Universidade Federal do Espírito Santo

Centro Tecnológico

Colegiado de Engenharia Ambiental

Blandina Lavor Barbosa Bezerra

AVALIAÇÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA 398/08 QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE COMBATE A DERRAMAMENTOS DE PETROLEO E DERIVADOS

Vitória, 2012

Blandina Lavor Barbosa Bezerra

AVALIAÇÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA 398/08 QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE COMBATE A DERRAMAMENTOS DE PETROLEO E DERIVADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espirito Santo como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Daniel Rigo

Vitória, 2012

Blandina Lavor Barbosa Bezerra

AVALIAÇÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA 398/08 QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE COMBATE A DERRAMAMENTOS DE PETROLEO E DERIVADOS

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcialpara obtenção do Grau em Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em 02 de julho de 2012

Comissão Examinadora

_____

Daniel Rigo
Universidade Federal do Espirito Santo

_____

Antônio Sergio Ferreira Mendonça
Universidade Federal do Espirito Santo

_____

José Paulo Ferreira
Petrobras

Vitória, 2012

Agradecimentos

A Deus. Porque dEle, por Ele e para Ele são todas as coisas.

E porque esse TCC foi um milagre!

Aos meus pais, por me ensinarem, doarem, respirarem e transpirarem amor.

A minhas irmãs, Lilia e Talita, por provarem que é possível amar incondicionalmente.

A Marilia e Marcela, pelos longos anos de amizade que sobreviveu às nossas mudanças de cidade, país, ideias e sonhos.

A Wal e Rafa, porque nada como carinho, mesmo de longe, pra afagar o coração.

A Renata, madrinha, amiga, orientadora e tão amada.

A Kizzy porque em tão pouco tempo ela fez tanta diferença e tem sido apoio integral.

A Mellina e Taiana, que me sustentaram num período difícil.

Ao Leo Zandonadi e ao Gabriel, pela sensação do carinho que "tá sempre lá, não importa quanto tempo a gente suma".

A Vanessa, pelas risadas e pela pressão em Pike'sPick.

Ao Du e a Amora, pelo amor em tempos de França.

Ao José Paulo, porque só ele sabe o quanto sua ajuda foi essencial.

Aos professores inesquecíveis, em especial a Rita de Cassia, Daniel Rigo, Ricardo Franci, Julio Chacaltana, Cristina Rangel, Patricia Cardoso, Jane Meri, Antônio Sérgio, Maristela Gomes, cada um citado aqui por um motivo especial.

A Ibanês, porque ninguém sabe o que seria do curso de Engenharia Ambiental sem ela.

Ao Elder, pela ajuda no colegiado durante o intercâmbio.

Ao Christophe Derrien e Philip Butler por me introduzirem ao assunto deste trabalho e me ensinarem tanto.

Ao Ministério Universidades Renovadas, pelo apoio espiritual, pela acolhida, carinho e força quando eu tanto precisei. E por me re-ensinar a Sonhar.

Aos que esqueci, mas que estão presentes e tão importantes quanto no meu coração.

Resumo

O petróleo possui grande importância econômica, social e política. Ao lado disso, as atividades relacionadas à sua Exploração e Produção, são de grande risco ambiental, uma vez que, em caso de descargas acidentais, a resposta é complexa e acarreta custos consideráveis.

No Brasil, a resposta a emergências relacionadas ao derramamento de petróleo e derivados é guiada pela resolução CONAMA 398/08, que determina o conteúdo mínimo dos Planos de Emergência Individuais (PEI), obrigatórios para atividades do setor.

Partiu-se, portanto, da análise do conteúdo da resolução, essencialmente no que diz respeito ao dimensionamento da estrutura de contenção e recolhimento – uma das estratégias usuais de resposta a derramamentos -, a que está mais bem detalhada no documento, para se determinar se o que é exigido por lei é efetivo e de fato cumprido pelas empresas.

Observou-se que a resolução pauta a exigência de capacidade de resposta em termos de CEDRO (Capacidade Diária de Recolhimento de Óleo), mas que apresenta uma lacuna entre essa exigência e o dimensionamento da estrutura necessária para atendê-la, que não é detalhada. Dá-se assim, margem para interpretações passiveis de limitações operacionais e físicas dos equipamentos de resposta e, devido a isso, subdimensionam a estrutura necessária.

De fato, os equipamentos disponibilizados nos PEI apresentados pelas empresas e aprovados pelo órgão ambiental para resposta a derrames estão aquém do que seria efetivamente necessário para atender às exigências da CONAMA em termos de óleo recolhido.

Isso leva a um questionamento da resolução e da sua real efetividade, mais especificamente no que diz respeito ao planejamento da estrutura de resposta.

Abstract

Oil and Gas activities have a great economic, social and political importance. On the other hand, they present a significant environmental risk, since in case of accidental oil spills, the response is complicated, expensive and time consuming.

In Brazil, the Oil Spill Response is legally guided by the CONAMA 398/08 resolution, which specifies the minimum contents of the Oil Spill Contingency Plans, mandatory for most activities of the Oil and Gas sector.

Therefore, this study begins with the analysis of this documentessentially regarding to the sizing of the Containment and Recovery structure - an usual strategy for spill response - which is the best detailed in the CONAMA 398/08, to determine whether what is required by law is effective and accomplished by the companies.

It was observed that the resolution bases its requirements for oil spill response effectiveness on the CEDRO (Effective Daily Capacity of Oil Recovery), but there is a gap between these requirements and how to calculate and plan the structure needed to meet them.Consequently, there is a possibility of misinterpretations, which ignore equipment and material physical and operational limitations and leads one to underestimate the real necessary structure.

Indeed, the available equipment presented by the Oil Spill Contingency Plans proposed by the companies and approved by the environmental agency are not enough to meet the CONAMA's requirements in terms of oil recovery capacity.

This leads us to questioning the resolution and its efficacy, specially concerning to the response structure planning.

Sumário

1 Introdução 1
2 Objetivo 6
2.1 Objetivo geral 6
2.2 Objetivos Específicos 6
3 Metodologia 7
4 Revisão Bibliográfica 10
4.1 Fatores Físicos 10
4.1.1 Características e tipos de óleo 10
4.1.2 Fatores meteorológicos e oceanográficos 15
4.1.3 Comportamento e intemperismo do óleo 18
4.1.4 Modelos computacionais para simulação do comportamento do óleo no mar. 23
4.2 Fatores Organizacionais 25
4.2.1 Planos de Contingência 26
4.2.2 Legislação Nacional Aplicável 27
4.2.3 A Resolução CONAMA 398/08 33
4.3 Fatores Operacionais 37
4.3.1 Análise do Benefício Ambiental Líquido (NEBA) 37
4.3.2 Principais estratégias de resposta a derramamentos de petróleo e derivados 37
4.3.3 Estrutura de apoio 60
5 Apresentação e Discussão dos Resultados 63
5.1 Capacidade disponível 64
5.1.1 Dimensionamento da capacidade de resposta 64
5.1.2 Tempo de Resposta 66
5.1.3 Equipamentos disponíveis 67
5.2 Cenários de Resposta – Contenção e Recolhimento 68
5.3 Análise da Capacidade de Resposta Disponível 70
5.3.1 Análise da estrutura de resposta a 12h 74
5.3.2 Análise da estratégia de resposta a 36h 77
5.3.3 Análise da estratégia de resposta a 60h 79
5.4 Observações e Considerações 83
5.4.1 Quanto à legislação 83
5.4.2 Quanto aos PEI 88
6 Conclusões 90

7 Recomendações 91
8 Referências Bibliográficas 93
Apêndice A 98
Discussão acerca dos ciclos de operação das frentes de contenção/recolhimento 98

Indice de Ilustrações

Figura 1: Principais causas de derramamento de óleo no mar. (Adaptado de CEDRE, 2006) 5
Figura 2: Influência do vento e das correntes no movimento do óleo derramado (Adaptado de IPIECA, 2008) 15
Figura 3: Ciclos das marés: efeitos conjugados das atrações gravitacionais da Lua e do Sol e da rotação da Terra (Silva et al, 2005) 17
Figura 4: Propriedades Mecânicas de barreiras do tipo Ro-Booms (Fonte: Manual do Operador DESMI Ro-Clean) 18
Figura 5: Processos intempéricos ocorrentes nos ambientes aquáticos 19
Figura 6: Especificação do período de ocorrência dos processos intempéricos sobre um óleo (Fonte: IPIECA, 2000 modificado por Fonseca, 2009) 20
Figura 7: Balanço de massa do óleo ao longo dos 30 dias de simulação para um cenário de não - resposta (Pimentel, 2007) 21
Figura 8: Esquema de uma barreira de contenção (Adaptado de oilspillsolutions.org) 39
Figura 9: Principais causas de falhas de barreiras de contenção. (Adptado de IPTOF, 2011) 42
Figura 10: Diferentes configurações de barreiras de contenção de óleo (Ferrão, 2005) 43
Figura 11: Esquema de frente de recolhimento em U. (Ferreira, 2006) 44
Figura 12: Recolhedor do tipo disco oleofílico (ITOPF, 2008) 45
Figura 13: Matriz de Seleção de *Skimmers* (adaptado de Exxon, 2008) 48
Figura 14: Exemplo de barco de apoio com capacidade de armazenamento a bordo 49
Figura 15: Óleo de alta viscosidade recolhido no tanque de estocagem de uma embarcação recolhedora, com unidade separadora óleo-água 49
Figura 16: O processo de dispersão química (adaptado de ITOPF, 2008) 50
Figura 17: Classificação de dispersantes (Ferrão, 2005) 52
Figura 18: Queima in situ foi uma estratégia largamente empregada durante o derramamento de óleo da Deepwater Horizon/BP em 2010. (U.S. Coast Guard, 2010) 53
Figura 19: Mapa de Sensibilidade Ambiental de região litorânea cearence (IBAMA, 2009) 56
Figura 20: CPVV - Localização e Características (Mapa : Googlemaps 27/02/2012 ; informações : CPVV, 2012) 61
Figura 21: Localização dos CDA'a e Bases Avançadas (Seta Filho, 2009) 62
Figura 22: Esquema de frente de contenção/recolhimento em U. (Ferreira, 2006) 69
Figura 23: Óleo recolhido em relação ao óleo derramado para diferentes níveis de descarga com diferentes tempos de resposta (Reed, 1995) 88
Figura 24: Esquema de frente de recolhimento em U. (Ferreira, 2006) 99

Indice de Tabelas

Tabela 1: Principais incidentes de derramamento de petróleo e derivados ocorridos no Brasil (SOUZA FILHO, 2006) 3
Tabela 2: Incidentes de derramamento de petróleo e derivados no mar nos útimos 3 anos .. 4
Tabela 3: Classificação de óleos por grau API (ITOPF, 2008) 11
Tabela 4: Grupos de óleo (ITOPF, 2010) 12
Tabela 5: Propriedades e características de derivados do petróleo (ROSSO apud MONTEIRO, 2003) 13
Tabela 6: Classificação do corpo hídrico para sistemas de controle de derrames de óleo (CETESB, 2011) 18
Tabela 7: Exemplos de conteúdos de Planos de Contingência para derramamentos de petróleo 26
Tabela 8: Legislação brasileira relacionada à poluição marinha por petróleo e derivados 27
Tabela 9: Valores da CEDRO e de tempo de disponibilidade de recursos para diferentes niveis de derrame 35
Tabela 10: Dimensionamento de equipamentos e materiais de resposta segundo a CONAMA 398, para derrames em águas marítimas além da zona costeira. 36
Tabela 11: Características estruturais das barreiras de contenção (Fonte: CETESB, 2011) 40
Tabela 12: Diferentes tipos de Barreiras e suas principais características (IMO, 2005) 41
Tabela 13: Tipos de recolhedores (Adaptado de Exxon, 2008) 45
Tabela 14: Vantagens e desvantagens de Skimmers (Adaptado de Exxon, 2008) 46
Tabela 15: Questionário para seleção de recolhedores (Adaptado de DESMI Ro-Clean, 2006) 47
Tabela 16: Emissões atmosféricas provenientes da Queima in situ de óleo derramado (adaptada de NOBE, Environment Canada, 1993) 54
Tabela 17: Índices de Sensibilidade da Linha de Costa (ISL) (adaptado de MMA, 2002) 58
Tabela 18: Resultados dos cálculos de dimensionamento de capacidade mínima de equipamentos. (adaptado de Petrobras, 2009) 65
Tabela 19: Equipamentos disponibilizados com dimensionamento subjetivo (adaptado de Petrobras, 2009) 66
Tabela 20: Recursos disponíveis para diferentes tempos de resposta. (adaptado de Petrobras, 2009) 67
Tabela 21: Valores de modelagem de derramamento e estratégias de resposta para o campo de Jubarte (adaptado de Ferreira, 2006) 69
Tabela 22: Esquema de ciclo de operação de Contenção e Recolhimento 73
Tabela 23: Comparativo entre exigências legais, do cenário modelado, disponibilidade dos PEI e estrutura necessária para suprir a capacidade exigida pela CONAMA para primeiro nível de resposta de descargas grandes (12h) 75
Tabela 24: Comparativo entre exigências legais, do cenário modelado, disponibilidade dos PEI e estrutura necessária para suprir a capacidade exigida pela CONAMA para segundo nível de resposta de descargas grandes (36h) 78
Tabela 25: Comparativo entre exigências legais, do cenário modelado, disponibilidade dos PEI e estrutura necessária para suprir a capacidade exigida pela CONAMA para terceiro nível de resposta de descargas grandes (60h) 81
Tabela 26: Equipamentos adicionais para estratégias de contenção e recolhimento disponíveis em mais de 36h e em até 60h após o derrame 82
Tabela 27: Considerações acerca das orientações da resolução CONAMA 398/08 com relação às estratégias de resposta a derramamentos 84

Tabela 28: Capacidades de armazenamento temporário teóricas requeridas para recolhimento contínuo de óleo de uma descarga grande a nivel TN1 100
Tabela 29: Esquema de ciclo de operação de Contenção e Recolhimento 102

Glossário

API	:	American Petroleum Institute
ASA	:	Applied Science Associates
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
CCA	:	Clean Caribbean & Americas
CDA	:	Centro de Defesa Ambiental
CEDRO	:	Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo
CGPEG	:	Coordenação Geral de Petróleo e Gás
Cn	:	Capacidade nominal do recolhedor, no cálculo da CEDRO
DILC	:	Diretoria de Licenciamento Ambiental
EIA	:	Estudo de Impacto Ambiental
fe	:	Fator de eficácia, no cálculo da CEDRO
FPSO	:	Floating, Production, Storage and Offloading
FSO	:	Floating, Storage, and Offloading
IBAMA	:	Instituto Brasileiro do Meio Ambientee dos Recursos Naturais Renováveis
IMO	:	International Maritime Organization
IPIECA	:	International Petroleum Industry Environmental Conservation Association
ITOPF	:	International Tanker Owners Pollution Federation
LO	:	Licença de Operação
MMA	:	Ministério do Meio Ambiente
NEBA	:	Net Environmental BenefitAnalysis
NOAA	:	National Oceanic and Atmospheric Administration
ONIP	:	Organização Nacional da Industria do Petróleo
PEI	:	Plano de Emergência Individual
SINTEF	:	Organização de pesquisa independente Escandivana
TN1	:	Primeiro nível de resposta para um derrame de Vpc, 12h após o acidente
TN2	:	Segundo nível de resposta para um derrame de Vpc, 36h após o acidente
TN3	:	Terceiro nível de resposta para um derrame de Vpc, 60h após o acidente
Vdm	:	Volume de descarga média
Vdp	:	Volume de descarga pequena
Vpc	:	Volume de descarga de pior caso, ou descarga grande

1 Introdução

A importância do petróleo para a sociedade vem crescendo desde a antiguidade. A expansão da exploração e transporte deste recurso natural não renovável para o ambiente marinho se deu no final do século XIX e início do século XX, com a descoberta de novos campos petrolíferos e a construção de petroleiros transoceânicos. Em meados do século passado, o petróleo passou a ter valores econômicos e políticos cada vez maiores, explica Poffo (2000).

No Brasil, 12º maior consumidor de petróleo no mundo (CIA, 2011),em 2007 a relação reservas/produção era cerca de quinze anos: reservas provadas da ordem de 1.100 milhões de toneladas e a produção anual na faixa dos 74,4 milhões de toneladas. (ANEEL, 2007)

Apesar das discussões acerca da sustentabilidade do uso de recursos não renováveis,petróleo e derivados responderam por 37,8% de toda a energia usada no País em 2010. Segundo a previsão do Ministério de Minas e Energia, este porcentual dever ser reduzido para 30,4% em 2020, o montante, porém, crescerá em números absolutos no período (Istoé, 2012).Essa fonte de energia primária exerce, portanto, um papel relevante na sociedade moderna globalizada, tanto no âmbito socioeconômico quanto ambiental.

Exemplificando o impacto político e social do petróleo, um relatório de 2008 da Aneel cita o caso da cidade de Macaé, no litoral norte doRiodeJaneiro,que se transformou em base da produção do petróleo em alto mar. Segundo o relatório, nos últimos 10 anos, a economia do município aumentou 600%; a população, de 60 mil habitantes em 1980, saltou para 170 mil habitantes em 2008 e a cidade transformou-se em pólo regional. Essa mudança radical das características socioeconômicas da região foi resultado tanto do pagamento de royalties pelas petrolíferas quanto do aquecimento de atividades decorrentes da prospecção do petróleo, como a valorização imobiliária, aumento de vendas do comércio, investimentos públicos municipais, entre outras.

Da mesma forma que a existência de atividades relacionadas a petróleo e gás impacta pesadamente a região onde estão situadas a nível sócio ambiental e econômico, os impactos de incidentes de derramamentos de óleo são consideravelmente abrangentes.Segundo a USEPA (1999), derramamentos de petróleo comprometem a saúde pública, colocando em risco água potável e recursos naturais, além de afetar a economia mundial.

Uma reportagem da Istoé (2010) resume a abrangência que um incidente de derramamento de petróleo possui:

"O acidente com a Deepwater, a plataforma operada pela British Petroleum (BP), no Golfo do México tem produzido muito mais do que o vazamento de cinco mil barris de óleo por dia desde 20 de abril. Além das consequências ambientais, com uma mancha de mais de 50 quilômetros de extensão, o acidente matou 11 pessoas, fez a companhia britânica perder US$ 25 bilhões em valor de mercado".

Para ilustrar os riscos à saúde pública que poluições por petróleo e derivados representam, um relatório doPNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, UNEP, em inglês) de 2011destaca os impactos de 50 anos de produção dessas substâncias na região de Ogoni, no Delta do Níger, cujo solo está contaminado até uma profundidade de cinco metros, e as águas subterrâneas de muitos lugares estão cobertas com resíduos de petróleo.

« A saúde pública está seriamente ameaçada em pelo menos 10 comunidades Ogoni, nas quais a água potável foi contaminada por um nível considerável de hidrocarbonetos, segundo a avaliação publicada. Em uma dessas comunidades, aNisisiokenOgale, oeste do país Ogoni, famílias bebem água proveniente de poços contaminados por benzeno, um cancerígeno reconhecido, a um nível 900 vezes superior ao preconizado pela OMS (Organização Mundial da Saúde) (...) Pesquisadores do PNUMAidentificaram uma camada de 8 cm de petróleo refinado flutuando sobre o lençol freático que alimentava esses poços, que seria ligada a um vazamento de petróleo existente há mais de 6 anos »

A freqüência com que diversos tipos de derramamento ocorrem, desde pequenos vazamentos localizados a grandes incidentes, é um fator agravante do problema: para exemplificar, segundo o jornal inglês *The Guardian* em matéria publicada em junho de 2011, os derramamentos de óleo e gás no mar do Norte são de ordem semanal.

Estamos familiarizados, graças à imprensa, com a repercussão e dificuldade de lidar com esse tipo de situação. Vale lembrar episódios como o vazamento de óleo na Baía de Guanabara e nos rios do Paraná em 2000, o acidente na Espanha com o petroleiro Prestige em 2002, o da BP no Golfo do México em 2010 e o desastre envolvendo poços da Chevron em novembro de 2011, reincidentes em março de 2012, que deixam claraa necessidade de planejamento e preparo anterior às ocorrências para obtenção de sucesso no combate e minimização de danos.

A Tabela 1traz alguns dos principais incidentes de derramamento de óleo ocorridos no Brasil até 2004.

Tabela 1: Principais incidentes de derramamento de petróleo e derivados ocorridos no Brasil (SOUZA FILHO, 2006)

Data	Fonte	Local	Quantidade Derramada (m³)	Produto
06/12/1960	Sinclair Petrolore	Costa brasileira	66.600	Petróleo
8/1974	Takimyia Maru	Canal de São Sebastião, SP	7.000	Petróleo
29/08/1974	Esso Garden State	Porto ou terminal indefinido	5.882	Petróleo
26/03/1975	Tarik Ibn Ziyad	Baía de Guanabara, RJ	7.000 – 18.000	Petróleo
09/01/1978	Brazilian Marina	Canal de São Sebastião/ SP	6.000 – 41.525	Petróleo
26/05/1978	Aminona	Banco do Meio, ZEE	23.305	Óleo combustível 2
27/10/1979	Gunvor MAERSK	Rio Amazonas	12.780 – 17.479	Óleo combustível ou derivado claro.
14/10/1983	Oleoduto	São Sebastião – Cubatão (SP)	2.500	Petróleo
17/03/1985	Marina	São Sebastião/ SP	2.000 – 2.782	Petróleo
12/1986	Brotas	Litoral RJ	1.600	Petróleo
15/05/1994	Oleoduto	São Sebastião – Cubatão (SP)	2.700	Petróleo
10/02/1997	Oleoduto	Baía de Guanabara, RJ	900 – 3.000	Óleo combustível marítimo
18/01/2000	Oleoduto	Baía de Guanabara, RJ	1.292	Óleo combustível marítimo
16/07/2000	Oleoduto	Rio Barigüi, PR	4.000	Petróleo
18/02/2004	Oleoduto	São Sebastião – Cubatão (SP)	?	Petróleo
15/11/2004	Vicuña	Paranaguá, PR	6.555	Óleo combustível marítimo, óleo diesel, óleo hidráulico e metanol.

O tipo de luta e o impacto variam de acordo com, além das características intrínsecas ao acidente, o ambiente no qual o acidente ocorre: em terra, linha de costa ou alto mar. No caso do Brasil, cerca de 90% das reservas estão localizados no mar, principalmente na Bacia de Campos. (ANEEL, 2007); fazendo desse ambiente um local sujeito a riscos de derramamentos acentuados.

No que se refere a acidentes em alto mar mais recentes, podem ser listados os eventos daTabela 2, compilada a partir de notícias de jornais de grande circulação, o que prova que, apesar de ter-se avançado tecnologicamente em diversas áreas relacionadas às estratégias de resposta a derramamentos - sensoriamento remoto, embarcações especializadas, equipamentos de comunicação, recolhedores de óleo, barreiras de contenção e novas gerações de dispersantes -, ainda estamos consideravelmente vulneráveis.

Tabela 2: Incidentes de derramamento de petróleo e derivados no mar nos útimos3 anos

Ano	Referência do Acidente	Local	Óleo derramado
2009-2010	Gannet Alpha: plataforma operada pela Shell e Exxon	Mar do Norte	10 pequenos vazamentos
2010	DeepwaterHorizon da British Petroleum (BP) : explosão plataforma	Golfo do México	5 milhões de barris
2011	Chevron: vazamento de poço	Campo de Frade, na Bacia de Campos (RJ)	3000 barris
2011	MS Oliva: encalhamento do navio	Tristão da Cunha fica a cerca de 1,7 mil milhas da África do Sul	800 t de óleo
2011	Shell: vazamento duto submarino	Mar do Norte	1300 barris
2011	ConocoPhillips China e CNOOC, vazamento não reportado por um mês, mancha de grandes dimensões observada	Mar Bohai, China	Mancha de 840 km²
2011	Shell, transferência de plataforma para cargueiro	Nigéria	40000 barris
2012	Chevron: vazamento de poço	Campo de Frade, na Bacia de Campos (RJ)	Pequenas dimensões
2012	MonoboiaTranspetro	Tramadaí, RS	Mancha de 1 km²
2012	Vazamento tubulação de separadores de produção da plataforma P34	Campo de Barracuda, Bacia de Campos (RJ)	30 barris
2012	Problemas em tubulação durante o teste de Longa Duração da área de Carioca Nordeste	Bacia de Santos (SP)	160 barris

A Figura 1apresenta tanto acidentes de maiores magnitudes quanto de pequena escala. Estes não devem ser subestimados, pois são extremamente frequentes, apesar de geralmente não possuírem grande repercussão na mídia.

Esses incidentes possuem diferentes causas, resumidas naFigura 1.

Figura 1: Principais causas de derramamento de óleo no mar. (Adaptado de CEDRE, 2006)

Há ainda outras causas, geralmente não inclusas em estatísticas, mas que podem ser relevantes, por exemplo vandalismo, roubo e sabotagem, apontados pela Shell em reportagem do jornal inglês The Guardiancomo sendo responsáveispor 98%, quando se pronunciando a respeito do derrame de dezembro 2011 próximo ao delta do Niger, considerado o maior da última década. Outro causador de poluição por óleo são as guerras: em ocasião da Guerra do Golfo ou Koweit, aproximadamente 800 000 tons de óleo forram derramados no mar (CEDRE, 2006).
Segundo Calixto (2011), o grande desenvolvimento tecnológicoalcançadopelanossacivilização,gera o desafio de se preservar o ambiente e a vida humana de possíveis danos oriundos de nossas atividades, que se torna maiorpelanecessidadedeefetividadenasaçõespreventivasemitigadorasdosacidentes, frente a cenários de risco crescentes, na indústria de petróleo do Brasil e domundo. A prevenção no Brasil se justifica, principalmente, por fatores como o aumento de produção, tanto no *downstream* (pelo aumento de capacidade produtiva no refino), quanto no *upstream* (pela descoberta de novos poços como os do pré-sal).

Nesse contexto de prevenção, enquadram-se tanto aspectos logísticos e operacionais, quanto de infra-estrutura, previstos pelos PEI – Planos de Emergência Individuais ou Planos de Contingência.

Este trabalho lança um olhar crítico sobre a atual estrutura de resposta a derramamentos de óleo, tanto no que concerne ao aparato legal, representado aqui pela resolução CONAMA 398/08, quanto ao seu cumprimento e efetividade, de forma a apontar possíveis melhorias na conjuntura de prevenção e resposta para possíveis acidentes.

2 Objetivo

2.1 Objetivo geral

Avaliar a resolução CONAMA 398/08 por meio da análise da estrutura de resposta dimensionada para combate a derramamentos de petróleo e derivados, descrita em Planos de Emergência Individuais na costa capixaba.

2.2 Objetivos Específicos

- Discutir a legislação aplicável resposta a derramamentos de petróleo (resolução CONAMA 398/08) no que diz respeito ao dimensionamento das estratégias de resposta

- Avaliar se a estrutura existente descrita nos Planos de Emergência Individuais -da FPSO P57- supre a demanda da legislação em termos de resposta a derramamentos de petróleo

- Levantarpontos críticos da estrutura de resposta, tanto em relação à resolução quanto aos Planos de Emergência Individuais.

3 Metodologia

Este trabalho foi realizado a partir da revisão bibliográfica e análise de documentos relativos a derramamentos de petróleo e derivados e às estratégias de resposta aplicáveis.

O material bibliográfico utilizado como base inclui:

- Guias desenvolvidos por empresas (Exxon) e organizações – governamentais ou não – nacional e mundialmente respeitadas que trabalham ou pesquisam o assunto (CEDRE, ITOPF, USEPA, IPECA, CETESB, MMA)

- Legislação aplicável (resoluções CONAMA)

- Publicações e material acadêmico relativo ao tema

- Informações de fabricantes de materiais e equipamentos relacionados a estratégiasde resposta a derramamentos

- Reportagens (histórico de acidentes, informações gerais)

- Estudos de Impacto Ambiental (EIA) de instalações de atividades ligadas à E&P de Petróleo e derivados no Brasil

- Planos de Emergência Individual (PEI) de instalações de atividades ligadas à E&P de Petróleo e derivados no Brasil

Foram cumpridas as seguintes etapas:

1. Estudo inicial para entendimento geral do assunto e atualização: essa etapa consistiu basicamente na leitura dos guias e material de fabricantes e do acompanhamento de reportagens.

2. Estudo detalhado das possíveis estratégias de resposta e/ou geralmente utilizadas. Buscou-se, com esta fase, adquirir competência para se avaliar a estrutura existente, identificar pontos fracos e possíveis melhorias no preparo e condições de resposta a derramamentos.

3. Fez-se o levantamento do aparato legal aplicável a respostas a derramamentos no Brasil, uma vez que as diretrizes quanto à exploração de petróleo offshore, bem como sua fiscalização e regulamentação, são definidas a nível Federal (CONAMA, IBAMA- CGPEG)

4. Decidiu-se focar a análise no caso da região capixaba (offshore). Partiu-se desse recorte devido à relevância da exploração dessa região no contexto nacional e também pelo fato desta pesquisa ter sido realizada em Vitória, ES, onde se sofre influência direta dessas atividades, principalmentenas áreas econômicas e sociopolíticas.

