



Avaliação e Análise de Riscos Ambientais:  
Critérios de Aceitabilidade do Risco Segundo  
NORSOK Z-013 para Gestão dos Riscos e  
Contingência em Caso de Vazamento de  
Óleo em Mar Aberto e Áreas Costeiras

Amanda Vieira Bezerra

**Monografia em Engenharia Química**

Orientador:

Hubmaier Lucas Bernardes de Andrade, M.Sc.

Dezembro de 2011

# **Avaliação e Análise de Riscos Ambientais: Critérios de Aceitabilidade do Risco Segundo NORSOK Z-013 para Gestão dos Riscos e Contingência em Caso de Vazamento de Óleo em Mar Aberto e Áreas Costeiras**

***Amanda Vieira Bezerra***

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

---

Professor Ladimir José de Carvalho, D.Sc.

---

Elisabete Barros da Costa, Eng<sup>a</sup>. Química

---

Patrycia Garcia de Melo, Eng<sup>a</sup>. Química

Orientado por:

---

Professor Hubmaier Lucas Bernardes de  
Andrade, M.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Dezembro de 2011

Bezerra, Amanda Vieira.

Avaliação e Análise de Riscos Ambientais: Critérios de Aceitabilidade do Risco Segundo NORSOK Z-013 para Gestão dos Riscos e Contingência em Caso de Vazamento de Óleo em Mar Aberto e Áreas Costeiras / Amanda Vieira Bezerra - Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2011.

xiii, 84 p.; il., 29,7 cm

(Monografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2011.

Orientador: Professor Hubmaier Lucas Bernardes de Andrade

.

1. Risco. 2. Vazamento. 3. Óleo. 4. Contingência. 5. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 6. Hubmaier L. B. de Andrade, M.Sc.

*Dedico este trabalho ao meu tio Francisco Vieira Bezerra, que não está mais entre nós, mas que sempre torceu pelo meu sucesso e apoiou meus esforços nessa longa jornada.*

*Obrigada, Querido Tio.*

*"Eu também quero a volta à natureza. Mas essa volta não significa ir para trás, e sim para a frente."*

*Friedrich Nietzsche*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus amados pais, Branca e Floriano, por me sustentarem não apenas financeiramente, mas também espiritualmente, dando-me suporte para seguir mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu querido irmão Floriano Jr., pelos momentos de descontração e por me fazer rir quando nada tinha graça.

Aos meus tios Francisco e Cícera e à minha prima Taís, por estarem na nossa família, e por ter contado com a ajuda de todos vocês em muitos momentos.

Aos meus amigos, especialmente Érika e Vitor com quem sempre pude contar para resolver os mais diversos problemas.

Ao meu orientador Hubmaier que me ajudou a desenvolver este trabalho e que buscou sempre motivar-me e mostrar que eu podia atingir meus objetivos, ainda que estes não sejam ou não fossem triviais, tanto no trabalho, quanto na vida.

A todos os professores que passaram pela minha vida desde a minha alfabetização até este momento, pois todos eles tiveram importante papel na minha formação.

Ao João Paulo que me deu subsídios para iniciar este trabalho e concluir esta jornada até o título de engenheira.

Por fim agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

Muito Obrigada a todos!

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

**AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS: CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE DO RISCO SEGUNDO NORSOK Z-013 PARA GESTÃO DOS RISCOS E CONTINGÊNCIA EM CASO DE VAZAMENTO DE ÓLEO EM MAR ABERTO E ÁREAS COSTEIRAS**

Amanda Vieira Bezerra

Dezembro, 2011

Orientador: Hubmaier Lucas Bernardes de Andrade, M.Sc.

A presente monografia busca demonstrar como a diretriz norueguesa NORZOK Z-013 de 1998 pode contribuir para os estágios de desenvolvimento de um empreendimento ou atividade potencialmente poluidora de águas marítimas e regiões costeiras por vazamento de óleo. Assim, partindo para a demonstração de como podemos definir os critérios de aceitabilidade para o risco a partir da diretriz em questão e desenvolver uma metodologia que possibilite a resposta às emergências, avaliando os planos nacionais de contingência a vazamento de óleo no exterior e como essa resposta pode e vem sendo realizada no Brasil.

# ÍNDICE

PARTE I.....	1
Capítulo I – Introdução .....	1
I.1. Motivação .....	1
I.2. Objetivo.....	2
Capítulo II - Revisão Bibliográfica .....	3
II.1. Histórico de Acidentes .....	3
II.1.1. Histórico Mundial .....	3
II.1.1.1. Principais Acidentes Industriais a partir da Década de 70.....	4
II.2. Histórico Nacional.....	8
Capítulo III – Análise de Riscos.....	10
III.1. Conceito de Análise de Riscos.....	10
III.2. Tipos de Análise de Risco .....	10
III.3. Etapas do Estudo de Análise de Riscos .....	12
III.4. Definições.....	13
III.5. Conceitos Relacionados à Gestão de Áreas Contaminadas .....	17
Capítulo IV – Metodologias e Procedimentos de Análise de Riscos .....	20
IV.1. Caracterização do Empreendimento e da Região .....	20
IV.2. Identificação dos Perigos .....	21
IV.2.1. Análise Histórica de Acidentes .....	21
IV.2.2. Método “E se...?” (What if...?).....	21
IV.2.3. Lista de Verificação.....	21
IV.2.4. Análise Preliminar de Perigos (APP) .....	22
IV.2.5. Análise de Perigos e Operabilidade (Hazop) .....	23



IV.2.6. Análise de Modos e Efeitos de Falha (Failure Modes and Effects Analysis – FMEA).....	23
IV.2.8. Análise de Árvore de Eventos – (Event Tree Analysis – ETA) .....	24
IV.3. Consolidação das Hipóteses Acidentais.....	25
IV.4. Estimativa dos Efeitos Físicos e Avaliação de Vulnerabilidade .....	25
IV.5. Estimativa de Frequências.....	26
IV.6. Estimativa e Avaliação de Riscos.....	26
IV.7. Gerenciamento de Riscos .....	26
Capítulo V - Utilização da Análise de Riscos para Elaboração de Plano de Ação e Resposta a Emergência (PAE).....	28
V.1. Definições .....	29
V.2. Critérios de Análise e Aceitabilidade de Riscos.....	30
V.2.1. Requisitos Gerais para Formulação dos Critérios de Aceitabilidade do Risco .....	30
V.2.2. Verificação dos Critérios de Aceitabilidade do Risco .....	30
V.2.3. Critérios de Decisão.....	31
Parte II.....	32
Capítulo VI – Avaliação do Risco Ambiental: Caso Particular – Estudo da Contaminação por Vazamento de Óleo em Mar Aberto ou Áreas Costeiras.....	32
VI.1. Perspectivas Gerais.....	32
VI.2. Definições da Z-013 para o Risco Ambiental .....	33
VI.2.1. Critérios de Aceitabilidade do Risco ao Meio Ambiente .....	34
VI.3. Metodologia para Avaliação do Risco Ambiental.....	37
VI.3.1. Preocupações Biológicas .....	38
VI.3.2. Importância de Zonas Úmidas Costeiras.....	38
VI.4. Descrição do MARA.....	41

VI.4.1. Caracterização da Área de Estudo .....	41
VI.4.2. Mapeamento da Sensibilidade Ambiental .....	41
VI.4.2.1. Cartas SAO .....	41
VI.4.2.2. Recursos Biológicos .....	45
VI.4.2.3. Aspectos Socioeconômicos .....	49
VI.5. Planos de Contingência.....	50
VI.5.1. Planos de Contingência Internacionais.....	50
VI.5.1.1. Austrália .....	50
Acidente de Montara e West Atlas .....	53
VI.5.1.2. Estados Unidos .....	53
Acidente da Plataforma de Perfuração Deep Water Horizon .....	56
VI.5.1.3. Reino Unido.....	56
VI.5.2. Plano de Contingência Brasileiro .....	57
VI.5.3. Mitigação e Quantificação das Perdas .....	59
VI.5.3.1. Contenção e Recuperação do Óleo Flutuante no Mar .....	59
VI.5.3.2. Limpeza de Ambientes Costeiros .....	61
VI.5.3.3. Quantificação das Perdas.....	62
Parte III.....	65
Capítulo VI I – Considerações Finais e Conclusão .....	65
VII.1. Considerações Finais .....	65
VII.2. Conclusão.....	67
VII.3. Sugestões para Trabalhos Futuros.....	68
Referências Bibliográficas.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura III.1.</b> - Curva F-N.....	14
<b>Figura III.2.</b> - Sítios de atuação para gestão de áreas contaminadas.....	19
<b>Figura IV.1.</b> - Exemplo de planilha de APP.....	22
<b>Figura IV.2.</b> - Exemplo de planilha de HAZOP.....	23
<b>Figura V.1.</b> - Feedback de gestão para utilização da análise de riscos e emergência na gestão de SMS.....	31
<b>Figura VI.1.-</b> Floresta de mangue destruída por vazamento de petróleo.....	38
<b>Figura VI.2.-</b> Cadeia Alimentar em estuário típico.....	39
<b>Figura VI.3.-</b> Processo de intemperismo do óleo na água do mar.....	40
<b>Figura VI.4.-</b> Exemplo de Mapa de Localização de Área de Estudo (Sistema Estuarino de Santos - São Paulo).....	42
<b>FiguraVI.5.-</b> Exemplo de Carta SAO (Sistema Estuarino de Santos – (São Paulo).....	43
<b>Figura VI.6.-</b> Legenda da Carta SAO.....	44
<b>Figura VI.7.-</b> Quadro Geral de Avaliação de Vulnerabilidade Ecológica.....	46
<b>Figura VI.8.-</b> Manguezal.....	48
<b>Figura VI.9.</b> - Ecossistema de Restinga.....	49
<b>Figura VI.10.</b> - Estrutura de Combate a Poluição Marítima na Austrália.....	51
<b>Figura VI.11.</b> - Estrutura de gerenciamento de resposta dos EUA .....	54
<b>Figura VI.12.</b> - Explosão da plataforma da BP no Golfo do México.....	56
<b>Figura VI.13.</b> - Estrutura de gerenciamento de resposta a vazamentos de óleo no mar do Reino Unido. ....	57
<b>Figura VI.14</b> - Características estruturais da barreira de contenção.....	60
<b>Figura VI.15.</b> - Queima de mancha de óleo contida por barreiras.....	61
<b>Figura VI.16.</b> – Absorventes de óleo.....	62

<b>Figura VI.17. – Ave encharcada de óleo.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura VI.18. – Redução do teor de plâncton na água do mar.....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela III.1.-</b> Quadro Comparativo entre os tipos de Análise de riscos .....	12
<b>*Tabela VI.1.-</b> Critérios de Aceitabilidade para Risco Ambiental (insignificante 1%).....	35
<b>*Tabela VI.2.-</b> Categoria de Dano Ambiental com Relação ao Tempo de Recuperação.....	36
<b>*Tabela VI.3.-</b> Limites de frequência aceitáveis, baseados em “insignificante” como sendo 5%.....	36
<b>*Tabela VI.4.-</b> Limites de frequência aceitáveis para categorias de dano ambiental para campos, instalações e operações, baseados em “insignificante” como sendo 5%.....	36
<b>Tabela VI.5.-</b> Classificação da Sensibilidade Ambiental.....	45
<b>Tabela VI.6 –</b> Maiores acidentes de vazamento de óleo da história da Austrália 1903-2011.....	52

# **PARTE I**

## **Capítulo I – Introdução**

### **I.1. Motivação**

Os acidentes industriais ocorridos no Brasil nos últimos anos, em particular na década de 80, contribuíram de forma significativa para despertar a atenção das autoridades governamentais, da indústria e da sociedade como um todo, no sentido de buscar mecanismos para a prevenção desses episódios que comprometem a segurança das pessoas e a qualidade do meio ambiente (CETESB, 2010).

Em 1972, criou-se uma nova mentalidade baseada nos trabalhos desenvolvidos pelo engenheiro Willie Hammer, especialista em Segurança de Sistemas, o qual empregou a experiência adquirida na Força Aérea e nos programas espaciais norte-americanos, para desenvolver diversas técnicas a serem aplicadas na indústria, a fim de preservar os recursos humanos e materiais dos sistemas de produção.

Em paralelo, a indústria nuclear começou a desenvolver suas atividades de consultoria na área de confiabilidade, e as indústrias passaram a adotar técnicas desenvolvidas pelas autoridades de energia atômica na avaliação de riscos maiores e na estimativa de taxas de falhas de instrumentos de proteção (CETESB, 2011).

Dessa forma, técnicas e metodologias já utilizadas em outras indústrias passaram a ser adaptadas para a realização de estudos de análise e avaliação dos riscos associados a outras atividades industriais, em especial nas áreas de petróleo, química e petroquímica (CETESB, 2010).

No Brasil, em particular no Estado de São Paulo, a preocupação com os acidentes de grande porte ganhou ênfase em 1984, após o rompimento de um duto de gasolina seguido de incêndio em Cubatão, causando cerca de 500 vítimas, das quais 93 fatais. Assim a CETESB em São Paulo inicia em 1985 estudos que viabilizem a Análise de riscos das atividades industriais desenvolvidas no país.

Com a publicação da Resolução nº 1, de 23/01/1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu a necessidade de realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, os estudos de análise de riscos passaram a ser incorporados nesse processo, para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados com a poluição crônica, também a prevenção de acidentes maiores, principalmente na indústria fossem contemplados no processo de licenciamento das atividades.

Dessa forma, a ferramenta análise de riscos como apoio ao processo de decisão durante a análise de licenças ambientais vem sendo utilizada por vários órgãos

reguladores e de licenciamento, não somente nacionais como também internacionais. O caráter preventivo da ferramenta possibilita o diagnóstico, a avaliação e a redução do risco imposto ao meio ambiente e ao homem, por meio de medidas de mitigação e de gerenciamento (CETESB, 2010).

Segundo a CETESB atualmente os órgãos ambientais no Brasil trabalham articulados com Estados e Municípios a fim de garantir maior abrangência nas questões relacionadas ao meio ambiente e à conservação do mesmo. Há poucos anos as preocupações dos órgãos de licenciamento estavam atreladas somente às atividades industriais e à segurança de instalações industriais e seus trabalhadores.

Os danos ambientais em todo o mundo envolvem principalmente vazamentos de produtos químicos, descarte clandestino de resíduos, acidentes rodoviários, ferroviários e hidroviários no transporte de produtos perigosos (explosivos, inflamáveis, tóxicos, radioativos etc.), (FEPAM, 2010).

## **I.2. Objetivo**

O Objetivo deste trabalho é apresentar um panorama geral sobre a importância da análise de riscos e especificamente o procedimento de Análise do Risco Ambiental (ARA) e sua utilização na gestão dos riscos.

Mostrar a metodologia geral da ARA por meio da Diretriz Norueguesa NORSOK Z-013 de Março de 1998 e apresentar para o problema específico de vazamento de óleo em mar aberto como esta diretriz poderia ser utilizada, a fim de demonstrar como a ARA tem grande potencial para ser usada na gestão de riscos ambientais, desde a etapa de planejamento até a execução de projetos passando pela metodologia de mapeamento do risco ambiental.

Identificar a situação brasileira no que se refere a um Plano Nacional de Contingência para vazamentos de óleo no mar e mostrar um comparativo frente à situação internacional, a fim de propor melhorias no sistema atual de combate aos possíveis derrames de óleo no País.

## **Capítulo II - Revisão Bibliográfica**

### **II.1. Histórico de Acidentes**

#### **II.1.1. Histórico Mundial**

Há várias décadas, as indústrias de processo têm estudado e desenvolvido metodologias específicas para detecção e avaliação de possíveis falhas e perigos provenientes de suas atividades, as quais podem causar danos à propriedade, à saúde, ao meio ambiente e principalmente perda de vidas (CETESB, 2010).

Historicamente as primeiras preocupações com a saúde e segurança públicas começaram na indústria alimentícia dos Estados Unidos, já na década de 20. Além disso, desde o início da década de 30, pesquisadores de laboratórios de toxicologia, na indústria, têm avaliado as propriedades tóxicas de produtos potencialmente perigosos.

Em 1931, o pesquisador H. W. Heinrich efetuou uma pesquisa sobre os custos de um acidente em termos de Seguro Social e introduziu, pela primeira vez, a filosofia de “acidentes com danos à propriedade”, ou seja, acidentes sem lesão, em relação aos acidentes com lesão incapacitante (CETESB, 2010).

A partir deste estudo muitos outros apareceram abordando acidentes industriais e os danos à propriedade com o objetivo de estimar os prejuízos devido às perdas materiais. Desde então muitas empresas começaram a atuar sobre questões tais como: saúde dos trabalhadores, riscos de danos físicos, lesões e perdas.

Assim, surgiram novos documentos e publicações relacionadas à segurança em plantas químicas, tais como: “Safety and Management”, pela Association of British Chemical Manufactures (ABCM), 1964 e “Safe and Sound”, pelo British Chemical Industry Safety Council (BCISCI), 1969, ambos na Grã-Bretanha. Também, nos Estados Unidos, Frank Bird Jr. fundamentou sua teoria de “Controle de Danos” (1966), a partir da análise de uma série de acidentes ocorridos numa empresa metalúrgica americana (CETESB, 2010).

A partir das décadas de 60 e 70 as indústrias de um modo geral passaram a desenvolver processos sob condições de extrema temperatura e pressão, plantas maiores e com maior demanda e capacidade de armazenamento de energia. O que gerou aumento significativo do perigo de operação das plantas em virtude da maior complexidade dos processos químicos e processamento de produtos e subprodutos.

No entanto, o desenvolvimento da indústria, não ocorreu de forma isolada. O contexto social também foi se transformando e outros temas, tais como a poluição ambiental, começaram a se tornar motivo de preocupação para o público e para os governos. Como consequência, a indústria foi obrigada a examinar os efeitos de suas operações sobre o público externo e, em particular, a analisar mais cuidadosamente os possíveis perigos decorrentes de suas atividades (CETESB, 2010).



Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde), a poluição ambiental que teve início no século XIX com a Primeira Revolução Industrial acarretou já nesse período episódios de poluição do ar e prejuízos à saúde das pessoas no meio urbano. Desde então a poluição industrial passou a ocorrer em todos os meios da biosfera. Como consequência da poluição, as comunidades biológicas dos ecossistemas estão em contato com substâncias e materiais não naturais, a maioria dos quais causando algum tipo de dano ecológico.

A poluição industrial afeta diretamente o homem, uma vez que estamos sujeitos a ingerir água e alimentos contaminados e respirar o ar poluído. Exemplos da seriedade deste problema são a intoxicação e morte de dezenas de pessoas em Minamata, no Japão, após consumirem peixes contaminados com mercúrio. Eventos como este, envolvendo contaminação de alimentos com poluentes industriais, têm sido comuns ao longo das últimas décadas (OMS, 2010).

Em 1970, no Canadá, John A. Fletcher, prosseguindo a obra iniciada por Bird, propôs o estabelecimento de programas de “Controle Total de Perdas”, objetivando reduzir ou eliminar todos os acidentes que pudessem interferir ou paralisar um sistema.

#### **II.1.1.1. Principais Acidentes Industriais a partir da Década de 70**

- Em 1974, a explosão desastrosa em um reator de produção de caprolactama, em Flixborough (Inglaterra), tornou-se um marco na questão da avaliação de riscos e prevenção de perdas na indústria química. O acidente levou ao estabelecimento do Advisory Committee on Major Hazards (ACMH), na Inglaterra, que durou de 1975 a 1983 e introduziu uma legislação para controle de riscos maiores nas indústrias (CETESB, 2010).
- Em 1976, outro grande acidente em um reator químico, com liberação de dioxina, em Seveso (Itália), gerou um profundo impacto na Europa, tornando-se o estímulo para o desenvolvimento da Diretiva de Seveso – EC Directive on Control of Industrial Major Accident Hazards em 1982 (CETESB, 2010).
- San Carlos (Espanha, 1978) explosão que causou a morte de mais de 200 pessoas e 200 feridos (ANEST, 2002)
- Na madrugada de 03/12/1984, uma nuvem tóxica de isocianato de metila causou a morte de milhares de pessoas na cidade de Bhopal, a capital de Madya-Pradesh, na Índia Central. A emissão foi causada por uma planta do complexo industrial da Union Carbide situada nos arredores da cidade onde existiam vários bairros marginais.

O isocianato de metila é um produto utilizado na síntese de produtos inseticidas, comercialmente conhecidos como “Sevin” e “Temik”, da família dos

carbamatos, utilizados como substitutos de praguicidas organoclorados, como o DDT.

Em condições normais, o isocianato de metila é líquido à temperatura de 0° C e pressão de 2,4 bar. Na noite do acidente, a pressão dos tanques de armazenamento se elevou mais de 14 bar e a temperatura dos reservatórios se aproximou de 200° C. A causa provável do aumento da pressão e da temperatura foi atribuída à entrada de água num dos tanques causando uma reação altamente exotérmica.

Os vapores emitidos deveriam ter sido neutralizados em torres de depuração; porém, como uma destas torres se encontrava desativada, o sistema não funcionou possibilitando assim a liberação do produto para a atmosfera. Estima-se que ocorreram por volta de 4.000 mortes e cerca de 200.000 pessoas intoxicadas, caracterizando assim a maior catástrofe da indústria química (CETESB, 2010).

- Cidade do México (México, 1984), Na manhã de 19/11/1984, por volta das 5h35 ocorreu a explosão de uma nuvem de vapor e uma série de *BLEVES*<sup>1</sup> na base de armazenamento e distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) da empresa PEMEX, localizada no bairro de San Juanico, Cidade do México.

