

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE CUSTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS  
POR VAZAMENTO DE ÓLEO  
O ESTUDO DE CASO DO COMPLEXO REDUC-DTSE

Aline Guimarães Monteiro

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
DOUTOR EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E AMBIENTAL.

Aprovada por:

---

Prof. Mauricio Tiomno Tolmasquim, D.Sc.

---

Prof. Emílio Lèbre La Rovere, D.Sc.

---

Prof. Alessandra Magrini, D.Sc.

---

Prof. Dália Maimon, Ph.D.

---

Celso Simões Bredariol, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2003

MONTEIRO, ALINE GUIMARÃES

Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo – O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE [Rio de Janeiro] 2003

XX, 270 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético e Ambiental, 2003)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Custo Ambiental
2. Vazamento de óleo
3. Valoração Ambiental

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Às minhas inspirações:  
meu marido, Joe e  
minha filha Maria Isabel

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela força, saúde e paz de espírito para realização desse trabalho.

À minha família, pela paciência e incentivo nas horas de intranqüilidade.

Ao professor e orientador Maurício Tiomno Tolmasquim por sua orientação e sugestões na elaboração da tese e pela confiança depositada na realização dos demais trabalhos.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

Aos amigos, aos professores e funcionários do Programa de Planejamento Energético que me ajudaram nas discussões de trabalhos e idéias, nas dicas de literatura e nas horas de descontração.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE CUSTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS  
POR VAZAMENTO DE ÓLEO  
O ESTUDO DE CASO DO COMPLEXO REDUC-DTSE

Aline Guimarães Monteiro

Dezembro/2003

Orientador: Mauricio Tiomno Tolmasquim

Programa: Planejamento Energético

Esta tese desenvolve uma metodologia para identificação dos custos relacionados ao meio ambiente – Custos da Qualidade Ambiental – separados em categorias: custos de prevenção, custos de correção, custos de controle, custos das falhas de adequação e custos de externalidades no episódio do vazamento de óleo ocorrido em 18 de janeiro de 2000 na Baía de Guanabara. Após a mensuração destes custos, realiza-se uma avaliação comparativa entre os custos para evitar/reduzir o dano ambiental a fim de reduzir/eliminar os custos de externalidades e as falhas de adequação e selecionar a ação ambiental (prevenção ou correção ou controle) mais viável economicamente.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

METHODOLOGY OF EVALUATION OF ENVIRONMENTAL COSTS CAUSED  
BY THE LEAK OF OIL  
THE STUDY OF CASE OF THE REDUC-DTSE COMPLEX

Aline Guimarães Monteiro

December/2003

Advisor: Mauricio Tiomno Tolmasquim

Department: Energy Planning

This thesis develops an approach for identification of the costs related to the environment - Costs of the Environmental Quality - separate in categories: prevention costs, correction costs, control costs, costs of the adaptation flaws and externalities costs in the episode of the oil leak happened on January 18, 2000 in the Bay of Guanabara. After the valuation of these costs, it takes place a comparative evaluation among the costs for avoid/reduce the environmental damage in order to reduce/eliminate the externalities costs and adaptation flaws and to select the environmental action (prevention or correction or control) viable economically

## SUMÁRIO

### I. INTRODUÇÃO

<b>I.1 Tema e Problemática</b>	<b>01</b>
<b>I.2 Objetivos</b>	<b>02</b>
<b>I.3 Enfoque teórico</b>	<b>03</b>
<b>I.4 Justificativa</b>	<b>04</b>
<b>I.5 Metodologia</b>	<b>05</b>
<b>I.6 Estrutura dos Capítulos</b>	<b>07</b>

### II. POLUIÇÃO MARINHA

<b>II.1 Introdução</b>	<b>09</b>
<b>II.2 Fontes naturais</b>	<b>11</b>
<b>II.3 Fontes antropogênicas</b>	<b>12</b>
<i>II.3.1 Resíduos urbanos e industriais</i>	<i>12</i>
<i>II.3.2 Petróleo</i>	<i>12</i>
II.3.2.a Produção off-shore	13
II.3.2.b Operações com petroleiros - transporte	15
II.3.2.c Operações com petroleiros em terminais	16
II.3.2.d Consumo – resíduos industriais e refino – poluição atmosférica	17
II.3.2.e Acidentes com petroleiros	18
<b>II.4 Acidentes ambientais no mundo</b>	<b>21</b>
<b>II.5 Acidentes ambientais no Brasil</b>	<b>29</b>
<b>II.6 Impactos socioambientais de um derramamento de óleo</b>	<b>42</b>
<i>II.6.1 Origem geológica e composição química do petróleo</i>	<i>42</i>
<i>II.6.2 Aspectos característicos do petróleo e seus derivados</i>	<i>43</i>
<i>II.6.3 Processos intempéricos sofridos pelo petróleo no mar</i>	<i>44</i>
<i>II.6.4 Fatores que influem no grau de impacto</i>	<i>50</i>
<i>II.6.5 Efeitos tóxicos do petróleo no ambiente marinho</i>	<i>52</i>
II.6.5.a Efeitos gerais do petróleo na fauna e flora marítima	53
<i>II.6.5.a.I Plânctons</i>	<i>55</i>

II.6.5.a.II Bentos	56
II.6.5.a.III Peixes	58
II.6.5.a.IV Aves costeiras e marítimas	58
II.6.5.a.V Animais mamíferos	59
II.6.5.b Efeitos do petróleo sobre atividades socioeconômicas	60
II.6.5.c Efeitos do petróleo sobre os ecossistemas marinhos	61
II.6.5.c.I Praias	61
II.6.5.c.II Mangues e Marismas	64
II.6.5.c.III Costões rochosos	66
<b>II.6.6 Vulnerabilidade dos ambientes costeiros</b>	<b>68</b>
<b>III. CONVENÇÕES E TRATADOS AMBIENTAIS PERTINENTES A PREVENÇÃO E AO CONTROLE DA POLUIÇÃO POR ÓLEO/DERIVADOS OLEOSOS</b>	
<b>III.1 Introdução</b>	<b>71</b>
<b>III.1.1 Convenção Internacional sobre a Intervenção em Alto Mar em casos de acidentes provocados pela Poluição por Óleo – INTERVENTION, 1969.</b>	<b>72</b>
<b>III.1.2 Convenção para a Prevenção de Poluição Marinha provocada por Operações de Imersão de Resíduos e Outros materiais ou Convenção de Londres – LDC, 1972</b>	<b>74</b>
<b>III.1.3 Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios – MARPOL, 1973/1978</b>	<b>75</b>
III.1.3.a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição das Águas do Mar pelos Óleos – OILPOL, 1954	76
<b>III.1.4 Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em casos de Poluição por Óleo – OPRC, 1990</b>	<b>78</b>
<b>III.1.5 Convenção 174 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), 1993</b>	<b>79</b>
<b>III.1.6 Protocolo sobre Preparo, Resposta e Cooperação no</b>	

<i>caso de Incidentes causados por Substâncias perigosas e nocivas – HNS Protocol, 2000</i>	80
<i>III.1.7 Convenção Internacional sobre o Controle de Sistemas Anti-Incrustantes nos Navios, 2001</i>	81
<b>III.2 Regulamentação brasileira</b>	<b>81</b>
<b>IV. PREVENÇÃO À POLUIÇÃO</b>	
<b>IV.1 Introdução</b>	<b>91</b>
<b>IV.2 História da Prevenção à Poluição</b>	<b>92</b>
<i>IV.2.1 O Conceito de Prevenção à Poluição</i>	<i>93</i>
<b>IV.3 A Prevenção à Poluição e o Desenvolvimento Sustentável</b>	<b>94</b>
<b>IV.4 Os Benefícios do Sistema de Prevenção à Poluição</b>	<b>96</b>
<b>IV.5 Os Métodos Gerais de Prevenção à Poluição</b>	<b>98</b>
<b>IV.6 A Implementação de um Sistema de Prevenção à Poluição</b>	<b>98</b>
<i>IV.6.1 A nível internacional</i>	<i>101</i>
<i>IV.6.2 A nível nacional (Países em desenvolvimento)</i>	<i>102</i>
IV.6.2.a Programa Pegaso	104
IV.6.2.b Programa da Navegação São Miguel	114
<b>V. AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL</b>	
<b>V.1 Introdução</b>	<b>120</b>
<b>V.2 O Conceito de Risco</b>	<b>121</b>
<b>V.3 A Análise de Riscos</b>	<b>121</b>
<i>V.3.1 Estrutura de Estudos da Análise de Riscos</i>	<i>124</i>
V.3.1.a Caracterização do Empreendimento e da Região	127
V.3.1.b Classificação do Perigo Potencial	127
V.3.1.c Identificação de Perigos	129
V.3.1.d Análise de Conseqüências e Avaliação de Vulnerabilidade	131
<i>V.3.1.d.I Análise de Árvore de Eventos</i>	<i>132</i>
<i>V.3.1.d.II Análise de Conseqüências</i>	<i>133</i>

V.3.1.d.III <i>Análise de Vulnerabilidade</i>	134
V.3.1.e Estimativa de Frequências	135
V.3.1.e.I <i>Análise de Árvore de Falhas – AAF</i>	135
V.3.1.f Avaliação e Gerenciamento de Riscos	136
<b>V.3.2 <i>Análise Qualitativa do Risco Ambiental</i></b>	<b>138</b>
<b>V.3.3 <i>Benefícios da Análise de Riscos</i></b>	<b>142</b>

## **VI. O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS CUSTOS DA QUALIDADE AMBIENTAL**

<b>VI.1 Introdução</b>	<b>144</b>
<b>VI.2 Sistema de Custos Ambientais</b>	<b>144</b>
<b>VI.2.1 <i>Conceito de Custo Ambiental</i></b>	<b>145</b>
VI.2.1.a Custo Ambiental sob o aspecto da utilização do "bem comum"	146
VI.2.1.b Custo Ambiental sob o aspecto do “custo social”	146
<b>VI.3 Processo de Gestão da Atividade Produtiva sob o Enfoque Econômico e Ambiental</b>	<b>147</b>
<b>VI.3.1 <i>Diagrama de Causa e Efeito</i></b>	<b>150</b>
VI.3.1.a Etapas para a Elaboração de um Sistema de Gestão Ambiental passando pela construção do Diagrama Causa e Efeito	151
<b>VI.4 Uma Nova Abordagem para os Custos Ambientais</b>	<b>154</b>
<b>VI.4.1 <i>Os Custos da Qualidade</i></b>	<b>154</b>
VI.4.1.a Considerações Gerais	154
VI.4.1.b Definições de Custos da Qualidade	155
VI.4.1.c Classificação dos “Custos da Qualidade”	156
VI.4.1.c.I <i>Custos de Prevenção</i>	157
VI.4.1.c.II <i>Custos de Avaliação</i>	157
VI.4.1.c.III <i>Custos de Falhas Internas</i>	158
VI.4.1.c.IV <i>Custos de Falhas Externas</i>	159

VI.4.1.d Custos da Qualidade – Buscando o Mínimo Custo	160
VI.4.1.e A Importância da Mensuração dos “Custos da Qualidade”	161
<b>VI.4.2 Uma Analogia entre Qualidade e Qualidade Ambiental</b>	<b>163</b>
<b>VI.4.3 A Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental</b>	<b>163</b>
VI.4.3.a Custo de Adequação	165
VI.4.3.a.I Custo de Adequação através da Prevenção	165
VI.4.3.a.II Custo de Adequação através da Correção	166
VI.4.3.a.III Custo de Adequação através do Controle	167
VI.4.3.a.IV Custos das Falhas de Adequação	168
VI.4.3.a.V Custos das "Externalidades"	169
<b>VII. IDENTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DOS CUSTOS DE EXTERNALIDADES</b>	
<b>VII.1 Introdução</b>	<b>171</b>
<b>VII.2 Questões metodológicas da valoração ambiental</b>	<b>171</b>
<b>VII.2.1 Natureza e Classificação dos Valores         Ambientais</b>	<b>172</b>
<b>VII.2.2 Processo de Valoração Econômica do Meio         Ambiente</b>	<b>174</b>
<b>VII.2.3 Métodos de Valoração Econômica do Meio         Ambiente</b>	<b>175</b>
<b>VII.2.4 Aplicação das Etapas do Processo de         Valoração Econômica do Meio Ambiente</b>	<b>178</b>
a. Caracterização dos aspectos geradores dos impactos ambientais.	178
b. Caracterização dos respectivos impactos ambientais esperados durante o vazamento.	178

c. Identificação dos efeitos decorrentes dos impactos ambientais, usualmente não incorporados ao empreendimento.	179
d. Identificação das metodologias mais apropriadas à valoração de cada uma das externalidades ambientais.	180
d.I Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores na pesca	181
d.I.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia da produção sacrificada	182
d.I.2 Aplicação da metodologia de produção sacrificada para a valoração dos danos ambientais na pesca	183
d.II Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores no transporte	192
d.II.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia da produção sacrificada	192
d.II.2 Aplicação da metodologia de produção sacrificada para a valoração dos danos ambientais no transporte	192
d.III Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores no turismo	196
d.III.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia dos gastos defensivos	196
d.III.2 Aplicação da metodologia de gastos defensivos para a valoração dos danos ambientais no turismo	196
d.IV Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores nos manguezais	200

d.IV.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia das despesas (ou custos) de reposição	201
d.IV.2 Aplicação das metodologias de produção sacrificada e de despesas de reposição para a valoração dos danos ambientais nos manguezais	201
d.V Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos consumidores na saúde	203
d.V.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Teoria do Capital Humano	204
d.V.2 Aplicação da Teoria do Capital Humano para a valoração dos danos ambientais na saúde	204
d.VI Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas da qualidade de vida	208
d.VI.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Valoração Contingente	209
d.VI.2 Aplicação da metodologia de Valoração Contingente para a valoração da perda da qualidade de vida	215
e. Estimativa da valoração econômica dos danos ambientais	215
<b>VII.3 Conclusão</b>	<b>219</b>

<b>VIII. IDENTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DA QUALIDADE AMBIENTAL NO SETOR DE PETRÓLEO</b>	
<b>VIII.1 Introdução</b>	<b>221</b>
<b>VIII.2 Histórico de Implantação do Complexo Industrial do Setor de Petróleo</b>	<b>221</b>
<i>VIII.2.1 Refinaria de Duque de Caxias – REDUC</i>	<i>222</i>
<i>VIII.2.2 Dutos e Terminais do Sudeste – DTSE</i>	<i>223</i>
<b>VIII.3 Identificação das Fases de Implementação da Nova Abordagem dos Custos da Qualidade Ambiental no Setor de Petróleo</b>	<b>225</b>
<i>VIII.3.1 Descrição do acidente do vazamento de óleo na Baía de Guanabara</i>	<i>225</i>
<i>VIII.3.2 Investigação dos agentes externos ou provocadores do acidente.</i>	<i>227</i>
<i>VIII.3.3 Determinação do risco ambiental em face da frequência de ocorrência do evento causador e das conseqüências ao meio ambiente.</i>	<i>233</i>
<i>VIII.3.4 Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental – custos de adequação através da prevenção, correção, controle, falhas e de externalidade – na empresa.</i>	<i>240</i>
<i>VIII.3.5 Avaliação comparativa entre os Custos da Qualidade Ambiental a fim de reduzir/eliminar os Custos de Externalidades e os Custos de Falhas de Adequação para selecionar a ação ambiental mais viável economicamente (menor custo).</i>	<i>245</i>
<b>VIII.4 Resultados da Aplicação dos Custos da Qualidade Ambiental</b>	<b>253</b>
<b>IX. CONCLUSÕES</b>	<b>256</b>
<b>X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>259</b>
<b>XI. ANEXO</b>	<b>270</b>

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Principais características do petróleo e seus derivados	43
Quadro 2 – Fatores que afetam a degradação do petróleo	45
Quadro 3 – Classificação dos ambientes marinhos em ordem crescente de vulnerabilidade ao petróleo (modificado pelo DOE, 1975)	69
Quadro 4 – Classificação decrescente dos ambientes costeiros quanto à sensibilidade a derrames de óleo (modificado segundo OWENS, 1977)	69
Quadro 5 – Vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros a danos causados por derramamentos de óleo no mar	70
Quadro 6 – Convenções e decretos sobre vazamento de óleo no Brasil e no mundo	82
Quadro 7 – Unidades operacionais da Petrobras contempladas com a automação	109
Quadro 8 – Processo de Gestão da Atividade Produtiva sob o enfoque econômico e ambiental	148
Quadro 9 – Categorização dos “Custos da Qualidade”	156
Quadro 10 – Abordagem dos Custos da Qualidade Ambiental	164
Quadro 11 – Taxonomia do Valor Econômico do Meio Ambiente	173
Quadro 12 – Perdas sofridas pelos produtores e consumidores com o vazamento de óleo na Baía de Guanabara	180
Quadro 13 – Bens e serviços a serem valorados nos manguezais	202
Quadro 14 – Fluxograma para Definição da Pesquisa de Valoração Contingente – 1º Estágio	213
Quadro 15 – Fluxograma para Definição do Questionário de Valoração Contingente – 2º Estágio	214
Quadro 16 – Avanços tecnológicos do DTSE	225
Quadro 17 – Custos da Qualidade Ambiental	240
Quadro 18 – Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental para a REDUC e o DTSE no caso do acidente da Baía de Guanabara	244

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Processos intempéricos sofridos pelo petróleo derramado no mar	46
Figura 2 – Solução para os problemas dos resíduos	97
Figura 3 – Métodos Gerais de Prevenção à Poluição	98
Figura 4 – Metas a serem atingidas com o Pegaso	107
Figura 5 – Duto com os sensores de vazão, temperatura e densidade	110
Figura 6 – Etapas para a elaboração de estudo de análise de riscos	126
Figura 7 – Matriz de Avaliação dos Riscos Ambientais	142
Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama “Espinha-de-peixe”	151
Figura 9 – Aplicação do Diagrama de Causa e Efeito na área médica	152
Figura 10 – Árvore dos impactos ambientais gerados pelo acidente	221
Figura 11 – Diagrama Causa e Efeito para o Acidente da Baía de Guanabara	232

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Fontes de introdução de óleo no mar (%)	11
Gráfico 2 – Derrames de óleo por categoria no mundo – 1975 a 2000	20
Gráfico 3 – Principais fontes causadoras de acidentes no Rio de Janeiro durante o período (1991 – 2001)	31
Gráfico 4 – Principais fontes causadoras de acidentes no Rio de Janeiro durante o período (1983 – 1990)	32
Gráfico 5 – Acidentes provocados por poluição de óleo na Baía de Guanabara e no Rio de Janeiro (1983 – 2001)	32
Gráfico 6 – Causas do derrame de óleo no Litoral Norte Paulista – 1974 a 2000	40
Gráfico 7 – Praias atingidas com os derrames de óleo no Litoral Norte Paulista – 1974 a 2000	40
Gráfico 8 – Áreas contempladas no Pegaso	105
Gráfico 9 – Perspectivas de Investimentos do Pegaso durante 2000/2003	105
Gráfico 10 – Perspectivas de Investimentos do Pegaso durante 2000/2003 (reavaliado)	106
Gráfico 11 – Distribuição dos Investimentos em 2001	107
Gráfico 12 – Custos da Qualidade	160
Gráfico 13 – Quantidade da sardinha comercializada no CEASA – Jan-99 a Set-01	185
Gráfico 14 – Preço unitário da sardinha no CEASA – Jan-99 a Set-01	187
Gráfico 15 – Redução da Curva de Oferta – Pesca	188
Gráfico 16 – Número de passageiros transportados na ligação Rio/Paquetá/Rio no período de 1995 – 2000 (mil passageiros)	193
Gráfico 17 – Passageiros transportados na ligação Rio/Paquetá/Rio no período de 1995 – 2000 (%)	194
Gráfico 18 – Redução da Curva de Oferta – Turismo	199
Gráfico 19 – Aumentos das internações hospitalares por local de residência por indicador para janeiro de 2000 (%)	205
Gráfico 20 – Redução da curva de oferta – Saúde	206
Gráfico 21 – Gastos diretos com internação por município (%)	207
Gráfico 22 – Perda de produtividade por município (%)	208
Gráfico 23 – Contribuição dos setores para o valor do dano	218

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Registro do número de acidentes e da quantidade derramada de óleo no mundo no período de 1970 a 1999 por navios e similares	19
Tabela 2 – Número de acidentes por atividade no Rio de Janeiro (1991 – 2001)	30
Tabela 3 – Número de acidentes por atividade no Rio de Janeiro (1983 – 1990)	31
Tabela 4 – Volume anual derramado da Baía de Guanabara	39
Tabela 5 – Número de acidentes por atividade em São Paulo (1978 – 1999)	41
Tabela 6 – Risco de morte segundo a causa	123
Tabela 7 – Classes de probabilidade de ocorrência do acidente ambiental	138
Tabela 8 – Matriz do Tempo de Recuperação do ambiente impactado	139
Tabela 9 – Matriz da Linha de Costa Atingida	140
Tabela 10 – Matriz dos Recursos Biológicos	140
Tabela 11 – Matriz Socioeconômica	141
Tabela 12 – Percentuais Característicos dos Custos da Qualidade	162
Tabela 13 – Desembarques por Estado no CEASA (kg) de 1999 – 2001	184
Tabela 14 – Preço médio do pescado comercializado no CEASA – Jan-99 a Set-01	190
Tabela 15 – Reduções das quantidades de peixe no CEASA e na Baía de Guanabara	190
Tabela 16 – Perdas monetárias do pescado no CEASA e na Baía de Guanabara	191
Tabela 17 – Análise comparativa dos dados finais acerca do setor de transporte para a ligação Rio-Paquetá-Rio	195
Tabela 18 – Número de visitantes a Ilha de Paquetá	197
Tabela 19 – Valor dos danos aos manguezais	203
Tabela 20 – Distribuição da amostra nos municípios pesquisados (%)	216
Tabela 21 – Magnitude do dano ambiental à Baía de Guanabara	217
Tabela 22 – Resultados da Avaliação Comparativa dos Custos da Qualidade Ambiental nos Cenários	253

## LISTA DE SÍMBOLOS

APA –	Área de Preservação Ambiental
mg –	miligramas
L –	litro
ITOPF –	International Tanker Owners Pollution Federation – Federação Internacional dos Proprietários de Navios Tanques contra a Poluição
TEBAR –	Terminal Marítimo Almirante Barroso
SO <sub>2</sub> –	Óxido de enxofre
NO <sub>x</sub> –	Óxido de nitrogênio
t –	tonelada
km –	quilômetro
GLP –	gás liquefeito de petróleo
ONU –	Organização das Nações Unidas
SCPA –	Serviço de Controle da Poluição Acidental
FEEMA –	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
Pb –	chumbo
Cr –	cromo
Hg –	mercúrio
Zn –	zinco
m <sup>3</sup> –	metros cúbicos
CETESB –	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
°C –	graus Centígrados
cST –	centi Stokes
kgf -	quilograma força
ppm –	partes por milhão
pH –	potencial de hidrogênio
US\$ -	dólares
H <sub>2</sub> O –	água
CO <sub>2</sub> –	gás carbônico
O <sub>2</sub> –	oxigênio
API –	American Petroleum Institute – Instituto Americano de Petróleo
IMO –	International Maritime Organization – Organização Internacional Marítima

MARPOL –	International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil – Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios
3P –	Pollution Prevention Pays – Pagamento da Prevenção à Poluição
P2 –	Prevenção à Poluição
Pegaso –	Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional
SDVs –	Sistemas de detecção de vazamento
CDA –	Centro de Defesa Ambiental
REPAR –	Refinaria Presidente Getúlio Vargas
ISO –	Organização Internacional de Padronização
BS –	Segurança e Saúde Ocupacional
TPB –	Toneladas de Porte Bruto
RELAM -	Refinaria Landulpho Alves
DTSE –	Dutos e Terminais do Sudeste
CEASA –	Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro - S.A.
IBAMA –	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
kg -	quilograma

# **I. INTRODUÇÃO**

## **I.1 Tema e Problemática**

A preocupação com o meio ambiente surge a partir do momento que a população vem crescendo e as atividades econômicas progredindo. Da maneira como os bens e serviços ambientais vêm sendo utilizados pelo homem, o País experimenta uma deterioração crescente, principalmente nos lugares onde a aglomeração humana e as diversas atividades econômicas se desenvolvem. As manifestações mais importantes do fenômeno das poluições urbanas, como poluição do ar, da água, ruído e outras, provocam uma série de efeitos nocivos que impõem custos à sociedade.

O Estado do Rio de Janeiro sofreu com as conseqüências decorrentes do desastre ecológico ocorrido com o vazamento de óleo da Refinaria Duque de Caxias (REDUC) em 18 de janeiro de 2000. Uma falha no projeto do oleoduto PE-II provocou o maior desastre ambiental que a Baía de Guanabara conheceu desde 1975, quando o navio grego Tarik, fretado pela Petrobras, derramou 5,8 mil toneladas de óleo no mar.

O trajeto da duto PE-II inicia-se na área de mangue, com um trecho enterrado, que avança em direção ao mar. A partir daí, atravessa a Baía de Guanabara e chega à praia das Pelônias, na ilha do Governador. Segue-se novo trecho enterrado, até a Ponta do Barão, situada do outro lado da ilha, onde tem início o segundo trecho submarino, que se estende até a Ilha D'Água.

O vazamento ocorreu no primeiro trecho enterrado do duto, localizado na saída da área da REDUC. Em função da grande quantidade de óleo derramado e da extensão da mancha – facilmente visível a olho nu –, o acidente foi classificado como de grande porte.

O mesmo oleoduto, no dia 10 de março de 1997, já havia provocado vazamento de 600 mil litros de óleo combustível numa área de mangue da Baía. Este novo vazamento permitiu que 1,292 milhão de litros de óleo atingissem 23 praias da Baía de Guanabara; a APA de Guapimirim, que é a maior área de mangue preservado no Estado do Rio de Janeiro; espécies que usam a área como fonte de alimento e área de reprodução e provocasse a morte ou forte estresse às plantas, considerando que o contato com o óleo causa sufocamento radicular, seguido de desfoleamento devido à absorção de elementos tóxicos.

Para as comunidades residentes na área atingida pelo vazamento e, sobretudo, para a economia regional, os efeitos não foram menos adversos. A relevância da atividade turística na Baía de Guanabara constitui um aspecto peculiar na avaliação dos prejuízos causados pelo acidente. Outros impactos foram constatados:

- redução do consumo de peixe e frutos do mar em decorrência da contaminação;
- interrupção ou arrefecimento de diversas atividades econômicas, com destaque para a pesca, o turismo e o comércio na área atingida pelo vazamento;
- desemprego;
- comprometimento da imagem da Baía de Guanabara – cartão postal do Estado;
- criação de ambiente propício ao surgimento de diversas moléstias ou sintomas (dermatite, conjuntivites tóxicas ou alérgicas, provocadas pelo contato com o óleo; doenças do fígado, depressão do sistema nervoso central e irritações gastrointestinais, provocadas pela ingestão de alimentos contaminados; perda de apetite, náusea, vômitos e dor de cabeça provocados pela inalação de vapores tóxicos liberados a partir da decomposição, sob a ação do calor, do óleo contido na lâmina d'água);
- comprometimento do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG), financiado com recursos externos (BID).

O processo de recuperação das áreas degradadas pode durar entre 10 e 15 anos.

Uma sucessão de erros e falhas com graves conseqüências ambientais, econômicas e sociais é investigada neste estudo a fim de propor ações no âmbito local quanto nacional, para minorar a possibilidade de desastres deste tipo, como derramamento de produtos químicos e verificada a medida mais viável economicamente para amenizar os prejuízos causados na região.

## **I.2 Objetivos**

O objetivo desta tese é desenvolver uma nova abordagem para identificação dos custos relacionados ao meio ambiente sob a visão empresarial, conhecidos como Custos da Qualidade Ambiental que encontram-se em categorias: custos de adequação de prevenção, de correção, de controle, custos das falhas de adequação e custos de

externalidades e são determinados segundo o episódio do vazamento de óleo ocorrido em 18 de janeiro de 2000 na Baía de Guanabara.

Após a mensuração destes custos, realiza-se uma avaliação comparativa entre as ações para evitar (custos de prevenção) e reduzir o dano ao meio ambiente (custos de controle e custos de correção), a fim de reduzir/eliminar os custos de externalidades e as falhas de adequação e selecionar a ação ambiental mais viável economicamente.

### **I.3 Enfoque Teórico**

É importante saber quanto custa melhorar e manter a qualidade ambiental, prevista a partir da política ambiental e dos objetivos da empresa, apoiada por um Sistema de Custos da Qualidade Ambiental. Este sistema visa fornecer dados que permitam, em paralelo à identificação dos aspectos e impactos ambientais, selecionar as ações a serem tomadas em áreas problemáticas da empresa, de maneira a conseguir reduzir os custos totais da qualidade ambiental.