5. Foram obtidos, junto à CGPEG/DILIC/IBAMA-RJ documentos oficiais referentes a instalações localizadas na região de influência da costa capixaba (EIA, PEI, Estudos preliminares para obtenção de licenciamento) de diferentes companhias.

6. Esses documentos foram comparados entre si e fez-se uma triagem, elegendo os mais completos com relação a informações pertinentes à Organização e Estrutura de Resposta a Derrames.

7. Dessa triagem, os documentos relativos à FPSO P57, no campo de Jubarte, foram escolhidos como objeto base de estudo, devido a semelhanças entre as estratégias planejadas/instaladas para Jubarte e demais localidades, riqueza de informações quando comparados aos demais, além de relevância no cenário estadual e nacional.

8. Definiu-se a análise do PEI FPSO P57 (rev. 00, de abril de 2009) face à resolução CONAMA 398/2008 como princípio metodológico para a avaliação desta quanto a capacidade de resposta instalada ou prevista para derrames na costa capixaba, mais especificamente, as seções dos respectivos documentos que tratam de Equipamentos e Materiais de resposta, seu dimensionamento e tempo para que sejam disponíveis para combate aos efeitos de acidentes.

9. Para apoiar tal análise, foram considerados alguns trabalhos acadêmicos, em especial o de Ferreira (2006), que propôs e analisou por meio de modelagem matemática, diferentes cenários de resposta a derrames de grande escala. Entre eles, o chamado Cenário de Referência, apresentado como uma opção de resposta baseada em estratégias de contenção e recolhimento que supria a capacidade de resposta exigida por lei para um derrame de maiores proporções.

10. Foram analisadas criticamente e comparadas quantitativamente entre si:

    - as exigências da CONAMA 398/08 em termos de capacidade de resposta – representada pela CEDRO (Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo)
    -o Cenário de Referência modelado por Ferreira (2006)
    - cenários indicados no PEI como planejados para diferentes níveis de derrames/tempos de resposta
    -capacidade real necessária para que as exigências da CONAMA fossem supridas

    Essa comparação foi feita a partir de valores de capacidade nominal de recolhimento de skimmers, quantidade de barreiras de contenção, quantidade de embarcações dedicadas e de apoio e de capacidade de armazenamento temporário.

11. Além da análise quantitativa, foi considerada também uma análise qualitativa crítica de outras estratégias de resposta que não Contenção e Recolhimento, na qual foram levantados pontos críticos com relação à Capacidade de

Resposta a Derrames de Petróleo e Derivados na costa capixaba, tanto no que diz respeito à legislação quanto ao seu cumprimento por parte das empresas e fiscalização por parte do órgão ambiental. Esses pontos podem ser estendidos ao caso nacional, uma vez que a mesma resolução CONAMA rege as demais instalações do tipo no país. Além disso, os PEI nacionais são todos aprovados pelo mesmo órgão, considerando que são analisados da mesma forma e aprovados segundo os mesmos princípios que o da FPSO P 57.

4 Revisão Bibliográfica

Os fundamentos teóricos relevantes para a estruturação deste trabalho e discussão dos assuntos em questão foram divididos em *Fatores Físicos, Fatores Operacionais e Fatores Organizacionais.*

Esses fatores, apesar de agrupados em "classes" diferentes, funcionam em conjunto, estando intimamente ligados à capacidade de resposta a derramamentos: os fatores físicos são condições "externas" às estratégias, não estando sujeitas a escolhas das empresas potencialmente poluidoras, dos operadores ou mesmo de agências governamentais. Os chamados fatores físicos são, de fato, determinantes para a escolha e sucesso das estratégias de resposta, sendo aqui representadas pelas características do óleo derramado e do ambiente (meteorologia e oceanografia). Visando facilitar o entendimento em conjunto desses fatores físicos para planejamento de estratégias, são utilizados modelos computacionais para simulação do comportamento da poluição no mar quando sujeita a essas condições.

Já os fatores operacionais dizem respeito à estrutura de resposta: às estratégias em si, representadas aqui pelos principais equipamentos e materiais de combate à poluição por óleo, e aos centros de apoio – de onde parte dos recursos de resposta pode ser fornecida. Estes, porém, devem ser condizentes com características físicas do acidente e levar em consideração aspectos legais e logísticos, aos quais chamamos de fatores organizacionais.

4.1 Fatores Físicos

4.1.1 Características e tipos de óleo

O petróleo (do latim petra – pedra e oleum – óleo) é uma substância oleosa, inflamável, de densidade menor que a da água, comcheiro característico e cor variando entre o preto e o castanho-claro. Compõe-se de uma mistura complexa constituída, basicamente, de hidrocarbonetos que apresentam números variáveis de átomos de carbono (CLARK *apud*FONSECA, 2009).

Algumas propriedades físicas são importantes para o entendimento do comportamento desses hidrocarbonetos e, consequentemente, para a escolha de ações de emergência em caso de derramamento, e dão embasamento para a classificação desses em diferentes tipos.

Densidade/Grau API

Segundo o glossário online da ONIP (2011) o grau API do *American PetroleumInstitute* (°API) é uma forma de expressar a densidade relativa de um óleo ou derivado.

A escala API, medida em graus, varia inversamente à densidade relativa, isto é, quanto maior a densidade relativa, menor o grau API. Quanto mais alto o grau API, mais leve é o petróleo e maior seu valor de mercado.

ºAPI = (141,5/g) - 131,5, onde "g" é a densidade relativa do petróleo a 15ºC

A Tabela 3apresenta um tipo de classificação de óleos, de acordo com o grau API.

Tabela 3: Classificação de óleos por grau API (ITOPF, 2008)

Grau API	Classificação
> 30	Leve
22-30	Médio
< 22	Pesado

Viscosidade

A viscosidade é uma medida da resistência de movimento do fluido, proveniente do atrito interno, isto é, das forças de coesão entre moléculas relativamente juntas. Desta maneira, enquanto que a viscosidade dos gases cresce com o aumento da temperatura, nos líquidos ocorre o oposto.

Com o aumento da temperatura, aumenta a energia cinética média das moléculas, diminui (em média) o intervalo de tempo que as moléculas passam umas junto das outras, menos efetivas se tornam as forças intermoleculares e menor a viscosidade.

No SI, a unidade correspondente é pascal x s e no sistema cgs, o poise, de modo que 1Pa x s = 10 poise.

“Pour point” ou fluidez

Expressa a menor temperatura na qual a amostra ainda flui. Uma quantidade de óleo é colocada em um tubo de vidro, que é colocado em um banho de refrigeração. O tubo é retirado do banho e reclinado a cada redução de temperatura de 3º C e, quando não houver mais movimento da amostra, dá-se por encerrado o teste. O Ponto de fluidez é reportado 3º C acima desta temperatura. (FERREIRA, 2006)

Tensão superficial

É a força de atração entre as moléculas de superfície de um líquido. Esta juntamente com a viscosidade, determina a taxa de espalhamento das manchas de óleo. A tensão superficial decresce com o aumento da temperatura. Óleos leves apresentam menor tensão superficial. (SZEWCZYK, 2006)

Ponto de ignição ou“flash point”

É a temperatura em que os vapores de um produto irão entrar em ignição quando em contato com uma fonte de ignição. Constitui um importante fator de segurança durante as operações de limpeza. Óleos leves e produtos refinados podem ignizar facilmente, ao passo que óleos pesados e/ou intemperizados não causam sérios riscos de incêndio. (SZEWCZYK, 2006)

A partir dessas e de outras propriedades e características, os óleos são classificados em diferentes grupos, como exemplificado na Tabela 4.

Tabela 4: Grupos de óleo (ITOPF, 2010)

Grupo	Densidade	API	Composição	Meia-vida	Persistência	Exemplos
I	< 0,8	> 45	Leve	~ 24 h	1 - 2 dias	Gasolina, querosene
II	0,80 - 0,85	35 - 45	Leve	~ 48 h	3 - 4 dias	Gasóleo, óleo cru de Abu Dabi
III	0,85 - 0,95	17,5 - 35	Pesado	~ 72 h	5 - 7 dias	Óleo cru árabe e do Mar do Norte
IV	> 0,95	< 17,5	Pesado	~ 168 h	> - 7 dias	Óleo pesado, óleo cru venezuelano

O quadro a seguirresume algumas características importantes de diferentes tipos de derivados de petróleo. O conhecimento dessas características auxilia os centros de combate à poluição na escolha das medidas e/ou ações de emergência corretas, uma vez que são geralmente a causa dos riscos apresentados por cada substância.

Tabela 5: Propriedades e características de derivados do petróleo (ROSSO apudMONTEIRO, 2003)

Produtos	**Propriedades**	**Aspectos físicos e químicos**	**Principais riscos**
Óleo Diesel	Densidade do líquido: 0,84 (mg/m³?)à 16℃ Viscosidade: 1,6 – 6,0 cSt (37,8 ℃) Água e Sedimentos: 0,05% vol(Max.)	Cor castanha claro, não miscível na água, levemente viscoso, volátil, inflamável.	Explosão. Vapores mais pesados que provocam irritação na pele e quando em contato excessivo há risco de câncer de pele. Na forma líquida ou vapor provoca irritação nos olhos, e se ingerido pode ser fatal.
Óleo combustível	Densidade: 1,030 (máxima) à20 ℃ Viscosidade: 1,908 cSt (20 ℃)	Cor preta, viscoso, inflamável, com a água pode se tornar pastoso à temperatura ambiente dependendo do tipo de óleo.	Explosão. Em temperaturas de até 50℃, a pressão de vapor não permite a formação de vapor que seja prejudicial à saúde. Porém, quando aquecidos, para fins de manuseio, a concentração de vapor pode atingir um nível onde a inalação pode causar náusea, dor de cabeça e tontura. Provoca irritação nos olhos e na pele e pode causar dermatite em contato prolongado ou repetido. A ingestão é muito perigosa, podendo ser fatal.
Gasolina	Densidade: 0,737 Densidade do Vapor: 3,0 – 4,0 Pressão de vapor:0,70 kgf/cm2 a 37,8 ℃.	Cor amarelada, volátil, inflamável, não miscível com a água.	Explosão. Seus vapores são mais pesados que o ar, podendo permanecer concentrados em áreas confinadas. No estado líquido provoca irritação na pele, não devendo ser permitido o contato quando a pele apresenta ferimento

Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	Densidade: 0,56	Gases incolores, constituídos principalmente de propano e butano. É armazenado e transportado sob pressão, no estado líquido.	Explosão. Seus vapores são mais pesados que o ar, podendo permanecer concentrados em áreas confinadas. É asfixiante, narcótico em altas concentrações. Limite de exposição prolongada (TLV – ThresholdLimitValue) é de 1.000 ppm.
Querosene	Densidade: 0,760 a 0,822 à 20 0C Viscosidade: 8,0 cSt (- 20 ℃ máxima)	Incolor, pouco viscoso, não miscível, inflamável.	Explosão. À temperatura ambiente, inferior a 30 ℃, os vapores não atingem um nível de concentração que possa constituir risco. Na forma líquida pode provocar irritação na pele e nos olhos.
Nafta	Densidade relativa: 0,7 Ponto de fulgor: - 48,3 ℃ Temperatura de Auto-Ignição: 287,8 ℃ Limites de Inflamabilidade: 1 – 6 %	Incolor no caso de nafta petroquímica e levemente amarelada no caso de nafta craqueada, não miscíveis com a água.	Explosão. Seusvapores são mais pesadosque o ar, podendo permanecer concentrados emáreas confinadas. No contato com a pele pode causar irritação, coceira, queimaduras, avermelhamento e urticárias. No contato com os olhos pode causar dor aguda, e se inalado causa dor de cabeça, tosse, asfixia e convulsão.
Gasóleo	Densidade: 0,92 Ponto de Ebulição: 230 –250 ℃.	Líquido escuro,viscoso, não miscível com a água e que tende a ficar pastoso a temperatura ambiente.	Explosão. Em altas concentrações de vapor pode causar dor de cabeça e sonolência. Se ingerido pode causar irritação no estômago e intestino provocando náuseas e vômitos.
Petróleo cru	Densidadenormalmenteinferior a 1 Viscosidade: 26,4 cP (37,8 ℃) Ponto de Ebulição: 150 –300 ℃	Cor escura, não miscível com a água.	Explosão. Seus vapores são mais pesados que o ar, podendo permanecer concentrados em áreas confinadas.

4.1.2 Fatores meteorológicos e oceanográficos

Alguns fatores, além do tipo de óleo, influem tanto no comportamento do óleo no mar quanto na escolha e efetividade de estratégias de resposta. Entre eles, marés, hidrodinamismo (ondas e correntes), ventos e flutuações sazonais (impactos, sobretudo sobre comunidades biológicas).

Ventos

Os ventos constituem, ao lado das correntes, forçantes adicionais à tendência natural do óleo ao espalhamento.

No contexto de ações contra derramamentos de óleo, o papel do vento está relacionado, fundamentalmente, à transferência de energia e momento das massas de ar em movimento para as massas liquidas sobre as quais sopra. Este processo se encontra na origem da formação de correntes e de ondas geradas pelo vento, fenômenos potencialmente geradores de marés meteorológicas. (NUNES, 2007)

Apesar de uma mancha de óleo localizada próxima à costa e sujeita a um vento de velocidade inferior a 10km/h mover-se a uma taxa que é aproximadamente 100% da velocidade da corrente e apenas 3% a velocidade do vento, como na Figura 2, mostrando que o papel dos ventos pode não ser tão significante, esse panorama muda no caso de mar aberto e ventos superiores a 20 km/h, quando o deslocamento da mancha é determinado pelo vento. (LEIONE, 2010)

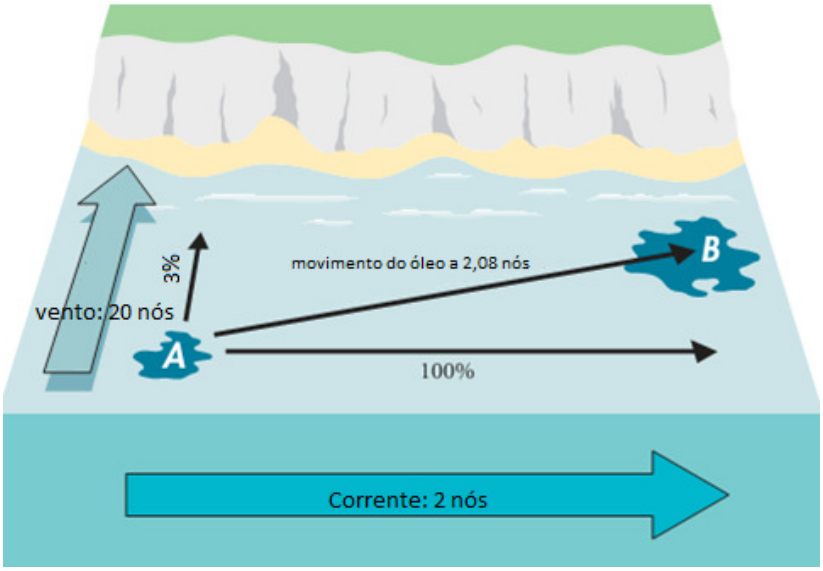


Figura 2: Influência do vento e das correntes no movimento do óleo derramado (Adaptado de IPIECA, 2008)

A importância dos ventos fica mais evidente se for considerado que, no caso de manchas de óleo, trata-se de uma camada de espessura finíssima, a sofrer muito

mais influência do atrito pelo contato superficial com o vento do que de correntes que possuem uma dinâmica de movimento em escala de profundidade muito maior.

Ainda assim, correntes e ventos devem sempre ser considerados independente da situação que está a ocorrer, uma vez que são fatores relevantes não apenas no deslocamento ou espalhamento da mancha, mas também como limitantes das estratégias de resposta.

Correntes

Entende-se por corrente o movimento genérico de massas d'água, podendo ser de vários tipos: costeira, oceânica, de maré, de densidade, dependendo das principais forçantes que determinam o padrão de movimento dessas massas. Correntes oceânicas, por exemplo, dizem respeito ao movimento da massa d'água oceânica, que apresenta duas componentes: uma superficial, correspondente aos primeiros 100m de profundidade e decorrente, sobretudo, da ação dos ventos, e outra profunda, que percorre as bacias oceânicas. (MORETZ-SOHN et al, 2010)

Em termos de espalhamento da mancha de óleo, a componente superficial das correntes é, logicamente, mais relevante, uma vez que o óleo é menos denso que a água. No entanto, quando disperso na coluna ou quando a fonte do vazamento está em regiões mais profundas, a ação da componente inferior das correntes passa a ter maior influência.

No caso específico da costa sudeste brasileira, o padrão de circulação superficial está relacionado à Corrente do Brasil (CB), fluindo para sul-sudoeste, com seus meandros e vórtices. Sobre a plataforma, o padrão predominante está relacionado ao campo de vento e à maré, com eventuais intrusões da CB. (PETROBRAS, 2009)

Marés

A taxa à qual o óleo se espalha ou se fragmenta é afetada diretamente pelas marés e correntes, quanto maior a combinação de forças atuantes, mais rápido é o processo (ITOPF, 2002).

Maré é o nome dado às oscilações verticais periódicas do nível do mar, provocado pela ação gravitacional da Lua e do Sol e pelos movimentos de rotação e translação do sistema Terra-Lua-Sol no espaço (GUIMARÃES; MARONE,1996). O nível máximo de elevação atingido pelo mar chama-se preamar, e o nível mínimo, baixamar, cotidianamente chamados de maré cheia e maré baixa.

Quando a lua é nova ou cheia, o sol está alinhado com a lua, de forma que as forças gravitacionais e centrífugas dos dois sistemas vão se somar e causar maiores saliências de maré (marés de sizígia). Já quando a lua é crescente ou minguante, as forças dos dois sistemas (terra-sol e terra-lua) fazem ângulo reto, de forma que não contribuem umas com as outras. Por isso, as saliências serão relativamente pequenas (marés de quadratura).

A variação do nível de marés está representada na figura a seguir.

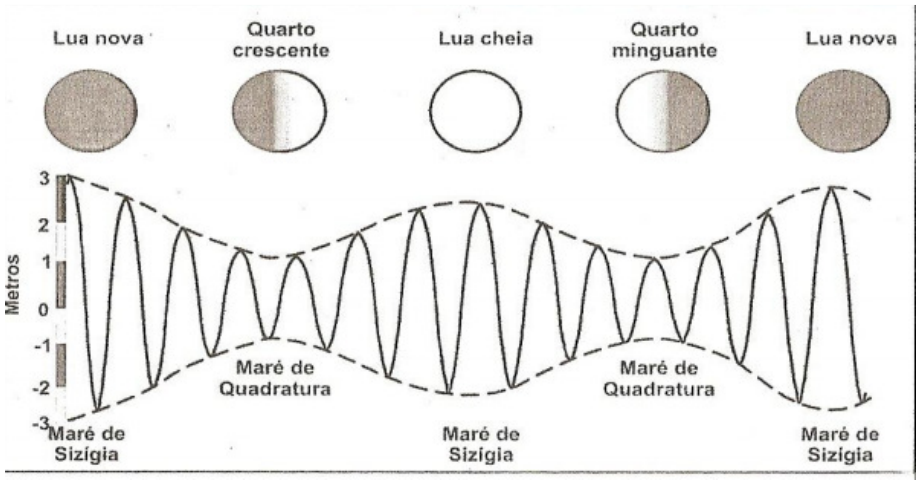


Figura 3: Ciclos das marés: efeitos conjugados das atrações gravitacionais da Lua e do Sol e da rotação da Terra (Silva et al, 2005)

A altura do nível é composta pela soma dos componentes harmônicos, que se repetem periodicamente, e componentes aleatórios, provocados por forçantes como vento, correntes, pressão atmosférica.

As marés podem também causar movimentos horizontais nas águas, denominados correntes de maré. Estes podem alcançar a velocidade de 10 nós (18,5 km/h) em alguns locais como, por exemplo, a ilha de Vancouver.

Segundo Szewczyk (2006), a amplitude das marés na época do derrame é um fatorimportante a ser considerado. Derrames que ocorrem durante as marés de sizígia, de maior amplitude, atingem áreas muito mais extensas da zona entre-marés do que nas marés de quadratura. No entanto, o movimento contínuo de subida e descida das marés atua comoum importante fator de limpeza natural.

Ondas

Entende-se por onda uma perturbação que se propaga através da água, causada pelos ventos que transferem energia para a sua superfície. (LABOMAR, 2010)

A Tabela 6apresenta uma classificação para corpos hídricos de acordo com a altura das ondas, parâmetro importante, quando se trata de derramamentos de óleo, sobretudo no que diz respeito às limitações e adaptações das estratégias de resposta.

Tabela 6: Classificação do corpo hídrico para sistemas de controle de derrames de óleo(CETESB, 2011)

Tipo	Altura de ondas (m)	Condições Gerais
Calmo	0-0,3	Ondas pequenas e baixas, ausência de quebra
Protegido	0-1	Ondas pequenas, pouca espuma branca
Aberto	0-2	Ondas moderadas, espuma branca frequente
Aberto agitado	>2	Ondas grandes, cristas espumosas

AFigura 4, retirada de um manual de operações, exemplifica como a altura de ondas influencia na escolha do tipo de barreira de contenção de óleo, por exemplo.

		Ro-Boom-								
	Unidade	**600**	**1000**	**1100**	**1300**	**1500**	**1800**	**2000**	**2200**	**3500**
Peso por metro incl. corrente	Kg	4,0	5,4	7,0	8,0	10,5	12,5	13,5	15,5	35
Relação flutuação/peso		7:1	11:1	10:1	14:1	17:1	18:1	20:1	22:1	23:1
Resistência à tracção da corrente	kN	50	50	90	90	200	200	200	200	400
Resistência à tracção do tecido (ISO 283)	N/mm	250	250	250	250	315	315	315	315	400
Resistência ao rasgamento dos olhais	kN	2	2	7	7	14	14	14	17	40
Resistência ao desgaste da superfície	mm^3	150 (DIN 53516)								
Pressão máx. na câm. flutuação	kPA	15	15	15	15	15	15	15	15	10
Pressão de rebentamento da câm. flutuação	kPA	100	100	100	100	80	70	70	100	40
Temperatura operacional		-20 ºC a 70 ºC								
Temperatura de armazenamento		-40 ºC a 70 ºC								
Alongamento com uma carga de 80 N/mm	%	4	4	4	4	4	4	4	4	
Eficiente com ondas até	m	2	2	2	3	3,5	3,5-4	4	4,5	6
Estável com corrente até	Nós	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tempo de insuflação 200 m	minutos	9	9	9	12	12	12	12	12	20
Velocidade máxima de reboque em linha	Nós	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Os dados estão sujeitos a alterações sem aviso prévio

Figura 4: Propriedades Mecânicas de barreiras do tipo Ro-Booms (Fonte: Manual do Operador DESMI Ro-Clean)

4.1.3 Comportamento e intemperismo do óleo

Entender como o óleo, uma vez derramado no mar, se comporta é imprescindível para planejar e colocar em prática estratégias de resposta. Diferentes processos agem sobre os diferentes componentes do petróleo mudando substancialmente suas características físicas e químicas, podendo mesmo diminuir seu volume presente no meio (no caso da evaporação) ou aumentá-lo, dificultando operações de recolhimento (como é o caso da emulsificação). Pimentel (2007) explica que conjunto dessas transformações é conhecido como intemperismo e estas estão representadas naFigura 5.

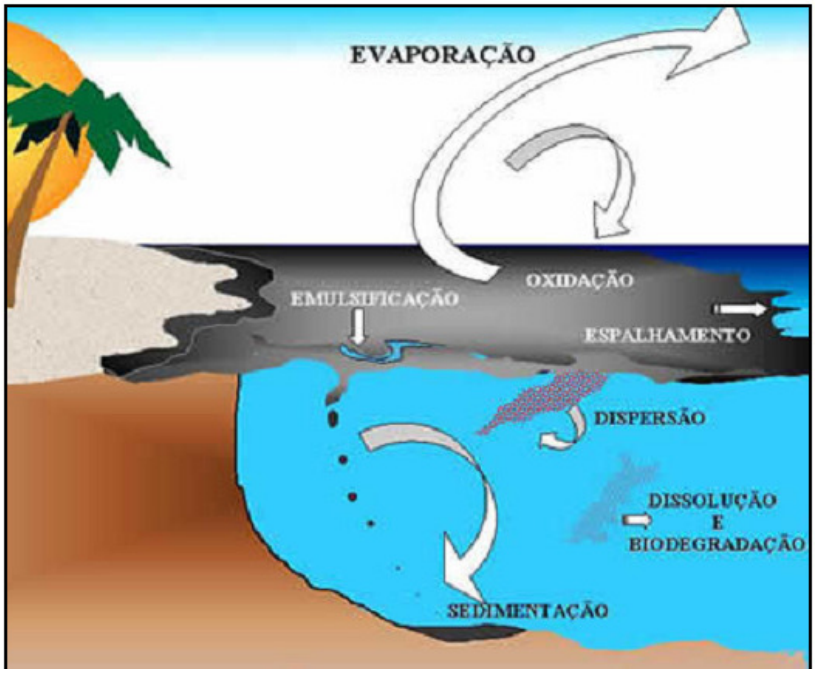


Figura 5: Processos intempéricos ocorrentes nos ambientes aquáticos
(Fonte: FERRÃO, 2005)

Dentre os processos de intemperismo, ou envelhecimento, Szewczyk (2006) pontua que os de espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação e dissolução são os mais relevantes nos períodosiniciais de um derrame, enquanto que oxidação, sedimentação e biodegradação ocorrem a longo prazo. Como passar do tempo, o óleo no ambiente mudará suas características iniciais, ficando menos tóxico, mais denso e viscoso e mais persistente.

A

Figura **6** mostra a ação desses processos no óleo ao longo do tempo.

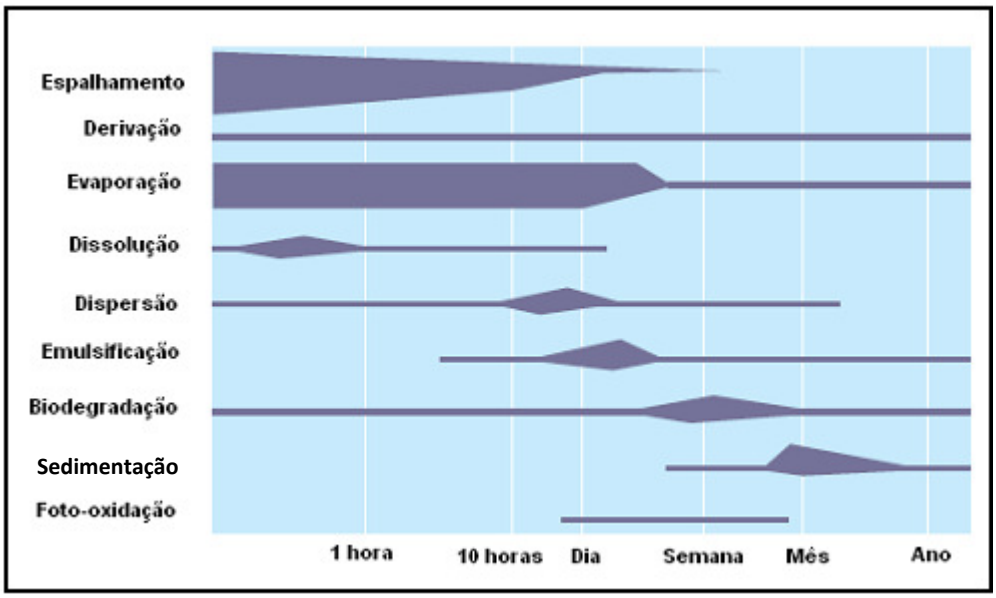


Figura 6: Especificaçãodo período de ocorrência dos processos intempéricos sobre um óleo (Fonte: IPIECA, 2000 modificado por Fonseca, 2009)

Espalhamento

Segundo Ferrão (2005), esse é um dos processos mais relevantes nos primeiros momentos após um derrame. É determinado pelas condições climáticas e oceânicas, assim como por outros processos como evaporação, dissolução, entre outros, dependendo também do tipo de óleo derramado.

O espalhamento determina a extensão em área da superfície da mancha e é resultado da difusão turbulenta e do balanço entre as forças de gravidade, inércia, viscosidade e tensão superficial (ASA, 2000b, citado por Ferreira, 2006).

O grau de espalhamento é primordial para planejamento e eficácia de estratégias de resposta a derrames, por exemplo, quanto maior o grau de espalhamento, maior a dificuldade de contenção para posterior recolhimento do óleo. A ITOPF (2002) afirma que há vários exemplos de derrames em que a pluma espalhou-se por vários quilômetros em poucas horas e por centenas de quilômetros quadrados em poucos dias, limitando seriamente a possibilidade de limpeza do ambiente.

