenciamento de atividades relacionadas à exploração e lavra de jazidas de combustíveis líquidos e gás natural.”
- **Decreto nº 1.265, de 11/10/1994**: “Estabelece a Política Marítima Nacional.”
- **Código Internacional de Gerenciamento de Segurança (Código ISM), 1993**
- **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), 1992 (RIO-92)**
- **Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar, 1974 e 1988 (SOLAS 74/88)**
- **Lei nº 7.273, de 10/10/1984**: “Dispõe sobre a Busca e Salvamento de Vida Humana em Perigo no Mar, nos Portos e nas Vias Navegáveis Interiores.”
- **Lei nº 7.203, de 03/07/1984**: “Dispõe sobre a Assistência e Salvamento de Embarcação, Coisa ou Bem em Perigo no Mar, nos Portos e nas Vias Navegáveis Interiores.”

- **Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), 1982**
- **Lei nº 6.938, de 31/08/1981**: “Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.”
- **Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, 1973 e 1978 (MARPOL 73/78)**
- **Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha Causada pelo Alijamento no Mar de Resíduos e Outras Matérias, 1972 (LC/72)**
- **Convenção sobre o Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar, 1972 (COLREG/72)**
- **Convenção para a Facilitação do Tráfego Marítimo Internacional, 1965**

A partir das legislações apresentadas acima, é possível concluir que há um excesso de normas no Brasil a serem cumpridas por empreendimentos que realizam atividades de E&P de petróleo e gás natural, o que pode dificultar, por exemplo, as ações de resposta em caso de acidente com vazamento de óleo para o mar.

5.3 - Equipamentos e Materiais Utilizados para o Controle de Vazamentos de Óleo no Mar

5.3.1 - Equipamentos e Materiais Requeridos pela Legislação Brasileira

Conforme descrito no item anterior (**5.2 - Legislação Aplicável**), a Resolução CONAMA nº 398/2008, que dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual, determina os equipamentos e procedimentos a serem acionados frente a uma situação de emergência, com objetivo de controlar e remediar o vazamento de óleo.

Assim, para avaliar a capacidade de resposta à emergência durante as atividades de perfuração *offshore* desenvolvidas no Brasil, é importante analisar os tipos, quantidade e limitações dos materiais exigidos por esta legislação.

- ***Barreiras de Contenção***

<u>Descrição do Equipamento</u>

Barreiras de contenção (*booms*) são equipamentos utilizados na resposta a vazamentos de óleo, que consistem em flutuadores capazes de controlar a movimentação e espalhamento de substâncias sobrenadantes, como óleo (VENTIKOS *et al*., 2004).

De acordo com Alpina Ambiental[23], empresa de serviços ambientais atuante no Brasil, barreiras de contenção são empregadas de forma a conter e controlar manchas de óleo, evitando seu espalhamento, concentrando grandes quantidades de óleo em áreas propícias ao processo de recolhimento.

Considerando sua aplicação, as barreiras de contenção podem ser divididas em 04 (quatro) categorias (VENTIKOS *et al*., 2004):

- Barreiras-cortina (*curtain booms*), geralmente usadas em situações *offshore*
- Barreiras-cerca (*fence booms*), geralmente empregadas em regiões com fortes correntes
- Barreiras de selagem costeira (*shore sealing booms*), geralmente utilizadas em zonas entre marés
- Barreiras resistentes a fogo (*fire resistante booms*), empregadas em conjunto com técnicas de queima no local

De acordo com informações apresentadas pela *The International Tanker Owners Pollution Federation Limited* (ITOPF)[24], as barreiras de contenção devem ser robustas o suficiente para suportar as forças das correntes e ventos atuantes no local do vazamento e conter um grande volume de óleo, ao mesmo tempo em que devem apresentar flexibilidade para se deformar conforme os movimentos da água, garantindo sua capacidade de contenção e prevenindo fraturas.

Além disso, é informado que barreiras de contenção são estruturas compostas por uma sequência de estruturas unitárias independentes (**Figura 5-6**), as quais variam de acordo com as especificações e necessidades, mas normalmente apresentam as seguintes características:

- Borda-livre acima da lâmina d'água para prevenir ou reduzir a passagem de óleo por cima da barreira
- Saia subsuperficial para prevenir ou reduzir a passagem de óleo por baixo da barreira
- Capacidade de flutuação por ar ou por algum material flutuante
- Membro de tensão longitudinal (corrente ou cabo) para prover resistência para suportar os efeitos do vento, ondas e correntes. Também é responsável pela estabilidade da barreira, de forma a mantê-la na posição vertical

[23] Informações disponíveis no *site* da empresa: http://www.alpinaambiental.com.br/barreiras-de-contencao.asp

[24] Organização sem fins lucrativos envolvida na resposta a vazamentos de óleo, produtos químicos e outras substâncias, originados de navios, no ambiente marinho. As informações divulgadas por esta organização estão disponíveis em: http://www.itopf.com

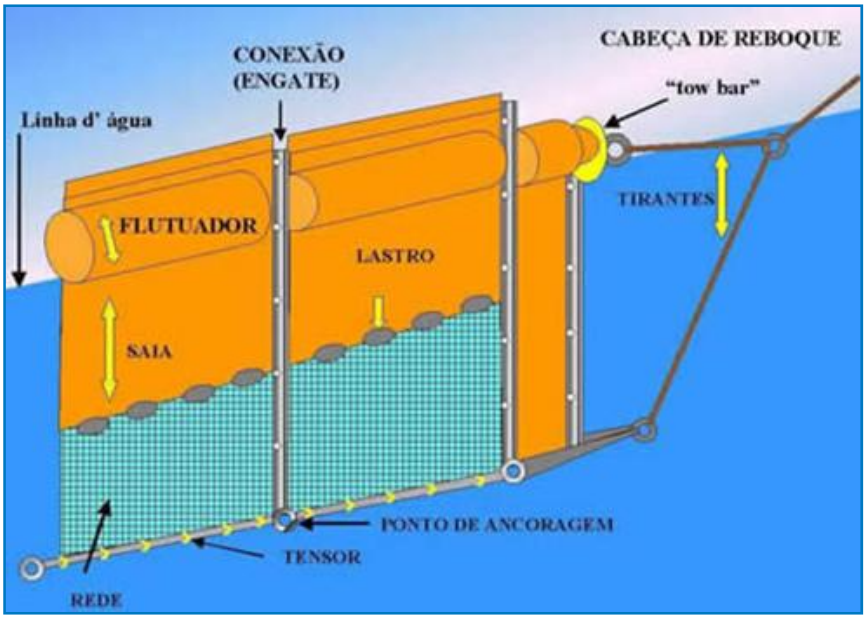

Figura 5-6 - Configuração simplificada de barreira de contenção.
Fonte: http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/contencao.asp

Segundo informações apresentadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB[25]) e pela Alpina Ambiental, de acordo com as condições do vazamento e do local atingido, a barreira pode ser dotada de outros diferentes elementos para garantir a melhor eficiência.

As barreiras anti-fogo, por exemplo, são equipamentos diferenciados desenvolvidos com material reforçado para suportar os esforços devido ao calor do fogo. Existem também barreiras de contenção que possuem material absorvente junto à saia para não apenas conter, mas também realizar o recolhimento do óleo simultaneamente. Esta função do material absorvente pode ser desempenhada também por recolhedores de vertedouro acoplados à estrutura da barreira, sendo amplamente utilizadas no setor *offshore*.

Além disso, afirma-se que o lançamento das barreiras é realizado através de embarcações que devem apresentar dimensões, potência e equipamentos necessários para deslocar e dispor o conjunto de estruturas em certas condições de mar. Assim, para assegurar a máxima eficácia da resposta, as barreiras podem ser dispostas de diferentes formas, considerando a melhor combinação de equipamentos, como indicado na **Figura 5-7**.

[25] Informações disponíveis em: http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/contencao.asp

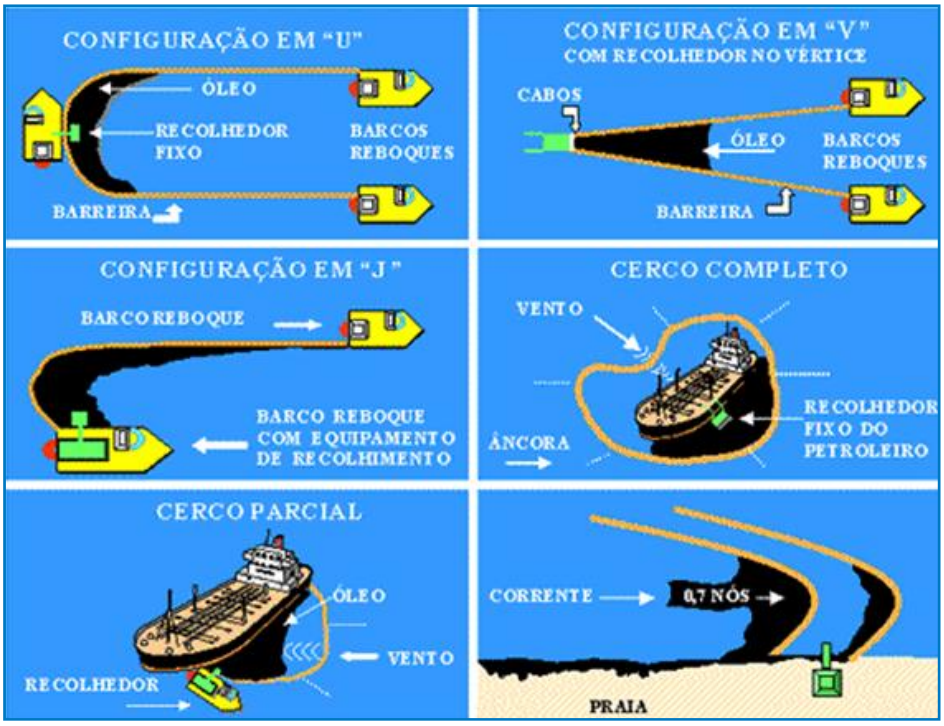

Figura 5-7 - Configurações de barreiras de contenção.
Fonte: http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/contencao.asp

Além de controlar o deslocamento da mancha de óleo, as barreiras de contenção também desempenham importante função na proteção de áreas sensíveis, evitando que o óleo atinja e comprometa a qualidade ambiental destas regiões. Agentes ambientais, como ventos, correntes e ondas reduzem sensivelmente a capacidade de contenção das barreiras. Dessa forma, os esforços devem ser direcionados às áreas com maiores concentrações de óleo e regiões onde a coleta poderá reduzir a probabilidade de o óleo atingir locais sensíveis e linhas de costa (ITOPF, 2011).

Dimensionamento

No Brasil, o dimensionamento das barreiras de contenção deve atender às necessidades previstas no plano de resposta a emergência, de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA nº 398/2008.

Segundo esta legislação, as barreiras de contenção devem ser dimensionadas em função dos cenários acidentais previstos para a atividade desenvolvida e das estratégias de resposta estabelecidas, contemplando as frentes de trabalho junto à fonte, a limitação do espalhamento da mancha e a proteção de áreas vulneráveis prioritárias, obedecendo aos critérios apresentados na **Tabela 5-9**.

Tabela 5-9 - Critérios para dimensionamento de barreiras de contenção.

Estratégia	Quantidade mínima
Cerco completo do navio ou fonte de derramamento	3 X comprimento do navio ou da fonte de derramamento.
Contenção da mancha	De acordo com o cálculo da Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo (CEDRO).
Proteção de rios e canais	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.

Fonte: Resolução CONAMA nº 398/2008.

Assim, com base na estratégia de resposta a ser utilizada e o volume de óleo, envolvidos em um acidente com vazamento de pior caso, determina-se a quantidade mínima de barreiras de contenção.

Ressalta-se que deve ser levada em consideração a periodicidade da troca das barreiras de contenção utilizadas (de acordo com Burger (1997), essa troca deve ser realizada a cada mudança de maré) pois, uma vez saturadas, elas passam a produzir o efeito contrário, liberando o óleo para os ambientes que se buscava proteger.

Limitações de Uso

Com base nas informações disponibilizadas pela ITOPF, foram identificadas diversas limitações quanto ao emprego de barreiras de contenção para conter vazamentos de óleo no mar.

A combinação das técnicas de contenção, concentração e recolhimento de óleo é uma solução amplamente utilizada para combater vazamentos, uma vez que, se efetivo, remove o óleo do ambiente marinho, minimizando os impactos ambientais neste meio.

No entanto, a esta técnica são atribuídos alguns problemas como o fato de ser diretamente oposta à tendência natural de espalhamento, fragmentação e dispersão do óleo sob a influência de vento, ondas e correntes. Dessa forma, em mares agitados, grandes vazamentos de óleo com baixa ou média viscosidade podem se espalhar muitos quilômetros em apenas poucas horas. Com isso, geralmente, as ações de contenção e recolhimento no mar resultam na remoção de uma porção relativamente pequena de um grande derramamento, cerca de 10 a 15%.

Considerando as condições ambientais e operacionais, como arraste pelas correntes, limitações de esforços e peso, apenas as barreiras com comprimento relativamente curto, de dezenas a poucas centenas de metros, podem ser dispostas e mantidas em configuração funcional de forma segura.

Além disso, segundo as informações apresentadas no *site* da ITOPF, atualmente não há barreiras capazes de conter óleo em condições de mar com correntes maiores de 0,35 metros por segundo (0,7 nós) perpendicularmente à barreira, mesmo considerando seu tamanho, saia e borda livre.

A disposição deste equipamento também deve ser feita de maneira controlada, uma vez que a velocidade do barco de apoio que realizará esta atividade deverá ser inferior a 0,25 metros por segundo (0,5 nós), de forma a não comprometer a integridade das estruturas.

- ***Recolhedores***

Descrição do Equipamento

De acordo com a ITOPF, os recolhedores (*skimmers*) são equipamentos utilizados para recolher as manchas de óleo confinadas pelas barreiras de contenção, de forma que o produto recolhido possa ser adequadamente recuperado ou corretamente destinado. Para isso, estes equipamentos dispõem de dispositivo capaz de recolher o óleo, material suporte ou flutuador, e bomba para realizar a transferência do material coletado para tanques de armazenamento.

Determina-se ainda que estes equipamentos devam ser dimensionados de modo a recuperar o maior volume de óleo no menor intervalo de tempo possível, pois durante a operação de controle do derramamento, existe a tendência de o óleo tornar-se mais viscoso devido à evaporação de seus componentes leves, intensificando sua intemperização[26] e dificultando seu recolhimento.

O funcionamento do recolhedor pode contar com diferentes mecanismos, como o dispositivo de sucção, que remove o óleo diretamente da superfície da água por meio de vácuo. Além deste mecanismo, o recolhimento pode ser realizado com estruturas que permitam a adesão do óleo sobre superfícies metálicas, plásticas, cordas, bem como escovas oleofílicas[27]. O óleo aderido a esses materiais deve ser raspado e direcionado para um tanque de armazenamento. Adicionalmente aos mecanismos mencionados, há recolhedores projetados para permitir a formação de vórtex que atrai mecanicamente o óleo da superfície, o qual verte em um orifício central.

[26] Processo ou conjunto de processos combinados químicos, físicos e/ou biológicos de desintegração e/ou degradação e decomposição. Informação disponível em: http://vsites.unb.br/ig/glossario/verbete/intemperismo.htm

[27] Característica que determina a afinidade química de uma substância com óleos e graxas (Resolução CONAMA nº 269/2000).