Baseando-se nos estudos de CAMPOS (1996) que revela um modelo de Custos da Qualidade Ambiental, benefícios poderão ser reconhecidos não apenas para empresas quanto para o meio ambiente. A escolha por este modelo faz-se por considerá-lo um ótimo indicativo para avaliar o quanto às empresas deixaram de ganhar ou estariam perdendo, a partir dos danos ambientais provocados por atividades econômicas.

A existência de um sistema de custos ambientais tem a vantagem de apresentar as despesas envolvidas e os benefícios resultantes. Vale ressaltar que é fundamental que as empresas participem, realizando melhorias nos seus processos.

A identificação e a obtenção deste sistema tornam-se importantes para explicitar a causa e o efeito do problema e os custos referentes a este problema ou envolvido na preservação do meio ambiente. Por isso, os custos ambientais deveriam ser incorporados aos custos dos produtos a fim de determinar o real valor do produto.

Na tentativa de internalizar os custos ambientais, FERREIRA (2001) constata que a empresa deve buscar alcançar um desenvolvimento econômico sustentável, adotando uma gestão ambiental eficiente capaz de propiciar benefícios que superem, anulem ou reduzam os possíveis custos ambientais que venham a surgir. O resultado

deste processo de gestão se traduz através da análise comparativa dos custos de degradação com os investimentos necessários para implementar ações ambientais.

Neste contexto, deve-se requerer informações apropriadas sobre os fatores que provocaram a degradação ambiental e seus respectivos efeitos à sociedade, a fim de selecionar as medidas adequadas de controle, combate ou prevenção à poluição.

As externalidades incorridas pela sociedade serão mensuradas a partir da metodologia de valoração econômica mais adequada. Para isto, TOLMASQUIM et al.(2000) caracteriza o aspecto gerador do impacto ambiental, os efeitos decorrentes deste impacto ambiental, que usualmente não são incorporados ao empreendimento, além de identificar a metodologia de valoração econômica mais apropriada a externalidade definida.

#### **I.4 Justificativa**

Quando a sociedade reagir com represálias econômicas a favor da restauração de monumentos, da remoção dos resíduos cada vez maiores para a melhoria da qualidade de vida, é que talvez despesas desta natureza entrem na contabilidade dos custos/benefícios de uma empresa.

Entretanto, a internalização de variáveis ambientais deste tipo não é um processo rotineiro para uma empresa, pois estas são de difícil quantificação e mensuração, como também os Custos da Qualidade Ambiental que, na maioria das vezes, são tratados como intangíveis e externos ao ambiente empresarial.

De acordo com CAMPOS (1996), faz-se necessário desenvolver metodologias, métodos, ou teorias que possibilitem às empresas, inicialmente, identificar e obter os chamados custos ambientais, para em seguida poder avaliá-los.

A necessidade de conceituar o valor econômico do meio ambiente, bem como de desenvolver técnicas para estimar este valor, surge basicamente, do fato incontestável de que a maioria dos bens e serviços ambientais e das funções providas ao homem pelo ambiente não é transacionada pelo mercado. Pode-se, inclusive ponderar que a necessidade de estimar valores para os ativos ambientais atende às necessidades da adoção de medidas que visem a utilização sustentável do recurso (MARQUES et al., 1996).

Os métodos de valoração ambiental procuram, de forma direta ou indireta, o valor dos bens e serviços ambientais, como também de suas melhorias e degradações, possibilitando a incorporação destas informações no processo de tomada de decisões da sociedade. A análise econômica torna-se mais completa quando incorpora aquilo que o mercado não quer ver, no caso os valores associados ao capital natural (MÉRICO, 1996).

Estas informações são de grande relevância, sobretudo para a verificação de quanto realmente vem se gastando com a degradação do meio ambiente e quanto às empresas estão perdendo com isto, seja a curto, a médio, ou a longo prazos. Isto auxilia as empresas a tomarem decisões em relação a difícil jornada de reversão do quadro de degradação ambiental.

No Brasil, a avaliação monetária dos sistemas naturais surgiu com a necessidade do estabelecimento de indenizações aos diferentes tipos de impactos. Os cálculos de indenizações anteriores eram facilmente rejeitados por não possuírem bases mais sólidas. Devido ao curto espaço de tempo disponível aos peritos para a avaliação do dano, o cálculo desse montante, normalmente, é subestimado.

No estudo de caso desta tese identificam-se e valoram-se os custos de externalidades decorrentes do acidente que provocou o vazamento de óleo na Baía de Guanabara em 18 de janeiro de 2000 a partir de métodos de valoração econômica consolidados.

Para dar subsídio ao estudo, torna-se necessário conhecer medidas e ações contínuas para uma efetiva minimização dos impactos causados pelos derramamentos. As despesas com tais medidas tendem a atingir valores maiores à medida que a legislação ambiental acompanha as crescentes pressões sociais pela internalização dos custos ambientais convencionalmente não computados, como por exemplo, internações hospitalares e redução da qualidade de vida das comunidades atingidas pelos vazamentos.

## **I.5 Metodologia**

A metodologia utilizada busca retratar um estudo do tipo exploratório. De acordo com Triviños (1987), o estudo exploratório permite ao pesquisador partir de uma hipótese e aprofundar seus estudos nos limites de uma realidade específica, buscando antecedentes e maior conhecimento para, em seguida, planejar uma pesquisa descritiva.

Baseando numa teoria, deve-se elaborar um instrumento, uma proposta de gestão ambiental, por exemplo, que cogita num estudo descritivo que está planejando. Portanto, o pesquisador planeja um estudo exploratório para encontrar os elementos necessários que lhe permitam obter os resultados que deseja.

Procura-se conhecer algumas variáveis determinantes para aplicação da estratégia de gestão ambiental no episódio do vazamento de óleo da refinaria de Duque de Caxias (REDUC) em 18 de janeiro de 2000, como:

- A descrição do problema – vazamento de óleo pelo duto PE-II.
- O levantamento das possíveis causas que contribuíram para que ocorresse o problema.
- A estimativa do risco ambiental em face da frequência de ocorrência deste tipo de evento e das conseqüências ao meio ambiente.
- A identificação e a mensuração dos Custos da Qualidade Ambiental (Custos de Prevenção / Custos de Correção / Custos de Controle/ Custos de Externalidades / Custos de Falhas de Adequação).
- A avaliação econômica comparativa das ações para evitar/reduzir o dano ambiental a fim de eliminar os custos de externalidades e as falhas do processo de adequação.

Para subsidiar este processo, investigam-se as fontes responsáveis pela poluição do mar por óleo, obtém-se um histórico de acidentes ambientais com foco principal na Baía de Guanabara, para verificar a frequência com que as falhas de oleodutos contribuem para a ocorrência do dano ambiental e por fim, os tipos de impactos ambientais de um derramamento de petróleo sobre a fauna e flora dos ecossistemas marinhos e sobre atividades socioeconômicas.

Estabelece-se uma relação de convenções, decretos e leis ambientais, em nível nacional e internacional que procura limitar os despejos acidentais e contribuir para a prevenção de acidentes com óleo, contemplando questões referentes ao atendimento de derrames e à defesa do meio ambiente, como a Lei de Crimes Ambientais, por exemplo.

Procura-se desenvolver o assunto sobre prevenção à poluição, por se tratar de uma ação para evitar que danos ocorram ao meio ambiente, mesmo diante de um baixo risco, tendo como exemplo o Programa de Prevenção adotado por uma empresa do setor de petróleo. É consenso que não se deve postergar uma ação e mais eficazes serão as medidas preventivas quando tomadas antes da ocorrência do dano ambiental e de custos de natureza econômica e social, que são de difícil mensuração.

## **I.6 Estrutura dos Capítulos**

Esta tese está estruturada de forma a apresentar no capítulo inicial uma introdução que permita identificar o tema e sua problematização, os objetivos do trabalho, além de contemplar a metodologia utilizada.

O segundo capítulo demonstra a preocupação mundial com os danos ambientais provenientes da poluição marinha, principalmente os provocados por acidentes com empresas do setor do petróleo. Apresenta um histórico de acidentes em âmbito nacional e internacional, que se originam de fontes responsáveis pela poluição dos mares e oceanos por óleo.

O terceiro capítulo mostra as regulamentações internacionais e nacionais que tratam da poluição por óleo/derivados de óleo e outras substâncias químicas.

O quarto capítulo destaca uma das ações que pode ser tomada pelo meio empresarial para proteger o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável. Entre outras questões, este capítulo descreve o programa de prevenção de uma empresa do setor de petróleo.

O quinto capítulo trata de realizar uma análise qualitativa do risco ambiental para o episódio do vazamento de óleo na Baía de Guanabara em janeiro de 2000, além de apresentar uma estrutura de estudos de análise de risco em atividades industriais, em termos quantitativos.

O sexto capítulo revela uma nova abordagem para os custos ambientais que visa manter a qualidade ambiental desejada de modo que auxilie a empresa no seu processo de tomada de decisão. Para tanto, devem-se identificar os Custos da Qualidade Ambiental, separando os gastos por categorias para facilitar a atuação no sentido de obter uma maior eficiência, e ao mesmo tempo, gerar subsídios ao planejamento estratégico da organização.

O sétimo capítulo identifica e valora os custos de degradação (de externalidades) associados ao acidente que provocou o vazamento de óleo na Baía de Guanabara em janeiro de 2000 em decorrência do rompimento da tubulação que ligava a Refinaria Duque de Caxias - REDUC ao Terminal da Ilha D'Água no DTSE. Estes custos refletem as perdas econômicas do turismo, da pesca e do transporte, bem como as perdas, em termos de qualidade de vida e saúde da população próxima a Baía de Guanabara e para o manguezal encontrado na baía.

O oitavo capítulo realiza a identificação e aplicação da abordagem dos Custos da Qualidade Ambiental proposta para uma empresa do setor de petróleo buscando tanto verificar a validade desta nova abordagem, como as efetivas preocupações e ações da empresa para evitar/reduzir/eliminar os custos de degradação.

Por fim, são apresentadas, no nono capítulo, as conclusões resultantes da aplicação da metodologia de identificação dos Custos da Qualidade Ambiental no vazamento de óleo em 18 de janeiro de 2000.

## II. POLUIÇÃO MARINHA

### II.1 Introdução

A preocupação mundial com a poluição marinha pode ser considerada recente se comparada à poluição terrestre. Durante a época das Grandes Navegações, século XVI, a exploração dos oceanos e mares estava associada à expansão e descoberta de novos continentes. Os possíveis efeitos que poderiam surgir viriam através da pirataria e da guerra.

Nas primeiras décadas do século XX, surgem os navios a vapor aplicados inicialmente para transporte de passageiros e depois de carga. Estes substituíram os navios à vela, que exigiam uma manutenção da vela e dos cabos que formavam seus aparelhos e conservação de suas madeiras. Seu raio de ação era limitado. O problema da dependência do vento para se chegar ao destino passaria a não mais existir.

Durante o período da Primeira Grande Guerra, com a introdução dos navios a óleo, em substituição ao de carvão, os despejos de misturas oleosas próximos aos portos tornam-se mais frequentes, o que poderia se transformar em focos de incêndios. Para solucionar, surgem regulamentações que obrigavam os navios a despejarem seus resíduos fora das áreas portuárias. Na realidade, o problema de lugar de descarte do óleo ainda persiste, apenas transfere-se o local de despejo para mais distante da costa, criando a possibilidade de gerar conseqüências desconhecidas ao meio ambiente. Essa situação apenas foi formalizada, 30 anos depois, com a criação de convenções e normas internacionais que foram adotadas por vários países que poderiam ser acometidos pela poluição por óleo de navios.

Em meados do século XX, o tráfego de navios petroleiros para o ocidente aumentou com a abertura do Canal de Suez. O inevitável acontece em 1967, quando o navio *Torrey Canyon* libera 120.000 toneladas de óleo no mar da Inglaterra. Por mais 30 anos, acidentes deste tipo ocorreram por todo mundo e trouxeram uma grande preocupação não apenas para a população que tem sua atividade econômica ligada ao mar (pesca, turismo, transporte) como ecólogos e atualmente, para as próprias empresas marítimas que lidam direta e indiretamente com o óleo.

O ambiente marinho, devido à sua vastidão, sempre absorveu concentrações elevadas de substâncias estranhas (contaminação<sup>1</sup>). Estas substâncias incluem subprodutos de indústrias, águas contaminadas com pesticidas e herbicidas agrícolas, efluentes urbanos, óleos e misturas oleosas lançadas ao mar por embarcações.

Outras substâncias, como o petróleo, que têm origem em fontes naturais não apresentam danos significativos aos organismos marinhos, mas o aumento desenfreado do consumo de petróleo pelas economias desenvolvidas alterou significativamente esse quadro.

A poluição marinha não respeita fronteira, pois certas substâncias ao serem lançadas ao mar se dispersam com facilidade. Algumas sofrem alterações biológicas, físicas e químicas, são transportadas pelo vento e correntes marinhas para longe ou próximo da linha da costa de alguns países e acabam por se misturarem aos sedimentos, à atmosfera e à biota (plânctons, animais), podendo causar efeitos indesejáveis.

As principais fontes responsáveis pela poluição dos mares e oceanos por óleo no mundo estão distribuídas em seis categorias:

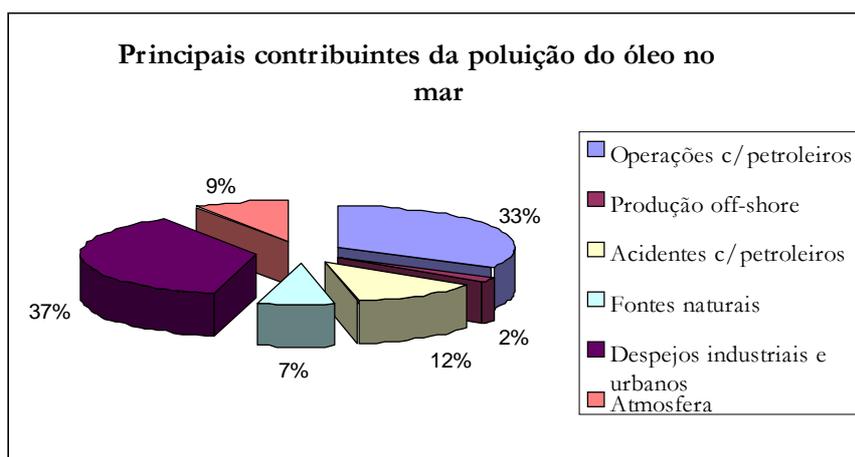
- Fontes naturais;
- Poluição atmosférica;
- Operações com petroleiros;
- Produção off-shore;
- Despejos industriais e urbanos;
- Acidentes com petroleiros (vazamentos).

Dentre as causas principais de poluição<sup>2</sup> marinha no mundo, os despejos industriais e urbanos (Gráfico 1) são os que mais contribuem para contaminar e conseqüentemente, poluir o meio ambiente, em função do crescimento populacional e das indústrias.

---

<sup>1</sup> Contaminação é a presença de concentrações elevadas de substâncias na água, sedimentos ou organismos, cuja presença superam os níveis naturais para uma determinada área e um organismo específico (GESAMP, 1996).

<sup>2</sup> Poluição é a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou energia no ambiente marinho (incluindo estuários) que resulte em efeitos danosos para os recursos naturais e para a saúde humana, no impedimento das atividades econômicas como a pesca e o turismo, na diminuição da qualidade da água para seu uso, e na redução das belezas naturais (GESAMP, 1996).



**Gráfico 1 – Fontes de introdução de óleo no mar (%).**

Fonte: SIVAMAR, 2001.

Além dos acidentes e das operações rotineiras dos navios que, juntos representam 45% do total de óleo derramado anualmente e dos despejos industriais e urbanos que, por baixo, respondem por mais 37%, existem outras inúmeras formas pelas quais o óleo é introduzido no ambiente marinho, como os acidentes operacionais nos portos, acidentes em plataformas de perfuração e produção de óleo, deposição atmosférica, vazamento de oleodutos e acidentes rodoviários, vazamentos em postos de combustível, etc., que, coincidentemente, têm acontecido com maior frequência em regiões onde as restrições regulatórias e a fiscalização são poucas, e as penalidades menos severas.

A poluição pelo petróleo é uma forma altamente visível de poluição marinha e tem, portanto, resultado num clamor público e em medidas corretivas resultantes. Cada fonte poluidora será abordada detalhadamente a seguir.

## **II.2 Fontes naturais**

Desde a formação das primeiras jazidas de petróleo, que naturalmente o petróleo vem sendo liberado no ambiente marinho através de dois processos principais: escapes submarinos causados por processos geológicos tectônicos (terremotos, por exemplo) ou pelo desgaste de rochas sedimentares causado por rios ou correntes submarinas (lixiviação).

## **II.3 Fontes antropogênicas**

### ***II.3.1 Resíduos urbanos e industriais***

Como verificado no Gráfico 1, os despejos industriais e urbanos são de longe um dos materiais poluentes que mais contribuem para a poluição marinha. São eles:

- resíduos urbanos e domésticos (restos de alimentos, lixo sólido, sedimentos em geral) são levados pela chuva, chegam aos bueiros e vão dar nos cursos d'água;
- resíduos agrícolas (fertilizantes, herbicidas e pesticidas) por serem contaminadores persistentes das águas costeiras alteram a cadeia alimentar;
- resíduos de indústrias, como químicas (detergentes químicos, resíduos da petroquímica) são compostos orgânicos tóxicos, metais pesados que são potencialmente poluidores perigosos à vida humana e marinha e
- resíduos sólidos (plásticos e isopores) são, muitas vezes, ingeridos por pássaros, peixes e mamíferos que acabam morrendo.

### ***II.3.2 Petróleo***

Mesmo que o petróleo represente um grande negócio no mundo, que atualmente envolve cerca de 683 bilhões de dólares por ano<sup>3</sup> por conta dos benefícios produzidos, é também uma das piores fontes de poluição, ao causar efeitos indesejáveis à qualidade de vida e ao meio ambiente e trazer prejuízos às atividades sócio-econômicas nos territórios atingidos.

A poluição crônica<sup>4</sup> das operações rotineiras dos navios representa um perigo maior ao meio ambiente do que a poluição aguda<sup>5</sup> dos acidentes. Entretanto, a preocupação com este último tipo não pode ser negligenciada, já que a cada ano para se reduzir custos aumenta-se o tamanho dos petroleiros e o volume de óleo transportado.

---

<sup>3</sup> Jornal Gazeta Mercantil, 2002.

<sup>4</sup> Poluição crônica diz respeito às perturbações persistentes e continuadas que provocam efeitos pronunciados e prolongados nas comunidades biológicas, principalmente quando se trata de substâncias químicas (SIVAMAR, 2001).

<sup>5</sup> Poluição aguda ocorre repentinamente e isoladamente, em curto espaço de tempo, resultante de eventos isolados, como por exemplo o derrame acidental de petróleo em uma área despovuada, como ocorreu no Alasca (SIVAMAR, 2001).

Uma outra fonte de poluição que passa despercebida é a operação de exploração para localização dos campos produtores de petróleo.

### II.3.2.a Produção off-shore

Os impactos ambientais marinhos relacionados à produção de petróleo não são causados somente pelos vazamentos de óleo. Na verdade, estes surgem no início das operações de exploração, cujas técnicas de perfilagem sísmica utilizadas para a identificação dos campos produtores provocam grandes prejuízos às atividades de pesca comercial. Principalmente, àquelas que utilizam explosivos e matam grandes quantidades de peixes.

Além disso, a construção das plataformas petrolíferas, dutos e outras estruturas (píer, terminais, etc.), gera grandes quantidades de resíduos de concreto e aço que são jogadas ao mar, causando impactos físicos ao meio ambiente, de modo a alterar o padrão de ondas local, bem como das correntes marinhas, provocando perturbações no assoalho oceânico e problemas de propulsão na navegação. Como medida de segurança, no Mar do Norte, foram introduzidas áreas de exclusão em volta das plataformas, onde a entrada de navios não petroleiros são proibidas.

A seguir são descritas operações que causam efeitos maléficos ao meio ambiente.

- Operações de Perfuração: verifica-se que os resíduos resultantes das operações de perfuração são intensamente absorvidos por partículas sólidas e, por isso, permanecem por muito tempo nos sedimentos. Segundo NIHOUL e DUCROTY (1994), eles são formados basicamente por resíduos de rocha, óleo e lama de refrigeração das brocas de perfuração. Seu processo de degradação é lento, mas alguma porção fica sujeita à dispersão, que é influenciada pelo estado hidrológico do mar. Em função da grande quantidade de material gerado, os piores efeitos ambientais acontecem dentro de um raio de 500 metros da plataforma, e incluem o sufocamento do assoalho oceânico e as alterações no comportamento de comunidades bentônicas. Entretanto, estudos de NIHOUL e DUCROTY (1994) demonstram que os níveis elevados de hidrocarbonetos e efeitos biológicos adversos podem ser encontrados a distâncias de até 10 quilômetros da plataforma. Embora não haja um consenso sobre a extensão e duração dos

impactos, tem-se verificado um declínio, a partir de 1985, da quantidade de resíduos resultante das operações de perfuração. De acordo com NIHOUL e DUCROTY (1994), a introdução de técnicas mais avançadas de perfuração e a adoção de medidas regulatórias estabelecidas em convenções, fizeram com que a média de 75,8 toneladas de óleo despejada por poço perfurado, em 1986, caísse para 39,2 toneladas de óleo em 1990.

- Águas de Produção: durante a produção de óleo e de gás são gerados efluentes líquidos (águas oleosas) que depois de sofrerem tratamento na plataforma para a remoção do óleo, são despejados no mar, ainda contendo uma fração de óleo dispersa na forma de minúsculas gotículas de alguns microns de diâmetro. Essas gotículas por serem muito pequenas, raramente alcançam a superfície depois que o efluente é despejado, mas, ocasionalmente, podem-se formar manchas. A quantidade de óleo permitida nos efluentes líquidos emitidos pelas plataformas é de 40 mg/L, segundo limite estabelecido pela Comissão de Paris. Nessas quantidades, os efluentes se diluem rapidamente a grandes profundidades e o óleo disponível é facilmente biodegradado. Os efluentes líquidos, além de conterem óleo, também são compostos por quantidades significativas de materiais orgânicos não hidrocarbonatados, como sais acéticos e propiônico e, ácidos butíricos, além de hidrocarbonetos dissolvidos como o benzeno, tolueno e xileno.

Depois de identificado o campo, é possível que cerca de 1 milhão de toneladas de óleo escape do poço, antes que ele seja devidamente perfurado, vedado e explorado e, apesar, de ocorrer longe da costa, essa poluição derivada das operações off-shore gera alterações da qualidade ambiental. Principalmente, o sufocamento do assoalho oceânico com alterações das comunidades bentônicas.

NEAL (1992) e CLARK (1986) afirmam que são os acidentes as causas que mais poluem durante a fase de produção, mas enfatizam também, a participação das operações rotineiras, como o lançamento da lama de lubrificação e as lavagens do deck da plataforma pelas águas das chuvas. NIHOUL e DUCROTY (1994) por outro lado, mostram em seus estudos que entre 15 e 30% de todo óleo despejado no Mar do Norte, em 1990 (cerca de 19.080 toneladas), foi consequência de operações off-shore: desse total, 7% foi causado por derramamentos acidentais (acidentes e explosões), 21% por

despejos das águas de produção e, 72% por sobras de operações de perfuração. Nesse ano, 193 plataformas de óleo e gás estavam em operação e 483 novos poços foram perfurados, 65% dos quais, com lubrificantes de base oleosa.

### II.3.2.b Operações com petroleiros – transporte<sup>6</sup>

No mundo, 1,5 bilhão de toneladas de petróleo anualmente é transportada via marítima por cerca de 7.000 petroleiros (SIVAMAR, 2001). Durante esses trajetos, ocorrem os principais incidentes<sup>7</sup> que acabam em derramamentos de óleo no mar. Geralmente, eles estão associados à limpeza dos resíduos das cargas, que acontece entre o porto de descarga e o próximo, de carga; ou à limpeza prévia, por ocasião das docagens, descarga de águas oleosas e limpeza de porões e praças de máquinas (incluindo aí os navios de carga seca) ou; ainda, aos acidentes envolvendo petroleiros e demais navios não petroleiros.

Os petroleiros transportam suas cargas em diversos tanques ou compartimentos no interior do casco do navio. Depois que o óleo é removido, os tanques precisam ser rigorosamente limpos e cerca de um terço precisa ser cheio com água do mar para que o hélice do navio fique suficientemente submerso e garanta uma adequada capacidade de propulsão, governo e flutuabilidade. Esse processo é conhecido como *lastreamento do navio*. Até a década de 50, era prática comum limpar os tanques dos petroleiros através do uso de jatos de água salgada. Os resíduos oleosos eram removidos das paredes, resultando em uma mistura de óleo e água, que após sedimentar-se no fundo do tanque, era bombeada para o mar, abrindo, assim, espaço para uma nova carga. Esse problema foi combatido com medidas regulatórias, limitando a concentração do óleo na água (100 p.p.m.), a quantidade despejada por milha viajada (60 litros) e a proibição do lançamento no mar de óleo ou águas oleosas a menos de 50 milhas da costa. Em alguns casos, a menos de 100 milhas. Nessas condições, o óleo se dispersa rapidamente e não forma manchas. Apesar disso, essas medidas não surtiram o efeito esperado.

Foi introduzida, então, a tecnologia "load-on-top": depois dos tanques serem lavados, as águas oleosas resultantes ficam retidas por um certo tempo e o óleo passa a flutuar na superfície d'água. A água é, então, devolvida ao mar e o óleo residual

---

<sup>6</sup> Este trecho baseou-se em SIVAMAR, 2001.

<sup>7</sup> Vale ressaltar que a palavra incidente está associada a um fato secundário que sobrevém no decurso de um fato principal. Esta, por muitas vezes, é expressa como acidente, que significa um acontecimento fortuito, geralmente lamentável, infeliz e desastroso.

transferido para um tanque reserva (tanques "slop"). Os tanques vazios são cheios novamente com água de lastro limpa e quando os navios chegam ao terminal, o novo óleo é carregado junto com o residual (no topo). Essa técnica apesar de reduzir, não elimina totalmente os despejos de óleo no mar em face da enorme quantidade de óleo transportado no mundo todo.

Nos anos 70, surgiu uma nova tecnologia: a "COW" (Crude Oil Washing). Ao invés de água, as máquinas de limpeza passaram a usar o próprio óleo da carga, como fluido de limpeza. Os resíduos oleosos, aderidos às anteparas dos tanques, são dissolvidos quando jateados por jatos de óleo da própria carga, para serem, em seguida, descarregados junto com ela. Mas para que essa técnica seja viável, é imprescindível que as instalações de terra possam receber e tratar resíduos oleosos. Porém, existem alguns empecilhos que dificultam a adoção de tais medidas. Primeiro, o óleo residual não é utilizável pelas refinarias, o que impede que ele tenha um fim determinado e, segundo, porque sai muito mais barato para os navios jogar o óleo no mar, do que ter que pagar por tais equipamentos e serviços.

Os navios, por sua vez, passam a necessitar de tanques com lastro segregado, que são compartimentos construídos exclusivamente para lastreamento, e de equipamentos de jato que, ao invés da água do mar, utilizam o próprio óleo da carga para a limpeza das superfícies internas de seus tanques.

### II.3.2.c Operações com petroleiros em terminais

Segundo a *International Tanker Owners Pollution Federation* (ITOPF), organização criada em 1968 para administrar o acordo voluntário entre os proprietários de petroleiros e dar assistência às respostas de limpeza de derramamentos de óleo, a maioria dos acidentes causados devido às operações rotineiras nos terminais é de pequeno porte (quase 92% envolvem quantidades abaixo de 7 toneladas) (ITOPF, 2001). As principais operações são (SIVAMAR, 2001):

- Operações de carga e descargas. As operações de carga e descarga de óleo representam o maior número de acidentes com volumes pequenos. Acidentes desse tipo têm acontecido tanto por falha humana, quanto por falhas técnicas, como foi o caso do navio Docepolo, em 16 de outubro de 1983, no Canal de São Sebastião (TEBAR-SP), quando houve falha na operação de bombeamento de óleo devido à perda de pressão das bombas,

gerando refluxo na coluna de bombeamento e rompendo o acoplamento da ligação navio - terminal.

- Docagem para reparos. Todos os navios - incluindo os petroleiros - necessitam de reparos periódicos, limpeza do casco e outros tipos de serviços de manutenção. Para evitar qualquer tipo de problema como, por exemplo, o perigo de explosões devido aos gases de petróleo acumulados, todos os tanques, inclusive o de combustível, devem ser esvaziados e limpos.
- Efluentes das casas de máquinas. É importante lembrar, que a poluição crônica, por menor que seja (por exemplo, os efluentes das casas de máquinas), deve ser levada em consideração, uma vez que mesmo contribuindo individualmente com quantidades insignificantes de óleo, quando somados todos os navios, o total que é adicionado ao mar é considerável.