Evaporação

Denomina-se “Evaporação” o processo de mudança de fase (líquido para vapor) das substâncias mais leves ou mais voláteis do petróleo, quando estas deixam a

superfície da água. Esse processo deixa no ambiente aquático os componentes mais pesados do óleo, que sofrerão outros processos de envelhecimento ou decantarão rumo ao substrato oceânico. Produtos refinados, como gasolina e querosene tendem a evaporar em poucas horas, causando um dano mínimo ao ambiente aquático. Óleos pesados e óleos vegetais deixam resíduos mais espessos e viscosos. Esses tipos de óleo possuem menor tendência à evaporação. (EPA, 1999)

Dependendo das condições do óleo, do derrame, do clima e do oceano e do tempo considerado, uma porcentagem relevante do óleo derramado pode ser retirada do ambiente aquático por evaporação, como mostra a Figura 7, resultado de 30 dias de uma modelagem para óleo médio, utilizando o modelo OSCAR, onde mais de 20% do óleo foi evaporado.

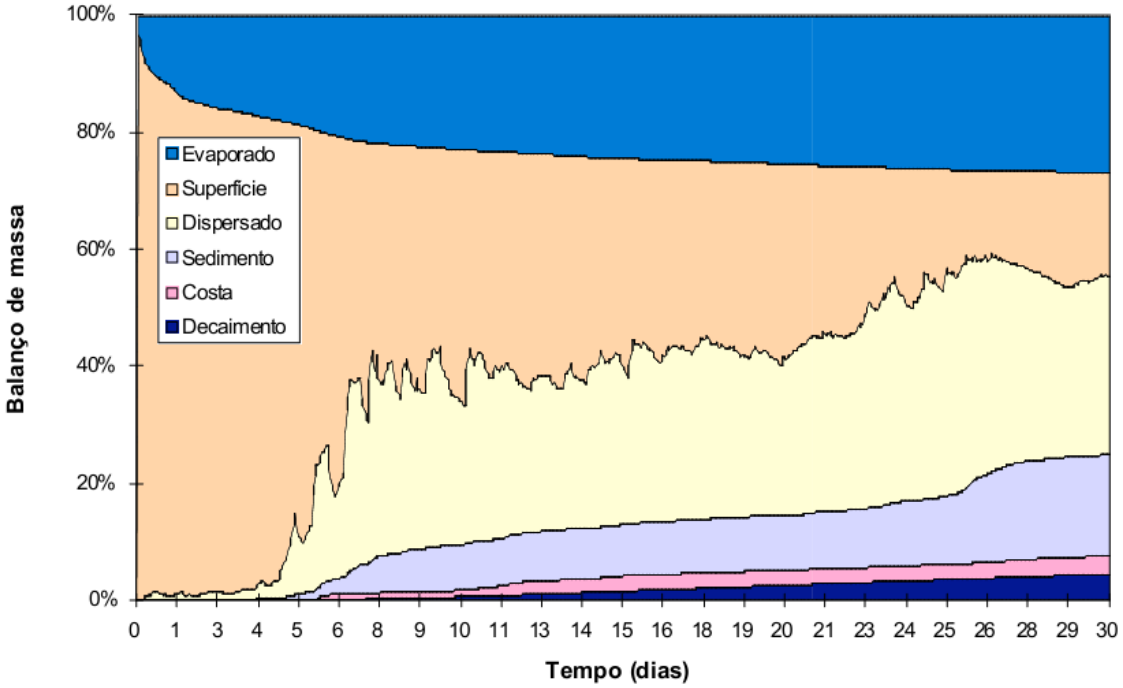


Figura 7: Balançode massa do óleo ao longo dos 30 dias de simulação para um cenário de não - resposta (Pimentel, 2007)

Dissolução

A dissolução é a passagem de parte dos hidrocarbonetos ao estado de solução com a coluna d'água. A taxa com a qual isso ocorre depende de alguns fatores, como composição do óleo, espalhamento da mancha, temperatura e turbulência da água e da taxa de dispersão.

Componentes pesados do óleo cru não se solubilizam, ao passo que os mais leves (como benzenoe tolueno) tem maior solubilidade (cerca de 5 ppm) em água. É umprocesso que se inicia logo após o derrame e se perpetua ao longo do tempo, uma vez que oxidação e biodegradação constantemente formam

subprodutos solúveis. Segundo Ferrão (2005) concentrações de hidrocarbonetos dissolvidos raramente excedem uma parte por milhão e a dissolução não tem contribuição significativa para a remoção de óleo da superfície do mar.

Dispersão

Sotto (2004) afirma que adispersão vertical é um processo físico em que as gotículas de óleo são transportadas a partir da superfície do mar para a coluna de água, sobretudo devido à rebentação das ondas, isso ocorre quando toda a pluma ou parte dela é quebrada, formando essas gotículas que, por sua vez, podem ter dimensões variáveis, sendo que as menores não voltam à superfície devido à turbulência natural da água, difundindo-se na coluna de água.

A taxa da dispersão natural depende do tipo de óleo e da ação das ondas, sendo maior para óleos de baixa viscosidade e em ambiente de quebra de ondas. (IPTOF, 2002)

Emulsificação

A emulsificação é o processo que forma emulsões, misturas de gotículas de óleo-em-água, que aumenta consideravelmente o volume de uma mancha de óleo na superfície do mar. Ferreira (2006) cita que o volume da emulsão pode ser de até 10 vezes o volume de óleo inicialmente derramado.

Essas misturas são formadas, sobretudo pela ação das ondas, e constituem verdadeiros empecilhos para os processos de intemperismo e luta antipoluição. Além disso, elas fazem com que o óleo decante e desapareça da superfície, dando uma ilusão visual de que não há ameaças para o meio ambiente.

Emulsões água-em-óleo são também chamadas de mousse de chocolate e são formadas quando ondas fortes fazem com que gotículas de água sejam aprisionadas em óleo viscoso. Esse tipo de emulsão tende a persistir no ambiente por meses e até anos. (EPA, 1999)

Biodegradação

A água do mar contém uma gama considerável de microorganismos capazes de metabolizar componentes do óleo, que incluem fungos, bactérias, protozoários e algas unicelulares, que podem utilizar o óleo como fonte de carbono e energia. Embora esses organismos estejam distribuídos pelos oceanos no Planeta, eles tendem a ser mais abundantes em áreas constantemente poluídas por óleo. (IPTOF, 2002)

Uma ampla gama de microrganismos é necessária para uma redução significativa do óleo. Para que a biodegradação realmente ocorra, alguns nutrientes como nitrogênio e fósforo podem ser adicionados à água para incentivar o crescimento e reprodução dos micro-organismos. Esse tipo de processo ocorre melhor em águas de temperaturas mais elevadas. (EPA, 1999)

Oxidação

O óleo pode reagir com oxigênio, aumentando a hidrossolubilidade doshidrocarbonetos, fazendo com que estes sejam mais facilmente degradados. Estareação ocorre na superfície da mancha de petróleo, sendo por isso acelerada por um maior espalhamento. Fatores como a espessurada mancha, a presença de sais minerais dissolvidos na água, composição do petróleo, incluindo presença de metais, e quantidade de radiação com comprimento de onda inferior a 400 nm, latitude do derrame influenciam as taxas de oxidação. (Sotto, 2004)

Plumas mais espessas podem oxidar apenas parcialmente, formando *tarballs,* esferas escuras e densas que podem persistir no ambiente, afetando ambientes costeiros por um longo período após um derrame. (EPA,1999)

Sedimentação

Ferrão (2005) afirma que a maioria dos óleos crus não afunda sozinhos na água do mar devido à sua densidade menor que a da água. Por isso é necessária a união com outras partículas para que o petróleo sedimente. Uma vez sedimentado, os processos de degradação do óleo são drasticamente reduzidos.

Este processo é intensificado nas primeiras 4 semanas que seguem o derramamento. Nele os componentes mais pesados do petróleo são adsorvidos por partículas inorgânicas, podendo se aderir também a sólidos flutuantes, tendendo a sofrer sedimentação no fundo marinho. (Fonseca, 2009)

4.1.4 Modelos computacionais para simulação do comportamento do óleo no mar

Atualmente, diversos modelos são utilizados com diferentes objetivos e resoluções, podendo ser usados para quantificar destinações físicas e efeitos biológicos resultantes do lançamento de poluentes em ambientes aquáticos, para auxiliar na elaboração de planos de contingência ou ainda visando avaliar o impacto causado ao meio aquático. (Pimentel, 2007)

Dentre os modelos que incluem, além da previsão do comportamento do óleo no mar, a possibilidade de simulação de diferentes estratégias de resposta, podem ser citados o OILMAP, utilizado nos principais materiais bibliográficos nos quais este trabalho se baseia - Petrobras (2009) e Ferreira (2006) - e a sua versão mais sofisticada, o SIMAP, de concepção tridimensional, além deoutro modelo de ponta correspondente, o OSCAR.

OILMAP

Desenvolvido pela ASA, o modelo bidimensional OILMAP permite previsões rápidas do movimento do óleo derramado, podendo ser utilizado em situações como: suporte à decisão quanto à estratégia de resposta, exercícios e treinamentos, elaboração de planos de contingência e criação de cenários de derrames.

Dentre suas características, vale citar o fato de poder ser usado com diferentes softwares de georreferenciamento (da própria ASA ou o ArcView), desenvolvendo bancos de dados para planejamento e gestão de áreas costeiras baseando-se em informações interativas de GIS, de levar em consideração a interação do óleo com barreiras de contenção e aplicação de dispersantes, podendo integrar planos de resposta a emergências, e de permitir atualização de previsões a partir de dados de sobrevoo.

O OILMAP inclui previsões do comportamento do óleo – intemperismo -, incluindo o transporte superficial e na coluna d'água e da interação deste com a linha de costa e elementos naturais do meio ambiente. Pode também ser usado para rastrear a mancha a fim de se determinar sua origem.

Esse é um dos modelos mais usados para estudo de derramamentos de óleo, sendo empregado na indústria petrolífera, por agências governamentais e em trabalhos acadêmicos. (ASA, 2012)

SIMAP

O SIMAP, também desenvolvido pela ASA, fornece previsões tridimensionais detalhadas da trajetória, destinação, efeitos biológicos e outros impactos do petróleo e derivados derramados.

Algumas aplicações deste modelo são: análise de impacto e de danos a recursos naturais, previsões de estratégias de resposta, planejamento de ações emergenciais, análise de custo-benefício, exercícios e treinamentos.

Da mesma forma que o OILMAP, contém o GIS da própria ASA ou pode ser usado com outros softwares, como o ArcView. Apresenta resultados de distribuição de concentrações de óleo derramado na superfície e coluna d'água facilmente interpretáveis visualmente e inclui dados relativos à biota e a ambientes vulneráveis à pluma de óleo. (ASA, 2012)

OSCAR

Pimentel (2007) afirma que o modelo OSCAR (*OilSpillContingencyAnd Response*), desenvolvido pela SINTEF, é uma ferramenta utilizada para prever conseqüências ambientais de derramamentos de óleo, além dodesempenho de diferentes estratégias de resposta a esses derramamentos.

Os principais componentes do OSCAR são: os dados do SINTEF baseados no modelo de intemperismo de óleo, um modelo tridimensional de trajetória do óleo e destinações químicas, um modelo de combate a derramamento de óleo, um modelo de exposição para peixes e ictioplancton, aves e mamíferos marinhos. (Ferreira, 2006)

Omodelo considera o fracionamento do óleo e calcula sua distribuição em várias dimensões físicas em relação ao tempo: na superfície da água, ao longo da linha de costa, na coluna de água e nos sedimentos, considerando os fenômenos de espalhamento, advecção, entranhamento, emulsificação,

volatilização, dispersão, dissolução e adsorção. O modelo de combate ao derramamento permite a utilização de barreiras de contenção, recolhedores de óleo e dispersantes químicos. (Pimentel, 2007)

4.2 Fatores Organizacionais

Devido à magnitude em termos de impactos ambientais e riscos à saúde, além da dificuldade de se lidar com derrames, é imprescindível que as estratégias de resposta sejam planejadas com antecedência e cuidado.

IPIECA (2008) pontua fatores relevantes a se considerar quando da organização da resposta a incidentes envolvendo derramamentos de óleo no mar, como:

a) Nível do acidente: o derrame pode ser nivelado em termos de volume derramado ou área atingida, como no caso do conceito de Tier, utilizado em alguns países e empresas. No caso do Brasil, a CONAMA nivela esse tipo de incidente por volume derramado (descarga pequena, média e de pior caso), sendo que para descargas maiores que 200m³ a resposta é escalonada a nível temporal, sendo permitido que quantidades cumulativas de recursos cheguem em três momentos diferentes : 12h, 36h e 60h após o incidente.
b) Cooperação entre diferentes atores (agências governamentais, empresas, etc): é crucial que todos os potenciais poluidores trabalharem lado a lado, com cooperação mútua com agências governamentais, reguladoras e fiscalizadores. Há algumas convenções de cooperação internacional mútua, como a IMO-*InternationalConventiononOilPollutionPreparedness, Response andCooperation*, 1990 (Convenção OPRC).
c) Análise de Riscos e coleta de informações: dados históricos, propriedades do óleo, clima, meteorologia local e sensibilidades ambientais são fatores importantes quando da análise do risco, comportamento, destino e consequências finais do óleo derramado.
d) Mapeamento da sensibilidade ambiental do ambiente em risco
e) Desenvolvimento de estratégias: estratégias de resposta viáveis devem ser desenvolvidas e adaptadas aos diferentes ambientes, em diferentes condições e épocas do ano, além e serem estabelecidas em comum acordo com autoridades e demais partes interessadas.
f) Planejamento de opções de resposta que minimizem danos: aspectos ecológicos, ambientais e comerciais devem ser balanceadoscom as possíveis consequências das diferentes estratégias de combate.
g) Equipamentos e auxiliares: devem ser cuidadosamente planejados, considerando a análise de riscos e outros fatores anteriormente citados, levando em consideração a coerência entre equipamentos necessários, bem como entre os diferentes componentes de uma determinada estratégia de resposta.
h) Gestão de óleo recolhido e resíduos sólidos gerados
i) Exercícios, treinamento, revisão e gestão do Plano

4.2.1 Planos de Contingência

Os Planos de Contingência vêm congregar essa organização de resposta: segundo o guia para preparação de planos de contingência Affaires Indienneset Du Nord Canadá (2007), um Plano de Contingênciaidentifica autoridades e responsabilidades, define procedimentos de comunicação e relatórios e descreve um plano de ação a ser posto em prática no caso de vazamento de óleo. Todas as informações necessárias para o controle e limpeza efetiva das ditas marés negras, bem como de poluição em terra.

O conteúdo dos planos de contingência varia de acordo com o país e necessidades das empresas que lidam com hidrocarbonetos, a tabela 7 traz alguns exemplos.

Tabela 7: Exemplos de conteúdos de Planos de Contingência para derramamentos de petróleo

Fonte	Tipo	Conteúdo
Affaires indiennes et du Nord Canada	Guia para desenvolvimento de planos	• Introdução • Descrição da Organização de Resposta • Plano de Ação • Inventário de Recursos • Descrição dos Programas de Formação
Exxon Mobil (EUA)	Plano/Manual	(Organização) • Introdução • Segurança e Saúde • Logística e Comunicação (Resposta) • Monitoramento • Barreiras de Contenção • Proteção do litoral • Dispersantes • Incineração in situ • Recolhedores • Absorventes • Transferência • Limpeza do Litoral • Reabilitação e recuperação de animais • Gerenciamento de resíduos • Combate à poluição em regiões frias
STAR (EUA)	Plano/Manual	(Tópicos Iniciais) • Introdução • Padrões de Classificação • Checklists (Técnicas) • Segurança • Monitoramento da pluma • Estratégias mecânicas de resposta • Estratégias não-mecânicas • Logística
CONAMA 398	Guia para	1. Identificação de instalações

(Brasil)	desenvolvimento de planos/ resolução	2. Cenários acidentais 3. Informações e procedimentos de luta 3.1. Sistemas de alerta de vazamento 3.2. Comunicação 3.3. Organização de luta 3.4. Equipamentos de luta 3.5. Procedimentos operacionais de resposta 4. Encerramento das operações 5. Mapas, cartas náuticas, plantas, desenhos e fotografias s, etc 6. Anexos

No Brasil, o conteúdo mínimo para os Planos de Contingência (Planos de Emergência) é definido pela resolução CONAMA 398/2008, que modifica alguns aspectos da CONAMA 293/2001. A resolução traz também parâmetros para definição de capacidade mínima de resposta a derrames, para diferentes níveis.

4.2.2 Legislação Nacional Aplicável

Ferrão (2005) apresenta, resumidamente, uma abordagem generalizada da legislação nacional aplicável a derramamentos de petróleos e derivados no mar para a época. A Tabela 8 traz uma atualização dos aspectos legais pertinentes ao assunto..

Tabela 8: Legislação brasileira relacionada à poluição marinha por petróleo e derivados

Nome	Descrição	Pontos de destaque
Decreto Federal N° 79.437 de 28/03/71	Promulga a Convenção Internacional sobre a Responsabilidade Civil de Danos Causados por Poluição por Óleo (CLC 69).	- - -

Decreto Federal N° 83.540 de 04/06/79	Regulamenta a aplicação da Convenção Internacional sobre a Responsabilidade Civil de Danos Causados por Poluição por Óleo (CLC 69) e dá outras providências.	Art. 6º Os órgãos estaduais de controle do meio ambiente que tenham jurisdição na área onde ocorrer o incidente executarão, em articulação com o órgão federal, as medidas preventivas e corretivas necessárias à redução dos danos causados por poluição por óleo, bem como supervisionarão as medidas adotadas pelo proprietário do navio, concernente a essa redução dos danos.
Lei Federal N° 6.938 de 31/08/81 (Política Nacional de Meio Ambiente)	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação de aplicação.	Art. 14º Estabelece a responsabilidade civil objetiva por danos por poluição, e as penalidades para os agentes poluidores, obrigando-os a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados, independentemente da existência de culpa.
Lei Federal N° 7.347 de 24/07/85 (Ação Civil Pública por Danos Causados ao Meio Ambiente)	Institui a Ação Civil Pública de Responsabilidade por Danos Causados ao Meio Ambiente, ao Consumidor, a Bens e Direitos de Valor Artístico, Estético, Histórico e Paisagístico. Estas ações objetivam responsabilizar e obrigar o poluidor a reparar o dano gerado. Disciplina as Ações Civis Públicas que podem ser propostas.	- - -

Resolução CONAMA N° 237 de 19/12/1997 (Licenciamento Ambiental)	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental, estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente, aos quais as atividades de exploração e produção de petróleo e derivados estão sujeitas.	Apesar da atividade de exploração e produção de petróleo ser licenciada, observa-se na prática a não existência de licenciamento ambiental para atividades de escoamento de petróleo por navios aliviadores. Esses navios são responsáveis pela maioria da movimentação do óleo na região da Bacia de Campos, sendo potencial fonte de desastre.
Lei Federal N° 9.605 de 12/02/1998 (Lei de Crimes Ambientais ou Lei da Natureza)	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.	- - -
Decreto Legislativo N° 2.508 de 04/03/98	Promulga a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios (MARPOL) (Londres, 1973), seu Protocolo (Londres, 1978), conforme emendada e seus Anexos Opcionais III, IV e V.	- - -

Decreto Legislativo N° 2.870 de 10/12/98	Promulga a Convenção Internacional sobre Reparo, Resposta e Cooperação (OPCR 90) em caso de poluição por óleo(Londres, 1990)	Art. 6º § 2º Além disso, cada Parte, no limite de suas possibilidades, individualmente ou mediante cooperação bilateral ou multilateral e, se for o caso, em cooperação com as indústrias do petróleo e do transporte marítimo, as autoridades portuárias e outras entidades pertinentes, estabelecerá o seguinte: a) Um nível mínimo de equipamento para combater vazamento de óleo, colocado em pontos preestabelecidos, estimado em função dos riscos previsíveis, bem como programas para o uso desse equipamento.
Lei Federal N° 9.966 de 28/04/2000 (Lei do óleo). (Substitui a Lei Federal 5.357/67)	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.	Institui a elegibilidade dos Planos de Emergência Individuais - PEI
Resolução CONAMA N° 269 de 14/09/00 (Dispersantes Químicos)	Regulamenta o uso de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar.	- - -
Resolução CONAMA N° 293 de 12/12/2001 (Plano de Emergência Individual).	Dispõe sobre o conteúdo mínimo dos Planos de Emergência Individuais (PEI)	Substituída pela CONAMA 398/08

Decreto Federal N° 4.136 de 20/02/2002 (Sanções às infrações previstas na Lei do Óleo)	Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento do óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, prevista na Lei 9,966 de 28 de abril de 2000, e dá outras providências.	- - -
Decreto Federal 4.871 de 06/11/2003 (Planos de Áreas - PA)	"Dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências." Tem propósito de integrar e consolidar os vários Planos de Emergência Individual (PEI) das instalações que manuseiam óleo, situadas em uma mesma área.	Art. 3º § 4º Na elaboração dos Planos de Área deverão ser considerados, além dos recursos previstos nos Planos de Emergência Individuais, as ações conjuntas e outros elementos necessários para a resposta a quaisquer incidentes de poluição por óleo. § 6º As instalações que desenvolverem atividades com duração máxima de seis meses não terão seus Planos de Emergência Individuais consolidados no Plano de Área. § 7º O Coordenador do Plano de Área poderá requisitar recursos materiais e humanos constantes do Plano de Emergência Individual das instalações a que se refere o § 6º deste artigo. Art. 5º O Plano de Área deverá garantir a capacidade de resposta definida nos Planos de Emergência Individuais das instalações acionadas em um incidente de poluição por óleo, até que estas instalações recuperem plenamente sua capacidade de resposta.

Decreto Federal 6.514 de 22/07/2008 (Revoga o Decreto 3.179 de 21/09/1999)	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.	- - -
Resolução CONAMA N° 398 de 11/06/2008 (Plano de Emergência Individual). (Revoga a Resolução CONAMA n° 293 de 12/12/2001)	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.	ANEXO I - Conteúdo Mínimo do Plano de Emergência Individual; ANEXO II - Informações Referenciais para Elaboração do Plano de Emergência Individual; ANEXO III - Critérios para o Dimensionamento da Capacidade Mínima de Resposta.
ABNT NBR 11.175 (1989)– Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos	Dispõe sobre Padrões de desempenho	- - -

Para embasamento técnico, utiliza-se das resoluções do CONAMA, em vez que tratam *"de deliberação vinculada a diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos à proteção ambiental e ao uso sustentável dos recursos ambientais*" (MMA, 2012).

No escopo deste trabalho leva-se, portanto, em consideração, a Resolução CONAMA 398, que apresenta, em seu Anexo III, Critérios para o Dimensionamento da Capacidade Mínima de Resposta e a Resolução CONAMA 296/00

(Dispersantes), uma vez que constituem os guias técnicos disponíveis para orientação da estruturação da capacidade técnica/operacional de resposta a derramamentos offshore.

4.2.3 A Resolução CONAMA 398/08

A resolução CONAMA 398 determina em seu Art. 1º que:

"Os portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, plataformas, as respectivas instalações de apoio, bem como sondas terrestres, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares deverão dispor de plano de emergência individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, na forma desta resolução"

Nessa seção destacam-se pontos da resolução pertinentes ao escopo deste trabalho, a análise da capacidade instalada, em termos de equipamentos e materiais para atendimento de derramamentos de petróleo e gás provindos da unidade de emergência da instalação analisada.

O Anexo I desta mesma resolução dispõe:

O Plano de Emergência Individual deverá ser elaborado de acordo com o seguinte conteúdo mínimo:

1. Identificação da instalação
2. Cenários acidentais
3. Informações e procedimentos para resposta
3.1. Sistemas de alerta de derramamento de óleo
3.2. Comunicação do incidente
3.3. Estrutura organizacional de resposta
3.4. Equipamentos e materiais de resposta
3.5. Procedimentos operacionais de resposta
3.5.1. Procedimentos para interrupção da descarga de óleo
3.5.2. Procedimentos para contenção do derramamento de óleo
3.5.3. Procedimentos para proteção de áreas vulneráveis
3.5.4. Procedimentos para monitoramento da mancha de óleo derramado
3.5.5. Procedimentos para recolhimento do óleo derramado
3.5.6. Procedimentos para dispersão mecânica e química do óleo derramado
3.5.7. Procedimentos para limpeza das áreas atingidas
3.5.8. Procedimentos para coleta e disposição dos resíduos gerados
3.5.9. Procedimentos para deslocamento dos recursos
3.5.10. Procedimentos para obtenção e atualização de informações relevantes
3.5.11. Procedimentos para registro das ações de resposta
3.5.12. Procedimentos para proteção das populações
3.5.13. Procedimentos para proteção da fauna.
4. Encerramento das operações
5. Mapas, cartas náuticas, plantas, desenhos e fotografias
6. Anexos

A resolução fornece valores para planejamento da capacidade de resposta para diferentes cenários de derramamento. Esses parâmetros foram levados em conta neste trabalho para avaliar se as instalações relacionadas às atividades offshore de óleo e gás tendo como base a região do Espirito Santo estão de acordo com as exigências legais, bem como se o que é exigido pela CONAMA é suficiente para resposta efetiva em caso de derramamento de óleo.

Os cenários discutidos neste trabalho consideram - além de descargas de pequeno e médio porte - a hipótese mais catastrófica prevista para a fonte de derramamento tratada, por exemplo:

No caso de plataformas de produção (1), segundo a CONAMA 389/08 o Vpc (volume da descarga de pior caso) passa a ser a soma de V1 e V2, em lugar do maior dos dois inventários, previstos anteriormente na CONAMA 293/01.

Vpc = V1 + V2, onde:
Vpc - volume do derramamento correspondente à descarga de pior caso
V1 - soma da capacidade máxima de todos os tanques de estocagem e tubulações da plataforma
V2- volume diário estimado decorrente da perda de controle do poço de maior vazão associado à plataforma x 30 dias

(1) Inclui produção para pesquisa e teste de longa duração, conformeResolução CONAMA 23/94 e portarias da ANP relacionadas.

O dimensionamento da capacidade de resposta adotado pela resolução parte da estratégia de *Recolhimento* e o fator base é a CEDRO (Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo), calculada pela seguinte fórmula:

$$CEDRO = 24\ x\ Cn\ x\ fe$$

Onde:

Cn= capacidade nominal do recolhedor [m³/h]

fe= fator de eficácia, cujo valor máximo é 0,2

A Tabela 9 resume os valores de CEDRO em diferentes tempos de disponibilidade de recursos no local de ocorrência da descarga requeridos dependendo do volume derramado.

Tabela 9: Valores da CEDRO e de tempo de disponibilidade de recursos para diferentes niveis de derrame

Volume / Classificação da descarga	**Tempo para disponibilidade de recursos**	**CEDRO**
Vdp≤ 8m³ : descarga pequena	Tdp< 2h	Vdp
Vdm ≤ 200 m³: descarga média	Tdm< 6h[1]	0,5 x Vdm
Vpc: descarga de pior caso[2]	TN1 = 12h TN2 = 36h TN3 = 60h	1.600m³/dia 3.200m³/dia 6.400m³/dia

[1]Tdm é o tempo para disponibilidade de recursos para resposta à descarga média, que poderá ser ampliado, a partir de justificava técnica, desde que aceita pelo órgão ambiental competente

[2]Para a situação de descarga de pior caso, a resposta deve ser planejada de forma escalonada, com três níveis de tempo máximo para a disponibilidade de recursos : TN1, TN2 e TN3. A CONAMA traz diferentes valores da CEDRO conforme o ambiente da descarga também. Esta tabela contém apenas os valores referentes a derrames em águas marítimas além da Zona Costeira.

Os cálculos de dimensionamento das demais estratégias de resposta contempladas por esta resolução estão resumidos na Tabela 10.

Tabela 10: Dimensionamento de equipamentos e materiais de resposta segundo a CONAMA 398, para derrames em águas marítimas além da zona costeira.

Estratégia	**Exigência da CONAMA 398/08**	
Barreiras de Contenção	Cerco completo do navio ou da fonte de derramamento	3 x comprimento do navio ou da fonte de derramamento, em metros
	Contenção da mancha de óleo	De acordo com o cálculo da CEDRO
Recolhedores	De acordo com o cálculo da CEDRO. *A CEDRO, paradimensionamento de equipamentos, poderá ter outra formulação, a partir de justificativa técnica, desde que aceita pelo órgão ambiental competente.*	
Armazenamento temporário	*A capacidade de armazenamento temporário do óleo ou mistura oleosarecolhidos deverá ser equivalente a três horas de operação do recolhedor.*	
Absorventes	*Os absorventes utilizados para limpeza final da área do derramamento, para os locais inacessíveis aos recolhedores e,em alguns casos, para proteção de litorais vulneráveis em sua extensão ou outras áreas especiais deverão ser quantificados obedecendo-se o seguinte critério:* *a) barreiras absorventes: o mesmo comprimento das barreiras utilizadas para a contenção;* *b) mantas absorventes: em quantidade equivalente ao comprimento das barreiras utilizadas para contenção; e* *c) materiais absorventes a granel: em quantidade compatível com a estratégia de resposta apresentada.*	
Dispersantes	Compatível com a estratégia de resposta De acordo com a CONAMA 269/00	

4.3 Fatores Operacionais

4.3.1 Análise do Benefício Ambiental Líquido (NEBA)

A Análise do Benefício Ambiental Líquido (Net EnvironmentalBenefitAnalysis – NEBA, em inglês) pode ser considerada uma abordagem científica da consideração de todas as zonas e recursos sensíveis, avaliando-setodas as implicações das escolhas estratégicas, de forma da otimizar a tomada de decisão em termos de resposta. Devem ser balanceadas vantagens e desvantagens de cada opção de combate à poluição, a serem contrapostos com as vantagens e desvantagens da degradação ou limpeza naturalde óleo derramado.