A base recebia GLP de três refinarias diferentes por meio de gasoduto. A capacidade principal de armazenamento da base era de 16.000 m<sup>3</sup> (aproximadamente 8.960.000 kg) de GLP, distribuídos em: duas esferas com capacidade individual de 2400 m<sup>3</sup>, quatro esferas menores de 1.600 m<sup>3</sup> de capacidade individual e 48 cilindros horizontais (capacidades individuais variando de 36 m<sup>3</sup> a 270 m<sup>3</sup>). No momento do acidente, a PEMEX estava com o armazenamento em torno de 11.000 m<sup>3</sup> de GLP.

A catástrofe iniciou-se com o vazamento de gás devido à ruptura de uma tubulação de 8 polegadas de diâmetro que transportava o gás de uma das esferas para os reservatórios cilíndricos. A sala de controle da PEMEX registrou por volta das 5h30 uma queda de pressão em suas instalações e também em um duto localizado a 40 km de distância, porém, a sala de controle não conseguiu identificar a causa desta queda de pressão. A liberação aconteceu por 5-10 minutos, formando uma imensa nuvem de gás inflamável, a qual foi levada por um vento de destino sudoeste, ajudado pela inclinação do terreno, até encontrar a fonte de ignição e explodir. Neste caso, a fonte de

---

1 *BLEVE* são as iniciais de "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion" ou explosão do vapor informação: [www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/artigos/artigos/bleve.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/artigos/artigos/bleve.pdf)

ignição direta foi o *flare*<sup>2</sup> instalado inadequadamente ao nível do solo uma vez que, no entendimento da empresa, dado a força dos ventos no local, a instalação do “flare” a uma altura mais elevada comprometeria a sua eficiência.

A explosão da nuvem atingiu cerca de 10 residências e iniciou o incêndio nas instalações da base. A vizinhança pensou tratar-se de um terremoto devido ao forte barulho da explosão. Por volta das 5h45 da manhã ocorreu o primeiro BLEVE, após um minuto outro BLEVE aconteceu, sendo o mais violento desta catástrofe, gerando uma bola de fogo com mais de 300 m de diâmetro. Ocorreram mais de 15 explosões, BLEVE nas quatro esferas menores e em muitos dos reservatórios cilíndricos, explosões dos caminhões-tanque e botijões, chuva de gotículas de GLP, transformando tudo que atingiam em chamas; alguns reservatórios e pedaços das esferas transformaram-se em verdadeiros projéteis atingindo edificações e pessoas.

Os trabalhos de extinção do fogo e prevenção de novas explosões terminaram às 23 horas. As conseqüências deste acidente foram trágicas: morte de 650 pessoas, mais de 6.000 feridos e destruição total da base (CETESB, 2010).

- Chernobyl (Ucrânia, 1986) A explosão de Chernobyl ocorreu em 26 de abril de 1986, matando 30 trabalhadores no local do reator, causando vários graus de doença da radiação em centenas de outros funcionários e moradores locais. Seus efeitos mais amplos ainda estão sendo monitoradas.

A causa apontada foi um erro ao desligar o reator que estava sendo testado por funcionários. Os procedimentos de ensaio foram mal escritos e regras de funcionamento, incluindo medidas de segurança, não foram seguidos: este é um achado comum em acidentes de trabalho, mas particularmente trágico, no caso de Chernobyl. Uma enorme oscilação de energia no reator deve ter provocado o desligamento automático, mas o sistema de segurança adequado tinha sido desativado. O sistema não pôde ser controlado manualmente e a oscilação de energia provocou a explosão. As primeiras tentativas de controlar os incêndios e explosões foram frustradas liberando 5000 toneladas de boro, dolomita, argila.

Os efeitos na saúde foram trágicos uma vez que a radioatividade do material liberado na explosão de Chernobyl foi estimada para ser 200 vezes maior do que o lançamento combinado das bombas atômicas sobre Hiroshima e Nagasaki, no Japão, em 1946, durante a Segunda Guerra Mundial. Centenas

---

<sup>2</sup> Um flare é um tubo onde são queimados produtos químicos explosivos, podem ser utilizados para atrair a atenção em caso de emergência, ou queimar gases que não podem ser emitidos diretamente na atmosfera. Informação: <http://www.explainthatstuff.com/flares.html>

de pessoas nas áreas contaminadas ao redor de Chernobyl precisaram de tratamento hospitalar e cinco milhões de pessoas na Bielorrússia, a Federação Russa e a Ucrânia foram expostos a níveis perigosos de radiação ionizante. Os efeitos iniciais incluíram aumento dos níveis de cancro da tiróide em crianças, devido ao radioisótopo iodo-131. Níveis mais baixos de radiação atingiram muitos outros países, incluindo provas de contaminação da água e das chuvas. A falta inicial de informação aumentou os temores de danos à saúde das populações expostas e dos traumas psicológicos da evacuação forçada (OMS, 2010).

- Piper Alpha (Mar do Norte, 1988), catástrofe na qual morreram 167 trabalhadores numa plataforma petrolífera no Mar do Norte ao largo da Escócia. No dia em que ocorreu o desastre, a equipe de manutenção do turno diário estava trabalhando nas bombas de condensação que comprimiam o gás (OSHA, 2011).

Uma das bombas foi removida para manutenção de rotina e a tubagem de condensação foi temporariamente selada com um disco liso de metal. Dado que o trabalho não podia ser concluído antes da próxima mudança de turno, o disco de metal foi mantido no lugar quando o turno do dia saía do serviço e seria substituído por outra equipe que não estava ciente desse fato. Mais tarde, quando a outra bomba de condensação parou de trabalhar, a bomba sujeita a manutenção foi ligada. Foi encontrado um documento que autorizava o trabalho, mas não um que mencionasse que a bomba não podia ser ligada. A bomba avariou e o gás escapou a alta pressão, entrando em combustão (OSHA, 2011).

A tragédia da Piper Alpha mostra que a qualidade da gestão de segurança é crucial e o sistema de autorização de trabalho tem de ser seguido para garantir uma comunicação efetiva entre todas as partes afetadas pelos procedimentos de manutenção. As instalações onde serão realizados os trabalhos de manutenção têm de ser devidamente isoladas e há necessidade de os trabalhadores e gestores receberem formação de segurança (OSHA, 2011).

Estas falhas vieram a reforçar a necessidade de desenvolvimento na área de avaliação de riscos e prevenção de perdas, bem como a necessidade de estabelecimento de diretrizes, regulamentos e legislações sobre o tema, com o objetivo de reduzir ou evitar a ocorrência de acidentes industriais maiores (CETESB, 2010).

- BP (2010), Segundo o departamento americano responsável pelo relatório final sobre o acidente (The Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, 2011) o derramamento de óleo da plataforma Deepwater Horizon no Golfo do México tornou-se o maior derramamento de petróleo já visto nos EUA depois de 1989 com o acidente da Exxon Valdez no Alasca. Especialistas em meio ambiente acreditam que esse derramamento de óleo cobriu aproximadamente 9000 quilômetros quadrados de área do Golfo do México com a camada de óleo. O vazamento ocorreu devido à negligência e falta de responsabilidade por parte da BP e suas empresas associadas, que inclui a

Transocean e a Halliburton em reduzir os custos em atividades de manutenção o que ocasionou a explosão que matou 11 trabalhadores da plataforma e danos ambientais incalculáveis.

## II.2. Histórico Nacional

No Brasil uma série de acidentes e problemas ambientais e de saúde ocorridos na década de 80 em Cubatão/SP motivou o interesse pela prevenção de acidentes.

Historicamente podemos citar os acidentes:

- Vila Socó: Cubatão 1984 rompimento de um duto de gasolina seguido de incêndio, causando cerca de 500 vítimas, dentre estas 93 mortos, (CETESB, 2010).
- Em janeiro de 2000, o acidente no oleoduto PE-II, derramou 1.292 m<sup>3</sup> de óleo combustível (MF380) ao norte da Ilha do Governador, com danos ambientais graves, (Eichler *et al*, 2002).

Segundo a assessoria de imprensa da Petrobras, em 2001, após o acidente de 15 de março do mesmo ano com a plataforma P-36, que resultaria cinco dias depois no seu afundamento, a Petrobras, em conformidade com o Ibama, acionou um plano de contingência destinado especificamente a monitorar todo o óleo que viesse a ser derramado no mar. Esse óleo, estimado em até 1,5 milhão de litros, era composto de 1,2 milhão de litros de diesel, usado no abastecimento da plataforma, e os restantes 300 mil litros de óleo cru, contidos nos dutos de ligação com os poços e plantas de processo (Petrobras, 2001).

Enquanto foi necessário, e especialmente para se prevenir da remota possibilidade desse óleo chegar à costa, o plano de contingência da Petrobras mobilizou 200 homens e 20 embarcações equipadas com 11.000 metros de barreiras de contenção, 21 unidades de recolhedores de óleo, 18 bombas de sucção e 40.000 litros de dispersante químico, que permaneceram a postos nas imediações da P-36 a fim de atuar o mais rapidamente possível.

Paralelamente foi elaborado um modelo de simulação de deslocamento da mancha de óleo para que, quando aflorasse, o plano de contingência pudesse contar também com esse subsídio para aumentar sua eficiência. Esse modelo era atualizado periodicamente com dados meteorológicos e oceanográficos da área (Petrobras, 2001).

Em face de todos estes acontecimentos tanto em nível nacional quanto internacional inicia-se uma nova fase, onde o risco passou a ser analisado não somente ao nível de segurança de instalações industriais, como também o

risco sobre a saúde e o risco ecológico, podendo dizer deste último que encontra-se na sua infância ao nível internacional e praticamente inexistente aqui no Brasil (Galvão Filho, 2001).

## **Capítulo III – Análise de Riscos**

### **III.1. Conceito de Análise de Riscos**

Nos Estados Unidos, as agências federais que rotineiramente usam Análise de Riscos incluem o FDA (“Federal Drug Administration”), EPA (“Environmental Protection Agency”), OSHA (“Occupational Safety and Health Administration”), a Comissão de Segurança dos Produtos ao Consumidor (CPSC – Consumer Products Safety Commission) e os departamentos federais de agricultura, energia, defesa, transporte e energia nuclear. Uma forma mais operativa do controle do risco é feita através da Lei de Controle de Substâncias Tóxicas (TSCA – Toxic Substances Control Act) que exige que as empresas notifiquem o EPA sempre que houver o conhecimento da existência de qualquer risco significativo ainda não sabido pela agência ambiental, principalmente nos desenvolvimentos de novos produtos.

Segundo Nunes (2002), a Análise de Riscos consiste numa aplicação de métodos e técnicas para identificação de riscos e análise de possíveis conseqüências negativas para a sociedade e para o meio ambiente, resultantes das atividades humanas ou das forças da natureza, como terremotos, erupções vulcânicas, temporais, inundações, etc.

Na literatura podemos encontrar uma série de definições para a Análise de Riscos, neste trabalho adotaremos a seguinte definição: “Um conjunto de métodos e técnicas que aplicados a uma atividade proposta ou existente identificam e avaliam qualitativa e quantitativamente os riscos que essa atividade representa para a população vizinha, ao meio ambiente e à própria empresa. Os principais resultados de uma análise de riscos são a identificação de cenários de acidentes, suas frequências esperadas de ocorrência e a magnitude das possíveis conseqüências” (FEPAM, 2001).

### **III.2. Tipos de Análise de Risco**

É comum pensarmos na Análise de Riscos em termos de segurança (Processos e Instalações), de risco sobre a saúde e do risco ecológico (Galvão Filho, 2001).

- O Risco associado à segurança de processos tipicamente de baixa probabilidade, acidentes de alta conseqüência; agudo, efeitos imediatos. Relação causa-efeito óbvia. O foco deve ser dado na segurança do trabalhador e na prevenção de perdas, principalmente dentro dos limites do ambiente de trabalho.
- Estudo de risco sobre a saúde tipicamente de alta probabilidade, baixa

conseqüência, contínuos, exposições crônicas; latência longa, efeitos retardados. As relações de causa e efeito não são facilmente estabelecidas. O foco é dado para a saúde de seres humanos, principalmente fora dos ambientes de trabalho.

- Estudo de risco ecológico com uma complexidade de interações entre populações, comunidades e ecossistemas (incluindo cadeia alimentar) ao nível micro e macro; grande incerteza na relação causa-efeito. O foco é dado em impactos de habitats e ecossistemas que podem se manifestar bem distantes das fontes geradoras do impacto.

A Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos têm como objetivo identificar os riscos potenciais de geração de acidentes de um empreendimento e, ainda, avaliar os efeitos destes sobre o meio ambiente e a saúde pública nas áreas limítrofes, resultando na aplicação de medidas mitigadoras, através da implantação de programas de gerenciamento de riscos (Nunes, 2002). Na tabela III.1 podemos identificar os três tipos de risco, avaliar comparativamente seus danos e conseqüências sobre o meio ambiente, a saúde humana e aos processos.



**Tabela III.1.-** Quadro Comparativo entre os Tipos de Estudos de Análise de Riscos.

<i>Análise de Riscos de Segurança</i>	<i>Estudo de Risco à Saúde Humana</i>	<i>Estudo de Risco Ecológico</i>
<p>O processo passo a passo:</p> <p><u>1. Identificação do Perigo</u> a) Materiais, equipamentos, procedimentos. Por exemplo localização e tamanho dos inventários, materiais combustíveis, reativos e tóxico agudo. b) Início de eventos, por exemplo, equipamentos com mal funcionamento, erro humano, falhas de "containers".</p> <p><u>2. Estimativa de Probabilidade e Freqüência</u> Por exemplo, probabilidade de iniciar eventos e acidentes (causas internas e externas)</p> <p><u>3. Análise de Conseqüência</u> Natureza e magnitude dos efeitos adversos, por exemplo, fogos, explosões, liberação repentina de materiais tóxicos.</p> <p><u>4. Avaliação e Determinação de Risco</u> Integração de probabilidades e conseqüências para estimativas quantitativas de riscos de segurança.</p> <p><u>Finalizações Típicas:</u> Fatalidades, danos e perdas econômicas.</p> <p><u>Aplicações Típicas:</u> - Segurança de processos químicos e petroquímicos. - Transporte de materiais perigosos - Segurança de processos ocupacionais - Gerenciamento de segurança e meio ambiente.</p>	<p><u>1. Análise dos Dados e Identificação do Perigo</u> Quantidade e concentrações de agentes químicos, físicos e biológicos no meio ambiente do local ou área em estudo.</p> <p><u>2. Estudos de Dose-Resposta ou Toxicidade</u> Relacionamento entre exposição e dose e efeitos adversos sobre a saúde.</p> <p><u>3. Estudo de Exposição</u> Caminhos e rotas, receptores potenciais incluindo subgrupos sensíveis, taxas de exposição e tempo.</p> <p><u>4. Caracterização de Risco</u> Integração da toxicidade e dados de exposição para expressão qualitativa e quantitativa de riscos sobre a saúde; análise de incertezas.</p> <p><u>Finalizações Típicas:</u> Saúde humana, por exemplo, risco de câncer individual e populacional, perigos de doenças não cancerígenas.</p> <p><u>Aplicações Típicas:</u> - Contaminação de subsolo. - Licenciamento ambiental - Aditivos de alimentos e remédios - Contaminação alimentícia por peixes e frutos do mar.</p>	<p><u>1. Formulação do Problema</u> Flora e fauna existente, especialmente espécies ameaçadas de extinção; levantamentos terrestres e aquáticos; contaminantes e geradores de "stress" na área em estudo.</p> <p><u>2. Estudos de Exposição</u> Caminhos, "habitats" ou populações receptoras, especialmente em perigo ou ameaçadas de extinção; concentrações de exposição.</p> <p><u>3. Estudos de toxicidade e efeitos ecológicos</u> Testes aquáticos, terrestres e microbiais, por exemplo, estudos de campo de LC<sub>50</sub> (concentração letal para 50% da população exposta).</p> <p><u>4. Caracterização do Risco e Ameaça</u> Integração dos levantamentos de campo, toxicidade e dados de exposição para caracterização de riscos ecológicos significativos, relação causal e incertezas.</p> <p><u>Finalizações Típicas:</u> Impacto de habitats e ecossistemas, por exemplo, abundância de populações, diversidade de espécies.</p> <p><u>Aplicações Típicas:</u> - Estudos ambientais - Sítios contaminados - Seleção de locais para industriais - Estudos em mangues - Licenciamento/registros de pesticidas - Controle da fabricação de substâncias tóxicas,</p>

(Galvão Filho, 2001; Modificada)

### III.3. Etapas do Estudo de Análise de Riscos

Segundo Nunes (2002) Estudo de Análise de Riscos pode ser dividido em quatro etapas:

- i. Avaliação Prévia – etapa de estudos preliminares, onde são definidos os objetivos do trabalho e é elaborado um estudo de caracterização do empreendimento, considerando as características do processo e dos equipamentos, os produtos envolvidos, as características do ambiente no entorno da instalação, os custos para a elaboração do estudo de análise de riscos, a disponibilidade de tempo, a disponibilidade de equipe técnica

treinada, etc.

- ii. Identificação de Perigos – esta etapa tem por finalidade identificar os principais perigos existentes no processo de funcionamento do empreendimento e, a partir daí, definir as hipóteses acidentais mais relevantes que devam ser estudadas mais detalhadamente.

Devido ao caráter aleatório dos objetivos de segurança, a identificação dos riscos pode utilizar métodos qualitativos e/ou quantitativos. Os métodos quantitativos são desenvolvidos quando se deseja implementar a segurança de maneira mais eficiente, utilizando-se para tanto de cálculos de probabilidades.

- iii. Avaliação dos Riscos - Identificadas as hipóteses acidentais, faz-se uma avaliação detalhada das mesmas para que seja possível estimarem-se as prováveis conseqüências ocasionadas por tais eventos e as respectivas probabilidades de ocorrência.

A estimativa das conseqüências é feita através de modelos matemáticos conhecidos como “modelos de conseqüências” que fazem a “análise de conseqüências”, e a quantificação de seus efeitos físicos através de “modelos de vulnerabilidade” que fazem a “análise de vulnerabilidade”.

Os modelos de conseqüência têm como objetivo gerar um mapa da região estudada onde estarão assinalados os efeitos físicos das hipóteses acidentais. Enquanto os modelos de vulnerabilidade permitem a estimativa dos danos em função das características das conseqüências físicas.

- iv. Gerenciamento dos Riscos – estudo de alternativas para diminuição dos riscos identificados e controle dos remanescentes.

A gestão do risco pode ser entendida como um complexo constituído pelo processo de avaliação e de tomada de decisão com base nas informações obtidas a partir da análise de riscos.

#### **III.4. Definições**

Como aponta Viana (2010), a gestão ambiental utiliza vários termos do palavreado comum. Palavras como impacto, avaliação, ambiente e risco não foram cunhadas propositadamente para expressar um conceito preciso, esclarecedor, como nas outras ciências. Foram apropriadas do vernáculo, e fazem parte do jargão profissional desse campo, criando diversas ambigüidades na sua interpretação. Diversos são os conceitos inerentes aos temas da análise de riscos e da gestão de áreas contaminadas, dentre os quais serão explicados aqueles de maior destaque.

### III.4.1. Definições Relativas ao Estudo da Análise de Riscos

O estudo de Análise de Riscos tem como finalidade servir de referência para procedimentos de licenciamento ambiental ou de atividades e instalações capazes de causar danos às pessoas e/ou ao meio-ambiente, em pontos externos às instalações, em decorrência de liberações acidentais de substâncias perigosas e/ou energia de forma descontrolada, dentro de um contexto de análise de riscos industriais (FEPAM; 2001).

Segundo o Manual de Análise de Riscos Industriais da FEPAM temos as seguintes definições:

- Acidente – acontecimento não desejado que pode vir a resultar em danos físicos, lesões, doença, morte, agressões ao meio ambiente, prejuízos na produção, etc.
- ALARA – Do inglês “As Low as Reasonably Achievable” (tão baixo quanto razoavelmente atingível), significa que os riscos devem ser reduzidos sempre que o custo das medidas necessárias para redução forem razoáveis quando comparadas com os benefícios obtidos em termos de redução de riscos. Às vezes também mencionado na forma ALARP - “As Low as Reasonably Possible” (tão baixo quanto razoavelmente possível), conforme figura III.1.

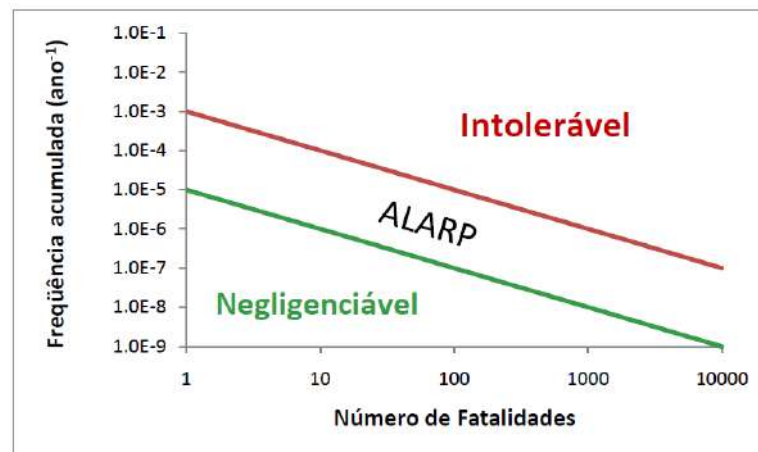


Figura III.1.- Curva F-N, (Extraído de Viana, 2010)

- Análise – procedimento técnico baseado em uma determinada metodologia, cujos resultados podem vir a ser comparados com padrões estabelecidos.
- Análise de Riscos – constitui-se em um conjunto de métodos e técnicas que aplicados a uma atividade proposta ou existente identificam e avaliam qualitativa e quantitativamente os riscos que essa atividade representa para a população vizinha, ao meio ambiente e à própria empresa. Os principais resultados de uma análise de riscos são a identificação de cenários de

acidentes, suas frequências esperadas de ocorrência e a magnitude das possíveis consequências.