#### II.3.2.d Consumo – resíduos industriais e refino – poluição atmosférica <sup>8</sup>

Para estes dois setores, existem dois pontos principais a serem tratados: No refino, verifica-se o lançamento de poluentes na atmosfera, principalmente SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre) e NO<sub>x</sub> (óxido de nitrogênio), enquanto que no consumo de petróleo, constata-se a emissão de efluentes líquidos derivados dos processos de refino e de produção nas indústrias, principalmente àquelas cujas localizações são próximas ao litoral.

A combustão incompleta de combustíveis fósseis principalmente o óleo combustível dos navios é outra fonte responsável pela incorporação de hidrocarbonetos de petróleo na atmosfera. Parte desses hidrocarbonetos sofre oxidação fotoquímica<sup>9</sup> e o restante é capturado pelas chuvas, contribuindo com os despejos dos rios ou caindo diretamente no mar. Nas refinarias a emissão de gases ocorre pela combustão de combustíveis e gases das tochas, bem como pela liberação das unidades de recuperação de enxofre, vazamentos de válvulas, das juntas de bombas e máquinas, dos sistemas de drenagem, e etc.

---

<sup>8</sup> Esse trecho baseou-se em SIVAMAR, 2001.

<sup>9</sup> São reações de oxidação que ocorrem sobre óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos no ar na presença da luz solar, resultando em oxidantes fotoquímicos, que são os poluentes secundários.

Os efluentes líquidos e gasosos industriais e urbanos, fontes significativas de poluição marinha, encontram-se no mar misturados a muitas outras substâncias e, portanto, devem ser combatidas com a adoção de medidas de controle de emissão por fonte e o estabelecimento de padrões de assimilação do meio ambiente.

Dependendo do tipo de indústria, os efluentes podem conter, além de consideráveis quantidades de óleo, outros tipos de rejeitos formando compostos que, quando despejados no mar, constituem uma fonte importante de poluição.

Além dos riscos associados à produção e ao refino do petróleo, surgem também outras atividades de riscos que estão relacionadas à utilização e distribuição do combustível fóssil: o intenso tráfego rodoviário e ferroviário de derivados de petróleo e de produtos químicos pode causar acidentes ambientais, ainda mais quando vagões carregados de combustíveis descarrilam e o petróleo é levado até rios, e conseqüentemente, alcançam o meio ambiente marinho.

As fontes de poluição marinha por óleo exigem medidas diferentes de controle. Os despejos industriais e urbanos chegam ao ambiente marinho diluídos ou misturados a outras substâncias, o que dificulta a percepção destes. Em função disto, devem ser combatidos na fonte, estabelecendo-se padrões de assimilação de rejeitos nos corpos receptores. Os grandes acidentes, as operações rotineiras em navios, portos e plataformas produtoras requerem uma ampla estrutura inter-relacionada baseada em mecanismos tecnológicos, logísticos e de decisão que é utilizada na prevenção e no controle aos derramamentos de óleo no mar.

### II.3.2.e Acidentes com petroleiros

Os acidentes associados a vazamentos de óleo e derivados são classificados internacionalmente pela ITOPF. Os derramamentos são divididos por volume de óleo derramado:

- Pequenos (até 7 toneladas de óleo vazado);
- Médios (de 7 a 700 toneladas de óleo vazado);
- Grandes (mais de 700 toneladas de óleo vazado).

Desde 1974 até hoje, são contabilizados no mundo mais de 10.000 acidentes causados por navios e similares. Grande parte destes (85%) é classificada como de proporções pequenas (ITOPF, 2001). Os acidentes de grandes proporções são

relativamente pequenos, porém são causadores de impactos de alta magnitude sobre o meio ambiente.

O número de “eventos” que resultaram em derramamento de petróleo tem reduzido de aproximadamente 24,1 por ano em 1970/1979 para 7,3 em 1990/1999 (ITOPF, 2001). Indubitavelmente, a quantidade de petróleo derramada tem diminuído, embora grandes acidentes em geral sejam responsáveis pela maior parte do vazamento anual. Por exemplo, 15% do petróleo derramado em 1978 vieram do acidente com o Amoco Cadiz no litoral francês.

A tabela 1 apresenta o número de acidentes ocorridos no mundo, segundo classificação adotada pela ITOPF, e a quantidade derramada de óleo durante o período de 1970 a 1999 no mundo.

**Tabela 1 – Registro do número de acidentes e da quantidade derramada de óleo no mundo no período de 1970 a 1999 por navios e similares.**

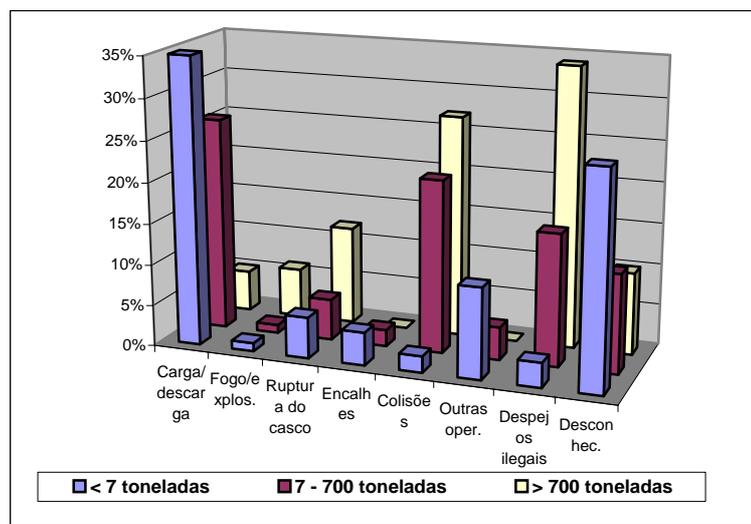
Ano	Nº. de Acidentes Médios (7 – 700 t.)	Nº. de Acidentes Grandes (> 700 t.)	Quantidade Derramada 10 <sup>3</sup> t	Ano	Nº. de Acidentes Médios (7 – 700 t.)	Nº. de Acidentes Grandes (> 700 t.)	Quantidade Derramada 10 <sup>3</sup> t
1970	6	29	301	1985	29	8	88
1971	18	14	167	1986	25	7	19
1972	49	24	311	1987	27	10	30
1973	25	32	166	1988	11	10	198
1974	91	26	169	1989	32	13	178
1975	97	19	342	1990	50	13	61
1976	67	25	369	1991	27	8	435
1977	65	16	298	1992	31	9	162
1978	54	23	395	1993	30	11	144
1979	59	34	608	1994	27	7	105
1980	51	13	103	1995	20	3	9
1981	49	6	44	1996	20	3	79
1982	44	3	11	1997	27	10	67
1983	52	11	384	1998	22	4	10
1984	25	8	28	1999	19	5	29

Fonte: ITOPF, 2001.

No ano de 2000, verificou-se uma redução para 18 acidentes classificados como médio e 3 como grande, como para a quantidade total derramada neste ano, segundo as estatísticas da ITOPF (2001), que foi de 12 mil toneladas.

Os acidentes que ocorrem em navios tanques situados próximos à costa são aqueles que mais contribuem para os danos ambientais. Segundo as estatísticas da ITOPF (2001), os 20 maiores acidentes com navios ocorreram em sua maioria em regiões de mares profundos e causaram pouco ou nenhum dano ambiental às regiões costeiras. Uma exceção foi o acidente ocorrido com o navio tanque Exxon Valdez no Alaska em 1989, causador de um grande impacto ambiental.

A maioria dos acidentes resulta da combinação de ações e circunstâncias e, por isso, sua análise envolve a incidência de acidentes por categoria em função do principal evento ou operação em andamento na hora do derramamento. O gráfico 2 apresenta a distribuição por categoria que venha a provocar um acidente com vazamento de óleo de dimensões específicas.



**Gráfico 2 – Derrames de óleo por categoria no mundo – 1975 a 2000.**

Fonte: Elaborada a partir da ITOPF, 2001.

Constata-se que os vazamentos de navios que envolvem quantidades inferiores a 7 toneladas são a grande maioria, e cerca de 70% dos casos que ocorrem se passa durante as operações de carga e descarga dos navios nos portos. Entretanto, as ocorrências que abrangem quantidades maiores que 700 toneladas de produto vazado, como colisões e encalhes, contribuem com menos de 10% dos acidentes com navios,

porém são causadores de impactos de alta magnitude sobre o meio ambiente (ITOPF, 2001).

#### **II.4 Acidentes ambientais no mundo**

É apresentada abaixo uma relação dos grandes acidentes ambientais ocorridos até hoje no mundo [CETESB (2000), ITOPF (2001), SELETIVA COLETA DE RECICLÁVEIS LTDA (2001)]. Alguns não implicaram em danos significativos ao meio ambiente pois foram esquecidos, uma vez que aconteceram longe da costa, portanto, dispensaram a atenção do público.

1945 a 1962 423 detonações nucleares nos Estados Unidos da América, União Soviética, Grã-Bretanha e França.

1952 Na Austrália, ocorreu uma chuva de granizo, com presença de radioatividade, a menos de 3 mil quilômetros dos testes nucleares que eram realizados na Inglaterra.

1953 Presença de chuva ácida em Nova York provavelmente causada por testes nucleares realizados em Nevada (Estados Unidos).

1954 Um teste com uma bomba de hidrogênio criado pelos Estados Unidos da América foi realizado sobre o atol de Bikini causando a contaminação de cerca de 18 mil quilômetros quadrados de oceano. Duas semanas depois uma traineira japonesa que pescava próxima a região do teste tinha 23 de seus tripulantes com doenças de radiação.

1956 Foram detectados casos de disfunções neurológicas em seres humanos e animais que se alimentavam de peixes da baía de Minamata no Japão. As águas da baía foram contaminadas por catalisadores gastos que eram despejados por uma indústria química instalada nas proximidades da baía desde 1939. Este fato justificou as altas concentrações de mercúrio em peixes e em moradores que morreram da "Doença de Minamata".

- 1965 Navio tanque: *Heimvard*. Local: Japão (Ilha de Hokkaido). Volume vazado: 17,6 milhões de galões de óleo (06/12).
- Navio tanque: *Sinclair Petrolore*. Local: Brasil. Volume vazado: 14,7 milhões de galões de óleo (22/05).
- 1967 O petroleiro *Torrey Canyon* naufragou na costa do extremo sudoeste da Inglaterra quando colidiu com o recife *Seven Stones*, situado a 15 milhas da costa e a 25 milhas de *Milford Haven* na Inglaterra. Volume vazado: 38,2 milhões de galões de óleo cru.
- 1968 Navio tanque: *World Glory*. Local: África do Sul, costa do oceano Índico, 105 km oeste de Durban. Volume vazado: 14,2 milhões de galões de óleo (13/06).
- Navio tanque: *Mandoil*. Local: Estados Unidos da América, costa do oceano Pacífico, rio Columbia, próximo a Warrenton, Oregon. Volume vazado: 12,6 milhões de galões de óleo (29/02).
- 1969 Mais de mil derramamentos de petróleo em águas americanas.
- Navio tanque: *Julius Schindle*. Local: Portugal, Ponta Delgada, Ilhas dos Açores. Volume vazado: 28,4 milhões de galões de óleo (11/02).
- 1970 Cargueiro *Othello*. Local: Suécia, baía de Tralhavet, oeste de Vaxholm. Volume vazado<sup>10</sup>: 18 milhões de galões de óleo (20/03).
- Navio tanque: *Ennerdale*. Local: Seychelles, costa do oceano Índico. Volume vazado: 13,8 milhões de galões de óleo (01/07).

---

<sup>10</sup> Os registros de 20 de março de 1970 do vazamento de óleo do navio *Othello* são contraditórios. A *International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF)* reclama que o tamanho do vazamento não poderia ser maior que 25.000 galões e que o navio registrado como *Othello* é provavelmente o cargueiro *Otello* (DWT 4,376) listado na *Lloyd's List 1970-71*. Um navio deste tamanho poderia ter uma capacidade máxima de carregamento de óleo de 1,35 milhões de galões. Várias outras fontes, contudo, registram que o vazamento atingiu valores da ordem de 30,7 milhões de galões. Vários registros indicam que o óleo formou uma enorme mancha e afundou, deixando apenas cerca de 10 cm de óleo exposto na superfície. A baía foi coberta com gelo de 60 centímetros de profundidade. Como grande parte do óleo desapareceu sob o gelo e a superfície de água, a estimativa da quantidade vazada não pode ser feita com precisão.

- 1971 Navio tanque: *Texaco Denmark*. Local: Bélgica, mar do Norte. Volume vazado: 31,5 milhões de galões de óleo (07/12).  
Navio tanque: *Wafra*. Local: África do Sul, costa do Atlântico. Volume vazado: 20,2 milhões de galões de óleo (27/02).
- 1972 Navio tanque: *Sea Star*. Local: Omã, Golfo de Omã. Volume vazado: 37,9 milhões de galões de óleo (19/12).  
Navio tanque: *Tamano*. Local: 40 milhas da costa e 18 milhas de Casco Bay, Estados Unidos da América. Volume vazado: 2.400 barris de óleo combustível tipo 6 (22/02).  
Oleoduto, falha de solda da tubulação. Vazaram 6.800 barris de óleo cru no Novo México, Colorado, Estados Unidos da América (10/10).
- 1973 Navio tanque: *Napier*. Local: Japão, baía de Tóquio, ilha de Honshu. Volume vazado<sup>11</sup>: 15,8 milhões de galões de óleo (09/11).  
Três tanques de armazenamento da empresa Port petroleum Co. tiveram suas válvulas abertas (provável ato de vandalismo) e vazaram 4.000 barris de óleo residual no estuário de Oakland, Califórnia, Estados Unidos da América.
- 1974 Navio tanque: *Metula*. Local: Chile, sudoeste da costa do oceano Pacífico. Volume vazado: 11,3 milhões de galões de óleo (10/07).  
Tanques de estocagem da refinaria *Mizushie* da Mitsubishi Oil Co. Local: Japão, Kurashiki. Volume vazado: 11,6 milhões de galões de óleo dessulfurizado (18/12).
- 1975 Navio tanque: *Jakob Maersk*. Local: Portugal, porto de Leisões, Porto. Volume vazado: 24,3 milhões de galões de óleo (29/01).  
Navio tanque: *Epic Colocotronis*. Local: Estados Unidos da América, mar do Caribe, 111 km a nordeste de Porto Rico. Volume vazado: 18 milhões de galões de óleo (13/05).

---

<sup>11</sup> Este navio foi deliberadamente afundado com algumas de suas cargas ainda a bordo depois que os esforços de salvamento falharam. O volume de óleo derramado e a quantidade afundada com o navio não estão disponíveis.

Navio tanque: *British Ambassador*. Local: Japão, costa do oceano Pacífico, 333 km a leste da ilha de Iwo Jima. Volume vazado<sup>12</sup>: 14,2 milhões de galões de óleo (13/01).

Navio tanque: *Oil Baye STC 101* devido a condições meteorológicas adversas e vazaram 5.960 barris de óleo industrial tipo 6 na Baía de Chesapeake, Virginia, Estados Unidos da América (EUA) (02/02).

- 1976 Seveso, Itália, teve o solo e rios contaminados por toxinas.  
Navio tanque: *Urquiola*. Local: Espanha, La Coruña. Volume vazado: 100 mil toneladas de óleo.
- 1977 O lançamento indevido de hexaclorociclopenteno na rede de esgotos pela empresa *Chen Dine* colocou em risco a vida de 37 empregados da Estação de Tratamento de Esgotos de Louisville, Kentucky, EUA que teve que ficar fechada por 3 meses para limpeza e descontaminação.  
Navio tanque: *Hawaiian Patriot*. Local: Estados Unidos da América, costa do oceano Pacífico a 593 km a leste da Ilha de Kauai no Hawaii. Volume vazado<sup>13</sup>: 31,2 milhões de galões de óleo (23/02).
- 1978 Navio tanque: *Amoco Cadiz*. Local: Rochas da costa britânica, oceano Atlântico. Volume vazado: 68,7 milhões de galões de óleo cru do tipo árabe leve (06/03).  
Poço e oleoduto. Local: Irã, Ahvazin . Volume vazado: 28 milhões de galões de óleo (25/05).  
Unidade de armazenamento de combustíveis. Local: Zimbábue. Volume vazado: 20 milhões de galões de óleo (11/12).

---

<sup>12</sup> Neste incidente o navio afundou com algumas de suas cargas a bordo depois de vazarem uma indeterminada quantidade de óleo. O tamanho registrado da poça flutuante reflete a quantidade total de óleo vazado e do óleo deixado a bordo no navio naufragado. Estimativas das duas quantidades de óleo não estão disponíveis.

<sup>13</sup> Neste incidente o navio afundou com algumas de suas cargas à bordo depois de vazarem uma indeterminada quantidade de óleo. O tamanho registrado da poça flutuante reflete a quantidade total de óleo vazado e do óleo deixado à bordo no navio naufragado. Estimativas das duas quantidades de óleo não estão disponíveis.

- Tanques de estocagem. Local: Japão, Sendai. Volume vazado: 17,7 milhões de galões de óleo (12/06).
- Navio tanque: *Andros Patria*. Local: Espanha, baía de Biscay fora do Cabo Villano. Volume vazado: 14,6 milhões de galões de óleo (31/12).
- Navio tanque: *Tadotsu*. Local: Indonésia, estreito de Malaca, próximo de Dumai. Volume vazado: 13,2 milhões de galões de óleo (07/12).
- 1979 Poço exploratório *Ixto I*. Local: Golfo do México, baía Del Campeche, 80 km a nordeste da Cidade de del Carmen, Campeche. Volume vazado: 140 milhões de galões de óleo (03/06).
- Navio tanque: *Atlantic Empress*. Local: Trinidad e Tobago, mar do Caribe, 32 km a noroeste de Trinidad e Tobago. Volume vazado<sup>14</sup>: 42,7 milhões de galões de óleo (19/07).
- Navio tanque: *Independentza*. Local: Turquia, estreito de Bosphorus próximo a Istambul, 0,8 km do porto de Hydrapasa. Volume vazado: 28,9 milhões de galões de óleo (15/11).
- Tanque de estocagem 6. Local: Nigéria, Forcados. Volume vazado: 23,9 milhões de galões de óleo (06/07).
- 1980 Poço de produção *D-103*. Local: 800 km a sudoeste de Trípoli da Líbia. Volume vazado: 42 milhões de galões de óleo (01/08).
- Navio tanque: *Irenes Serenade*. Local: Grécia, Mar Mediterrâneo, Baía de Navarino, fora do Porto de Pylos. Volume vazado: 36,6 milhões de galões de óleo (23/02).
- 1981 Tanques de *Estocagem*. Local: Kuwait, Shuaybah. Volume vazado: 31,2 milhões de galões de óleo (20/08).
- 1983 Plataforma de petróleo *N-3*. Local: Irã, Golfo Pérsico, campo de Nowruz. Volume vazado: 80 milhões de galões de óleo (04/02).

---

<sup>14</sup> Em 19 de julho de 1979, o *Atlantic Empress* derramou 42,7 milhões de galões de óleo como resultado de uma colisão com o *Aegean Captain* no Mar do Caribe próximo a Trinidad-Tobago. Neste incidente o *Aegean Captain* derramou 4,31 milhões de galões de óleo. Em 2 de agosto de 1979, ainda sendo rebocado do local da colisão, o *Atlantic Empress* derramou mais 41,5 milhões de galões.

Navio tanque: *Castillo de Bellver*. Local: África do Sul, costa do oceano Atlântico, 64 km da baía de Saldanha. Volume vazado: 78,5 milhões de galões de óleo (06/08).

Navio tanque: *Assimi*. Local: Omã, Golfo de Omã, Ras al Hadd, 93 km de Muscat. Volume vazado: 15,8 milhões de galões de óleo (07/01).

Navio tanque: *Péricles GC*. Local: Qatar, Golfo Pérsico, 30 km a noroeste de Doha Volume vazado: 14 milhões de galões de óleo (09/12).

1984 Bhopal, Índia, morreram 3.400 pessoas devido ao lançamento de gases tóxicos na atmosfera.

No México ocorreram explosões sucessivas de tanques esféricos e botijões de GLP (gás liquefeito de petróleo), causadas pelo vazamento de um dos tanques. Cerca de 4.000 pessoas foram feridas e 500 morreram. As gotículas incandescentes de GLP atingiram distâncias de até 800 metros. O acidente ficou conhecido como: “México City: o dia em que o céu pegou fogo.”

1985 Navio tanque: *Nova*. Local: Irã, Golfo do Pérsico, 140 km a sul da ilha de Kharg. Volume vazado: 21,4 milhões de galões de óleo (06/12).

1986 Na Usina Nuclear de Chernobyl, na antiga URSS, durante a realização de testes, o sistema de refrigeração foi desligado com o reator ainda em funcionamento. Com isso, o equipamento esquentou e explodiu. O incêndio no reator durou uma semana, lançando na atmosfera um volume de radiação cerca de 30 vezes maior do que a bomba de Hiroshima. A radiação espalhou-se, atingindo vários países da Europa e até o Japão. As previsões afirmam que aproximadamente 100.000 pessoas sofreram danos genéticos ou terão problemas de câncer devido a este acidente nos 100 anos seguintes.

1988 Navio tanque: *Odyssey*. Local: Canadá, costa do Atlântico Norte, 1.175 km a noroeste de Saint John's, Newfoundland. Volume vazado: 43,1 milhões de galões de óleo.

- 1989 O petroleiro: *Exxon Valdez*, depois de uma colisão com rochas submersas, derramou na baía do Príncipe Willian, no Alasca, 40.000 metros cúbicos de petróleo. No acidente morreram cerca de 260.000 aves, 20 baleias, 200 focas e 3.500 lontras do mar.  
Navio tanque: *Khark 5*. Local: Marrocos, costa do Atlântico, 185 km da costa de Marrocos. Volume vazado: 20 milhões de galões de óleo (19/12).
- 1991 8 fontes de vazamento entre terminais e tanques das instalações. Local: Kuwait (costa do Golfo Pérsico e na Arábia Saudita). Volume vazado: 240 milhões de galões de óleo (26/01).  
Navio tanque: *Haven*. Local: Itália, mar Mediterrâneo, porto de Gênova. Volume vazado: 42 milhões de galões de óleo (11/04).  
Navio tanque: *ABT Summer*. Local: Angola, a 1.287 km da costa do Atlântico. Volume vazado: 15 milhões de galões de óleo (28/05).
- 1992 Poço de petróleo. Local: Uzbekistan, Fergana Valley. Volume vazado: 88 milhões de galões de óleo (02/03).  
Navio tanque: *Aegean Sea*. Local: Espanha, porto de La Coruña. Volume vazado: 21,9 milhões de galões de óleo (03/12).  
Navio tanque: *Katina P*. Local: África do Sul, Moçambique, costa do Índico, 180 km a leste de Durban. Volume vazado: 15 milhões de galões de óleo (26/04).
- 1993 O petroleiro *Braer* se chocou contra rochas na Costa das Ilhas de Shetland, no Reino Unido, dividindo-se em duas partes, e derramou aproximadamente 80 milhões de galões de óleo, duas vezes mais que o Exxon Valdez.
- 1994 Oleoduto *Kharyaga-Usinsk*. Local: Rússia, Usinsk. Volume vazado: 30,7 milhões de galões de óleo (25/10).
- 1996 Navio tanque: *Sea Empress*. Local: Milford Haven, Grã-Bretanha. Volume vazado: 654 mil toneladas de petróleo vazam no mar (15/02).

- 1997 As águas de Sambanze e Yatsu na Baía de Tóquio (Japão) são vítimas de uma mancha negra, em 2 de julho.
- 1998 A avaria de um cargueiro de petróleo provoca uma mini mancha negra na Ilha de Amrun do Norte, Alemanha, em 25 de outubro.
- 1999 Em 3 de dezembro, na Nova Zelândia uma camada de gasolina de vários quilômetros provenientes de um navio afeta uma reserva declarada como um dos lugares mais bonitos para mergulhos.  
O petroleiro Érika se parte em dois, antes de afundar em frente às costas bretãs no nordeste da França, poluindo 400 quilômetros do litoral francês (12/12).
- 2000 Na Cidade do Cabo, África do Sul, um cargueiro de minerais panamenho derruba mais de 13 mil toneladas de petróleo no Atlântico.
- 2001 Na costa das Ilhas Galápagos (Equador), houve um grande derramamento de óleo diesel (600 mil litros) que atingiu a reserva ecológica da ilha proveniente do petroleiro Jessica (20/01).  
No mar Báltico, nas águas da Dinamarca, a cerca de 25 quilômetros ao norte da península alemã de Darsse, houve a colisão entre um petroleiro que navegava para Gotemburgo, na Suécia, com bandeira das Ilhas Marshall, e um cargueiro que transportava açúcar, com bandeira cipriota, que provocaram o derrame 1.900 toneladas de petróleo.
- 2002 Na costa noroeste da Espanha (costa da Galícia), houve um grande vazamento de 1.500 toneladas de petróleo de um dos tanques do petroleiro Prestige, de bandeira grega (16/11).

## II.5 Acidentes ambientais no Brasil

O Brasil vem sofrendo com os inúmeros (conhecidos e desconhecidos) acidentes, principalmente o Estado do Rio de Janeiro que nos últimos anos tem sido uma grande vítima.

Segundo relatório divulgado recentemente pela ONU, o litoral sudeste do Brasil é um dos mais poluídos do mundo. A falta de saneamento básico e o lançamento de dejetos químicos são os principais fatores da degradação na área, principalmente no litoral paulista. Esta constatação se deu mediante um estudo desenvolvido pela Universidade de São Paulo e pelo Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Projeto Biogeoquiss –, que revelou que a concentração de metais pesados na região permanece elevada (CETESB, 1998).

Os acidentes podem ser classificados como desastres, que possuem efeitos rápidos ou lentos. Os desastres de conseqüências rápidas são, em geral, os relacionados com enchentes, incêndios e terremotos, que destroem a infra-estrutura de regiões inteiras, as bases industriais e comerciais, desabrigam e deslocam populações inteiras, levando à ruptura das bases produtivas. Os desastres de efeitos lentos são responsáveis por produzirem outros efeitos, além do próprio ao meio ambiente, como as secas, por exemplo, originam outros problemas, como o desflorestamento, a erosão do solo e a pobreza rural.

O crescimento populacional e a industrialização observados a partir da década de 50 contribuíram para o processo de degradação da Baía de Guanabara. Diariamente, são despejadas em suas águas toneladas de esgoto e lixo doméstico, efluentes industriais e resíduos de óleo, entre outros poluentes, levando ao desfalecimento dos diferentes ecossistemas da baía.

Segundo a FEEMA, das doze mil indústrias localizadas no entorno da Baía de Guanabara, 49 são empresas de grande porte que respondem por 80% da poluição industrial lançadas nas águas da baía (COMISSÃO DE SERVIÇOS DE INFRA-ESTRUTURA, 2000); além dos portos comerciais, terminais marítimos de petróleo, postos de serviço e estaleiros que despejam óleo no local.

A tabela 2 apresenta as principais atividades que provocaram acidentes durante o período de 1991 a 2001 no Estado do Rio de Janeiro.

**Tabela 2 – Número de acidentes por atividade no Rio de Janeiro (1991 – 2001).**

<b>Atividade</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>
Comercial	22	6	10	3	15	7	7	2	6	7	4
Disposição Inadequada	6	3	5	1	-	-	1	1	1	-	2
Industrial	18	9	9	12	10	7	10	3	5	8	9
Ferrovário	3	-	-	1	1	4	5	2	2	-	-
Óleo no mar	17	6	6	5	9	6	12	14	4	13	9
Oleoduto/Gasoduto	2	-	1	-	1	1	1	-	1	1	3
Postos de serviço	10	18	11	5	9	5	8	1	11	-	2
Residencial	1	2	2	-	2	-	2	-	-	-	1
Rodoviário	33	31	30	26	33	32	33	22	17	19	23
Transporte marítimo	1	1	1	-	2	1	1	-	2	-	1
<b>TOTAL</b>	<b>113</b>	<b>76</b>	<b>75</b>	<b>53</b>	<b>82</b>	<b>63</b>	<b>80</b>	<b>45</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>54</b>

Fonte: Elaborada a partir dos dados do SCPA / FEEMA, 2002.

Dentre as principais atividades causadoras de poluição no Rio de Janeiro durante a década de 90 e início dos anos 2000 e 2001 (Tabela 2), destacam-se os acidentes/colisões ocorridos na rede de transporte rodoviário de matérias-primas, de combustíveis e de produtos industrializados que passa pelas estradas permeando as zonas urbanas altamente congestionadas, seguido das indústrias localizadas principalmente no entorno da Baía de Guanabara ou aquelas que deságuam seus resíduos na baía, e em terceiro aparecem os terminais marítimos de carga e descarga de produtos oleosos, os portos, estaleiros e refinarias por onde as misturas oleosas escoam para os mares do Rio de Janeiro, de Niterói, Baía de Sepetiba e Bacia de Campos.