Por exemplo, o fato de se despejar outro produto químico (dispersantes) após um derrame pode ser visto como uma poluição adicional ao meio; a estratégia de queima in situ de certa forma transfere poluição de um “compartimento” (água) para outro (ar). Praticamente todas as estratégias de resposta geram uma quantidade considerável de resíduos (barreiras danificadas, material contaminado –luvas, macacões-, absorventes usados) que deve ser gerida, portanto, deve-se considerar esse problema adicional quando da decisão por determinada opção.

Esse balanço deve levar em consideração as circunstâncias do derrame, a possibilidade de se colocar em prática as estratégias de limpeza de poluição e um julgamento da importância relativa de fatores sociais, econômicos e ambientais.

Para esse tipo de tomada de decisão, o bom senso e o senso comum são tão importantes quanto asinformações científicas.

4.3.2 Principais estratégias de resposta a derramamentos de petróleo e derivados

Não resposta/ Monitoramento da mancha

Esta estratégia pode ser escolhida no caso da conclusão de que a mancha de poluição não se dirige a áreas sensíveis.

Nesse caso, não são utilizadas estratégias de resposta artificiais, deixando a pluma à mercê dos processos naturais de intemperismo, enquanto esta é monitorada com equipamentos orbitais ou aéreos, através de imagens de satélite, de sinais de radar ou da utilização de sensores portáteis embarcados em avião. A coleta diária de amostras do óleo, para análise em laboratório e verificação de seu estado de intemperismo e alteração das características, é outra forma de monitorar o comportamento da pluma. (Ferreira, 2006)

Muitas vezes, dependendo da sensibilidade do meio ambiente, também opta-se por não se utilizar métodos de resposta artificiais pois estes causariam maior dano que a poluição em si.

Contenção e Recolhimento

A estratégia de contenção e recolhimento de óleo, pelo usode barreiras de contenção *(booms)* e de recolhedores *(skimmers*) é vista como uma solução ideal para o combate à poluição, uma vez que, se efetiva, irá remover o óleo do ambiente marinho. (Pimentel, 2007)

Essas operações são geralmente, interdependentes: as barreiras são utilizadas para conter e concentrar o óleo, permitindo seu recolhimento; estas são lançadas e operadas por embarcações adequadas para tal. O óleo é recolhido por *skimmers*em embarcações *Oil Recovery* e armazenado temporariamente em seus tanques ou em *oilbags* para serem posteriormente descarregadas.

Fonseca (2009) explica que a utilização conjunta de barreiras e recolhedores é um tanto complexa e requer, portanto, grande dispêndio de recursos e pessoal para sua efetivação. O treinamento e a capacitação das equipes de resposta constituem elementos essenciais para que resultados positivos possam ser alcançados.

É necessário que cada tipo de equipamento seja adequado às operações (considerando tipo de óleo, características meteorológicas e oceânicas, e estado de intemperismo da pluma) e entre si: de nada vale possuir barreiras se não há barcos para lança-las ou se estes são inadequados para o ambiente onde se procede as operações de resposta, ou haver *skimmers* com alta capacidade de recolhimento se não há embarcações *Oil Recovery* disponíveis ou ainda se a tancagem é insuficiente.

Barreiras

A primeira fase de uma estratégia eficaz contra a poluição causada por um derramamento de óleo é tentar limitar seu espalhamento. Nesse contexto, as barreiras são essenciais para estratégias de contenção e confinamento da mancha e proteção de áreas sensíveis. Além de evitar o espalhamento do derramamento inicial, são úteis para a contenção de derramamentos contínuos ou suplementares.

Como será visto posteriormente, recolhedores e absorventes têm sua eficiência intimamente relacionada com o fato de o óleo estar ou não confinado ou acumulado – maior espessura da pluma – o que leva as barreiras a uma posição de equipamentos auxiliares indispensáveis para a efetividade da estratégia de resposta ao derrame escolhida.

Apesar de existirem diferentes tipos de barreiras, todas incorporam basicamente os componentes esquematizados na Figura 8, cujas variações dão origem a adaptações para diferentes situações.

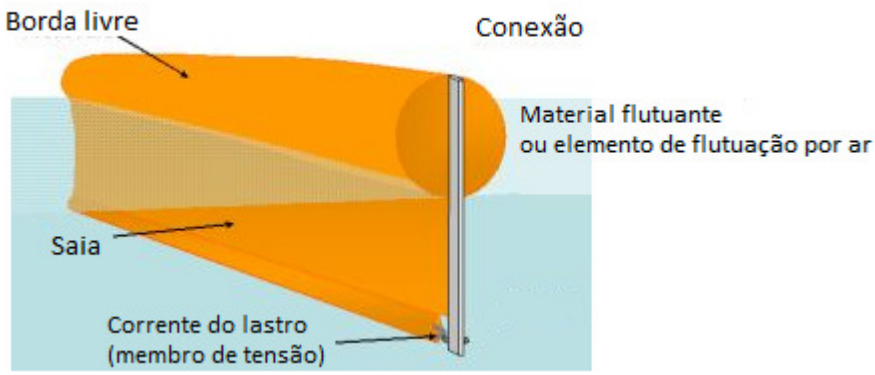


Figura 8: Esquema de uma barreira de contenção (Adaptado de oilspillsolutions.org)

1. Borda livre, para prevenir ou reduzir o risco de transbordo: quanto maior a borda livre, mais a performance da barreira está sujeita à ação de ventos. Quando suas dimensões ultrapassam 10-20 cm a eficiência do equipamento pode ser prejudicada por ventos fortes (20 nós);
2. Elemento de flutuação por ar (câmaras) ou material flutuante: são mais necessários à medida que o peso do equipamento é maior e este é utilizado em águas agitadas.
3. Saia submersa, para prevenir ou reduzir o escape de óleo por baixo da barreira: há, porém, um ponto ideal para a profundidade da saia, uma vez que quanto maior é este componente, mais sujeita a barreira está à ação de correntes e ao efeito contrário do desejado;
4. Membro de tensão longitudinal (corrente ou cabo-de-aço) para dar resistência ao efeito de ventos, ondas e correntes. Este membro também faz vezes de lastro para manter a barreira na vertical.

Afim de se planejar uma estratégia de resposta efetiva é importante considerar características específicas dos equipamentos que os encaixam melhor nas situações reais de luta. Para tal, é imprescindível entender o princípio de funcionamento e as diferentes configurações desses equipamentos. A tabela 11 traz exemplos de variação dessas características de acordo com o ambiente de uso.

Tabela 11: Características estruturais das barreiras de contenção (Fonte: CETESB, 2011)

Local de Uso	**Tipo**	**Borda Livre (cm)**	**Saia (cm)**	**Carga (t)**	**Vento (nós)**	**Corrente (nós)**	**Volume (m^3/100m)**
Águas interiores	leve	12 a 25	20 a 45	1 a 3	até 15	0,7 a 1,0	1,0 a 1,5
Águas abrigadas	fixa	25 a 40	40 a 65	3 a 8	até 5	0,7 a 1,0	1,5 a 3,0
Oceânicas	pesada	40 a 115	65 a 125	15 a 35	até 30	0,1 a 1,5	3,0 a 6,0

Há ainda outros fatores operacionais a se considerar quando da eleição da melhor barreira para uma determinada situação, como a capacidade do equipamento de se manter aprumado em situações de fortes ventos ou correntes, a facilidade da barreira de se adaptar ao movimento da água, acompanhando ondas, relação empuxo/peso do equipamento - que deve apresentar um valor alto, no caso de operações em mar aberto -, força de tensão e resistência das conexões – fatores também importantes para uso em mar aberto -, armazenamento, superfície lisa, para evitar formação de vórtices e facilitar limpeza.

A variação desses fatores origina uma vasta gama de barreiras, resumidas na Tabela 12com algumas características relevantes.

Tabela 12: Diferentes tipos de Barreiras e suas principais características (IMO, 2005)

Tipos de Barreiras	**Fatores Relevantes**
Flutuantes	A forma de classificar as barreiras flutuantes varia bastante. A segregação mais comum, porém, agrupa barreiras do tipo cerca (fence), que possuem como característica mais marcante a dificuldade de se adaptar ao balanço das ondas, devida à sua rigidez, apresentando também uma certa tendência a perder o equilíbrio sob ação dos ventos e ondas. Em compensação, são barreiras relativamente de baixo custo, manipulação fácil, operação rápida e podem ser improvisadas. Há outros tipos de barreiras flutuantes, menos rígidas às ondas, nas quais se incluem barreiras cortinas, barreiras auto-infláveis, barreiras infláveis à pressão. Estas podem ou não possuir saia, que pode ser substituída por câmaras de ar e água, sendo menos vulneráveis ao escape de óleo por baixo; podem também ser dotadas de tensores externos, o que apresenta uma adaptação para condições oceanográficas/meteorológicas mais adversas, como ventos e correntes fortes: esses componentes auxiliam a adaptação das barreiras às ondas sem danificar a saia. Além disso, a barreira adquire uma forma mais côncava em fortes correntes, o que auxilia no confinamento.
Barreira de bloqueio da costa	Usadas em regiões costeiras tanto para proteção de zonas sensíveis quanto para prevenir o espalhamento do óleo já confinado para recolhimento ou vindo de operações de limpeza na costa, essas barreiras são geralmente constituídas de uma câmara de ar ou material flutuante (espuma) na parte superior e de água na sua parte inferior, de forma que esses equipamentos podem acompanhar as marés, flutuando quando em maiores profundidades e assentando-se a medida que a profundidade diminui, selando a costa.
Outras	Existem tipos especiais de barreiras como barreiras absorventes, barreiras anti-fogo, barreiras de bolha e barreiras-rede, para fins mais especificos.

A Figura 9 apresenta as principais causas de falhas na operação com barreiras de contenção.

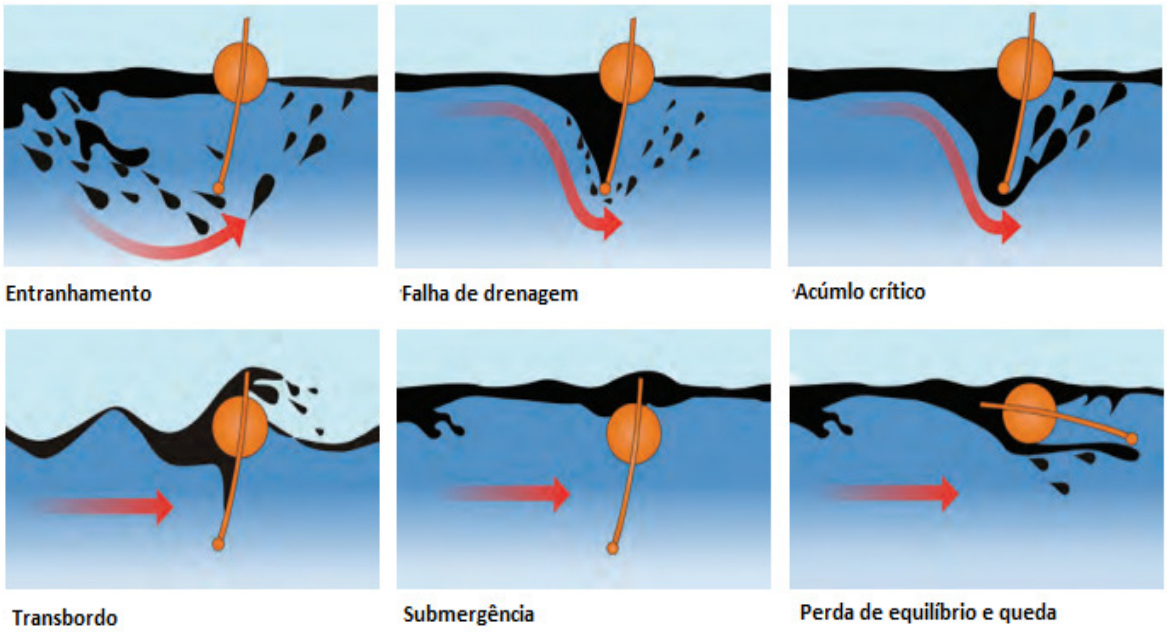


Figura 9: Principais causas de falhas de barreiras de contenção. (Adptado de IPTOF, 2011)

No caso de barreiras mais rígidas, que não possuem boa flexibilidade com relação às ondas, o componente flutuante pode afundar por perda de equilíbrio, além disso, o óleo pode escapar sobre a borda livre, uma vez que esta não acompanha o movimento da água.

Quanto maior a velocidade da corrente, maior a probabilidade de óleo ser perdido. O ângulo entre as barreiras e o fluxo de corrente também influencia falhas: para ângulos retos, o óleo começa a escapar por baixo da saia das barreiras para velocidades superiores a 0,25m/s (0,5 nós), alguns dos problemas logo, podem ser contornados ajustando o ângulo de operação das barreiras.

Na prática, a velocidade de escape para a maioria das barreias é de 0,35 m/s e a maioria dos *booms* convencionais não consegue conter óleo para correntes maiores que 0,5 m/s.

A forma com a qual o óleo escapa está relacionada com outros fatores como tipo do óleo e design da barreira. Óleos de menor viscosidade escapam a velocidades menores que óleos mais viscosos. Óleos leves estão também mais sujeitos a falhas por entranhamento, quando em ambientes turbulentos, gotículas podem se desprender da pluma e se misturar na coluna d'água. Óleos mais pesados, por sua vez, tendem a formar camadas mais espessas e acumular-se no interior da barreira até um valor crítico de escape por sob a saia.

Há diferentes formas de utilização das barreiras, como cerco completo do navio ou da fonte de descarga, proteção do litoral, barreiras em rios e córregos. Para respostas em alto mar, utilizam-se principalmente formações em U, J e V como parte das operações de contenção e recolhimento do óleo. A Figura 10 esquematiza essas configurações.

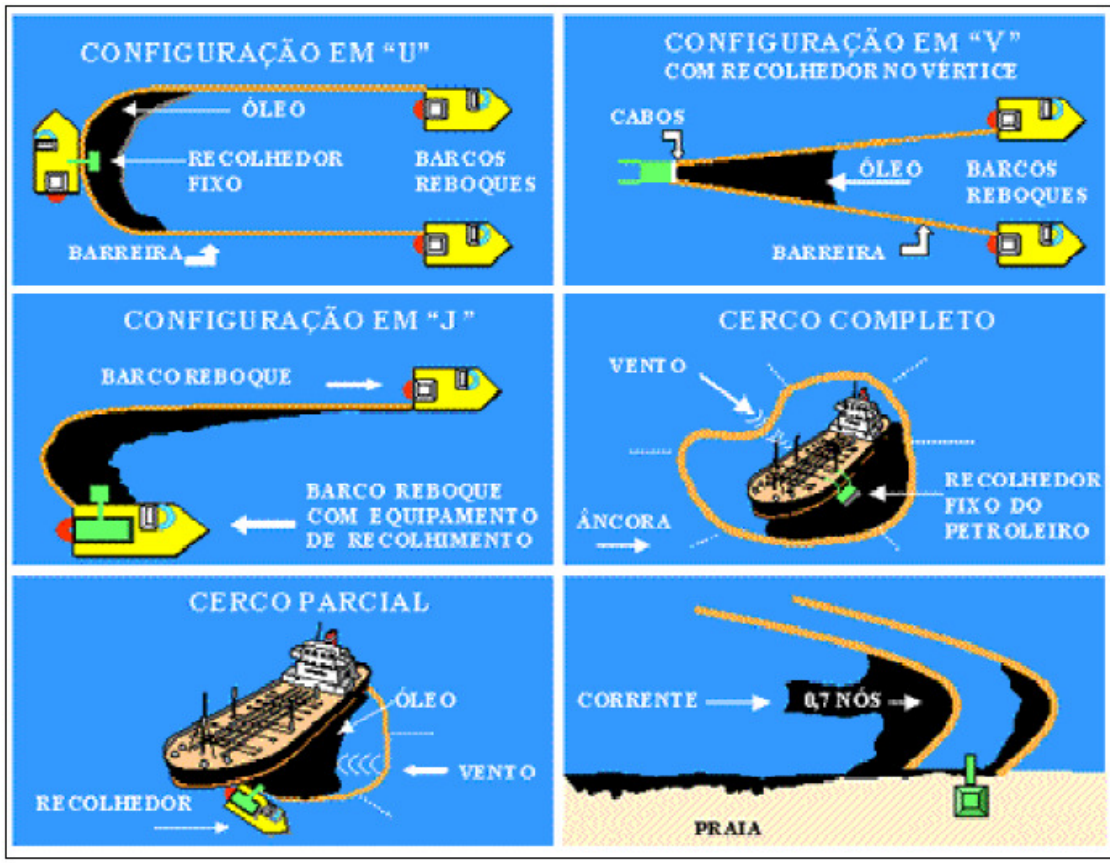


Figura 10: Diferentes configurações de barreiras de contenção de óleo (Ferrão, 2005)

A formação em U é a que melhor aproveita a frente de recolhimento no sentido espacial, permitindo cobrir uma área maior que outras formações, apesar de demandar mais equipamentos: 2 embarcações de apoio, em comparação com as configurações em J, por exemplo.

Segundo informações contidas em Planos de Emergência (Petrobras, 2009), o comprimento máximo aceitável para que se consiga operar barreiras em alto mar é 400m. Considerando então, frentes de contenção ótimas em termos de cobertura espacial, têm-se formações em U com barreiras de 400m, cuja abertura frontal para confinamento de óleo é 250m, como na Figura 11.

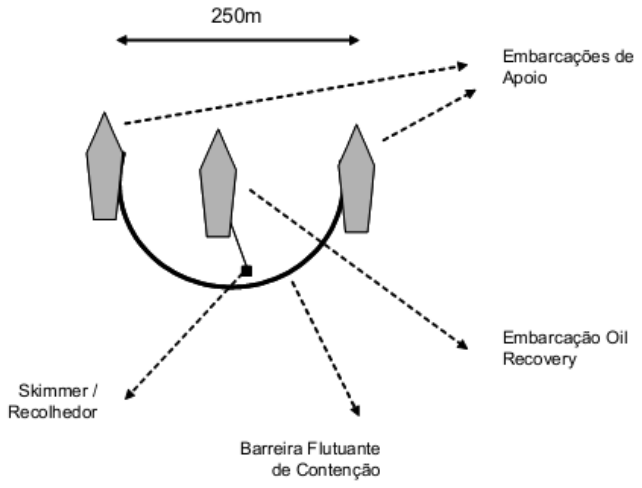


Figura 11: Esquema de frente de recolhimento em U. (Ferreira, 2006)

Recolhedores

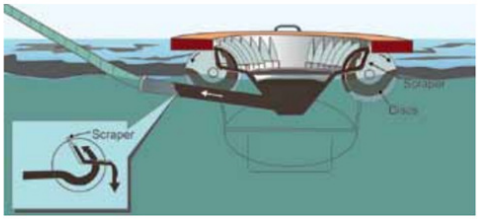
Como parte da técnica priorizada por autoridades governamentais para a resposta a derramamentos de óleo em ambiente marinho, o recolhimento mecânico permite a retirada do óleo da superfície do oceano. Os recolhedores, também chamados de *skimmers*, recuperam o óleo geralmente confinado ou concentrado pelas barreiras, bombeando-o para armazenamento temporário. (ITOPF, 2008). O óleo é, na verdade, recuperado em uma mistura com água, com proporções óleo/água variáveis, dependendo de vários fatores, que determinam a eficiência do recolhimento.

O funcionamento dos *skimmers* está atrelado a bombas – mangotes, conexões e outros equipamentos auxiliares para o bombeamento -, a dispositivos de armazenamento – tanques de embarcações, oil bags ou tanques flutuantes – e às próprias embarcações, ditas *Oil Recovery*, que lançam e transportam os *skimmers*.

Existem vários tipos de recolhedores, com diferentes designs adequados a diversas escalas de operação, tipos de óleo e condições ambientais. A Tabela 13 traz um resumo das principais classes desse tipo de equipamento e aFigura 12 ilustra um recolhedor do tipo oleofílico.

Tabela 13: Tipos de recolhedores (Adaptado de Exxon, 2008)

Categoria do Skimmer	**Exemplos**
Vertedouro	Simples, self-leveling, móveis, sistema barreira com recolhedor vertedouro
Oleofílicos	Disco, tambor, cordas, esteira absorvente, escova
Hidrodinâmicos	Jato de água, esteira de submersão
Outros	Recolhedores a vácuo, *paddle-belt*



Recolhedor do tipo Disco Oleofílico, adequado para óleos de viscosidade média. O óleo adere-se nos discos em rotação e direcionados para bombeamento e armazenamento. Requere bomba e disponibilidade de carga hidraúlica adequada.

Figura 12: Recolhedor do tipo disco oleofílico (ITOPF, 2008)

A classificação apresentada na Tabela 13 divide os recolhedores basicamente com relação ao sistema de recolhimento. Outra forma de categorizar *skimmers* é quanto a sua movimentação enquanto em funcionamento. Tem-se então recolhedores auto-propulsionados, que possuem capacidade de mover-se em diferentes direções sobre a mancha de óleo, sendo posicionados em regiões de maior concentração com o auxílio de joysticks; dinâmicos, posicionados ao lado da embarcação, permitindo recolhimento do óleo enquanto esta se movimenta; e recolhedores estacionários, posicionados na área de maior concentração de óleo.

Vale ressaltar que essa mobilidade dos recolhedores está geralmente restrita à área cercada pela barreira de contenção, uma vez que é necessário que o óleo esteja acumulado para que a proporção óleo/água na mistura recolhida seja otimizada.

O uso de recolhedores como estratégia de resposta à poluição por petróleo apresenta vantagens e desvantagens, resumidas naTabela 14.

Tabela 14: Vantagens e desvantagens de Skimmers (Adaptado de Exxon, 2008)

Vantagens	**Desvantagens**
Remoção física do óleo do ambiente aquático	Taxa de recuperação de óleo relativamente baixa, principalmente no caso de manchas de pequena espessura
Disponível em praticamente todo estoque de equipamentos	O uso em alto mar e em altas correntes é frequentemente impraticável
Pode ser utilizado em qualquer tipo de ambiente aquático (baias, estreitos)	Uma quantidade considerável de equipamentos auxiliares e estrutura de suporte deve ser planejada
Seu uso possui boa aceitação	Entupimento na presença de resíduos sólidos ou gelo

Sendo assim, nos últimos anos, tem-se feito esforços tecnológicos para contornar as causas dessas desvantagens : adequabilidade ao tipo e viscosidade do óleo, dimensões da pluma, espessura da camada de poluição, presença de material sólido, condições meteorológicas e oceanográficas, tipo de ambiente afetado, profundidade e acesso ao local.

Portanto, quando da escolha do recolhedor adequado para uma determinada situação de combate, devem ser consideradas as possíveis desvantagens e as adaptações das quais são dotados determinados tipos de*skimmers* atualmente.

ATabela 15foi adaptada do site de um fabricante e apresenta uma lista de fatores relevantes a se pontuar quando da seleçãodo recolhedor ideal.

Tabela 15: Questionário para seleção de recolhedores (Adaptado de DESMI Ro-Clean, 2006)

Local de operação	Alto Mar	Próximo à costa	Praia
O recolhedor estará sujeito à ação de ondas ?	Sim	não	
Caso positivo, qual a altura das ondas ?	0-2m	0,2 -0,5m	>0,2m
O recolhedor estará exposto a correntes ?	Sim	Não	
A direção das correntes é constante ?	Sim	Não (efeito da maré)	
Velocidade da corrente	0-0,2 m/s	0,2-0,5 m/s	>0,2m/s
Temperatura do ambiente durante as operações (condições extremas)	< 0 °C	0-20 °C	
Temperatura de armazenamento	-40 °C – 0°C	0-30 °C	
Profundidade	>10m	1-2m	< 1m
Quantas vezes a utilização do skimmer está previsata por ano ?	0- 2	3-5	
Por quanto tempo o skimmer ficará em funcionamento em cada utilização ?	1 dia	2-7 dias	
Qual a viscosidade do óleo ?	0-500 cSt	500-1500 cSt	50000-100000 cSt
Que tipo de equipamento auxiliar está disponível ?	Hidraulico	Eletrico	Nenhum

A partir de características como essas, é possível escolher, dentre as opções tecnológicas disponíveis, o skimmer mais indicado, como exemplificado na matriz de seleção da Figura 13**: Matriz de Seleção de *Skimmers* (adaptado de Exxon, 2008)***,* a seguir.

		Tipo do Recolhedor														
		Vertedouro					Oleofílicos						Hidrodi nâmicos			*
		Simple Weir	Self-Leveling Weir	Weir with Integral Screw Auger	Advancing Weir	Weir Boom	Drum	Disc	Rope Mop	Zero Relative Velocity Rope Mop	Sorbent Lifting Belt	Brush	Water Jet	Submersion Plane/Belt	Rotating Vane	Paddle Belt
Ambiente de operação	Mar aberto	●	●	●	◑	◑	◑	◑	○	○	○	◑	●	●	◑	●
	águas protegidas	◑	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	◑	◑	○	○
	águas calmas	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	corrente alta >1 knot (> 0.5 m/s)	●	●	◑	○	◑	●	●	◑	●	◑	◑	◑	◑	◑	●
	águas rasas <1 foot (< 0.3 m)	○	◑	●	●	●	◑	◑	○	●	●	◑	●	◑	◑	○
	Resíduos	●	●	○	◑	●	◑	●	○	○	○	○	◑	◑	◑	○
Viscosi dade	Alta viscosidade	●	●	◑	●	●	◑	●	●	●	○	○	○	◑	◑	○
	Viscosidade Mediana	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Baixa Viscosidade	○	○	◑	○	○	◑	◑	◑	◑	●	●	○	◑	○	◑
Caracteristicas do Skimmer	Oil/Water Pickup % **	●	◑	◑	◑	◑	○	○	○	○	◑	◑	◑	◑	◑	○
	TxRecolhimento	◑	●	●	◑	○	◑	◑	●	◑	◑	◑	●	◑	◑	◑
	Facilidade de operação	○	○	◑	◑	●	○	○	◑	○	○	○	◑	●	◑	◑
Disponível como recolhedor não-estático					✔	✔				✔	✔	✔	✔	✔		✔
Disponível com armazenamento					✔	✔	✔	✔		✔	✔	✔	✔	✔		✔

Legenda ○ Bom ◑ Fraco ● Pobre ✔ = Sim

* Outros equipamentos

** Oil/water pickup = % óleo no produto recolhido

Figura 13: Matriz de Seleção de *Skimmers* (adaptado de Exxon, 2008)

Armazenamento do óleo recolhido

Segundo ITOPF (2008), o armazenamento do óleo recolhido é freqüentemente um fator limitante significante no quadro geral de operações de contenção e recolhimento. Para várias embarcações, o volume de tancagem a bordo é reduzido, especialmente em embarcações auxiliares (Figura 14) e é rapidamente preenchido no caso de grandes volumes a se recolher. Um separador óleo-água pode ser utilizado para concentrar o óleo recolhido e otimizar a capacidade de armazenamento, a possibilidade, porém, de se descarregar a água posterior a essa separação é limitada por lei. Embarcações com maior capacidade de tancagem(Figura 15) ou com unidades separadoras óleo/água são capazes de recolher óleo durante um tempo maior, mas são também maiores e mais difíceis de manobrar.

Figura 14: Exemplo de barco de apoio com capacidade de armazenamento a bordo

Figura 15: Óleo de alta viscosidade recolhido no tanque de estocagem de uma embarcação recolhedora, com unidade separadora óleo-água

Sendo assim, se faz necessário pensar toda a logística de armazenamento para operações de recolhimento, prevendo facilidades de estocagem adequados – necessitando, algumas vezes, de características especiais, como aquecimento, dependendo do tipo de óleo –, esvaziamento dos tanques das embarcações de recolhimento e transporte de material recolhido, bem como o armazenamento secundário e destinação do resíduo recolhido.