A seleção do recolhedor mais adequado dependerá basicamente dos seguintes aspectos (Alpina Ambiental, 2011):

- Características do óleo envolvido, como viscosidade, densidade, capacidade de adesão e grau API[28]
- Cenário emergencial como um todo, especialmente os aspectos logísticos
- Operacionais
- Direções e intensidades dos ventos e correntes
- Alturas e períodos de ondas
- Intempéries e meteorologia local

Dimensionamento

A capacidade de recolhimento para atender a um acidente envolvendo derramamento de óleo no mar deve atender ao exigido pela Resolução CONAMA n^0 398/2008. Esta legislação considera os parâmetros de Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo (CEDRO) e o tempo para a disponibilização do equipamento para a definição dos critérios para o dimensionamento da capacidade de recolhimento que serão a seguir apresentados.

Inicialmente, todos os possíveis acidentes envolvendo vazamento de óleo no mar são identificados e categorizados, de acordo com o volume de vazamento previsto, em: descarga pequena, descarga média e descarga de pior caso.

A descarga de pior caso deve considerar o cenário acidental que envolva o vazamento de maior volume de óleo. Para isso, é necessário identificar todas as hipóteses acidentais que possam resultar em derramamento de óleo para o mar, considerando as instalações e operações desenvolvidas na unidade, através de uma Análise de Riscos, item obrigatório nos estudos ambientais exigidos para funcionamento de atividades de perfuração marítima.

A partir dos volumes encontrados para cada hipótese acidental, é possível calcular as descargas pequena e média, assim como a capacidade de recolhimento e o tempo necessário para a disponibilização destes equipamentos, como mostra a **Tabela 5-10**.

[28] Grau API do *American Petroleum Institute* - Forma de expressar a densidade relativa de um óleo ou derivado. Informação disponível em: http://www.onip.org.br/main.php?idmain=informacoes&mainpage=mini_glossario.htm

Tabela 5-10 - Critérios para determinação da CEDRO para descargas pequena e média.

Volume	Tempo para disponibilidade de recursos no local da ocorrência da descarga	Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo (CEDRO)
Descarga pequena (dp)		
Vdp é o volume de descarga pequena	Tdp é o tempo para disponibilidade de recursos para a resposta à descarga pequena	CEDROdp é igual ao Vdp
Vdp é igual ao menor valor entre 8m³ e o volume da descarga de pior caso	Tdp é menor que 2 horas	
Descarga média (dm)		
Vdm é o volume de descarga média	Tdm é o tempo para disponibilidade de recursos para a resposta à descarga média, que poderá ser aplicado, a partir de justificativa técnica, desde que aceita pelo órgão ambiental competente	CEDROdm é igual a 0,5 Vdm
Vdm é igual ao menor valor entre 200m³ e 10% do Volume de descarga de pior caso	Tdm é menor que 6 horas	

Fonte: Adaptada da Resolução CONAMA nº 398/2008.

Para a situação de descarga de pior caso, a legislação estabelece que o cálculo para a determinação da CEDRO mínima requerida deve considerar o volume decorrente da perda de controle do poço durante 04 (quatro) dias, e de forma a garantir a capacidade de manutenção da estrutura de resposta por 30 dias.

Limitações de Uso

De acordo com informações apresentadas pela ITOPF, os recolhedores apresentam diversas limitações de uso, as quais são abordadas a seguir.

Assim como as barreiras de contenção, os recolhedores flutuam sobre a lâmina d'água e são submetidos às ações de agentes ambientais como ventos, correntes e ondas.

Para condições de ventos e águas calmas, um recolhedor adequado às condições do óleo em questão pode apresentar bons resultados. Entretanto, para condições ambientais mais intensas, como é o caso *offshore*, a eficácia da maioria dos recolhedores é sensivelmente reduzida. Além das condições meteo-oceanográficas[29], a presença de detritos na água também impõe limitações ao uso dos recolhedores, uma vez que podem interferir no sistema de recolhimento do óleo.

Diversas experiências com derramamento de óleo vêm mostrando que as taxas de recolhimento verificadas em situações de vazamento real não são compatíveis com a eficácia obtida em testes controlados. Dessa forma, devido às restrições impostas pelos diferentes agentes ambientais, as capacidades dos recolhedores não são analisadas.

[29] De acordo com Andrioni (2010), são aquelas relacionadas aos ventos, ondas e correntes.

- ***Dispersantes Químicos***

Descrição do Mecanismo

Segundo afirmação de Maurício Green, analista ambiental da Hidroclean, à revista digital Portos e Navios, 2010[30], em situações de estado do mar acima de Beaufort 4 (medida empírica para descrever a velocidade do vento, a seguir descrita), as ações de contenção e recolhimento apresentam pouca eficiência. Apesar disso, essas estratégias são consideradas ambientalmente corretas, uma vez que apresentam baixa interferência com o meio ambiente onde são empregadas.

Devido à necessidade de adoção de estratégias alternativas mais eficientes, considera-se o uso de dispersantes químicos. Esta técnica consiste na fragmentação do óleo facilitando meios naturais de remoção, porém apresenta diversos impactos sobre o ambiente.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 269/2000, "*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 à 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[31], o que diminui a eficiência desses agentes químicos. Dessa forma, caso seja pertinente a utilização do

[30] Informação disponível em: http://www.portosenavios.com.br/site/revista/navegacao/4497-poluicao-marinha

[31] Processo de mistura de elementos que normalmente são imiscíveis, como água e óleo (FERNÁNDEZ *et al*., 2009).

dispersante, sua aplicação deve ser realizada durante as operações iniciais do atendimento, preferencialmente nas primeiras 24 horas.

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."

Dimensionamento

De acordo com a Resolução CONAMA n^0 398/2008, o volume de dispersante químico disponível deverá ser compatível com a estratégia de resposta, devendo sua aplicação atender às determinações da Resolução CONAMA n^0 269/2000.

Essa legislação apresenta de forma simplificada cálculos para controlar a taxa de aplicação de dispersantes. Esse controle pode ser feito de 02 (duas) formas: através da vazão da bomba e da velocidade do sistema de aplicação. A relação entre essas 02 (duas) variáveis pode ser calculada pela equação a seguir (ITOPF, 1993 *apud* Resolução CONAMA nº 269/2000):

$$\boxed{Q_b = 0{,}003 * Q_a * v * l}$$

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)

Além disso, segundo essa legislação, a aplicação de dispersantes deve considerar a área a ser tratada e o volume de óleo a ser disperso. Assim, faz-se necessário um planejamento prévio que contemple não só o equipamento disponível para tal, como também a quantidade e o tipo de produto a ser utilizado nessa operação. A seguir, é possível observar informações para nortear estas ações (**Tabela 5-11**).

Tabela 5-11 - 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	467,7
1:2	93,6	131	187	374,2	935,4
1:4	187,2	262	374	748,4	1.871
1:10	468	655	935	1.871	4.677
1:20	936	1.310	1.870	3.742	9.354
1:30	1.404	1.965	2.805	5.613	14.031
1:50	2.340	3.275	4.675	9.355	23.385
1:100	4.680	6.550	9.350	18.710	46.770

Fonte: Adaptada da Resolução CONAMA nº 269/2000.

Limitações de Uso

Os métodos e formas de aplicação dos dispersantes, no combate a vazamentos de óleo no mar, devem ser escolhidos levando-se em consideração uma série de fatores, entre os quais merecem especial atenção (Resolução CONAMA nº 269/2000, adaptado):

- Tipo e volume de óleo a ser disperso: Os dispersantes, em geral, têm pouco efeito sobre óleos viscosos, pois há uma tendência do óleo se espalhar na água antes que os solventes e agentes surfactantes, componentes dos dispersantes, possam penetrar na mancha.
- Grau de intemperização do óleo no mar no momento da aplicação: A maioria dos produtos atualmente disponíveis possui efeito reduzido se aplicados quando o processo de intemperização do óleo já tiver sido iniciado e se a mancha estiver sob o aspecto de emulsão viscosa.
- Características ambientais, oceanográficas e meteorológicas: Os dispersantes devem 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.

  Os dispersantes químicos não poderão ser utilizados em áreas costeiras abrigadas, com baixa circulação e pouca renovação de suas águas, nem em ambientes sensíveis e de grande importância ecológica como, por exemplo, estuários, costões rochosos, manguezais, recifes de corais e reservas ambientais.

  Além disso, a **Tabela 5-12** contém valores limites de condições ambientais, para cada tipo de sistema de aplicação.

Tabela 5-12 - Condições limites para sistemas de aplicação de dispersantes.

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 de grande porte	7	30 - 35	15,4 - 18,0	17 - 23	5,20 - 7,00

Fonte: Adaptada da Resolução CONAMA nº 269/2000.

- Tipo de dispersante a ser utilizado
- Equipamentos disponíveis para a aplicação

É importante destacar que o uso dos dispersantes químicos também deve ser limitado devido às suas características tóxicas, que podem afetar principalmente os organismos que vivem na coluna d'água (BURGER, 1997).

- ***Dispersão Mecânica***

Descrição do Mecanismo

A dispersão do óleo na coluna de água é um processo natural e desejável para sua retirada da superfície do mar. Esse processo pode ser potencializado artificialmente com a utilização de embarcações se deslocando sobre a mancha de óleo derramado. As embarcações utilizadas neste processo movimentam-se com os propulsores, equipadas ou não com dispositivos de agitação a reboque, ou ainda com utilização de canhões de água direcionados para a mancha, bombeando água do mar do próprio local (PIMENTEL, 2007).

Pimentel (2007) também destaca que turbulências na superfície do mar causam a quebra de parte da mancha de óleo em partículas menores, que podem ir para a coluna de água. Com isso, há formação de gotículas menores, que tendem a permanecer em suspensão na coluna d'água, favorecendo a biodegradação, volatilização, oxidação, entre outros mecanismos de remoção.

Dimensionamento

De acordo com a Resolução CONAMA nº 398/2008, a quantidade de equipamentos e embarcações a serem utilizados, assim como o tempo para a disponibilidade destes recursos, deverão ser dimensionados individualmente de acordo com a magnitude de cada acidente e submetidos à avaliação do órgão ambiental competente.

Limitações de Uso

A eficiência desta técnica depende em grande parte das características do óleo derramado, como viscosidade, e dimensões da mancha. Além disso, as condições ambientais do local, como vento, chuva e correntes marítimas de superfície, são fatores que contribuem para o sucesso da dispersão mecânica (ITOPF, 2011).

As informações apresentadas pela ITOPF também indicam que a escolha desse tipo de resposta deve levar em consideração a proximidade de áreas ambientalmente sensíveis e a preservação da segurança de pessoas e de instalações.

- ***Armazenamento Temporário***

Descrição do Equipamento

De acordo com informações apresentadas pela ITOPF, paralelamente ao sistema de contenção e recolhimento de óleo, é importante que haja sistema de armazenamento temporário adequado. O volume de óleo e água do mar recolhidos devem ser retidos temporariamente para serem destinados a tratamento adequado ou corretamente dispostos.

Nesse sentido, o sistema é considerado um importante gargalo para uma ação de sucesso, determinando a continuidade ou interrupção da operação.

Dessa forma, recomenda-se que as estruturas utilizadas para o armazenamento devam garantir o fácil acesso e operacionalização. Além da capacidade de armazenagem adequada ao volume de água e óleo recolhido, os equipamentos devem contar com, por exemplo, fácil sistema de esvaziamento e dispositivo de aquecimento para permitir que óleo pesado seja transferido.

Dimensionamento

De acordo com a Resolução CONAMA nº 398/2008, a capacidade mínima do armazenamento temporário de óleo ou mistura oleosa recolhida deverá ser equivalente a 03 (três) horas de operação do recolhedor.

Dessa forma, o dimensionamento da capacidade do armazenamento temporário deverá variar de acordo com o sistema de recolhimento considerado para a resposta.

Limitações de Uso

Não foram encontradas na literatura e em legislações, informações que indicassem as principais limitações desse tipo de técnica.

- ***Materiais Absorventes***

Descrição do Equipamento

De acordo com o trabalho desenvolvido por Lopes *et al.* (2005), para a remoção de manchas de óleo mais espessas são indicadas as técnicas consagradas de remoção como a contenção e recolhimento, já abordadas neste trabalho. Em certas condições, entretanto, principalmente no caso de manchas mais tênues, os materiais granulados, as mantas e barreiras absorventes têm boa utilidade.

Além da proteção de áreas vulneráveis, a Resolução CONAMA nº 398/2008 determina que estes materiais deverão ser empregados também na limpeza final da área do derramamento, para os locais inacessíveis aos recolhedores.

É importante destacar que logo após a utilização de absorventes em corpos d'água, deve-se priorizar a sua rápida remoção por meio de escumadeiras, ancinhos, dispositivos de sucção, etc. Esta providência tem como objetivo evitar a sedimentação da mistura de absorvente e óleo. É desejável, portanto, que os absorventes aplicados nesse tipo de cenário sejam de natureza orgânica natural tendo em vista que, na impossibilidade da remoção de todo o material, o resíduo remanescente tenha elevada biodegradabilidade, como no caso dos absorventes orgânicos naturais, a seguir detalhados.

Os materiais absorventes possuem características hidrofóbicas e oleofílicas que lhe conferem capacidade de recolher de óleo presente na água, utilizando-se tanto do mecanismo de absorção quanto de adsorção (VENTIKOS *et al*., 2004).

Alguns absorventes, além da propriedade de absorção, são também agentes de biorremediação, pois incentivam o crescimento de bactérias naturalmente presentes no ambiente. Essa bioestimulação acarreta em uma maior taxa de degradação do óleo, auxiliando na recuperação do sítio contaminado em um prazo de tempo menor (LOPES *et al*., 2005).

De acordo com a *United States Environmental Protection Agency* (US EPA)[32] e Lopes *et al*. (2005), os materiais absorventes podem ser classificados em 03 (três) categorias:

- Absorventes orgânicos naturais: São extraídos de matérias orgânicas e aplicados diretamente sobre os produtos a serem absorvidos sem que tenham sofrido qualquer tipo de tratamento químico ou físico. Exemplos destes absorventes são: cortiça, palha, feno e bagaço de cana-de-açúcar.

[32] Agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, disponível em: http://www.epa.gov/

- Absorventes orgânicos naturais manufaturados: Estes produtos possuem origem orgânica e após tratamento físico adquirem propriedades oleofílicas, aumentando significativamente a sua capacidade de absorção/adsorção. Outra forma de tratamento a que são submetidos esses materiais é a agregação de outros produtos, a fim de conferir características adicionais. Exemplos destes absorventes são: turfa, celulose e semente de algodão.
- Absorventes sintéticos: Consistem em produtos obtidos industrialmente através de processamento físico e químico. A vantagem do seu uso consiste no fato de sua capacidade de absorção ser em média até 70 vezes o seu peso em óleo, enquanto que os absorventes orgânicos naturais ou manufaturados absorvem no máximo 15 vezes o seu peso em óleo. Estes materiais geralmente são encapsulados de forma a não permitir seu espalhamento, pois o rompimento das barreiras e almofadas absorventes pode causar a contaminação do meio ambiente. Exemplos destes absorventes são: espuma de poliuretano, fibras de polietileno e polipropileno, copolímeros especiais, fibra de nylon, entre outros.

Dimensionamento

A quantidade mínima requerida de material absorvente deverá obedecer aos seguintes critérios (Resolução CONAMA nº 398/2008):

- Barreiras absorventes: Mesmo comprimento das barreiras utilizadas para a contenção.
- Mantas absorventes: Quantidade equivalente ao comprimento das barreiras utilizadas para contenção.
- Materiais absorventes a granel: Quantidade compatível com a estratégia de resposta apresentada.