Cabe destacar que o óleo derramado no mar teve uma grande contribuição para a poluição do Estado do Rio de Janeiro durante os anos de 1997 e 1991 (15% dos acidentes foram provocados pelo óleo no mar), de 1998 (31% dos acidentes foram provocados pelo óleo no mar), de 2000 (34% dos acidentes foram provocados pelo óleo no mar) e de 2001 (16% dos acidentes foram provocados pelo óleo no mar). No ano de 2000, ocorreu um dos maiores acidentes, em termos de volume vazado, na Baía de Guanabara.

Entretanto, em números absolutos os anos de 1991, de 1998, de 2000 e de 1997 contabilizaram 17, 14, 13 e 12 acidentes associados à poluição por óleo no mar, respectivamente.

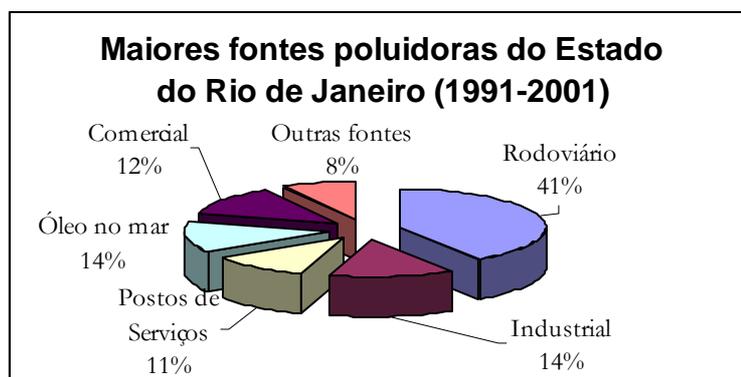
Comparativamente aos acidentes durante o período de 1991 a 2001, o perfil poluidor do Rio de Janeiro no período de 1983 a 1990 não é tão diferente (Tabela 3 e Gráficos 3 e 4).

**Tabela 3 – Número de acidentes por atividade no Rio de Janeiro (1983 – 1990).**

<b>Atividade</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>
Comercial	1	3	6	6	8	8	7	14
Disposição Inadequada	-	-	-	-	3	1	1	4
Industrial	7	8	4	17	18	16	15	12
Ferrovário	-	-	1	-	-	-	1	-
Óleo no mar	2	5	6	3	5	8	14	33
Oleoduto/Gasoduto	1	2	1	1	1	1	1	1
Postos de serviço	1	5	17	8	10	5	7	15
Residencial	-	1	-	-	1	5	-	3
Rodoviário	5	13	28	23	23	14	34	29
Transporte marítimo	-	-	-	1	4	-	3	4
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>37</b>	<b>63</b>	<b>59</b>	<b>73</b>	<b>58</b>	<b>83</b>	<b>115</b>

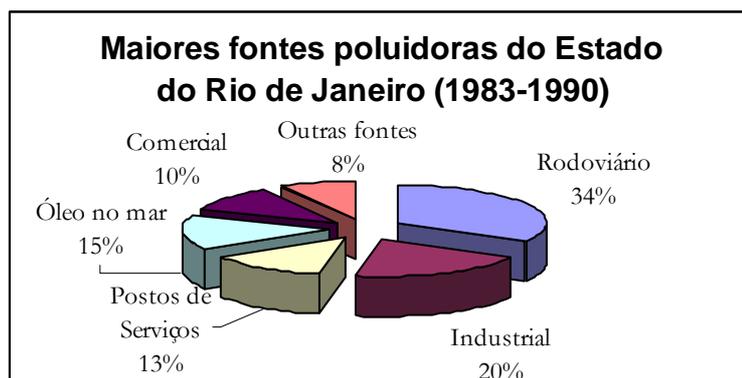
Fonte: Elaborada a partir dos dados do SCPA / FEEMA, 2002.

Verificou-se que houve um elevado número de acidentes no final da década de 80 (1988 a 1990) provocados pelos derrames de óleo/misturas oleosas no mar. Ademais, o óleo no mar é o terceiro maior poluidor do Estado do Rio de Janeiro nas últimas duas décadas.



**Gráfico 3 – Principais fontes causadoras de acidentes no Rio de Janeiro durante o período (1991 – 2001).**

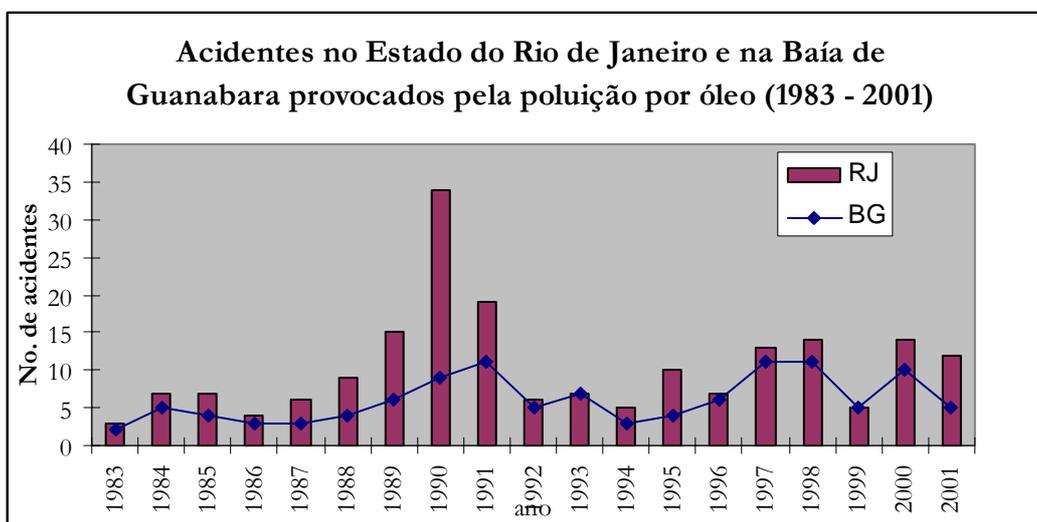
Fonte: Elaborada a partir dos dados do SCPA / FEEMA, 2002.



**Gráfico 4 – Principais fontes causadoras de acidentes no Rio de Janeiro durante o período (1983 – 1990).**

Fonte: Elaborada a partir dos dados do SCPA / FEEMA, 2002.

A Baía de Guanabara tem sido alvo de acidentes provocados por derrames de óleo/vazamento de oleodutos, navios e outras embarcações. O gráfico 5 apresenta o registro do número de acidentes provocados por derrames de produtos oleosos de terminais marítimos localizados na Baía de Guanabara com relação aos acidentes ocorridos no Estado do Rio de Janeiro.



**Gráfico 5 – Acidentes provocados por poluição de óleo na Baía de Guanabara e no Rio de Janeiro (1983 – 2001).**

Fonte: Elaborada a partir dos dados do SCPA / FEEMA, 2002.

A poluição por óleo na Baía de Guanabara tem duas causas principais: derrames acidentais e despejos crônicos. Quanto aos despejos crônicos, atualmente a baía recebe 64 toneladas de lixo industrial nas águas diariamente por 6.000 empresas, 300 kg de metais pesados (como o Pb, Cr, Hg e Zn) e em relação ao óleo, são 4 toneladas<sup>15</sup>.

Segundo o ambientalista Elmo Amador, são lançados 17 m<sup>3</sup> de esgoto por segundo, o equivalente a um Maracanã cheio de dejetos a cada dia<sup>16</sup>.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) abriga 10.872.768 habitantes, o equivalente a 75,7% da população do estado para o ano de 2000. Esta região apresentou, no período de 1991/00, a taxa de crescimento anual de 1,14%. Oito milhões e novecentos mil habitantes, aproximadamente, correspondentes a 81,3% da população da RMRJ, habitam na bacia da Baía de Guanabara (CIDE, 2001).

Atualmente, segundo a FEEMA, estima-se que este valor esteja próximo das 15 t/dia, o que equivale admitir que a cada três meses a mesma quantidade de óleo que foi derramado no acidente de janeiro de 2000 é lançada na baía (SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2000).

Um dos piores desastres do País nessa área foi registrado em março de 1975, quando o petroleiro iraniano *Tarik Iba Ziyad* derramou 6 milhões de litros de óleo bruto na baía. O navio rompeu o casco a caminho do porto em frente à Enseada de Botafogo, deixando uma mancha de 10 centímetros de espessura próximo à Ilha do Governador (CETESB, 2000).

Os acidentes que provocam vazamentos de óleo na Baía de Guanabara são bons indicadores do desempenho das atividades de transporte e refino de petróleo e derivados, como também do alcance dos danos ambientais e socioeconômicos envolvidos nos acidentes.

Dentre os principais acidentes<sup>17</sup> por derramamento de petróleo na Baía de Guanabara nos últimos 27 anos, destacam-se:

- Em 26/03/1975, acidente com o navio petroleiro iraquiano *Tarik Ibn Ziyad*, em que vazaram 5.978 t de óleo cru.
- Em 11/07/1983, acidente com o navio tanque Horta Barbosa.
- Em 14/06/1984, aparecimento de pequenas manchas de petróleo na Ilha do Governador proveniente do navio Hamilton Lopes.

---

<sup>15</sup> Jornal OGLOBO, 2001.

<sup>16</sup> Jornal OGLOBO, 2001.

<sup>17</sup> A série de acidentes refere-se a base de dados de ZEE (2000) e da SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2000).

- Em 31/07/1984, vazamento de cerca de 1 tonelada de óleo combustível no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 12/04/1985, surgimento de óleo combustível proveniente do navio Unison entre os armazéns 10 e 12 do Cais do Porto do Rio de Janeiro, Caju, RJ.
- Em 05/05/1986, vazamento de 400 litros de óleo BPF<sup>18</sup> no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 27/06/1986, vazamento de óleo da chata da Metalnave na Ilha da Conceição, Baía de Guanabara, Niterói.
- Em 11/08/1987, vazamento de óleo no mar proveniente do navio Prudente de Moraes no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 7/12/1988, vazamento de óleo no mar em frente ao armazém 33 do Cais do Porto do Rio de Janeiro, Caju, RJ.
- Em 19/12/1988, vazamento de 10 toneladas de óleo combustível do navio tanque Carioca da Fronape operando no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 17/03/1989, vazamento de 7 toneladas de óleo do navio tanque Alagoas no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 30/03/1989, vazamento de óleo provocado durante a transferência de óleo (desconexão do mangote da chata) na Baía de Guanabara, RJ.
- Em 14/03/1990, vazamento de 10 toneladas de óleo cru do navio Doce Pólo durante operação no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 18/05/1990, derrame de 200 litros de óleo do navio tanque Frota Mansla, Niterói, Baía de Guanabara.
- Em 18/08/1990, vazamento de 20 toneladas de óleo cru do navio Horta Barbosa no PP1 (Pier Principal 1)/Terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 20/01/1991, derramamento de 760 litros de óleo combustível da REDUC na Baía de Guanabara, RJ.
- Em 10/07/1991, vazamento de óleo do navio tanque Bica que estava operando no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.

---

<sup>18</sup> Óleo BPF é um óleo pesado utilizado como combustível de caldeira.

- Em 23/01/1992, vazamento de 200 litros de mistura diesel/óleo BPF durante operação do navio Jacuí no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 30/01/1992, vazamento de 150 litros de óleo combustível durante abastecimento do navio tanque Jequitibá por 3 chatas, Baía de Guanabara, RJ.
- Em 24/06/1992, vazamento de nafta na Baía de Guanabara durante operação do navio tanque Kindon no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 26/07/1992, vazamento de 1.000 litros de óleo durante operação do navio tanque Bicas no PP1/Terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, RJ.
- Em 09/03/1993, vazamento de 400 litros de óleo provocado por avaria no fundo do casco do navio Irapuã no Dique Henrique Laje da Renave, Niterói.
- Em 08/10/1993, mancha de 20 m<sup>3</sup> de óleo não identificado próximo ao terminal da Shell, Ilha do Governador, RJ.
- Em 31/08/1994, vazamento de 8 m<sup>3</sup> de gasolina do tanque de carga nº 1 do navio Krit Art, Niterói, Baía de Guanabara.
- Em 19/01/1995, vazamento de óleo no mar, originado do navio Antwerp Express, ancorado no Armazém 14 do Cais do Porto do Rio de Janeiro, Caju, RJ.
- Em 12/02/1995, vazamento de óleo no mar, de origem não identificada, na Praia das Flechas em Niterói.
- Em 08/03/1995, vazamento de óleo no mar, de origem não identificada, entre os armazéns 7 e 8 do Cais do Porto do Rio de Janeiro, Caju, RJ.
- Em 02/04/1995, vazamento de óleo no mar, de origem não identificada, próximo ao armazém 9 do Cais do Porto do Rio de Janeiro, Caju, RJ.
- Em 22/01/1996, vazamento de óleo da Refinaria de Manguinhos, no Canal do Cunha, em Manguinhos, RJ.
- Em 24/01/1996, vazamento de óleo no mar, provocado por acidente na FRONAPE – Terminal PP2 (Pier Secundário)/DTSE (Dutos e Terminais do Sudeste) da Petrobras na Ilha do Governador, RJ.
- Em 31/01/1996, vazamento de óleo no mar, de origem não identificada, na Praia das Flechas em Niterói.

- Em 18/05/1996, vazamento de óleo no mar, de origem não identificada, na Enseada de Botafogo, RJ.
- Em 20/05/1996, vazamento de óleo no mar, devido a acidente no terminal do DTSE, Ilha do Governador, RJ.
- Em 08/07/1996, vazamento de óleo diesel no mar, devido a acidente com rebocador Osa Vanguard, no terminal da Petrobras na Ilha do Governador, RJ.
- Em 24/07/1996, vazamento de resíduo oleoso no mar, devido a acidente com rebocador Apolo do terminal da Petrobras na Ilha do Governador, RJ.
- Em 02/01/1997, vazamento de 7,5 toneladas de óleo combustível no mar, devido a acidente com o navio Four Sterne em operação no PP2/DTSE da Petrobras na Ilha do Governador, RJ.
- Em 30/01/1997, vazamento de óleo no mar, de origem não identificada, entre os armazéns 8 e 12 no Cais do Porto do Rio de Janeiro, Caju, RJ.
- Em 09/03/1997, vazamento de 2,8 milhões de litros de óleo combustível do duto PE-2 que liga a REDUC ao DTSE – Ilha d'Água, atingindo o manguezal da Baía de Guanabara, próximo a REDUC, RJ.
- Em 23/05/1997, vazamento de 5 litros de óleo hidráulico do Píer Principal no Geguá, DTSE, Baía de Guanabara, RJ.
- Em 16/08/1997, vazamento de 3.500 litros de óleo combustível no mar, devido a acidente durante carregamento da chata da Navegação São Miguel, no Torguá, RJ.
- Em 23/08/1997, vazamento de 200 litros de óleo diesel da Plataforma P- IX da Petrobras na Baía de Guanabara, RJ.
- Em 27/01/1998, vazamento de 12 m<sup>3</sup> de óleo da chata Control – III, Barreto, Niterói.
- Em 17/03/1998, vazamento de 100 litros de óleo preto da chata B02 da Navegação São Miguel durante abastecimento do navio Marica (rompimento do mangote), Baía de Guanabara, RJ.
- Em 24/03/1998, vazamento de 10 toneladas de petróleo do navio tanque Mafra, Ilha do Governador, RJ.
- Em 31/07/1998, vazamento de 12 m<sup>3</sup> de óleo da embarcação da Navegação São Miguel devido ao rasgo no casco de aproximadamente 10 cm, Ilha do Governador, RJ.

- Em 07/02/1999, vazamento de 30 litros de resíduos oleosos mais águas pluviais no mar da Ilha do Governador, RJ.
- Em 12/08/1999, vazamento de 0,4 m<sup>3</sup> de óleo proveniente do carregamento do navio tanque Poty devido à folga no flange de um dos terminais de carga, Baía de Guanabara, RJ.
- Em 18/01/2000, vazamento de cerca de 1,3 milhão de litros de óleo combustível de um dos nove oleodutos que interligam a Refinaria Duque de Caxias (REDUC) ao Terminal da Ilha d'Água (DTSE/Geguá).
- Em 26/06/2000, vazamento no mar de 380 litros de resíduos oleosos do navio Cantagalo, contratado pela Petrobras no terminal da Ilha D'Água, RJ.
- Em 03/10/2000, vazamento de 50 litros de óleo do navio Pirapita da Petrobras durante transferência do óleo MF 380 devido ao transbordamento do tanque de óleo pelo suspiro do convés, envolvendo o próprio navio e a barcaça Concórdia na Navegação São Miguel, Ilha do Governador, RJ.
- Em 25/12/2000, afundamento do submarino S-21 Tonelero atracado no Cais do Arsenal da Marinha. Falha no sistema hidráulico de vedação permanecendo no fundo por 10 dias e vazando cerca de 0,4 m<sup>3</sup> de óleo no dia 03/01/2001.
- Em 15/04/2001, denúncia de mancha de óleo diesel na Baía de Guanabara pelo supervisor do DTSE, deslocando-se da Ilha do Boqueirão para o Píer Secundário do DTSE.
- Em 16/04/2001, denúncia de mancha de óleo diesel pela imprensa perto da Ilha da Conceição de uma embarcação "Tangara" da Petrobras e no estaleiro EISA onde estava atracado o navio Marvi.
- Em 25/06/2001, vazamento de óleo de origem não identificada próximo à praça Mauá em volta do navio Escada Brasil.
- Em 03/07/2001, vazamento de óleo de origem não identificada no vão central da Ponte Rio-Niterói compreendida entre a base naval de Mocanguê, estaleiro Promar e Dique Almirante Guilherme.
- Em 12/08/2001, aparecimento de mancha escura não oleosa de aproximadamente 500 m<sup>2</sup> de origem não identificada próximo ao Píer Secundário e o Terminal da Ilha d'Água.

- Em 21/08/2001, vazamento de óleo grosso localizado entre o navio Richmond Bridge e o Cais do Porto do Rio de Janeiro em frente aos armazéns 9 e 10, Caju, RJ.
- Em 07/09/2001, vazamento de óleo de origem não identificada entre a Ilha d'Água e a Ilha do Governador.
- Em 13/09/2001, vazamento de 30 litros de óleo hidráulico na popa do rebocador Sea Bulk Marina II, oriundo do emborrachamento do leme na Baía da Guanabara.
- Em 23/11/2001, vazamento de 100 mil litros de óleo do oleoduto da Refinaria de Manguinhos devido à colisão da lancha Antônio Carlos VIII com o oleoduto na altura da Ilha de Santa Bárbara, RJ.
- Em 22/02/2002, vazamento de 30 mil litros de óleo do navio britânico transatlântico no píer da Praça Mauá no Cais do Porto do Rio de Janeiro, Caju, RJ.

A tabela 4 apresenta o volume total de óleo que foi derramado desde a constatação do primeiro acidente na Baía de Guanabara a partir dos fatos (acidentes) ocorridos nos últimos 27 anos.

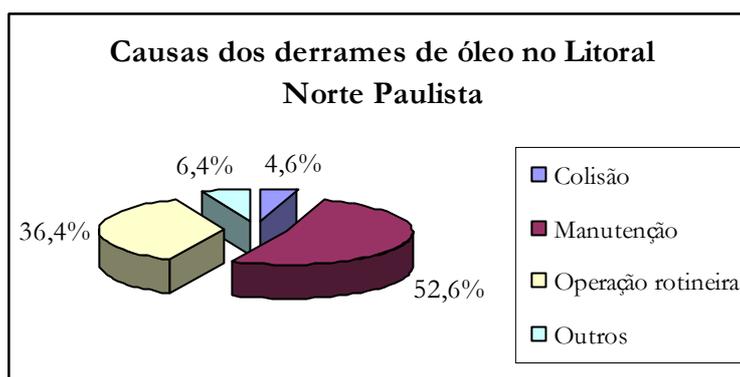
Em relação a outros estados, o litoral paulista teve seu primeiro grande acidente de derrame de petróleo no dia 9 de janeiro de 1978. Ao entrar no Canal de São Sebastião o navio-tanque Brazilian Marina colidiu com uma rocha submersa, ocasionando o vazamento de aproximadamente seis mil toneladas de óleo cru que atingiu todo o Litoral Norte do Estado de São Paulo e parte do litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, atingindo as praias e costões rochosos de São Sebastião até a praia de Angra dos Reis.

**Tabela 4 – Volume anual derramado de óleo na Baía de Guanabara.**

<b>Ano</b>	<b>Total</b>
1975	5.978 toneladas de óleo cru
1984	1 tonelada de óleo combustível
1986	400 litros de óleo BPF
1988	10 toneladas de óleo combustível
1989	7 toneladas de óleo (sem especificação)
1990	30 toneladas de óleo cru e 200 litros de óleo (sem especificação)
1991	760 litros de óleo combustível
1992	200 litros de óleo diesel, 150 litros de óleo combustível e 1.000 litros de óleo (sem especificação)
1993	20.400 litros de óleo (sem especificação)
1994	8.000 litros de gasolina
1997	2,8 milhões de litros de óleo combustível, 5 litros de óleo hidráulico e 200 litros de óleo diesel
1998	24.000 litros de óleo (sem especificação), 100 litros de óleo preto e 10 toneladas de petróleo
1999	30 litros de resíduos oleosos, 400 litros de óleo (sem especificação)
2000	1,3 milhão de litros de óleo combustível, 380 litros de resíduos oleosos e 50 litros de óleo (sem especificação)
2001	100 mil litros de óleo (sem especificação) e 30 litros de óleo hidráulico
2002	30 mil litros de óleo (sem especificação)

Nota: Não estão descritos todos os acidentes, pois não existe contabilização do volume derramado.

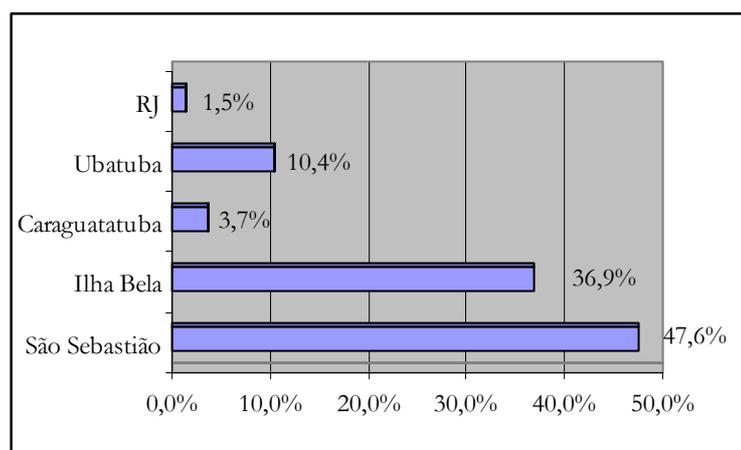
No período de 1974 a 2000 o Litoral Norte foi a região onde se registrou o maior número de acidentes ambientais atendidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, principalmente entre os municípios de São Sebastião e Ilha Bela e no Terminal Marítimo Almirante Barroso - TEBAR. Ainda de acordo com os dados da CETESB (2001), das fontes geradoras de acidentes ambientais no Estado de São Paulo, no período de agosto de 1974 a março de 2000, cerca de 52,6% dos acidentes foram causados por problemas de manutenção com navios petroleiros e dutos (Gráfico 6).



**Gráfico 6 – Causas dos derrames de óleo no Litoral Norte Paulista – 1974 a 2000.**

Fonte: CETESB, 2000.

A preocupação com os derrames de petróleo no Litoral Norte, especialmente entre os municípios de Ilha Bela e São Sebastião, decorre do fato da área possuir belas praias com um grande potencial turístico (Gráfico 7).



**Gráfico 7 – Praias atingidas com os derrames de óleo no Litoral Norte Paulista – 1974 a 2000.**

Fonte: CETESB, 2000.

Difícilmente alcançará êxito um programa de implementação de uso sustentável para a área do Canal de São Sebastião, enquanto as atividades poluidoras não tiverem seus riscos totalmente controlados na área e as medidas não forem consideradas prioritárias nos programas de Gerenciamento Costeiro Estadual e Federal.

Alguns fatores contribuem para o aumento dos atendimentos feitos pela CETESB de acidentes, o que significa uma maior credibilidade junto a demais entidades e comunidades, como:

- Implantação de um sistema de cadastro das ocorrências;
- Advento das tecnologias poupadoras de mão-de-obra;
- Aumento da capacidade de carga dos superpetroleiros que contribui para o desaparecimento de antigas funções.

Até o final de 1999, a CETESB atendeu um total de 3.345 emergências químicas, as quais estão cadastradas no Cadastro de Acidentes Ambientais – CADAC (Tabela 5).

**Tabela 5 – Número de acidentes por atividade em São Paulo (1978 – 1999).**

<b>Atividade</b>	<b>Número de ocorrências</b>	<b>%</b>
Transporte Rodoviário	1.241	37
Posto de serviço	343	10
Transporte Marítimo	290	9
Indústria	204	6
Transporte por Duto	172	5
Armazenamento	91	3
Outras Atividades <sup>1</sup>	1.004	30
<b>TOTAL</b>	<b>3.345</b>	<b>100</b>

Nota 1: Outras Atividades referem-se aos atendimentos realizados no transporte aéreo, ferroviário, laboratórios, fenômeno natural, descarte de resíduos em terrenos baldios ou às margens de rodovias, oficinas mecânicas, aterros sanitários.

Fonte: TERRA et al., 2001.

Como se verificou também para a cidade do Rio de Janeiro, as três atividades que possuem maior incidência de ocorrências no Estado de São Paulo são o transporte rodoviário, os postos de abastecimento e as outras atividades.

## **II.6 Impactos socioambientais de um derramamento de óleo**

Os impactos ambientais de um derramamento de óleo, ou de seus subprodutos, nos ecossistemas costeiros e oceânicos variam consideravelmente em função do tipo e composição do óleo (quanto mais solúvel for o composto, mais tóxico será ele), da quantidade derramada, da época do ano, de fatores meteorológicos e oceanográficos, da localização geográfica, da persistência e biodisponibilidade dos hidrocarbonetos e do estado biológico dos organismos na hora da contaminação.

### ***II.6.1 Origem geológica e composição química do petróleo***

A respeito da composição química do petróleo, alguns geólogos dizem que o petróleo é derivado de matéria orgânica de origem biológica. Os restos de plantas e animais, depois de sedimentarem em lamas argilosas são submetidos a transformações aeróbicas e anaeróbicas por bactérias. O produto degradado, junto com os restos de bactérias, é mais tarde transformado sob alta pressão e a temperaturas que não excedem 150 °C. As reações de transformação procedem em sítios catalíticos presentes nas adjacências das superfícies das rochas em presença de água, ácido sulfúrico, enxofre e outros componentes inorgânicos. Durante esses processos o petróleo que está disperso, acumula-se por migração em reservatórios e finalmente formam os poços de petróleo (SPERRS e WITHEHEAD, 1969).

Portanto, para que se forme uma jazida petrolífera são necessárias as seguintes condições: a existência de sedimentos originalmente ricos em matéria orgânica e de condições propícias às transformações químicas e bioquímicas dos compostos orgânicos, a ocorrência de processos migratórios e de rochas reservatórias com boa porosidade a fim de que o petróleo possa escorrer livremente entre os interstícios, e também a existência de estruturas acumuladoras para que este possa ser economicamente explorável (LEINZ e AMARAL, 1966).

Devido a essas condições, cada óleo apresentará diferentes características, tanto físicas como químicas. Assim, uma definição precisa da composição do petróleo é impossível, uma vez que não existem dois óleos exatamente iguais (SPERRS e WITHEHEAD, 1969; TISSOT e WELT, 1984).

Entre os principais componentes estão os hidrocarbonetos<sup>19</sup> que chegam a atingir 98% da composição total (CLARK e BROWN, 1970). Enxofre, nitrogênio e oxigênio são os constituintes menores mais importantes. Há ainda traços de metais como vanádio, níquel, sódio, cálcio, cobre e urânio (POSTHUMA, 1977).

Os hidrocarbonetos no petróleo são utilizados como indicadores deste tipo de poluição. No entanto, os hidrocarbonetos não existem apenas no petróleo, eles ocorrem normalmente como produtos de biossíntese da maioria das plantas e animais, ou seja, produtos do metabolismo de plantas superiores e organismos marinhos.

### II.6.2 Aspectos característicos do petróleo e seus derivados

A investigação das principais características dos possíveis contaminantes (Quadro 1) de um acidente ambiental auxilia os centros de combate à poluição na escolha das medidas e/ou ações de emergência corretas.