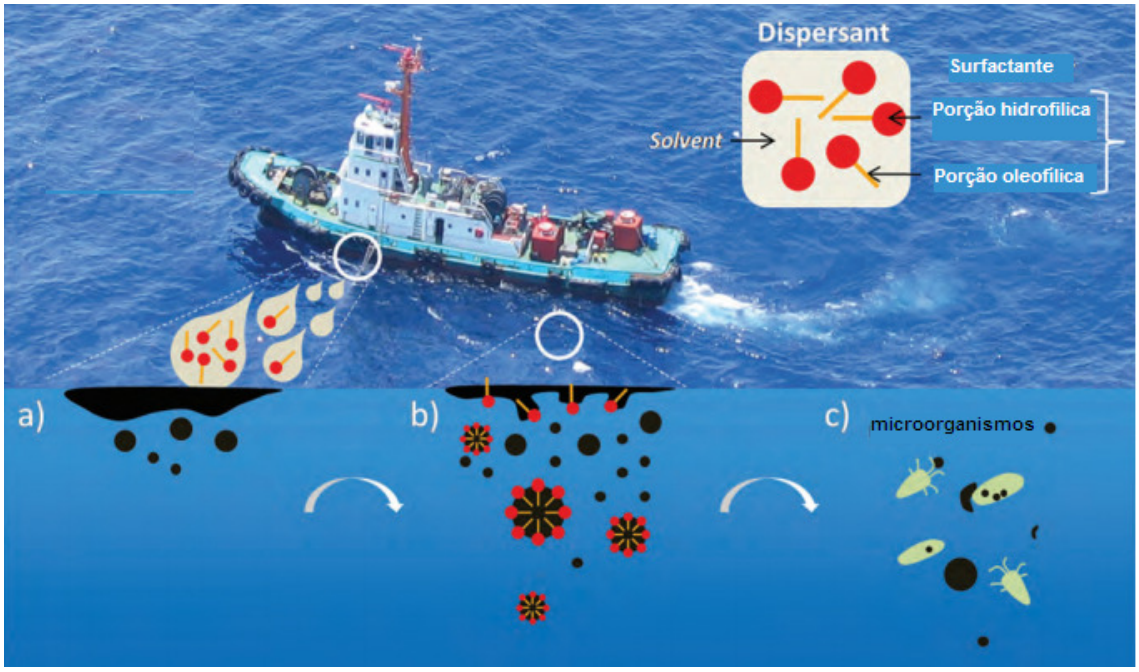
Dispersão

A dispersão, como visto anteriormente, é um processo natural que ocorre em mares de moderados a agitados (velocidades de vento a partir de 5m/s). Por exemplo, condições climáticas severas (tempestade) foram responsáveis pela dispersão da maior parte das 85 000 ton de óleo cru derramado do navio BRAER, em 1993, em Shetland, Reino Unido, causando um impacto minimo na linha de costa (ITOPF, 2008).

Há, porém, formas artificiais de se intensificar a dispersão e retirar o óleo da superfície da água, promovendo, por exemplo, agitação da água, aumentando a

energia e facilitando a “quebra” da pluma em gotículas. Isso pode ser conseguido passando uma embarcação diversas vezes sobre a mancha ou aplicando jatos de água como o auxílio de canhões de combate a incêndio. Outra forma de incentivar a dispersão do óleo é utilizando dispersantes químicos.

Dispersantes são substâncias que modificam o balanço natural entre dispersão e emulsificação, favorecendo fortemente o primeiro, a medida que seus agentes ativos –surfactantes- alteram as propriedades da interface óleo/água de forma que uma mesma quantidade de energia de ondas quebra a pluma de poluição em gotículas que se dispersam facilmente na coluna d’agua em proporção muito maior. (IPIECA, 2001)



O processo de dispersão química. a) dispersante contendo surfactante e solvente é pulverizado na pluma e este permite a mistura daquele no óleo; b) as moléculas de surfactante migram para a interface óleo/água e diminuem a tensão superficial, fazendo com que pequenas gotículas de óleo se desprendam da pluma; c) as goticulas dispersam-se por mistura turbulenta na coluna d’água e por fim são degradadas por micro-organismos naturalmente presentes, como bactérias e fungos. Este estágio pode durar dias ou semanas.

Figura 16: O processo de dispersão química (adaptado de ITOPF, 2008)

Quando utilizados de forma adequada, esses químicos podem configurar uma estratégia efetiva de resposta à poluição por petróleo e derivados, minimizando ou prevenindo impactos em áreas sensíveis. Sendo assim, o uso de dispersantes pode trazer benefícios econômicos e ambientais significantes, particurlarmente quando outras estratégias de combate estão limitadas por condições climáticas ou disponibilidade de recursos. (ITOPF, 2008) Além disso, essa opção de resposta costuma ser o método mais rápido dentre as opções geralmente consideradas e pode ser usado em mar agitado, o que costuma ser um fator limitante para as demais.

Não obstante, diferentemente das estratégias de recolhimento, os dispersantes não retiram o óleo do ambiente, precipitando-o na coluna d'água e colocando-o em contato com organismos que normalmente estariam protegidos da poluição superficial. Em outras palavras, essas substâncias aumentam a penetrabilidade do óleo, inclusive em sedimentos.

Além disso, aplicar dispersantes significa lançar substâncias estranhas ao habitat natural. Outra desvantagem do uso dessa técnica é o fato de que caso a dispersão não seja efetiva, a contaminação da pluma com dispersantes pode prejudicar ou mesmo impossibilitar a aplicação de outras estratégias de resposta.

O uso desses produtos é consideravelmente polêmico devido às desvantagens ambientais e é regulamentado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, resolução 269/2000) e para produzir, importar ou comercializá-los é preciso fazer registro no Ibama. Até novembro de 2011, estavam cadastrados dois tipos: Ultrasperse II e o Corexit EC 9500.

Alguns pontos-chave relacionados ao uso de dispersantes no combate à poluição que foram retirados de um manual da Exxon (2008) estão listados abaixo:

a) Dispersantes devem ser utilizados em conjunto com outras estratégias de combate à poluição, não como último recurso
b) Para otimizar o a ação dos dispersantes, estes devem ser aplicados o quanto antes, após o derrame quando os processos de intemperismo ainda não estão avançados e o óleo está relativamente concentrado, facilitando sua dispersão na coluna d'água.
c) A decisão pelo uso ou não de dispersantes deve ser feita após considerados os impactos potenciais do óleo disperso versus plumas não dispersas. O objetivo deve ser minimizar o impacto ecológico global, maximizando o benefício ambiental líquido.
d) A Gerência de Resposta a derrames deve considerar, além de aspectos técnicos, questões regulamentais.
e) O uso de dispersantes inclui um planejamento logístico que envolve aeronaves e/ou navios para seu lançamento, equipamentos específicos para aplicação, reabastecimento de dispersantes, abastecimento de veículos, pessoal suficiente e treinado, EPI's e calibração de equipamentos
f) Muitos governos possuem regulamentação específica para uso de dispersantes. No caso do Brasil, essa questão é regida pela resolução CONAMA 269/2000.

Inicialmente foram aplicados solventes e desengraxantes utilizados em oficinas mecânicas. Atualmente, são encontradas três categorias de dispersantes, como explicado em CEDRE (2012):

- Dispersantes Convencionais (2ª geração): produtos mais antigos, com baixa concentração do material ativo, raramente usados hoje, sendo gradativamente substituídos pelos Dispersantes Concentrados. Não são solúveis em água e são aplicados puros (sem diluição).

-Dispersantes Concentrados (3ª geração): produtos mais recentes, possuem uma concentração maior do material ativo, podem ser miscíveis ou não em água e aplicados diluídos ou puros

- Dispersantes biodegradáveis (4ª geração): biodegradáveis, atóxicos e de alto rendimento

A Figura 17 resume uma classificação mais antiga, relacionando-a com o tipo de aplicação.

Dispersante	Tipo	Modo de Aplicação	Solvente
Convencional	1	Não diluído (puro), por barcos e / ou aeronaves.	Hidrocarbonetos não aromáticos
Concentrado	2	Diluído, por barcos e / ou aeronaves.	Oxigenados (glicol, éteres) e hidrocarbonetos não aromáticos.
	3	Não diluído (puro), por barcos e / ou aeronaves.	-

Figura 17: Classificação de dispersantes (Ferrão, 2005)

A taxa de aplicação dos dispersantes varia de acordo com o tipo de óleo, espessura da mancha e condições oceanográficas. O controle da taxa de aplicação pode ser realizado através de duas variáveis: vazão da bomba do sistema de aplicação e velocidade da embarcação ou aeronave. (ITOPF, 1993 apud CONAMA, 2000)

Queima *insitu*

A Queima *in situ*consiste na queima controlada do óleo vazado no local do acidente. Quando conduzida adequadamente, esta técnica reduz significamente a quantidade de óleo na água, minimizando os efeitos adversos do óleo no ambiente (NOAA, 2012), como foi feito em ocasiãoda resposta ao derrame da BP em 2010 (Figura 18).

Além disso, essa estratégia configura uma forma rápida – a taxa de eliminação de óleo é limitada pela disponibilidade de oxigênio, mas costuma girar em torno de 5,000 L/ m².dia para óleos leves e de 1,200 L/m².dia para óleos mais pesados (ARPEL, 2006) -, eficiente e relativamente simples e de reduzir a quantidade de resíduos gerados e, conseqüentemente, a necessidade de armazenamento e disposição final. (NOAA, 1997).

Figura 18: Queima in situ foi uma estratégia largamente empregada durante o derramamento de óleo da DeepwaterHorizon/BP em 2010. (U.S. Coast Guard, 2010)

Essa técnica não é substituta para a aplicação de dispersantes ou recolhimento do óleo. Há, porém, algumas situações nas quais a queima no local pode ser a única forma rápida e segura de se eliminar grandes quantidades de óleo, como exposto no Guia de Estratégias de Resposta da Exxon (2008), caso as condições para realizá-la sejam supridas – algumas são numeradas por Barnea, em relatório para a NOAA (data?):

1. A camada de óleo deve possuir espessura suficiente para suportar a combustão - a partir de aproximadamente 2mm-, caso contrário, a pluma perde calor demasiadamente para a água e a combustão não é mantida.

2. Os dispositivos de ignição devem manter uma temperatura alta e por tempo suficiente para suportar a queima do óleo.

3. A porcentagem de água na emulsão óleo-água deve ser de, no máximo 30-50% para se conseguir a ignição do óleo e manter sua combustão.

4. Para manter a espessura da pluma e concentrar o óleo a ser queimado, são utilizadas barreiras específicas para essa estratégia – *fire-resistant booms*. Para tal, as condições ambientais devem ser favoráveis: a velocidade do vento deve ser menor que 20 nós e a altura de ondas limitada a 1m.

Como qualquer outra, essa estratégia apresenta desvantagens, como dificuldade de ignição no caso de óleo intemperizado ou emulsionado, aspectos de segurança operacional – necessidade de se manter distância mínima de instalações ou de áreas povoadas -, possibilidade de decantação de alguns resíduos, contaminando sedimentos de fundo, alto custo de barreiras especiais para queima no local, além do fato dessas serem efetivas apenas durante algumas horas de combustão, e a geração de grande quantidade de fumaça e fuligem, com potencial tóxico e de aquecimento global Tabela 16. (Exxon, 2008; ITOPF, 2010).

Tabela 16: Emissões atmosféricas provenientes da Queima in situ de óleo derramado (adaptada deNOBE, Environment Canada, 1993)

Substância	**Fator de Emissão médio (g/kg de óleo queimado)**	**Taxa de Emissão (kg/h)**	**Impacto do Poluente**
CO_2	2 800	75600	Aquecimento global
SO_2	~15	405	Aquecimento global, chuva ácida
CO	17,5	470	Saúde Humana, aquecimento global (indireto)
($MP_{3,5}$)	113	3050	Saúde Humana

Apesar de não regulamentado no Brasil, esse método é utilizado há mais de 30 anos em países como Suécia, EUA, Canadá e Inglaterra.(Ferrão, 2005), sendo regulamentado internacionalmente pela norma F1788-08 Standard Guide for In-SituBurningofOilSpillsonWater: Environmental andOperationalConsiderations, da ASTM (American Society for TestingandMaterials). Além disso, instituições respeitadas na área de respostas a derramamentos de petróleo e derivados, como a CCA, NOAA, Environment Canada, ITOPF, possuem uma quantidade considerável de publicações – guias, relatórios - a respeito do tema.

Proteção do litoral

Na realidade, a maioria das estratégias de resposta a derramamentos de petróleo e derivados visam à proteção do litoral, áreas geralmente muito sensíveis em termos de fauna, flora, presença de populações humanas, recursos econômicos e turísticos. Além da pressão da mídia, ONGs e populações em geral,que é muito maior quando a poluição chega à linha de costa do que quando se mantém em alto mar.

Costuma-se inclusive medir o impacto de um derrame e a efetividade das opções de resposta baseando-se na quantidade de óleo que chega aos ambientes costeiros e no tempo mínimo para que isso ocorra – nem sempre considerando, por exemplo,a quantidade de óleo retirada do ambiente.

Entende-se por estratégias de Proteção do litoral aquelas que ocorrem próximas ou na linha de costa, afim impedira região de ser contaminada por óleo e de proteger zonas sensíveis. Apesar de que, como foi dito, as estratégias planejadas para alto mar também são protetoras da zona costeira.

O planejamento da proteção dalinha de costa deve ser iniciado com antecedência, evitando ações de última hora e atentando para pontos importantes, como evitar causar maiores danos com as estratégias de resposta do que o óleo em si causaria – o que é muito comum em ambientes sensíveis - , utilizar recursos de forma segura,

eficiente e efetiva, limitar geração e manuseio de resíduos contaminados com óleo.(Esso Chad/Cameroon, 2010)

Algumas ações geralmente tomadas para proteger o litoral listadas por NOAA (2011) são resumidas abaixo:

- Remoção de resíduos da costa e de material no qual o óleo possa se entranhar antes que este atinja a terra firme;

- Contenção e recolhimento do óleo flutuante;

- Desvio da mancha de óleo para longe da linha de costa (há formações de barreiras especiais para esta finalidade);

- Cercar/ conter o óleo próximo à região costeira;

- Impedir que o óleo contido retorne, poluindo áreas adjacentes – comum em zonas que sofrem influência de maré;

- Impedir que o óleo seja carregado pela corrente para lagoas costeiras ou regiões litorâneas mais internas.

Para a definição da melhor estratégia de resposta na linha de costa, além da região na qual os recursos serão concentrados, é imprescindível que se conheça as características do litoral. A partir daí e com o intuito de se registrar o tipo e o grau de sensibilidade dessas zonas são elaborados os Mapas de Sensibilidade Ambiental.

O Mapa de Sensibilidade Ambiental considera três parâmetros, segundo Calixto (2011) e é exemplificado na Figura 19:

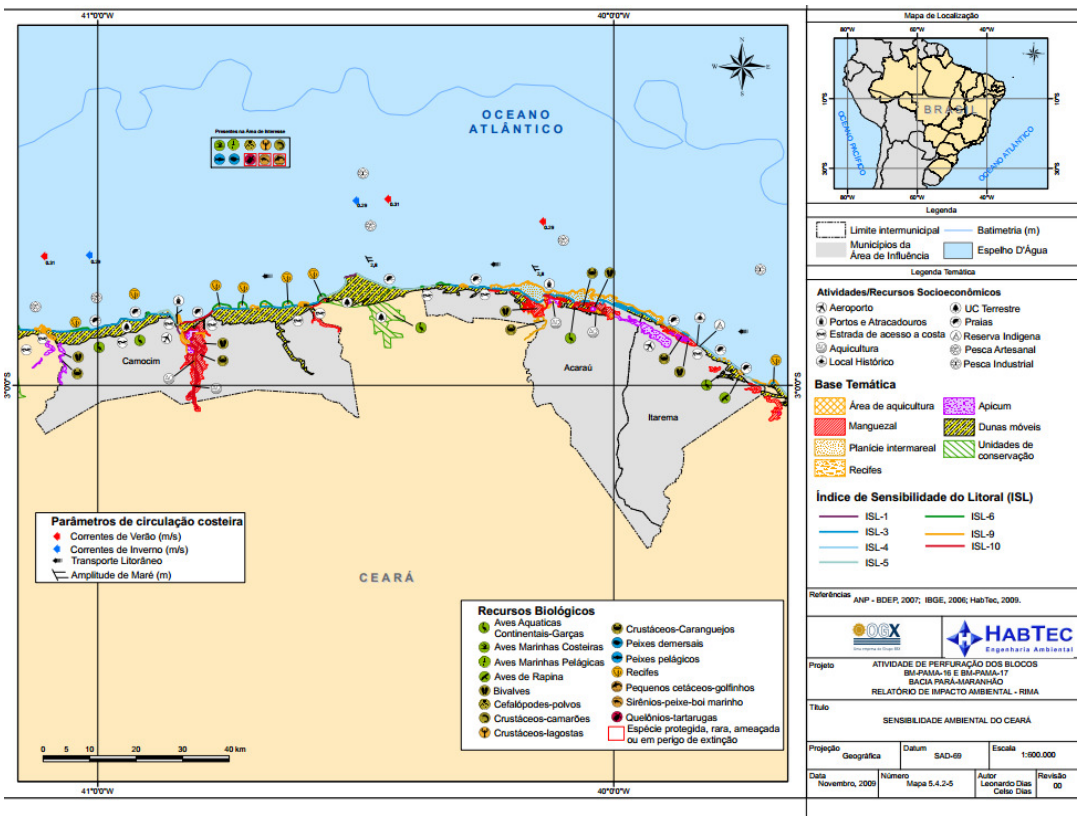


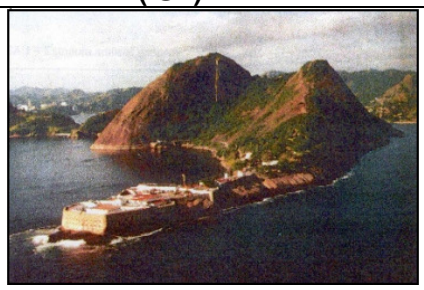
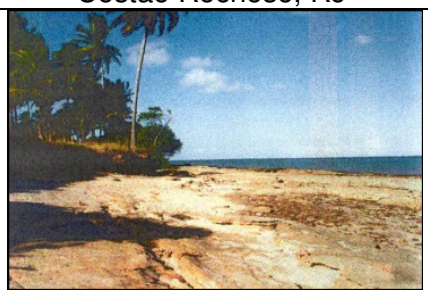
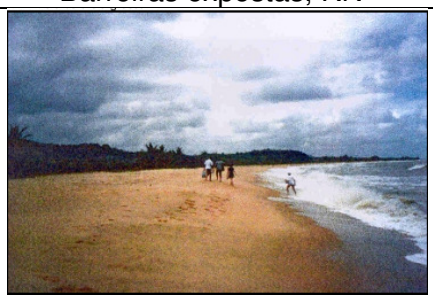
Figura 19:Mapa de Sensibilidade Ambiental de região litorânea cearence (IBAMA, 2009)

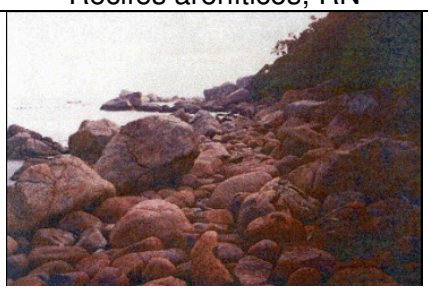
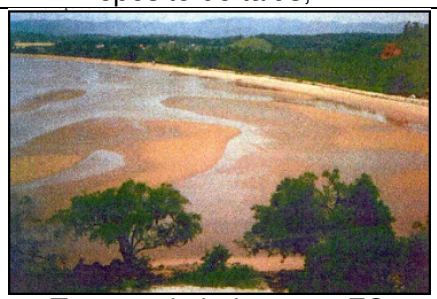
1. Sensibilidade da linha da costa: recursosnaturais do ecossistema - espécies animais, formações rochosas e vegetação, sendo traçadas linhas com diferentes colorações e diferentes graus de sensibilidade
2. Sensibilidade dos recursos biológicos: sensibilidadedos recursos naturais, sendo representado por polígonos e diferentes cores com graus de sensibilidade. Além dessas representações,existem informações adicionais da freqüência das espécies, em determinada área, modificando a característica do mapa de sensibilidade ao longo do tempo.
3. Sensibilidade dos recursos ambientais de uso da sociedade: sensibilidadede áreas ambientais utilizadas pela sociedade como praias e áreas de mergulho, dentre outras, sendo representada por polígonos e ícones

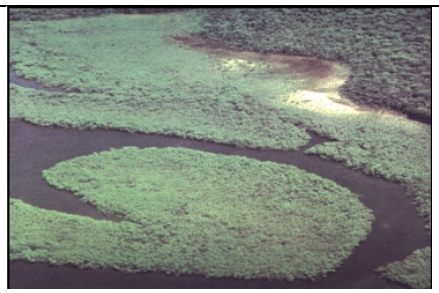
O Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) varia de 1 a 10 e baseia-se em características geomorfológicas - grau de exposição à energia das ondas e marés, a declividade do litoral e o tipo de substrato – (

Tabela **17**), fundamentais para a determinação do grau de impacto e permanência do óleo derramado. (Oliveira atal 2007)

Tabela 17: Índices de Sensibilidade da Linha de Costa (ISL) (adaptado de MMA, 2002)

Indice de Sensibilidade do Litoral (ISL)		Características
1	 Costão Rochoso, RJ	– Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos. – Falésias em rochas sedimentares, expostas. – Estruturas artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas.
2	 Terraço rochoso liso exposto, AL	– Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos. – Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.).
3	 Barreiras expostas, RN	– Praias dissipativas de areia média a fina, expostas. – Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restingas tipo “long beach”). – Escarpas e taludes íngremes (formações do grupo Barreiras e Tabuleiros Litorâneos), expostos. – Campos de dunas expostas.
4	 Praia de areia grossa, ES	– Praias de areia grossa. – Praias intermediárias de areia fina a média, expostas. – Praias de areia fina a média, abrigadas.

5	 Recifes areníticos, RN	- Praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais - Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação - Recifes areníticos em franja
6	 Depósito de tálus, PR	– Praias de cascalho (seixos e calhaus). – Costa de detritos calcários. – Depósito de tálus. – Enrocamentos ("rip-rap", guia corrente, quebra-mar) expostos. – Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas).
7	 Terraço de baixa-mar, ES	- Planície de maré arenosa exposta - Terraço de baixa-mar
8	 Enrocamentos “rip-rap” abrigados, RS	– Escarpa / encosta de rocha lisa, abrigada. – Escarpa / encosta de rocha não lisa, abrigada. – Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados. – Enrocamentos ("rip-rap" e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados
9	 Terraço de baixa-mar, SE	– Planície de maré arenosa / lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas. – Terraço de baixa-mar lamoso abrigado. – Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais.

10	 Manguezal, SP	– Deltas e barras de rio vegetado. – Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas. – Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgada; apicum Marismas. – Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários).

4.3.3 Estrutura de apoio

Entende-se por estruturas de apoio, neste trabalho, locais onde são armazenados equipamentos, entendidos como fontes ou origem de equipamentos, ou instalações de apoio operacional e logístico.

Para atividades na costa capixaba – em especial da Petrobras, usadas como base para este estudo, podem ser citadas como estruturas de apoio a CPVV (Companhia Portuária de Vila Velha) e os CDAs (Centro de Defesa Ambiental) Petrobras, além de fornecedores externos de materiais, como a CCA (citada como fonte de recursos para uma descarga de grandes proporções nos Planos de Emergência Individuais estudados para este trabalho.

4.3.3.1 CPVV

A Companhia Portuária Vila Velha – CPVV destina-se a oferecer apoio *offshore* às necessidades da indústria de petróleo na exploração, no desenvolvimento e na produção da região, tendo inaugurado, em 2000, o primeiro terminal portuário privativo do Brasil.

Entre outros serviços, a CPVV oferece apoio logístico para transporte terrestre entre a base e outras localidades, controle e identificação de materiais, fornecimento de equipamentos para manuseio de carga; profissionais treinados para estocagem, manuseio e transporte de equipamento e materiais destinados a atividade petrolífera; gestão de resíduos com equipamentos e aterros licenciados e certificados pelos órgãos ambientais.

Operando todos os dias 24 h/dia, a CPVV é um dos pontos de apoio das principais empresas com atividades petrolíferas na costa capixaba, como Petrobras, Shell, Perenco, Repsol.

A Figura 20**: CPVV - Localização e Características**ilustra a localização e principais características da CPVV, em Aribiri, Vila Velha, ES.

::Comprimento do Cais: 285 m;
:: Largura do Pier: Mínima = 23 m / Máxima = 40 m;
:: Berços de atracação: 4 unidades;
:: Calado: 9,15 m (maré baixa);
:: Área do Terminal: 55.000 m².

Acessos:

Marítimo: Canal de acesso ao Porto de Vitória;
Rodoviário: BR 101/262 Rod. Carlos Lindemberg – Estrada de Capuaba;
Ferroviário: Companhia Vale do Rio Doce – CVRD e Ferrovia Centro Atlântica – FCA.

Figura 20: CPVV - Localização e Características (Mapa :Googlemaps 27/02/2012 ; informações : CPVV, 2012)

4.3.3.2 CDA's – Centros de Defesa Ambiental

Segundo artigo retirado do blog da Petrobras (2011), "*além dos recursos disponíveis nas diversas unidades, a Petrobras possui 10 Centros de Defesa Ambiental (CDA) e 13 Bases Avançadas, que operam 24 horas por dia, localizados e distribuídos estrategicamente ao longo do país (*Figura 21*). Esses centros contam com equipes de profissionais capacitados e equipamentos específicos e de última geração voltados para o combate a vazamento de óleo".*

Cada centro possui lanchas, balsas, recolhedores de óleo, dispersantes químicos, biorremediadores, equipamentos de comunicação e barreiras de contenção e

absorção, além de pessoal especializado permanentemente disponível para pronto atendimento. (Seta Filho,2009)

Um artigo publicado na revista Cidades do Brasil (2001) afirma que os "*CDAs dão origem ao primeiro complexo de segurança ambiental da América do Sul, plenamente capacitado para atender, inclusive, outras companhias, antecipando uma demanda que certamente se concretizará com o aumento da atividade petrolífera na região.*"

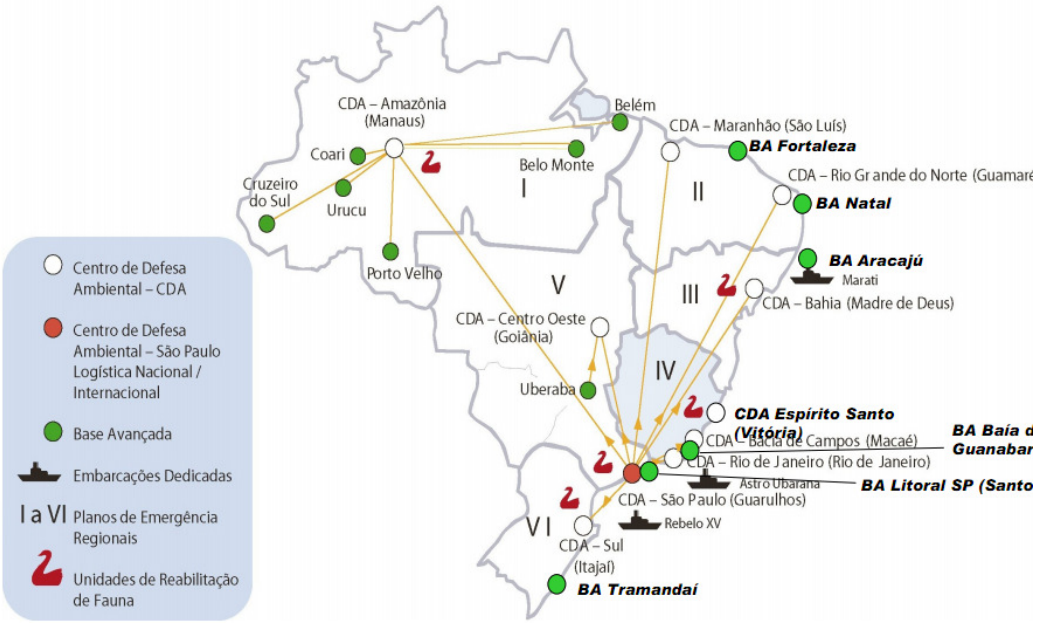


Figura 21: Localização dos CDA'a e Bases Avançadas (Seta Filho, 2009)

4.3.3.3 CCA – Clean Caribbean&Americas

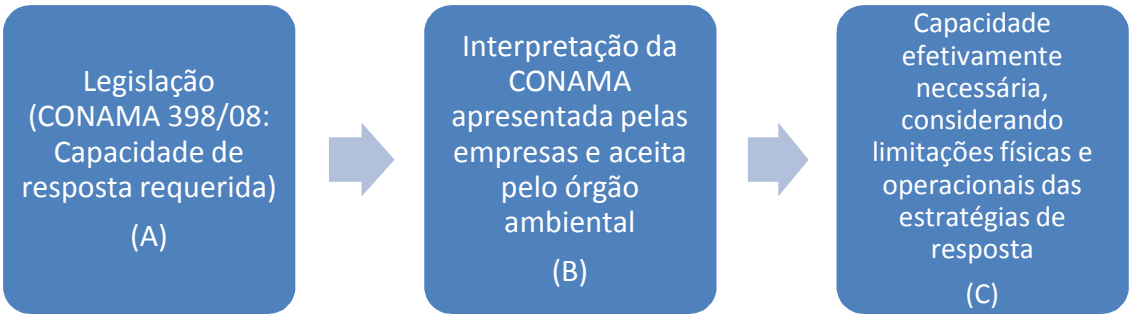
A Clean Caribbean&Americas é uma organização que fornece serviços relacionados a respostasa derramamentos de petróleo e derivados. No Brasil, é prestadora de serviços para a Petrobras em casos de derrames de grande escala (Petrobras, 2009).