- Área Vulnerável – área no entorno da atividade, na qual ambiente, população e trabalhadores encontram-se expostos aos efeitos de acidentes. A abrangência dessa área é determinada pela Análise de Vulnerabilidade.
- Auditoria – conjunto de procedimentos que visam a avaliar a conformidade da atividade com os regulamentos, padrões, condições e restrições estabelecidos pela autoridade ambiental.
- Categorias de Risco – hierarquia de risco estabelecida com base na potencialidade dos danos causados por acidentes, visando à priorização das ações de controle e fiscalização.
- Confiabilidade - probabilidade de que um equipamento ou sistema opere com sucesso por um período de tempo especificado e sob condições de operação definidas.
- FD – fator de distância onde “distância (m)” é a menor distância, em metros, entre o ponto de liberação do fator de perigo e o ponto de interesse onde estão localizados os recursos vulneráveis.
- IDLH - Do inglês “Immediately Dangerous to Life and Health” (Imediatamente perigoso para vida e saúde), representa a máxima concentração de substância no ar à qual pode-se expor uma pessoa por 30 minutos sem danos irreversíveis.

Valores de concentrações (IDLH) para substâncias são estabelecidos pelo NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health - USA).

- LC50 – Concentração da substância, no ar, para a qual 50% dos mamíferos mais sensíveis morrem em testes de inalação, para um tempo de exposição menor ou igual a 8 horas.
- LD50 – Dose de substância para a qual 50% dos mamíferos mais sensíveis morrem em testes de absorção cutânea ou por ingestão oral.
- LCLO – A mais baixa concentração da substância, no ar, para a qual foi observada morte entre os mamíferos mais sensíveis, em testes de inalação.
- LDLO – A mais baixa dose da substância, para a qual foi observada morte entre os mamíferos mais sensíveis, em testes de absorção ou por ingestão oral.

- Licença Prévia – (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, implantação e operação.
- Licença de Implantação – (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante.
- Licença de Operação – (LO) – autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.
- MLA - Massa liberada acidentalmente é a maior quantidade de material perigoso capaz de participar de uma liberação acidental de substância perigosa devido a vazamento ou ruptura de tubulações, componentes em linhas, bombas, vasos, tanques, etc. ou por erro de operação ou de reação descontrolada ou de explosão confinada ou não, nas instalações em licenciamento. Na ausência de informações mais precisas, a MLA deve ser considerada como igual a 20% (vinte por cento) da massa de material estocado ou em processo. Havendo sistemas de segurança automáticos ou procedimentos que justifiquem o uso de um tempo de vazamento menor do que o necessário para vazar menos do que 20% (vinte por cento) da massa do material considerado, a MLA poderá ser estimada com base neste tempo desde que devidamente justificado.
- Risco Individual - Risco individual é a frequência anual esperada de morte devido a acidentes com origem em uma instalação para uma pessoa situada em um determinado ponto nas proximidades da mesma.
- Risco Social - Risco social associado a uma instalação ou atividade é o número de mortes esperadas por ano em decorrência acidentes com origem na instalação/atividade, usualmente expresso em mortes/ano.
- Substâncias Tóxicas - São consideradas substâncias de ação tóxica, isto é, com risco grave para a saúde, após exposição, as substâncias que tenham:
  - LC50 - 2000 mg/m<sup>3</sup>, para um tempo de exposição de 4 horas, (LC50 = concentração da substância, no ar, para a qual 50% dos mamíferos mais sensíveis morrem em testes de inalação), ou;

- LD50 – Cutânea - 400 mg/kg de massa corpórea (LD50 – Cutânea = dose para a qual 50% dos mamíferos mais sensíveis morrem em testes de absorção cutânea), ou

- LD50 – Oral - 200 mg/kg de massa corpórea (LD50 – Oral = dose para a qual 50% dos mamíferos mais sensíveis morrem em testes de absorção por via oral).

No caso de não serem disponíveis os dados de LC50 ou LD50, para determinada substância, devem ser utilizados os LCLO ou LDLO correspondentes, que têm o significado de serem a mais baixa concentração ou a mais baixa dose para a qual foi observado qualquer caso de morte do mamífero mais sensível.

- Substâncias combustíveis e inflamáveis - Substâncias combustíveis são aquelas que podem reagir exotermicamente e de modo auto-sustentado com um agente oxidante, usualmente o oxigênio do ar, com emissão de luz e calor. São classificadas como substâncias inflamáveis as substâncias combustíveis cujo ponto de fulgor é inferior a 55°C.
- Substâncias explosivas - Substâncias explosivas são aquelas capazes de causar uma súbita liberação de gases e calor, gerando rápido aumento de pressão, quando submetidas a choque, pressão ou alta temperatura.
- Substância Perigosa – substância que se enquadre em qualquer uma das definições de substância tóxica e/ou combustível e inflamável e/ou explosiva.

### **III.5. Conceitos Relacionados à Gestão de Áreas Contaminadas**

As áreas contaminadas são hoje objeto de uma vasta literatura, embora no caso específico do Brasil ainda sejam pouco contempladas pelos mecanismos legais e pela gestão ambiental. Do ponto de vista conceitual aqui também cabe indagar sobre algumas definições.

A legislação brasileira (Lei 6.938/81) define o termo Ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de forma física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

A Agência de Avaliação Ambiental Canadense define ambiente como a água, a atmosfera e o solo ou toda combinação de um ou outro ou, de maneira geral, o meio ambiente com que as espécies vivas entretêm relações dinâmicas.

Outro conceito importante quando se fala de áreas contaminadas é o de “Poluição”.

Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- Afetem desfavoravelmente a biota;
- Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A Lei 997/76, do Estado de São Paulo, apresenta a seguinte definição para o termo poluição: “Considera-se poluição do meio ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência dessa lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou solo:

- Impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;
- Inconvenientes ao bem-estar público;
- Danosos aos materiais, à fauna e à flora;
- Prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividade normais da comunidade.

A expressão “Degradação Ambiental” é comumente utilizada como um sinônimo para poluição de maneira equivocada, assim como “Área Degradada” em lugar de “Área Contaminada”. Algo degradado não necessariamente está poluído e, portanto os termos não podem ser considerados sinônimos (Viana, 2010).

Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), a degradação da qualidade ambiental seria “a alteração adversa das características do meio ambiente”.

Em razão da diversidade de problemas gerados pela contaminação do meio ambiente pelas mais diversas atividades, é necessária a gestão das áreas contaminadas e sua divisão de acordo com suas possíveis áreas de atuação conforme está ilustrado na figura III.2.



**Figura III.2.-** Sítios de Atuação para Gestão de Áreas Contaminadas  
Fonte: (ReLasc, 2010)

Nesta mesma linha de discussão, a CETESB (GTZ, 1999) define uma área degradada como uma área onde ocorrem processos de alteração das propriedades físicas e/ou químicas de um ou mais compartimentos do meio ambiente. Portanto, uma área contaminada pode ser considerada um caso particular de uma área degradada, onde ocorrem alterações principalmente das propriedades químicas, ou seja, contaminação.

Esta ainda afirma que áreas degradadas podem ocorrer em duas formas principais: as áreas degradadas predominantemente por processos físicos e as áreas degradadas predominantemente por processos químicos, ou áreas contaminadas, destacando-se que em determinadas áreas os dois processos podem ocorrer simultaneamente (CETESB, GTZ 1999).

Para a definição de “área contaminada” foram utilizados os termos poluição e contaminação. Neste manual, esses termos são considerados como sinônimos por serem utilizados amplamente na literatura especializada e nas legislações ambientais, (CETESB, GTZ 1999).

Na legislação ambiental federal do Brasil, particularmente do Estado de São Paulo, o termo mais aplicado e claramente definido é "poluição", enquanto o emprego do termo "contaminação" é limitado a algumas citações, como, por exemplo, na Lei 6.134/88, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo; no seu artigo 4º, é citado que "os órgãos estaduais competentes manterão serviços indispensáveis à avaliação dos recursos hídricos do subsolo, fiscalizarão sua exploração e adotarão medidas contra a contaminação dos aquíferos e deterioração das águas subterrâneas".



## **Capítulo IV – Metodologias e Procedimentos de Análise de Riscos**

A Análise de Riscos é um estudo composto por diferentes etapas. Algumas destas podem se apresentar condensadas em alguns casos, como apresentado no item III.3. Segundo Viana (2010) as principais etapas são:

- Caracterização do Empreendimento e da Região
- Identificação dos Perigos
- Consolidação das Hipóteses Acidentais
- Estimativa dos Efeitos Físicos e Avaliação de Vulnerabilidade
- Estimativa de Frequências
- Estimativa e Avaliação de Riscos
- Gerenciamento de riscos

Cada uma destas etapas terá uma breve explicação, incluindo sua função e métodos de aplicação conforme a OSHA 3133.

### **IV.1. Caracterização do Empreendimento e da Região**

A primeira etapa para a realização da análise de riscos é a compilação de dados relativos às características do empreendimento, incluindo o máximo de informações sobre atividades desenvolvidas, servindo como base para o desenvolvimento do trabalho. Dentre estes, podemos citar a descrição física e geográfica da região, incluindo o uso e ocupação do solo no entorno do empreendimento, características climáticas, mananciais, áreas litorâneas, fauna, flora e interferências com outros sistemas existentes; distribuição populacional da região; descrição física e layout da instalação, em escala; carta planialtimétrica ou fotos aéreas que apresentem a circunvizinhança ao redor da instalação; substâncias químicas identificadas através de nomenclatura oficial e número CAS, incluindo quantidades, formas de movimentação, armazenamento e manipulação, contemplando suas características físico-químicas e toxicológicas; descrição do processo e rotinas operacionais se ainda em operação; apresentação de plantas baixas das unidades e fluxogramas de processos, de instrumentação e de tubulações; sistemas de proteção e segurança.

Esses dados são de especial importância para que seja possível caracterizar o empreendimento, contemplando seus aspectos construtivos e operacionais, além das peculiaridades da região onde este se encontra, foi ou será instalado (Viana, 2010).

## **IV.2. Identificação dos Perigos**

Esta etapa visa identificar a existência de perigos, desde o manuseio e operação com substâncias perigosas (tóxicas, combustíveis ou inflamáveis, inclusive resíduos), situações, procedimentos, falhas de operações, desastres naturais, sabotagem ou eventuais seqüências de eventos que possam causar dano, incluindo cenários acidentais hipotéticos a serem estudados de forma detalhada. Deve-se também estimar com base em dados históricos de instalações e operações semelhantes com que freqüência tais eventos podem ocorrer, pois é uma informação necessária para o cálculo numérico do risco ambiental.

Existem várias técnicas estruturadas para tais identificações, uma vez que cada empreendimento a ser analisado possui particularidades, portanto cabe aos atores decidirem que metodologia deve ser adotada, a mais adequada tanto para o caso da análise como para o nível de detalhamento que se espera obter. Diversas análises de risco ambiental não passam desta etapa, passando direto para a preparação de um plano de gerenciamento, relacionado a empreendimentos de baixa complexidade e/ou pouca periculosidade. Existem diversas técnicas na literatura, portanto serão descritas algumas das mais usuais, baseando-se OSHA 3133 (1994):

### **IV.2.1. Análise Histórica de Acidentes**

Consiste no levantamento de acidentes ocorridos em instalações de mesma tipologia, utilizando-se banco de dados de acidentes ou referências bibliográficas específicas, conseguindo-se assim um panorama do que se pode esperar de perigo no empreendimento em questão.

### **IV.2.2. Método “E se...?” (What if...?)**

É aplicado principalmente para processos simples, revendo-se cada etapa da operação desde as matérias-primas até o produto final. Para cada atividade do processo, perguntas “e se” são formuladas e respondidas, buscando a identificação de eventos indesejados como falhas de componentes ou erros de procedimento, sendo a metodologia aplicada por especialistas experientes na tipologia do empreendimento.

### **IV.2.3. Lista de Verificação**

Para processos mais complexos, pode ser elaborada uma metodologia semelhante a “e se”, mas se utilizando de uma seqüência lógica de questões para avaliar as condições de segurança de uma instalação, por meio de suas condições físicas,

equipamentos utilizados e das operações praticadas. É feita por pessoal capacitado, com amplo conhecimento e experiência na área, com boa capacidade de avaliação por meio de uma auditoria, revisando-se também os registros de operação e manutenção, e em geral precede a utilização de métodos mais sofisticados.

#### IV.2.4. Análise Preliminar de Perigos (APP)

A APP - Análise Preliminar de Perigos (PHA - Preliminary Hazard Analysis) é uma técnica que teve origem no programa de segurança militar do Departamento de Defesa dos EUA. Ela é voltada especificamente para aplicação nas etapas de planejamento de projetos, buscando a identificação precoce de situações indesejadas. Sua estruturação permite que projetos sejam adequados antes do seu término, poupando recursos por obras posteriores de adaptação. Apesar disso, nada impede que esta técnica também possa ser utilizada nas etapas de projeto ou mesmo em unidades já em operação, permitindo, nesse caso, a realização de uma revisão dos aspectos de segurança existentes.

A APP deve focalizar todos os eventos perigosos cujas causas tenham origem na instalação em análise, contemplando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e de materiais, como erros humanos. Na APP devem ser identificados os perigos, assim como as suas possíveis causas, efeitos potenciais (conseqüências) e as categorias de severidade correspondentes, conforme figura VI.1.

Análise Preliminar de Perigos - APP										
Empresa: Petrobras							Folha: 01			
Departamento: UN-BS/SMS							Revisão: 00			
Sistema: Produção de Petróleo e Gás							Data: 25 e 26/03/2010			
Perigo	Causas	Subsistema: Elevação de Petróleo	Deteção	Efeitos	Freq.	Sev.	Risco	Observação (O)	Recomendações (R)	Hipótese
- Grande liberação de líquido inflamável	- Descontrole de poço - falha da DHSV / ANM	- Visual; - Alarme no sistema supervisão.	- Vazamento de óleo para o mar	B	4	RM	(O1); (O2); (O3).	(R1); (R2); (R3)	1	
- Pequena liberação de líquido inflamável	- Vazamento pelo riser, dutos, equipamentos ou conexões	- Visual.	- Vazamento de óleo para o mar	D	2	RM	(O1); (O3); (O4)	(R1); (R3); (R4)	2	
- Pequena liberação de líquido inflamável	- Vazamento pelo riser, dutos, equipamentos ou conexões	- Visual.	- Vazamento de óleo no FPSO	D	1	RT	(O1); (O3); (O4); (O5); (O6)	(R1); (R3); (R4); (R5); (R6)	3	
- Grande liberação de líquido inflamável	- Ruptura do riser ou dutos - corrosão	- Visual; - Alarme no sistema supervisão.	- Vazamento de óleo para o mar	C	3	RM	(O1); (O3); (O4)	(R1); (R3); (R4)	4	
- Grande liberação de líquido inflamável	- Ruptura do riser ou dutos - corrosão	- Visual; - Alarme no sistema supervisão.	- Vazamento de óleo no FPSO	C	1	RT	(O1); (O3); (O4); (O6)	(R1); (R3); (R4); (R6)	5	
- Grande liberação de líquido inflamável	- Ruptura do riser ou dutos - Colisão com embarcação	- Visual; - Alarme no sistema supervisão.	- Vazamento de óleo para o mar	B	3	RM	(O3); (O8)	(R3) (R8)	6	

Análise Preliminar de Perigos - APP										
Empresa: Petrobras							Folha: 01			
Departamento: UN-BS/SMS							Revisão: 00			
Sistema: Produção de Petróleo e Gás							Data: 25 e 26/03/2010			
Perigo	Causas	Subsistema: Separação Primária de Oleo	Deteção	Efeitos	Freq.	Sev.	Risco	Observação (O)	Recomendações (R)	Hipótese
- Pequena liberação de líquido inflamável	- Vazamento pelos dutos, equipamentos ou conexões	- Visual.	- Vazamento de óleo no FPSO	D	1	RT	(O1); (O3); (O4); (O5); (O6)	(R1); (R3); (R4); (R5); (R6)	7	
- Grande liberação de líquido inflamável	- Ruptura dos dutos ou equipamentos	- Visual; - Alarme no sistema supervisão.	- Vazamento de óleo para o mar	C	3	RM	(O1); (O3); (O4); (O5); (O6)	(R1); (R3); (R4); (R5); (R6)	8	
- Grande liberação de líquido inflamável	- Ruptura dos dutos ou equipamentos	- Visual; - Alarme no sistema supervisão.	- Vazamento de óleo no FPSO	C	1	RT	(O1); (O3); (O4); (O5); (O6); (O6)	(R1); (R3); (R4); (R5); (R6); (R6)	9	

Análise Preliminar de Perigos - APP										
Empresa: Petrobras							Folha: 01			
Departamento: UN-BS/SMS							Revisão: 00			
Sistema: Produção de Petróleo e Gás							Data: 25 e 26/03/2010			
Perigo	Causas	Subsistema: Alívio para o Flare	Deteção	Efeitos	Freq.	Sev.	Risco	Observação (O)	Recomendações (R)	Hipótese
- Pequena liberação de líquido inflamável	- Falha da chama do flare	- Visual	- Vazamento de óleo para o mar	B	2	RT	(O1); (O3); (O5);	(R1); (R3); (R5)	10	

**Figura IV.1.-** Exemplo de Planilha de APP (EIA/RIMA - Projetos Integrados de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural no Pólo Pré-Sal, Bacia de Santos - Anexo II-8-1-BW, página 2/19), Disponível em :

[http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento\\_ambiental/Petroleo/Projetos%20integrados/EIA\\_Proj\\_Int\\_BS/Anexos/Item-II-8\\_Anexo\\_II-8-1\\_APP.pdf](http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Petroleo/Projetos%20integrados/EIA_Proj_Int_BS/Anexos/Item-II-8_Anexo_II-8-1_APP.pdf), acesso em 01/09/2011.

#### IV.2.5. Análise de Perigos e Operabilidade (Hazop)

A Análise de Perigos e Operabilidade é uma técnica para identificação de perigos, projetada para estudar possíveis desvios (anomalias) de projeto ou na operação de uma instalação, num exame crítico e sistemático da instalação, a fim de identificar os perigos potenciais e/ou problemas de operabilidade. Isto é efetuado por uma série de reuniões, durante as quais uma equipe multidisciplinar discute metodicamente o projeto da instalação, e o líder orienta o grupo de especialistas através de um conjunto de palavras-guias que focalizam os desvios dos parâmetros estabelecidos para o processo ou operação em análise.

Análise de Perigos e Operabilidade						
Unidade						
Sistema:				Equipe:		Data:
Localização do Nó:					Página:	
Item	Desvio	Causas	Conseqüências		Salvaguardas	Observações
Análise de Perigos e Operabilidade						
Unidade						
Sistema:				Equipe:		Data:
Parâmetro:				Nó:		Página:
	Palavra Guia	Desvio	Causas	Detecção	Conseqüências	Providencias

Figura IV.2.- Exemplo de Planilha de HAZOP (Aguiar, 2007)

#### IV.2.6. Análise de Modos e Efeitos de Falha (Failure Modes and Effects Analysis – FMEA)

Este método consiste na identificação de falhas hipotéticas de componentes, a partir do diagrama de operação, no qual são observadas todas as possibilidades de erros, relacionando os mesmos com seus efeitos. A característica principal do método é a análise de como os componentes podem falhar, desde uma válvula de segurança emperrar quando utilizada, ou um fusível não cortar a energia em uma sobrecarga elétrica. Depois segue uma descrição dos possíveis efeitos, as conseqüências, tanto para operadores e outros componentes do sistema, e a classificação do grau de perigo e a sua probabilidade de ocorrência, finalizando com os métodos apropriados de detecção de falhas. O método também leva em consideração falhas múltiplas e seqüenciais, e suas recomendações finais devem ser consideradas pela etapa de

gerenciamento de risco.

#### **IV.2.7. Análise de Árvore de Falhas – (Fault Tree Analysis – FTA)**

A Análise de Árvore de Falhas é uma técnica dedutiva que é feita a partir de um diagrama com sucessivos desdobramentos. Uma esteira mecânica pode falhar por pane no motor ou por falta de eletricidade; esta pode vir a ocorrer por rompimento da fiação ou falha do gerador. Cada evento apresenta uma probabilidade de ocorrência associada a sua taxa de falha, intrínseca a cada componente do sistema, portanto pode ser considerada quantitativa.

Um incidente pode ocorrer por diversas causas (falhas) elementares de probabilidades de ocorrência diferentes, e aqueles de maior importância para o empreendimento, selecionados/identificados pelas técnicas anteriores, podem ser considerados como um evento-topo, aquilo que se deseja evitar, e que a partir deste sejam estabelecidos caminhos críticos, ramificações que podem resultar na situação indesejada. Deste modo, esta ferramenta pode ser útil para avaliar ações alternativas para redução destas situações, focando as rotas mais sensíveis e indicando aquelas ações que podem ser mais eficientes.

#### **IV.2.8. Análise de Árvore de Eventos – (Event Tree Analysis – ETA)**

Segundo (CETESB, 2011), ETA uma técnica para a análise das conseqüências de um evento indesejado, descrevendo a seqüência temporal dos fatos, que pode ser gerado devido à ocorrência de falhas em equipamentos, de problemas num determinado sistema ou devido a erros operacionais durante a realização de uma determinada atividade, estabelecendo uma série de relações entre o evento inicial e os eventos subseqüentes (interferências), os quais, combinados, resultam nas conseqüências do acidente. Estas relações são estabelecidas por meio das interferências do homem (operador) com o sistema em estudo ou dos sistemas de segurança previstos na planta em análise, ou ainda, em situações que possam gerar diferentes tipos de danos, de acordo com a forma em que ocorra o evento. Nos estudos de análise e avaliação de riscos, as árvores de eventos são normalmente utilizadas para a quantificação das freqüências de ocorrências de diferentes conseqüências possíveis de ocorrer a partir dos eventos iniciais considerados como mais significativos. Para a determinação da freqüência de ocorrência de um evento final, deve-se realizar o produto de todas as probabilidades dos ramos percorridos.