**Quadro 1 – Principais características do petróleo e seus derivados.**

Produtos	Propriedades	Aspectos físicos e químicos	Principais riscos
Óleo Diesel	Densidade do líquido: 0,84 à 16 °C Viscosidade: 1,6 – 6,0 cSt (37,8 °C) Água e Sedimentos: 0,05% vol (Max.)	Cor castanha claro, não miscível na água, levemente viscoso, volátil, inflamável.	Explosão. Vapores mais pesados que o ar provocam irritação na pele e quando em contato excessivo há risco de câncer de pele. Na forma líquida ou vapor provoca irritação nos olhos, e se ingerido pode ser fatal.
Óleo combustível	Densidade: 1,030 (máxima) à 20 °C Viscosidade: 1,908 cSt (20 °C)	Cor preta, viscoso, inflamável, com a água pode se tornar pastoso à temperatura ambiente dependendo do tipo de óleo.	Explosão. Em temperaturas de até 50 °C, a pressão de vapor não permite a formação de vapor que seja prejudicial à saúde. porém, quando aquecidos, para fins de manuseio, a concentração de vapor pode atingir um nível onde a inalação pode causar náusea, dor de cabeça e tontura. Provoca irritação nos olhos e na pele e pode causar dermatite em contato prolongado ou repetido. A ingestão é muito perigosa, podendo ser fatal.
Gasolina	Densidade: 0,737 Densidade do Vapor: 3,0 – 4,0 Pressão de vapor: 0,70 kgf/cm <sup>2</sup> a 37,8 °C.	Cor amarelada, volátil, inflamável, não miscível com a água.	Explosão. Seus vapores são mais pesados que o ar, podendo permanecer concentrados em áreas confinadas. No estado líquido provoca irritação na pele, não devendo ser permitido o

<sup>19</sup> Os hidrocarbonetos do petróleo compreendem os n-alcenos, isoalcenos, cicloalcenos e aromáticos. Entres esses, os predominantes são os n-alcenos e os alcenos com cadeia ramificada.

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

Fonte: ROSSO, 1997.

### ***II.6.3 Processos intempéricos sofridos pelo petróleo no mar***

Quando derramado no mar, o petróleo se espalha formando uma mancha, de espessura variável e tem sua trajetória alterada em função da velocidade e direção dos ventos superficiais e correntes marinhas. Este processo faz com que a mancha do óleo derramado se expanda aumentando sua área e diminuindo sua espessura.

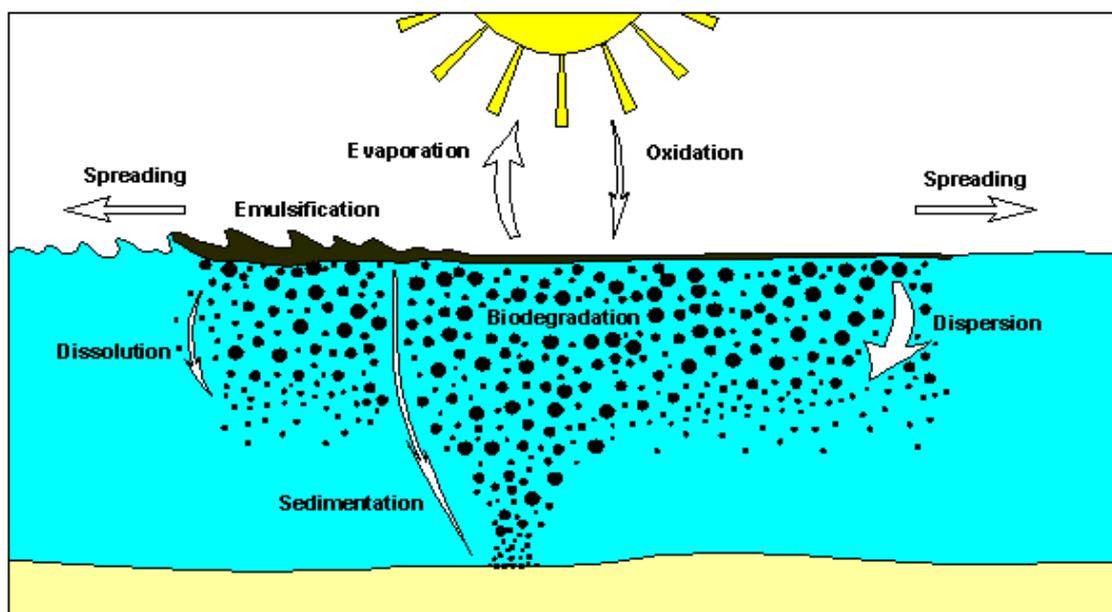
A mancha em seu percurso em direção à costa ou ao alto mar sofrerá uma série de processos chamados processos intempéricos, que por sua vez, são influenciados por outros fatores como o estado do mar (temperatura, pH e salinidade) e do clima (umidade e radiação solar), a presença de bactérias e materiais particulados suspensos na água, e, principalmente, das propriedades físico-químicas do óleo derramado (Quadro 2).

**Quadro 2 – Fatores que afetam a degradação do petróleo.**

<b>Fatores</b>	<b>Características</b>
Composição química	Cerca de 60 a 90% são hidrocarbonetos alifáticos, possíveis de biodegradação. Nesta classe o fitano e o pristano são mais resistentes à degradação e podem ser usados como marcadores químicos em monitoramento. Entre os aromáticos, deve-se monitorar benzeno, tolueno e xileno (BTX), os mais tóxicos para os seres vivos. O propano pode ser usado como marcador químico em monitoramento. Nos seres vivos, o petróleo pode se incorporar às gorduras, causar distúrbios metabólicos ou interromper a quimiorrecepção.
Estado físico	Condicionará agregação, espalhamento, dispersão ou adsorção no ambiente.
Mudanças químicas	A composição química e o estado físico do óleo, associados à temperatura, incidência solar e batimento das ondas induzirão a mudanças químicas, evaporação e fotoxidação.
Água	É essencial para a vida bacteriana, entretanto é excluída dos agregados, porque o petróleo é hidrofóbico.
Temperatura	Determina a evaporação, é fator importante no processo de degradação.
Oxigênio	É fator decisivo para iniciar e sustentar a biodegradação.
Nutrientes	São essenciais nitrogênio (N) e fósforo (P). teoricamente, para cada 1 g de óleo degradado, são necessários 150 mg de N e 30 mg de P.
Salinidade	É desconhecida a biodegradação em ambientes hipersalinos.
Microorganismos	As bactérias hidrocarbonoclasticas podem estar ausentes ou em número insuficiente para desencadear a biodegradação.

Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2000.

Os processos intempéricos envolvidos estão esquematizados na Figura 1 e são descritos a seguir (ITOPF, 2001a):



**Figura 1 – Processos intempéricos sofridos pelo petróleo derramado no mar.**

Fonte: ITOPI, 2001a.

- Espalhamento (*spreading*) – Este processo depende da força gravitacional, da volatilidade, da viscosidade e tensão superficial do óleo, além das condições climáticas do ambiente. Durante os primeiros estágios de um derramamento, é considerado um dos processos que mais afeta o comportamento do óleo, pois este tende a se espalhar como uma mancha única, aumentando sua área e diminuindo sua espessura, garantindo assim, maior transferência de massa por evaporação e dissolução. Quanto menos viscosos forem os óleos, mas eles se espalham. Passado algum tempo, o vento se torna o fator que mais influencia no movimento da mancha, que tende a se quebrar formando faixas paralelas à direção do vento e a partir daí a turbulência do mar causada por correntes, ventos e ondas começa a ter influência predominante. A observação deste fenômeno durante a efetivação do plano de contingência ajuda às operações de vigilância marítima através de aeronaves, encurtando tempo e economizando recursos.
- Evaporação (*evaporation*) – A perda por evaporação depende de uma série de fatores: da volatilidade do óleo, da área e da espessura da mancha e das condições climáticas do ambiente (vento, estado do mar, temperatura do ar e do mar e a intensidade da radiação solar). Este processo é muito importante entre as primeiras 24 e 28 horas após o derramamento em relação à

transferência de massa. Quanto maior for a proporção dos componentes com pontos de ebulição baixos, maior será a evaporação do óleo, mais viscoso ele fica e assim, vai para o sedimento. O grau de espalhamento é um outro fator determinante durante este processo, pois quanto maior for a superfície de contato com o ar, maior será a evaporação. Mares agitados, grandes velocidades de vento e climas quentes também funcionam como aceleradores do processo de evaporação (CORSON, 1993).

- Dispersão (*dispersion*) – Este processo realiza a quebra da mancha de óleo em pequenas gotículas com densidade próxima da água, aumentando a área de contato do óleo com a água e colaborando com outros processos como a sedimentação e a biodegradação do óleo. Pequenas gotículas permanecem em suspensão, enquanto que as maiores tendem a subir para a superfície onde podem agregar-se umas às outras reforçando a mancha ou ainda formando uma finíssima camada de óleo. As ondas e a turbulência marinha ajudam a dispersar o óleo, enquanto que em ambientes anóxicos (ausência de oxigênio) a biodegradação torna-se mais difícil (CORSON, 1993).
- Emulsificação (*emulsification*) – Ocorre com a dispersão do óleo na água sob a forma de gotículas. Óleos crus absorvem a água formando emulsões do tipo: água + óleo, tornando-se mais pesado. No caso de derrame de óleo, pode haver a formação de dois tipos de emulsão em função da ação das ondas. As emulsões de óleo na água podem passar quase que despercebidas quando as gotículas de óleo são muito pequenas. Entretanto, se as águas se tornarem calmas as emulsões podem voltar a constituir a película superficial novamente, aglomerando-se. Os hidrocarbonetos uma vez emulsionados na água aceleram outros processos de transformação como a dissolução, a fotoxidação e a biodegradação. Existem estudos recentes que sugerem que este processo é um dos principais responsáveis pela contaminação do plâncton marinho, que ingere as microgotículas. Estas, por sua vez, atuam em seus orgânulos digestivos e se manifestam em suas fezes, indo finalmente se depositar no fundo do mar e aglomerando-se a sedimentos, limo e outras substâncias. No fundo do mar, estes serão carreados por correntes, contaminando desta forma, áreas não diretamente afetadas pelo derrame. As emulsões de água em óleo, ao contrário do primeiro caso, são extremamente estáveis e costumam persistir por meses ou até mesmo anos

após o derramamento. Quando o óleo em questão é muito viscoso e denso, pode haver formação de uma substância chamada popularmente de “mousse de chocolate” que é extremamente resistente às alterações físico-químicas, que neste caso, se processam mais lentamente.

- Dissolução (*dissolution*) – Este processo tem grande influência sobre as conseqüências biológicas do ambiente marinho. Ocorre logo após o derrame, quando o óleo vai sofrendo fotoxidação e biodegradação, e compostos mais solúveis vão sendo gerados. A dissolução dos componentes individuais do petróleo depende da quantidade e composição desses na mancha, do espalhamento da mancha, da temperatura e da turbulência da água.
- Oxidação (*oxidation*) – Neste processo as moléculas de hidrocarbonetos reagem com o oxigênio do ambiente circundante formando outros compostos solúveis que então irão se dissolver na água ou outras substâncias ainda mais persistentes e resistentes às alterações. Os componentes mais voláteis do óleo são essencialmente não solúveis na água do mar. Como estas reações ocorrem preferencialmente na superfície, elas serão mais rápidas quanto mais espalhada estiver a película. Comparativamente aos outros processos de alteração físico-química, a oxidação é relativamente lenta e está condicionada à quantidade de oxigênio que pode penetrar na película. O processo ainda pode ser acelerado pela presença de certos sais dissolvidos no mar e de certos metais presentes no óleo. Muitas vezes podemos encontrar traços de vanádio no óleo, que funciona como um catalisador nas reações de oxidação. Os raios ultravioletas funcionam igualmente como catalisadores constituindo, o que chamamos de fotoxidação. A razão de degradação é, em grande parte, influenciada pelo comprimento de onda incidente, pela concentração de materiais particulados suspensos, pela concentração de aromáticos de alto peso molecular e pela espessura da mancha.
- Sedimentação (*sedimentation*) – Ocorre devido à agregação de partículas de sedimentos ou matéria orgânica às partículas de hidrocarbonetos do óleo. Quanto mais grosso, maior a chance de afundar. Poucos óleos crus são suficientemente densos para afundar, ou se alterarão, a ponto de afundarem na água. A gravidade específica dos óleos intemperizados é próxima à

densidade da água a temperatura de 15 °C. Existe a possibilidade de formação de bolas ou pedaços de piche que são massas semi-sólidas compactadas de óleo intemperizado agregado às partículas presentes na coluna d'água, representando sérios danos à costa, principalmente às praias de areia.

- Biodegradação (*biodegradation*) – Consiste na degradação do óleo por microorganismos naturalmente presentes no mar. Estes microorganismos estão difundidos por todo o meio aquático, no entanto tendem a ser encontrado mais abundantemente em águas cronicamente poluídas. A taxa de biodegradação é influenciada pela temperatura e pela disponibilidade de oxigênio e nutrientes (nitrogênio e fósforo) no ambiente. Cada tipo de microorganismo tende a degradar um hidrocarboneto específico, além de existir uma enorme quantidade destes que é potencialmente capaz de biodegradar praticamente todos os compostos do óleo cru. A biodegradação seria um perfeito processo de autodepuração já que mesmo quando os microorganismos não estão presentes em número suficiente, estes se proliferam muito rapidamente em condições apropriadas. Quando o óleo se transforma em gotículas suspensas no meio aquático, a área interfacial aumenta, facilitando a biodegradação. O óleo que eventualmente chegue às praias e atinja a zona acima do nível médio d'água, irá se degradar muito lentamente, podendo persistir por muitos anos.

Os processos de espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação e dissolução se destacam nos primeiros estágios do derramamento, enquanto a oxidação, sedimentação e biodegradação são processos de longo prazo e definem o último destino do óleo (ITOPF, 2001a).

Não apenas em grandes vazamentos, mas também em pequenos derrames crônicos, a interação de todos estes processos não é bem explicada, pois participam muitos modelos empíricos de comportamento do óleo na água que são considerados confiáveis até certo ponto (CORSON, 1993).

O reconhecimento destes processos permite aos tomadores de decisão o rastreamento de possíveis fontes poluidoras, bem como favorece a elaboração de planos de contingência, de emergência e estudos de impacto sobre o ecossistema marinho.

Dessa forma, medidas de prevenção, controle e de resposta poderão ser adotadas com mais eficácia.

#### ***II.6.4 Fatores que influem no grau de impacto***

Segundo CAIRNS e BULKEMA (1984), GUNDLACH et al (1978), API (1985) e EVANS e RICE (1974), os fatores mais importantes na determinação do grau de impacto das comunidades biológicas costeiras atingidas por derrames de petróleo são:

- ***Tipo e quantidade de petróleo:*** Os óleos leves são altamente tóxicos, devido à presença de maiores quantidades de compostos aromáticos, no entanto os óleos pesados e mais densos são pouco tóxicos, mas causam impactos físicos de recobrimento.
- ***Amplitude das marés:*** Derrames que ocorrem durante as marés de sizígia (marés vivas), de maior amplitude, atingem áreas muito mais extensas da zona entre-maré do que nas marés de quadratura (marés mortas). No entanto, o movimento contínuo de subida e descida das marés atua como um importante fator de limpeza natural.
- ***Época do ano:*** As flutuações sazonais (ligadas às estações do ano) provocam consideráveis variações na estrutura e composição das comunidades biológicas costeiras. Épocas de reprodução coincidentes com os derrames podem causar grandes impactos nas populações, a curto ou médio prazo.
- ***Grau de hidrodinamismo:*** O grau de hidrodinamismo de um local é determinado em função da quantidade, intensidade e força das ondas e correntes que atuam no ambiente. Locais com elevado hidrodinamismo tendem a dispersar o óleo de maneira rápida e eficiente, fazendo com que o impacto de um derrame de óleo seja reduzido ou não perceptível. Nestes ambientes, o óleo permanece por poucos dias. Já nos ambientes abrigados da ação das ondas e corrente, o petróleo tende a permanecer por mais tempo ou até anos impedindo que a comunidade biológica se recupere.
- ***Ciclo construtivo-destrutivo do ambiente:*** O ciclo das praias arenosas representado pela entrada e saída de areia em diferentes épocas do ano, torna-se um outro fator importante no grau de impacto do petróleo nestes ambientes. Em um derrame que aconteça na fase construtiva da praia

(entrada de areia), o petróleo sofre um processo de soterramento pelo sedimento, dando, inclusive, a impressão de que a praia está limpa. Entretanto, o petróleo encontra-se centímetros (até 1 metro ou mais em algumas praias) abaixo da areia, e tende a recontaminar o ambiente com a chegada do ciclo destrutivo, onde ocorre a retirada natural de grande quantidade de sedimento. Ocorrem situações onde praias, devido às características geográficas da região, são tipicamente erosionais (com constante retirada de areia), e outras deposicionais, sendo que o impacto esperado nas primeiras é menor, uma vez que a limpeza natural deve ser mais efetiva.

- ***Tipo de substrato:*** O substrato pode ser encontrado de duas formas: consolidado e não consolidado. Os substratos consolidados são representados por rochas que formam os costões, matacões e praias rochosas e de seixos. Nestes ambientes, o óleo permanece aderido ao substrato afetando diretamente a comunidade ali presente. Nos substratos não consolidados, formados pelas areias e lodos, o petróleo penetra verticalmente no sedimento, atingindo camadas mais profundas. Neste tipo, verifica-se que quanto maior for o tamanho do grão (conseqüentemente maior o espaço entre os mesmos), maior a penetração do óleo no sedimento, podendo atingir várias dezenas de centímetros. Outras características do sedimento também influenciam na capacidade de penetração do óleo, como o grau de selecionamento e a angulação das partículas de areia.
- ***Tipo de comunidade:*** O grau de impacto do petróleo derramado em um ambiente varia em função do tipo de comunidade ali presente. Os ambientes considerados mais estáveis – costões rochosos abrigados e praias lodosas – são mais ricos em espécies sensíveis e tendem a sofrer grandes impactos. No entanto, os ambientes muito dinâmicos com elevado stress físico possuem espécies mais resistentes e menor diversidade. Espécies animais com conchas e carapaças externas, por exemplo as cracas, mexilhões e ostras, são mais resistentes pois a superfície do corpo não entra em contato direto com o petróleo.
- ***Exposição prévia a outros impactos:*** Ambientes expostos aos impactos crônicos possuem comunidades biológicas perturbadas e desestruturadas, com baixa diversidade. As espécies em contato com a poluição crônica

tornam-se mais sensíveis aos impactos agudos, e outros estresses, do que em ambientes não poluídos.

- **Formas de limpeza aplicadas ao derrame:** Algumas formas de limpeza são eficientes na retirada do óleo do ambiente, mas causam grande impacto na comunidade biológica, muitas vezes piores que o do próprio petróleo. Portanto, a forma de limpeza também é considerada um fator relevante que influencia o grau de impacto de um derrame de petróleo.

### ***II.6.5 Efeitos tóxicos do petróleo no ambiente marinho***

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-a a água, outros componentes não solúveis, passam também a afetar os organismos ali presentes.

Os efeitos dependem não apenas da quantidade de óleo, mas também da composição específica e da toxicidade do óleo, do tempo de permanência do óleo no ambiente e de seu comportamento perante a ação de fatores físicos, químicos, meteorológicos e oceanográficos do ambiente. Os efeitos se apresentam de duas formas:

- Efeitos agudos ou a curto prazo (1 a 4 semanas) são notoriamente tóxicos e colocam diretamente em risco as populações e as comunidades costeiras que estão em contato direto com o óleo e seus constituintes, afetando potencialmente a equipe de limpeza, os residentes da costa atingida e os membros da equipe científica que pesquisam diretamente os derrames.
- Efeitos crônicos ou a longo prazo (1 mês a 10 anos), como a bioacumulação de substâncias tóxicas na cadeia alimentar, não são ainda bem conhecidos, mas devem merecer atenção.

Os hidrocarbonetos saturados do petróleo são mais tóxicos que os aromáticos. Os compostos aromáticos são mais tóxicos que os asfálticos, e compostos de médio peso molecular são mais tóxicos que os de alto peso molecular. Compostos de peso molecular baixo, apesar de serem altamente tóxicos e apresentarem alto risco de combustão são, geralmente, considerados sem muita importância, pelo fato de serem altamente voláteis e se dispersarem rapidamente na atmosfera quando derramados no

mar. Porém, se o derrame se der em ambientes alagados (manguezais), onde predominam solos anaeróbicos, o processo de evaporação é retardado, fazendo com que o óleo retenha por muito tempo sua toxicidade inicial (SCHAEFFER-NOVELLI, 1990) e podendo causar, futuramente, maiores efeitos no ambiente marinho devido a sua solubilidade maior e portanto, maior biodisponibilidade.

A gasolina, o querosene e a nafta possuem grandes frações de aromáticos e são mais tóxicos que o óleo diesel e o óleo cru. Por outro lado, esses são muito mais persistentes, causando impactos de longa duração.

Há uma grande evidência dos efeitos mutagênicos de alguns dos compostos do petróleo, em especial os aromáticos e aromáticos policíclicos cujos riscos de uma contaminação crônica podem ser muito grandes (NRC, 1985). Esses compostos além de serem absorvidos podem ser transferidos ao homem ao ingerir algum organismo marinho contaminado.

#### ***II.6.5.a Efeitos gerais do petróleo na fauna e flora marítima***

Os efeitos dos hidrocarbonetos causados aos organismos aquáticos podem ser classificados como:

- Letais, quando há a morte dos organismos causada pela toxicidade ou por efeitos físicos do produto;
- Sub-Letais, quando os efeitos biológicos crônicos afetam o comportamento, crescimento, reprodução, colonização e distribuição das espécies;

As comunidades aquáticas participam de um elo importante entre o ser humano e o ecossistema marinho. Os principais efeitos observados nas comunidades biológicas costeiras que estão sujeitas naturalmente a alterações quantitativas e qualitativas podem ser detalhados da seguinte forma (CAIRNS e BULKEMA (1984), NELSON (1982), EVANS e RICE (1984) e RPI (1985)):

- ***Morte direta por recobrimento e asfixia:*** Os óleos grossos e viscosos recobrem os animais e vegetais impedindo que realizem as trocas necessárias com o ambiente, como respiração, excreção, alimentação, fotossíntese, etc.

- ***Morte direta por intoxicação:*** As frações do petróleo compostas pelos aromáticos (benzeno, tolueno e xileno) são consideradas tóxicas e causam a morte de espécies marinhas.
- ***Morte de larvas e recrutas:*** As larvas são mais sensíveis aos efeitos do petróleo do que os adultos.
- ***Redução na taxa de fertilização:*** O petróleo pode reduzir a quantidade de ovos, o que causa conseqüente redução da prole. Isto pode gerar efeitos a médio prazo na restituição de indivíduos das populações.
- ***Perturbação nos recursos alimentares dos grupos tróficos superiores:*** Com a morte de espécies pertencentes aos grupos vegetais e herbívoros, os predadores terão seus recursos alimentares (presas) reduzidos, causando uma conseqüente desestruturação de toda a comunidade.
- ***Incorporação e bioacumulação:*** Muitos compostos são absorvidos pelas mucosas e membranas dos animais. Quando a concentração destes compostos é muito maior nos organismos do que na própria água do mar, ocorre uma bioacumulação destes compostos nestas espécies.
- ***Incorporação de substâncias carcinogênicas:*** Muitas substâncias do grupo dos aromáticos com comprovado efeito carcinogênico, como o benzopireno e benzatreno, causam tumores em diversos organismos como moluscos, briozoários e algas (JOHNSTON, 1976).
- ***Efeitos indiretos subletais (morte ecológica):*** O petróleo pode ainda causar uma série de efeitos que não representam a morte imediata dos organismos mas sim perturbações consideradas importantes como a *morte ecológica*, a qual impede que o organismo realize suas funções no ecossistema, inclusive podendo progredir para a morte. Entre estes efeitos, encontram-se a dificuldade na localização de presas, os problemas na percepção química e motora, a inibição da desova, o aborto, a deformação de órgãos reprodutores, a perda de membros, as alterações respiratórias, as alterações na taxa de fotossíntese, etc.

As principais categorias de organismos marinhos potencialmente impactados são relacionados a seguir (CETESB, 2000):

### *II.6.5.a.I Plânctons*<sup>20</sup>

A distribuição planctônica no mar é extremamente variável em localização, densidade e composição, e a maioria das espécies, por serem muito pequenas ou muito frágeis, não permitem que estudos laboratoriais ou de campo se realizem com resultados satisfatórios. Por isso, a atenção volta-se, principalmente, para espécies maiores, como culturas de algas ou larvas de peixes.

Para algumas culturas de algas, baixas concentrações de hidrocarbonetos de petróleo na água (abaixo de 50 nanogramas de óleo por grama de água) aceleram o processo de fotossíntese, presumivelmente, devido aos seus efeitos nutritivos, mas, acima dessa concentração, há uma redução progressiva do processo de fotossíntese.

#### *Fitoplâncton*

É a comunidade vegetal microscópica que flutua livremente na coluna d'água e constitui a base da cadeia alimentar.

Devido a características intrínsecas, estes organismos respondem rapidamente às alterações na qualidade d'água e nas condições hidrológicas, produzindo mudanças tanto quantitativas como qualitativas na composição específica de suas comunidades (SIVAMAR, 2001).

Concentrações por volta de 0,1 mL/L de óleo na água causam retardamentos na divisão celular dos fitoplânctons. Para causar a morte, a concentração estaria por volta de 1 mL/L. Essa variação depende do tipo de óleo, da sensibilidade específica dos organismos afetados e das condições ambientais da região onde aconteceu o derrame (ventos, radiação solar, etc.). Dependendo do produto derramado, pode haver a redução em até 90% de luz transmitida à coluna d'água, diminuindo assim, a produtividade primária (SIVAMAR, 2001).

Como base da cadeia alimentar, o fitoplâncton contaminado também funciona como agente na contaminação de toda a cadeia.

---

<sup>20</sup> Plânctons são conjuntos de seres orgânicos, na sua maioria microscópicos, que flutuam passivamente ou nadam fracamente na coluna d'água e são classificados segundo sua natureza: fitoplâncton, de origem vegetal, ou zooplâncton, de origem animal.

### *Zooplâncton*

Composto por animais que se encontram suspensos ou nadam na coluna d'água. Devido ao seu diminuto tamanho e limitada capacidade de locomoção, os zooplânctons são transportados passivamente pelas correntes e ondas.

São os principais consumidores do fitoplâncton, sendo um elo de ligação muito importante entre os produtores primários do ecossistema marinho e os níveis tróficos mais altos. Do mesmo modo que o fitoplâncton, são altamente sensíveis a modificações na coluna d'água.

O óleo derramado pode acarretar redução na luminosidade, alterando a migração vertical do zooplâncton (muitos dos zooplânctons localizam seus alimentos visualmente) e causando efeitos indiretos sobre a nutrição e o comportamento desses organismos, além dos efeitos diretos químicos e mecânicos.

Os organismos zooplânctônicos apresentam altos índices de mortalidade nos primeiros meses após a poluição acidental. Estes seres possuem um ciclo de vida da ordem de semanas ou no máximo meses enquanto o horizonte de tempo de permanência dos efeitos dos hidrocarbonetos é, muitas vezes, de anos.

### *Ictioplâncton*

É composto por ovos e larvas dos organismos marinhos. Constitui um componente temporário do plâncton e tem importância ecológica fundamental devido ao recrutamento para a fase adulta dos peixes, que por sua vez são uma das fontes de recurso das colônias de pesca, não só na região em questão, como em diversas localidades costeiras.

#### *II.6.5.a.II Bentos<sup>21</sup>*

Neste grupo incluem-se moluscos, crustáceos, equinodermos, poliquetos e cnidários, muitos dos quais, especialmente os camarões, lagostas, ostras e mariscos, constituem importantes recursos pesqueiros.

---

<sup>21</sup> Bentos são um conjunto de organismos que vivem em íntima associação com o fundo de um corpo.

O risco de contaminação por óleo da comunidade bentônica em águas profundas é mínimo; porém em águas rasas, especialmente em condições adversas, gotículas de óleo podem chegar ao leito, causando danos pontuais e locais, contaminando os organismos inclusive aqueles explorados comercialmente.

Os efeitos dos hidrocarbonetos sobre o bentos das regiões mais profundas e organismos que habitam a região interlitoral, incluem: o recobrimento, causando sufocamento; a aglutinação, afetando sua mobilidade; e a intoxicação, resultando em morte ou em efeitos sub-letais.

Após a contaminação inicial dos organismos bentônicos, a população das espécies originais se reduz, mas algumas espécies oportunas e mais resistentes podem superpopular a área afetada. Bentos expostos por longos períodos e a grandes concentrações de óleo adquirem odor e gosto de óleo e perdem seu valor de mercado.

A resistência das diversas espécies a substâncias tóxicas vai depender de seu estágio de desenvolvimento. Estudos recentes mostram que uma das fases mais sensíveis corresponde a de larva e são justamente os crustáceos que mais sofrem, principalmente nos períodos de muda pois a permeabilidade de seus corpos aumenta bastante. Concentrações da ordem de 1 mg/L afetam irreversivelmente os processos de fertilização e o desenvolvimento de suas larvas (SIVAMAR, 2001).

Além do estágio de desenvolvimento, podemos notar outros fatores que influem na resistência à toxicidade dos bentos. No caso das comunidades que habitam costões rochosos e praias arenosas e que estão sujeitas às intempéries (variações térmicas, ação das ondas, longas exposições fora d'água, etc.), especialmente na zona intermarés, os organismos são mais resistentes.