Fundada em 1977 e com base em Fort Lauderdale, Florida; a CCA prioriza as regiões Caribenhas e da América Central e do Sul e mantém uma capacidade considerável de dispersantes químicos - AirborneDispersantDelivery System (ADDS) – e contratos com a Lynden Air Cargo, provedora da aeronave Hercules, para aplicação de dispersantes. A organização possui também outros materiais de resposta, como barreiras e fornece serviços de consultoria. (Global Response Network, 2008)

5 Apresentação e Discussão dos Resultados

Dentre as diferentes estratégias de resposta possíveis, por exemplo, não-resposta/monitoramento da mancha, contenção e recolhimento, dispersão mecânica e/ou química, *queima in situ,* proteção e limpeza do litoral, optou-se por avaliar a de contenção e recolhimento, uma vez que é a que está mais bem detalhada na legislação e, consequentemente nos PEI's, em termos de cálculos de dimensionamento.

Para se discutir a capacidade de resposta a derramamentos de óleo, analisou-se de forma crítica a estrutura instalada e/ou disponível para atender a acidentes de derrame na costa capixaba, comparando as seguintes situações:



Quando necessário, para dar mais clareza ao texto, as situações anteriores serão referenciados de acordo com o código de letras indicado no diagrama:

A- Capacidade de resposta requerida pela legislação (Resolução CONAMA 398/08): representada em termos de CEDRO, capacidade efetiva diária de recolhimento de óleo (diferentede mistura óleo+ água), definida em m^3/dia, conforme a expressão (1):

(1) CEDRO= Cn x 0,2 x 24, onde:
Cn = capacidade nominal horária do recolhedor (mistura óleo + água)
0,2= eficiência máxima de recolhimento, definida pela resolução
24 = 24 h de funcionamento diário

B- Interpretação da CONAMA: aqui estão incluídos critérios de dimensionamento de equipamentos propostos pelas empresas e aceitos pelo órgão ambiental como capazes de suprir a CEDRO requerida pela legislação. Tanto os valores de capacidade nominal teóricos, *previstos em modelos* de estratégia de resposta (B1), quanto os valores relacionados a estruturas *apresentadas no PEI* como suficientes para atender à legislação (B2), são considerados maiores que a capacidade mínima requerida, apresentando uma margem de

segurança aparente com relação à legislação, o que não se verifica de fato, como será visto adiante.

C- Capacidade efetivamente necessária: relaciona-se a uma proposta de correção da interpretação da CONAMA, pois considera limitações físicas e as operacionais das estratégias de resposta que teriam sido negligenciadas, dando origem à subestimativa da capacidade nominal horária, para aquém daquela realmente necessária.

5.1 Capacidade disponível

A capacidade aqui descrita em(B) reflete a interpretação da resolução CONAMA 398/08 feita pelas empresas e apresentada nos Planos de Emergência Individual e aceitos pelo IBAMA quando da concessão da LO.

O PEI utilizado para comparação neste trabalho - PEI da FPSO P57 para a Fase 2 de Jubarte, rev 00 de maio de 2009 - foi obtido junto ao escritório do IBAMA no Rio de Janeiro (CGPEG/DILIC/IBAMA, responsável por todo licenciamento federal de petróleo e gás no Brasil).

A CGPEG-IBAMA/RJ também informou que, apesar de ter sido aprovado para a concessão da LO da plataforma, foram requeridas algumas melhorias à companhia relacionadas a respostas a emergências. Este trabalho, no entanto, atém-se aos dados oficiais adquiridos, representados pelo PEI referenciado, utilizado aqui como exemplo para análise do tipo de estrutura de resposta aceita pelo órgão ambiental no Brasil.

As informações sobre capacidade instalada incluem capacidade de resposta dimensionada, tempo de resposta e equipamentos disponíveis.

5.1.1 Dimensionamento da capacidade de resposta

Capacidade de resposta dimensionada consiste nos cálculos realizados pela empresa para dimensionar equipamentos visando assegurar acapacidade de resposta requerida para cada nível de acidente (descarga pequena, média e de pior caso, também denominada descarga grande), demonstrando a interpretação feita da CONAMA. Esses cálculos são apresentados no anexo do *II.3.4-2 do PEI – Dimensionamento da Capacidade de Resposta*. Os cálculos estão legalmente conformes e os resultados apresentados estão resumidos naA Tabela 18 fornece os valores resultantes de cálculos sugeridos pela resolução CONAMA – para capacidade de recolhimento.

Tabela 18.

A Tabela 18 fornece os valores resultantes de cálculos sugeridos pela resolução CONAMA – para capacidade de recolhimento.

Tabela 18: Resultados dos cálculos de dimensionamento de capacidade mínima de equipamentos. (adaptado de Petrobras, 2009)

Nível do Derrame	**Descarga Pequena (< 8 m³)**	**Descarga Média (< 200 m³)**	**Pior Caso (> 200m³)** ***Cálculos para Vpc = 284.592 m³.***		
Tempo de Resposta	<2h	<6h	TN1 <12h	TN2 < 36h	TN3 < 60h
CEDRO	8 m³	100m³	1600 m³	3200 m³	6400 m³
Capacidade Nominal de Recolhimento (Cn)	1,7 m³/h	20,9 m³/h	333,3 m³/h	666,7 m³/h	1.333,3 m³/h
	*Cn = CEDRO/(24*0,2), da expressão (1) apresentada no item A, no inicio deste capítulo.*				
Armazenamento Temporário [2]			1000 m³	2000 m³	4000 m³
[2] A capacidade de armazenamento temporário de cada uma das embarcações de recolhimento disponíveis na Área Geográfica do Espírito Santo é de 950, 950 e 605 m3, totalizando 2.505 m³.					

Apesar de a capacidade nominal de recolhimento mínima ser calculada também para descargas pequenas (< 8 m ³), nesse caso, o PEI prevê a "*utilização da dispersão mecânica, uma vez que as modelagens de deriva de mancha de óleo indicam que o óleo não atingirá a costa ou área sensível em menos de 69 horas, pois o FPSO P-57 irá operar em uma locação offshore, em águas profundas e distante da costa."(Petrobras, 2009)*

É informado ainda, no mesmo documento, que "*o incremento do benefício obtido com a aplicação da técnica de recolhimento sobre a dispersão mecânica é pouco significativo em situações de descargas pequenas" (Petrobras, 2009).* Ainda assim, afirma-se que, caso seja possível, as estratégias de contenção e recolhimento do óleo serão privilegiadas.

De uma forma geral, para descargas de até 8m³, o PEI prevê contenção/recolhimento ou dispersão mecânica, enquanto para derrames maiores a dispersão química é também citada como uma opção.

A Tabela 19, adaptada do Anexo II.3.4-2 do PEI, porém fornece informações de disponibilidade de outros recursos, cujo dimensionamento não foi ali detalhado.

Tabela 19: Equipamentos disponibilizados com dimensionamento subjetivo (adaptado de Petrobras, 2009)

<table>
<tr><th>Estratégia</th><th>Comentário</th></tr>
<tr><td>Dispersão Mecânica</td><td>“Para dispersão mecânica serão utilizadas as embarcações de prontidão, disponíveis na Área Geográfica do Espírito Santo. Cada uma dessas embarcações atende normalmente a um determinado grupo de unidades marítimas (Memória de cálculo dos tempos de atendimento no Anexo II.3.4-3 do PEI).”</td></tr>
<tr><td>Dispersão Quimica</td><td>Material para dispersão de 1500 m³de óleo.

Somando-se os volumes de dispersante químico que a Petrobras dispõe na Bacia de Campos.
São indicadas apenas quantidades disponíveis de dispersante, não sendo apresentados cálculos.
Volumes adicionais poderão ser obtidos junto aos outros CDAs.</td></tr>
<tr><td>Barreiras</td><td>É apresentado o Quadro 1, baseado na “experiência prática e viabilidade operacional”, endossado pelo argumento de que a CONAMA indica que o dimensionamento das barreiras deve ser feito de acordo com a CEDRO, não fornecendo detalhes para operações de contenção offshore.

Sendo assim, o quadro é apresentado sem um detalhamento da correlação existente entre a vazão do recolhedor e o comprimento da barreira necessário para conter um dado volume de óleo.

<table>
<tr><th>Vazão do recolhedor (m³/h)</th><th>Quantidade de Barreira (m)</th></tr>
<tr><td>0 – 50</td><td>100</td></tr>
<tr><td>51 – 100</td><td>200</td></tr>
<tr><td>101 – 200</td><td>250</td></tr>
<tr><td>201 – 250</td><td>300</td></tr>
<tr><td>A partir de 251</td><td>400</td></tr>
</table>
Quadro 1: Relação entre a quantidade de barreiras e vazão do recolhedor, retirado do Anexo II.3.5.2.2–2 - Dimensionamento e formação com barreiras do PEI. (Petrobras, 2009)</td></tr>
<tr><td>Absorventes</td><td>É indicado onde estão listados os absorventes, direcionando para anexo do PEI II.3.4-5 – Equipamentos e Materiais de Resposta.</td></tr>
</table>

5.1.2 Tempo de Resposta

Entende-se por Tempo de Resposta o tempo máximo de disponibilidade de recursos, apresentado no anexo *II.3.4-3* do PEI – *Tempo de Resposta* em forma de tabelas, que relacionam recursos disponíveis com o tempo de chegada destes ao local de derrame, de acordo com a escala de derrames sugerida pela CONAMA (descarga pequena, média e de pior caso, em 3 níveis).

Os locais ou depósitos de onde os recursos provêm estão compilados na Tabela 20e apresentam capacidades de resposta que respeitam os valores mínimos calculados no item *5.1.1- Dimensionamento da capacidade de resposta.*

Tabela 20: Recursos disponíveis para diferentes tempos de resposta. (adaptado de Petrobras, 2009)

Fontes de Recursos	**Astro Enchova**	**Astro Enchova**	**DSND Marabá + Astro Guaricema**	**DSND Marabá + Astro Guaricema + AstroEnchova**	**DSND Marabá + Astro Guaricema + AstroEnchova + CDA-BC+ demais CDA's**
Tempo de resposta	< 02 h	< 06h	< 12h	< 36h	< 60h
Recolhedor (vazão)	250 m³/h	250 m³/h	450 m³ /h (200+250)	700 m³ /h (450+250)	Não informado no anexo ao PEI
Barreira (quantidade)	400 m	400 m	800 m	1.200m	Não informado no anexo ao PEI
Capacidade de armazenamento temporário	950 m	950 m³	1.555 m³	2.505m³	Não informado no anexo ao PEI

Astro Enchova e Astro Guaricema são embarcações classificadas como "*dedicadas"* à resposta a derramamentos. A DSND Marabá é dita uma embarcação volante, não dedicada a estratégias de resposta.

Vale ressaltar, porém, que ainda que "*não dedicado*", qualquer equipamento deve priorizar, o quanto possível, operações de resposta à emergência. Na prática, isso ocorre também para equipamentos não listados no PEI, como é o caso de embarcações de serviço, disponíveis na Área Geográfica do Espírito Santo, normalmente não ligadas à resposta a derramamentos, mas que podem ser acionadas e darão prioridade a essas estratégias em caso de necessidade para contenção de óleo derramado. Apesar de que, em tese, segundo a CONAMA, todos esses recursos deveriam ser listados no Plano de Emergência.

5.1.3 Equipamentos disponíveis

Uma lista de todos os equipamentos disponíveis é apresentada no anexo do PEI II.3.4-5 – Equipamentos e Materiais de Resposta.

Essa lista foi analisada criticamente a fim de verificar a suficiência de equipamentos para que fossem compostas frentes de operação eficazes, de diferentes estratégias de resposta, de acordo com o previsto no PEI e exigido pela legislação.

Para tal, foram analisados cenários de estratégias de resposta, utilizando os equipamentos citados no PEI como disponíveis em determinado tempo após o

derramamento, para, a partir dai, discutir a capacidade efetiva de resposta a derrames.

5.2 Cenários de Resposta – Contenção e Recolhimento

O Cenário Base aqui utilizado é o mesmo que foi chamado de *CenRef*, modelado por Ferreira (2006) com o auxílio do software Oilmap.

O autor trabalhou com o óleo de Jubarte e, apesar de naquele momento a plataforma usada para estimativa de volume derramado ter sido a P-34, pode-se considerar que, caso o mesmo volume fosse modelado para a P-57, os resultados estariam próximos, uma vez que, por estarem no mesmo campo, tanto o óleo é o mesmo quanto as condições meteorológicas e oceânicas são similares.

Ainda que a descarga de pior caso para a FPSO P 57 seja de aproximadamente 300 000 m³, enquanto a da P-34 é de aproximadamente 66 000 m³, e o volume de descarga grande para a modelagem realizada por aquele autor tenha sido de 15 000 m³, seus cenários foram tomados por ponto de partida, uma vez que o foco desta análise é levantar a discussão sobre a composição de frentes de resposta nos tempos determinados pela legislação, utilizando os equipamentos reais listados no PEI e, portanto, essa diferença de volumes não configura um fator prejudicial à avaliação nesse contexto, uma vez que os três volumes se enquadram como descarga grandee estão bem acima do limite inferior deste nivel (200 m^3).

De início, foi montado o cenário de referência (CenRef), com base na interpretação da legislação (CONAMA, 2001), de forma a atender aos requisitos mínimos de capacidade de resposta exigidos para umderramamento de óleo no mar com volume superior a 200m³, caracterizando assim uma 'descarga grande'. Essa interpretação segue a mesma linha de raciocínio daquela usada para Dimensionamento de Capacidade de Resposta (baseada na CEDRO) utilizada nos PEIs e aprovada pelo IBAMA.

A estrutura utilizada para compor este cenário de resposta (CenRef) estava baseada em 07 (sete) conjuntos de contenção e recolhimento, com disponibilização gradual (02 em 12h + 02 em 36h + 03 em 60h).

Cada conjunto era formado por um recolhedor de capacidade nominal de 200m³/h, por uma barreira de 400 m de comprimento e por dois barcos de apoio, de modo a se compor uma formação de contenção em U de 250 m de frente, como esquematizado naFigura 22.

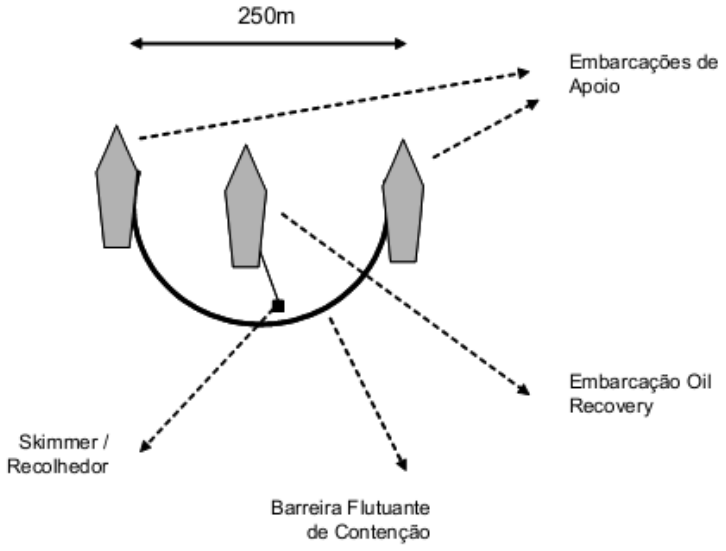


Figura 22: Esquema de frente de contenção/recolhimento em U. (Ferreira, 2006)

A Tabela 21mostra os parâmetros utilizados por aquele autor para a modelagem do cenário de referência (CenRef), bem como o resultado da modelagem para a estratégia de contenção e recolhimento, com início das operações 12h após a descarga de óleo, como previsto em lei.

Tabela 21: Valores de modelagem de derramamento e estratégias de resposta para o campo de Jubarte (adaptado de Ferreira, 2006)

Parâmetros	**Valores Atribuídos para a Simulação / Resultados**
Regime doDerramamento	Instantâneo – hipótese acidental de ruptura de tanques carregados
Volume Derramado	15 mil m³, ~ 1/3 da capacidade útil de carga da plataforma P-34
Tipo de Óleo	- densidade:16,8 Graus API ou 0,951 g/cm3 1.984 cSt a 22ºC Óleo Cru de Jubarte, pesado e viscoso - viscosidade:4.369 cP a 25ºC ou
Condições ambientais	Inverno Vento = 15m/s corrente = 0,5 m/s
Localização	Coordenadas: 21º15’33,2” S e 40º01’02,2” W
Instante Inicial	00h do dia 08/07 – Correspondente ao cenário ambiental de maior criticidade para volume atingindo a costa, dentre 300 simulações realizadas parao período de inverno, para o licenciamento do campo de Jubarte.
Tempo de Simulação	7 dias, até se completar o toque da mancha na linha de costa.
Resultados da Modelagem (CenRef)	Óleo junto à costa: 65,6% Óleo interceptado (recolhido + remanescente nas barreiras): 26,8% Obs.: o restante do óleo é objeto de outras destinações previstas no modelo, dentre elas a evaporação e dispersão na coluna d’água.

Este trabalho, por sua vez,considera a legislação mais atual, a CONAMA 398/2008, mas não há diferenças no que diz respeito ao dimensionamento da capacidade mínima de resposta quando comparada à CONAMA 293/2001, utilizada por Ferreira (2006) no seu estudo.

5.3 Análise da Capacidade de Resposta Disponível

Serão considerados nesta análise os parâmetros: Capacidade de Recolhimento, Barreiras de Contenção, Embarcações de Apoio e Capacidade de Armazenamento Temporário.

Capacidade de Recolhimento: representada pelas embarcações Oil Recovery, em primeira instância, e pela capacidade de recolhimento dos recolhedores nelas contidos. Vale ressaltar que não se considera a capacidade de skimmers isoladamente, uma vez que as embarcações são indispensáveis para sua operacionalização.

Barreiras de Contenção: comprimento de barreiras, agrupadas em conjuntos de 400m para composição com o mesmo tipo de frentes de contenção/recolhimento modeladas por Ferreira (2006), quando possível.

Embarcações de Apoio: são as embarcações utilizadas para apoiar o lançamento e manuseio das barreiras. Considerando formações de barreiras de contenção do tipo U, são necessárias 2 embarcações por frente.

Capacidade de Armazenamento Temporário: como visto anteriormente em “4.3.2 - Principais estratégias de resposta a derramamentos de petróleo e derivados:

Armazenamento do óleo **recolhido**”, foi observado que, em termos práticos, quando da análise dos equipamentos disponíveis nos PEI estudados para este trabalho, os valores de tancagem, para armazenamento temporário do material recolhido, costumam ser um importante fator limitante para as operações de recolhimento de óleo, tanto em termos de capacidade de armazenamento propriamente dita (tanques e oil bags) quanto no que diz respeito à logística de transferência do material (óleo+água) recolhido.

> A resolução CONAMA ,no que diz respeito a esse assunto, quando sugere o cálculo da CEDRO considerando 24h de operação diária e se refere a capacidade de armazenamento temporário mínima, apenas quando exige o equivalente a 3h de operação do recolhedor.
>
> Para suprir essa lacuna, este trabalho considera operações cíclicas de contenção e recolhimento – não contínuas, portanto-, com descarregamento dos tanques de armazenamento das embarcações Oil Recovery após 3h de operação, e equipamentos adicionais, para que a capacidade equivalente às 24h de recolhimento diário seja atingida, considerando ainda operação

essencialmente diurna, conforme prática nas ações de resposta a vazamentos de óleo no mar.

Essa discussão está detalhada no Apêndice “Discussão acerca dos ciclos de operação das frentes de contenção/recolhimento”

É importante frisar que a Capacidade de Armazenamento Temporária não pode ser analisada como um valor total, pois este não é cumulativo, ou seja, CADA embarcação deve possuir tancagem suficiente para armazenamento temporário da mistura (óleo + água) por ela recolhida.

Para uma análise mais completa – buscando ainda melhor representar um caso real -, deve-se ater também ao tipo de barreira e recolhedor adequados ao óleo e às condições ambientais. Como visto em “4.3.2 - Principais estratégias de resposta a derramamentos de petróleo e derivados”, há uma ampla gama desses equipamentos, e sua eficácia está intimamente relacionada com a sua especificidade. Em outras palavras, a efetividade das estratégias de resposta deve levar em consideração a capacidade quantitativa e qualitativa dos equipamentos utilizados.

Esta análise, porém, ateve-se apenas aos aspectos quantitativos; supondo inicialmente que o material de resposta disponível seja adequado às condições ambientais e ao óleo derramado – e que a eficiência de recolhimento sugerida pela CONAMA, 20% (baseada na capacidade de bombeio de mistura óleo+água e não de recolhimento de óleo propriamente dito) seja plausível.

Para cada um dos parâmetros acima (*Capacidade de Recolhimento, Barreiras de Contenção, Embarcações de Apoio e Capacidade de Armazenamento Temporário)* serão consideradas na análise as situações A, B e C; e conforme sinalizado anteriormente, separando ainda B em B1 e B2, sendo que:

Em(A):Capacidade de resposta requerida pela legislação (Resolução CONAMA 398/08): consideram-se os valores apresentados em termos de capacidade nominal horária, obtidos a partir dos valores da CEDRO exigidos para descarga de pior caso pela resolução CONAMA 398/08 e da expressão, contida na mesma resolução, que relaciona esses valores com a Cn (capacidade nominal, em m^3/h).

- Cn = CEDRO/(24*0,2), para a qual
CEDRO (12h)= 1600m^3
CEDRO (36h)=3200m^3
CEDRO (60h)=6400m^3

Para *“Capacidade de Armazenamento Temporário”,* usa-se a expressão:

Capacidade de Armazenamento Temporário = 3 [h] x Cn [m^3/h]

Em(B1) Interpretação da CONAMA – *Valores previstos em modelos* de estratégias de resposta: apresentam-se os valores necessários para que o

previsto no cenário modelado por Ferreira (2006) fosse colocado em prática. Esse cenário representa valores de dimensionamento de equipamentos que atenderiam à capacidade de resposta exigida pela legislação, atualmente aceitos pelo órgão ambiental, uma vez que decorre da mesma interpretação presente nos PEIs aprovados pelo IBAMA.

As quantidades apresentadas nas tabelas de comparação (Tabelas 23 a 25) equivalem a frentes de contenção e recolhimento do tipo U,discriminadas as quantidades de embarcações *Oil Recovery* (representando a capacidade de recolhimento), *Barreiras*, *Embarcações de Apoio* e *Capacidade de Tancagem*, mantendo-se a proporção para composição das frentes de contenção em U modeladas:

- 1 embarcação Oil Recovery com capacidade de recolhimentode 200m³/h
- 400m de barreiras de contenção
- 2 embarcações de apoio
- Capacidade de Armazenamento Temporário = 24h x Cn (m³/h); capacidade de armazenamento teórica para um dia de recolhimento, seguindo a linha de raciocínio de operações de recolhimento contínuas (24h/dia)

Em (B2) Interpretação da CONAMA – *Valores apresentados no PEI*:consideram-se equipamentos necessários para composição de frentes de contenção e recolhimento individualizadas, passíveis de serem compostas com o material listado no anexo II.3.4-3 do PEI – Tempo de Resposta e apresentado naTabela **20**; mantendo quando possível a proporção detalhada em (B1).

Em (C) Capacidade efetivamente necessária:serão considerados os equipamentos necessários para que a capacidade mínima de recolhimento (CEDRO, em termos de quantidade de óleo recolhido diariamente) seja suprida, considerando a limitação técnica de operações no período noturno – dificuldades de localização da mancha, posicionamento de formações e disponibilidade de mão de obra treinada - e os ciclos de 3h de recolhimento, conforme detalhado noApêndice “Discussão acerca dos ciclos de operação das frentes de contenção/recolhimento”, apresentados na Tabela 22.

Tabela 22: Esquema de ciclo de operação de Contenção e Recolhimento

Horas Corridas	Tempo Gasto	Atividade
12h	1h	Emb 1 [1]– deslocamento para nova locação e lançamento do skimmer Emb2 e 3 – Lançamento de Barreira
	3h	**1ª Contenção e Recolhimento**
	1h	Emb 1 – Deslocamento para descarregamentoEmb 2 e 3 Recolhimento de Barreira
	1h	Emb 1 – Descarregamento Emb2 e 3 Deslocamento para nova locação
	1h	Emb 1 [1]– deslocamento para nova locação e lançamento do skimmer Emb2 e 3 – Lançamento de Barreira
	3h	**2ª Contenção e Recolhimento**
	1h	Emb 1 – Deslocamento para descarregamentoEmb 2 e 3 Recolhimento de Barreira
	1h	Emb 1 – Descarregamento Emb2 e 3 Deslocamento para nova locação

A partir da consideração dessa limitação operacional, a estrutura de resposta mínima necessária para o suprimento da CEDRO exigida pela CONAMA (A) é multiplicada pelo fator de correção 4, uma vez que na realidade, conforme a Tabela 22, se consegue 6h de recolhimento diário e não 24h.

Os valores dacoluna (C) partem da capacidade nominal horária requerida, calculada a partir da CEDRO da forma sugerida pela CONAMA (A), posteriormente corrigida quando multiplicada pelo fator 4.

Para *Barreiras de Contenção* e *Embarcações de Apoio* são mantidas as proporções de (B1) (400m de barreiras e 2 embarcações de apoio por frente de contenção e recolhimento), enquanto os valores de *Capacidade de Armazenamento Temporário* obedecem a relação

- Capacidade de Armazenamento Temporário = 3h x Cn (m^3/h);

Conforme a exigência da CONAMA para capacidade de armazenamento (4.2.3 - A Resolução CONAMA 398/08) e coerente com a descontinuidade da operação no período noturno e com ciclos de 3h de recolhimento para posterior descarregamento dos tanques.

A análise de estrutura de resposta será feita de forma gradual (para 12h, 36h e 60h) e apresentada em quadros comparativos (Tabela 23 a Tabela 25) considerando:

5.3.1 Análise da estrutura de resposta a 12h

Para que o cenário de referência (CenRef) modelado seja atendido, são necessárias duas frentes de contenção e recolhimento, cada uma com capacidade de recolhimento de, pelo menos, 200 m^3/h.

A Tabela 23 compara o exigido pela legislação (A), os equipamentos que seriam necessários para que o CenRef fosse realizado (B1), o que é indicado como de fato disponível nos equipamentos listados pelo PEI (B2), onde B1 e B2 representam a interpretação usual e aceita da legislação- e a capacidade efetivamente necessária (C) para atender à capacidade de fato requerida pela CONAMA.

Tabela 23: Comparativo entre exigências legais, do cenário modelado, disponibilidade dos PEI e estrutura necessária para suprir a capacidade exigida pela CONAMA para primeiro nível de resposta de descargas grandes (12h)

Situação / Parâmetros	**Exigido pela Legislação (A)**	**Necessário para o cenário modelado (B1)**	**Indicado como disponível no PEI[1] (B2)**	**Estrutura real estimada (mínima)(C)**	**Observações (Comparação entre B2 e C)**
Recolhimento (Capacidade de recolhimento dividida entre Embarcações Oil Recovery)	333,3 m³/h Calculada a partir da CEDRO exigida (1600 m³), conforme apresentado na Revisão Bibliográfica (item 4.2.3) 333,3=1600 /(0,2 x 24)	400 m³/h Conforme modelado em Ferreira (2006): 2 Oil Recovery de 200 m^3/h cada	**450 m³/h** Conforme apresentado no PEI: **2 Oil Recovery** 250 m^3/h + 200 m^3/h	**1333,3 m³/h** Calculada a partir da multiplicação da capacidade nominal de (A) pelo fator de correção 4. **4 Oil Recovery** = 4 x 333,3 m³/h	Capacidade nominal reduzida a33,8% e número de embarcações em 50%
Barreiras de Contenção	de acordo com a CEDRO	800 m Divididos em 2 conjuntos de 400m, conforme proporções descritas anteriormente	**800 m** Divididos em **2 conjuntos** de 400m	**1600 m** Divididos em **4 conjuntos** de 400m	Subdimensionadas em 50%
Embarcações de Apoio	Não mencionado	4 embarcações auxiliares	Não mencionado	8 embarcações auxiliares	Débito de 8 embarcações auxiliares
Capacidade de Armazenamento Temporário[2]	8000 m³ 333,3 m^3/h x 24h	9600 m³ 400m^3/h x 24h	1555 m³	4000m^3 4 x 1000 m^3 A estrutura (operacional e logística) para aliviamento dos tanques	Capacidade subdimensionada a 39% e a estrutura para alivip não é mencionada

[1] ConformeTabela 20

[2]Apesar de a resolução CONAMA exigir o equivalente a 3h de operação dos recolhedores, para que haja coerência com a expressão (1) , que relaciona a CEDRO com a capacidade nominal horária, esta deve ser multiplicada por 24. A coluna C, no entanto, considera as atividades descontínuas de recolhimento e o fato de que os navios são descarregados a cada 3h.

Observando a Tabela 23, percebe-se um subdimensionamento dos equipamentos apresentados, resultando em considerável desfalque. Isso parte do fato de a capacidade de recolhimento estar planejada aquém do necessário, reduzida a 33,8%, uma vez que o caráter cíclico e descontínuo das operações de contenção e recolhimento ter sido negligenciado quando do planejamento da resposta ao tipo de emergência aqui tratado. Além disso, observa-se um déficit no que diz respeito aos equipamentos auxiliares.