A Análise de Árvore de Eventos é similar a FTA, pois seu método representa diagramas que mostram possíveis seqüências de eventos que podem ocasionar um incidente. Tais bifurcações só permitem duas possibilidades, que é o sucesso ou falha, as quais possuem probabilidades complementares.

### **IV.3. Consolidação das Hipóteses Acidentais**

Após a etapa de identificação dos perigos, as hipóteses acidentais de maior relevância devem ser descritas em detalhes, servindo como base para as etapas posteriores da avaliação de risco. A escolha das hipóteses acidentais deve seguir um critério pré-estabelecido, sendo este também elucidado, em geral considerando a severidade do dano decorrente da falha indicada.

Dependendo da técnica de identificação o critério de severidade já pode estar definido, como no caso da APP, e aqueles perigos classificados em categorias de risco mais elevadas, como “catastrófica” devem ser contemplados nas etapas posteriores. As demais técnicas o analista deve deixar claro tal critério.

### **IV.4. Estimativa dos Efeitos Físicos e Avaliação de Vulnerabilidade**

Cada cenário acidental acarreta diferentes efeitos físicos. Estes podem ser decorrentes de explosões, substâncias químicas tóxicas, quedas, soterramentos, entre outras situações. A estimativa de efeitos físicos deve ser realizada através de modelos matemáticos que efetivamente representem os fenômenos relacionados aos cenários acidentais, assim como de acordo com as características e comportamento das substâncias potencialmente envolvidas.

Os modelos a serem utilizados, muitos já disponíveis comercialmente, devem simular para cada tipologia acidental, como incêndios, explosões, intoxicação aguda, deslizamentos de terra, colisões, etc. Por exemplo, para a possibilidade de liberações de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis contidos em dutos e tanques de armazenamento é necessária uma série de informações para a correta construção e interpretação destes modelos, assim como o dimensionamento de vazamentos, áreas de poças e massas de substâncias envolvidas em cada evento. Dentre estas informações se destacam (Viana, 2010):

- Condições atmosféricas
- Topografia
- Tempo de vazamento
- Tipo de falha que causou o vazamento (furo no costado do tanque)
- Área de poça
- Massa de vapor envolvida no cálculo de explosão confinada
- Rendimento da explosão
- Valores de referência de letalidade ( $\text{kW/m}^2$ , faixas de 1% e 50% de fatalidade)
- Distâncias consideradas
- Apresentação de resultados
- Mapas (lay-out das instalações industriais e mapa do entorno)

Deve ser feita a estimativa de danos a propriedades e outros impactos econômicos e ambientais, comumente se utilizando a taxa de mortalidade para riscos agudos, e nos casos de morte ou aumento no número de casos de câncer a crônica, se pertinente.

#### **IV.5. Estimativa de Frequências**

Esta etapa envolve a estimação da frequência de ocorrência de eventos e situações acidentais identificadas na etapa inicial da análise – identificação de perigos. Tal etapa inicial da análise é obrigatória para aqueles empreendimentos que os efeitos físicos extrapolem os limites físicos da empresa, podendo afetar terceiros e bens alheios.

Em diversos estudos de análise de riscos, o empreendimento pode apresentar cenários de acidentes conhecidos, sobre os quais pode se estimar a frequência através de registros históricos em bancos de dados ou referências bibliográficas. Se a instalação for muito complexa ou não se encontre dados aceitáveis, pode ser necessário se utilizar a Análise por Árvore de Falhas como Método de Identificação, para posterior obtenção das frequências.

#### **IV.6. Estimativa e Avaliação de Riscos**

Segundo Feliciano Filho (2006), “O risco é a medida da perda econômica e/ou danos a vida humana função da combinação entre a frequência de ocorrência e a magnitude de um evento indesejado”.

$$R = f(M, P) \Rightarrow \text{Perigos}$$

Onde:

**R** é o risco,

**M** é a magnitude do evento

**P** é a probabilidade de ocorrência do evento

O Risco está associado:

- À possibilidade de ocorrência do evento;
- Propriedade intrínseca da situação, ser ou coisa
- O Risco pode ser gerenciado, atuando-se sobre sua frequência e/ou magnitude.

#### **IV.7. Gerenciamento de Riscos**

Conforme TERMO DE REFERÊNCIA ELPN/IBAMA Nº 09/05, apud (Viana, 2010) para o Gerenciamento dos Riscos Ambientais deverá ser elaborado um Programa,

contemplando os riscos de acidentes com conseqüências ambientais, nas diferentes etapas das atividades.

É importante Identificar as medidas preventivas e corretivas a serem adotadas para a redução das conseqüências e das freqüências de ocorrência dos eventos acidentais. O Plano de Gerenciamento de Riscos deve conter, no mínimo:

- Os riscos que estão sendo gerenciados,
- Procedimentos e ações necessárias para o correto gerenciamento,
- Definição de atribuições;
- Plano de inspeções periódicas;
- Programas de manutenção (preventiva e corretiva);
- Plano para capacitação técnica dos funcionários/treinamentos
- Processo de contratação de terceiros;
- Registro e investigação de acidentes;
- Gerenciamento de mudanças;
- Sistema de permissão para trabalho;
- Cronograma para implantação/acompanhamento das ações propostas.

Deverão ser mencionados os critérios de segurança, incluindo as medidas preventivas adotadas na fase de planejamento da atividade e a adoção de um “Plano de Ação de Emergência”.

A última etapa da análise de riscos envolve a tomada de providências, desde estruturais, procedimentais e educacionais, que visem a redução das freqüências e conseqüências de eventuais acidentes, baseadas nas considerações feitas pelas etapas anteriores, em especial na Avaliação dos Riscos. Ainda assim, durante a sua operação, um empreendimento que utilize substâncias ou processos perigosos deve estar funcionando de acordo com padrões adequados, e sofrendo manutenção periódica. Para tal, é recomendável que um Programa de Gerenciamento de Riscos (PRG) seja implementado, tanto para as operações rotineiras como para as excepcionais.

O objetivo do PRG é promover uma sistemática que, baseada em atividades de gestão, atenda a todas as operações e equipamentos, priorizando ações de gerenciamento de risco baseadas nos cenários acidentais propostos, sendo documentadas e estabelecida a responsabilidade de cada processo (Viana, 2010).



## **Capítulo V - Utilização da Análise de Riscos para Elaboração de Plano de Ação e Resposta a Emergência (PAE)**

As normas NORSOK foram desenvolvidas pela Indústria de Petróleo da Noruega por meio de iniciativa da OLF (A Norwegian Oil Industry Association) e da TBL (Federation of Norwegian Engineering Industries). O objetivo destas normas é contribuir para a atividade das indústrias petrolíferas orientando e especificando procedimentos para o seguro desenvolvimento e operação das atividades do setor.

A NORSOK Z-013 objetiva estabelecer um plano de execução e utilização da Análise de riscos na elaboração de procedimentos para resposta às emergências. Esta norma estrutura-se estabelecendo primeiramente critérios de aceitabilidade do risco, para posteriormente relacionar o risco com a tomada de ação para uma determinada emergência.

A diretriz norueguesa Z-013 possui três revisões. A primeira de 1º de março de 1998, a segunda revisão de 1º de setembro de 2001 e a terceira revisão de 3 de outubro de 2010. Utilizaremos neste trabalho a primeira revisão a fim de demonstrar a importância da iniciativa de formulação da primeira revisão de 1998 que a partir daí serviu de subsídio para o desenvolvimento de inúmeros projetos e estudos de análise de riscos para o setor petrolífero não somente na Noruega como em vários países, inclusive no Brasil.

A NORSOK Z-013 abrange a análise de riscos e a elaboração de procedimentos de emergência para eventos associados à exploração, perfuração e transporte de recursos petrolíferos, suas instalações e dos navios que participam das atividades. Operações de modificação e desativação dessas atividades também estão inclusos nesta norma. Porém, a mesma não abrange atividades on-shore e de dutos terrestres.

Outras normas internacionais comumente usadas como referências para a elaboração de planos de emergência baseadas em análise de riscos são:

- ISO 13702 Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations - Control and Mitigation of Fires and Explosions - Requirements and guidelines.
- E&P Forum Guidelines for the Development and Application of Health, Safety and Environmental Management Systems.
- HSE SI 1992/2885 A guide to the Offshore Installations (Safety Case) Regulations, UK Health and safety Executive, 1992.
- HSE SI 1995/743 Prevention of fire and explosion and emergency response on offshore installations (PFEER) Regulations, UK Health and Safety Executive, 1995.

- NSA Guidelines for application of risk and emergency preparedness assessment for Mobile Offshore Drilling Units.

Neste trabalho utilizaremos os conceitos e definições da NORSOK Z-013 (1ª Rev. De Março de 1998).

## **V.1. Definições**

Segundo a NORSOK Z-013 temos abaixo algumas definições utilizadas para a elaboração de procedimentos de emergência baseados no risco.

### **i. Critérios de Aceitabilidade do Risco**

Critério utilizado para expressar o nível máximo aceitável do risco para uma determinada atividade.

### **ii. Acidente**

Evento ou cadeia de eventos que podem resultar em perda de vidas, prejuízos e danos à saúde meio ambiente e aos ativos.

### **iii. Dimensionamento de Eventos Acidentais**

Eventos acidentais que servem de base para o layout e dimensionamento dos critérios de aceitabilidade do risco para atividades em instalações de grande escala.

O dimensionamento de eventos acidentais é estabelecido por meio de comparação entre o risco estimado e o critério de aceitabilidade do mesmo, associando também à probabilidade de ocorrência do evento. A tolerabilidade de um perigo deve ser definida como um meio para que os critérios de dimensionamento sejam inequívocos.

### **iv. Análise da Efetividade das Medidas de Segurança e Atendimento a Emergência**

Análise que deverá documentar o cumprimento dos requisitos funcionais básicos de segurança e procedimentos de emergência.

### **v. Plano de Atendimento a Emergência**

Medidas técnicas, organizacionais e operacionais planejadas para implementação em caso de perigo ou acidente a fim de proteger os direitos humanos, o meio ambiente e ao patrimônio.

### **vi. Análise de Riscos**

A Análise de Riscos trabalha com as causas e conseqüências de eventos acidentais, por meio da Análise Preliminar de Riscos, Hazop, etc.

Análises quantitativas do risco são relevantes em muitos casos, uma vez que envolvem a quantificação das probabilidades de ocorrências de eventos acidentais e suas conseqüências, de forma a comparar os riscos com o critério de aceitabilidade

do risco.

## **V.2. Critérios de Análise e Aceitabilidade de Riscos**

### **V.2.1. Requisitos Gerais para Formulação dos Critérios de Aceitabilidade do Risco**

Os critérios de aceitabilidade do risco constituem-se em referência importante para avaliar as medidas de redução do risco e elaboração de procedimentos de resposta a emergência, baseados nos objetivos de segurança e considerando as particularidades de cada atividade. A atualização desses critérios é importante para o aperfeiçoamento contínuo das condições de segurança.

Os critérios de aceitabilidade do risco são uma referência importante para atuação da gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS).

Os resultados da avaliação do risco serão sempre relacionados a algum nível de incerteza que poderão ser muito ou pouco relevantes, de acordo com o modelo usado para as estimativas, as simplificações e dados assumidos segundo uma base de dados mais ou menos escassa.

As decisões para assumir os critérios adequados de aceitabilidade do risco precisam seguir a ordem:

- Serem adequadas para a tomada de decisão para a redução do risco;
- Comunicação adequada;
- Formulação de critérios não ambíguos;
- Ser independente de conceitos que favoreçam a aceitabilidade do risco.

A ambigüidade sugerida acima pode estar diretamente relacionada a fatores importantes como:

- Imprecisão na formulação dos critérios de aceitabilidade do risco
- Definição dos limites a serem analisados para os sistemas de atendimento e resposta a emergência.

### **V.2.2. Verificação dos Critérios de Aceitabilidade do Risco**

Os critérios de aceitabilidade do risco não serão verificados por meio de observações diretas, uma vez que eventos mais raros exigiriam tempo de observação extremamente prolongado.

A verificação de tais critérios poderá ser conduzida da seguinte maneira:

- Desenvolvendo-se estudos dentro da organização, por meio da consulta aos técnicos e operadores, comparando dados de estudos com parâmetros reais de operação.
- Através do monitoramento das operações por meio das tendências e indicadores de risco.

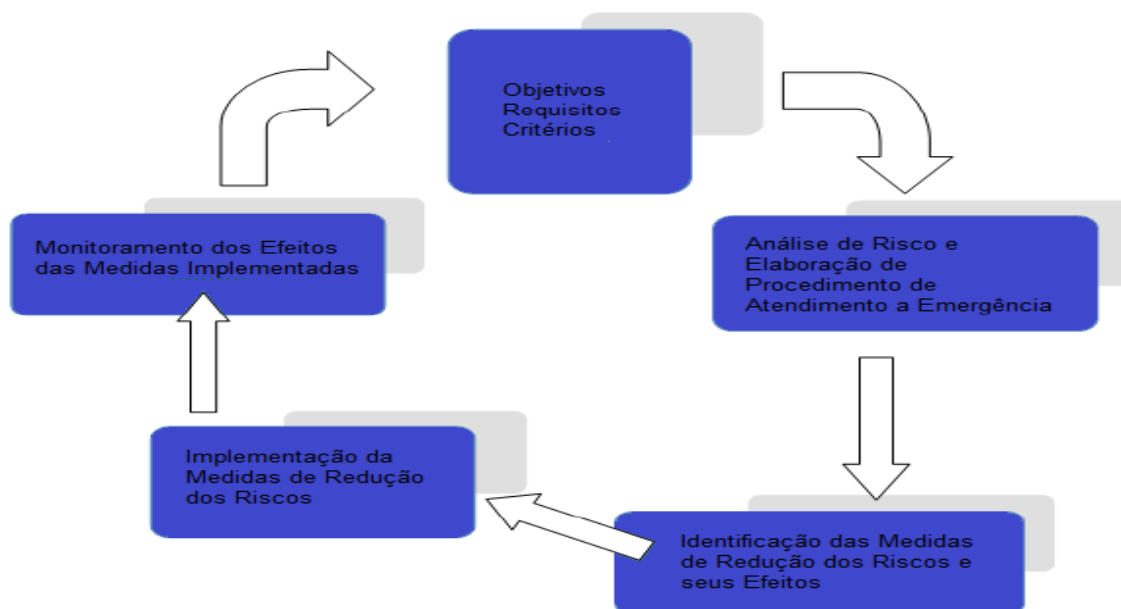
Uma possível variação entre os critérios de aceitabilidade estabelecidos e os valores dos parâmetros registrados deverão ser avaliados por meio de uma análise quantitativa dos riscos, a fim de verificar a influência desse desvio para o risco global.

### V.2.3. Critérios de Decisão

Os critérios de decisão estão baseados nas análises qualitativas e quantitativas do risco, a fim de que haja implementação de medidas necessárias à redução dos riscos. Assumindo, portanto o melhor procedimento de resposta a emergência por meio da gestão de SMS para a minimização do risco.

### V.2.4. Planejamento e Execução do PAE

O E&P Forum Guidelines for the Development and Application of Health, Safety and Environmental Management Systems; documento do Fórum “Diretrizes para o Desenvolvimento a Aplicação de Saúde, Segurança e Sistemas de Gestão Ambiental” oferece orientação para o sistema de SMS, conforme apresentado na figura V.1.



**Figura V.1.** - Feedback de Gestão para Utilização da Análise de Riscos e Resposta a Emergência na Gestão de SMS; (NORSOK Z-013, Março 1998)\_Modificada.

## Parte II

### Capítulo VI – Avaliação do Risco Ambiental: Caso Particular – Estudo da Contaminação por Vazamento de Óleo em Mar Aberto ou Áreas Costeiras

#### VI.1. Perspectivas Gerais

A Internacional Petroleum Industry iniciou um estudo juntamente com a Associação de Conservação Ambiental de sigla em inglês IPIECA<sup>3</sup>, a fim de contribuir para a discussão global sobre a preparação para vazamento de óleo e resposta à emergência, iniciada por incidentes de grande derramamento de petróleo durante 1989/90.

A Avaliação do Risco Ambiental (ARA) é assunto em evidência na Diretriz Norueguesa NORZOK Z-013, que trata justamente das atividades do setor petrolífero e questões relativas à segurança das mesmas.

De um modo geral, o transporte de derivados de petróleo no mar a considerar na gestão de todas as operações relacionadas no transporte, manuseio e armazenagem de petróleo e produtos petrolíferos:

- É de suma importância para se concentrar na prevenção de derrames.
- Apesar dos melhores esforços de organizações individuais, derrames continuarão a ocorrer e afetarão o meio ambiente local.
- Resposta a derramamentos devem procurar minimizar a gravidade dos danos ambientais e acelerar a recuperação de qualquer ecossistema danificado.
- A resposta deve sempre procurar complementar e fazer uso das forças da natureza para a maior amplitude possível.

Em termos práticos, isto requer que os procedimentos operacionais para o transporte, armazenamento e manuseio de petróleo e produtos petrolíferos sejam tratados pelos gestores como prioridade aos controles preventivos para evitar derrames. Reconhecendo a inevitabilidade de derrames futuros, responsabilidades de gestão também devem dar alta prioridade ao desenvolvimento de planos de contingência que irão garantir uma resposta rápida para atenuar o efeito adverso de quaisquer derrames. Estes planos devem ser suficientemente flexíveis para dar uma resposta adequada à natureza da operação, ao tamanho do derrame para a geografia local e clima

---

3 IPIECA (The global oil and gas industry association for environmental and social issues).

Os planos devem ser suportados pelos recursos humanos estabelecidos, mantido a um alto grau de prontidão em termos de pessoal e equipamento de apoio.

Exercícios são necessários para formar o pessoal em todas as técnicas de gestão e mitigação de derrame, e proporcionar os meios de testar os planos de contingência que, para maior efeito, são realizadas em conjunto com representantes dos setores público e privado.

A eficiência de potenciais acordos de cooperação e “*joint venture*”<sup>4</sup> entre as empresas e terceiros, contratados para a resposta ao vazamento de óleo deve ser reconhecido. Revisões periódicas e avaliações de tais instalações são incentivadas a garantir a manutenção da capacidade e eficiência das normas.

A estreita cooperação entre a indústria e as administrações nacionais no planejamento de contingência devem garantir o máximo grau de coordenação e entendimento entre indústria e os planos dos governos. Este esforço cooperativo deve incluir esforços para apoiar as administrações com medidas de conservação ambiental nas áreas de operações da indústria.

Aceitando-se que a mídia e o público em geral tenham interesse direto na forma de condução do petróleo e operações da indústria, particularmente em relação a derramamentos de óleo, é importante trabalhar de forma construtiva com os meios de comunicação e diretamente com o público para aliviar seus medos. Compromisso de que a resposta a incidentes será rápida e completa, dentro dos limites previstos de qualquer capacidade de resposta definida também é desejável.

É importante que as medidas de limpeza de áreas impactadas sejam realizadas através de técnicas adequadas, incluindo a destinação adequada de resíduos, que minimizem os danos ecológicos.

## **VI.2. Definições da Z-013 para o Risco Ambiental**

Segundo a Norsok Z-013 a metodologia de estudo da avaliação do risco ambiental deve ser demonstrada por meio de exemplos que elucidem a diferença do risco ambiental para os demais tipos de risco. É importante que haja maior detalhamento para a ARA, uma vez que o desenvolvimento ou operação de uma série de atividades podem aumentar o risco ambiental significativamente.

- i. **Vazamento Acidental** - vazamento não planejado resultante de um acidente.
- ii. **Derramamento de Óleo Acidental** - derramamento não planejado de hidrocarbonetos líquidos (óleo, condensado) que afeta o ambiente externo, resultante de um acidente.
- iii. **Meio Ambiente** - ambiente externo que pode estar sujeito a derramamentos acidentais ao mar, tal como ambiente marinho e a costa.

- iv. **Área de influência** - área que pode ser afetada, nesse caso por um derramamento de óleo. Esta área é determinada com base nas modelagens matemáticas de derramamento de óleo, percentual da mesma que poderia sofrer danos. (este percentual é freqüentemente considerado como 5% ou 10%, o valor deve ser definido pelo operador).
- v. **Área de análise** - a parte do meio ambiente que está sujeita à análise, baseada em avaliação da área de influência, probabilidade de vazamento com uma determinada taxa e duração da distribuição. A área de análise pode ser maior, igual ou menor que a área de influência.
- vi. **Recuperação** (duração) - O tempo necessário antes que um recurso tenha recuperado o nível de população ou condição anterior ao derramamento, levando em consideração as variações naturais.
- vii. **Dano ambiental** - Redução direta ou indireta de um ou diversos recursos resultantes de um derramamento acidental. O tempo de recuperação de, ao menos, um dos recursos afetados deve ser, no mínimo, um mês para efeito de ser classificado como dano ambiental.
- viii. **Categorias para dano ambiental** – São dadas as seguintes categorias para dano ambiental: **menor, moderado, significativo, grave**, definidas por sua recuperação.

#### VI.2.1. Critérios de Aceitabilidade do Risco ao Meio Ambiente

Uma série de atividades ligadas ao setor petrolífero podem gerar acidentes que causem danos ambientais desde os de menor impacto até os mais graves.

As categorias de dano ambiental são diretamente relacionadas às freqüências ou probabilidades dos riscos ambientais de determinada atividade.

Segundo a Z-013 as atividades petrolíferas offshore podem ser classificadas em três níveis:

- i. **Operação** - Uma operação simples com uma duração limitada, como a perfuração de um poço exploratório, isto é, todas as atividades conduzidas pela unidade móvel na locação até que este seja abandonado.
- ii. **Instalação** - Uma instalação offshore da qual a perfuração ou produção podem ser realizadas, como uma plataforma de produção integrada ou um modelo de poço submarino isolado.