Outro aspecto que deve ser ressaltado a respeito dos bentos, em especial os bivalvos é que são excelentes bio-indicadores de poluição por hidrocarbonetos e metais pesados. Ao contrário do zooplâncton, que consegue através das fezes, eliminar uma razoável parcela dos resíduos tóxicos, os bivalvos tendem a acumulá-los demorando mais para se depurarem (SIVAMAR, 2001).

Um fator que parece estar diretamente associado ao processo de depuração dos bentos é a existência ou não de resíduos tóxicos agregados aos sedimentos do fundo que lhe servem de substrato. Experiências mostram que mesmo passado longo tempo após o cessamento da fonte de poluição, os sedimentos continuam a liberar hidrocarbonetos para o ambiente e, principalmente, para moluscos e crustáceos.

### *II.6.5.a.III Peixes*

É consenso geral que o despejo de substâncias tóxicas pelas atividades de exploração petrolífera é um dos responsáveis pelo estresse que os peixes passam. Os mais evidentes efeitos são os letais: intervenção no funcionamento das brânquias, causando seu colapso, e o contato e ingestão (em áreas restritas ou fechadas), causando sua morte. Já os efeitos sub-letais, são mais significativos para os peixes, pois causam alterações na alimentação, migração, crescimento e reprodução das espécies. A contaminação dos peixes constitui um grande prejuízo econômico para os pescadores das regiões costeiras.

Além disso, há os efeitos sobre ovos, larvas e uma grande variedade de peixes pelágicos (marítimo, oceânico), que são mais suscetíveis aos efeitos desses compostos. Verifica-se que nas primeiras etapas de vida, a presença de hidrocarbonetos no mar afeta as trocas gasosas dos organismos, mesmo quando ainda estão dentro dos ovos, interrompendo e/ou dificultando a respiração. Outras vezes, a consequência é a má formação esquelética, o que torna a espécie vulnerável a predadores.

À beira mar, os efeitos são mais evidentes, pois ocorre visível mortandade de flora e fauna e deterioração de praias e costões rochosos, com eliminação de moradas, locais de reprodução e do alimento as espécies mais costeiras.

A vulnerabilidade de uma espécie de peixe é determinada através de diversos fatores como: alimentação, duração da fase larval, tipo de fecundação, velocidade de crescimento, posição na cadeia trófica, hábitos migradores, valor da espécie como recurso pesqueiro entre outros.

### *II.6.5.a.IV Aves costeiras e marítimas*

Existe um grande interesse da sociedade sobre a determinação dos fatores que influenciam na redução da população de pássaros durante a poluição provocada por derrames de óleo, como:

- a densidade de pássaros na área afetada;
- a ação das ondas;
- a velocidade e direção do vento;
- a distância do continente e;
- a temperatura da água (formação de “mousse”).

Os efeitos diretos do contato com óleo, até mesmo com pequenas quantidades, criam graves problemas. A perda da impermeabilidade de uma pequena área da plumagem pode prejudicar o isolamento térmico e a flutuabilidade. Na tentativa de limpar a plumagem, a ave acaba por ingerir o óleo. Aves marinhas contaminadas por óleo, doentes ou mortas, são freqüentemente encontradas, e as espécies mais afetadas são as que eventualmente nadam ou mergulham, como gaivotas, patos, atobás, mergulhões, etc.

Aves que não nadam mas freqüentam as praias contaminadas pisam nas areias contendo partículas de óleo e sujam os dedos de suas patas. Em consequência disto, a plumagem do ventre e a cabeça da ave ficam também sujos.

Além de perder sua proteção para o frio, flutuabilidade e ter suas penas “grudadas”, que são efeitos diretos, ainda têm que considerar os efeitos indiretos gerando graves alterações no funcionamento do estômago, intestinos, fígado e rins, resultantes da ingestão de óleo. A ingestão do óleo pode se dá com o consumo de presas contaminadas.

#### *II.6.5.a.V Animais mamíferos*

Embora seja visível a contaminação dos animais mamíferos por petróleo, muitas vezes, a causa da morte não é descoberta, face à variedade de efeitos que o petróleo causa aos animais (DOERFFER,1992). Os principais e mais evidentes efeitos são:

- ***As irritações em membranas sensíveis***, como as que envolvem os olhos são provocadas por óleos voláteis. Os efeitos são reversíveis após 24 horas, quando houver exposição por um curto período, e irreversíveis (aos olhos), quando expostos por muito tempo;
- ***A perda da temperatura corporal*** em animais que dependem da pele ou dos pêlos para se aquecerem (por exemplo: ursos polares e lontras marinhas);
- ***Superaquecimento*** por aumento da absorção solar;
- ***A perda das propriedades hidrófugas*** reduzindo a insolação e podendo resultar em resfriado, hipotermia e morte;
- ***A irritação da mucosa***, quando houver inalação de vapores por curtos períodos, e danos ao sistema nervoso e morte quando inalados por longos períodos, e; danos em órgãos e desbalanceamento hormonal, quando o óleo for ingerido por períodos prolongados.

Duas categorias de população exposta à poluição podem ser constatadas:

- Os habitantes das zonas próximas ao acidente, que ficaram expostos aos compostos voláteis durante pelo menos, três semanas;
- Os voluntários e o pessoal mobilizado para o trabalho de limpeza, que sofrem com a contaminação respiratória, o contato cutâneo direto e a ingestão do produto, em doses mínimas, pelo trabalho da manipulação.

Estudos clínicos revelaram que, além da irritação das vias respiratórias, dispnéia aguda, irritação cutânea, surgem outras conseqüências como as perturbações digestivas (dores abdominais e vômitos) e perturbações do sistema nervoso (cefaléias e vertigens).

#### II.6.5.b Efeitos do petróleo sobre atividades socioeconômicas

Os principais impactos socioeconômicos são decorrentes da paralisação das atividades econômicas associadas ao mar, como a pesca, o turismo e indústrias que dependem da qualidade do mar; dos riscos intrínsecos à saúde pública, como as mortes causadas por explosões e incêndios, a intoxicação causada pela ingestão de alimentos contaminados ou problemas dermatológicos e irritações nos olhos, causados pelo contato direto com o óleo.

As operações de limpeza das áreas costeiras poluídas e a deposição do material recuperado variam em custo de US\$ 650 a US\$ 6.500 por tonelada, dependendo da disposição de mão-de-obra local (CETESB, 2000). Vale ressaltar que a eficiência das operações de limpeza decresce com o tempo de remoção, pois o óleo se torna escasso. Uma limpeza completa nunca é alcançada na prática e, portanto, é primordial em uma operação de limpeza a decisão de quando se devem interromper as operações em função de suas despesas.

Com relação à deposição do material recuperado, os custos irão depender principalmente do modo como esse material será transportado, o tipo de região de deposição e o tipo de planta de incineração.

De acordo com convenções e acordos internacionais que tratam da obrigatoriedade de compensar a vítima pelo prejuízo, muitos derramamentos devem requerer indenizações financeiras por danos causados em recursos naturais explorados ou não. Esses valores podem chegar a dezenas de milhões de dólares dependendo do volume vazado.

### II.6.5.c Efeitos do petróleo sobre os ecossistemas marinhos

As áreas sensíveis aos vazamentos de óleo abrangem não apenas as áreas destinadas a maricultura, a pesca, esportes náuticos e lazer, bem como os ecossistemas marinhos como manguezais, marismas, costões rochosos e praias. O conhecimento da localização é importante para orientar as atividades operacionais durante o combate ao óleo, de maneira a promover a proteção ambiental.

#### II.6.5.c.I Praias

Uma vez que o petróleo atinge o sedimento das praias, especialmente na zona entremarés, todos os componentes da comunidade podem ser direta, ou indiretamente afetados (epifauna, meiofauna, endofauna). Os danos mais imediatos observados durante um derrame de óleo na zona entremarés são consequência do recobrimento e da intoxicação.

O recobrimento é comumente causado por petróleo de altas densidades e viscosidade, e também por produtos intemperizados, em que a evaporação, a dissolução e outros fatores aumentam a viscosidade dos mesmos. O recobrimento direto dos organismos pode causar (CETESB, 2000):

- **Asfixia e morte** pelo bloqueamento dos órgãos e tecidos respiratórios (brânquias e pele).
- **Impedimento parcial ou total da fotossíntese** das microalgas presentes nas camadas superficiais o sedimento. A cobertura de petróleo impede a passagem de luz, causando a morte destas algas.
- **Interferência na habilidade de locomoção** e rastejamento de animais vágéis, e entupimento de tubos e galerias de animais tubícolas e sésseis. Este efeito pode não resultar em mortalidade imediata, mas causar efeitos danosos a médio prazo, uma vez que interfere nos processos de locomoção, alimentação e até mesmo de reprodução das populações.

Alterações profundas nas características físicas e químicas do sedimento, como aumento da temperatura e redução da circulação e renovação de água intersticial, causadas pelo recobrimento físico, podem gerar profundas alterações na estrutura e composição das comunidades nas praias de areia.

O efeito tóxico do petróleo pode levar à morte direta ou a efeitos subletais, o que vai depender da concentração do óleo (especialmente dos compostos aromáticos) e da espécie em questão. No entanto, a intoxicação é um processo extremamente rápido e de curto tempo de contato, devido à natureza volátil destas substâncias; além de seus efeitos serem extremamente graves.

As espécies com algum tipo de proteção externa como carapaças e conchas são, no entanto, menos vulneráveis ao contato, entre elas, bivalvos, gastrópodes, caranguejos, siris e eremitas. Espécies que vivem em estratos mais profundos do sedimento também tendem a ser menos vulneráveis às frações tóxicas do óleo, principalmente em praias de areia fina, mas compactas, onde o sedimento atua como um filtro natural. No entanto, após o contato com estas substâncias, muitas espécies tendem a cavar de volta à superfície, como reação à intoxicação. Este comportamento torna vulneráveis à predação muitas espécies da endofauna normalmente inacessíveis (API, 1985).

A bioacumulação de petróleo pela comunidade biológica de praias se dá principalmente através do processo de filtragem da água intersticial pelas espécies filtradoras, e pela ingestão direta de sedimento pelas espécies depositívoras. Os organismos presentes em regiões contaminadas podem concentrar hidrocarbonetos e outras frações do petróleo a níveis muito acima dos observados no ambiente (até milhares de vezes), e por períodos de tempo bastante variáveis (API, 1985). Considerando as relações predador-presa nestes ambientes, observa-se que as concentrações de petróleo tendem a aumentar nos predadores de topo de cadeia (consumidores secundários e terciários), num intenso processo de biomagnificação.

Uma vez que em praias, assim como em todos os ecossistemas costeiros, as espécies compõem uma teia alimentar geralmente complexa, as alterações que surgem podem desestruturar todos os outros níveis. Estas alterações podem inclusive afetar espécies de outros sistemas costeiros como por exemplo peixes que predam animais da areia durante a maré cheia e aves. Como consequência destas perturbações, há uma tendência de redução na diversidade e riqueza, com o aumento da dominância de espécies oportunistas e resistentes, as quais tendem a ocupar o espaço e recursos disponíveis.

O processo de recuperação de praias afetadas por derrames de óleo é extremamente variável, dependendo, entre outros fatores, do hidrodinamismo, tipo de sedimento, tempo de permanência do óleo no ambiente, circulação de massas d'água e

proximidade de centros de dispersão de espécies. Abaixo, estão os tipos de praias de areia encontradas em nosso ambiente:

- ***Praia de areia fina.*** Nestes ambientes, a biota é simples e sensível ao óleo. A penetração do óleo no sedimento é baixa, favorecendo uma menor contaminação da biota. Os procedimentos de limpeza usualmente empregados podem ser realizados de maneira eficiente, o que faz diminuir o tempo de residência do óleo e os impactos à biota, além de acelerar o processo de recuperação da comunidade.
- ***Praia de areia grossa*** são mais sensíveis que praias de areia fina. A penetração do óleo é maior, fazendo com que o tempo de permanência do mesmo seja mais elevado (dependendo também do hidrodinamismo). Nestes ambientes, o grau de compactação do sedimento é muito baixo, tornando-o muito instável, e impedindo o desenvolvimento de uma comunidade biológica rica.
- ***Praia de areia mista.*** O óleo penetra rapidamente a vários centímetros. O tempo de permanência do óleo é alto. Devido ao baixo selecionamento dos grãos, formam-se comunidades mistas, com espécies adaptadas tanto a cavar (infauna) como aquelas adaptadas a viver entre os grãos (meiofauna) e sobre o substrato (epifauna). Embora a penetração do óleo seja similar à de areia grossa, a comunidade biológica mais rica nesses ambientes, torna as praias de areia mista mais vulneráveis a derrames de óleo.
- ***Praia de cascalho.*** O óleo penetra rápida e profundamente. A comunidade biológica é rica e diversa, principalmente na zona sublitoral. Dos ambientes de praia de sedimento inconsolidado, estas, juntamente com as praias lodosas, são as mais sensíveis, tanto do ponto de vista de penetração e tempo de residência do óleo, bem como da sensibilidade da comunidade biológica existente.
- ***Praias lodosas.*** Verifica-se uma baixa a alta penetração do óleo, a qual está diretamente ligada à proporção entre o silte/argila no substrato. Geralmente há um baixo hidrodinamismo, fazendo com que o tempo de permanência do óleo seja alto. Apresenta uma comunidade biológica diversificada e numerosa. Alguns autores julgam que este ambiente se comporta, em face de um derrame, de modo similar aos ambientes de planícies de maré (CETESB, 2000).

Segundo API (1985), grande parte da fauna de praias de areia tem ciclos anuais, ou seja, reproduzem-se uma vez por ano. Poliquetas e moluscos necessitam do sucesso no transporte de larvas pelas massas d'água.

#### *II.6.5.c.II Mangues e Marismas*

No que se refere aos sistemas costeiros, as respostas a um derramamento de óleo podem variar, em cada caso, dentro de limites relativamente amplos, devido ao número de fatores que operam intermitentemente sobre ele.

Estes ecossistemas são especialmente susceptíveis à contaminação por óleo, segundo GUNDLACH e HAYES (1978) como as áreas mais sensíveis ou vulneráveis aos efeitos potenciais do óleo. Tal vulnerabilidade é baseada na proximidade das fontes poluidoras, na posição dos bosques em relação ao corpo d'água principal, na geomorfologia das áreas do nível das marés, na interação da costa com processos físicos relacionados com a deposição do óleo e na extensão do dano ambiental.

Os sistemas de baixa energia, como os manguezais e marismas, são locais onde o óleo, ao ser transportado por ondas e correntes para a área costeira, se acumula após um derramamento. O acesso à maioria desses ecossistemas dificulta a remoção do óleo. Além disso, a decomposição microbiana do óleo é reduzida uma vez que o sedimento é anaeróbico e possui baixa granulometria.

Esses fatores, além das atividades escavadoras dos crustáceos característicos do mangue, podem induzir a altos e persistentes níveis de contaminação por óleo, não apenas na superfície do sedimento, como também nas camadas mais profundas do mesmo (LEWIS, 1993).

#### *Mangues*

De um modo geral, quando o filme de óleo atinge os manguezais forma-se uma barreira mecânica, cobrindo as regiões entre marés, que impede a ventilação adequada do sistema radicular, onde as centicelas (poros responsáveis pelas trocas gasosas sobre a superfície das raízes-escora) são encontradas em maior concentração. Não bastasse só a influência física do óleo, temos também a química, que é a exposição das frações tóxicas solúveis do óleo, dos produtos intemperizados do óleo residual, e da ação de agentes atmosféricos sobre as raízes e as populações microbianas do solo.

O efeito mais imediato causado pelo recobrimento mecânico das raízes é o elevado desfolhamento seguido de morte, principalmente, dos indivíduos mais jovens, além da conseqüente perda no vigor do bosque (formação de clareiras).

Outro fator que determina a persistência do óleo no sedimento é a taxa de biodegradação, que é maior na superfície do sedimento, pois a atividade microbiana é baixa nas camadas subsuperficiais onde o óleo pode permanecer sem alterações por anos, principalmente em regiões estuarinas, onde geralmente estas camadas subsuperficiais são anaeróbicas, sendo a degradação dos hidrocarbonetos muito lenta (SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2000).

Para SNEDAKER (1985), as respostas dos manguezais a derramamentos de óleo podem ser sintetizadas em três fases: sufocação mecânica (efeito agudo), toxicidade química crônica (efeito crônico) e recuperação.

Imediatamente após o evento, ocorre uma resposta aguda, a qual podem ser unicamente distribuída ao mecanismo de bloqueio da troca gasosa associada ao sedimento superficial, raízes-escora, pneumatóforos, à porção baixa dos troncos das árvores e às lenticelas (SNEDAKER, 1985).

Segundo DAVIS et al. (1980), a função das raízes-escora é atuar como superfície de troca gasosa, fornecendo oxigênio para as raízes submersas. Uma camada espessa de óleo irá interferir no fluxo normal de  $H_2O$ ,  $CO_2$  e  $O_2$  da fotossíntese e processos respiratórios. SNEDAKER afirmou que a interrupção do transporte de  $O_2$  para as raízes pode resultar numa interrupção do ciclo de nutrientes na rizosfera. Isso pode resultar numa parada da função osmótica das células da parede, causando morte do indivíduo.

A segunda fase crônica inicia-se no período do derramamento e persiste até que o óleo impregnado seja completamente degradado ou, por outro lado, torne-se biologicamente inerte. Nessa fase, ocorre uma expansão gradual de áreas de mangue morto, que é resultado do enfraquecimento dos sobreviventes, que também estão sujeitos ao estresse residual do evento agudo além da exposição crônica aos produtos tóxicos do solo. Estas substâncias tóxicas podem contaminar as raízes ou interferir com os microorganismos e outros níveis de processos do ecossistema (GETTER et al., 1984).

Na terceira fase de recuperação pouco se conhece. Não há experiência demonstrando se as novas plantas são saudáveis e viáveis ou se alguma espécie é substituída. Segundo ODUM & JOHANNES (1975), a regeneração pode necessitar de vinte anos. Contudo, esta estimativa pode ser válida apenas para os manguezais em

condições ideais, ou seja, que apresentam uma salinidade moderada, um bom fluxo de marés, água doce abundante, nutrientes no sedimento, entre outros.

Para GUNDLACH et al. (1981), a recomposição de bosques mortos pode levar décadas se o óleo persistir no substrato, e isso é agravado pelo lento crescimento das árvores. Mesmo se não ocorrer uma morte imediata do bosque de mangue numerosa respostas podem ser notadas, incluindo os efeitos subletais nas árvores bem como nos organismos associados.

### *Marismas*

O impacto do óleo nas marismas depende de diversos fatores, incluindo o tipo e volume de poluente, eficiência da atividade de limpeza, estrutura física e biológica da marisma, latitude e estação do ano (GETTER et al., 1984). A persistência do dano e recuperação do sistema também depende de agentes bióticos, químicos e físicos, incluindo a taxa de intemperismo, grau de remoção ou retenção do óleo, disponibilidade de sementes, processo sucessional, de erosão/deposição, e atividades de recuperação pelo homem.

Um derrame de óleo antes ou durante a floração pode provocar uma redução na produção de flores e de sementes. Durante os meses de inverno, muitas espécies mantêm apenas sua porção subterrânea viva, enquanto que a porção aérea mantém-se seca, de forma que a cobertura por óleo não represente um dano tão intenso. Na primavera e no verão, essas espécies são mais vulneráveis, pois é o período de rebrotamento e de germinação.

Em alguns casos, o maior problema após o dano do óleo na vegetação é a perda da estabilidade do sedimento por erosão, onde o emaranhado de raízes se ramifica e torna-se insuficiente para evitar a erosão.

### *II.6.5.c.III Costões rochosos*

Em costões rochosos atingidos por petróleo, processos como o hidrodinamismo e as marés são fatores importantes a serem considerados.

Com relação ao hidrodinamismo, costões expostos à ação das ondas são pouco sensíveis a derrames, já que o óleo é retirado rapidamente do ambiente.

Costões rochosos abrigados da ação das ondas, entretanto, constituem ambientes sensíveis a impactos, já que o tempo de residência do óleo pode ser muito alto. A permanência do óleo aderido aos organismos impede que os mesmos exerçam suas funções biológicas normais. O óleo impregnado às conchas aumenta o peso do animal desalojando-o do substrato e a temperatura corpórea do organismo, devido à coloração preta do óleo.

O elevado hidrodinamismo em costões expostos inviabiliza a instalação de certas espécies de animais, sobretudo daquelas espécies com pequena capacidade de se aderir ao substrato, bem como daquelas espécies maiores, além de restringir o desenvolvimento de macroalgas. Prevalece, então, nestes ambientes, comunidades pouco ricas e com alta densidade daquelas existentes, que são, em geral, espécies menos sensíveis a perturbações naturais ou antrópicas.

Nos costões mais abrigados, floresce uma comunidade biológica mais rica, com alta susceptibilidade ao óleo. A possibilidade do desenvolvimento de uma cobertura de algas mais exuberante acarreta a existência de uma comunidade fital muito rica e de elevada biomassa. Participa desta comunidade uma série de grupos animais como poliquetas, bivalves, gastrópodes, crustáceos, etc. que exibem alta sensibilidade ao petróleo.

Impactos por óleo sobre certos componentes da comunidade podem, indiretamente, influenciar outros componentes. Dessa forma, populações de algas impactadas podem afetar os herbívoros devido à destruição de seus recursos alimentares. Da mesma forma, podem ser constatados processos inversos, ocasião em que a mortalidade direcional dos herbívoros de uma localidade gera um desequilíbrio na estrutura da comunidade devido à proliferação de algas verdes oportunistas (API, 1985).

A constante liberação de pequenas quantidades de óleo a ambiente marinho (poluição crônica) pode representar efeitos a longo prazo nas comunidades biológicas. A incorporação de baixos níveis de óleo pode ocasionar efeitos subletais, caracterizados pela interrupção de processos fisiológicos vitais dos organismos, ou então resultar na diminuição da resistência dos organismos a perturbações naturais.

Pequenos derrames, porém numa alta frequência, podem suprimir uma espécie de uma determinada área, cujo reaparecimento pode ser impedido tanto pelo óleo presente, como pela presença de outras espécies mais resistentes ocupando seu nicho.

## ***II.6.6 Vulnerabilidade<sup>22</sup> dos ambientes costeiros***

Verificada a variabilidade de fatores que influenciam o grau de impacto sobre a comunidade, a vulnerabilidade<sup>23</sup> atribui para cada ecossistema um grau que indica como o ambiente se comporta frente aos diferentes tipos de efeito de um vazamento de óleo.

Os manguezais e estuários, por exemplo, são considerados os ambientes onde se esperam, em caso de acidentes, os impactos iniciais mais graves e com recuperação mais lenta. A elaboração de mapas de sensibilidade<sup>24</sup> da costa insere-se como uma ferramenta indispensável aos planos de contingência, pois permitirá a visualização da área e a identificação dos diversos tipos de ambientes existentes e de suas respectivas sensibilidades à poluição por óleo.

Vários autores se preocupam em definir uma escala relativa de vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros aos derrames de petróleo. Entre os mais conhecidos índices de vulnerabilidade estão os de DOE (1975) – Quadro 3, OWENS (1977) – Quadro 4, RPI (1985) e GUNDLACH e HAYES (1978) – Quadro 5, sendo que este último é o mais utilizado para ecossistemas costeiros.

Para o quadro 3, o índice mais baixo (1) revela um tipo de ecossistema que é considerado menos vulnerável às intempéries locais. Entretanto, com o despejo de substâncias químicas provenientes de indústrias situadas próximas e/ou no entorno dos ecossistemas ou da ocorrência de acidentes com navios que causem derramamentos de óleo, a sobrevivência das espécies (fauna e flora) deste ecossistema fica ameaçada, tornando-se vulneráveis a ação de predadores.

---

<sup>22</sup> A vulnerabilidade resulta da interação de vários fatores físicos, biológicos e socioeconômicos, entre eles: sensibilidade das populações atingidas, tempo de permanência do óleo no ambiente, suscetibilidade do ambiente a derrames de óleo, capacidade e tempo de recuperação e formas de limpeza possíveis (CETESB, 2000).

<sup>23</sup> Vulnerabilidade é a qualidade ou estado de ser vulnerável, ou seja, é o lado fraco de um lugar que pode ser atacado (FERREIRA, 1986).

<sup>24</sup> Sensibilidade é a capacidade de perceber um estímulo ou propriedade do organismo de perceber as modificações do meio externo ou interno e de reagir a elas de maneira adequada (FERREIRA, 1986). É altamente dependente do tipo de poluente, da toxicidade e da persistência no meio.

**Quadro 3 – Classificação dos ambientes marinhos em ordem crescente de vulnerabilidade ao petróleo (modificado pelo DOE, 1975).**

<b>Impacto físico</b>	<b>Vulnerabilidade</b>	<b>Impacto tóxico</b>
Águas abertas	1	Águas abertas
Banco de algas	2	Praias lodosas
Costões rochosos	3	Praias de areia fina
Praias de areia grossa	4	Banco de algas
Praias de areia fina	5	<i>Eelgrass bed</i>
Praias lodosas	6	Marismas
<i>Eelgrass bed</i>	7	Costões rochosos
Marismas	8	Praias de areia grossa

Fonte: CETESB, 2000.

O quadro 4 traz uma interpretação diferente, ou melhor, oposta do quadro anterior. Neste caso, o índice menor (1) revela um tipo de ecossistema capaz de perceber qualquer tipo de alteração, mesmo que pequena. Enquanto que o índice maior (4) registra um tipo de ecossistema que não é tão sensível a ponto de responder imediatamente às modificações do meio ambiente.

**Quadro 4 – Classificação dos ambientes costeiros quanto à sensibilidade a derrames de óleo (modificado segundo OWENS, 1977).**

<b>Ambiente</b>	<b>Índice</b>
Marismas – lagunas	1
Ambientes abrigados	2
Praias expostas	3
Costões expostos	4

Fonte: CETESB, 2000.

O quadro 5 qualifica os ecossistemas segundo o índice crescente de vulnerabilidade. Os índices apresentados são importantes ferramentas para as tomadas de decisão durante os atendimentos a acidentes com derrames de óleo na zona costeira, pois dão subsídios para que se possa priorizar, por exemplo, a proteção dos ambientes mais sensíveis e vulneráveis.

**Quadro 5 – Vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros a danos causados por derramamentos de óleo no mar.**

<b>Índice de vulnerabilidade</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Comentários</b>
1	Costão rochoso exposto	A reflexão das ondas mantém a maior parte do óleo afastado e favorece os mecanismos naturais de remoção e degradação
2	Plataformas de abrasão (erodidas pelas ondas)	As ondas lavam. A maior parte do óleo é removida por processos naturais em semanas.
3	Praias com areia fina a média abrigada	O óleo fica restrito a uma camada superficial, facilitando a remoção mecânica, se necessária. No entanto, o óleo pode persistir por vários meses.
4	Praias com areia média a grossa exposta	O óleo pode penetrar e/ou se enterrar rapidamente, dificultando a limpeza. Sob condições de ondas moderadas a fortes, o óleo pode ser removido naturalmente, dentro de meses. Neste ambiente, a atividade biológica é geralmente baixa e o impacto é pequeno.
5	Planícies de maré expostas	Em terrenos compactados como estes, a maior parte do óleo não vai aderir ou penetrar.
6	Praias com areia mista (cascalho e areia)	O óleo pode penetrar e se enterrar rapidamente. Sob condições de moderada a baixa energia o óleo pode persistir por anos.
7	Praias de cascalho	O processo descrito acima é agravado pela granulometria mais grosseira. A limpeza deve-se concentrar ao nível da maré alta. Um pavimento sólido asfáltico pode se formar em áreas com grandes concentrações de óleo.
8	Costões rochosos abrigados	São áreas de reduzida ação de ondas. O óleo pode persistir por muitos anos. A limpeza não é recomendada a menos que o acúmulo de óleo seja muito grande.
9	Planícies de marés abrigadas	São áreas de grande produtividade biológica e baixa energia de ondas. O óleo pode persistir por anos. A limpeza não é recomendada, a menos que o acúmulo de óleo seja muito grande.
10	Manguezais e marismas	São os ecossistemas marinhos mais produtivos e sensíveis a qualquer tipo de impacto. O óleo pode persistir por anos. Estes ambientes são áreas de prioridade máxima de proteção.

Fonte: Elaborado a partir de GUNDLACH e HAYES, 1978 e PEBG, 1999.

No entanto, os índices são extremamente simplistas, uma vez que não levam em conta os grandes níveis de variação que podem ocorrer em cada ambiente, como reflexo de variações nos fatores físicos, geográficos e biológicos, inerentes a cada um dos ecossistemas costeiros. As informações extraídas através destes índices devem ser complementadas com estudos temporal e espacial do ambiente, sensibilidade individual de espécies (espécies chave, fundadoras, etc.) (API, 1985).