Lembrando que operações de contenção e recolhimento são compostas de várias etapas e conjuntos de equipamentos interdependentes, se um dos fatores falhar, toda a operação é comprometida, o que significa que para uma resposta eficaz todos os itens devem estar conformes.

Apesar de não mencionadas no PEI, enquanto a resolução CONAMA 398/2008, no item 3.4 do seu Anexo I, determina que "*deverão estar relacionados os equipamentos e materiais de respostaa incidentes de poluição por óleo (...) A relação deverá conter tanto os equipamentos e materiais pertencentes à instalação quanto aqueles contratados de terceiros, em particular de organizações prestadoras de serviços de resposta a incidentes de poluição por óleo*", há embarcações não dedicadas nas proximidades que, no caso de necessidade para resposta a emergência, devem ser requisitadas, devendo a prioridade ser dada a essas operações.

Porém, se a análise da capacidade efetiva de resposta detiver-se aos equipamentos listados no PEI, é possível afirmar que, apesar da capacidade teórica de recolhimento e da quantidade de barreiras existentes nas embarcações Oil Recovery previstas para resposta em até 12h após o acidente, não seria possível utilizá-los plenamente por falta de recursos auxiliares - **embarcações de apoio**, principalmente-, comprometendo o lançamento de barreiras e a contenção da mancha de óleo para que este seja recolhido.

Ainda que a legislação indique a necessidade de se listar todos os equipamentos que estariam disponíveis em caso de derrame, não se menciona o planejamento dos equipamentos auxiliares, mais especificamente, dos barcos para operações com barreiras de contenção.

O próprio dimensionamento da quantidade mínima de barreiras de contenção carece de detalhamento, sobretudo quando diz respeito a **como** relacionar essa quantidade à CEDRO. A legislação exige apenas que esta esteja de acordo com aquela, não provendo diretrizes para que um valor plausível seja calculado.

Outro ponto consideravelmente crítico é a capacidade de **armazenamento temporário**: o funcionamento das frentes recolhedoras depende de capacidade disponível para que a mistura óleo+águarecolhida seja armazenada até sua disposição final.

Vale lembrar que, uma vez que se tenham as embarcações Oil Recovery, estas são acompanhadas por uma tancagem mínima, por definição, capaz de suprir a necessidade de armazenamento de pelo menos um ciclo de recolhimento, para posterior alivio. No entanto, a capacidade de armazenamento temporário envolve

uma logística completa de armazenamento primário nos tanques das Oil Recovery, alivio, armazenamento secundário em tanques de demais embarcações (FPSO, FSO, navios aliviadores), disposição final e transporte entre cada etapa.

A Tabela 23nos permite concluir que, apesar de seguir os cálculos de dimensionamento sugeridos pela Resolução e de ter sido aprovada no licenciamento ambiental, a capacidade instalada descrita no PEI para resposta a derramamentos em até 12h após o acidente está aquém daquela exigida pela CONAMA.

A capacidade nominal de recolhimento (*skimmers e Oil Recovery)* e armazenamento temporário (tancagem das *Oil Recovery*) identificados no PEI são reduzidos à casa dos 35% a 40% daqueles efetivamente necessários.

5.3.2 Análise da estratégia de resposta a 36h

Para que o cenário de referência modelado seja atendido, são necessárias duas frentes de contenção e recolhimento adicionais àquelas disponibilizadas em até 12h após o derrame, cada uma com capacidade de recolhimento de, pelo menos, 200 m^3/h.

A Tabela 24compara o exigido pela legislação (A), os equipamentos que seriam necessários para o CenRef (B1), o que é indicado como de fato disponível nos equipamentos listados pelo PEI (B2) e a capacidade efetivamente necessária para atender à capacidade requerida pela CONAMA (C) para 36h após um derrame.

Tabela 24: Comparativo entre exigências legais, do cenário modelado, disponibilidade dos PEI e estrutura necessária para suprir a capacidade exigida pela CONAMA para segundo nível de resposta de descargas grandes(36h)

Situação / **Parâmetros**	**Exigido pela Legislação (A)**	**Necessário para o cenário modelado (B1)**	**Indicado como disponível no PEI[1] (B2)**	**Estrutura real mínima estimada (C)**	**Observações (Comparação entre B2 e C)**
Recolhimento (Embarcações Oil Recovery)[1]	666,7 m³/h Calculada a partir da CEDRO exigida (3200 m³), conforme apresentado na Revisão Bibliográfica (item 4.2.3)666,7=3200/(0,2 x 24) Dividida entre 2 embarcações Oil Recovery	800 m³/h Conforme modelado em Ferreira (2006): 4 Oil Recovery de 200 m^3/h cada	**700 m³/h** Conforme apresentado no PEI: **3 Oil Recovery** 250 m^3/h + 200 m^3/h+250 m^3/h	**2666,8m³/h** Calculada a partir da multiplicação da capacidade nominal de (A) pelo fator de correção 4 (666,7 x 4 = 2666,8) **8 Oil Recovery** = 8 x (666,7 /2) m³/h	Capacidade nominal subestimada a 26,2% e número de embarcações em 38%
Barreiras de Contenção	de acordo com a CEDRO	1600m Divididos em 4 conjuntos de 400m	1200m Divididos em **3 conjuntos** de 400m	3200 m Divididos em **8 conjuntos** de 400m	Subdimensionadas a 38%
Embarcações de Apoio	Não mencionado	8 embarcações auxiliares	Não mencionado	16 embarcações auxiliares	Débito de 16 embarcações auxiliares
Capacidade de Armazenamento Temporário[2]	16000 m³ 666,7 m^3/h x 24h	19200 m³ V= 800 x 24	**2505 m³**	**8000 m^3** 8 x 1000 m^3 A estrutura (operacional e logística)	Capacidade subdimensionada em 31,3% e a estrutura para aliviamento não é mencionada

[1] Conforme Tabela 20
[2]Apesar de a resolução CONAMA exigir o equivalente a 3h de operação dos recolhedores, para que haja coerência com a expressão (1) , que relaciona a CEDRO com a capacidade nominal horária, esta deve ser multiplicada por 24. A coluna C, no entanto, considera as atividas descontínuas de recolhimento e o fato de que os navios são descarregados a cada 3h.

O PEI indica que, caso haja necessidade, os recursos do CDA BC podem ser utilizados para respostas neste nível. Este Centro de Defesa possui, de fato, alguns equipamentos adicionais, como tanques de armazenamento, ainda que não representem aumento significativo na capacidade de tancagem, se comparados com a capacidade fornecida pelos tanques das embarcações Oil Recovery, de navios aliviadores e de FPSO próximas. Entretanto, não são listadas embarcações

OilRecovery, que constituem o elemento-chave para um real incremento na capacidade de resposta.

Em outras palavras, se há um débito na capacidade nominal de recolhimento, esta deve primeiro ser suprida e ter atendida a necessidade da estrutura complementar e de apoio, o que não ocorre neste caso. Os equipamentos adicionados a 36h não suprem os débitos existentes a 12h e muito menos alcançam o exigido pela legislação.

A capacidade efetivamente necessáriaainda requer o dobro de frentes de formação que o cenário modelado – 8 Oil Recovery em (C) e 4 em (B1)-, com capacidades de recolhimento ainda maiores – 333,33m³/h por frente de recolhimento em (C) e 200m³/h em B1. Se o cenário modelado(B1) já não é atendido com os equipamentos listados no PEI para 36h, a capacidade instalada – fornecida pelo PEI (B2) - está muito aquém à de fato necessária para se atingir a CEDRO requerida. Em termos quantitativos, identifica-se no PEI menos que 30% da capacidade de recolhimento realmente necessária.

Esse subdimensionamento, da mesma forma que no caso do nível TN1 (<12h) vem do fato de que, na prática, são necessárias frentes “backup” ou redundância de equipamentos de contenção e recolhimento, devido à característica cíclica e não contínua dessas operações, esquematizada naTabela 22.

Conclui-se da Tabela 24 que com os equipamentos disponíveis em 36h não é possível colocar em prática o cenário modelado (4 frentes de recolhimento). Além disso, a estrutura formada por esses equipamentos está aquém da mínima necessária para atender os níveis de resposta exigidos pela CONAMA, onde a capacidade nominal do recolhimento (*skimmers + Oil Recovery)* e o armazenamento temporário (tancagem dos *Oil Recovery)* identificados no PEI, encontram-se reduzidos à casa dos 25% a 30% daqueles efetivamente necessários para resposta a 36h.

5.3.3 Análise da estratégia de resposta a 60h

Para que o cenário de referência modelado seja atendido, são necessárias 3 frentes de contenção e recolhimento adicionais àquelas a seremdisponibilizadas em até 36h após o derrame, cada uma com capacidade de recolhimento de, pelo menos, 200 m^3/h caso o previsto para 36h estivesse verdadeiramente disponível, totalizando 7 frentes de contenção/recolhimento.

A tabela 25 compara o exigido pela legislação (A), os equipamentos que seriam necessários para o CenRef (B1), o que é indicado como de fato disponível nos equipamentos listados pelo PEI (B2) e a capacidade efetivamente necessária para atender à capacidade requerida pela CONAMA.

Como para 60h é planejado se utilizar recursos de todos fornecedores com os quais a empresa possui acordos de cooperação, os equipamentos para composição deste

quadro foram retirados diretamente doanexo do PEI II.3.4-5 – Equipamentos e Materiais de Resposta, que teoricamente lista todos os recursos disponíveis. Foram levados em conta, porém, apenas aqueles equipamentos sem restrição de uso ou quesão efetivos para operações em alto mar, já que estamos tratando de operações offshore.

Sendo assim, equipamentos limitados à operação em águas calmas não foram levados em consideração para composição dos quadros e tabelas de comparação, ainda que 60h após o derrame a pluma possa estar relativamente próxima da costa (não configurando necessariamente operações em alto mar) e que, na realidade, é muito provável que operações de proteção do litoral sejam priorizadas face à contenção e recolhimento. É muito raro se encontrar condições de mar calmo durante tempo suficiente para que se parta desse princípio para planejar estratégias de contenção e recolhimento.

Tabela 25: Comparativo entre exigências legais, do cenário modelado, disponibilidade dos PEI e estrutura necessária para suprir a capacidade exigida pela CONAMA para terceiro nível de resposta de descargas grandes (60h)

Situação **Parâmetros**	**Exigido pela Legislação (A)**	**Necessário para o cenário modelado (B1)**	**Indicado como disponível no PEI[1] (B2)** **Astro Enchova Astro Guaricema DSND Marabá CDA BC e demais CDA`s + CCA**	**Estrutura mínima real estimada (C)**	
Recolhimento (Embarcações Oil Recovery)[2]	1333,33 m³/h Calculada a partir da CEDROexigida (6400 m³), conforme apresentado na Revisão Bibliográfica (item 4.2.3) : 1333,33 =6400/(0,2 x 24) Dividida entre 4 embarcações Oil Recovery	1400 m³/h Conforme modelado em Ferreira (2006): 7 Oil Recovery de 200 m³/h cada	**1000 m³/h** (distribuídos em **6Oil Recovery** de diferentes capacidades de recolhimento)	**5333,28m³/h** Calculada a partir da multiplicação da capacidade nominal de (A) pelo fator de correção 4: (1333,33 x 4 = 5333,28) **16 Oil Recovery** = 16 x 333,33 m³/h	Capacidade nominal subestimada a 18,75% e número de embarcações em 37,5%
Barreiras de Contenção	de acordo com a CEDRO	2800m Divididos em **7 conjuntos** de 400m	> 8400m Divididos em mais de**21 conjuntos** de 400m	6400 m Divididos em mais de**16 conjuntos** de 400m	Barreiras suficientes para formação de mais de 16 frentes de contenção[3]
Embarcações de Apoio	Não mencionado	14 embarcações auxiliares	**2 embarcações auxiliares**	**32 embarcações auxiliares**	Débito de 30 embarcações auxiliares
Capacidade de Armazenamento Temporário	32000 m³ 1333,33 m³/h x 24h	33600 m³ V= 1400 x 24	**3554,7 m³**	**16000 m³** 16 x 1000 m³ A estrutura (operacional e logística)	Capacidade subdimensionada a 22,2% e a estrutura para aliviamento não é mencionada

[1]Equipamentos disponíveis em 36h (incluindo CDA BC) + CDA RJ+CDA SP+CCA. Os equipamentos adicionadosa 60h do derrame, relevantes para esta análise, estão resumidos na Tabela 26.
[2]Apenas embarcações Oil Recovery são contabilizadas. Há, porém, uma capacidade muito maior e mais variada em termos de recolhedores , considerados indisponíveis na ausência de embarcações adequadas para seu lançamento e operação.
[3]Considerando os 400m de barreiras do mesmo tipo e adaptados ao óleo e ambiente.

Tabela 26: Equipamentos adicionais para estratégias de contenção e recolhimento disponíveis em mais de 36h e em até 60h após o derrame

Fonte	**Equipamentos**
CDA RJ	2 embarcações oilrecovery (Cn=2x100m³/h) 1055 m de barreiras, distribuidas em 5 tipos e comprimentos diferentes 1 barco auxiliar 135 m³ armazenamento (tanque flutuante sem restrição)
CDA SP	1 embarcação oilrecovery (Cn=100m³/h) 14345 m de barreiras, distribuidas em 3 tipos e comprimentos diferentes 1 barco auxiliar 290 m³ armazenamento (tanque flutuante sem restrição)
CCA	4788 m de barreiras, distribuidas em 3 tipos e comprimentos diferentes 624,7m³ de capacidade de armazenamento temporário (tanque para mar aberto)

No caso do nível TN3 (< 60h) a insuficiência da capacidade de recolhimento apresenta-se independentemente de se considerar operações cíclicas: as capacidades nominais horárias apresentadas no PEI (B2) já são insuficientes para que a CEDRO requerida seja alcançada (colunas C e B2 daTabela 25).

A questãonão é apenas a ausência de recolhedores, disponíveis em maior abundância quando se considera recursos de todos os Centros de Resposta possíveis, como o CCA e os CDA de outros estados, como pode ser verificado na lista doanexo do PEI II.3.4-5 – Equipamentos e Materiais de Resposta, mas a insuficiência de embarcações Oil Recovery, uma vez que a capacidade de recolhimento dos skimmers só pode ser considerada se houver material auxiliar para operá-los.

Na prática, é provável que essas embarcações estejam disponíveis, sobretudo por estarmos tratando do terceiro dia de resposta a derrames grandes, sendo plausível contar com recursos vindos de regiões mais distantes e fornecedores diversos. Esses equipamentos, porém, não constam claramente no PEI, não sendo possível afirmar o que de fato pode ser feito.

Considerando apenas os equipamentos listados no PEI, não é possível atingir a capacidade modelada para 60h por insuficiência deembarcações Oil Recovery, de embarcações de apoio para lançamento e operação de barreiras de contençãoe de capacidade de armazenamento temporário.

A partir da Tabela 25 conclui-se que a capacidade nominal de recolhimento (*skimmers* eembarcações *Oil Recovery*) e de armazenamento temporário (tancagem

das embarcações *Oil Recovery)* identificados no PEI encontram-se reduzidosà casa dos 20% daqueles efetivamente necessários para a resposta a 60h.

5.4 Observações e Considerações

A partir da discussão acerca da real capacidade de resposta a derramamentos de petróleo e derivados na costa capixaba, algumas observações podem ser feitas, tanto em relação à legislação vigente - representada pela resolução CONAMA 398/08, que é tomada como guia para planejamento das estratégias de resposta - como em relação à forma como as empresas têm se posicionado no contexto – representada pelas informações sobre equipamentos e materiais de resposta contidos nos PEI.

Essas considerações são listadas a seguir separadamente (legislação e PEI) apenas para fins didáticos. Vale ressaltar, porém, que a maioria dos pontos fracos dos Planos de Emergência em relação à estrutura para atender a derrames vem de falhas na legislação que dão margem a esse problema, dessa forma, as considerações não podem ser tratadas isoladamente.

Lembrando que os PEI estudados foram aprovados pelo órgão ambiental quando do requerimento da LO. Observa-se o que pode ser uma inconsistência entre o que é prescrito pelo órgão deliberativo/consultivo (CONAMA) e a interpretação aceita pelo órgão executivo (IBAMA), responsável por aprovar e fiscalizar a proposta de atendimento da legislação por parte das empresas.

5.4.1 Quanto à legislação

A principal lacuna deixada pela legislação é quanto ao dimensionamento da **estrutura** de resposta. A CONAMA refere-se ao *"Dimensionamento da **capacidade** de resposta"*, utilizando a CEDRO (Capacidade Efetiva Diária de Recolhimento de Óleo) como parâmetro, mas não detalhando diretrizes para o dimensionamento de como se atingir essa capacidade.

Muito pelo contrário, os cálculos e comentários da forma como são apresentados nos anexos referentes a dimensionamento, não só são superficiais como dão margem a interpretações, que levam ao subdimensionamento da estrutura necessária para que se supra a capacidade de recolhimento de óleo requerida.

Além disso, enquanto existem outras estratégias de resposta (dispersão, queima in situ, proteção do litoral), a legislação parte de um parâmetro inerente a um único tipo de estratégia (recolhimento) que, na prática, não é o mais utilizado, por limitações operacionais.

No caso de um derrame de grande escala, raramente operações de contenção e recolhimento resultam na remoção de uma parcela maior que 10-15% do óleo derramado (ITOPF, 2006). Isso se dá pelas várias limitações e especificidades

desse tipo de estratégia, como exposto em “4.3.2- Principais estratégias de resposta a derramamentos de petróleo e derivados”.

A Tabela 27traz observações específicas com relação ao que a CONAMA apresenta para cada estratégia ou material considerado. Detalhes do que é requerido pela CONAMA estão em “4.2.3A Resolução CONAMA 398/08”.

Tabela 27: Considerações acerca das orientações da resolução CONAMA 398/08 com relação às estratégias de resposta a derramamentos

Material	**Considerações**
Barreiras para contenção	É sugerido que o dimensionamento de barreiras se faça de acordo com a CEDRO. A capacidade de recolhimento, no entanto, depende da quantidade de óleo confinado. E não é apresentado nenhum tipo de relação entre comprimento de barreira, quantidade de óleo contido (o que depende também da espessura da mancha de óleo contida, não apenas da área circundada pelo boom) e da capacidade real de recolhimento de óleo por um skimmer. Além disso, o comprimento de barreiras também está sujeito à possibilidade de operação – barreiras muito longas podem se quebrar mediante a fortes correntes, por exemplo. Há uma vasta gama de diferentes tipos de barreiras e de características que as tornam específicas para diferentes tipos de óleo/ ambiente, como exposto em “4.3.2-Principais estratégias de resposta a derramamentos de petróleo e derivados”e isso não é sequer mencionando na resolução, quando são fatores de extrema importância para que a contenção de óleo possa ser efetiva.
Recolhedores	São apresentados valores mínimos de **óleo** recolhido por dia para determinados níveis de acidente. No entanto, a fórmula apresentada para o “C*álculopara estabelecimento de equipamentos relacionados a essa capacidade”* (CEDRO = 24 . Cn . fe) dá margem para que se afirme que apenas um recolhedor de capacidade nominal Cn, trabalhando 24h/dia com uma efetividade fe = 20% no máximo (CONAMA, 2008) é capaz de suprir a demanda de recolhimento de óleo necessária. Como foi exposto neste trabalho, esse cálculo não é tão simples e negligencia importantes aspectos operacionais, físicos e logísticos. Ainda que se limite a capacidades nominais comerciais (por exemploCn=200m³/h, como se costuma fazer nos cálculos de dimensionamento de equipamentos nos PEI’s), não se pode afirmar que um único recolhedor de capacidade Cn corresponde uma CEDRO obedecendo à

	relação proposta na resolução.

Armazenamento Temporário	A legislação apenas menciona uma capacidade de armazenamento equivalente a 3h de operação do recolhedor, sem atentar ao fato de que o atendimento a essa exigência isoladamente pode levar ao subdimensionamento da tancagem e, conseqüentemente, à não eficácia de operações de contenção e recolhimento, que estariam limitadas a uma capacidade de armazenamento aquém da realmente necessária. É imprescindível que aspectos logísticos de descarregamento de tanques sejam previstos ou que um volume maior de tancagem seja disposto. A própria resolução fala de capacidade de recolhimento de óleo **diária (24h)** e tratatancagem em uma escala temporal de **3h –** 8 vezes menor – sem detalhar como isso seria possível. Essa discussão é detalhada no Apêndice "Discussão acerca dos ciclos de operação das frentes de contenção/recolhimento"
Dispersão	Quanto ao uso de dispersantes químicos, o leitor é remetido a uma resolução específica para o assunto, o que é muito interessante e pode ser tomado como exemplo para o caso das demais estratégias. Já a dispersão mecânica praticamente não é detalhada, apesar de se exigir justificativas "*do dimensionamento da quantidade de equipamentos e embarcações a serem utilizados e o tempo para disponibilidade desses recursos",* sem melhores diretrizes.
Absorventes	O dimensionamento da quantidade de absorventes faz referência ao de barreiras, apenas ou pede-se "*quantidade compatível com aestratégia de resposta apresentada"*, sem mais detalhes, deixando o leitor sem subsídios reais para cálculo de estrutura necessária.

Outra lacuna são os equipamentos auxiliares. Tão importante quanto os equipamentos principais ligados às estratégias de resposta (barreiras, recolhedores e dispersantes), são os equipamentos que comporão a "frente de estratégia". Por exemplo, sem barcos auxiliares para lançamento de operação de barreiras e skimmers estes são inutilizáveis. O mesmo ocorre com a estrutura de apoio logístico para descarregamento dos tanques de armazenamento temporário e com os sistemas de aplicação de dispersantes. Sem esse tipo de material as equipes de resposta a emergência estão de mãos atadas e a capacidade de resposta é nula.

Sendo assim, a legislação peca em não detalhar, ou mesmo fazer menção ao conceito de "frentes de operação em cada estratégia", que incluam, não só o material necessário para que uma opção de resposta posta ser posta em prática, como a forma com a qual os diferentes equipamentos devem se inter-relacionar.

Por exemplo, a ideia de frentes de contenção e recolhimento, tratada noApêndice

“Discussão acerca dos ciclos de operação das frentes de contenção/recolhimento”deixa claro que para realizar uma operação desse tipo é necessário se manter uma proporção e coerência entre tipos de embarcações lançadoras de barreiras, embarcações *Oil Recovery*– com tancagem suficiente em cada embarcação, não sendo possível somar capacidades de armazenamento–recolhedores compatíveis e logística operacional. Nesse trabalho, utilizou-se frentes de contenção do tipo U (2 embarcações para barreiras, barreiras, 1 *OilRecovery*), mas há outros tipos de formação a serem exploradas.

Outro ponto interessante sobre o qual deve-se levantar discussão é a forma com a qual os acidentes são nivelados pela CONAMA. A partir de 200m³ derramados, a descarga não é mais classificada como média deve ser tratada como descarga de pior caso, de acordo com estratégias apresentadas. Essas estratégias, porém, são as mesmas para descargas muitas vezes maiores (a ordem de grandeza da descarga de pior caso para Jubarte, o campo trabalhado nesta pesquisa, é de 300 000m³). Tem-se, portanto, uma legislação que trata da mesma forma acidentes de ordem de grandeza muito diferentes, o que, do ponto de vista logístico, operacional e físico, é prejudicial, uma vez que uma quantidade de divisão maior de níveis permite maior detalhamento e direcionamento de estratégias específicas para cada tipo de acidente.

Também, no que diz respeito a pequenos vazamentos, a importância de se tratar bem destes, sobretudo quando se considera sua frequência maior de ocorrência, pode ser subestimada, provavelmente porque há uma menor pressão da mídia nesses casos. A legislação dá margem, por exemplo, para que se aplique dispersão mecânica como estratégia para descargas de até 8000 m³, é tanto que, nesse caso,o PEI prevê a utilização da dispersão mecânica, uma vez que as modelagens de deriva de mancha de óleo indicam que o óleo não atingirá a costa ou área sensível em algumas dezenas de horas, pois o a unidade irá operar em uma locação offshore, em águas profundas e distante da costa.

O operador ainda informa, no mesmo documento, que *o incremento do benefício obtido com a aplicação da técnica de recolhimento sobre a dispersão mecânica é pouco significativo em situações de descargas pequenas.* Ainda assim, afirma-se que, caso seja possível, as estratégias de contenção e recolhimento do óleo serão privilegiadas.

Fica claro com a leitura desses trechos que a resposta a pequenos e médios derrames não é tratada com muita rigidez: não fica claro que tipo de estratégia será de fato utilizado (dispersão mecânica ou contenção e recolhimento). Ainda assim, o argumento para se utilizar dispersão mecânica ao invés de contenção e recolhimento é um tanto vago.

Vale lembrar que descargas pequenas podem permitir um maior rendimento em termos de recolhimento, já que uma porcentagem maior do volume derramado pode ser coberta por frentes de contenção erecolhimento e a resposta é prevista para acontecer em menor tempo (2h -6h), enquanto o óleo ainda não se espalhou ou intemperizou e a espessura da pluma é maior, aumentando o rendimento dos skimmers.

Um último ponto, porém não menos importante, é a exigência do tempo mínimo de disponibilidade dos recursos de resposta para descargas maiores: não está claro que, para volumes maiores que 200m³, é necessário que haja algum tipo de recurso disponível antes de 12h.

Mesmo que na prática a resposta possa ser iniciada o quanto antes, isso não é claramente exigido por lei, que dá uma margem para início tardio de respostas, o que pode configurar um fator importantíssimo para diminuição da efetividade das estratégias de resposta; praticamente todas elas perdem eficiência muito tempo após o derrame.

A Figura 23 exemplifica esse fato, deixando claro como a eficiência do recolhimento diminui com o aumento do tempo de resposta.

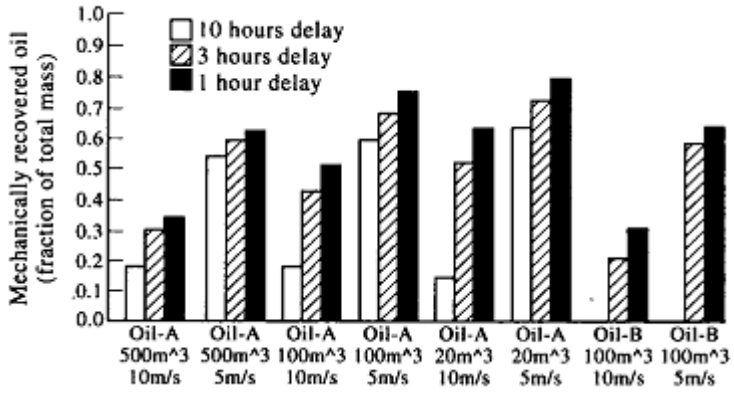


Figura 23: Óleo recolhido em relação ao óleo derramado para diferentes níveis de descarga com diferentes tempos de resposta (Reed, 1995)

5.4.2 Quanto aos PEI

Devido a algumas lacunas na legislação, os PEI apresentam pontos fracos que podem prejudicar a efetividade de respostas a acidentes.

Alguns desses pontos são reflexos claros da falta de detalhes com relação ao dimensionamento da estrutura de respostas. Outros, como é o caso da não identificação de todos os recursos disponíveis para formar as frentes de emergência, configuram inconformidades com a CONAMA. Apesar disso, os documentos foram aprovados pelo órgão licenciador.

Abaixo, estão listadas observações pertinentes aos Planos de Emergência Individual, no que diz respeito a estrutura para resposta a derrames.

- Alguns equipamentos complementares são previstos, mas não identificados, contrariando o que a CONAMA398/08 exige no item 3.4 do seu Anexo I.

- As capacidades fornecidas pelos PEI estão aquém do exigido pela legislação, mesmo se supusermos que os equipamentos auxiliares são suficientes e adequados e atendo-nos ao número de embarcações Oil Recovery.

Tomando uma descarga de pior caso 12h (TN1) após o derrame e comparando o volume de óleo recolhido em um dia:

A Legislação exige (1)	**O PEI propõe (2)**	**O PEI entrega, de fato (3)**
1600 m³ [valor da CEDROVpc; 12h (CONAMA, 2008)]	2160 m³ (450 m³/h [das Embarcações Astro Guaricema e DNSD Marabá] x 0,2 x 24h (CONAMA, 2008))	540 m³ (450 m³/h x 0,2 x 6h (período real de recolhimento diário, considerando os ciclos de recolhimento detalhados no Apêndice "Discussão acerca dos ciclos de operação das frentes de contenção/recolhimento"

Dividindo (3) por (2), tem-se 0,25

Sendo assim, o PEI entrega de fato apenas 25% do que a legislação exige, em termos de recolhimento diário de óleo, para uma descarga de pior caso nível TN1, devido à não consideração de limitações operacionais da estratégia de contenção e recolhimento.

Este é apenas um exemplo e, considerando que o mesmo raciocínio foi usado para o cálculo dos equipamentos de outros níveis, estes também são sub-dimensionados na mesma proporção, ou maior.