Limitações de Uso

Os materiais absorventes são importantes instrumentos para a limpeza e recuperação de ambientes ameaçados ou contaminados com óleo, entretanto, apresentam algumas limitações de uso, as quais serão a seguir apresentadas, de acordo com as informações apresentadas pela ITOPF, CETESB e trabalho desenvolvido por Bowen (1995 *apud* LOPES *et al*., 2005).

O uso de absorventes orgânicos deve ter prioridade sobre os demais tipos de materiais, pois devido ao fato de não conterem aditivos ou sofrerem tratamentos, apresentam baixa ameaça aos organismos ou ambiente onde será aplicado.

Entretanto, estes materiais apresentam desvantagem quando comparados com os sintéticos, pois absorvem não somente óleo, mas também água, reduzindo sua eficiência. Além disso, alguns materiais absorventes orgânicos são também incompatíveis com muitas substâncias químicas, tais como ácidos, bases e oxidantes. O contato de absorventes dessa natureza com produtos das referidas classes pode provocar a ignição do absorvente.

Por sua vez, os absorventes industrializados apresentam maior eficiência, pois são desenvolvidos para minimizar a absorção de água. Entretanto, o uso direto sobre ambientes e organismos, como costões rochosos e recifes de corais, não é recomendável, uma vez que pode causar impacto à comunidade biológica por recobrimento físico e asfixia.

Um cuidado essencial com todos os tipos de materiais absorventes consiste em observar a saturação da capacidade de absorção. Sempre que estiverem saturadas, as peças devem ser imediatamente recolhidas e destinadas adequadamente, pois, caso contrário, podem passar a liberar o contaminante na água.

5.3.2 - Equipamentos e Materiais Alternativos Utilizados no Acidente Envolvendo a Plataforma de Perfuração *Deepwarter Horizon*

Diversos equipamentos e técnicas foram empregados na resposta ao vazamento de óleo do poço *Macondo*, no Golfo do México, com objetivo de minimizar os impactos do óleo sobre os ecossistemas e animais vulneráveis. Além das estratégias aplicáveis também no Brasil, como barreiras de contenção, recolhedores, material absorvente e dispersão superficial, diversas outras técnicas foram acionadas.

Tendo em vista a ineficiência das estratégias convencionais, a BP abriu um canal para o envio de ideias sobre técnicas e equipamentos, através de um portal eletrônico. Muitas sugestões e propostas foram enviadas e, após uma criteriosa triagem, algumas ideias foram discutidas, testadas e implementadas. Vale ressaltar que diversas alternativas aplicadas não obtiveram sucesso, porém devem ser consideradas como lições para o desenvolvimento de novas técnicas.

A seguir serão brevemente descritas algumas estratégias aplicadas na resposta ao vazamento do poço *Macondo* que apresentaram resultados positivos, com base em informações do Governo Americano[33], BP[34] e revista americana *Popular Mechanics*[35].

---

[33] Informações disponíveis em: http://www.restorethegulf.com

[34] Informações disponíveis em: http://www.bp.com/extendedsectiongenericarticle.do?categoryId=40&contentId=7061813

[35] Informações disponíveis em: http://www.popularmechanics.com/science/energy/coal-oil-gas/

- ***Aplicação de Dispersante Químico na Fonte do Vazamento***

Além do lançamento de dispersantes químicos na superfície do mar contaminada por óleo, a resposta ao vazamento no Golfo do México contou com a aplicação desses produtos diretamente na fonte do vazamento.

Calcula-se que um volume de cerca de 3.400 m³ de dispersantes químicos foram lançados em direção à origem do vazamento, próximo a cabeça do poço, a aproximadamente 1,5 mil metros de profundidade, com objetivo de fragmentar a mancha de óleo antes mesmo que esta atingisse a superfície.

De acordo com a regulação norte-americana, a técnica pode ser empregada em um grande acidente ambiental sem o aviso prévio aos órgãos ambientais, já que o levantamento das áreas é feito previamente.

Entretanto, sobre esta estratégia, não há consenso acerca de sua real eficácia, tampouco sobre os prejuízos ambientais dela decorrentes. A US EPA também não possui uma profunda análise sobre o uso do produto químico abaixo d'água, porém, recentes resultados confirmam que esse método faz com que uma menor quantidade de óleo atinja a superfície, aplicando-se menos dispersantes[36].

- ***Queima in Situ***

Outra técnica empregada na resposta ao vazamento de óleo no Golfo do México constitui na retirada de hidrocarbonetos do mar e transferência para a atmosfera através da queima do óleo no próprio local (*in situ burn*).

Esta técnica deve ser empregada caso seja considerado que a presença do óleo na água pode causar um impacto direto aos organismos marinhos e que, conhecendo o modelo de dispersão aérea da pluma de poluentes e a sensibilidade das áreas vizinhas, este poluente produzirá um impacto menor na atmosfera do que na água.

Em áreas remotas ou distantes da costa, a queima no local pode ser considerada um método satisfatório. Entretanto, devido aos aspectos técnicos, de segurança e de poluição do ar, este método possui diversas restrições.

A aplicação da queima *in situ* deve atender a condições ambientais e em relação ao estado do óleo, como (EPA, 2007):

  - Velocidade dos ventos menores que 10 metros por segundo
  - Ondas até 01 (um) metro

[36] Informação disponível em: http://www.epa.gov/bpspill/dispersants-qanda.html#summary

- Espessura mínima da mancha de óleo de 02 (dois) a 03 (três) milímetros (de acordo com o tipo de óleo)
- Menos de 30% de perdas por evaporação

De acordo com técnicos da Hidroclean[37], conforme o óleo intemperiza, os componentes mais voláteis são rapidamente perdidos. Este aspecto, juntamente com o processo de espalhamento da mancha na superfície do mar, torna a queima um método progressivamente menos efetivo ou mesmo impossível.

Isso se deve ao fato de a espessura da mancha ser o principal fator limitante à aplicação desta técnica. Nesse sentido, utilizam-se barreiras com a finalidade de cercar a mancha, para não apenas controlar o espalhamento como também concentrá-la em uma menor área, aumentando, assim, sua espessura e possibilitando a queima. Esta combinação de ações foi realizada no Golfo do México, como a mostra a **Figura 5-8**.

Figura 5-8 - Queima da mancha de óleo contida por barreiras.
Fonte: Reuters. (http://p1.trrsf.com.br/image/get?src=http://img.terra.com.br/i/2010/05/06/1523925-7084-atm14.jpg)

Embora seja aplicada há muitos anos, esta técnica nunca havia sido utilizada tão intensamente e com tamanho êxito. Neste caso, o resultado da queima correspondeu à remoção de quase um terço da retirada do óleo do mar por contenção e recolhimento.

Ressalta-se que nos Estados Unidos, onde a prática é autorizada, só é permitido realizar a queima do óleo derramado se a mancha estiver a uma distância mínima de aproximadamente 9,7 km (6 milhas) da costa. Essa exigência se deve ao fato de que a queima emite uma fumaça tóxica que poderia afetar a população costeira (BURGER, 1997).

[37] Empresa de serviços ambientais que atua no Brasil, e realiza atendimento a emergências. Informação disponível em: http://www.oceanografiabrasil.com/meio-ambiente/poluicao-marinha-o-brasil-esta-preparado

Estudos recentes realizados pela EPA revelam que a queima *in situ* do óleo vazado resulta na emissão de dioxinas, as quais são consideradas as substâncias mais tóxicas geradas pelo homem. Com isso, além da preocupação com a qualidade do ar do ambiente costeiro, a exposição dos trabalhadores envolvidos na prática deve ser controlada com a utilização de equipamentos adequados (BURGER, 1997).

No Brasil ainda não há legislação que trate deste assunto, sendo o seu uso proibido. Entretanto, recentemente o órgão ambiental competente vem analisando seriamente o desenvolvimento de regulamentação do uso dessa estratégia, tendo em vista sua eficácia na redução dos impactos ao meio ambiente causado por um vazamento de óleo no mar.

- ***Heavy Oil Recovery Device (HORD)***

Como previamente apresentado, o óleo vazado no mar sofre ação de diferentes agentes que alteram suas características originais. Após a evaporação de seus componentes voláteis e sofrer intemperismo, o óleo fica mais espesso e deixa de sobrenadar, se apresentando na coluna d'água até aproximadamente 0,5 metro abaixo da superfície. Dessa forma, os recolhedores tradicionais não são capazes de coletar este óleo, pois se restringem à coleta do material mais fluidizado e na superfície.

O HORD, em tradução livre, Dispositivo de Recolhimento de Óleo Pesado, é um equipamento cuja ideia foi enviada pelo pescador de camarão norte americano Gerry Matherne e que teve sua eficiência comprovada.

A ideia consiste basicamente em uma unidade capaz de filtrar, armazenar e descarregar o material recolhido. Uma bolsa de material especial com grande abertura, apoiada sobre a estrutura em forma de gaiola, é carreada por navios de pesca de camarão, coletando o óleo pesado na subsuperfície e a camada de óleo refletora na superfície, os quais não são passíveis de remoção por recolhedor tradicional.

Quando a capacidade total da bolsa, de 02 (duas) toneladas, é atingida, troca-se por uma nova. O conteúdo da bolsa é transportado até os locais de disposição adequada e ela é recondicionada ao uso.

5.4 - Impactos Ambientais e Socioeconômicos

5.4.1 - Metodologia de Avaliação de Impactos

O artigo 1º da Resolução CONAMA nº 01/1986 define impacto ambiental como "*qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais*."

Os impactos podem ser classificados de acordo com diversos atributos, obtidos a partir da literatura (SÁNCHEZ, 2006; PASTAKIA & JENSEN, 1998; FARAH, 1993 e CONEZA-VITORIA, 1997), conforme apresentado na **Tabela 5-13**.

Tabela 5-13 - Definição dos atributos dos impactos.

Atributo	Impacto	Definição
Natureza	Negativo	A alteração resulta em deterioração da qualidade ambiental
	Positivo	A alteração resulta em melhoria da qualidade ambiental
Incidência	Direto	Decorre diretamente das atividades realizadas nas unidades
	Indireto	Decorre de um impacto direto causado pelas atividades realizadas nas unidades
Abrangência Espacial	Local	Os efeitos ficam restritos às áreas de realização das atividades
	Regional	Os efeitos ultrapassam as áreas de realização das atividades, mas se restringem a uma região geográfica limitada
	Extrarregional	Os efeitos afetam uma área maior que as 02 (duas) anteriores e cuja importância é coletiva ou nacional
Permanência ou Duração	Temporário	O impacto se manifesta durante as atividades realizadas nas unidades, mas cessa quando a ação que o causou é finalizada
	Permanente	O impacto resulta em alterações definitivas do componente ambiental e/ou permanece após a ação que o causou ser finalizada
	Cíclico	O impacto resulta em alterações que se manifestam de forma intermitente e em intervalos de tempo regulares de acordo com a dinâmica da ação que o causou
Momento	Curto-prazo	Ocorre logo após a ação que o causou
	Médio-prazo	Ocorre depois de certo período de tempo após a ação que o causou
	Longo-prazo	Ocorre depois de um longo período de tempo após a ação que o causou
Reversibilidade	Reversível	O ambiente retorna às condições anteriores após a ação impactante ser finalizada. A reversibilidade deve ocorrer dentro de um espaço de tempo conhecido
	Parcialmente Reversível	O ambiente retorna parcialmente às condições anteriores em um horizonte temporal previsível e/ou, no caso de impossibilidade de estimativa temporal, quando se observa tendência de recuperação
	Irreversível	O ambiente não retorna às condições anteriores, mesmo após a ação impactante ser finalizada
Cumulatividade	Simples	O impacto não induz ou potencializa nenhum outro impacto; não é induzido ou potencializado por nenhum outro impacto; não apresenta interação de qualquer natureza com nenhum outro impacto; e não representa incremento em ações passadas, presentes e razoavelmente previsíveis no futuro
	Indutor ou Cumulativo	O impacto induz ou potencializa outro(s) impacto(s); é induzido ou potencializado por outro(s) impacto(s); apresenta algum tipo de interação com outro(s) impacto(s); ou representa incremento em ações passadas, presentes e razoavelmente previsíveis no futuro

Tabela 5-14 - Definição dos atributos dos impactos (continuação).

Atributo	Impacto	Definição	
Magnitude	Baixa	Meio Físico	A qualidade do fator ambiental apresenta alteração pouco perceptível, sem causar modificações mensuráveis ao meio
		Meio Biótico	A alteração ocorre apenas a nível organísmico (distúrbios metabólicos e fisiológicos, anomalias morfológicas, inibição de mitose, entre outros) sem afetar a população de forma relevante
		Meio Socioeconômico	O impacto afeta um ou alguns indivíduos de um dado grupo social ou instituições de um dado setor econômico, sem, contudo, modificação da estrutura ou dinâmica do fator socioeconômico (restrito às poucas comunidades, pequena oferta de empregos diretos, pequena pressão sobre a infraestrutura existente, entre outros)
	Média	Meio Físico	A qualidade do fator ambiental é afetada sem, no entanto, comprometer sua integridade
		Meio Biótico	A alteração ocorre a nível populacional (distúrbios comportamentais, de crescimento, reprodução, abundância, entre outros)
		Meio Socioeconômico	O impacto afeta parcialmente a estrutura ou dinâmica do fator socioeconômico (criação de alguns empregos, sobrecarga na infraestrutura existente, entre outros)
	Alta	Meio Físico	A qualidade do fator ambiental é afetada e há comprometimento de sua integridade
		Meio Biótico	A alteração ocorre em estrutura e funções, em nível de comunidades
		Meio Socioeconômico	O impacto afeta profundamente a estrutura ou dinâmica do fator socioeconômico (muitas comunidades atingidas, criação de grande número de empregos, demanda por nova infraestrutura, entre outros)
Importância	Pequena	Ver **Tabela 5-15**	
	Média	Ver **Tabela 5-15**	
	Alta	Ver **Tabela 5-15**	

Fonte: Dados de SÁNCHEZ, 2006; PASTAKIA & JENSEN, 1998; FARAH, 1993 e CONEZA-VITORIA, 1997, obtidos do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o Desenvolvimento da Produção de Petróleo no Bloco BM-S 40, Áreas de Tiro e Sídon, Bacia de Santos, elaborado pela ICF Consultoria do Brasil para a PETROBRAS.

Conforme sugerido por Sánchez (2006), modificando abordagem da Hydro-Quebec (1990 *apud* SÁNCHEZ, 2006), o critério de avaliação da importância de um impacto pode considerar a combinação dos atributos Permanência, Abrangência Espacial e Magnitude, como apresentado na **Tabela 5-15**.

Tabela 5-15 - Avaliação da importância considerando-se os atributos permanência, abrangência espacial e magnitude.

Permanência	Abrangência Espacial	Magnitude		
		Baixa	Média	Alta
Temporário	Local	Pequena	Pequena	Pequena
Cíclico	Local	Pequena	Pequena	Média
Temporário	Regional	Pequena	Média	Alta
Temporário	Extrarregional	Pequena	Média	Alta
Cíclico	Regional	Pequena	Média	Alta
Permanente	Local	Pequena	Média	Alta
Permanente	Regional	Média	Alta	Alta
Cíclico	Extrarregional	Média	Alta	Alta
Permanente	Extrarregional	Alta	Alta	Alta

Fonte: Dados da Hydro-Quebec (1990), modificados por Sanchéz (2006), obtidos do EIA - Bloco BM-S 40, ICF Consultoria do Brasil/PETROBRAS.