### III. CONVENÇÕES E TRATADOS AMBIENTAIS PERTINENTES A PREVENÇÃO E AO CONTROLE DA POLUIÇÃO POR ÓLEO/DERIVADOS OLEOSOS

#### III.1 Introdução

Para reduzir o número de acidentes e, conseqüentemente, a poluição causada por navios, a Organização Internacional Marítima – IMO (*International Maritime Organization*) das Nações Unidas e outras entidades como a Federação Internacional dos Proprietários de Navios Tanques contra a Poluição - ITOPF (*International Tanker Owners Pollution Federation*) vêm produzindo uma série de Convenções e Regulamentações que têm a finalidade de limitar os despejos operacionais e acidentais de óleo no mar através da implementação de projetos, como a adoção de cascos duplos ou arranjos intermediários.

Esses regulamentos e acordos internacionais, além de contribuírem para a prevenção de acidentes com óleo, causados por vazamentos de navios petroleiros, contemplam também as questões referentes ao atendimento a derrames, bem como os assuntos relacionados a indenizações por danos gerados pela poluição por óleo.

O principal objetivo da IMO é promover a cooperação entre os países nos campos técnicos relacionados à navegação, e particularmente, resguardar as vidas humanas, através da aplicação de padrões de segurança, promovendo a troca de informações entre as nações, bem como para a elaboração de norma e acordos internacionais.

Esse capítulo apresenta, de maneira sucinta, as principais convenções e acordos internacionais vigentes, bem como a regulamentação brasileira pertinente à prevenção e ao controle da poluição por óleo.

As mais importantes convenções<sup>25</sup> que tratam do assunto de prevenção e do controle da poluição por óleo/derivados são descritas a seguir:

- 1) Convenção Internacional sobre a Intervenção em Alto Mar em Casos de Acidentes provocados pela Poluição por Óleo (*International Convention Relating to Intervention on the High Seas in Cases of Oil Pollution Casualties* – INTERVENTION), 1969.

---

<sup>25</sup> Este grupo de convenções da IMO está disponível no site [www.imo.org/home.asp](http://www.imo.org/home.asp).

- 2) Convenção para a Prevenção de Poluição Marinha provocada por Operações de Imersão de Resíduos e Outros materiais (*Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter – LDC*), 1972.
- 3) Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios modificada pelo Protocolo de 1978 (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships – MARPOL 73/78*).
  - 3.a) Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição das Águas do Mar pelos Óleos (*International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil – OILPOL*), 1954.
- 4) Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em casos de Poluição por Óleo – (*International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation – OPRC*), 1990.
- 5) Convenção 174 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), 1993.
- 6) Protocolo para Preparação, Resposta e Cooperação no caso de Incidentes causados por Substâncias perigosas e nocivas (*Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances – HNS Protocol*), 2000.
- 7) Convenção Internacional sobre o Controle de Sistemas Anti-Incrustantes nos Navios (*International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships*), 2001.

### ***III.1.1 Convenção Internacional sobre a Intervenção em Alto Mar em casos de Acidentes provocados pela Poluição por Óleo – INTERVENTION, 1969.***

A Convenção Internacional de 1969 aplica-se a incidentes que envolvem a poluição provocada pelo óleo, especificamente os hidrocarbonetos do óleo. Com intuito de conhecer e identificar as substâncias que são carregadas pelos navios, foi elaborada uma lista de substâncias que seriam cobertas pela Convenção, principalmente às químicas, que se liberadas ao mar podem causar sérios efeitos ao ambiente marinho.

Reconhecendo a necessidade de aumentar a cobertura sobre outras substâncias, além do óleo, a Conferência de Bruxelas de 1969 adotou o Protocolo sobre a Intervenção em Alto Mar em casos de Poluição Marinha por outras substâncias além do óleo em 1973.

A INTERVENTION assegura às Partes da presente Convenção a tomar no alto mar certas medidas consideradas necessárias para prevenir, mitigar ou eliminar os perigos graves e iminentes, que poderão representar para as suas costas, ou interesses relacionados, uma poluição ou uma ameaça de poluição das águas do mar por óleo em consequência de um acidente de mar.

Todavia, a presente Convenção indica que nenhuma medida deverá ser tomada contra navios de guerra ou outros navios pertencentes a um país ou sob a sua exploração e exclusivamente destinado a um serviço governamental não comercial, no momento considerado.

O direito de um país litorâneo tomar medidas é dado a partir das seguintes condições:

- Antes de tomar medidas, o país deve consultar os outros países afetados pelo acidente de mar, em particular o país ou país de bandeira.
- O país litorâneo deve notificar, sem demora, as medidas previstas de seu conhecimento ou que lhe sejam indicadas durante o decorrer das consultas como tendo interesses que poderão possivelmente ser comprometidos ou afetados por essas medidas.
- Antes de tomar medidas, o país litorâneo pode proceder à consulta de técnicos independentes, que serão escolhidos por uma lista mantida em dia pela Organização.
- Em caso de urgência que requeira medidas imediatas, o país litorâneo pode tomar as medidas necessárias pela urgência, sem notificação ou consulta prévias ou sem continuar as consultas em curso.
- Durante a execução das medidas, o país litorâneo deve esforçar-se ao máximo para evitar todo o risco a vidas humanas e levar às pessoas em aflição toda a ajuda de que possam necessitar, e não impedir o repatriamento das tripulações dos navios nos casos apropriados.
- As medidas que foram tomadas devem ser notificadas sem demora aos países e às pessoas físicas envolvidas que forem conhecidas, bem como ao secretário-geral da Organização.

### ***III.1.2 Convenção para a Prevenção de Poluição Marinha provocada por Operações de Imersão***<sup>26</sup> ***de Resíduos e Outros materiais ou Convenção de Londres – LDC, 1972***

O objetivo desta convenção é regular a disposição de resíduos oleosos e sólidos no mar (exceto águas interiores ao país) a fim de controlar e prevenir uma suposta poluição marinha.

As Partes Contratantes devem aplicar as medidas cabíveis para prevenir a poluição que coloque em risco à saúde do homem e à natureza, às atividades de lazer ou às utilizações legítimas do mar aos navios que se encontram no seu território ou hasteando a sua bandeira, ou os navios que transportam nos mares territoriais produtos destinados à imersão, ou sob a sua jurisdição, que possam vir a praticar imersões.

De acordo com as disposições da presente Convenção, as Partes Contratantes proíbem a imersão de quaisquer detritos ou de outros produtos sob qualquer forma ou em quaisquer condições, consoante os casos abaixo mencionados:

- É proibida a imersão de detritos ou outras matérias enumeradas no anexo I da presente Convenção (compostos organo-halogenados, de mercúrio, de cádmio, materiais sintéticos persistentes).
- A imersão de detritos ou outros produtos como resíduos contendo quantidades significativas de arsênio, chumbo, cobre, zinco, compostos organo-silícios, cianetos, fluoretos, pesticidas e outros requerem uma autorização prévia especial.

Cada Parte Contratante designará uma autoridade ou autoridades apropriadas para:

- Conceder autorizações especiais que serão solicitadas previamente para a imersão de resíduos contendo quantidades significativas de arsênio,

---

<sup>26</sup> Qualquer vertimento deliberado no mar de detritos ou outros produtos efetuados por navios, aeronaves, plataformas ou outras estruturas feitas pelo homem no mar. Não inclui o vertimento no mar de detritos ou outros produtos, quer acidentalmente, quer devido a operações normais dos navios, aeronaves, plataformas ou outras estruturas feitas pelo homem no mar e seus equipamentos, desde que não constituam detritos ou outros produtos transportados por ou para navios, aeronaves, plataformas ou outras estruturas feitas pelo homem no mar, efetuando operações tendo em vista o vertimento de tais produtos, ou sejam provenientes do tratamento desses detritos ou outros produtos nos mesmos navios, aeronaves, plataformas ou estruturas. Também não inclui o depósito de produtos com outros fins além da sua simples eliminação, desde que não sejam incompatíveis com os fins desta Convenção. O vertimento de resíduos ou outros produtos diretamente provenientes ou relacionados com os processos associados à exploração e aproveitamento dos recursos minerais do leito do mar não será coberto pelo articulado da presente Convenção.

chumbo, cobre, zinco, compostos organo-siliciosos, cianetos, fluoretos, pesticidas e outros.

- Conceder autorizações gerais, que serão solicitadas previamente, para a imersão de produtos.
- Guardar registros da natureza e das quantidades de todos os produtos cuja imersão está autorizada, bem como a localização, data e método de imersão.
- Controlar individualmente ou em colaboração com outras Partes Contratantes e com organizações internacionais competentes o estado dos mares para os fins da presente Convenção.

Em 1996, houve uma grande mudança referente à questão de como regular o uso do oceano como um depósito de resíduos. Para isto, tornam-se necessárias medidas preventivas apropriadas que são tomadas quando existe uma razão para acreditar que resíduos ou outros materiais nocivos presentes nos ambientes marinhos causem danos ao meio ambiente, mesmo que não haja nenhuma evidência conclusiva que prove a relação entre a causa e o efeito provocado pela disposição dos resíduos.

O Protocolo também prevê que o poluidor deve, em princípio, arcar com os custos de poluição e enfatiza que as Partes Contratantes devem assegurar que o Protocolo não resulte, simplesmente, na transferência da poluição de um ambiente para outro.

### ***III.1.3 Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios – MARPOL, 1973/1978***

Nos anos 70 ficou evidente a necessidade de se elaborar uma nova convenção a respeito da poluição por óleo, por três razões básicas:

- A existência de condições técnicas para o avanço das medidas previstas na OILPOL, Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição das Águas do Mar pelos Óleos – 1954 e em suas emendas relativas às descargas de hidrocarbonetos no mar (citada a seguir).
- A poluição por óleo não deve ser considerada como a única forma de poluição do mar, já que outras cargas equivalentes ou até mais perigosas deveriam ter regras específicas.

- O acidente ocorrido com o navio tanque Torrey Canyon (na Costa Inglesa, 1967) motivou o avanço nos trabalhos desenvolvidos pela IMO para controlar a contaminação do oceano, da terra e do ar por navios e prevenir acidentes.

Assim, em 1973, foi estabelecida a Convenção Internacional para a Proteção da Poluição por Navios, alterada pelo Protocolo de 1978 e pelas emendas de 1984, tendo como principais medidas acordadas, as que se seguem:

- vistoria dos navios;
- controle de descarga de óleo;
- instalações de recebimento;
- petroleiros de lastros segregados;
- livro de registro de óleo;
- limitação do tamanho e arranjo dos tanques de carga.

As Partes da Convenção comprometem-se a dar cumprimento às disposições, às regras e aos anexos técnicos encontrados na Convenção (descritos abaixo) pelos quais ficam obrigadas, com a finalidade de prevenir e minimizar a poluição provocada pela descarga de substâncias prejudiciais ou de efluentes contendo tais substâncias proveniente dos navios. Os anexos são:

- Anexo I – Regras para a prevenção da Poluição por Óleo;
- Anexo II – Regras para o controle da poluição por substâncias líquidas nocivas a granel;
- Anexo III – Regras para prevenção da poluição por substâncias nocivas transportadas por mar em containers, tanques portáteis ou vagões-tanques ferroviários e rodoviários;
- Anexo IV – Regras para a prevenção da poluição por esgotos provenientes de navios;
- Anexo V – Regras para a prevenção da poluição por lixo proveniente de navios.
- Anexo VI – Regras para a prevenção da poluição do ar provocada por navios.

Cada Parte Contratante deve aceitar (obrigatoriamente) os Anexos I e II, porém os outros Anexos são de aceitação facultativa.

A presente Convenção aplica-se:

- a) aos navios que possuem a bandeira de uma das Partes da Convenção e
- b) aos navios que não possuem a bandeira de uma das Partes, mas que operem sob a autoridade dessa Parte.

Os navios são obrigados a possuir um certificado, de acordo com as disposições das regras, e estão sujeitos, enquanto estiverem nos portos ou terminais no mar sob a jurisdição de uma Parte, a inspeções por funcionários devidamente autorizados por essa Parte. Tal inspeção limita-se à verificação de que existe a bordo um certificado válido, salvo quando existam motivos sérios para acreditar que o estado do navio ou dos seus equipamentos não corresponde substancialmente ao especificado nesse certificado. Neste caso, ou se o navio não possuir um certificado válido, a Parte que efetuou a inspeção deve tomar as medidas convenientes de modo a garantir que o navio só possa largar para o mar quando não representar uma ameaça inaceitável para o meio marinho.

A presente Convenção não se aplica a navios de guerra, a navios de guerra auxiliares ou a qualquer outro navio pertencente ou operado por um país e utilizado no momento considerado unicamente para fins de serviço público não comercial

As Partes na Convenção devem cooperar na identificação das violações e na execução das disposições da presente Convenção, aplicando todas as medidas apropriadas e praticáveis de detecção e de vigilância contínua do meio ambiente, bem como os procedimentos adequados para envio de relatórios e recolha de provas

Ao entrar em vigor, a presente Convenção substitui a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição das Águas do Mar pelos Óleos, 1954, e suas emendas, para as Partes naquela Convenção. Vale ressaltar que nada na presente Convenção prejudica a codificação e o desenvolvimento do direito do mar pela Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, convocada no cumprimento da Resolução 2.750 C (XXV) da Assembléia Geral das Nações Unidas, nem as presentes ou futuras reclamações ou pontos de vista jurídicos de qualquer país que respeita o mar e à extensão da jurisdição do país costeiro e do país da bandeira.

### III.1.3.a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição das Águas do Mar pelos Óleos – OILPOL, 1954

A primeira convenção internacional para se prevenir da poluição por óleo proíbe a descarga de óleo ou de mistura oleosas provenientes de navios-tanque em áreas “proibidas” – espaços marítimos situados dentro de 50 milhas de distância da terra mais próxima.

Dessa primeira conferência participaram 42 países, sendo que, com a criação da INCO (hoje IMO) em 1959, uma de suas primeiras missões foi rever as decisões dessa convenção, a qual sofreu emendas em 1962, 1967 e 1971 a fim de estabelecer exigências mais restritas para descargas operacionais e novos padrões na construção de petroleiros. E finalmente, foi substituída pela MARPOL 1973/1978.

### ***III.1.4 Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em casos de Poluição por Óleo – OPRC, 1990***

O incidente no Alasca com o Navio Tanque Exxon Valdez chamou a atenção das autoridades de todo o mundo quanto à necessidade de se estabelecer novos acordos de cooperação para o atendimento a vazamentos de óleo de grande porte.

A 15<sup>a</sup> Conferência *Summit*, realizada em Paris, em julho de 1989, discutiu a preservação do ambiente marinho, tendo posteriormente encaminhado a IMO a solicitação para que fosse elaborado um novo plano de ação para prevenir a poluição marinha.

Assim, no 16<sup>o</sup> Encontro da IMO, em outubro de 1989, foi preparada uma resolução para a organização de uma nova convenção para o estabelecimento de mecanismos de cooperação internacional à altura dos grandes derramamentos de óleo. Tal convenção, denominada *OPRC Convention – International Convention on Oil Pollution Preparedness Response and Cooperation* foi estabelecida pela IMO em 30 de novembro de 1990.

Esta convenção conta com a adesão de diversos países, entre os quais pode-se destacar EUA, Austrália, Egito, Suécia, França e Nigéria, entre outros.

Os principais aspectos estabelecidos na *OPRC Convention* são:

- Os navios devem ser providos de manual de instruções para os procedimentos de emergência, visando prevenir a poluição por óleo.
- A notificação dos acidentes deve ser feita rapidamente às autoridades dos países envolvidos, de acordo com os procedimentos estipulados na convenção.
- Cada país deve estabelecer um sistema nacional de respostas aos acidentes e um sistema internacional, contemplando a cooperação de dois ou três países, se necessário.
- Os países podem solicitar a cooperação internacional quando os acidentes ocorrerem, devendo também promover a cooperação nas áreas de pesquisas relacionadas com a prevenção da poluição por óleo.
- A IMO deve prover informação, educação, treinamento e serviços de consultoria internacional durante os acidentes.

### ***III.1.5 Convenção 174 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), 1993***

Adotada em 1993, esta Convenção Internacional<sup>27</sup> define as normas e conceitos a serem aplicados nas empresas para a prevenção contra acidentes industriais ampliados. Segundo o texto da Convenção, os acidentes são considerados ampliados quando ocorre “uma emissão, incêndio ou explosão de grande magnitude, no curso de uma atividade dentro de uma instalação exposta a risco de acidentes maiores envolvendo uma ou mais substâncias perigosas, e que exponha trabalhadores, a população e ou meio ambiente a um perigo de conseqüências imediatas ou de médios e longos prazos.”

O texto da Convenção diz que:

- os trabalhadores e sindicatos devem estar suficientemente informados dos riscos presentes no local de trabalho e de qualquer recomendação feita por autoridades em meio ambiente e segurança;
- devem ser consultados para a preparação e ter acesso ao Relatório de Segurança, aos planos e procedimentos de emergência e aos relatórios de investigação de acidentes ocorridos;
- devem ser treinados nas práticas e procedimentos de prevenção de acidentes maiores e no controle das emergências;
- podem se recusar a executar tarefas em situações de risco;
- têm o direito de discutir com a empresa sobre qualquer perigo potencial de acidente maior e informar à autoridade competente sobre esses perigos.

---

<sup>27</sup> Baseado na FEDERAÇÃO ÚNICA DOS PETROLEIROS, 2000.

### ***III.1.6 Protocolo sobre Preparo, Resposta e Cooperação no caso de Incidentes causados por Substâncias perigosas e nocivas – HNS Protocol, 2000***

Adotada em 15 de março de 2000, apenas entrou em vigor doze meses após a data de ratificação por 15 países, que fazem parte da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em casos de poluição por óleo (OPRC).

O protocolo sobre Preparo, Resposta e Cooperação no caso de Incidentes causados por Substâncias perigosas e nocivas segue o princípio da Convenção OPRC e foi formalmente adotada pelos países que ainda fazem parte da Convenção OPRC na conferência realizada em Londres em março de 2000.

O protocolo HNS visa produzir uma rede internacional para cooperação no combate aos grandes incidentes ou ameaças de poluição marinha. Cada país deve estabelecer medidas para monitoramento de acidentes em nível nacional ou em cooperação com outros países. Os navios devem ser providos de manual de instruções para a execução de um plano de emergência que trate especificamente de incidentes envolvendo substâncias perigosas e nocivas.

O protocolo é definido por uma lista de substâncias que se encontram nas Convenções da IMO e Códigos. Estão incluídos alguns óleos, substâncias líquidas definidas como nocivas e perigosas, gases liquefeitos com ponto de fusão que não exceda 60 °C, materiais perigosos, tóxicos e prejudiciais.

Em 1996, a IMO aprovou a Convenção Internacional de Responsabilidade (Obrigação) e Compensação de Danos associados com o carregamento de substâncias perigosas e nocivas pelo oceano (ainda não entrou em vigor), que fornece uma compensação e um regime de obrigações para incidentes envolvendo estas substâncias.

O regime de responsabilidades e compensação para incidentes provocados por óleo é coberto pelos Protocolos de 1992 sobre a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil para Prejuízos devido a Poluição pelo óleo, e de 1969, além da Convenção Internacional que estabeleceu um Fundo Internacional para Compensação dos Danos provocados pela Poluição por Óleo, 1971.

### ***III.1.7 Convenção Internacional sobre o Controle de Sistemas Anti-Incrustantes nos Navios, 2001***

Adotada em 5 de outubro de 2001, apenas entrou em vigor doze meses depois que 25 países representantes dos 25% do mercado mundial de navios petroleiros ratificaram. A nova convenção da IMO proíbe/restringe o uso de compostos orgânicos ditos prejudiciais em tintas anti-incrustantes utilizadas nos navios de bandeira dos países que fazem parte desta convenção ou de outros que não fazem parte desta convenção, mas que operam sob autoridade dos países participantes. Esta também estabelece um mecanismo para prevenir o uso de outras substâncias prejudiciais nos sistemas anti-incrustante.

Os efeitos prejudiciais de compostos orgânicos ao meio ambiente foram reconhecidos pela IMO em 1989. O Comitê de Proteção Ambiental Marinha da IMO - MEPC (*IMO's Marine Environment Protection Committee*) formado em 1990 optou por uma resolução que recomendava que os governos adotassem medidas para eliminar o uso de tintas anti-incrustantes que contenham TBT (tributyltin - um agente anti-incrustante e biocida tóxico) nos cascos que não sejam de alumínio dos navios com menos de 25 metros de comprimento e eliminar o uso de tintas anti-incrustantes que sejam utilizadas a uma taxa de descamação de mais de 4 microgramas de TBT por dia.

Nove anos depois, a IMO desenvolveu um instrumento legal para identificar os efeitos prejudiciais dos sistemas anti-incrustantes usados nos navios e proibir, a nível mundial, a aplicação de compostos orgânicos que agem como biocidas nos sistemas anti-incrustantes desses navios a partir de primeiro de janeiro de 2003.

## **III.2 Regulamentação brasileira**

Em qualquer país, o instrumento necessário para abordar as causas e as conseqüências deletérias ao meio ambiente é a legislação. Através desta são estabelecidos os padrões, as ações e as medidas de combate, de resposta e prevenção à poluição por óleo, bem como as penalidades pelo não cumprimento. Em relação ao aspecto da prevenção da poluição por óleo, o assunto é pouco abordado na legislação nacional. Entretanto, surgem alguns decretos no Brasil que regulamentam algumas Convenções Internacionais (Quadro 6).

**Quadro 6 – Convenções e decretos sobre vazamento de óleo no Brasil e no mundo.**

<b>Convenções Internacionais para Prevenção e Controle da Poluição por Óleo/Derivados</b>	<b>Brasil</b>
Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Operação de Imersão de Resíduos e Outros materiais (LDC) – 1972.	Promulgada pelo Decreto nº 87.566 de 16/09/82
Protocolo da Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Operação de Imersão de Resíduos e Outros materiais (LDC) – 1996.	Não
Convenção Internacional sobre a Intervenção em Alto Mar em casos de Acidentes provocados pela Poluição por Óleo (INTERVENTION) – 1969.	Não
Protocolo da Convenção Internacional sobre a Intervenção em Alto Mar em casos de Acidentes provocados pela Poluição por Óleo (INTERVENTION) – 1973.	Não
Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL 73/78 – Anexo I/II).	Promulgada pelo Decreto nº 4 de 29/04/88 Ratificada pelo Decreto nº 2.508 de 05/03/98
Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo (OPRC) – 1990.	Promulgada pelo Decreto nº 2.870 de 10/12/98 Ratificada pelo Decreto nº 43 de 29/05/98
Convenção 174 da Organização Internacional do Trabalho (OIT)	Ratificada pelo Decreto Legislativo nº 246 de 29/06/01
Protocolo sobre Preparo, Resposta e Cooperação no caso de Incidentes causados por Substâncias perigosas e nocivas (HNS) – 2000	não

Fonte: Elaboração própria

As principais leis e decretos que regulamentam os assuntos relativos à prevenção e ao controle da poluição por óleo no Brasil são:

- *Lei Estadual nº 1.476, de 23 de outubro de 1967* – Dispõe sobre a proibição de despejos de óleo, lixo e outros detritos na Baía de Guanabara,

ficando o Poder Executivo autorizado a entrar em entendimentos com as autoridades federais e estaduais do Rio de Janeiro, e assinar um convênio no sentido de obter a uniformidade de tratamento na aplicação das sanções necessárias à boa conservação da Baía de Guanabara.

- ***Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*** – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

Esta Lei incorporou como objetivos a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade dos recursos ambientais e do equilíbrio ecológico, com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente (art. 4º, I e VI).

No Artigo 14 dessa Lei é estabelecida a responsabilidade civil objetiva por danos de poluição, aplicando as penalidades para os agentes poluidores e obrigando-os, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados. O Ministério Público da União e dos Estados também propõe ações de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente.

Ainda no Artigo 14, em seu Parágrafo 4º, a Lei remete a autuações para os casos de poluição provocados por derramamentos ou lançamentos de detritos ou de óleo em águas brasileiras à Lei nº 5.357/67.

- ***Decreto Federal nº 87.566, de 16 de setembro de 1982*** – Promulga o texto da Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Operação de Imersão de Resíduos e Outros Materiais (LDC), concluída em Londres, a 29 de dezembro de 1972.
- ***Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*** – Conhecida como Lei dos Crimes Ambientais, foi regulamentada pelo Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999, o que representa um avanço na legislação ambiental brasileira, criando condições para uma atuação mais efetiva do Poder Público em defesa do meio ambiente. Pela primeira vez, reúne-se num único diploma legal um elenco de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente,

devidamente tipificadas e acompanhadas da definição das sanções penais e administrativas aplicáveis aos infratores em cada caso.

A Petrobrás foi apenada pelo Ibama com uma multa no valor de R\$ 51.050.000,00. A empresa pagou o montante de R\$ 35.735.000,00, visto ter se beneficiado de um desconto de 30%, previsto na Lei nº 8.005, de 22 de março de 1990, em caso de o autuado efetuar o pagamento num prazo de 15 dias após a lavratura do auto de infração (art. 3º, § 2º).

Enquanto a multa decorre da aplicação de uma sanção administrativa, a obrigação de reparar ou indenizar situa-se no contexto da responsabilidade civil e será paga, por acordo ou ação judicial, à parte da multa administrativa.

- ***Decreto Legislativo Federal nº 4, de 29 de abril de 1988*** – Aprova com reservas os textos da Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) de 1973 concluída em Londres, em 2 de novembro de 1973 e do Protocolo de 1978, concluído a 17 de fevereiro de 1978, em Londres.

As reservas do Brasil a MARPOL 1973/1978 referem-se ao Artigo 10 – Solução de Controvérsias e aos Anexos III, IV e V, os quais, por serem opcionais nos termos da convenção, terá caráter não mandatário para o País.

Deve-se ressaltar que a aprovação da MARPOL 1973/1978 foi feita somente através do referido Decreto Legislativo; assim, para que seja possível a sua aplicação legal, a convenção há que ser promulgada pelo governo brasileiro.

- ***Lei Estadual nº 1.898, de 26 de novembro de 1991*** – Determina que as refinarias e terminais de petróleo são obrigados a realizar auditorias anuais (inciso I do art. 5º).
- ***Projeto de Lei da Câmara nº 37, de 1996 (2.891/92 - CD)*** – Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

Este Projeto de Lei tem por objetivo atualizar a legislação brasileira para tudo que diz respeito a poluição marítima, não apenas do óleo que decorre da conhecida da MARPOL, mas também estendendo a terminais e instalações costeiras. Este projeto é muito abrangente e também trata do Plano Nacional de Contingência, o qual é mencionado no Artigo 9º:

Os portos organizados, instalações portuárias, plataformas, bem como suas instalações de apoio, devem ser dotadas de planos de ação de emergência para o combate a poluição por óleo ou substâncias tóxicas, nocivas ou perigosas, os quais serão submetidos à aprovação dos órgãos ambientais competentes. No caso das áreas que se concentrem portos organizados, instalações portuárias, plataformas, os planos de emergência individuais serão consolidados na forma de um plano para toda a área sujeita ao risco de poluição, o qual deverá estabelecer e implementar os mecanismos de ação conjunta de acordo com as Leis, normas, orientações, diretrizes vigentes e que dispõe essa Lei.

Os Planos de Emergência serão consolidados pelo órgão ambiental competente na forma de Planos de Contingências Estaduais ou Regionais, em articulação com os Órgãos de Defesa Civil. O Órgão Federal de Meio Ambiente consolidará os Planos de Contingências estaduais e regionais ao Plano Nacional de Contingência, em articulação com os Órgãos da Defesa Civil. O artigo 34 mostra que a responsabilidade pelo cumprimento de determinadas ações deste projeto cabe a:

I - Autoridade Marítima, no caso o Comandante da Marinha, por intermédio de suas organizações competentes, com as seguintes atribuições:

a - Fiscalizar navios, plataformas e suas instalações de apoio quanto a observância de seus dispositivos e da Convenção MARPOL 73/78, bem como, as cargas embarcadas de natureza tóxica, nociva ou perigosa, autuando os infratores.

b - Levantar os dados e informações e apurar responsabilidades sobre os incidentes com navios, plataformas e suas instalações de apoio, que tenham provocado danos ambientais.

c - Encaminhar os dados, informações e resultados de apurações de responsabilidades ao Órgão Federal de Meio Ambiente para avaliação dos danos ambientais e início das medidas judiciais cabíveis.

II - Compete ao Órgão Ambiental Federal as seguintes competências:

a - Fiscalizar os portos organizados, as instalações portuárias, estaleiros, marinas, clubes de iatismo e instalações similares, as cargas movimentadas de natureza tóxica, nociva ou perigosa quanto a observância de seus dispositivos, bem como as plataformas e suas instalações de apoio quanto as exigências previstas no licenciamento ambiental,

b - Avaliar os danos ambientais causados por incidentes nos porto organizados, instalações,...