- iii. **Campo** - Diversas instalações que juntas conduzem a perfuração e a produção de um ou mais reservatórios.

O risco é quantificado para cada nível, a fim de que possam ser conduzidas as modificações necessárias em cada atividade, porém o dano ambiental deve ser analisado considerando-se todos os níveis em conjunto.

A abordagem norueguesa considera os recursos e suas recuperações como o ponto de partida. A instalação que originou o derramamento não é importante, do ponto de vista dos recursos. O principal fundamento é que um recurso específico no todo não deve ser exposto a derramamentos acidentais por um período de tempo maior do que pode aquele considerado “insignificante”.

O princípio geral, conforme declarado acima, implica que a recuperação seguida de dano ambiental deve ter uma duração “insignificante” quando comparada ao período esperado entre tais danos. Por exemplo, a implicação dos 5% considerado “insignificante” é que o menor dano ambiental com uma recuperação média de 0,5 anos, não pode ocorrer com frequência maior do que a cada 10 anos, a tabela VI.3 exemplifica esses cálculos para tempos de recuperação maiores.

A tabela VI.1 exemplifica limites para frequência de vazamentos para cada uma das três atividades: Operação, instalação e campo considerando que o dano ambiental com tempo de recuperação de um ano não pode ocorrer com frequência maior que a cada 100 anos.

**\*Tabela VI.1.- Critérios de Aceitabilidade para Risco Ambiental (insignificante 1%)**

<b>Dano Ambiental</b>	<b>Limites de Frequência Específicos para Campo por Ano:</b>	<b>Limites de Frequência Específicos para Instalação por Ano:</b>	<b>Limites de Frequência Específicos para Operação por Ano:</b>
<b>Menor</b>	$< 4x 10^{-3}$	$< 2x 10^{-3}$	$< 2x 10^{-4}$
<b>Moderado</b>	$< 1x 10^{-3}$	$< 5x 10^{-4}$	$< 5x 10^{-5}$
<b>Significante</b>	$< 4x 10^{-4}$	$< 2x 10^{-4}$	$< 2x 10^{-5}$
<b>Grave</b>	$< 1x 10^{-3}$	$< 5x 10^{-5}$	$< 5x 10^{-6}$

Os critérios relativos a cada atividade devem ser utilizados somente para cada atividade específica. Podemos exemplificar assim: O uso dos critérios relativos às operações devem ser utilizados para operações isoladas, tal como a perfuração de um poço de exploração.

Os critérios de aceitabilidade do risco não podem ser considerados limites definitivos. As medidas de redução de risco devem ser sempre consideradas quando o risco estimado está no intervalo ALARP (vide figura III.1), entre os limites de tolerabilidade superior e inferior.



Do ponto de vista quantitativo utilizamos os limites de frequência como critério de aceitabilidade do risco ambiental, mas para uma análise mais profunda devemos considerar também a análise qualitativa da recuperação para a categoria de Dano Ambiental.

**\*Tabela VI.2.-** Categoria de Dano Ambiental com Relação ao Tempo de Recuperação

<b>Menor</b> - dano ambiental com recuperação entre um mês e um ano.
<b>Moderado</b> - dano ambiental com recuperação entre um e três anos.
<b>Significante</b> - dano ambiental com recuperação entre três e dez anos.
<b>Grave</b> - dano ambiental com recuperação de mais de dez anos.

**\*Tabela VI.3.-** Limites de frequência aceitáveis, baseados em “insignificante” como sendo 5%.

Dano Ambiental	Recuperação Média	Limite de Frequência Aceitável
<b>Menor</b>	½ ano	< 1 evento a cada 10 anos
<b>Moderado</b>	2 anos	< 1 evento a cada 40 anos
<b>Significante</b>	5 anos	< 1 evento a cada 100 anos
<b>Grave</b>	20 anos	< 1 evento a cada 400 anos

**\*Tabela VI.4.-** Limites de frequência aceitáveis para categorias de dano ambiental para campos, instalações e operações, baseados em “insignificante” como sendo 5%.

Dano ambiental	Limite de frequência aceitável	Risco específico do campo:	Risco Específico da Instalação	Risco operacional específico (por operação)
<b>Menor</b>	< 1 evento a cada 10 anos	< 1 evento a cada 50 anos	< 1 evento a cada 100 anos	< 1 evento a cada 1000 anos
<b>Moderado</b>	< 1 evento a cada 40 anos	< 1 evento a cada 200 anos	< 1 evento a cada 400 anos	< 1 evento a cada 4000 anos
<b>Significante</b>	< 1 evento a cada 100 anos	< 1 evento a cada 500 anos	< 1 evento a cada 1000 anos	< 1 evento a cada 10000 anos
<b>Grave</b>	< 1 evento a cada 400 anos	< 1 evento a cada 2000 anos	< 1 evento a cada 4000 anos	< 1 evento a cada 40000 anos

\*Fonte: Anexo C (Z-013)

A diretriz norueguesa define a zona ALARP dentro da variação de 10% a 100% do limite de aceitabilidade. Estes limites devem ser definidos pelo operador.

Por exemplo, caso a frequência de aceitabilidade do risco ambiental em uma instalação seja para um dano ambiental de **menor** gravidade  $< 0,1 \times 10^{-2}$  temos:

- Risco Ambiental aceitável, e as medidas para redução do risco são desnecessárias para limites inferiores a frequência de menor gravidade.
- Caso a frequência apareça entre  $0,1-1,0 ( \times 10^{-2} )$  o risco ambiental é considerado aceitável e medidas de redução dos riscos devem ser avaliadas.
- Caso a frequência seja maior que  $1 \times 10^{-2}$  o risco ambiental é considerado inaceitável e medidas de redução dos riscos devem ser implementadas e os riscos reavaliados.

Definidos os limites de aceitabilidade dos riscos e seus critérios, a metodologia da ARA usualmente reconhecida para avaliar áreas impactadas por vazamentos de óleo e que permita o planejamento de resposta a emergência é o Mapeamento do Risco Ambiental (MARA).

### **VI.3. Metodologia para Avaliação do Risco Ambiental**

Segundo (Mendes *et al*, 2005), a complexidade do estudo para ARA envolvendo áreas impactadas por vazamento de óleo é enorme, por ser multidisciplinar e passar por diversos enfoques e níveis de profundidade. A metodologia de Mapeamento do Risco Ambiental (MARA) justifica-se como ferramenta para o estudo da ARA, uma vez que permite conhecermos os elementos ambientais mais vulneráveis ao longo de faixas de dutos, por exemplo, ou até mesmo em determinadas áreas costeiras mais vulneráveis ao derramamento de óleo e hidrocarbonetos líquidos.

A ARA na indústria do Petróleo passa por estudos do impacto direto sobre determinadas espécies, análise da cadeia alimentar e desdobramentos regionais socioeconômicos.

A metodologia de MARA identifica as regiões no entorno da atividade que podem ser atingidas por derrames para que possam ser tomadas as medidas cabíveis em ações de contingência e prevenção. O produto deste estudo é de grande importância para desenvolvimento dos planos de emergência locais ou regionais.

Mendes *Et al*, cita as seguintes contribuições do MARA para a ARA:

- Visualiza os elementos ambientais por meio de imagens de satélite e fotografias;
- Visualiza as áreas que poderiam ser afetadas e seus sistemas de drenagem;
- Busca conhecer, classificar e proteger os elementos ambientais sensíveis e que podem ser impactados;
- Planeja recursos humanos e materiais para um eventual acidente;

- Utiliza os dados obtidos para realizar simulados e eventualmente melhorar a resposta as emergências;
- Complementa o estudo de segurança com a visão ambiental;
- Possibilita criar estratégias de combate a possíveis vazamentos como os “Planos de Contingência”.

### VI.3.1. Preocupações Biológicas

O impacto inicial pode variar de um mínimo (por exemplo, na sequência de alguns derrames em mar aberto) até a morte de tudo em uma comunidade biológica particular. O aprisionamento de petróleo em um mangue ou pântano (figura VI.1) levando à morte árvores e à fauna associada podem representar um quadro desolador em particular.



**Figura VI.1.-** Floresta de mangue destruída por vazamento de petróleo (esquerda), ostras agarradas às raízes que estão morrendo (direita). Fonte: IPIECA, 2002

### VI.3.2. Importância de Zonas Úmidas Costeiras

A Estratégia Mundial de Conservação (IUCN / UNEP / WWF 1980)<sup>4</sup> destaca a importância das zonas úmidas costeiras e águas rasas que podem ser atingidas por derrames de óleo, onde estuários e manguezais fornecem alimentos e abrigo para aves aquáticas e peixes, crustáceos e moluscos. Atividades econômicas como a pesca de camarão podem ser profundamente afetadas por esse tipo de acidente.

A figura VI.2 ilustra as relações de interdependência entre os seres vivos comumente existentes em um estuário típico e que podem ser profundamente afetados por vazamentos de óleo.

---

<sup>4</sup> IUCN (International Union for Conservation of Nature) / UNEP (United Nations Environment Programme) / WWF (World Wildlife Fund).

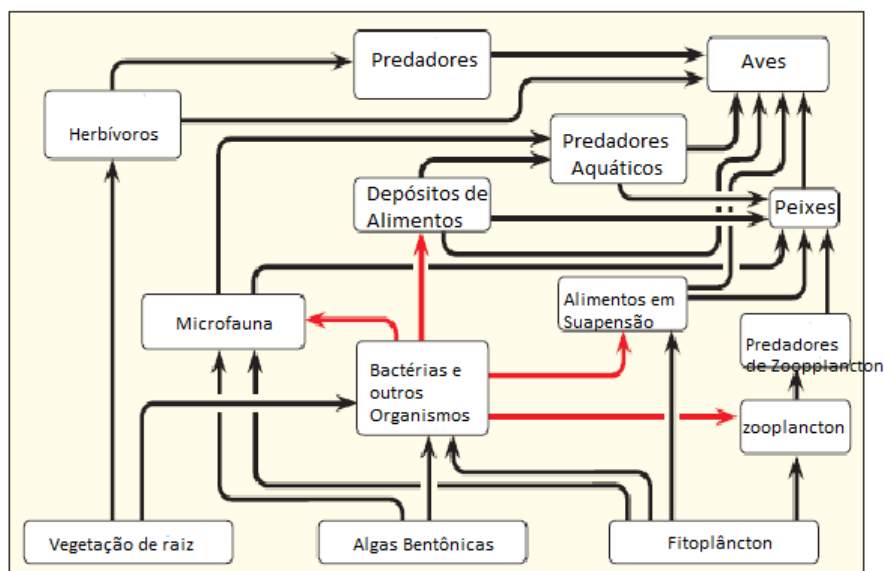


Figura VI.2.- Cadeia Alimentar em estuário típico. Fonte: IPIECA, 2002 (Modificada)

### VI.3.3. Fatores que Influenciam O Impacto e Recuperação de Áreas Atingidas

#### ➤ Tipo de óleo

Experimentos realizados com plantas e animais mostram que os óleos brutos de petróleo e seus produtos possuem diferentes níveis de toxicidade, particularmente devido ao baixo ponto de ebulição foi observado que vazamentos de óleos leves em regiões confinadas apresentam maiores danos relativos à intoxicação por compostos aromáticos. Enquanto o derramamento de óleos pesados podem cobrir a costa e matar organismos por sufocamento, um feito físico e não através de efeitos tóxicos agudos.

#### ➤ Carga de Óleo

Se o carregamento de petróleo é alto, a penetração em alguns sedimentos podem ser melhoradas, e reduzidas as probabilidades de formação de massas de óleo incorporando-se a pedras e cascalho e endurecimento para formar pavimentos de asfalto persistentes relativamente. Geralmente de 5-10 cm espessura e 30/01 m de largura, eles persistem mais tempo na margem superior, onde podem constituir um barreira física que limita a recolonização, por exemplo, de plantas como as gramíneas e arbustos. Na seqüência de um derrame, a retirada do óleo a granel por equipes de limpeza pode acelerar a recuperação em alguns casos e minimizar os efeitos da chance de formação de pavimentação asfáltica.

A Exxon Valdez sofreu derramamento de óleo em águas frias e próximo à costa houve formação de massas de óleo muitas vezes incorporando pedra e cascalho, posteriormente endurecidos sob a forma de pavimentos asfálticos, estes restos permanecem até 16 anos após o derrame.

### ➤ Fatores Geográficos

Alguns vazamentos de petróleo em mar aberto tendem a se dispersar sem causar grandes danos ecológicos, porém quanto mais próximo da costa, mais pronunciados serão os danos, o óleo pode atingir, baías, enseadas e ficar aprisionado atingindo elevadas concentrações em águas mais rasas, o mesmo ocorre para lagos e alguns sistemas fluviais.

Os ecossistemas mais prejudicados costumam ser aqueles nos quais ocorre espalhamento de óleo em reentrâncias como nos manguezais, onde vias de óleo apossam-se das raízes das plantas, tocas de animais, moluscos, etc. Causando a morte desses organismos e das vias que mantêm esses seres vivos, quando o petróleo fica preso, por exemplo, em vias anaeróbicas sua taxa de degradação é muito baixa e a taxa de recolonização será dificultada pela presença de hidrocarbonetos tóxicos e espécies oportunistas serão favorecidas, degradando ainda mais o meio em questão.

A figura VI.3 resume o processo de intemperismo do óleo na água. Do ponto de vista toxicológico, quando o petróleo é derramado na água do mar, a princípio, somente os componentes solúveis afetam os organismos que vivem sob a superfície. Porém, quando ventos, ondas e correntes agem sobre a mancha de óleo, misturando-o à água, outros componentes não solúveis passam também a afetar os organismos, ali presentes (CALIXTO, 2011).

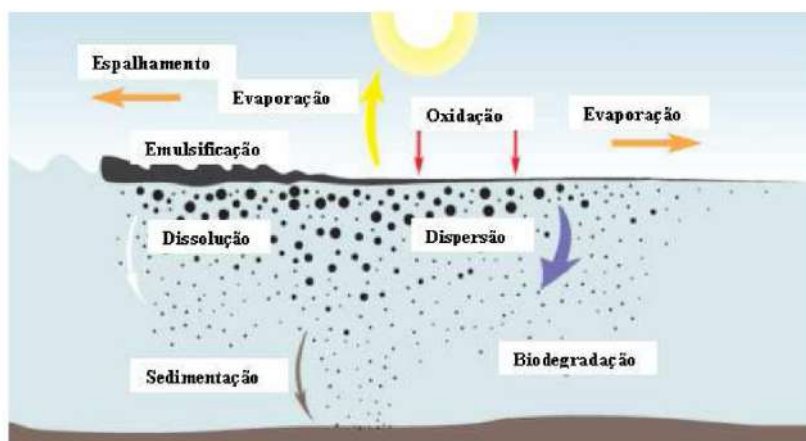


Figura VI.3.- Processo de intemperismo do óleo na água do mar (Fonte: Calixto, 2011)

### ➤ Tempo, Clima e Época

As altas temperaturas e o vento aumentam as velocidades de evaporação, o que leva a uma diminuição de toxicidade do óleo remanescente na água. A temperatura afeta a viscosidade do óleo (e por isso a facilidade com que pode ser dispersa, e com o qual ele pode penetrar em sedimentos, juntamente com o aporte de nutrientes e oxigênio, determina a taxa de degradação microbiana, que é o destino final do óleo no ambiente.

### ➤ Fatores Biológicos

Diferentes espécies costumam ter sensibilidades diferentes, por isso é importante

conhecer as particularidades dos grupos biológicos que podem estar ameaçados por acidentes envolvendo derramamento de óleo no mar.

#### **VI.4. Descrição do MARA**

A metodologia proposta aplica-se a vazamentos de óleo ou hidrocarbonetos em mar aberto, áreas costeiras limítrofes ao derrame ou ainda em caso de vazamentos que possam atingir corpos hídricos, populações vizinhas e elementos ambientalmente sensíveis.

##### **VI.4.1. Caracterização da Área de Estudo**

Em caso de sistemas terrestres devem ser definidos a localidade e seus entornos, regiões povoadas e industrializadas, existência de recursos hídricos como: rios, lagos, mananciais e comunicação ou não com mar aberto.

Dados meteorológicos como temperatura média, índices de precipitação e distribuição anual de chuvas, umidade relativa do ar e condições atmosféricas da localidade, além de dados geográficos e hidrodinâmicos como correntes marinhas, movimento de marés e descarga de águas fluviais devem ser caracterizados para todos os sistemas sejam marinhos ou terrestres.

##### **VI.4.2. Mapeamento da Sensibilidade Ambiental**

De um modo geral o mapeamento de sensibilidade depende de parâmetros físicos que determinam os ambientes costeiros, informações biológicas que determinam os grupos biológicos, locais de ocorrência e concentração de espécies, ambientes de reprodução e descanso, e informações socioeconômicas como áreas de pesca, turismo, cultivo de espécies vegetais entre outros.

Segundo Lahr *et al* (2009), as publicações e mapas de risco diferem consideravelmente no que diz respeito aos métodos de avaliação de riscos aplicada, por exemplo, indicadores de escala, os dados subjacentes e operações espaciais aplicadas. Há uma coisa, porém, que a maioria destes estudos têm em comum, quase todos

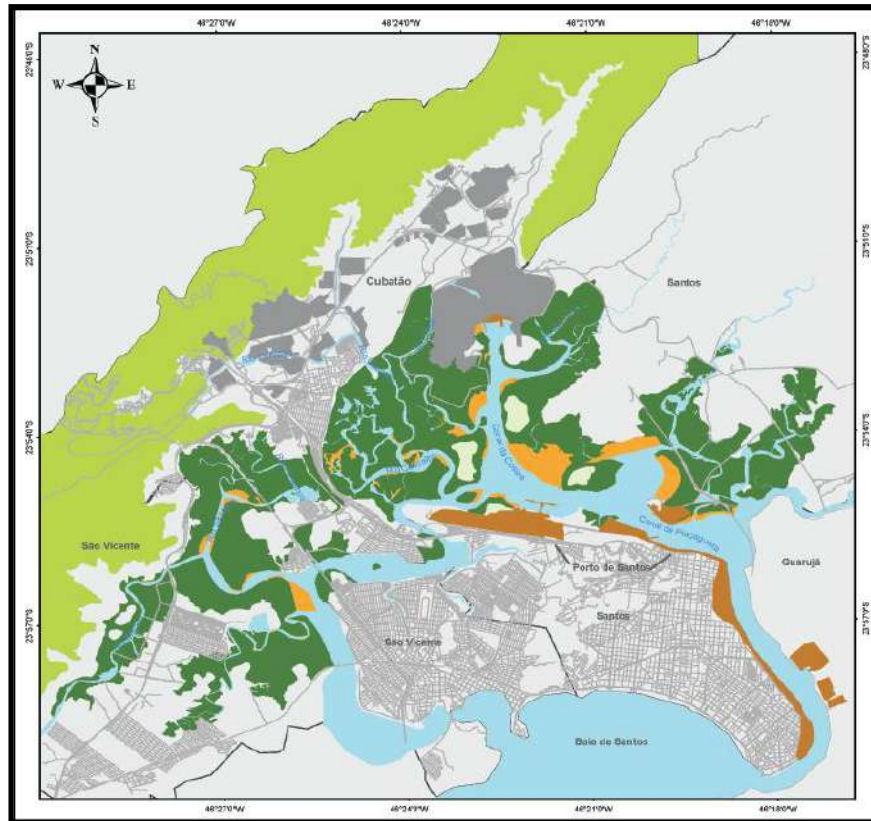
os estudos incluem a utilização de um ou mais modelos para prever a exposição e riscos de efeitos.

Os sistemas de informação geográfica (SIG) e os sistemas de banco de dados geográficos ajudam na busca de informações sobre as áreas de estudo e sua sensibilidade ao óleo por meio das Cartas SAO.

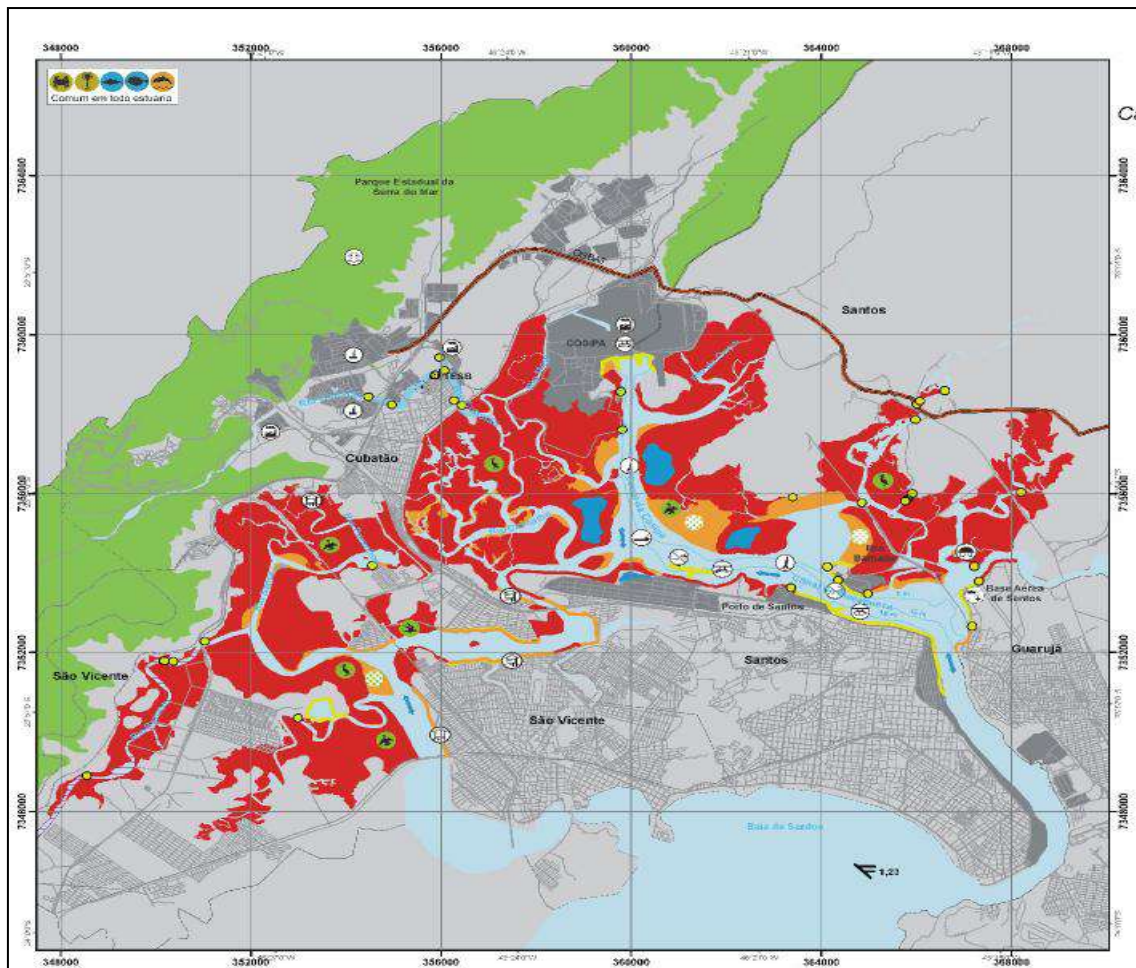
###### **VI.4.2.1. Cartas SAO**

No Brasil o mapeamento das áreas passíveis de impacto por vazamento de óleo, tanto em áreas costeiras, quanto terrestres, são identificadas por meio do documento “Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade

Ambiental para Derramamento de Óleo”, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente.