5.4.2 - Principais Impactos Decorrentes de Vazamentos de Óleo no Mar

Vazamentos de óleo para o mar podem causar diversas alterações físico-químicas e biológicas na qualidade da água, provocando prejuízos a organismos e *habitats* sensíveis, podendo impactar também a saúde de trabalhadores envolvidos na atividade de perfuração marítima, e a pesca e o turismo, caso a mancha de óleo atinja locais onde essas atividades ocorram.

Ressalta-se que a composição química e as propriedades físicas do óleo, como densidade e viscosidade, assim como o perfil de correntes e ventos e demais dados oceanográficos da região de ocorrência do vazamento, influenciam diretamente nos principais processos de remoção deste produto do ambiente (biodegradação, evaporação e diluição).

No Brasil, para que atividades de perfuração *offshore* possam se instalar e operar, é exigida a apresentação de modelagem de dispersão de óleo no mar, com base nas características do produto vazado e nas condições oceanográficos da região, ao órgão responsável pelo licenciamento ambiental. Os resultados da simulação irão indicar se há risco de um vazamento de pior caso atingir a costa. Os casos em que houver probabilidade de toque de óleo na costa são críticos, uma vez que podem ser contaminados estuários, manguezais e outras áreas costeiras sensíveis. Para o caso do polo Pré-Sal, a probabilidade de chegada de óleo na costa decorrente de um vazamento de grande magnitude é geralmente baixa, pois os reservatórios estão situados a longas distâncias do litoral, que variam de 50 a 450 km.

Os principais impactos decorrentes de um vazamento de grande magnitude de óleo para o mar foram avaliados a partir de informações levantadas na literatura científica e em dados secundários de EIA/RIMAs de atividades de E&P *offshore* de petróleo e gás natural no Brasil e são apresentados a seguir.

- ***Qualidade da Água***

Na ocorrência de um derramamento de óleo no mar, a camada superficial da água é a mais afetada, pois como a densidade do óleo é menor que a da água do mar, a maior parte deste produto se concentrará na superfície, alterando sua coloração, odor e transparência, podendo impedir sua utilização até mesmo para a navegação.

Além disso, com a possível ocorrência do processo de emulsificação, a alteração da qualidade da água pode persistir por mais tempo, visto que a formação da "*mousse*[38]" expande o volume original do material derramado (NRC, 2003). Adicionalmente, com o eventual adensamento do óleo, as partículas emulsificadas ficarão em subsuperfície dificultando os processos de evaporação, advecção[39] e espalhamento da mancha (NRC, 2003).

É importante destacar que os componentes voláteis do óleo, que em geral são os mais tóxicos, evaporam rapidamente (FINGAS, 1994). No entanto, a fração hidrossolúvel do óleo também contém compostos considerados tóxicos a biota marinha por seu caráter carcinogênico (KINGSTON, 2002). Além de hidrocarbonetos, os derramamentos de óleo introduzem metais e compostos orgânicos no ambiente, que podem apresentar enxofre, nitrogênio e complexos orgânicos contendo níquel e vanádio (HOLDWAY, 2002).

Dessa forma, poderiam ocorrer interferências nas comunidades planctônicas[40], bentônicas[41] e nectônicas[42] presentes na área da mancha, devido à ação tóxica de alguns dos componentes solúveis dos hidrocarbonetos de petróleo como os BTEX[43] e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)[44] (CORSEUIL *et al*., 1997;

---

[38] Emulsão de água em óleo (RANGEL & NICODEM, 2003).

[39] Transporte ou carregamento (FERNÁNDEZ *et al*., 2009).

[40] Organismos geralmente microscópicos que vivem em suspensão na coluna d'água e são passivamente carregados pelas correntes e ondas (LOPES, 2002).

[41] Organismos que vivem em contato com o substrato, de forma fixa, como os corais e as algas, ou de forma vágil (que se desloca sobre o fundo), como os caranguejos (LOPES, 2002).

[42] Animais nadadores ativos que vivem na coluna d'água (LOPES, 2002).

[43] Benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno. Hidrocarbonetos aromáticos, geralmente presentes nos derivados de petróleo e em líquidos de gaseificação de carvão, com capacidade de dissolverem-se em água, em especial o benzeno. São, todos eles, substâncias com graves efeitos sobre a saúde humana (FERNÁNDEZ *et al*., 2009).

[44] Produtos primários de processos de combustão incompleta de material orgânico (como a queima de óleo) a diferentes temperaturas e compreendem moléculas com 02 (dois) a 06 (seis) anéis aromáticos. Representam uma importante classe de carcinógenos químicos (CAMARGO *et al*., 2006 e CELINO & QUEIROZ, 2006).

TOPPING *et al*., 1995; HALL *et al.*, 1983; GESAMP, 1993; IPIECA, 2000 e KINGSTON, 2002).

Levando em consideração as informações acima, o fato de geralmente vazamentos de volumes expressivos de óleo acarretarem em grandes áreas atingidas, e a interação desse impacto com outros causados ao meio biótico, a alteração da qualidade da água é considerada um impacto: negativo, direto, extrarregional, permanente, de curto prazo, parcialmente reversível, dependendo do volume derramado e áreas atingidas, indutor, de alta magnitude e alta importância.

- ***Qualidade do Sedimento***

Após vazamento de óleo no mar, a fração deste produto presente na coluna d'água fica sujeita a diversos processos físicos, químicos e biológicos, que podem colaborar para sua degradação e retirada do ambiente (PATIN, 1999). A evaporação da fração volátil e dissolução das frações com baixo peso molecular são processos físico-químicos atuantes sobre a mancha que contribuem para a densificação do óleo (FINGAS, 1994). Já no caso dos compostos de maior peso molecular, os processos mais relevantes para sua degradação e retirada do ambiente são a emulsificação e a adsorção.

A emulsificação e a adsorção do óleo ao material particulado em suspensão e posterior processo de sedimentação e deposição promovem a exportação deste produto e, consequentemente, aumenta a área atingida pelo vazamento (PATIN, 1999; NRC, 2003 e EVERS *et al*., 2004).

Ressalta-se que esses processos ocorrem de forma mais expressiva em locais próximos à costa, onde os processos dinâmicos são mais intensos e a disponibilidade de sedimento na coluna d'água é maior.

Usualmente, as quantidades de óleo que sedimentam com o material particulado são pequenas e rapidamente biodegradadas por organismos bentônicos, evitando a contaminação do sedimento por um longo período de tempo (PATIN, 1999). Entretanto, vazamentos de grande magnitude, grandes volumes de óleo podem ser retidos no sedimento (MARIANO, 2007), diminuindo a eficiência dos processos de intemperismo que proporcionariam a sua retirada do meio. Nestes casos, a qualidade do sedimento é alterada pela introdução de substâncias químicas complexas como hidrocarbonetos e compostos metálicos e nitrogenados (ROSA, 2001 e HOLDWAY, 2002).

Desta forma, o impacto do óleo sobre este compartimento é classificado como: negativo, direto, extrarregional, permanente, de médio prazo, parcialmente reversível, indutor, uma vez que pode interferir com a comunidade bentônica, pela eventual ocorrência de sufocamento e recobrimento desta (KINGSTON, 2002), de alta magnitude e alta importância.

- ***Qualidade do Ar***

No caso de um acidente com derramamento de óleo para o mar, seria formada uma pluma de vapor de hidrocarbonetos, devido à alta volatilidade dos componentes do óleo de menor peso molecular, como os BTEX (EVERS *et al*., 2004).

A inalação por exposição aguda ao ar contaminado por BTEX tem sido associada à problemas sensoriais, depressão de atividade do sistema nervoso central e efeitos no sistema respiratório (BRITO *et al*., 2005 e CHIARANDA, 2006).

Além disso, podem formar-se partículas finas inaláveis de ácidos, como o sulfúrico e o nítrico, além de dióxido de nitrogênio, que ao sofrer fotodissociação, quando é combinado com componentes orgânicos voláteis (COVs) e ozônio, cria condições para a geração de uma grande variedade de poluentes. Alguns deles podem causar irritação da garganta e dos olhos, a redução na percepção de odores e da visibilidade (WARK *et al*., 1998).

Os principais grupos que poderiam ser impactados das formas supracitadas são: equipes que estiverem trabalhando na unidade onde ocorreu o acidente, trabalhadores da pesca artesanal e industrial e tripulação de outras embarcações que por ventura estejam presentes em locais com presença de óleo, turistas e moradores que vivem no litoral.

Além disso, em um vazamento no qual o produto confinado sai com grande pressão do fundo oceânico, como no caso de um *blowout*, pode ser liberado também gás metano, que além de ser inflamável ao entrar em contato com o ar, é ainda um gás intensificador do efeito estufa.

Com isso, o impacto sobre a qualidade do ar pode ser classificado como: negativo, direto, extrarregional, permanente, de curto-prazo, parcialmente reversível, indutor, visto que as emissões podem provocar impactos na saúde humana e também intensificar o efeito estufa, de média magnitude e alta importância.

- ***Comunidade Planctônica***

Normalmente, nas regiões costeiras, devido à maior disponibilidade de nutrientes, ocorre maior concentração de organismos planctônicos do que em regiões oceânicas

(YONEDA, 1999). Com isso, o impacto de um derramamento de óleo nessas regiões seria menor quando comparado com áreas litorâneas.

Devido às modificações físico-químicas da água do mar e, consequentemente, das condições ambientais, causadas pela presença de óleo, pode ocorrer o desaparecimento de muitos espécimes, ficando espaços livres que serão ocupados por espécies melhor adaptadas às novas condições, ou espécies que se encontravam em estado latente, e que proliferam devido à falta de concorrência.

Vale ressaltar que os efeitos irão variar em função das características ambientais da área, quantidade e tipo de óleo derramado, a fração que pode ser assimilada pelos organismos (biodisponibilidade), a capacidade dos organismos acumularem e metabolizarem os diversos tipos de hidrocarbonetos e sua influência nos processos metabólicos (VARELA *et al*., 2006).

Destaca-se que o impacto da presença de óleo sobre o plâncton é causado, principalmente, pela formação de uma película de hidrocarbonetos na superfície da água. Essa película reduz as trocas gasosas com a atmosfera e, consequentemente, a fotossíntese e a produtividade primária. Desta maneira, a produção secundária do plâncton também é afetada. Ressalta-se que a fotossíntese pode ser reduzida em cerca de 50% pela ação dos derivados de hidrocarbonetos (McNAUGHTON *et al*., 1984 *apud* RIBEIRO, 2007).

Ressalta-se que os diferentes grupos do plâncton serão impactados de formas distintas na ocorrência de um vazamento de óleo no mar, como pode ser observado a seguir:

- **Bacterioplâncton**: Pode haver a multiplicação das espécies capazes de degradar óleo e com isso gerar empobrecimento local de oxigênio e consequentemente o desaparecimento de muitos espécimes.
- **Fitoplâncton**: Pode haver a diminuição da densidade desse grupo devido às modificações físico-químicas da água do mar e à redução da fotossíntese. No entanto, um aumento da densidade fitoplanctônica pode também ser observado, causado pela redução da predação pelo zooplâncton (que apresentam alta taxa de mortalidade na presença de óleo).
- **Zooplâncton**: Devido ao efeito tóxico e físico do óleo, pode haver diminuição da densidade desse grupo e redução das taxas de reprodução e alimentação. Além disso, a redução do número de organismos pode ser resultado da ingestão de alimentos contaminados, como bacterio-, fito- e protozooplâncton. No entanto, um aumento na densidade zooplanctônica pode também ser

observado, causado pela maior disponibilidade de bacterioplâncton, organismos utilizados como alimento pelo zooplâncton.

Vale destacar que o zooplâncton é predado pela maioria dos níveis tróficos superiores, podendo afetar as comunidades bentônica e nectônica, e causar impacto sobre as atividades pesqueiras.

Dessa forma, o impacto de um vazamento de óleo sobre o plâncton pode ser classificado como: negativo, direto (pelo contato físico com o óleo) e indireto (pela interferência da qualidade da água sobre os organismos), extrarregional, permanente, de curto-prazo, parcialmente reversível, indutor, de alta magnitude e alta importância.

- ***Comunidade Bentônica***

O impacto causado na comunidade bentônica em decorrência de um derramamento de óleo no mar está diretamente relacionado ao impacto sobre a qualidade do sedimento, descrito anteriormente, uma vez que esse grupo é caracterizado por viver no fundo do oceano. Além disso, os organismos bentônicos também são encontrados na costa, onde vivem fixados principalmente em costões rochosos. Destaca-se que os impactos sobre a comunidade bentônica da região costeira são mais conhecidos e estudados.

Assim como para a qualidade do sedimento, as interferências sobre os organismos do bentos são causadas principalmente pelos processos de emulsificação e a adsorção do óleo ao material particulado em suspensão e posterior processo de sedimentação e deposição. Com isso, a comunidade bentônica pode ser contaminada pelo recobrimento de seus tecidos respiratórios e órgãos de filtração.

Além disso, a ingestão dos poluentes dissolvidos na água ou de organismos contaminados por óleo pode também ocasionar impactos nos bentos.

É importante notar que alguns componentes do petróleo podem ser bioacumulados por organismos bentônicos. O bentos contaminado pode ser consumido por organismos de níveis tróficos superiores e caso a biomagnificação[45] ocorra, o maior nível trófico pode concentrar contaminantes que poderão causar efeitos tóxicos. No entanto, para que isso ocorra, é necessário que o óleo permaneça no ambiente, sendo mais efetivo em contaminações crônicas (intermitentes ou de longo prazo) do que agudas (eventos isolados ou acidentes).

Com isso, o impacto sobre a comunidade bentônica pode ser classificado como: negativo, direto (pelo contato físico com o óleo) e indireto (pela alteração da qualidade

[45] Aumento de concentração na direção do topo da cadeia alimentar (DUARTE, 2002).

da água e interferências no zooplâncton, predado pelos bentos), extrarregional, permanente, de médio-prazo, parcialmente reversível, indutor, de média magnitude, uma vez que não é esperado que um volume de óleo expressivo atinja o fundo do oceânico, e alta importância.

- ***Comunidade Nectônica***

Durante um evento de vazamento de óleo, os organismos nectônicos em geral (peixes adultos, mamíferos e quelônios marinhos) podem ser atingidos tanto de forma direta (contato com o óleo) quanto indireta (ingestão de alimento contaminado).

- **Peixes**

Os peixes constituem o grupo dominante no nécton. Em regiões oceânicas, a dinâmica local e o fato da maior fração do óleo permanecer na superfície, faz com que não haja grande mortandade tanto peixes adultos como juvenis. Já em ambientes costeiros a persistência do óleo no sedimento pode causar a contaminação dos peixes devido à ingestão de bentos (IPIECA, 2000).

Destaca-se que peixes de médio e grande porte conseguem se afastar das áreas contaminadas por óleo. No entanto, isso não significa que não existam chances de contaminação, uma vez que, conforme apresentado anteriormente, os peixes podem ingerir alimentos contaminados (SANBORN, 1977).

De acordo com experimentos descritos na literatura, podem ser observadas alterações no comportamento de reprodução e alimentação em peixes expostos a baixas concentrações do óleo (GESAMP, 1993 *apud* IPIECA, 2000). Dente as possíveis alterações, destaca-se a redução no período de incubação dos ovos, no tempo de sobrevivência das larvas e na exposição dos adultos durante o período entre reproduções (GESAMP, 1993 *apud* IPIECA, 2000). Apesar disso, diversos estudos (LEMAIRE *et al*., 1990; MCDONALD *et al*., 1992 e KRAHN *et al*., 1993 *apud* TOPPING *et al*., 1995) indicam que os peixes possuem a capacidade de metabolizar rapidamente compostos de hidrocarbonetos após o acúmulo do óleo nos seus tecidos (IPIECA, 2000).