Vale lembrar que estamos analisando apenas os valores de capacidade de recolhimento, sem considerar as limitações oriundas da falta-ou incoerência - de equipamentos e materiais auxiliares que, como já foi dito anteriormente, não são nomeados , identificados claramente, no Plano de Emergência.

6 Conclusão

Os estudos realizados para este trabalho, bem como as discussões levantadas e observações e considerações apresentadas levam-nos a concluir que existem lacunas na resolução CONAMA 398/08, que determina valores mínimos de recolhimento diário de óleo, mas não fornece detalhes quanto à estrutura necessária para que se consiga suprir essa demanda: como calculá-la, que equipamentos são necessários para compô-la, quais tipos de materiais e equipamentos se aplicam para diferentes tipos de óleo ou condições ambientais, etc.

Como conseqüência, sobretudo no que diz respeito a estratégias de contenção e recolhimento de óleo, a estrutura de resposta mostra-se subdimensionada e a níveis críticos, chegando a menos de 20% da capacidade necessária para as quantidades de recolhimento determinados pela legislação federal sejam supridas com os equipamentos apresentados como disponíveis nos PEI. Embarcações *Oil Recovery*, *skimmers*, barreiras de contenção, barcos de apoio e estrutura de armazenamento temporário apresentam-se em quantidade inferior à necessária.

Isso advém de desconsiderações de limitações físicas e operacionais das frentes de contenção e recolhimento. Tal forma de raciocínio leva a uma subestimativa da quantidade de equipamentos necessários na prática aceita pelo órgão ambiental quando apresentada nos PEI. Esse problema, por ser em parte devido à metodologia de planejamento da estrutura necessária para uma resposta efetiva, aceita pelo órgão ambiental quando da aprovação das LO, pode ser estendido a nível nacional, já que a legislação que rege os Planos de Emergência Individuais e o órgão responsável por sua aprovação são os mesmos para todo o País.

Isso alerta para o que pode ser uma falta de sintonia entre as instâncias ambientais no Brasil: ao mesmo tempo em que os PEI podem estar neglicenciando o que de fato é exigido pela CONAMA, estes planos são analisados e aprovados pelo órgão ambiental.

Pode-se concluir que, no caso de um derrame de grandes volumes de óleo, seja na costa capixaba, seja em outras áreas de produção offshore no Brasil, a estrutura disponibilizada e a logística proposta podem não ser suficientes para uma resposta efetiva em termos de contenção e recolhimento de óleo, o que é consequência de uma legislação que apresenta falhas, como exposto, e que portanto pode e deve ser revista.

7 Recomendações

- Buscar um fator de correção na definição da CEDRO, a exemplo do fator 4 aqui utilizado, que considere as limitações físicas e operacionais. Para tanto, deve-se reanalisar o número de horas de operação diária, considerando um valor mais próximo da realidade.

- Tratar também a estratégia de dispersão mecânica e/ou química a nível de dimensionamento da estrutura de resposta na legislação e promover maior detalhamento no que diz respeito ao dimensionamento da estrutura de resposta, incluindo a "eficiência qualitativa"dos equipamentos (adequação dos equipamentos ao tipo de óleo e condições meteorológicas) e disponibilizar referências mais completas para o cálculo da quantidade de barreiras e sua real relação com a CEDRO

- Buscar um fator de dimensionamento para a distribuição de recolhedores - pontos de recolhimento e números de recolhedores necessários, não tratar apenas de uma capacidade total de recolhimento – considerando a área total da mancha passível de recolhimento e a área limite de atuação e operação de uma frente de recolhimento.

- Repensar o requisito legal e regulamentar a separação óleo-água diante da operação de recolhimento - assim como é previsto o descarte de água oleosa pela MARPOL 73/78 após separação, desde que a interface não estejaa menos de 1,5m do ponto de descarte – para permitir que com esta operação se diminua a carência de armazenamento temporário.

- Reavaliar os parâmetros de capacidade de resposta, considerando outras estratégias além do recolhimento do óleo – atualmente a legislação baseia-se apenasna CEDRO - , como dispersão, proteção do litoral, queima no local, etc. Não foram encontradas referências internacionais que tratem requerimentos de capacidade mínima de resposta em termos equivalentes à CEDRO. A experiência de outros países no que diz respeito à regulamentação do combate a derrames de petróleo pauta-se muito mais na organização e orientação quanto ao que é possível ser feito do que em exigências quantitativas baseadas em uma determinada estratégia de resposta.

- Escalonamento dos acidentes, sobretudo descargas grandes, em mais níveis, para que se possa planejar respostas mais direcionadas

- Revisitar os Planos de Emergência Individuais (PEI) no que se referem ao dimensionamento de equipamentos necessários para atender a CEDRO, considerando as limitações físicas e operacionais.

Um ponto que não foi discutido neste trabalho, mas que merece destaque, é a necessidade de se analisar a estrutura de resposta por área de influência. Mesmo que o PEI supra, individualmente, a capacidade de resposta requerida pela CONAMA, os equipamentos disponibilizados para instalações de áreas próximas são os mesmos. Ou seja, caso ocorra mais de um acidente ao mesmo tempo, a estrutura poderia estar seriamente comprometida.

8 Referências Bibliográficas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, (2007). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** Petróleo. Cap7. Brasilia, 2007. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/07-Petroleo(2).pdf>.Acesso em 20/06/2012

Barnea, (sem data). **Health and Safety Aspects of In-situ Burning of Oil**. National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA, Seattle, USA (sem data). Disponível em: http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/health-safety-ISB.pdf. Acesso em 24/06/2012

CALIXTO, E., (2011). **Contribuições para Plano de Contingência para derramamento de petróleo e derivados no Brasil**, 2011. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

CEDRE, (2006). **Mieux comprendre les marées noires**.CEDRE e TOTAL, 2006. Disponível em http://www.marees-noires.com/index.php?chapitre=chap_3&menu=c2. Acesso em 20/06/2012

CEDRE, (2012). **Dispersants**. Spill Response, 2012. Disponível em: http://www.cedre.fr/en/response/dispersant.php. Acesso em 24/06/2012

CETESB, (2011).**Gerenciamento de Riscos.** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-riscos/Vazamento%20de%20Oleo/227Conten%C3%A7%C3%A3o%20e%20Remo%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 24/06/2012

CHEVRON, (2006). **Plano de Resposta a Emergência**. Atividade de Produção de Petróleo Campo de Frade, Bacia de Campos. Revisão 00, setembro de 2006.

CIA – Central Intelligence Agency, (2011). **The World Factbook,** 2011, Disponível em < https://www.cia.gov/library/publications/the-world factbook/rankorder/2174rank.html>. Acesso em 20/06/2012

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

CONAMA, (2001). CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Brasília, Brasil. **Resolução Nº 293, de 12de dezembro de 2001.** Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo, originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem comosuas respectivas instalações de apoio,e orienta a sua elaboração. ANEXO III – Critérios para o Dimensionamentoda Capacidade Mínima de Resposta. 14pp. DOU 29/04/2002.

CONAMA, (2008). CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Brasília, Brasil. **Resolução Nº 398, de 12de junho de 2008.** Revoga a Resolução CONAMA no 293/01. 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. ANEXO III – Critérios para o Dimensionamentoda Capacidade Mínima de Resposta. 14pp. DOU 29/04/2002.

CPVV, (2012).Companhia Portuária de Vila Velha, site. Disponível em <http://www.cpvv.com.br/>. Acesso em 24/06/2012.

DESMI Ro-Clean. **Catálogo de Equipamentos**, 2006. Disponível em http://www.desmi.com/pumps.aspx. Acesso em 24/06/2012

EPA, (1999).**Understanding Oil Spills and Oil Spill Response**, 1999. The Behavior and Effects Of Oil Spills In Aquatic Environments. EPA Office of Emergency and Remedial Response, 1999.Disponívelem http://www.epa.gov/oem/docs/oil/edu/oilspill_book/chap1.pdf Acessoem 20/06/2012

Esso Chad/Cameroon, (2010). **Shoreline Protection,** General Oil Spill Response Plan, 2010. Disponível em: http://www.essochad.com/Chad-English/PA/Files/Sect09.pdf. Acesso em 24/06/2012

Exxon Mobil. **OilSpill Response Field Manual**, 2008. EUA, 2008.

FERRÃO, C. M. **Derramamentos de óleo no mar por navios petroleiros,** 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação Executiva em Meio Ambiente). COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

FERREIRA, J. P., (2006). **Análise de estratégias de resposta a derramamento de óleo pesado no litoral do Espírito Santo utilizando modelagem computacional,** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Centro Tecnológico, UFES, Vitória, 2006.

FONSECA, S. A. R., (2009). **Análise de estratégias de contingência ao derramamento de óleo: estudo de caso do campo de Golfinho, Espirito Santo – Brasil,** 2009. Monografia (Bacharel em Oceanografia). CCHN, UFES, Vitória, 2009.

Global Response Network, (2008). Informações sobre membros, 2008. Disponível em: http://www.globalresponsenetwork.org/members.htm#cca> Acesso em 24/06/2012

IMO – **Manuel sur la Pollution par les Hydrocarbures** – Section IV – Lutte contre des déversements d'Hydrocarbures, Londres, 2005

INAC, **Guidelines for Spill Contingency Planning**, Water Resources Division Indian and Northern Affairs Canada, 2007

IstoéDinheiro, (2010). **BP: uma empresa manchada numa indústria segura,** 2010. Disponível em < http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/22249_BP+UMA+EMPRESA+MANCHADA+NUMA+INDUSTRIA+SEGURA> Acesso em 20/06/2012

IstoéDinheiro, (2012). **MME: Participação de petróleo cairá na matriz energética**, 2012. Disponível em <http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/77393_MME+PARTICIPACAO+DE+PETROLEO+CAIRA+NA+MATRIZ+ENERGETICA> Acesso em 20/06/2012

ITOPF, (2010).**Alternative Techniques**, Spill Response.ITOPF, 2010. Disponível em: <http://www.itopf.com/spill-response/clean-up-and-response/alternative-techniques/>. Acesso em 24/06/2012

ITOPF. **TechnicalInformationPapers**. UK, 2011. Disponível em www.itopf.com. Acesso em 24/06/2012

LEIONE, G. C., (2010). **Lógica Fuzzy para modelamento e auxílio no processo de tomada de decisão em caso de derrame de óleo no mar**, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Centro Tecnológico, UFES, Vitória, ES, 2010.

MMA. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos humanos. MMA, 2002.

MONTEIRO, A. G., (2003). **Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo – O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE.** Tese (Doutorado em Planejamento Energético e Ambiental), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

MORETZ-SOHN, C. D.; CAVALCANTE, J. P. S.; BITTENCOURT, L. P., (2012).**Glossário de Oceanografia abiótica**. LABOMAR, UFC, Fortaleza, 2010.

NOAA, (2012). **Insitu Burning**. Office of Response and Restauration, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2012.Disponível em: <http://response.restoration.noaa.gov/ISB>. Acesso em 24/06/2012.

NOAA, (2012).**Open-water Response Strategies: In-situ Burning**. Oil Spill - Behavior, Response and Planning, National Oceanic and Atmospheric Administration, 1997.Disponivel em: http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/open-waterresponse_ISBatPST_1997.pdf.Acesso em 24/06/2012

NOBE, (1993).**In Situ Burn (ISB) Emissions Comparisons**. Environment Canada, .National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA, 1993.Disponivel em<http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/resources/in-situ-burn-emissions-comparisons.htm> Acesso em 24/06/2012

NUNES, A. L., (2007). **Determinação das marés meteorológicas na região da Baía do Espírito Santo e sua influência na drenagem de águas**

continentais,2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Centro Tecnológico, UFES, Vitória, ES, 2007.

OLIVEIRA, T.C.R.; PETERMANN, R.M.; KLEIN, A.H.F., (2007). **Determinação do Indice de Sensibilidade do Litoral (ISL) ao derramamento de óleo, para região sudeste e sul do estado de Santa Catarina.**XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR, Florianópolis, 15 a 19 de abril de 2007.

ONIP – Organização Nacional da Indústria do Petróleo, (2011). **Glossário Online**, 2011. Disponível em <http://www.onip.org.br/main.php?idmain=informacoes&mainpage=Mini_Glossario.htm> Acesso em 24/05/2012.

PERENCO, (2009). **Plano de Emergência Individual**. Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima na área geográfica dos blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 E 41. Revisão 00, dezembro de 2009.

PETROBRAS, (2008). **Plano de Emergência Individual.**Estudo Complementar do Piloto de Produção no Campo de Cachalote. Relatório Técnico. Revisão 00, fevereiro de 2008.

PETROBRAS, (2009). **Plano de Emergência Individual.** Estudo para a fase de LI e LO da fase 2 de Jubarte, Bacia de Campos. Revisão 00, maio de 2009.

PETROBRAS, (2010). Estudo para Licença de Instalação. Piloto de Produção do Pré-sal de Baleia Azul, Bacia de Campos. Revisão 00, novembro de 2010

PETROBRAS, (2011). **Pré-sal: Respostas ao Estadão**. Blog Fatos e Dados., 20/02/2011. Disponível em: <http://fatosedados.blogspetrobras.com.br/2011/02/20/>. Acesso em 24/06/2012.

PIMENTEL, F. P. **Análise de estratégias de respostas a derramamentos de óleo no campo de Golfinho (ES – Brasil) utilizando o modelo Oscar,** 2007. Monografia (Bacharel em Oceanografia). CCHN, UFES, Vitória, 2007.

PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, UNEP, em inglês), (2011)– **EvaluationenvironnementaledupaysOgoni**, ONU, 2011. Disponível em:http://www.unep.org/dnc/Portals/155/countries/nigeria/press_release_ogoniland_fr.pdf. Acesso em setembro/2011

POFFO, I. R. F., (2000). **Vazamentos de óleo no litoral norte do estado de São Paulo: Análise Histórica (1974-1999).** Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) PROCAM, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

REED et al., 1995 REED, M., AAMO, O.M. & DALING, P. S. (1995).**Quantitative Analysis of Alternate Oil Spill Response Strategies using OSCAR**. Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 2, Nº 1, pp. 67-74.

Revista Cidades do Brasil, (2001). "**Cobrindo praticamente todo território nacional, os Centros de Defesa Ambiental da Petrobrás atuam em emergências**

e controle de acidentes". Ano V, n 68. Curitiba, 2001. Disponível em http://cidadesdobrasil.com.br/cgi-cn/news.cgi?cl=09910510009710010109811 4&arecod=19&newcod=403. Acesso em 24/06/2012

SETA FILHO, (2009). **Working in sensitive/remote locations**, ITOPF / TranspetroSeminar, Rio de Janeiro, Brazil, 2009. Disponível em: http://www.itopf.com/information-services/publications/papers/rio.html. Acesso em 24/06/2012

SOUZA FILHO, A. M., (2006). **Planos Nacionais de Contingência para Atendimento a Derramamento de Óleo: Análise de Países Representativos das Américas para Implantação no Caso do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Planejamento Energético), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006

STAR.**Spill Tactics for Alaska Responders, Prevention and Emergency Response**, State of Alaska, 2006.

SZEWCZYK, S. B. O., (2006). **Processos envolvidos em um derramamento de óleo no mar**, 2006. Artigo. Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica (SEMENGO). FURG, Rio Grande, 2006.

Apêndice A

Discussão acerca dos ciclos de operação das frentes de contenção/recolhimento

A legislação exige que a capacidade de recolhimento seja, no mínimo, equivalente ao volume (água + óleo) recolhido durante 3h de funcionamento do recolhedor. Atendo-se à legislação, num caso real, possuir tancagem equivalente a apenas 3h de recolhimento, implica em transferir, de 3 em 3 horas, todo o volume recolhido para outro dispositivo de armazenamento ou de parar o recolhimento em apenas 3 horas. Por outro lado, o cálculo da CEDRO apresentado pela Resolução considera 24h/dia de funcionamento dos recolhedores. Observa-se ai uma incoerência da resolução em si mesma e, além disso, em relação ao que é de fato possível em uma situação real.

Esse argumento nos leva a três situações hipotéticas quanto ao ciclo de operação de um recolhedor e, conseqüentemente, à capacidade de armazenamento temporário necessária:

O recolhedor funciona 24h/dia e obedece ao cálculo da CEDRO sugerido pela CONAMA, nesse caso, a capacidade de armazenamento deveria equivaler a 24h recolhimento, não a 3h, sendo 8 vezes maior.

O recolhedor funciona apenas 3h e recolhe um volume equivalente à capacidade de armazenamento mínima requerida, mas não atende a CEDRO.

O recolhedor funciona em ciclos de recolhimento de 3h, considerando operações de transferência do volume recolhido dos tanques das embarcações Oil Recovery para outras embarcações ou tanques.

Ainda que não detalhados na lista de Equipamentos disponíveis, é afirmado no documento do PEI sobre Dimensionamento da Capacidade de Resposta que embarcações a serviço da Petrobras e os FPSO que operam na Área Geográfica do Espírito Santo também podem ser utilizadas como armazenamento temporário, aumentando substancialmente sua capacidade. Nesse caso, para a situação 1, a capacidade de armazenamento temporário não configuraria um fator limitante, em tese. Porém, o PEI não especifica qual seria essa capacidade incrementada pelos recursos adicionais, não sendo possível afirmar ao certo se estaria conforme com a necessidade teórica.

Dois outros pontos refutam a opção 1: a incoerência lógica com o dimensionamento de capacidade de armazenamento temporário mínimo deliberado pela legislação (3h e não 24h de recolhimento) e fatores operacionais e físicos ligados ao recolhimento em si.

Para que um recolhedor opere 24h, consideram-se operações diurnas e noturnas. Esta última é atualmente impraticável, devido questões de segurança. (referencia)

Salvo em casos de derramamento contínuo com a possibilidade de localização da fonte e concentração do óleo próximo a esta, de forma que o recolhedor seja constantemente alimentado por óleo jorrante, 24h de recolhimento contínuo em um mesmo local não faz sentido, uma vez que estamos lidando, sobretudo no caso de um derrame grande, com grandes extensões de superficiais de óleo e espessuras finíssimas. Em um tempo maior de recolhimento, o skimmer estaria bombeando praticamente apenas água e cobrindo uma porcentagem irrisória (0,1 %) da área total atingida, como demonstrado a seguir.

Para termos de exemplo quantitativo, para o volume modelado por Ferreira (2006), de 15 000 m^3, se considerarmos uma espessura de 1mm, teríamos uma área de 15 km^2 coberta por óleo.

Considerando uma frente de recolhimento formada por uma barreira de 400m, como a representada pela Figura 24, tem-se que a área varrida pela frente de recolhimento é aproximadamente igual à de uma semicircunferência de diâmetro igual a 250m:

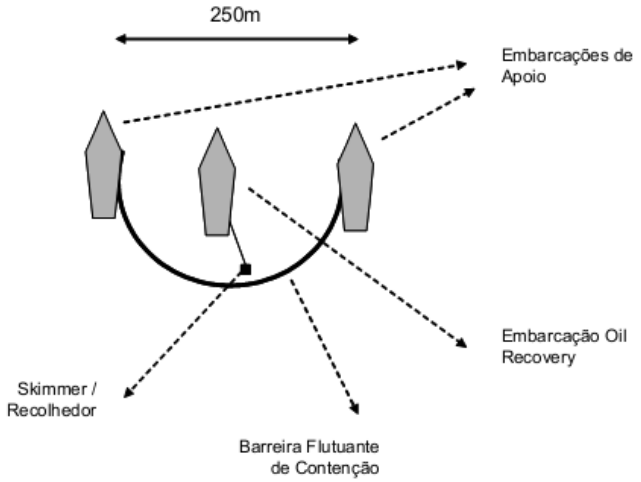


Figura 24: Esquema de frente de recolhimento em U. (Ferreira, 2006)

$$\text{Área varrida pela frente de contenção} = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{\pi 125^2}{2} = 24543{,}7\ \text{m}^2 = 0{,}02\ \text{km}^2$$

Tem-se que a área varrida corresponde a:

$$\frac{\text{Área varrida pela frente de contenção}}{\text{Área coberta pelo óleo derramado}} = \frac{0{,}02}{15} = 0{,}0013 \sim 0{,}1\%$$

Sendo assim, na prática, uma frente de recolhimento não é mantida em funcionamento contínuo durante 24h em uma mesma área.

Seria possível ainda levantar a hipótese de recolhimento contínuo, caso usassem-se frentes em constante movimento sobre a área coberta pela pluma de poluição. A probabilidade, porém, de se encontrar condições oceanográficas e meteorológicas estáveis e compatíveis com esta operação por um longo período de tempo, além de fatores relacionados às características da descarga que, em conjunto, permitam a exata localização e previsão de movimento da pluma, é praticamente nula. Outro motivo para que esta hipótese seja derrubada é a logística para armazenamento do óleo recolhido: ou seriam necessárias embarcações Oil Recovery com volumes de tancagem absurdos, apresentados na Tabela 28, onde estes são estimados entre 8 a 5 vezes maiores que a capacidade de armazenamento das embarcações Oil Recovery dedicadas da empresa apresentadas no PEI, ou um sistema de transferência contínua de mistura (óleo + água) de frentes em movimento para tanques de FPSO ou embarcações disponíveis na área, o que, logicamente, não é praticável.

Tabela 28: Capacidades de armazenamento temporário teóricas requeridas para recolhimento contínuo de óleo de uma descarga grande a nivel TN1

Base de cálculo	**Considerações**	**Capacidade de armazenamento por embarcação Oil Recovery**
CEDRO ($1600m^3$)	- cálculo baseado exclusivamente no volume total de óleo recolhido durante o dia, independente no número de recolhedores,como sugerido pela CONAMA - pode-se então, considerar, em tese, apenas uma frente de recolhimento com capacidade hipotética de suprir a CEDRO requerida - eficiência de recolhimento máxima referenciada na resolução (20%)	C = 1600 /0,2 = $8000m^3$ 8000/950[1]= 8,42
CenRef modelado por Ferreira (2006)	- cálculo baseado na estratégia de contenção e recolhimento utilizando 2 frentes, cada uma com Cn = 200 m^3/h	C= 200 x 24 = 4800 m^3 4800/950= 5,05
[1] 950 m^3 é a capacidade de armazenamento das embarcações dedicadas utilizadas pela Petrobras, usada aqui a título de exemplo para relacionar a capacidade teórica estimada com valores reais.		

Vale ainda ressaltar que, além de volumes de tancagem absurdos, esses valores foram calculados para apenas um dia de operação, sendo necessárias estratégias de descarregamento dos tanques de armazenamento temporário ainda assim, não previstas pela CONAMA ou pelo PEI, mesmo que estas sejam, na prática, levadas em consideração, segundo informado oralmente pela empresa.

Em suma, não há possibilidade de recolhimento contínuo simplesmente, com apenas um recolhedor, como os cálculos de dimensionamento de capacidade mínima de resposta apresentados pela legislação dão margem. Mais que isso, o fato de o PEI avaliado ter sido aprovado pelo IBAMA em ocasião da obtenção da LI e LO da FPSO P57 indica que são legalmente aceitáveis os cálculos de dimensionamento

apresentados pela empresa, baseados justamente nesse princípio de possibilidade de recolhimento contínuo, independente da distribuição da capacidade de recolhimento entre frentes de contenção e recolhimento, o que significa dizer que a legislação aceita como válida a hipótese de toda a CEDRO requerida ser atingida com apenas um skimmer.

A hipótese 2 é automaticamente refutada por não atender à CEDRO requerida e ser, obviamente impraticável do ponto de vista logístico e econômico: não vale a pena mobilizar toda uma estrutura de estratégia de contenção e recolhimento para operar durante apenas 3 horas.

Sendo assim, resta a hipótese 3, que considera o funcionamento não contínuo das frentes de recolhimento, em ciclos de 3h – esquematizado na tabela 29. Nesse caso, as frentes operam durante três horas, e são deslocadas sobre uma nova área da pluma de poluição. Para tanto, as barreiras são recolhidas, uma vez que, na prática, deslocar uma barreira formada tomaria muito tempo, pois é necessário respeitar velocidades máximas de reboque para que a barreira não seja rompida. Dessa forma, opta-se por desfazer a formação, recolhendo as barreiras, e direcionar as embarcações de apoio para uma nova área, a ser escolhida de acordo com características da pluma, por exemplo, onde esta é mais espessa e vale mais a pena concentrar óleo para ser recolhido.

A identificação de regiões mais espessas da pluma é feita visualmente, de acordo com o código de coloração de Bonn. A avaliação é melhor feita a partir de uma aeronave, sendo necessário prever a infraestrutura e logística de operações de vôo e comunicação para orientação das embarcações.

Enquanto as barreiras são recolhidas para serem posteriormente relançadas e os barcos realocados, os tanques de armazenamento da embarcação Oil Recovery são descarregados. Nessa operação está inclusa toda a infraestrutura e logística de localização e transporte da Oil Recovery aos locais de armazenamento intermediário (embarcações de apoio, tanques de FPSO próximas, oil bags) e dai à nova localização das frentes de recolhimento, incluindo bombas, mangotes, pessoal treinado e capacidade de armazenamento. Informações de operadores permitem afirmar que 3h é um tempo plausível para essas operações de realocação das frentes e aliviamento dos tanques de armazenamento temporário.

Tabela 29: Esquema de ciclo de operação de Contenção e Recolhimento

Horas Corridas	Tempo Gasto	Atividade
12h	1h	Emb 1 [1]– deslocamento para nova locação e lançamento do skimmer Emb2 e 3 – Lançamento de Barreira
	3h	1ª Contenção e Recolhimento
	1h	Emb 1 – Deslocamento para descarregamentoEmb 2 e 3 Recolhimento de Barreira
	1h	Emb 1 – Descarregamento Emb2 e 3 Deslocamento para nova locação
	1h	Emb 1 [1]– deslocamento para nova locação e lançamento do skimmer Emb2 e 3 – Lançamento de Barreira
	3h	2ª Contenção e Recolhimento
	1h	Emb 1 – Deslocamento para descarregamentoEmb 2 e 3 Recolhimento de Barreira
	1h	Emb 1 – Descarregamento Emb2 e 3 Deslocamento para nova locação

Pode-se concluir, então, que a opção 3 é coerente com a realidade operacional e com as limitações físicas das estratégias de contenção e recolhimento, sendo o que ocorre na prática. Um dos pontos relevantemente críticos dos cálculos para dimensionamento de capacidade mínima de resposta apresentados pela resolução CONAMA é o fato destes não considerarem essa descontinuidade de operações, atendo-se simplesmente ao cálculo de uma CEDRO, dando margem para que se afirme que esta possa ser atendida por apenas uma frente de recolhimento de capacidade teórica equivalente; isso é comprovado pelo fato de o PEI apresentado, com cálculos baseados nesse principio, ter sido aprovado pelo IBAMA, como dito anteriormente.

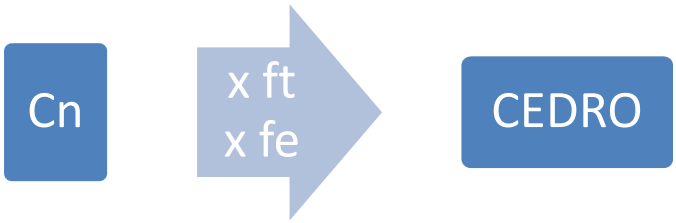
Partindo então do fato de que as operações de contenção e recolhimento são, na verdade, cíclicas e essencialmente diurnas, não se consegue 24h contínuas de operação com apenas uma frente de recolhimento.

Considerando o ciclo esquematizado na Tabela 29 e ofato de que, por medidas de segurança, operações de recolhimento do óleo não são realizadas durante a noite, tem-se apenas 6h de recolhimento efetivo por dia, para cada skimmer.

Sendo assim, para que a CEDRO requerida seja de efetivamente cumprida com recolhedores de capacidade nominal calculada aos moldes da CONAMA [Cn=CEDRO/(24 x 0,2)] é necessário que se haja frentes de contenção e recolhimento “backup”: enquanto uma frente está em fase de deslocamento/lançamento de barreira/descarregamento de tanques uma segunda está em fase de recolhimento.

A capacidade de recolhimento fornecida pela estrutura calculada a partir da interpretação da CONAMA atualmente aceita é resultado de um recolhimento teórico de 24h/dia para cada recolhedor. No entanto, essa abordagem desconsidera limitações físicas e operacionais das frentes de recolhimento que levam a uma redução da capacidade real de resposta em um fator de 24/6=4 .

Em outras palavras, a CONAMA propõe dois fatores multiplicadores da capacidade nominal do recolhedor: um fator tempo de funcionamento (ft) e um fator eficiência máxima de recolhimento (fe) para se chegar à CEDRO, como esquematizado a seguir.



Os valores apresentados pela CONAMA e utilizados para dimensionamento de equipamentos para resposta a derrames são:

ft = 24 [h/dia de recolhimento]

fe=20%

Não será discutida aqui a eficiência máxima adotada, uma vez que esta varia amplamente dentre os diferentes modelos de skimmers, fabricantes e condições de mar.

Quanto ao ft, a discussão acima apresentada leva à conclusão de que ft=6h/d, considerando as operações reais de uma frente de recolhimento (formação e deslocamento de barreiras, aliviamento dos tanques de armazenamento temporário), e não 24.