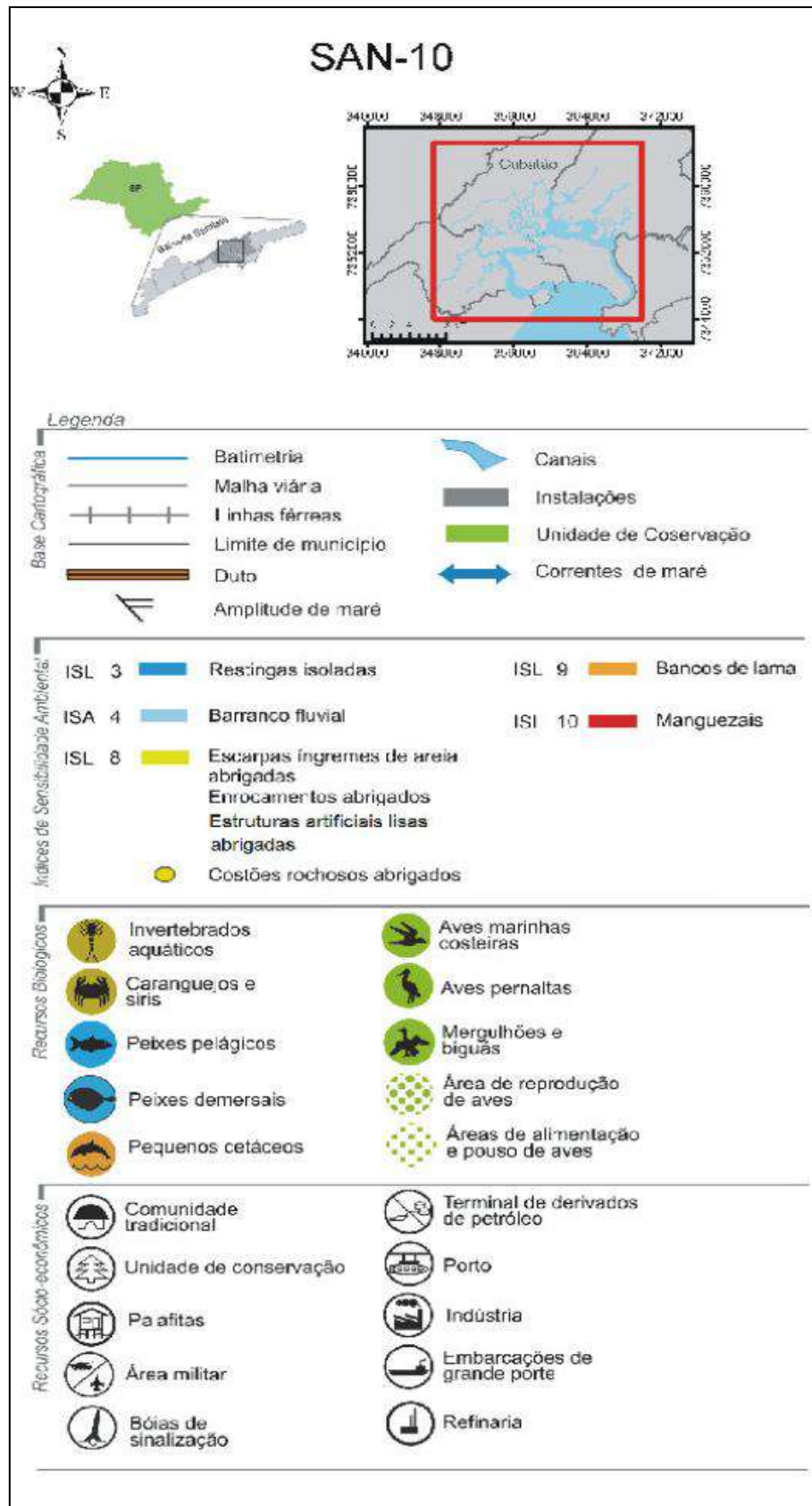
**Figura VI.4.-** Exemplo de Mapa de Localização de Área de Estudo (Sistema Estuarino de Santos -São Paulo) Fonte: Cantagallo *et al.*



**FiguraVI.5-** Exemplo de Carta SAO (Sistema Estuarino de Santos – São Paulo)

Fonte: Cantagallo *et al.*





**Figura VI.6.-** Legenda da Carta SAO (Fonte: Cantagallo *et al*)

O mapeamento de ambientes costeiros deve ser realizado por meio de fotos e informações obtidas via satélite para compor os mapas de sensibilidade.

#### VI.4.2.2. Recursos Biológicos

As informações sobre os recursos biológicos são obtidas através de bancos de dados biológicos e inspeções locais, como a ocorrência de espécies, habitats, áreas de alimentação e reprodução dos organismos vivos aquáticos. Estes dados são inseridos nas cartas SAO e podem também ser organizados em tabelas como a tabela VI.5.

A cada um dos parâmetros apresentados nesta tabela foi atribuído um valor de referência de modo a facilitar a classificação dos ecossistemas. Estes valores foram obtidos de forma empírica em três níveis: (1) Baixo; (2) Médio e (3) Alto.

**Tabela VI.5.-** Classificação da Sensibilidade Ambiental

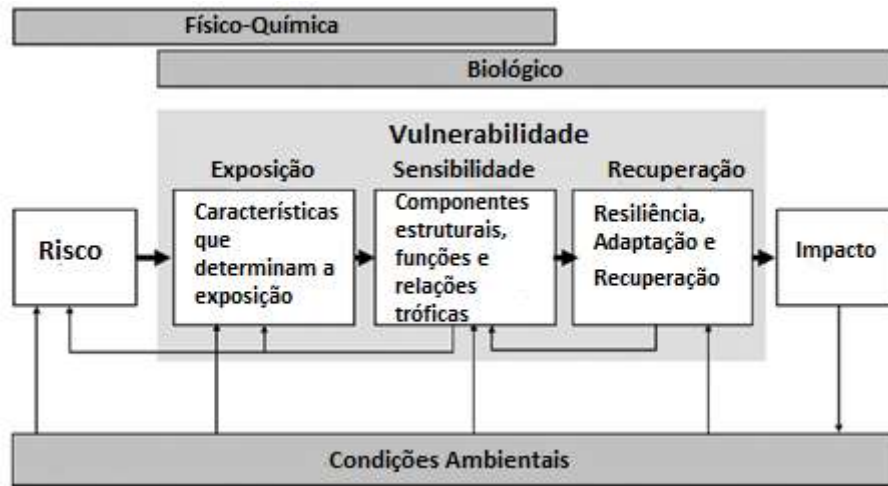
AMBIENTES / HABITATS	Biodiversidade		Recuperação ambiental			Sensibilidade	
	RARIDADE ESPÉCIES RARAS	GRAU DE COMPLEXIDADE DA COMUNIDADE BIOLÓGICA	PERSISTÊNCIA DO ÓLEO NO AMBIENTE	GRAU DE COMPLEXIDADE DAS OPERAÇÕES DE LIMPEZA	RESTRICÇÕES À REGENERAÇÃO NATURAL	NÍVEL DE SENSIBILIDADE	CLASSIFICAÇÃO FINAL
CAMPO / CAMPO DE ALTITUDE	1	1	1	1	1	5	1a
VEGETAÇÃO DE DUNAS	1	1	1	1	1	5	1b
CAMPO DE RESTINGA	2	1	2	1	2	8	2
CERRADO / CAMPO CERRADO	2	2	2	1	2	9	3
MATA CILIAR (RIO ENCAIXADO)	2	2	2	2	2	10	4
COMUNIDADES RUPESTRES (LITORÂNEAS)	3	3	1	1	3	11	5a
CAMPO RUPESTRE	3	3	1	1	3	11	5b
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	3	2	2	2	2	11	5c
JUNDU (ESCRUBE)	2	2	2	3	3	12	6a
MATA DE RESTINGA SOBRE/ENTRE CORDÕES ARENOSOS	3	3	2	2	2	12	6b
MATAS DE TRANSIÇÃO RESTINGA / ENCOSTA	2	3	1	3	3	12	6c
FLORESTA OMBRÓFILA Densa ATLÂNTICA	2	3	1	3	3	12	6d
CERRADÃO	3	2	3	2	2	12	6e
MATAS DE RESTINGA PALUDOSA	3	3	3	3	2	14	7
MATA CILIAR (VÁRZEA/ALAGADO)	3	3	3	3	3	15	8

(Fonte: IBP, 2005)

Deste modo a classificação da sensibilidade ambiental é um somatório de todos os parâmetros tabelados.

Em linhas gerais os ecossistemas mais prejudicados por vazamentos de óleo são os manguezais, regiões alagadas e de restinga.

Segundo De Lange *et al*, o quadro da figura VI.7 pode ser usado para uma variedade de riscos, por exemplo, mudanças climáticas ou a invasão de espécies exóticas. O quadro também pode ser usado para descrever o impacto da interação de diferentes tipos de riscos. O principal objetivo do quadro é mostrar que uma avaliação da vulnerabilidade combina o profundo conhecimento biológico dos ecossistemas locais, e do componente perigoso que pode ser derramado no meio.



**Figura VI.7.** - Quadro Geral de Avaliação de Vulnerabilidade Ecológica, De Lange et al (Modificada).

Abaixo segue a descrição dos recursos biológicos mais importantes e de maior vulnerabilidade em caso de derrames de óleo em áreas costeiras:

- a) **Manguezais:** Manguezais (figura VI.8) considerados na escala de sensibilidade ao óleo os ambientes mais prejudicados, uma vez que sua capacidade de remoção do óleo por movimentos hidrodinâmicos é dificultado pelos sedimentos de lama e que também são pobres em oxigênio que prejudicam a biodegradação e a inexistência de procedimentos eficientes de limpeza dessa região tornam as regiões de manguezais críticas em caso de vazamentos de óleo.

Segundo a equipe de Gerenciamento costeiro de Pernambuco no mundo existem cerca de 162.000 km<sup>2</sup> de manguezais. No Brasil existem cerca de 25.000 km<sup>2</sup> manguezais que representam mais de 12% dos manguezais do mundo inteiro.

Os manguezais estão distribuídos desde o Amapá até Laguna, em Santa Catarina, no litoral brasileiro.

Os manguezais são encontrados ao longo de todo o litoral, sendo constituídos pelas principais espécies de mangue:

- *Rhizophora mangle* (mangue vermelho)
- *Laguncularia racemosa* (mangue branco)
- *Avicennia sp* (mangue preto, canoé)
- *Conocarpus erectus* (mangue de botão)

A fauna dos manguezais representa significativa fonte de alimentos para as populações humanas. Os estoques de peixes, moluscos e crustáceos apresentam expressiva biomassa, constituindo excelentes fontes de proteína animal de alto valor nutricional. Os recursos pesqueiros são considerados como indispensáveis à subsistência das populações tradicionais da zona costeira.

Os manguezais são extremamente importantes, uma vez que:

- Desempenham importante papel como exportador de matéria orgânica para o estuário, contribuindo para produtividade primária na zona costeira.
- É no mangue que peixes, moluscos e crustáceos encontram as condições ideais para reprodução, berçário, criadouro e abrigo para várias espécies de fauna aquática e terrestre, de valor ecológico e econômico.
- Os mangues produzem mais de 95% do alimento que o homem captura do mar.
- Sua manutenção é vital para a subsistência das comunidades pesqueiras que vivem em seu entorno.
- A vegetação de mangue serve para fixar as terras, impedindo assim a erosão e ao mesmo tempo estabilizando a costa.
- As raízes do mangue funcionam como filtros na retenção dos sedimentos.
- Constitui importante banco genético para a recuperação de áreas degradadas



**Figura VI.8.-** Manguezal. Foto: IMA/AL

Disponível em: <http://www.ima.al.gov.br/sala-de-imprensa/galeria-de-fotos>

Os Principais fatores que resultam em alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos manguezais são: aterros e desmatamentos, queimadas, deposição de lixo e lançamento de esgoto e efluentes industriais, construção de marinas e pesca predatória.

O manguezal, ecossistema bem representado ao longo do litoral brasileiro, é considerado, no Brasil, como de preservação permanente, incluído em diversos dispositivos constitucionais (Constituição Federal e Constituições Estaduais) e infraconstitucionais (leis, decretos, resoluções, convenções):

- Constituição Federal de 1988, artigo 225.
- Lei Federal nº 9.605/98, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
- Código Florestal – Lei nº 4.771/1965.
- Lei Federal Nº 7.661/98, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.
- Lei Estadual nº 9.931/1986 - Proteção das Áreas Estuarinas (Pernambuco).
- Resolução CONAMA nº 04/1985.
- Decreto Federal nº 750/93, que dispõe sobre o corte, a exploração, a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica.

- b) **Bancos de Lama e Regiões Alagadas:** Estes ambientes ocorrem, na área de estudo, sempre associados aos manguezais, em áreas onde o hidrodinamismo é baixo propiciando a deposição dos sedimentos. Estas áreas podem ser chamadas de áreas de progradação e possibilitam a colonização da vegetação de mangue segundo Cantagallo *et al.*, uma série de animais como moluscos, crustáceos e vermes vivem em tocas escavadas na lama. Durante a maré alta, peixes, siris e caranguejos vêm alimentar-se destes animais, podendo ficar presos em poças quando a maré baixa. Neste período aves como garças, guarás, maçaricos, batuíras entre outros vem alimentar-se.
- c) **Restinga:** As restingas (figura VI.9) são formadas ao longo da linha de costa. Este ecossistema apresenta características próprias que variam de acordo com a complexidade ambiental da região, formada por cordões de praia e terraços marinhos. Entretanto, possui em comum com outros locais o aspecto geomorfológico, que equivale a uma faixa longa e paralela à linha de costa. Com relação à fauna e a flora da região em questão, existem representantes típicos, inclusive com a ocorrência de espécies endêmicas. Nesta região por várias vezes observam-se os ecossistemas de restingas entrecortados pelos ecossistemas de dunas, muitas vezes de difícil delimitação (ZEEC/AL, 2011).



**Figura VI.9.** - Ecossistema de Restinga. Foto: (ZEEC/AL, 2011).

Disponível em: [http://www.ufal.br/zeecal/resultado/norte/alteracoes/altera\\_restinga.htm](http://www.ufal.br/zeecal/resultado/norte/alteracoes/altera_restinga.htm)

### VI.4.2.3. Aspectos Socioeconômicos

Deve-se avaliar se a região estudada possui indústrias e atividades portuárias em sua base econômica. Para tal deve-se mapear em campo os empreendimentos localizados em áreas que podem vir a ser diretamente atingidas. No exemplo já citado do Estuário de Santos em São Paulo localizam-se em contato direto com o mesmo os empreendimentos da Terminas de Alemoa, Ilha Barnabé e da siderúrgica

“COSIPA<sup>5</sup>” e o Porto de Santos. Estes empreendimentos podem ser considerados as fontes potenciais de poluição de maior magnitude dentro do estuário (Cantagallo, *et al*, 2009). Devem ser também monitoradas atividades turísticas, acervos culturais e comunidades que devem ser prioritariamente assistidas em caso de um vazamento de óleo.

## **VI.5. Planos de Contingência**

Segundo Calixto (2011), existem alguns modelos internacionais elaborados para planos de contingência ao vazamento de óleo, cada um destes planos considera as particularidades e especificidades de cada acidente e áreas passíveis de danos. No Brasil, apesar da falta de estrutura por parte do Governo Federal e Governos Estaduais, algumas iniciativas foram tomadas por organizações públicas e privadas, no sentido de desenvolver maior efetividade na capacidade de resposta às emergências, como:

- Desenvolvimento de softwares de modelagem de vazamento de óleo, como o INFOPAE da Petrobras;
- Desenvolvimento de softwares de análise quantitativa de risco, como o SIRA do INEA;
- Desenvolvimento do banco de dados de acidentes ambientais pelo IBAMA, desde 2006;
- Desenvolvimento de banco de dados de vazamento de óleo no Estado de São Paulo pela CETESB (1974 a 2000);

### **VI.5.1. Planos de Contingência Internacionais**

#### **VI.5.1.1. Austrália**

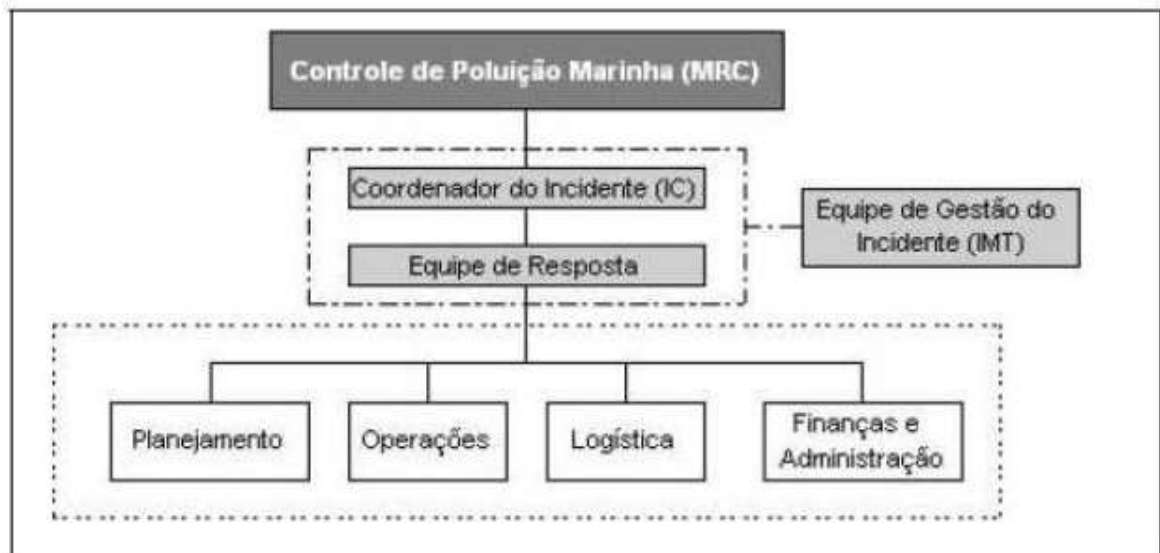
Países como a Austrália, Estados Unidos, Canadá e Reino Unido são reconhecidos por possuírem modelos avançados de planos de resposta a emergência e que podem servir de modelo para o Brasil na elaboração de um Plano Nacional de Contingência (PNC).

No caso da Austrália a AMSA (Australia Marine Safety Authority) é o órgão federal que define as responsabilidades em caso de vazamento em todos os níveis até estaduais, locais, participando inclusive a iniciativa privada em casos emergenciais.

---

5 Companhia Siderúrgica Paulista

A AMSA é a agência que atua de forma a elaborar os planos de contingência em caso de vazamento de óleo no mar. O modelo para gestão de resposta a vazamentos é feito de acordo com o sistema de controle de resposta ao incidente de derramamento de óleo “(OSRICS)<sup>6</sup>” como podemos visualizar na figura VI.10 a divisão de responsabilidades entre as agências, governo, estado de modo a administrar todas as etapas do PNC, planejamento, logística e financeira.



**Figura VI.10** – Estrutura de Combate a Poluição Marítima na Austrália

Fonte: AMSA, 2008, apud Calixto, 2011, p.61.

A tabela VI.6 apresenta os principais acidentes com derramamento de óleo ocorridos na Austrália de 1903 até 2010, que resultaram em ações legais por parte do governo federal no sentido de minimizar os impactos e acelerar a resposta às emergências.