Vale destacar que há atualmente diversas espécies de peixes que se encontram ameaçadas de extinção. Caso sofram algum tipo de interferência pela presença de óleo na água, isso implicaria em um risco ainda maior de seu desaparecimento.

- **Mamíferos Marinhos**

Em relação ao impacto causado pelo contato direto com organismos desse grupo, destaca-se a pouca aderência do óleo à pele lisa dos animais. Contudo, podem

ocorrer irritações na pele e nos olhos, interferências na capacidade natatória, entre outras disfunções, caracterizando uma diminuição da função do sistema imunológico.

É importante mencionar que, em caso de derramamento de óleo no mar, o principal fator de impacto sobre esse grupo, é a intoxicação pela alimentação através da contaminação na cadeia alimentar (LEIGHTON, 2000).

Outra forma de impacto sobre o grupo é a interferência da mancha de óleo formada com as rotas de migração de algumas espécies, que se deslocam para reprodução e alimentação.

Vale destacar que há atualmente diversas espécies de mamíferos marinhos que se encontram ameaçadas de extinção, como a baleia-franca-do-sul (*Eubalaena australis*), a baleia-jubarte (*Megaptera novaengliae*) e a toninha (*Pontoporia blainvillei*). Caso sofram algum tipo de interferência pela presença de óleo na água, isso implicaria em um risco ainda maior de seu desaparecimento.

- **Tartarugas Marinhas**

Em relação às tartarugas marinhas, Hall *et al.* (1983), através de pesquisas sobre o vazamento do poço exploratório Ixtoc I, na Baía de Campeche, México, em 1979, observaram que a exposição destes animais ao óleo pode ocasionar diminuição de massa corporal, talvez por descontrolar a atividade de alimentação. Assim, em condições de fraqueza, as tartarugas marinhas poderiam sucumbir a outros fatores externos ou a alguns elementos tóxicos do próprio óleo (HALL *et al.*, 1983).

Além disso, as 05 (cinco) espécies de tartarugas marinhas existentes no Brasil estão ameaçadas de extinção. Dessa forma, caso sofram algum tipo de interferência pela presença de óleo na água, isso implicaria em um risco ainda maior de seu desaparecimento.

- **Aves Marinhas e Costeiras**

As aves marinhas e costeiras, assim como os demais organismos que vivem nas camadas superficiais do mar, são especialmente vulneráveis a vazamentos de óleo (LEIGHTON, 2000).

Os principais efeitos do óleo sobre as aves são causados devido ao contato físico direto, que acarreta em perda da impermeabilidade das penas (impedindo que estas voltem a voar). Esse contato com a camada superficial da água ocorre, em alguns casos, durante a captura de suas presas. Além disso, pode haver a ingestão de óleo ou de alimento contaminado principalmente durante a tentativa de se limpar (SCHOLZ *et al*., 1999).

Além disso, ao longo da costa brasileira há muito locais utilizados para nidificação de aves. Logo, outra forma de impacto sobre o grupo é a chegada de óleo até essas áreas.

Vale destacar que há atualmente diversas espécies de aves marinhas e costeiras que se encontram ameaçadas de extinção. Caso sofram algum tipo de interferência pela presença de óleo na água, isso implicaria em um risco ainda maior de seu desaparecimento.

Dessa forma, o impacto sobre a comunidade nectônica pode ser classificado como: negativo, direto (pelo contato físico com o óleo) e indireto (pela alteração da qualidade da água e ingestão de alimentos contaminados), extrarregional, permanente, de curto-prazo, parcialmente reversível, indutor, de média magnitude e alta importância.

- ***Atividade Pesqueira***

Vazamentos de óleo no mar geram impactos potenciais sobre organismos marinhos de interesse comercial devido, principalmente, à ingestão de alimentos contaminados. Com isso, poderão ocorrer efeitos negativos sobre processos de reprodução, alimentação e recrutamento de recursos pesqueiros.

Além da contaminação do pescado, a presença de óleo pode modificar os padrões de deslocamento das espécies, causar a exclusão da navegação sobre a área da mancha formada e, com a adaptação à nova localização dos organismos, pode até promover a mudança de pontos de desembarque. Logo, é possível que ocorra um aumento dos custos de captura (combustível, alimentação e gelo), onerando a atividade no caso de um aumento de percurso, ou impossibilitando as incursões. Adicionalmente, devido à rápida dispersão do óleo na superfície da água, algumas embarcações e petrechos de pesca podem ser danificados.

A pesca artesanal, por ter pouca mobilidade, poderia ser bastante afetada e, com isso, a economia local (das famílias e dos restaurantes locais que compram diretamente do pescador), seria prejudicada, assim como a identidade daquela determinada comunidade. Já a pesca industrial, apesar da mobilidade que possui, também seria comprometida, e seus prejuízos iriam além da economia das empresas de pesca, uma vez que sua comercialização seria modificada, prejudicando os municípios compradores do pescado.

Conclui-se, dessa forma, que a chegada de óleo em áreas de pesca pode, em curto-prazo, interromper a atividade dos pescadores de pesca industrial e, em caso de chegada a região costeira, de pesca artesanal também.

Com isso, assim como para a comunidade nectônica em geral, o impacto sobre os recursos pesqueiros pode ser classificado como: negativo, direto (pelo contato físico com o óleo) e indireto (pela alteração da qualidade da água e ingestão de alimentos contaminados), extrarregional, permanente, de curto-prazo, parcialmente reversível, indutor, de média magnitude e alta importância.

- ***Áreas Ecologicamente Sensíveis***

Podem ser consideradas áreas ecologicamente sensíveis:

- Regiões litorâneas com Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) alto (MMA, 2007), como por exemplo: banhados, brejos, marismas e manguezais
- Unidades de Conservação, devido à importância para proteção de ecossistemas e de diversas espécies de animais
- Áreas Prioritárias para Conservação de ecossistemas e animais marinhos, classificadas como de Extrema Importância Biológica (MMA, 2002)
- Área com presença de corais, devido à importância desses organismos para a manutenção da biodiversidade, por servirem como áreas de alimentação, refúgio e procriação para inúmeras espécies demersais e bentônicas (JENSEN & FREDERIKSEN, 1992 e MORTENSEN, 2001 *apud* KITAHARA *et al*., 2009)
- Locais utilizados para reprodução ou abrigo de animais, entre outras.

Caso esses locais sejam atingidos pela mancha de óleo formada após um derramamento, os impactos ambientais poderão ser significativos, uma vez que tratam-se de áreas vulneráveis, com características ambientais especiais.

O impacto sobre as áreas ecologicamente sensíveis pode ser classificado como: negativo, direto, extrarregional, permanente, de curto-prazo, parcialmente reversível, indutor, de alta magnitude e alta importância.

- ***Tráfego Marítimo***

Após um vazamento de óleo para o mar de grandes proporções, a necessidade do deslocamento de material para contenção da mancha formada e controle do acidente acarretaria em um aumento da movimentação de embarcações de resposta a emergência, potencializando a probabilidade de acidentes de navegação.

Além disso, o vazamento poderia interferir na rota das demais embarcações (pesqueiras ou comerciais) que por ventura estivessem presentes na região. Essas devem buscar alternativas de desvio da mancha, o que pode resultar em eventuais aumentos de percurso.

O impacto sobre o tráfego marítimo pode ser classificado como: negativo, direto (considerando a necessidade de desvio da mancha de óleo) e indireto (considerando a intensificação do trânsito de embarcações de resposta a emergência), regional, permanente, de curto-prazo, reversível, indutor, uma vez que pode causar pressão sobre a infraestrutura portuária, de média magnitude, pois há alternativas às rotas de navegação usuais, e alta importância.

- ***Tráfego Aéreo***

A necessidade de transporte de pessoal, materiais e equipamentos para o controle de um acidente com vazamento de óleo para o mar, resultaria em um acréscimo significativo no número de viagens aéreas às bases de apoio e à unidade marítima. Com isso, as bases de apoio aéreo poderiam sobrecarregar-se.

Além disso, é possível que ocorra um aumento do número de viagens para acompanhamento das autoridades ou cobertura jornalística, o que também pode gerar interferências com as operações normais que ocupam o espaço aéreo regional.

Pelas razões apresentadas acima, deve ser considerado que a intensificação do tráfego aéreo pode ampliar os riscos da ocorrência de acidentes.

O impacto sobre o tráfego aéreo pode ser classificado como: negativo, indireto, regional, permanente, de curto-prazo, reversível, indutor, uma vez que pode causar pressão sobre a infraestrutura aérea e interferências em outras atividades existentes na região, de baixa magnitude, e média importância.

- ***Infraestrutura de Disposição Final de Resíduos***

A contenção de um vazamento de óleo gera uma grande quantidade de resíduos contaminados em um curto período de tempo (IPIECA, 2000) que irão demandar locais adequados para seu armazenamento temporário e disposição final.

Todo o material contaminado com óleo (terra, areia, equipamentos de proteção individual (EPIs), mantas absorventes, entre outros) deve ser acondicionado em sacos plásticos e tambores, com identificação de origem e conteúdo, que serão posteriormente transportados por empresas especializadas até sua disposição final adequada.

Considerando ainda que a destinação de resíduos é uma questão complexa, principalmente dos contaminados por óleo, devido à limitação de locais adequados para sua disposição, pode ser gerada pressão sobre a infraestrutura de disposição final de resíduos.

Esse impacto pode ser classificado impacto como: negativo, indireto, extrarregional, permanente, de curto prazo, reversível, indutor, pois pode intensificar o tráfego marítimo, de média magnitude, e alta importância.

- ***Síntese Conclusiva***

A **Tabela 5-16** apresenta de forma consolidada todos os impactos decorrentes de vazamentos de óleo para o mar de grandes proporções identificados, e os atributos de cada um deles.

Tabela 5-16 - Consolidação da classificação dos impactos causados por um vazamento de grande magnitude de óleo para o mar.

		Atributo								
		Natureza	**Incidência**	**Abrangência Espacial**	**Permanência ou Duração**	**Momento**	**Reversibilidade**	**Cumulatividade**	**Magnitude**	**Importância**
Componente Impactado	**Qualidade da água**	Negativo	Direto	Extrarregional	Permanente	Curto-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Alta	Alta
	Qualidade do Sedimento	Negativo	Direto	Extrarregional	Permanente	Médio-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Alta	Alta
	Qualidade do Ar	Negativo	Direto	Extrarregional	Permanente	Curto-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Média	Alta
	Comunidade Planctônica	Negativo	Direto e Indireto	Extrarregional	Permanente	Curto-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Alta	Alta
	Comunidade Bentônica	Negativo	Direto e Indireto	Extrarregional	Permanente	Médio-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Média	Alta
	Comunidade Nectônica	Negativo	Direto e Indireto	Extrarregional	Permanente	Curto-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Média	Alta
	Atividade Pesqueira	Negativo	Direto e Indireto	Extrarregional	Permanente	Curto-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Média	Alta
	Áreas Ecologicamente Sensíveis	Negativo	Direto	Extrarregional	Permanente	Curto-prazo	Parcialmente Reversível	Indutor	Alta	Alta
	Tráfego Marítimo	Negativo	Direto e Indireto	Regional	Permanente	Curto-prazo	Reversível	Indutor	Média	Alta
	Tráfego Aéreo	Negativo	Indireto	Regional	Permanente	Curto-prazo	Reversível	Indutor	Baixa	Média
	Infraestrutura de Disposição Final de Resíduos	Negativo	Indireto	Extrarregional	Permanente	Curto-prazo	Reversível	Indutor	Média	Alta

A **Tabela 5-17** também apresenta os resultados consolidados, porém de forma quantitativa, para um melhor entendimento das interferências que podem ser causadas após um expressivo derramamento de óleo no mar.

Tabela 5-17 - Resultados quantitativos da análise realizada.

Atributo	Impacto	Número	%
Natureza	Negativo	11	100
	Positivo	0	0
Incidência	Direto	4	36,36
	Indireto	5	45,45
	Direto e Indireto	2	18,18
Abrangência Espacial	Local	0	0
	Regional	2	18,18
	Extrarregional	9	81,82

Tabela 5-18 - Resultados quantitativos da análise realizada (continuação).

Atributo	Impacto	Número	%
Permanência ou Duração	Temporário	0	0
	Permanente	11	100
	Cíclico	0	0
Momento	Curto-prazo	9	81,82
	Médio-prazo	2	18,18
	Longo-prazo	0	0
Reversibilidade	Reversível	3	27,27
	Parcialmente Reversível	8	72,73
	Irreversível	0	0
Cumulatividade	Simples	0	0
	Indutor ou Cumulativo	11	100
Magnitude	Baixa	1	9,09
	Média	6	54,55
	Alta	4	36,36
Importância	Pequena	0	0,00
	Média	1	9,09
	Alta	10	90,91

Os resultados apresentados na tabela anterior comprovam que os impactos decorrentes de grandes vazamentos de óleo para o mar são extremamente adversos e podem ocasionar significativa deterioração da qualidade socioambiental.

No entanto, além das análises de impactos realizadas serem normalmente conservadoras, utilizando como referência volumes extremos e não considerando a implementação das ações previstas no PEI, a probabilidade de ocorrência de um acidente que resulte em vazamentos de grande magnitude de óleo para o mar durante atividades de perfuração marítima é considerada baixa.

Ressalta-se, contudo, que com a ocorrência do acidente no Golfo do México em 2010, passou-se a discutir se os estudos realizados para atividades de E&P *offshore* de petróleo e gás natural no Brasil estão realmente sendo elaborados de maneira conservadora. Este questionamento surge uma vez que na situação real foram derramados volumes muito superiores do que vem sendo utilizado como pior caso no país, e os impactos ambientais e socioeconômicos resultantes foram muito significativos, sendo, por esta razão, considerado o pior desastre ambiental na história dos EUA.

A seguir, serão apresentados brevemente os principais impactos decorrentes do acidente supracitado.

5.4.3 - Principais Impactos Ambientais e Socioeconômicos Ocasionados pelo Acidente Envolvendo a Plataforma de Perfuração *Deepwarter Horizon*

Apesar das diversas reportagens, imagens e outras comprovações dos inúmeros impactos ambientais e socioeconômicos resultantes do acidente no Golfo do México em abril de 2010, ainda não é possível dimensionar o dano causado pelo derramamento de 780.000 m³ de óleo no mar.

Apenas com o passar dos anos poderá ser verificado os efeitos de longo prazo sobre os principais ambientes e animais afetados. De acordo com o oceanógrafo Xavier Pastor, diretor executivo da Oceana[46] na Europa, é provável que os efeitos do vazamento sejam ainda observados durante 100 anos.

Até o momento, as principais interferências notadas ocorreram nos ecossistemas costeiros sensíveis dos estados americanos atingidos, como pântanos, deltas e mangues, e também em baleias, golfinhos, tartarugas marinhas (**Figura 5-9**) e aves (**Figura 5-10**) (os danos que o óleo pode causar a esses animais foi descrito no item anterior - **5.4.2 - Principais Impactos Decorrentes de Vazamentos de Óleo no Mar**).

Figura 5-9 - Tartaruga marinha em ambiente com óleo.

Fonte: Reuters. (http://noticias.uol.com.br/album/100614animaisgolfo_album.jhtm#fotoNav=6)

Figura 5-10 - Pelicano coberto por óleo.

Fonte: The Associated Press - AP. (http://noticias.uol.com.br/album/100614animaisgolfo_album.jhtm#fotoNav=11)

A presença de óleo no ambiente (**Figura 5-11**) causa, normalmente, uma redução da disponibilidade de alimentos e, consequentemente, da utilização da área pelos animais. Dessa forma, os padrões de reprodução e migração das espécies podem ser afetados. Além disso, devido à morte de plantas sujas pelo óleo, raízes que auxiliam na estabilização do solo são eliminadas, podendo causar erosão.

[46] A Oceana é a maior organização internacional focada exclusivamente na conservação dos oceanos e proteção dos ecossistemas marinhos e espécies em extinção. Informações disponíveis em: http://www.abola.pt/mundos/ver.aspx?id=220006

Figura 5-11 - Chegada de óleo na Ilha de New Harbor, Louisiana, em 06 de maio de 2010.
Fonte: The Associated Press - AP. (http://news.nationalgeographic.com/news/2010/05/100507-science-environment-gulf-mexico-oil-spill-cleanup-bacteria/)

Em relação aos principais animais impactados pelo vazamento, há algumas particularidades da região, as quais estão apresentadas a seguir[47], que fazem com que eles sejam um alvo ainda maior de preocupação.

- Há 28 espécies de mamíferos marinhos que vivem no Golfo do México. Desse total, todas encontram-se protegidas, e 06 (seis) estão ameaçadas de extinção.
- Há pelo menos 04 (quatro) espécies de tartarugas marinhas ameaçadas de extinção no norte do Golfo do México, que utilizam a região em todas as fases de suas vidas. Destaca-se que as únicas praias de nidificação no mundo para as tartarugas da espécie *Kemp Ridley* estão no oeste do Golfo do México.
- Há, na Louisiana, um dos estados atingidos pelo vazamento, um santuário de pelicanos marrons, espécie retirada em 2009 da lista de animais em risco de extinção. Vale ressaltar que o Golfo do México é uma região onde muitas espécies de pássaros que vivem em toda a America do Norte passam parte de suas vidas. É importante destacar que o ecossistema de pântanos foi muito afetado pelo acidente e o mesmo é um importante *habitat* para alimentação e nidificação de várias espécies de aves marinhas.

Além disso, impactos socioeconômicos também foram observados, como a diminuição do turismo. O principal motivo para isso foi a proibição de uso pelo público de muitas praias, devido à grande concentração de óleo na água e na areia (**Figura 5-12**).

[47] Informações disponíveis em: http://www.gulfspillrestoration.noaa.gov/oil-spill/affected-gulf-resources/

Figura 5-12 - Presença de óleo em praia na Ilha de Elmer, Louisiana.
Fonte: AFP. (http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/internacional/2010/07/06/tempestades-empurram-oleo-para-pantanos-na-costa-da-louisiana-e-dificultam-trabalhos-de-limpeza.jhtm)

Adicionalmente, a pesca na região também ficou seriamente comprometida, afetando a população que tem nessa atividade a principal fonte de renda. Destaca-se que a atividade pesqueira foi impactada, especialmente, pelas seguintes razões:

- A temporada de pesca dos estados do Texas, Louisiana e Mississipi havia reaberto no dia anterior do acidente. Com grande quantidade de óleo na água, a atividade teve que ser cessada, para que não fossem danificados os equipamentos de pesca e as embarcações.
- Muitas espécies de grande importância comercial foram afetadas, como os caranguejos azuis, lulas, ostras, camarões e uma variedade de peixes, podendo ser citado, como exemplo, o atum azul.

A **Figura 5-13** ilustra a região restrita a pesca cerca de 03 (três) meses após o acidente no poço *Macondo* no Golfo do México. A área total onde não era permitida a atuação da atividade pesqueira era de 217.371 km², o que equivale a aproximadamente 05 (cinco) vezes a área total do estado do Rio de Janeiro.

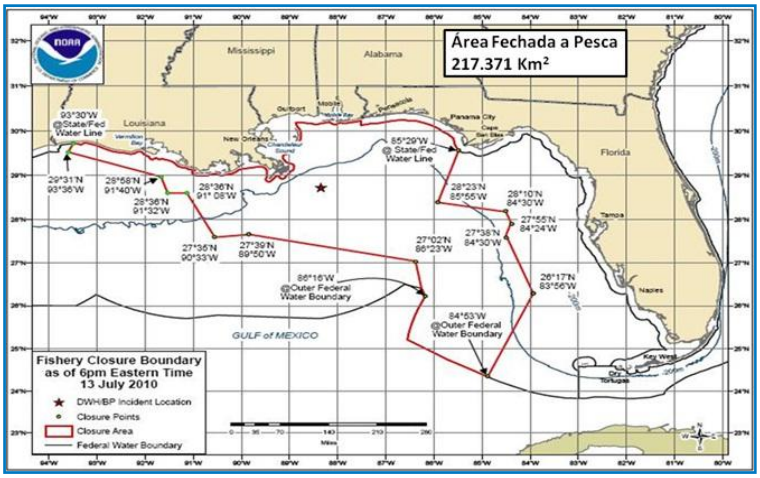

Figura 5-13 - Limite da área fechada para pesca em 13 de julho de 2010.
Fonte: NOAA. Obtida de apresentação da Hidroclean no Seminário sobre Poluição por Óleo em Ambientes Marinhos de Águas Profundas, realizado em 14 de julho de 2010 no Rio de Janeiro.

Embora as consequências do desastre ainda não sejam mensuráveis, há diversos estudos em andamento visando avaliar os impactos decorrentes do acidente, destacando-se os projetos de monitoramento de animais marinhos e costeiros e da qualidade da água.

6 - Discussão

A partir das informações levantadas sobre o PEI atualmente requerido pela legislação brasileira, é possível identificar pontos críticos que necessitam ser avaliados, com vistas à melhoria da eficiência do plano de resposta à emergência.

De acordo com o trabalho desenvolvido por Lyra (2009), identificam-se alguns fatores adotados pela Resolução CONAMA nº 398/2008, os quais são considerados como os responsáveis pela dificuldade da aplicação do PEI e efetividade das ações de resposta. Estes fatores são abordados a seguir.

- **O planejamento do PEI considera múltiplas demandas, o que torna sua elaboração e aplicabilidade complexas.**

  A elaboração de um PEI deve considerar as diretrizes sobre os procedimentos e equipamentos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 398/2008, as normas da Política Nacional do Meio Ambiente para atividades potencialmente poluidoras, os requisitos determinados no Termo de Referência emitido para o empreendimento a ser realizado, além dos resultados da Análise de Risco.

  Assim, para a elaboração do PEI, é necessária uma grande quantidade de informações além do envolvimento de profissionais de diferentes áreas de conhecimento, o que resulta em documento extenso, de difícil utilização em situações reais de emergência.

- **Recursos para a resposta a emergência são fornecidos por empresas terceirizadas.**

  Na grande maioria dos planos de emergência, os recursos humanos e técnicos aplicáveis na ação de resposta em caso de acidentes com derramamento de óleo, são provenientes de empresas terceirizadas, sob condições estabelecidas em contrato previamente assinado.

  Entretanto, como consequência da falta de fiscalização da capacidade de atendimento das empresas contratadas, uma mesma empresa pode ser responsável pelas ações de resposta de diferentes empreendimentos espalhados pelo país, mesmo sem apresentar recursos suficientes para atender mais de um acidente simultaneamente.

- **Falta de fiscalização do conteúdo e ausência de periodicidade mínima de treinamentos e exercícios de emergência estabelecida por lei.**

  Conforme a Resolução CONAMA nº 398/2008, no PEI, devem ser devidamente apresentadas as listagens de pessoal treinado quanto aos procedimentos de resposta a emergência.

  Entretanto, nesta legislação não é estabelecida uma periodicidade mínima de realização de treinamento dos trabalhadores. Assim, a capacidade das equipes de atendimento pode ficar prejudicada, pela falta de treinamentos frequentes, interferindo na eficiência das operações, quando em situações reais de resposta a emergência.

  Além disso, apesar de ser exigido que o conteúdo dos treinamentos esteja determinado no PEI, não há fiscalização do órgão ambiental quanto ao cumprimento prático do estabelecido.

A analista ambiental da Hidroclean, Mariana de Brum Lopes, faz outra crítica à Resolução (comunicação pessoal). De acordo com a oceanógrafa, a distribuição dos anexos e tópicos não é operacional, prejudicando seu uso. A organização dos itens, onde "*primeiro são descritos os cenários e os procedimentos de proteção de áreas vulneráveis e de limpeza (Anexo I) e depois são discriminados os riscos e os índices de sensibilidade da região (Anexo II)*" impede que o PEI seja um documento prático, como deveria ser, uma vez que deve ser acionado em casos de uma emergência.

Além dos pontos críticos identificados por Lyra (2009) e Mariana de Brum Lopes, e com base nas informações levantadas ao longo deste trabalho, é possível destacar outra importante fragilidade na metodologia de elaboração do PEI atualmente exigido no Brasil. De acordo com a Resolução CONAMA nº 398/2008, empreendimentos cujas atividades apresentem risco de vazamento de óleo para águas sob jurisdição nacional devem dispor de um PEI. Assim, cada empreendimento deve possuir seus próprios recursos e estrutura capaz de responder aos acidentes decorrentes das atividades desenvolvidas.

Para garantir a eficiência desse plano e otimizar a mobilização dos recursos, a Resolução determina que as estratégias de ação devam ser planejadas de forma escalonada, permitindo o acionamento dos recursos e procedimentos adequados em diferentes casos de descargas, as quais são classificadas em pequena, média e de pior caso. Apesar de haver procedimentos e quantidades de materiais diferentes para cada estratégia de resposta, é importante destacar que a legislação determina que a

quantidade mínima de equipamentos disponíveis deve ser compatível com a estratégia de resposta a vazamento de pior caso.

Considerando o objeto de discussão deste trabalho, para o cálculo da descarga de pior caso em relação à atividade de perfuração *offshore*, a Resolução determina a consideração do volume de óleo vazado decorrente de *blowout* por 30 dias consecutivos (sem quaisquer intervenções para a redução da vazão do vazamento), o qual é calculado com base nos estudos sobre a produtividade esperada do poço.

Como apresentado anteriormente, as informações sobre o volume da descarga de pior caso, condições meteo-oceanográficas predominantes na região, e ecossistemas sensíveis no entorno das instalações, permitem elaborar a modelagem da dispersão da mancha de óleo e a análise de vulnerabilidade. Ambos os estudos são exigidos pela legislação e consistem em importantes instrumentos para o dimensionamento dos equipamentos de resposta, permitindo identificar o provável comportamento do óleo derramado, indicando direção da mancha, áreas vulneráveis que devem ser prioritariamente protegidas, extensão da mancha com o tempo, etc.

Algumas condições adotadas pela legislação, como o período de vazamento e a condição de nenhuma intervenção durante os 30 dias de *blowout*, contribuíam para o entendimento geral de que a metodologia de elaboração do PEI adotada no Brasil era bastante conservadora. Entretanto, no acidente no Golfo do México, em abril de 2010, o poço *Macondo* liberou óleo por 87 dias consecutivos e, devido às condições operacionais e ambientais, não foi possível intervir direta e eficazmente no poço durante todo este período. Somente após diversas tentativas de aplicações de tecnologias alternativas e inovadoras, a intervenção por um poço de alívio adjacente possibilitou o estancamento, com a injeção de fluidos de perfuração de alta densidade e cimento.

Com isso, expôs-se a fragilidade do conceito de pior caso adotado pela legislação nacional que regulamenta o PEI, pois, se este acidente tivesse ocorrido em território brasileiro, o tempo de vazamento previsto e utilizado como base para o dimensionamento das estratégias seria superado em quase 200%.

Conforme já apresentado, o Brasil encontra-se atualmente em destaque no setor de E&P *offshore* de petróleo e gás natural em decorrência das descobertas de grande quantidade de óleo de boa qualidade nos reservatórios do Pré-Sal, os quais estão localizados entre o litoral dos estados de Espírito Santo e Santa Catarina.

Confrontantes aos reservatórios, há diversos municípios que possuem rica diversidade de ecossistemas costeiros, como praia, costão rochoso, restinga, estuário e

manguezal, sendo este último classificado como de alta sensibilidade à presença de óleo. Além disso, em muitos dos municípios litorâneos existem unidades de conservação marinhas, destacando-se a Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo (RJ), o Parque Estadual Marinho de Laje de Santos (SP), a Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (PR), e a Reserva Biológica Marinha de Arvoredo (SC) (AMARAL & JABLONSKI, 2005). Essas unidades apresentam grande importância na conservação de ecossistemas e proteção de diversas espécies de animais.

Adicionalmente, a costa sudeste-sul do Brasil possui locais de extrema importância ecológica, como o Arquipélago Itatiaia (ES) (EFE, 2004), Arquipélago das Cagarras (RJ) (ALVES *et al*., 2004), Ilha Laje de Santos (SP) (CAMPOS *et al*., 2004), Arquipélago de Currais (PR) (KRUL, 2004) e Ilha Deserta (SC) (BRANCO, 2004), por serem utilizados como áreas de nidificação de várias espécies de aves.

Além disso, a região oceânica sudeste-sul brasileira é utilizada como rota migratória de algumas espécies de baleias, como a jubarte e a franca-do-sul, e das 05 (cinco) espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no país. Além disso, nessa região há também um grande número de espécies animais que se encontram em perigo de extinção.

Também é importante mencionar que no litoral sudeste-sul existem vários municípios onde a atividade pesqueira merece destaque, como Niterói e Rio de Janeiro (RJ) e Itajaí e Navegantes (SC). Como a pesca trata-se de uma atividade que emprega milhares de pessoas, além de ser histórica e cultural, sua importância vai além da lógica econômica.

Outra atividade econômica de extrema importância desenvolvida em muitos locais da região em questão é o turismo. Guarapari (ES), Angra dos Reis (RJ), Ilhabela (SP), Paranaguá (PR) e Florianópolis (SC) são exemplos de municípios onde o turismo possui grande parcela na economia, pela grande procura pelos turistas.

Diante destas informações, é possível identificar que a região oceânica, onde estão localizados os reservatórios do Pré-Sal e as áreas costeiras confrontantes, possuem diversas características que as tornam muito vulneráveis a um acidente de grande magnitude com derramamento de óleo para mar.

De acordo com apresentação feita pela empresa Prooceano no Seminário sobre Poluição por Óleo em Ambientes Marinhos de Águas Profundas, realizado em 14 de julho de 2010 no Rio de Janeiro, as bacias de Campos e Santos apresentam importantes características que as diferem do Golfo do México. Dentre elas, podem ser citados os padrões de ventos e correntes, o fato do continente encontrar-se

apenas no bordo oeste e a maior distância dos reservatórios do Pré-Sal em relação à costa, em comparação com a distância do poço *Macondo*, no caso do acidente envolvendo a plataforma *Deepwater Horizon*, em 2010. Essas particularidades conferem melhores condições para a dispersão natural do óleo no mar e menor risco de toque na costa. Ainda assim, os equipamentos e procedimentos estariam subdimensionados e as modelagens e áreas vulneráveis incompatíveis com as condições reais, tornando o PEI ineficiente.

Dessa forma, é evidente a necessidade de tomada de ações, tanto por parte das empresas como do governo, no sentido de minimizar os impactos ao meio ambiente decorrentes de acidentes com vazamento de óleo no mar.

Nesse sentido, cabe às empresas operadoras das atividades tomarem as ações necessárias para se anteciparem a eventos com consequências adversas ao meio ambiente, aperfeiçoando seus PEIs, através de investimento em novas tecnologias e procedimentos mais eficientes.

As ações governamentais devem ser focadas na elaboração de um sistema de resposta cuja estrutura seja eficiente no combate de vazamentos extremos. Conforme observado no item **5.2 - Legislação Aplicável**, já está prevista na legislação brasileira a instituição de Planos de Áreas (Lei nº 9.966/2000 e Decreto nº 4.871/2003) e de um Plano Nacional de Contingência (Lei nº 9.966/2000).