6 Osrics: The Oil Spill Response Incident control System



**Tabela VI.6** – Maiores acidentes de vazamento de óleo da história da Austrália 1903-2011.

<b>Data</b>	<b>Unidade</b>	<b>Local</b>	<b>Quantidade de Óleo (ton)</b>
28/11/1903	<i>Petriana</i>	Port Phillip Bay, VIC	1,300
26/05/1974	<i>Sygná</i>	Newcastle, NSW	700
14/07/1975	<i>Princess Anne Marie</i>	Offshore, WA	14,800
29/10/1981	<i>Anro Asia</i>	Bribie Island QLD	100
03/12/1987	<i>Nella Dan</i>	Macquarie Island	125
06/02/1988	<i>Sir Alexander Glen</i>	Port Walcott, WA	450
20/05/1988	<i>Korean Star</i>	Cape Cuvier WA	600
28/07/1988	<i>Al Qurain</i>	Portland VIC	184
21/07/1991	<i>Kirki</i>	WA	17,280
30/08/1992	<i>Era</i>	Port Bonython SA	300
10/07/1995	<i>Iron Baron</i>	Hebe Reef TAS	325
28/06/1999	<i>Mobil Refinery</i>	Port Stanvac SA	230
03/08/1999	<i>Laura D'Amato</i>	Sydney NSW	250
18/12/1999	<i>Sylvan Arrow</i>	Wilson's Promontory VIC	<2 tonnes
02/09/2001	<i>Pax Phoenix</i>	Holbourne Island, QLD	<1000 litres
25/12/2002	<i>Pacific Quest</i>	Border Island , QLD	>70 km slick
24/01/2006	<i>Global Peace</i>	Gladstone, QLD	25 tonnes
11/03/2009	<i>Pacific Adventurer</i>	Cape Moreton, QLD	270 tonnes
21/08/2009	Montara Wellhead	NW Australian coast	aprox 64 tonnes per day
03/04/2010	Shen Neng1	Great Keppel Island QLD	4 tonnes

Fonte: AMSA, 2011 disponível em:  
[http://www.amsa.gov.au/Marine\\_Environment\\_Protection/Major\\_Oil\\_Spills\\_in\\_Australia](http://www.amsa.gov.au/Marine_Environment_Protection/Major_Oil_Spills_in_Australia)  
 Modificada (acesso em 20:40 horas 09/06/2011).

### **Acidente de Montara e West Atlas**

Em 21 de Agosto de 2009 um poço de exploração de petróleo no Campo de Montara no Mar do Timor, ao norte da Austrália Ocidental sofreu um “*blowout* <sup>7</sup>”. O acidente foi associado a um poço que estava sendo perfurado em uma outra plataforma, a West Atlas e que teria ocasionado perda de estabilidade na pressão do reservatório em Montara. As tentativas para acabar com o vazamento não foram eficazes e deflagraram um incêndio na plataforma West Atlas. 74 dias após o início do acidente o vazamento foi contido por meio de bombeamento de lama em um “*poço aliviador* <sup>8</sup>”, que posteriormente foi selado com um tampão de cimento e barreiras mecânicas de modo a impedir futuramente outro vazamento.

Segundo Hinafuku e Helal (2011), no total foram derramados aproximadamente 30.000 litros de óleo cru e condensado no mar que atingiram regiões de extrema importância para a conservação da vida marinha e as duas plataformas mencionadas foram completamente destruídas. Com isso o acidente é considerado um dos piores da Austrália relacionados a derramamento de petróleo.

#### **VI.5.1.2. Estados Unidos**

Os EUA possuem a maior estrutura de preparo e combate à poluição por óleo no mundo, com PNC em vigor e Planos de Contingência conjuntos com Canadá e México, (CARDOSO, 2007).

A atualização do PNC é de responsabilidade da Agência de Proteção Ambiental (EPA), sendo que as revisões devem ser coordenadas e enviadas aos membros da Equipe Nacional de Resposta, para conhecimento e comentários, antes de sua emissão.

A organização de resposta é baseada no conceito de comando unificado com representantes federais, estaduais e do poluidor, com apoio de equipes nacionais e regionais de resposta. O Sistema Nacional de Resposta é composto por uma Equipe Nacional de Resposta, Equipes Regionais de Resposta, Coordenador de Operações de Campo, Gerente de Projetos de Remediação, além dos Comitês de Área.

A Equipe Nacional de Resposta é responsável pelo planejamento nacional de preparo e resposta a emergência, pela coordenação do planejamento regional e pelo estabelecimento de políticas e suporte às Equipes Regionais de Resposta. A EPA é a responsável pela presidência e a vice-presidência cabe à Guarda Costeira (NCP, 2004, apud CARDOSO, 2007 p.p. 41-42).

---

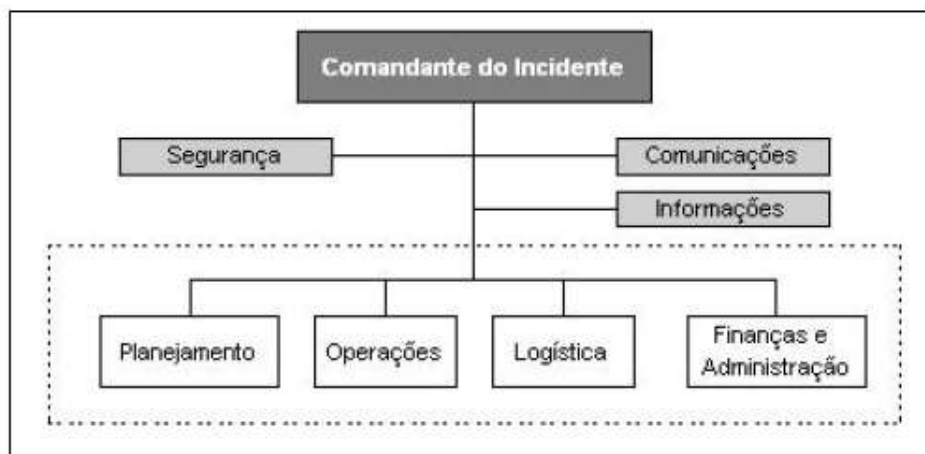
7 Fluxo incontrolável de gás, óleo ou outro fluido do reservatório (HINAFUKU e HELAL, 2011).

8 Um alívio é perfurado utilizando o mesmo equipamento que é usado para perfurar um poço de produção normal. A principal diferença é que, no caso de vazamento de petróleo nos poços de alívio de eixo vertical é, eventualmente, perfurados em um ângulo de interseção com a tubulação do poço original a fim de deter o vazamento. Informação disponível em: <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/relief-well.htm>.

As Equipes Regionais de Resposta são responsáveis pelas atividades regionais de preparo e planejamento e por aconselhamento e auxílio aos Coordenadores de Operações de Campo (OSC). Em conjunto com os representantes estaduais, eles devem elaborar Planos Regionais de Contingência.

Os Comitês de Área, presididos pelos OSC, são responsáveis pela elaboração de Planos de Contingência de Área, que devem conter informações detalhadas sobre procedimentos de resposta, prioridades e medidas de combate apropriadas.

Assim como na Austrália e no Canadá, a estrutura de resposta é baseada no modelo do Sistema de Comando de Incidentes, cujo comando central é de responsabilidade do OSC, como pode ser visto na Figura VI.11.



**Figura VI.11** – Estrutura de gerenciamento de resposta dos EUA

Fonte: CARDOSO, 2007

Instalações e navios-tanque, localizadas em terra ou mar, que manuseiam óleo ou substâncias perigosas e que possam causar danos ambientais substanciais, devem elaborar, respectivamente, Planos de Resposta de Instalações (FRP) e Navios (VRP), aprovados pela agência competente, para responder às suas descargas de “pior caso”, consistentes com os Planos de Área de sua localização.

No Brasil (Petrobras, 2004), de acordo com a Resolução CONAMA 293 a Descarga de Pior Caso a ser considerada deve ser  $V_{pc} = V1 + V2$  (1), onde:

$V_{pc}$  = volume do derramamento correspondente à descarga de pior caso.

$V1$  = soma da capacidade máxima de todos os tanques de estocagem e tubulações a bordo.

$V2$  = volume diário estimado(2) decorrente da perda de controle do poço de maior vazão associado à plataforma x 30 dias.

(1) Quando a perda de controle do poço não comprometer a estocagem da plataforma.

(2) A estimativa do volume diário deverá ser acompanhada de justificativa técnica.

O sistema dispõe de um fundo para custeio da resposta a derramamentos de óleo, o “OSLTF<sup>9</sup>”, criado pelo governo americano diante da necessidade da disponibilidade de recursos financeiros para o financiamento de ações de prevenção e combate a derramamentos, formado por taxa incidente sobre petróleo comercializado, com reposição de recursos feita pelo poluidor. A existência do Fundo, com recursos significativos à disposição para custeio de operações, facilita a contratação de insumos técnicos e humanos.

Nos EUA leis federais obrigam os responsáveis por navios e instalações de terra ou marítimas, que tenham conhecimento de qualquer descarga, a comunicar ao Centro Nacional de Resposta (NRC), operado pela Guarda Costeira, que funciona como ponto de contato para todos os relatos de incidentes. Caso não seja possível o contato com o NRC, a comunicação deve ser feita ao OSC, e em caso de impossibilidade, deve-se comunicar a unidade da Guarda Costeira mais próxima.

Há um telefone dedicado para comunicação de incidentes, e um formulário para orientação de recebimento de informações, que lista pontos a serem perguntados durante o relato telefônico, com o intuito de obter a maior quantidade possível de informações relevantes.

Cabe ressaltar que não existe um volume mínimo para a notificação, bastando apenas a existência de película iridescente visível ou descoloração da superfície aquática ou das costas adjacentes, ou borra ou emulsão que se deposite abaixo da superfície da água ou sobre as costas adjacentes, de acordo com a Lei da Iridescência, incorporada à Lei Federal de Controle de Poluição de Águas (FWPCA) em 1996, (CARDOSO,2007).

Ao receber uma comunicação de incidente o Centro Nacional de Resposta deve notificar, imediatamente, o Coordenador de Operações de Campo. Cabe ao OSC a decisão de assumir a coordenação das ações de resposta caso a atuação do poluidor não seja suficiente (NCP, 2004). Os diversos níveis de resposta são acionados de acordo com as proporções da descarga.

Se o poluidor não estiver atuando satisfatoriamente, o OSC deve adotar as ações de resposta necessárias e notificá-lo sobre sua responsabilidade de ressarcimento dos custos decorrentes das ações de resposta adotadas.

O OSC pode solicitar apoio de qualquer órgão componente da estrutura do Sistema Nacional de Resposta, bem como contratar organizações privadas de combate a derramamentos dispondo de recursos financeiros do Fundo OSLTF.

---

9 OSLTF The Oil Spill Liability Trust Fund

## Acidente da Plataforma de Perfuração Deep Water Horizon

Este acidente ocorreu em abril de 2010 na plataforma de perfuração Deep Water Horizon da empresa Britânica British Petroleum (BP) no Golfo do México. A plataforma explodiu (figura VI.12) matando 11 funcionários. Dois dias após o acidente a plataforma afundou a 80 quilômetros da costa do Estado Americano da Louisiana.

A BP anunciou dia 17 de julho de 2010 ter conseguido deter o vazamento. As estimativas foram de 5 mil barris por dia de óleo cru sendo derramado no mar durante os meses em que o vazamento ocorreu.



**Figura VI.12.** – Explosão da plataforma da BP no Golfo do México, disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/internacional/sequencia-de-falhas-causou-vazamento-de-petroleo-diz-bp>.

### VI.5.1.3. Reino Unido

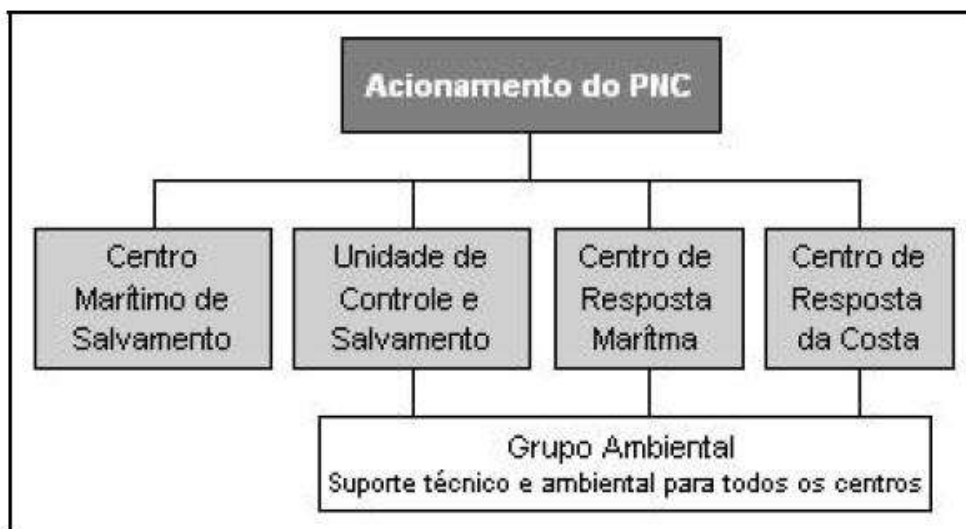
O PNC do Reino Unido, denominado Plano Nacional de Contingência para Poluição Marinha causada por Embarcações e Instalações Marítimas, abrange todos os incidentes que possam provocar poluição por óleo ou outras substâncias perigosas, em águas interiores, definidas como águas dentro da linha de base territorial, e no mar territorial, definido até 12 milhas a partir da linha de base. Seu objetivo é assegurar uma resposta rápida, efetiva e de grande extensão aos incidentes de poluição, (CARDOSO, 2007).

No PNC do Reino Unido o Centro de Resposta é dirigido pela guarda costeira, que coordena operações de combate a poluição marítima, uso de dispersantes químicos e recuperação mecânica do óleo derramado.

Os custos de limpeza e recuperação das áreas afetadas pelo vazamento recaem sobre o poluidor e os departamentos de Meio Ambiente, Transporte e Comércio

asseguram que os trabalhos de resposta sejam realizados conforme critérios estabelecidos e sem a interferência da mídia, nos trabalhos de recuperação.

O acionamento do PNC do Reino Unido é dado conforme figura VI.13 e mostra a integração dos departamentos que salvaguardam a costa e os órgãos ambientais.



**Figura VI.13.** – Estrutura de gerenciamento de resposta a vazamentos de óleo no mar do Reino Unido. (Fonte: CARDOSO, 2007)

### VI.5.2. Plano de Contingência Brasileiro

A definição do conteúdo dos Planos de Emergência Individual, ou seja, específico para determinada instalação ou atividade surgiu a partir da Resolução CONAMA nº 293 de 12 de dezembro de 2001. Tal promulgação estabeleceu os requisitos mínimos para elaboração do Plano de Emergência Individual. A Resolução CONAMA nº 293/01 foi substituída pela CONAMA nº 398 de 11 de junho de 2008, que inclui outras atividades, como refinarias, que passaram a ter obrigação de desenvolver os Planos de Emergência Individuais para cenários de vazamento de óleo.

Calixto (2011), menciona três tipos de planos de emergência existentes no Brasil:

- I. Individuais (PEI);
- II. Auxílio Mútuo (PAM);
- III. Contingências (PRC e PNC).

Conforme o artigo segundo da Lei 9966 de 2000 temos a seguinte definição para Plano de Contingência: É o conjunto de procedimentos e ações que visam à integração dos diversos Planos de Emergência setoriais, bem como a definição dos recursos humanos, materiais e equipamentos complementares para a prevenção, controle e combate à poluição das águas.

Descreveremos neste trabalho apenas o Plano Nacional de Contingência para incidentes envolvendo derramamento de óleo em águas marítimas.

A Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, de 1990 (OPRC 90), determina que todo Estado Parte deve estabelecer um sistema nacional que contenha um plano nacional de contingência para preparo e resposta que inclua a relação organizacional entre os órgãos envolvidos, tanto públicos quanto privados. Além do plano, também é exigida a designação de autoridades nacionais responsáveis por: preparo e resposta; recebimento e transmissão de relatórios; e solicitação e prestação de assistência, em casos de poluição por óleo, (SOUZA FILHO, 2011).

No Brasil, o texto da OPRC 90 foi aprovado pelo Decreto Legislativo Nº 43, de 29 de maio de 1998. O Governo brasileiro depositou, junto à IMO, o instrumento de Ratificação da Convenção, em 21 de julho de 1998, o que, segundo as regras estabelecidas no texto da OPRC, fez com que esta começasse a vigorar, para o Brasil, em 21 de outubro de 1998. O Decreto Nº 2.870, de 10 de dezembro de 1998, promulgou a OPRC 90. (SOUZA FILHO, 2011).

Segundo as disposições na Lei 9966, a Marinha passou à responsabilidade de coordenar a elaboração do PNC do Brasil, cuja consolidação em nível federal será de responsabilidade do órgão ambiental federal IBAMA e o Ministério do Meio Ambiente e em nível local das secretarias de meio ambiente em parceria com os órgãos federais e a iniciativa privada.

Em 2003, um novo projeto de decreto que incorporou ao seu texto a versão final do PNC, anteriormente citada como anexo, foi encaminhado aos ministérios para avaliação. A versão aprovada pelos ministérios se encontra, desde maio de 2003, em apreciação no Ministério do Meio Ambiente, (SOUZA FILHO, 2011).

Sendo assim devemos ressaltar que o PNC a vazamentos de óleo no Brasil ainda não foi regulamentado.

Conforme decreto proposto o PNC brasileiro está organizado da seguinte maneira:

- Comissão Coordenadora do PNC – composta por uma Autoridade Nacional, uma Secretaria Executiva, duas Autoridades responsáveis por Coordenações Setoriais e por um Comitê de Suporte – caberá a expedição de atos normativos necessários à operacionalização do sistema.
- Autoridade Nacional: Ministério do Meio Ambiente juntamente com o IBAMA, caberá a responsabilidade de desenvolvimento de normas e documentos técnicos que facilitem a implantação dos planos de emergência e desenvolvimento de sistemas de informação.
- Coordenações Setoriais, a fim de averiguar a relevância do vazamento e a capacidade do poluidor de assumir o comando das ações de resposta.

- Comitê de suporte, formado por representantes de instituições federais, estaduais e municipais a fim de propor metodologias de avaliação e atualização do PNC.

### **VI.5.3. Mitigação e Quantificação das Perdas**

As medidas de mitigação dos efeitos do vazamento de óleo em mar aberto e áreas costeiras vão muito além das ações de limpeza e remoção do óleo. É importante ressaltar que os impactos gerados ao meio ambiente persistem muitas vezes por longos anos após cumpridos os protocolos e ações de emergência. Faz-se necessária a recuperação das áreas degradadas e auxílio às comunidades atingidas, dispensar recursos financeiros suficientes para recuperar a fauna e flora e espécimes prejudicados.

Será descrito abaixo de forma rápida os principais procedimentos para limpeza e remoção do óleo, a saber:

#### **VI.5.3.1. Contenção e Recuperação do Óleo Flutuante no Mar**

##### **Barreiras de Contenção e Skimmers**

As barreiras de contenção possuem a finalidade de conter derramamentos de petróleo e derivados, concentrando, bloqueando ou direcionando a mancha de óleo para locais menos vulneráveis ou mais favoráveis ao seu recolhimento. Elas também podem ser utilizadas para proteger locais estratégicos, evitando que as manchas atinjam áreas de interesse ecológico ou sócio-econômico.

Conforme Ferrão (2005), na maioria das vezes a contenção do óleo é trabalhada conjuntamente com ações de remoção do produto. Para tanto uma série de equipamentos ou materiais podem ser utilizados como "skimmers", barcaças recolhedoras, cordas oleofílicas, caminhões vácuo, absorventes granulados, entre muitos outros. A aplicabilidade de cada um deles está associada a fatores como tipo de óleo; extensão do derrame; locais atingidos; acessos e condições meteorológicas e oceanográficas.

O uso de barreiras para conter e concentrar o óleo flutuante e sua recuperação através de "skimmers", normalmente é visto como a solução ideal para remover o óleo derramado no ambiente marinho. Mas, infelizmente, o método vai de encontro à tendência natural do óleo que é de se espalhar conforme a influência de ventos, ondas e correntes. Em águas agitadas um grande derramamento de um óleo de baixa viscosidade pode se espalhar por vários quilômetros em poucas horas.

Os sistemas de contenção de óleo disponíveis normalmente se movem lentamente enquanto recuperam o óleo derramado (figura VI.14). Desta forma, mesmo eles sendo totalmente operacionais, não será possível recolher mais do que uma pequena parte do óleo derramado. Esta é a razão principal porque a contenção e a recuperação de óleo em mar aberto dificilmente alcançará proporção maior que 10 a 15% do óleo derramado (FERRÃO, 2005).



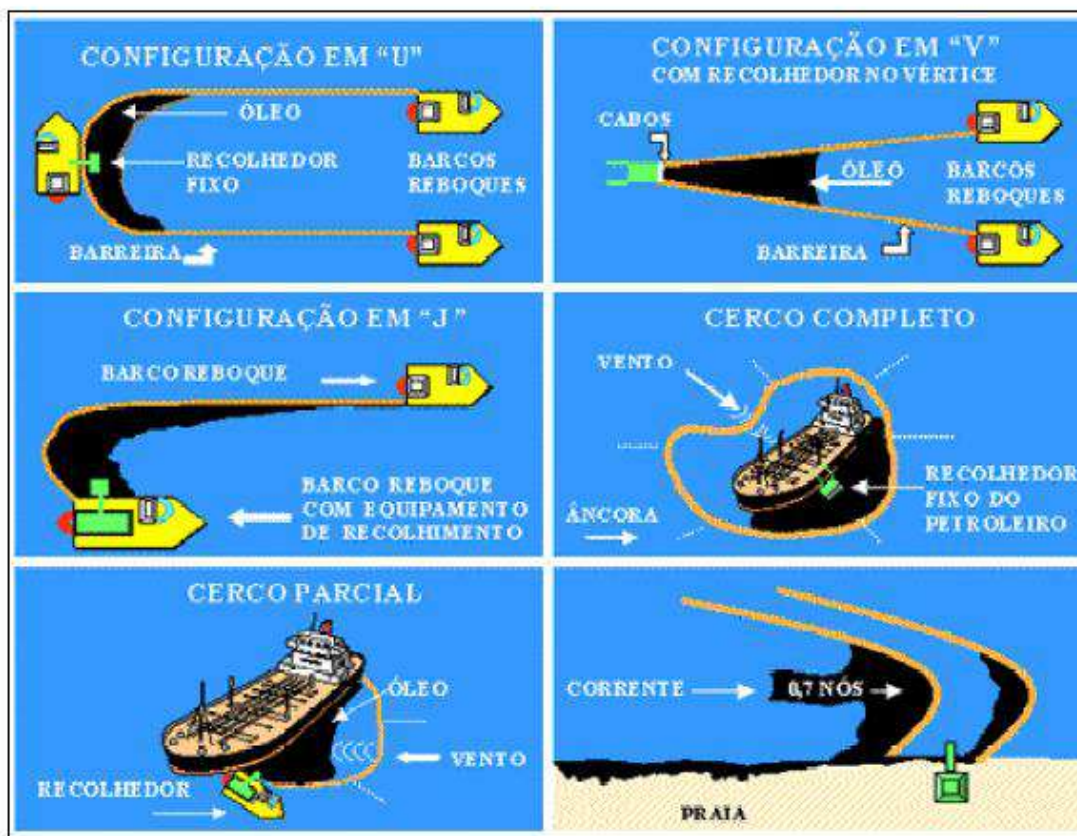


Figura VI.14. - Características Estruturais da Barreira de Contenção (FERRÃO, 2005)

## Dispersantes Químicos

Conforme a Resolução CONAMA nº 269/2000 considerando que a aplicação de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar é uma opção tecnicamente viável, o seu artigo primeiro menciona que: a produção, importação, comercialização e uso de dispersantes químicos para as ações de combate aos derrames de petróleo e seus derivados no mar somente poderão ser efetivados após a obtenção do registro do produto junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. E no seu artigo 2º a utilização de dispersantes químicos em vazamentos, derrames e descargas de petróleo e seus derivados no mar deverá obedecer os critérios dispostos no regulamento anexo à esta resolução.