Além disso, a Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo de 1990 (OPRC/90), promulgada no Brasil em 1998, determina que cada Nação deve estabelecer um sistema nacional, incluindo a elaboração de um Plano Nacional de Contingência, capaz de combater acidentes de poluição por óleo de forma rápida e eficaz.

Entretanto, até o momento, apenas um Plano de Área foi criado no Brasil e, consequentemente, o Plano Nacional de Contingência não pôde ser elaborado, uma vez que este consiste na consolidação dos Planos de Áreas. Deste modo, é preciso que os órgãos ambientais estaduais e federal se adequem, o quanto antes, às normas já existentes no país relacionadas a essa questão.

Vale ressaltar que atualmente, no estado do Rio de Janeiro, já são observadas iniciativas do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) para criação de Planos de Áreas em regiões onde há concentração de instalações onde possam ocorrer vazamentos de óleo para o mar. Em apresentação feita pelo INEA no Seminário sobre Poluição por Óleo em Ambientes Marinhos de Águas Profundas, realizado em 14 de julho de 2010 no Rio de Janeiro, o órgão informou que estão em processo de análise, inicialmente,

planos para a Baía de Guanabara, Macaé, Baía de Sepetiba e Baía de Ilha Grande. Além disso, o Comitê de Prevenção e Atendimento a Acidentes e Emergências Ambientais (COPAEM) de São Paulo pretende iniciar, em 2011, os trabalhos para elaboração de Planos de Áreas na região de Santos, onde se encontram diversas empresas potencialmente poluidoras[48].

Apesar da ausência de ações mais efetivas para a implementação do Plano Nacional de Contingência, outras medidas já estão sendo realizadas com o objetivo de melhorar o sistema atual de resposta a emergências envolvendo vazamento de óleo para o mar no Brasil. Pode ser citada, como exemplo, a elaboração, em 2010, do Plano de Ação para Atendimento a Fauna atingida por óleo pela Coordenação Geral de Emergências Ambientais (CGEMA) do IBAMA.

Vale destacar também a criação, em 2004, do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos (P2R2), com enfoque tanto corretivo como preventivo. A estrutura e ações previstas nesse plano poderiam servir como base para a elaboração do Plano Nacional de Contingência para derramamentos de óleo no mar.

Além do estabelecimento dos Planos de Áreas e Plano Nacional de Contingência, é importante a criação de um sistema internacional eficiente, com rápido acionamento e que seja operacional, além de possuir recursos suficientes para atender a situações de emergência extremas, como a que ocorreu no Golfo do México em 2010.

Dessa forma, apesar de já existirem Convenções Internacionais sobre o tema, das quais o Brasil participa, como a OPRC/90 e a Convenção Internacional relativa à Intervenção em Alto-Mar em Casos de Acidentes com Poluição por Óleo, de 1969, é necessária a criação de um sistema moderno, que esteja de acordo com as atuais situações adversas de exploração e produção de petróleo.

Além disso, novas técnicas e equipamentos de resposta, como os aplicados na resposta do vazamento no Golfo do México, e planos de emergência em diferentes níveis são imprescindíveis para a eficiente resposta a acidente de poluição do mar por óleo. Entretanto, devido à natureza imprevisível dos acidentes e à ação de inúmeros fatores ambientais, as ações de resposta não são completamente eficazes.

Assim, a melhor forma de proteger o meio ambiente é, e sempre será, o investimento nas ações de prevenção.

---

[48] Informações disponíveis em: http://www.guiadapesca.com.br/geral/meio-ambiente/apresentado-primeiro-plano-de-area-por-empreendedores-do-litoral-norte-paulista/

Paralelamente aos incentivos relacionados a técnicas inovadoras e mais eficientes de resposta a acidentes, as empresas operadoras de atividades de E&P de petróleo devem investir no desenvolvimento de novos procedimentos e equipamentos que garantam a segurança das operações.

No contexto da prevenção, cabe ao órgão ambiental realizar fiscalizações sistemáticas, não somente relacionadas à resposta a acidente, como também sobre a segurança das operações desenvolvidas na atividade.

7 - Conclusões e Recomendações

Tendo em vista as deficiências conceituais supracitadas, as limitações intrínsecas de cada equipamento e técnicas apresentadas anteriormente, e os desafios impostos pelas novas condições sob as quais são realizadas as atividades de E&P atualmente, pode-se concluir que, no Brasil, a estrutura de resposta a emergência, exigida pela legislação e praticada pelas empresas operadoras, não é capaz de combater eficazmente grandes acidentes com derramamento de óleo para o mar, como por exemplo, o *blowout* do poço *Macondo*, no Golfo do México.

O novo cenário exige alterações expressivas em toda a estrutura de resposta, não só por parte das empresas, como também governamental. Entretanto, além das mudanças operacionais, é necessária uma profunda reestruturação do sistema de resposta exigido e praticado no país.

Nesse sentido, é importante que as diretrizes de elaboração do PEI sejam revistas e atualizadas, tendo em vista as diversas deficiências que atualmente limitam a aplicação e efetividade das ações de resposta.

Para isso, é importante que a metodologia de elaboração do PEI considere novas técnicas de combate a vazamento, que atualmente não possuem regulamentação de uso ou são proibidas, como o *in situ burn*.

Além disso, é necessário que o IBAMA, órgão ambiental competente, realize fiscalização sistemática sobre o cumprimento de todas as ações e disponibilidade de recursos que estiverem estabelecidos no PEI de um determinado empreendimento, garantindo a capacidade de resposta, quando necessária. A fiscalização também deve ser bastante rigorosa sobre os treinamentos e simulados de resposta a emergência. Para isso, é importante que sejam claramente determinados, através de regulamentação específica, e verificados os conteúdo e periodicidade destes procedimentos.

Entretanto, mesmo com a adoção das melhorias apresentadas, o PEI ainda não seria capaz de combater eficazmente um evento de magnitude comparável ao vazamento ocorrido em abril de 2010, no Golfo do México.

Como pôde ser observado no acidente envolvendo a BP, foram criadas diversas frentes de combate ao vazamento além das ações previstas, com aplicação de diferentes técnicas alternativas, ajuda advinda de organizações, governo americano e internacional, além da ação voluntária da sociedade, com objetivo de minimizar os impactos do óleo sobre o meio ambiente. Mesmo assim, apesar de ainda não se poder afirmar com exatidão as dimensões dos estragos causados, esse evento já é considerado a pior catástrofe ambiental da história dos EUA.

Dessa forma, a enorme quantidade de recursos, humanos e materiais, necessários para uma resposta bem sucedida exigiria uma superestrutura de prontidão para eventos com baixíssima probabilidade de ocorrência, o que faria com que o PEI se tornasse extremamente oneroso e impraticável.

Diante do exposto acima, fica clara a urgente necessidade de o Brasil estudar e colocar em prática um sistema eficiente de resposta a vazamentos de grande magnitude de óleo para o mar. Uma importante medida a ser tomada para o alcance deste objetivo consiste na elaboração de planos regionais para compensar as limitações do PEI. A atuação do plano individual deve ser limitada a um cenário crítico, que, uma vez ultrapassado, possa ser combatido com os esforços adicionais de Planos de Áreas e Nacional e até mesmo internacionais de contingência.

Ao final, é possível concluir que na ocorrência de um acidente de grandes proporções no Brasil, como o que ocorreu no Golfo do México em 2010, as consequências também seriam extremamente negativas. Como os reservatórios dessa área já estão sendo explorados, as mudanças necessárias, apresentadas no item **6 - Discussão**, devem ser estudadas e implementadas o mais rápido possível. Com isso, espera-se que em um eventual derramamento de grande volume de óleo para o mar que possa ocorrer, por exemplo, durante as atividades realizadas nas águas profundas do Pré-Sal, o Brasil seja capaz de agir de maneira rápida e eficiente, evitando que animais e ecossistemas marinhos e costeiros sejam impactados.

8 - Referências Bibliográficas

ALVES, V. S., SOARES, A. B. A., COUTO, G. S., 2004. *Aves Marinhas e Aquáticas das Ilhas do Litoral do Estado do Rio de Janeiro*. p. 83-100. In: Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação. Organizado por Joaquim Olinto Branco. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.

AMARAL, A. C. Z., JABLONSKI, S., 2005. *Conservação da Biodiversidade Marinha e Costeira no Brasil*. MEGADIVERSIDADE, Volume 1, nº 01. p. 43-51. Disponível em: http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/08_Amaral_Jablonski.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

ANDRIONI, M., 2010. *Influência de Forçantes Locais na Camada de Ekman Superficial do Talude Superior da Bacia de Santos.* 193 p. Disponível em: http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/24669/1/mestrado_marcelo_andrioni.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

BP, 2010. *Deepwater Horizon Accident Investigation Report*. 191p. Disponível em: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/incident_response/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/Deepwater_Horizon_Accident_Investigation_Report.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

BRANCO, J. O., 2004. *Aves Marinhas das Ilhas de Santa Catarina*. p.15-36. In: Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação. Organizado por Joaquim Olinto Branco. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.

BRASIL. *Decreto nº 2.953, de 28 de janeiro de 1999*. Dispõe sobre o procedimento administrativo para aplicação de penalidades por infrações cometidas nas atividades relativas à indústria do petróleo e ao abastecimento nacional de combustíveis, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 de janeiro de 1999.

BRASIL. *Decreto nº 4.136, de 20 de fevereiro de 2002*. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, prevista na Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 de fevereiro de 2002.

BRASIL. *Decreto nº 4.871, de 06 de novembro de 2003*. Dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 de novembro de 2003.

BRASIL. *Lei nº 9.966/2000, de 28 de abril de 2000*. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo ou outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 de abril de 2000.

BRASIL. *Portaria ANP nº 44, de 22 de dezembro de 2009*. Estabelece o procedimento para comunicação de incidentes, a ser adotado pelos concessionários e empresas autorizadas pela ANP a exercer as atividades da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis, bem como distribuição e revenda. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 de dezembro de 2009.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 269, de 14 de setembro de 2000*. Regulamento para uso de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 de janeiro de 2001.

BRASIL. *Resolução CONAMA 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 de junho de 2008.

BRITO, F.V., OLIVEIRA, A.S., NEVES, H.C., AZEVEDO, J.A., BHERING, D.L., REIS, S.M., MACHADO, M.C.S., AZEVEDO, G.C., CARVALHAES, G.K., 2005. *Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX Oriundas de Postos de Distribuição no Brasil*. Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Disponível em: http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0563_05.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

BURGER, J., 1997. *Oil Spills*. (ed.) Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey. 261p.

CAMPOS, F. P., PALUDO, D., FARIA, P. J., MARTUSCELLI, P., 2004. *Aves Insulares Marinhas, Residentes e Migratórias, do Litoral do Estado de São Paulo*. p. 57-82. In: Aves Marinhas Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação. Organizado por Joaquim Olinto Branco. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.

CARMARGO, M. C. R., TFOUNI, S. A. V., VITORINO, S. H. P., MENEGÁRIO, T. F., TOLEDO. M. C. F., 2006. *Determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em Guaraná em Pó (paullinia cupana)*. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas. p.

230-234. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28875.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

CARVALHO, L.M., 2010. *Multiplicação do Perigo - Com o registro de três vazamentos no mar todos os meses, o Brasil se prepara para explorar o Pré-Sal*. Revista Piauí, edição 50, artigo 1461. Disponível em: http://revistapiaui.estadao.com.br/edicao-50/questoes-ambientais/multiplicacao-do-perigo/. Acessado em janeiro de 2011.

CELINO, J. J., QUEIROZ, A. F. S., 2006. *Fonte e Grau da Contaminação por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) de Baixa Massa Molecular em Sedimentos da Baía de Todos os Santos, Bahia*. Revista Escola de Minas, Volume 59, nº 03. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672006000300003. Acessado em janeiro 2011.

CHIARANDA, H.S., 2006. *Volatilização dos Compostos BTEX em Ambientes Subsuperficiais Contaminados com Gasolina e Etanol*: *Comparação entre Concentrações Medidas e Simuladas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: http://www.tede.ufsc.br/teses/PGEA0251.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

CONEZA-VITORIA, V.F., 1997. *Guia Metodologica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 3ª edição. 412p.

COORDENAÇÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS - IBAMA, 2010. *Visão do IBAMA*. Apresentação do IBAMA no Seminário sobre Poluição por Óleo em Ambientes Marinhos de Águas Profundas, realizado em 14 de julho de 2010 no Rio de Janeiro.

CORSEUIL, H.X., SANTOS, R.F., FERNANDES, M., 1997. *Contaminação de Aquíferos por Derramamentos de Gasolina e Álcool*. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Disponível em: http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/comtaminacion.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

DILAM/GERAM/SOPEA - INEA, 2010. *Planos de Área para Vazamentos de Hidrocarbonetos no Estado do Rio de Janeiro.* Apresentação do INEA no Seminário sobre Poluição por Óleo em Ambientes Marinhos de Águas Profundas, realizado em 14 de julho de 2010 no Rio de Janeiro.

DNV - Det Norske Veritas, 1998. *Worldwide Offshore Accident Databank (WOAD)*, *Statistical Report* 1998.

DUARTE, M. A. I., 2002. *Poluentes Orgânicos Persistentes*. Monografia de Pós-graduação em Gestão Ambiental, POLI/UFRJ. 36p. Disponível em: www.cprm.gov.br/pgagem/puerto/poluentesxx.doc. Acessado em janeiro de 2011.

EFE, M. A., 2004. *Aves Marinhas das Ilhas do Espírito Santo*. p.101-118. In: Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação. Organizado por Joaquim Olinto Branco. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.

EVERS, K., JENSEN, H.V., RESBY, J.M., RAMSTAD, S., SINGSAAS, I., DIECKMANN, G., GERDES, B., 2004. *State of the Art Report on Oil Weathering and on the Effectiveness of Response Alternatives*. Project funded by European Community under the "Competitive and Sustainable Growth" Programme. ARCOP Report D4.2.1.1(a).

FARAH, P.M.C., 1993. *Instrumentos Metodológicos para Avaliação do Impacto Ambiental de Empreendimentos de Geração Hidrelétrica*. Dissertação de Mestrado, PPE/COPPE/UFRJ. 256p.

FERNÁNDEZ, E.F, JUNIOR, O.A.P, PINHO, A.C, 2009. Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa. Exploração e Produção de Petróleo e Gás. Uma colaboração Brasil, Portugal e Angola. Rio de Janeiro, PUC-Rio, 656p.

FINGAS, M.F., 1994. *Evaporation of Oil Spills*. Journal of the ASCE. Disponível em: http://www.mms.gov/tarprojects/120/120BG.PDF. Acessado em janeiro de 2011.

FRAGOSO, M., 2010. *Aspectos da Dinâmica Oceânica das Bacias de Campos e Santos Relacionados ao Transporte de Óleo no Mar*. Apresentação da Prooceano no Seminário sobre Poluição por Óleo em Ambientes Marinhos de Águas Profundas, realizado em 14 de julho de 2010 no Rio de Janeiro.

FUGRO, 2009. *Relatório de Transporte e Dispersão de Óleo no Mar*. Elaborado para o Relatório de Controle Ambiental (RCA) para a Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-PAMA-8, Bacia do Pará-Maranhão, para a PETROBRAS.

GESAMP - Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, 1993. *Impact of Oil and Related Chemicals and Wastes on the Marine Environment*. GESAMP Reports and Studies nº 50.

GREEN, M., 2010. *Deepwater Horizon: Um Novo Marco*. Apresentação da Hidroclean no Seminário sobre Poluição por Óleo em Ambientes Marinhos de Águas Profundas, realizado em 14 de julho de 2010 no Rio de Janeiro.

HALL, R. J., BELISIE, A.A., SILEO, L., 1983. *Residues of Petroleum Hydrocarbons in Tissues of Sea Turtles Exposed to the Ixtoc I Oil Spill*. Journal of Wildlife Diseases 19(2). p. 106-109.

HOLDWAY, D. A., 2002. *The Acute and Chronic Effects of Wastes Associated With Offshore Oil and Gas Production on Temperate and Tropical Marine Ecological Processes*. Marine Pollution Bulletin nº 44. p. 185-203.

ICF Consultoria do Brasil, 2010. *Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para a Atividade de Desenvolvimento da Produção de Petróleo no Bloco BM-S 40, Áreas de Tiro e Sídon, Bacia de Santos*. Elaborado para a PETROBRAS.

ICF Consultoria do Brasil, 2011. *Relatório de Controle Ambiental (RCA) para a Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-PAMA-8, Bacia do Pará-Maranhão*. Elaborado para a PETROBRAS.

IPIECA - Global Oil and Gas Industry Association for Environmental and Social Issues, 2000. *Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries*. Report Series, Vol. 8. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. 28p.

KINGSTON, P.F., 2002. *Long-term Environmental Impact of Oil Spills*. Spill Science & Technology Bulletin, Volume 7, nº 1-2. p. 53-61.

KITAHARA, M.V., CAPÍTOLI, R.R., HORN FILHO, N.O. 2009. *Distribuição das Espécies de Corais Azooxantelados na Plataforma e Talude Continental Superior do Sul do Brasil*. Porto Alegre. Iheringia, Série Zool., 99(3). p. 223-236.

KRUL, R., 2004. *Aves Marinhas Costeiras do Paraná*. p. 37-56. In: Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação. Organizado por Joaquim Olinto Branco. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.

LEIGHTON, F.A., 2000. *Petroleum Oils and Wildlife*. CCWHC Wild Health Topic. 345p.

LOPES, C. F., MILANELLI, J. C. C., GOUVEIA, J. L. N., 2005. *Materiais Absorventes*. In: Revista de Meio Ambiente Industrial, 53º edição.

LOPES, S., 2002. *BIO*. Volume Único, Editora Saraiva, 1ª edição, São Paulo. 608p.

LYRA, A. P. L. C. C., 2009. *Análise Crítica da Metodologia de Plano de Emergência Individual (PEI)*. Projeto de Graduação em Engenharia Ambiental, PUC-RIO. 47p.

MARIANO, J.B., 2007. *Proposta de Metodologia de Avaliação Integrada de Riscos e Impactos Ambientais para Estudos de Avaliação Ambiental Estratégica do Setor de Petróleo e Gás Natural em Áreas Offshore*. Tese de Doutorado em Ciências em

Planejamento Energético, PPE/COPPE/UFRJ. 569p. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/dmarianojb.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002. *Biodiversidade Brasileira - Avaliação e Identificação de Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. 404p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007. *Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. 126p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2003. *Oil in the Sea III: Inputs, Fates and Effects*. U.S. National Academy of Sciences. Report 2002 by NRC Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates and Effects. 280p.

OIL & GAS UK, 2009. *Accident Statistics for Offshore Units on the United Kingdom Continental Shelf (UKCS) - 1990-2007*. Disponível em: http://www.oilandgasuk. co.uk/cmsfiles/modules/publications/pdfs/EHS30.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

PASTAKIA, C.M.R. & JENSEN, A., 1998. *The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA*. Environmental Impact Assessment Review 18. p. 461-482.

PATIN, S., 1999. *Factors of the Offshore Oil and Gas Industry's Impact on the Marine Environment and Fishing*. p. 53-117. In: Waste Discharges During the Offshore Oil and Gas Activity. Patin, S. (ed.), EcoMonitor Publishing, New York.

PIMENTEL, F., 2007. *Análise de Estratégias de Respostas a Derramamentos de Óleo no Campo de Golfinho (ES - Brasil) Utilizando o Modelo Oscar*. Projeto de Graduação em Oceanografia, DERN/UFES. 108p. Disponível em: http://posseidon.dern. ufes.br/site/images/tccflavia.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

RANGEL, G. W. M., NICODEM, D. E., 2003. *Formação Fotoquímica de Mousse*. 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás. 3p. Disponível em: http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/6170.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

RIBEIRO, E.A., 2007. *Efeitos de Concentrações Subletais dos Hidrocarbonetos Poliaromáticos Específicos BTX (Benzeno, Tolueno e Xileno) no Peixe Sphoeroides testudineus (Linnaeus, 1758) Através de Biomarcadores Bioquímicos e Histológicos*. Tese de Doutorado em Biologia Celular e Molecular, Universidade Federal do Paraná. 60 p. Disponível em: http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/13541/1/TESE% 20ELOISA%20RIBEIRO.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

ROSA, A.P., 2001. *Processos de Biorremediação na Mitigação do Impacto Ambiental, Devido a Eventuais Derrames de Óleo na Bacia de Campos - Experimentos Laboratoriais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Reservatório e de Exploração, Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo. 121p. Disponível em: http://www.lenep.uenf.br/~biblioteca/tese/tese/mestrado/Tese%20-%20Anabela%20Porto%20Rosa.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

SANBORN, H.R., 1977. *Effects of Petroleum on Ecosystems*. Capítulo 6. In: Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Marine Organisms. Malins, D.C. (ed.). Vol II. Biological Effects. New York: Academic Press. p. 337-352.

SÁNCHEZ, L.E., 2006. *Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos*. São Paulo, Oficina de Textos.

SCHAFFEL, S.B., 2002. *A Questão Ambiental na Etapa de Perfuração de Poços Marítimos de Óleo e Gás no Brasil*. Dissertação de mestrado em Ciências em Planejamento Energético, PPE/COPPE/UFRJ. 126p. Disponível em: http://www.ppe. ufrj.br/ppe/production/tesis/schaffelsb.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

SCHOLZ, D., MICHEL, J., SHIGENAKA, G., HOFF R., 1999. *Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Spill Response*. In: Oil Spill Prevention and Response. Disponível em http://response.restoration.noaa.gov?oilaids/. Acessado em janeiro de 2011.

TOPPING, G., DAVIES, J.M., MACKIE, P.R., MOFFAT, C.F., 1995. *O Impacto do Derramamento do Braer em Peixes Comerciais e Moluscos*. 19p. In: O Impacto de um Derramamento de Óleo em Águas Turbulentas: O Braer. Ed. J.M. Davies & G. Topping. FEMAR. 233p.

VARELA, M., BODE, A., LORENZO, J., ÁLVAREZ-OSSORIO, M.T., MIRANDA, A., PATROCÍNIO, T., ANADÓN, R., VIESCA, L., RODRIGUEZ, N.,VALDÉS, L., CABAL, J., URRUTIA, A., GARCIA-SOTO, C., RODRÍGUEZ, M., ÁLVAREZ-SALGADO, J.A., GROOM, S., 2006. *The Effect of the ‘‘Prestige’’ Oil Spill on The Plankton of the N-NW Spanish Coast*. Marine Pollution Bulletin nº 53. p. 272-286.

VENTIKOS, N.P., VERGETIS, E., PSARAFTIS, H. N., TRIANTAFYLLOU, G., 2004. *A High-Level Synthesis of Oil Spill Response Equipment and Countermeasures*. In: Journal of Hazardous Materials. Disponível em: http://www.martrans.org/docs/publ/REFEREED%20JOURNALS/JOURNAL%20HAZ%20MAT%20VENTIKOS%20ET%20AL%202004.pdf. Acessado em janeiro de 2011.

WARK, K. & WARNER, C.F., 1998. *Contaminación del Aire. Origen y Control*. Ed. Limusa-Wiley. México. p. 327-328.

YONEDA, N.T., 1999. *Diagnóstico sobre Plâncton.* 4. Anexo - Plâncton. Workshop para a Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha. 56p.

Sites (Acessados em janeiro de 2011)

"*5 Wild Technologies Being Used Now to Clean Up the BP Oil Spill*", 16/07/2010 - http: //www.popularmechanics.com/science/energy/coal-oil-gas/wild-technologies-clean-bp-oil-spill

"*Alternative Countermeasures for Oil Spills. Chapter 3*" - http://www.epa. gov/osweroe1/docs/oil/edu/oilspill_book/chap3.pdf

"*Animais Afetados pelo Vazamento no Golfo do México*" - Reuters - http://noticias. uol.com.br/album/100614animaisgolfo_album.jhtm#fotoNav=6

"*Animais Afetados pelo Vazamento no Golfo do México*" - The Associated Press - AP - http://noticias.uol.com.br/album/100614animaisgolfo_album.jhtm#fotoNav=11

"*Apresentado Primeiro Plano de Área por Empreendedores do Litoral Norte Paulista*", 09/11/2010 - http://www.guiadapesca.com.br/geral/meio-ambiente/apresentado-primeiro-plano-de-area-por-empreendedores-do-litoral-norte-paulista/

"*BP - Gulf of Mexico Response*" - http://www.bp.com/ extendedsectiongenericarticle. do?cate goryId=40&contentId=7061813

"*BP - Sealing the Well*" - http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId =9034436&contentId=7063870

"*BP Faces Backlash Over Gulf Oil Spill Report*", 09/09/2010 - http://www.pakistanideology.com/international-news/bp-faces-backlash-over-gulf-oil-spill-report/

"*BP's Oily Chairman Not That Slick*", 06/06/2010 - http://www.nhregister.com/articles/ 2010/06/06/opinion/doc4c0b106fac8a3586413892.txt

"*Central Intelligence Agency - C.I.A. - Country Comparison: Oil Production*" - https://www.cia.gov/library/publications/ the-world-factbook/rankorder/2173rank.html

"*Combustíveis Fósseis Continuarão Prioridade em 2011*" - http://www.institutocarbonobrasil.org.br/reportagens_carbonobrasil/noticia=726725

"*Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB*" - http://www.cetesb.sp. gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/contencao.asp

"*Cronologia dos Principais Vazamentos de Petróleo no Mundo*", 30/04/2010 - http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesaude/ultimas-noticias/efe/2010/04/30/veja-cronologia-dos-principais-vazamentos-de-petroleo-no-mundo.jhtm

"*Demanda de Petróleo Crescerá 2% em 2011 e OPEP Pode Produzir Mais*", 24/01/2011 - http://www.tnpetroleo.com.br/noticia/24559/demanda-de-petroleocrescera-2-em-2011-e-opep-pode-produzir-mais

"*Dicionário Geológico*" - http://vsites.unb.br/ig/glossario/verbete/intemperismo.htm

"*Energy Information Administration - EIA*" - http://www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/petroleum/analysis_publications/oil_market_basics/supply_federal_offshore.htm

"*Equipamentos: Barreiras de Contenção*" - http://www.alpinaambiental.com.br/barreiras-de-contencao.asp

"*Golfo do México: Impacto Ambiental da Maré Negra Pode Durar 100 Anos*" - http://www. abola.pt/mundos/ver.aspx?id=220006

"*Governo Critica Resposta da BP a Vazamento de Petr*óleo", 01/05/2010 - Reuters - http://noticias.terra.com.br/mundo/noticias/0,,OI4409737-EI8141,00-Governo+critica+resposta+da+BP+a+vazamento+de+petroleo.html#tphotos

"*Hidrográfico Marinha Portugal*" - http://www.hidrografico.pt/rov-remotely-operated-vehicle.php

"*Lembranças da Vila Socó, Ontem e Hoje*", 14/01/2010 - http://zonaderisco.blogspot.com/2010/01/lembrancas-da-vila-soco-ontem-e-hoje.html

"*Maiores Vazamentos de Petróleo do Mundo*", 27/05/2010 - http://meioambiente.culturamix.com/ecologia/maiores-vazamentos-de-petroleo-do-mundo

"*Methods That Have Been Tried to Stop the Leaking Oil*", 17/08/2010 - http://www.nytimes.com/interactive/2010/05/25/us/20100525-topkill-diagram.html?ref=us

"*MMA Diz que Estuda Regras Mais Rígidas Para Setor de Petróleo*", 24/01/2011 - http://www.tnpetroleo.com.br/noticia/24557/mma-diz-que-estuda-regras-mais-rigidas-para-setor-de-petroleo

"*National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*" - http://www.gulfspillrestoration.noaa.gov/oil-spill/affected-gulf-resources/

"*Nature Fighting Back Against Gulf Oil Spill*", 07/05/2010 - The Associated Press - AP - http://news.nationalgeographic.com/news/2010/05/100507-science-environment-gulf-mexico-oil-spill-cleanup-bacteria/

“*New Heavy Oil Recovery Device Improves Oil Recovery Efforts in the Gulf, Brings Work to Local Shipyards and Machine Shops*”, 05/07/2010 - http://www.restorethegulf.gov/release/2010/07/05/new-heavy-oil-recovery-device-improves-oil-recovery-efforts-gulf-brings-work-loca

“*O Que Está Ocorrendo no Golfo do México Pode Ocorrer no Brasil?*”, 04/05/2010 - http://www.portosenavios.com.br/site/artigos/tribuna/2713-o-que-esta-ocorrendo-no-golfo-do-mexico-pode-ocorrer-no-brasil

“*Organização Nacional da Indústria do Petróleo - ONIP*” - http://www.onip.org.br/main.php?idmain=informacoes&mainpage=mini_glossario.htm

“*Petrobras - Atuação no Pré-Sal*” - http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/petroleo/presal/

“*Petrobras - Tipos de Plataformas*” - http://www2.petrobras.com.br/Petrobras/portugues/plataforma /pla_tipo_plataforma.htm

“*Poluição Marinha, o Brasil Está Preparado?*”, 11/08/2010 - http://www.oceanografiabrasil.com/meio-ambiente/poluicao-marinha-o-brasil-esta-preparado

“*Poluição Marinha*”, 26/07/2010 - http://www.portosenavios.com.br/site/revista/navegacao/4497-poluicao-marinha

“*Principais Acidentes com Petróleo e Derivados no Brasil*” - http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/acidentes_ambientais/principais_acidentes_com_petroleo_e_derivados_no_brasil.html

“*Questions and Answers on Dispersants*” - http://www.epa.gov/bpspill/dispersants-qanda.html#summary

“*RestoretheGulf.com*” - http://www.restorethegulf.gov/

“*Saiba Quais Foram os 10 Derramamentos de Óleo que Marcaram a História*”, 04/12/2010 - http://boipebanews.blogspot.com/2010/12/saiba-quais-foram-os-10-derramamentos.html

“*Tempestades Empurram Óleo para Reserva Ambiental da Louisiana e Dificultam Trabalhos de Limpeza*”, 06/07/2010 - AFP - http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/internacional/2010/07/06/tempestades-empurram-oleo-para-pantanos-na-costa-da-louisiana-e-dificultam-trabalhos-de-limpeza.jhtm

“*The International Tankers Owners Pollution Federation Limited - ITOPF*” - http://www.itopf.com/spill-response/clean-up-and-response/ alternative-techniques/

"*The State of Oil Spill Cleaning Technology*", 04/05/2010 - http://www.popularmechanics.com/science/energy/coal-oil-gas/state-of-oil-cleaning-tech

"*Transocean - Deepwater Horizon Gallery*" - http://www.deepwater.com/fw/main/Deepwater-Horizon-Gallery-987.html

"*Transocean Response Site*" - http://www.deepwater.com/fw/main/Response-Home-910.html

"*United States Environmental Protection Agency - US EPA*" - http://www.epa.gov/