Segundo esta resolução os dispersantes químicos são substâncias orgânicas com a função de reduzir a tensão superficial entre óleo e água e facilitar a sua dispersão no meio aquoso. Os dispersantes são potencialmente aplicáveis em situações de derramamento de óleo, porém só deverão ser utilizados se resultar em prejuízo ambiental menor quando comparado por um derrame sem qualquer tratamento, ou se outra medida adicional à contenção não for eficaz.

Os dispersantes podem ser aplicados através de aeronaves e de embarcações. Aviões pequenos e helicópteros, associados a rebocadores são adequados para o lançamento destes agentes químicos em ocorrências de pequeno porte, em função das suas limitações de velocidade e capacidade de transporte, principalmente. Nos eventos maiores, aviões de maior porte são mais vantajosos.

### **Queima in-situ**

Segundo a “ITOPF<sup>10</sup>” queima in-situ é o termo dado ao processo de queima de manchas de óleo no mar, próximo ao local de um derrame (figura VI.15). A queima pode ser vista como um método simples que tem o potencial para remover grandes quantidades de óleo a partir da superfície do mar. Na realidade, há uma série de problemas que limitam a viabilidade desta técnica. Estes incluem a ignição do óleo, a geração de grandes quantidades de fumaça, formação e afundamento de resíduos viscosos e densos e as preocupações de segurança.



**Figura VI.15.** – Queima de mancha de óleo contida por barreiras

(Fonte: <http://www.itopf.com/spill-response/clean-up-and-response/alternative-techniques/14-06-2011>)<sup>11</sup>

### **VI.5.3.2. Limpeza de Ambientes Costeiros**

Devido às dificuldades em retirar o óleo do mar, muitas vezes um derramamento de óleo resulta em contaminação da área costeira, gerando maior impacto ambiental e econômico. Quando isso ocorre, estratégias de limpeza devem ser utilizadas. Porém, a grande maioria destes métodos pode causar algum tipo de dano adicional, podendo gerar impactos maiores que os do próprio petróleo. Portanto, a escolha da técnica mais adequada é muito importante para minimização dos danos no local atingido.

#### **Absorventes de Óleo**

Os absorventes de óleo são excelentes opções para remoção de óleo em terra, promovem boa limpeza e contenção do óleo. Os absorventes podem ser

---

<sup>10</sup> ITOPF: *The International Tanker Owners Pollution Federation Limited.*

encontrados sob a forma de almofadas ou “salsichas” absorventes como apresenta a figura VI.16.



**Figura VI.16.** – Absorventes de óleo

Fonte: <http://www.newpig.com/us/absorbent-products/oil-only-absorbents-absorbs-oil-but-not-water/>

### **Remoção Manual**

A remoção manual é feita com a utilização de ferramentas como pás, baldes, rodos. Este tipo de limpeza é feita freqüentemente em áreas mais restritas, onde outros métodos de limpeza não seriam eficazes.

### **Bombeamento**

A remoção de óleo por meio de bombas é feita principalmente em mangues, águas adjacentes e áreas rasas que podem sofrer danos ecológicos pela persistência de óleo.

### **Biodegradação / Biorremediação**

Mecanismo natural de limpeza e remoção do óleo com eficiência variável, de acordo com as características físicas do ambiente e do próprio óleo. Este procedimento é normalmente priorizado em muitos casos uma vez que não causa danos adicionais à comunidade. No entanto, normalmente, conjuga-se a este procedimento outros métodos de limpeza.

A biodegradação é o resultado da oxidação de certos componentes do óleo derramado, por micróbios como bactérias, fungos, algas unicelulares e protozoários. É um mecanismo natural de limpeza e remoção do óleo que possui eficiência variável, de acordo com as características físicas do próprio óleo, e também do ambiente, como temperatura, níveis de micróbios, nutrientes e oxigênio presentes no local, (FERRÃO, 2005).

#### **VI.5.3.3. Quantificação das Perdas**

Ambientalistas confirmam que as perdas com o acidente da Plataforma Deep Water Horizon não podem ser quantificadas, pois apenas com o passar dos anos é que saberemos o verdadeiro impacto desse desastre para a natureza. A figura VI.17 pode nos dar alguma noção do grande impacto para as muitas espécies que foram

atingidas pelo que é considerado hoje, um dos maiores acidentes da história envolvendo derramamento de óleo.



**Figura VI.17.** – Ave encharcada de óleo

Foto: Joel Sartory

Fonte: <http://ngm.nationalgeographic.com/2010/10/gulf-oil-spill/gulf-spill-photography>

As principais perdas envolvendo vazamento de óleo estão relacionadas à redução da disponibilidade de alimentos, plâncton (figura VI.18), para as espécies animais, marinhas e costeiras, a morte de vegetação costeira que atua nos ecossistemas como fonte de alimentos, locais para desova de peixes e habitat de procriação para muitas outras espécies.



**Figura VI.18.** – Redução do Teor de Plâncton na Água do Mar. 1º frasco da esquerda quantidade de plâncton detectada na água logo após o acidente da BP em 04/05/2010, 2º frasco (meio) água coletada em 02/06/2010 e o 3º frasco (direita), mostra a redução de 95% do plâncton; amostras coletadas pelo Laboratório de Pesquisas Marinha de Dauphin Island, Alabama.

Foto: David Littschwager

Fonte: <http://ngm.nationalgeographic.com/2010/10/gulf-oil-spill/gulf-spill-photography>

Adicionalmente às perdas ambientais podemos falar das perdas socioeconômicas, com a redução do turismo em áreas afetadas, a interrupção de atividades como a pesca e o cultivo de plantas ornamentais.

O alto custo de limpeza da costa e recuperação de espécies animais e vegetais atingidos pelo óleo, o monitoramento das áreas costeiras e da qualidade da água também são realizados com ônus durante anos após o acidente.

## Parte III

### Capítulo VII – Considerações Finais e Conclusão

#### VII.1. Considerações Finais

A partir das informações levantadas neste trabalho podemos dizer que a Diretriz Norueguesa NORZOK Z-013 está diretamente relacionada à classificação do risco ambiental para uma dada instalação, operação e/ou atividade em campo e a quantificação dos critérios de aceitabilidade do risco ambiental para empreendimentos passíveis de geração de vazamentos de óleo e petroquímicos.

A Diretriz Norueguesa tem suma importância para a classificação do risco e da Análise de Risco Ambiental, uma vez que por meio de documentos e estudos que comprovem os riscos envolvidos nas atividades é possível ou não a concessão de licenças para uma grande variedade de empreendimentos.

Como descrito no Manual da FEPAM (2001), para análise de riscos industriais as licenças prévia, de instalação e operação dependem da comprovação de informações relacionadas ao potencial de geração de riscos de um determinado empreendimento em todas as suas fases, que vão desde a fase preliminar do empreendimento ou atividade, para aprovação de sua localização e concepção desde que atestada a sua viabilidade ambiental, e o cumprimento de outros requisitos importantes para a instalação e operação da unidade.

As licenças de implantação por meio da comprovação de que as especificações de projeto e o controle ambiental foram atendidas, seguem o que foi determinado nos planos e programas, a fim de que após a verificação do cumprimento das exigências feitas para a liberação de todas as licenças anteriores e condicionantes de operação seja emitida a licença de operação da atividade.

Visto que a NORZOK Z-013 tem grande potencial para a ARA uma vez que por meio desta podemos verificar os critérios de aceitabilidade para o risco do empreendimento.

O MARA é uma metodologia de extrema importância e que, para o caso particular apresentado para vazamento de óleo em áreas costeiras, considera principalmente bancos de lama, manguezais e áreas de restinga por serem as mais afetadas em caso de vazamento de óleo no mar. O levantamento do histórico de acidentes juntamente com o mapeamento detalhado em campo, associado a um banco de dados geográfico, permite que sejam elaboradas Cartas de Sensibilidade ao Óleo com alto nível de detalhe e riqueza de informações. No Brasil essas cartas estão consolidadas em um atlas elaborado pelo MMA que poderá servir de ferramenta nas ações de combate a vazamentos de óleo, na elaboração de planos de emergência e

no planejamento ambiental com o intuito de minimizar os impactos causados por derrames de óleo.

A preocupação com a segurança nas instalações que envolvem exploração de petróleo, manuseio e transporte desse tipo de carga por navios e outros geraram várias convenções internacionais, onde a partir das mesmas foram geradas leis específicas nos países signatários destas convenções. No Brasil não foi diferente, muitas leis foram criadas tanto em nível federal, quanto estadual a fim de proteger o meio ambiente marinho e da costa no caso de acidentes com vazamento de óleo.

Países como a Austrália, Estados Unidos e Reino Unido possuem cada qual um PNC a fim de acelerar a resposta a emergências de derrames de óleo, cada qual com suas particularidades, erros e acertos, mas com propostas claras e consistentes para combater emergências dessa natureza. Esses países desenvolveram seus PNCs a partir de um órgão Federal que estruturou o plano de resposta às emergências. Por essa razão nesses países acabam centralizando a tomada de decisão tendo como resultado menor flexibilidade para atender emergências que ocorram em diferentes locais e ao mesmo tempo.

No Brasil, o PNC desenvolvido ainda não foi regulamentado, o que indica um atraso nas preocupações governamentais com a questão ambiental. Souza Filho (2011), cita que a legislação brasileira que se refere à poluição por óleo apresentou avanços significativos, mas sua implementação ainda não está completamente efetivada.

Atrasos não justificáveis perante a comunidade internacional, e que podem sugerir pouco empenho na regulamentação de acordos firmados internacionalmente, foram verificados nas promulgações de algumas convenções após a data de vigência. Estes atrasos não favorecem a credibilidade do país para adoção de acordos regionais de integração.

Os maiores inventários de recursos disponíveis no Brasil para combate a derramamentos de óleo são de propriedade da indústria petrolífera, notadamente Petrobras e Transpetro.

A elaboração do PNC no Brasil deve contar também com a estruturação de sistemas de informação integrados e padronizados que facilitem o acesso às informações que envolvam vazamentos na Costa Brasileira, com a estruturação da Guarda Costeira Nacional. Cabe citar também um plano de integração na América Latina de modo a proteger toda costa num plano de ação conjunta internacional.

Por fim cabe ressaltar que a maior dificuldade está em consolidar a cultura de que o respeito e a preservação ao meio ambiente devem sobrepor-se aos interesses econômicos. Novas tecnologias de contenção vazamentos e recolhimento do óleo derramado têm sido desenvolvidas, mas investimentos em prevenção de acidentes e

revisão continuada dos fatores de risco devem constar sempre nas listas de prioridades.

## **VII.2. Conclusão**

A adoção da diretriz NORZOK Z-013 nos auxilia a quantificar e qualificar os níveis de aceitabilidade para os riscos das atividades que possuem potencial de poluição das águas marítimas por vazamento de óleo.

O MARA é a metodologia usualmente utilizada na construção dos estudos de ARA com as vantagens de ao mesmo tempo que mapeia os elementos sensíveis, também nos fornece ferramentas para desenvolver e aprimorar os planos de resposta às emergências.

Não somente no Brasil, como no mundo as preocupações ambientais costumam ser sobrepujadas às questões econômicas. Por essa razão ainda precisamos reunir as diretrizes atuais de modo a consolidar o PNC brasileiro e regulamentá-lo, fiscalizando os empreendimentos e atividades que envolvam exploração, transporte e armazenamento de petróleo e outras substâncias potencialmente perigosas caso sejam derramadas em mar aberto ou atinjam regiões litorâneas, a fim de que todos os órgãos públicos e privados envolvidos cumpram as exigências ambientais.

Como observado no acidente da BP (2010), várias frentes foram criadas a fim de deter o vazamento e atuar na recuperação das regiões afetadas, tal como a criação de um Fundo específico custeado pelo poluidor para disponibilizar recursos humanos e materiais suficientes para que o plano de reestruturação ambiental e pagamento das indenizações necessárias fosse praticável.

Mais uma vez, em Novembro de 2011, o acidente na plataforma da Chevron no Campo de Frade na Bacia de Campos corrobora a necessidade de consolidação de um PNC no Brasil e uma regulamentação consistente que garanta isenção para análise de acidentes dessa natureza, ou seja, o não favorecimento de interesses específicos para o empreendedor ou órgão ambiental.

Diante disto, reafirma-se a necessidade do Brasil, como membro signatário de convenções internacionais importantes para o combate e resposta a emergência por vazamentos de óleo a colocar em prática um PNC eficiente tanto para cenários menores quanto para vazamentos críticos. E que essas práticas sejam implementadas o mais rápido possível, pois a consciência para um novo tempo é de que as atividades econômicas, sejam elas quais forem, devem prover as necessidades humanas, porém com respeito ao meio ambiente e evitando impactos aos ecossistemas, animais e seus habitats.



### **VII.3. Sugestões para Trabalhos Futuros**

Levantamento de características de sistemas de resposta a emergência a derramamentos de óleo, na América do Sul e possíveis acordos regionais de proteção de áreas costeiras.

Utilização da metodologia de Mapeamento do Risco Ambiental para uma área passível de ser impactada por um determinado empreendimento. Desde a etapa de coleta de dados, guiando a mesma para contemplar todos os riscos possíveis.

Práticas e Políticas Públicas para a retomada, reestruturação e consolidação do PNC no Brasil.

## Referências Bibliográficas

- **Agência de Avaliação Ambiental do Canadá**; disponível em <<http://www.ceaa-acee.gc.ca>>; acesso em 23/12/2010.
- Aguiar, L. A., 2007, **Metodologias de Análise de Riscos APP e Hazop**, disponível <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos>> acesso em 26/12/2010.
- **AMSA (Australia Marine Safety Authority)** disponível em: <http://www.amsa.gov.au> acesso 10/06/2011.
- **Assessoria de Imprensa da Petrobras**; 26/03/2001; disponível em <<http://www.petrobras.com.br>> acesso de 22/12/2010.
- **Associação Nacional de Engenharia de Segurança do Trabalho ANEST**- Disponível em <<http://www.anest.org.br/>> acesso em 20/12/2010.
- Burille, Nelson A., 2002, **Grandes Acidentes Industriais Mundiais - Convenção 174 da OIT**, 3º Seminário Nacional de Segurança no Setor Elétrico (ANEST); 2002.
- Calixto, E., 2011, **Contribuições para Plano de Contingência para Derramamento de Petróleo e Derivados no Brasil**, Tese de Doutorado Coppe/UFRJ – RJ, Brasil
- Cantagallo, C. ; Garcia, C.J. & Milanelli, J.C.C. , 2008, **Mapeamento de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de óleo do Sistema Estuarino de Santos, Estado de São Paulo**; Centro de Análise e Planejamento Ambiental – CEAPLA SP
- Cardoso, A. M., 2007, **Sistema de Informações para Planejamento e Resposta a Incidentes de Poluição Marítima por Derramamento de Petróleo e Derivados**, Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético – UFRJ.
- CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 1999, **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. 2ªed. CETESB, GTZ, São Paulo. 389 pp.
- CETESB, **Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental**, 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/apresentacao/introducao.p>> acesso em 15/12/2010.
- CETESB, **Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental**, 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/estudo/historico.asp>> acesso em 18/12/2010.
- Relatório Gasoduto Pará, Estudo de Análise de Risco. Disponível em: [siscom.ibama.gov.br/.../Gasoduto/Gaspará/.../2330-00-EIA-CP-0001-00.pdf](http://siscom.ibama.gov.br/.../Gasoduto/Gaspará/.../2330-00-EIA-CP-0001-00.pdf). acesso em 15/05/2011.

- Relatório Final sobre o Acidente da BP. **“REPORT REGARDING THE CAUSES OF THE APRIL 20, 2010”**, MACONDO WELL BLOWOUT. Disponível em: <http://www.boemre.gov/pdfs/maps/DWHFINAL.pdf>
- De Lange, H. J., Sala, S., Vighi, M., Faber, J. H., 2009, **Ecological vulnerability in risk assessment — A review and perspectives**, Journal Elsevier, Department of Environmental Sciences, University of Milano Bicocca.
- Eichler, P. P. B.; Eichler, B. B.; Cardoso, P. B. K.; 2002 Workshop Baía de Guanabara, IGEO/UFRJ ; **Avaliação dos Efeitos Ambientais e Ecológicos Referentes ao Acidente Ocorrido no Oleoduto Pe-II (Reduc-Petrobrás) na Baía de Guanabara - RJ.**
- **EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana)** disponível em: [www.epa.gov](http://www.epa.gov) acesso em 10/06/2011.
- Feliciano Filho, W., 2006, **Análise de Riscos Ambiental**, Conselho Regional de Química IV Região (SP/MS).
- Ferrão, C. M., 2005, **Derramamento de Óleo no Mar por Navios Petroleiros**. Trabalho de Conclusão de Curso Pós-Graduação Executiva em Meio Ambiente M.B.E/Coppe – UFRJ.
- Galvão Filho, J. B., 2001; **Gestão e Gerenciamento de Risco Ambiental I**, *Revista Banas Ambiental – Ano II – nº 12 – Junho de 2001; p.p. 1, 3, 5.*
- **Gerenciamento Costeiro do Estado de Pernambuco** disponível em <http://www.cprh.pe.gov.br> acesso em 23/05/2011.
- Inafuku, L. Y., Helal, M. P., 2011, **Avaliação da Capacidade de Resposta a Um Acidente envolvendo Vazamento de Grande Magnitude de Óleo no Mar durante Atividade de Perfuração Offshore no Brasil**, Projeto Final de Curso Escola Politécnica – UFRJ\_ Engenharia Ambiental.
- **Instituto do Meio Ambiente de Alagoas, IMA-AL** disponível em: <http://www.ima.al.gov.br/> acesso em 22/05/2011.
- International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA, 2002), **Guidelines on Biological Impacts of Oil Pollution**, Report Series Volume one; p.p 4-11.
- Lahr, Joost; Lammert, Kooistra H. J., 2009, **Environmental riskmapping of pollutants: State of the art and communication aspects**, Journal Elsevier, Laboratory of Geo-Information Science and Remote Sensing, Wageningen University.
- **Manual de Análise de Riscos Industriais – FEPAM; nº01/01; Março 2001; p.p 2-5.**
- Mendes, R. F.; Minniti, V.; Lopes, C. F.; Milaneli, J.; Torres, C.; Yogui, R.; Rdrigues, G.; Mariz, E.; 2005 Rio Pipeline Conference e Exposition, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás IBP; **MARA - Elaboração de Metodologia para Análise dos Riscos Ambientais.**

- Nunes, M. P., 2002, **Análise de Riscos no Processo de Avaliação de Impactos Ambientais** – Universidade Federal da Paraíba- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.
- **Organização Mundial de Saúde (OMS)**, Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/industry/pollution/en/index1.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/industry/pollution/en/index1.html)> acesso em 20/12/2010.
- OSHA, Occupational Safety and Health Administration, 1994, **OSHA 3133 - Process Safety Management Guidelines for Compliance.**
- OSHA, Occupational Safety and Health Administration, 2000, **OSHA 3132 - Process Safety Management.**
- **Rede Latino Americana de Gestão e Sítios Contaminados**, disponível em: <<http://www.relasc.org>> acesso em 26/12/2010.
- Souza Filho, A. M., 2006, **Planos Nacionais de Contingência para Atendimento a Derramamento de óleo: Análise da Experiência de Países Representativos das Américas para Implantação no Caso do Brasil.** Dissertação de Mestrado – Ciências em Planejamento Ambiental – UFRJ.
- Transportadora de Gás do Pará – **Estudo de Análise de Riscos**, Consultoria Ambiental da “Risco Ambiental Engenharia e Ecology Brasil”. Julho de 2010, REV. 0., 2330-00-EAR-RL-0001-00
- **United States Department of Labor**, disponível em < <http://www.osha.gov>> acesso em 22/12/2010.
- Viana, D. de B., 2010, **Avaliação de Riscos Ambientais em Áreas Contaminadas: Uma proposta Metodológica;** Dissertação de Mestrado Coppe/UFRJ – RJ, Brasil.
- **Zoneamento Econômico Ecológico da Zona Costeira do Estado de Alagoas** Disponível em: <http://www.ufal.br/zeecal/index.htm> acesso em 22/05/2011.