- ***Decreto nº 2.508, de 5 de março de 1998*** – Promulga a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), concluída em Londres, em 2 de novembro de 1973, seu Protocolo concluído em Londres, em 17 de fevereiro de 1978, suas emendas de 1974 e seus Anexos Opcionais III, IV e V.
  
- ***Decreto Federal nº 43, de 29 de maio de 1998*** – Aprova o texto e quaisquer atos que possam resultar em revisão da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo (OPRC), concluída em Londres, em 30 de novembro de 1990, bem como quaisquer ajustes complementares que provoquem efeitos prejudiciais ao patrimônio nacional.
  
- ***Decreto nº 2.870, de 10 de dezembro de 1998*** – Promulga a Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo (OPRC), assinada em Londres, em 30 de novembro de 1990.
  
- ***Decreto Federal nº 2.956 de 03 de fevereiro de 1999*** – Aprova o V Plano Setorial para os Recursos do Mar, que tem por objetivo implementar as medidas essenciais à promoção da integração do Mar Territorial, da Plataforma Continental e da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) ao espaço brasileiro e quanto ao uso sustentável dos recursos do mar, compreendidos os recursos vivos e não-vivos da coluna d'água, solo e subsolo, que apresentem interesse para o desenvolvimento econômico e social do País.
  
- ***Resolução nº 265, de 27 de janeiro de 2000***, editada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Dispõe sobre a necessidade de serem estabelecidas estratégias seguras de prevenção e gestão de impactos ambientais gerados por estabelecimentos, atividades e instalações de petróleo e derivados no País que sejam avaliadas pelo IBAMA, órgãos estaduais de meio ambiente, com o acompanhamento dos órgãos municipais de meio ambiente e entidades governamentais e não-governamentais. Consideram também a necessidade de colher lições do grave derramamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara (janeiro de 2000).

- **Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000** – Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição por óleo e por substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional.

A nova lei do óleo, Lei nº 9.966 de 28 de abril de 2000, veio revogar e substituir a Lei nº 5.357/67, uma lei antiga que considerava, por exemplo, num incidente de derramamento de óleo, o deslocamento da embarcação poluidora para o cálculo da multa a ser aplicada, em lugar do volume do óleo derramado.

A Lei nº 9.966/00 veio por internalizar os preceitos da Convenção MARPOL, bem como as Convenções CLC 69 – “*Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo*” e OPRC – 90 – “*Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo*”, das quais o País é signatário. Inseriu-se em seu texto, também, os aspectos relacionados às atribuições da Agência Nacional de Petróleo (ANP), criada a partir da Lei nº 9.478/97.

Antes mesmo da apreciação pelo Congresso Nacional da Convenção MARPOL 1973/1978 – “*Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios*”, os preceitos dessa Convenção já haviam sido considerados em seu texto. Daí, ela ter ficado também conhecida no Congresso como Lei da MARPOL. Tanto assim que, quando a Convenção MARPOL veio a ser promulgada pelo Decreto nº 2.508/98, haja vista também a publicação quase que concomitante da Lei dos Crimes Ambientais, chegou-se a questionar na época, devido à sanção desses dois novos instrumentos legais, a real necessidade de sua promulgação.

A Lei nº 9.966 apresenta uma abrangência que transcende à poluição por óleo, dispondo sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição por óleo e também, por substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional que possam gerar “situações de risco” ou causar danos à saúde pública, ao ecossistema aquático, ou possam prejudicar o uso múltiplo do recurso hídrico; além de propor uma divisão dessas substâncias em categorias em função do seu grau de risco.

De maneira a estimular os usuários a desenvolver medidas preventivas adequadas, a lei também aborda a aplicação de sanções penais dissuasórias e multas suficientemente elevadas.

Estabelece os princípios básicos a serem observados na movimentação desses produtos nos portos organizados, instalações portuárias, terminais e suas respectivas

instalações de apoio, bem como em navios, plataformas e suas respectivas instalações de apoio (sistema de dutos inerentes à plataforma, monobóias, quadro de bóias para amarração, etc.).

A referida lei prevê ainda que sejam concebidos planos de emergência (ações a serem tomadas após incidentes ambientais) e planos de contingência (procedimentos e ações que visam a integração de planos de emergência setoriais). O Ministério do Meio Ambiente coordena um Grupo Interministerial que está reformulando o Plano Nacional de Contingência (PNC) proposto pela Marinha, para adequá-lo à nova lei. O Instituto Brasileiro do Petróleo (IBP) vem colaborando com esse grupo através de representantes junto ao Ministério de Minas e Energia (MME).

A Agência Nacional de Petróleo (ANP) que é o órgão regulador da indústria de petróleo, perante a Lei nº 9.966/00 é o órgão do Poder Executivo Federal responsável pela regulação, contratação e fiscalização das atividades econômicas a indústria do petróleo.

Quanto aos incidentes que possam provocar poluição das águas jurisdicionais brasileiras, a lei diz que deverá ser imediatamente comunicado ao órgão ambiental competente, à Capitania dos Portos e a ANP, independente das medidas tomadas para o seu controle. A portaria ANP nº 14/00 estabelece a necessidade de comunicação sobre os incidentes operacionais e a liberação de poluentes, a serem adotados pelas empresas autorizadas a exercer atividades pertinentes à exploração, produção, armazenamento e transporte de petróleo, seus derivados e gás natural.

No caso da ocorrência de descarga de material poluente por navio não possuidor do certificado exigido pela Convenção Internacional CLC – 69, prevê que o navio deverá ser retido no posto, só sendo liberado após efetuar o respectivo depósito caução, como garantia de pagamento das despesas decorrentes da poluição causada.

A punição coberta pela Lei dos Crimes Ambientais corresponde aos incidentes de descarga de substâncias nocivas ou perigosas, óleo, misturas oleosas e lixo, em águas sob jurisdição nacional, que já se encontra regulamentada pelo Decreto nº 3.179/99. O mencionado Decreto estabelece o valor da multa entre R\$ 1.000,00 (um mil reais) e R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) (art. 41). Estas multas só podem ser aplicadas após “laudo técnico”, a ser elaborado pelo órgão ambiental competente. Assim, independentemente do órgão responsável pela aplicação da multa, haverá necessidade de um laudo técnico (sobre o dano ambiental causado) emitido pelo órgão ambiental competente, de modo a graduar-se o valor da multa (art.41 § 2).

- ***Resolução nº 269, de 14 de setembro de 2000***, editada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Considerando que o derrame de petróleo e seus derivados no mar constitui uma das principais fontes de poluição dos ecossistemas costeiro e marinho e que as atividades que envolvem o petróleo e seus derivados constituem riscos à saúde e ao meio ambiente, a aplicação de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar é uma opção tecnicamente viável. Para isto, 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.
- ***Decreto Legislativo nº 246, de 29 de junho de 2001*** – O Congresso Nacional aprovou o texto da Convenção 174 complementada pela Recomendação 181.

Importantíssima para reduzir o número de acidentes nas indústrias, depois de longos seis anos de debate entre o movimento sindical, comunidade acadêmica, governo e empresários, está seguindo para sanção do Presidente da República.

Com a regulamentação desta Convenção no Brasil, as empresas serão obrigadas a mudar sua postura retrógrada quanto à segurança no local de trabalho e à proteção ao meio ambiente.

- ***Resolução nº 293, de 12 de dezembro de 2001***, editada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio, e orienta a sua elaboração.

Cabe lembrar da presença de um instrumento de gestão ambiental – o licenciamento ambiental – que é essencial no controle e manejo de atividades efetiva ou

potencialmente poluidoras, e na viabilização do uso de recursos naturais e econômicos como parte de um processo de desenvolvimento sustentável.

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo pelo qual o órgão competente licencia a localização, a instalação, a ampliação e a operação de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou que possam causar degradação ambiental.

A Lei também prevê a revisão do licenciamento, o que indica que este não tem prazo indeterminado e nem as licenças ambientais concedidas são permanentes, devendo os respectivos prazos de validade serem fixados em normas estaduais.

A Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, complementa as normas de licenciamento ambiental estabelecidas pela Lei nº 6.938/81 e seu regulamento. Relaciona as categorias de empreendimentos (nucleares, off-shore, de impacto interestadual ou nas fronteiras) e as atividades sujeitas a licenciamento, condição na qual se incluem todas aquelas associadas à indústria do petróleo.

## IV. PREVENÇÃO À POLUIÇÃO

### IV.1 Introdução

Desde a Revolução Industrial, as atividades antrópicas sobre o meio ambiente vêm causando um grande impacto ambiental. Diversas publicações passaram a questionar o assunto:

- O Relatório “Limites do Crescimento” elaborado durante a reunião do Clube de Roma (final dos anos 60) que retratava a incompatibilidade entre o crescimento da população, que era incontrolável, e a disponibilidade limitada dos recursos naturais, que atenderiam a população, a fim de alcançar respostas para esta situação.
- Em junho de 1972, realizou-se em Estocolmo a primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) que colocou a questão ambiental na pauta das agências oficiais e organizações internacionais. Desde então, estes órgãos vêm se preocupando com os acidentes químicos e têm feito recomendações para o desenvolvimento de programas de alerta e prevenção dos efeitos dos produtos químicos no meio ambiente.

Essa conferência tornou-se de grande importância para países industrializados e em desenvolvimento, pois legislações e regulamentos intergovernamentais puderam ser analisados e promulgados por nações industrializadas, com a finalidade de encontrar maneiras mais eficazes de se enfrentar a degradação ambiental.

- Em 1985, no Canadá, as grandes empresas do setor químico se reuniram e instituíram uma estratégia que visava reduzir o impacto ambiental de suas atividades.
- Em 1986, a XXII Conferência Pan-Americana aprovou o Programa de Segurança de Substâncias Químicas para a região das Américas.
- Em 1987, a elaboração do Relatório “Nosso Futuro Comum” (Our Common Future) ou também conhecido por “Relatório Brundtland”, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development*) da ONU, tinha como proposta harmonizar

dois objetivos: o desenvolvimento econômico e conservação ambiental. Este relatório orienta os diferentes países a estabelecerem e criarem políticas e práticas apropriadas para alcançar o desenvolvimento sustentável.

- Durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, conhecida como a ECO 92, realizada no Rio de Janeiro, mais de cem países discutiram ações relacionadas com os problemas provenientes de produtos químicos e firmaram um documento de ação, a Agenda 21, que propunha:
  - a redução da quantidade de energia e materiais utilizados na produção de bens e serviços;
  - a disseminação de tecnologias limpas e
  - a promoção de pesquisas para o desenvolvimento de novas fontes de energia e de recursos naturais renováveis.

Dentre estas recomendações, encontram-se políticas nacionais e regulamentações necessárias à prevenção e à preparação para casos de acidentes, além das respectivas medidas de resposta.

Na verdade, a aplicação de medidas de prevenção não deve ser adiada, frente a uma situação de risco de danos graves ou irreversíveis ao meio ambiente.

O Direito Brasileiro, através da Constituição Federal de 1988 (art. 225 § 1º), adota um instrumento jurídico de prevenção do dano ambiental: o “Estudo do Impacto Ambiental”, que é empreendido para as atividades potencialmente causadoras de um impacto negativo considerável sobre o meio ambiente.

Historicamente, os órgãos de proteção ambiental têm baseado suas ações em programas e políticas de fiscalização, prevenção e controle das fontes de geração de poluentes, uma vez que esta geração era considerada como uma consequência dos processos industriais produtivos. Portanto, este capítulo vem retratar a importância de políticas de prevenção à poluição, através de dois exemplos, sendo que um deles está associado a empresa que será investigada no estudo de caso.

## **IV.2 A História da Prevenção à Poluição**

O termo “Prevenção à Poluição” surgiu em 1975. Seu criador foi o Dr. Joseph Ling da companhia 3M – *Minnesota Mining and Manufacturing Company*, que

desenvolveu o programa 3P (*Pollution Prevention Pays*) com uma abordagem orientada para prevenir à poluição na origem, em âmbito empresarial.

A 3M considera a prevenção à poluição como a mais efetiva técnica ambiental e economicamente viável em relação às técnicas convencionais de controle de poluição. De 1975 a 1989, o programa 3P impediu que metade da quantidade de poluentes gerada pelas unidades de produção fosse jogada na atmosfera, e com a implementação de 2.511 projetos de prevenção ambiental, esta economizou US\$ 500 milhões (DAROIT, 1994). Em 1989, a empresa instituiu um de seus programas de prevenção mais eficientes que cobria eventuais falhas encontradas no sistema – 3P Plus.

A política ambiental da empresa permanece a mesma desde 1975, sendo sua responsabilidade ambiental expressa pelos seguintes princípios (DAROIT, 1994):

- resolver sua própria poluição e problemas de conservação;
- prevenir poluição na fonte;
- desenvolver produtos com mínimo efeito ambiental;
- conservar recursos naturais pela conservação;
- assegurar o cumprimento da legislação e
- auxiliar e participar, quando possível, de agências governamentais e outros órgãos oficiais engajados em atividades ambientais.

#### ***IV.2.1 O Conceito de Prevenção à Poluição***

Verifica-se uma diversidade de termos que têm sido propostos para denominar esta estratégia preventiva, desde Produção mais Limpa<sup>28</sup> (*Cleaner Production*), Tecnologias Limpas (*Clean Technologies*), Redução na Fonte (*Source Reduction*), Minimização de Resíduos<sup>29</sup> (*Waste Minimization*) que é adotado por conservadores à Poluição Zero, termo este utilizado pelos mais radicais. Algumas vezes, estes termos

---

<sup>28</sup> É a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente. Aplica-se a processos produtivos para a conservação de matérias-primas e energia, a eliminação de matérias-primas tóxicas e a redução da quantidade e toxicidade dos resíduos e emissões; a produtos que venham reduzir os impactos negativos ao longo de seu ciclo de vida – desde a extração de matérias-primas até a sua disposição final; a serviços, de forma que haja a incorporação das preocupações ambientais no planejamento e entrega dos serviços. A Produção mais Limpa requer mudanças de atitude, garantia de gerenciamento ambiental responsável, criação de políticas nacionais direcionadas e avaliação de alternativas tecnológicas (CETESB, 2002).

<sup>29</sup> Inclui qualquer prática, ambientalmente segura, de redução na fonte, reuso, reciclagem e recuperação de materiais e/ou do conteúdo energético dos resíduos, visando reduzir a quantidade ou volume dos resíduos a serem tratados e adequadamente dispostos (CETESB, 2002).

podem ser considerados sinônimos, ou até mesmo, complementares, requerendo uma análise aprofundada das ações e das propostas inseridas dentro de cada contexto.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) utiliza os termos Prevenção à Poluição (P2) e Produção mais Limpa (P+L). O primeiro já é consagrado nos Estados Unidos da América e foi disseminado pela Agência Ambiental Americana – EPA (*Environmental Protection Agency*), através de um Decreto Lei promulgado pelo Governo Federal Americano, em 1990. O segundo foi definido pela Organização Ambiental das Nações Unidas – UNEP (*United Nations Environment Programme*) durante o lançamento do Programa de Produção mais Limpa, em 1989.

A CETESB refere-se ao termo “Prevenção à Poluição” (P2) como qualquer processo, prática, técnica ou tecnologia que visa à redução ou eliminação em volume, concentração e toxicidade dos poluentes na fonte geradora. Este processo inclui modificações nos equipamentos, processos ou procedimentos como também a otimização do uso de matérias-primas, energia, água e outros recursos naturais. Além do desenvolvimento de ações que promovam a redução de desperdícios, a redução ou eliminação de substâncias tóxicas (presentes em matérias-primas ou produtos auxiliares), a redução da quantidade de resíduos gerados por processos e produtos, e conseqüentemente, a redução de poluentes lançados para o ar, solo e águas.

Em âmbito internacional, o Canadá através de seu Programa de Prevenção (*National Office of Pollution Prevention*) institui metas para proteger o meio ambiente da poluição, gerando benefícios para todos: instituições governamentais, os setores privados, a população canadense e comunidade internacional. Neste país, o termo “prevenção à poluição” (P2) é definido como “o uso de processos, práticas, materiais, produtos ou energia que evitem ou minimizem a criação de poluentes e resíduos, reduzindo o risco para a saúde do ser humano e para o meio ambiente” (CPPIC, 2001).

### **IV.3 A Prevenção à Poluição e o Desenvolvimento Sustentável**

O interesse pelo assunto ambiental vem trazendo uma preocupação geral não somente para os economistas mas também para os cientistas da área biológica e ecológica. A velocidade com que o público tem se interessado pelo tema é atribuída ao rápido declínio de certas amenidades abaixo dos níveis toleráveis sociais, ao

crescimento das desigualdades sociais dentro e entre as gerações e ao sofrimento da maioria da população.

O fato de vivermos numa era de “escassez” de recursos (as águas, o ar, os solos e o subsolo, as florestas naturais com sua fauna e flora, os oceanos, as regiões costeiras), de dificuldades à expansão da base econômica das sociedades nacionais, de saturação dos depósitos para armazenar os rejeitos da sociedade industrial e da fragilidade das instituições locais, regionais e mundiais nos leva a crer que se manifesta no mundo uma “crise ambiental”.

Nos países altamente industrializados, os problemas de meio ambiente podem ser, geralmente, associados à poluição. Suas políticas ambientais são orientadas para evitar o agravamento da degradação ou, ainda, a restaurar os padrões de qualidade de água, ar, e solo anteriores à crise. Enquanto que nos países subdesenvolvidos, a crise ambiental está relacionada ao esgotamento de sua base de recursos, e suas políticas deveriam dar prioridade à gestão racional dos recursos naturais.

O avanço científico e tecnológico indica a possibilidade de surgimento de novos processos produtivos menos dependentes de energia e matéria-prima e que utilizem novas fontes de energia. Tal avanço demonstra muitas vantagens para o meio ambiente, do tipo:

- desenvolvimento industrial de alta tecnologia o que permite a implantação de indústrias limpas que se integrem melhor ao meio ambiente;
- utilização do conhecimento tecnológico pela estrutura produtiva existente integrada a uma visão ambiental e
- surgimento de empreendimentos voltados para a recuperação do meio ambiente.

Um novo paradigma de desenvolvimento deve permitir uma profunda revisão das práticas atuais de incorporação do patrimônio natural, através de novas formas de organização social e de novos padrões de produção e consumo. Deve-se imaginar um estilo de desenvolvimento ambientalmente sustentável que sugira soluções para os graves desequilíbrios provocados pelas situações de pobreza extrema e de iniquidade socioeconômica que caracterizam a sociedade brasileira de finais do século.

Nas últimas décadas, o conceito “desenvolvimento sustentável” tem sido compartilhado por um grande número de companhias ao redor do mundo. A transformação da estrutura produtiva é indispensável para assegurar a recuperação do

dinamismo econômico e simultaneamente uma maior equidade social não apenas com respeito às populações atuais como também em relação às populações futuras.

A prevenção à poluição torna-se um instrumento efetivo para proteger nosso ambiente, eliminando o resíduo e promovendo o desenvolvimento sustentável.

#### **IV.4 Os Benefícios do Sistema de Prevenção à Poluição**

A prevenção à poluição é vista como uma solução real para os problemas ambientais dos países em desenvolvimento, haja vista que exige menos recursos que a tecnologia convencional de controle (DAROIT, 1994).

Entretanto, alguns países ainda utilizam estratégias ambientais convencionais que visam controlar a poluição, remover e tratar os resíduos, e por fim dispô-los num local adequado (LORA, 2000). A aplicação desse procedimento resulta:

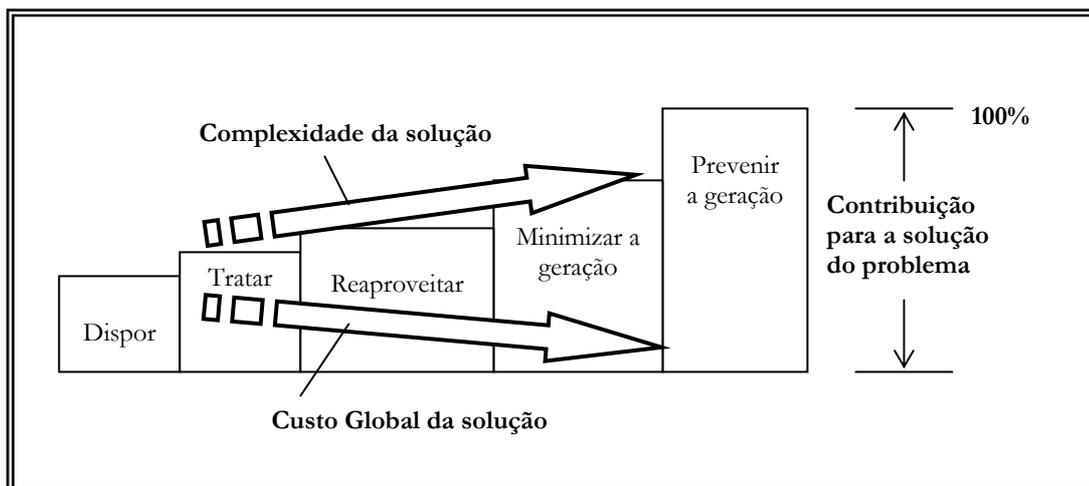
- na melhoria da qualidade ambiental e
- na transferência de poluentes de um meio para outro.

Este tipo de estratégia que utiliza sistemas de controle da poluição são extremamente caros, o que inviabiliza a implementação destes nos países em desenvolvimento com recursos limitados. No entanto, existem casos em que a estratégia de controle convencional é a única opção para aqueles em que as medidas de prevenção à poluição são tecnicamente inviáveis ou economicamente injustificáveis. A instalação de tecnologias de tratamento é vista pelos industriais como uma inversão não produtiva, que frequentemente aumenta os custos de operação.

A prevenção à poluição na fonte leva à redução dos custos de disposição final dos resíduos, devido à diminuição radical da quantidade dos mesmos, e conseqüentemente, da diminuição dos custos de produção devido à utilização mais eficiente das matérias-primas e da energia.

A implementação de sistemas de gerenciamento ambiental baseado na prevenção à poluição melhora a imagem pública da empresa diante dos consumidores, das comunidades vizinhas, da imprensa, do público em geral e das agências ambientais, além da competitividade da empresa e a qualidade do produto.

A solução preventiva (Figura 2) embora se caracterize por uma complexidade na sua aplicação, implica em custos decrescentes para a sociedade e numa contribuição mais eficaz à solução dos problemas ambientais (LORA, 2000).



**Figura 2 – Solução para os problemas dos resíduos.**

Fonte: LORA, 2000.

Um fator que inibe a realização de atividades de prevenção da poluição na indústria é o temor de que as medidas de prevenção afetem a qualidade do produto, a ponto de torná-lo inaceitável pelos consumidores (LORA, 2000).

É importante que sejam estabelecidos incentivos econômicos aos projetos de prevenção da poluição a fim de auxiliar na realização destes, pois necessitam de investimentos iniciais, nem sempre compensados totalmente com os benefícios econômicos resultantes.

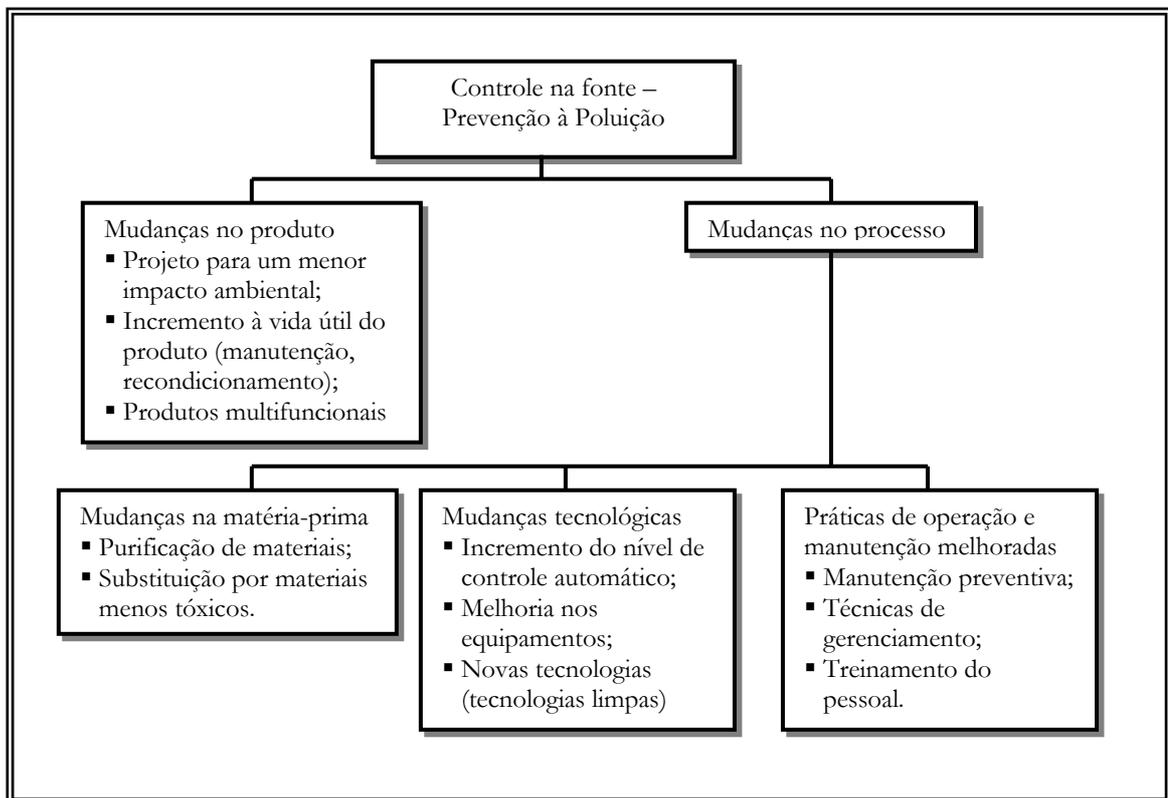
No âmbito das empresas, os benefícios decorrentes de investimentos em prevenção são formados, em primeiro lugar, pelas despesas não-realizadas, caso a referida prevenção não fosse efetuada. Em segundo lugar, os benefícios são medidos em relação à perda de produção e produtividade que poderia ocorrer na ausência de medidas preventivas.

No processo de estimativa de todos os benefícios e custos, devem ser considerados todos os efeitos, sejam a curto ou a longo prazo, pois muitos benefícios ou custos somente se darão presentes num horizonte temporal distante. Os custos e os benefícios das medidas ambientais serão definidos como as variações dos custos associados ao dano e dos ganhos ou perdas do bem-estar associado a estas medidas.

Portanto, os benefícios diretos da prevenção de desastres são equivalentes às economias em perdas que os desastres poderiam causar, inclusive nas rendas dos setores formal e informal.

## IV.5 Os Métodos Gerais de Prevenção à Poluição

Estes métodos envolvem mudanças realizadas no produto ou no processo, que são visualizadas na figura 3.



**Figura 3 - Métodos Gerais de Prevenção à Poluição.**

Fonte: LORA, 2000.

## IV.6 A Implementação de um Sistema de Prevenção à Poluição

A implementação em ações de Prevenção à Poluição (P2) pela empresa implica no desenvolvimento de um Programa de P2 que representa um processo de aprimoramento contínuo.

Seguindo as etapas sugeridas pelo Manual de Implementação do Programa de Prevenção à Poluição (ALVES e PALOMBO, 1995), temos:

- Comprometimento da direção da empresa;
- Definição da equipe de P2;
- Estabelecimento de objetivos e metas;

- Elaboração de um cronograma de atividades;
- Disseminação das informações sobre P2;
- Levantamento de dados;
- Definição de indicadores de desempenho;
- Identificação das oportunidades de P2;
- Levantamento de tecnologias;
- Avaliação econômica;
- Seleção das oportunidades de P2;
- Implementação das medidas de P2;
- Avaliação dos resultados do programa;
- Manutenção do programa.

De forma breve, serão descritas as etapas apresentadas.

O ***Comprometimento da direção da empresa*** contribui de forma significativa para o envolvimento do corpo funcional, gerando o entusiasmo necessário para o desenvolvimento do programa. Este deve ser estabelecido através da anuência formal da direção da empresa, conhecida como Declaração de Intenções, que apresenta formalmente a aceitação e o comprometimento, por parte da direção da empresa, na implementação de medidas de P2 em seus processos/atividades.

A ***Definição da equipe de P2*** é necessária para a condução do programa. Esta deve ser formada por pessoas de diferentes setores da empresa, proporcionando uma troca de experiências e uma integração dos funcionários.

O ***Estabelecimento de objetivos e metas*** se faz com as informações encontradas nos registros da empresa, e devem ser compatíveis com os objetivos gerais contemplados na Declaração de Intenções, como também deve estar ligado a um sistema de gestão ambiental.

A ***Elaboração de um cronograma de atividades*** para a execução do programa fica a cargo de uma equipe já definida. O cronograma contempla todas as etapas a serem desenvolvidas durante o transcorrer do programa, bem como estabelece um prazo e um responsável para a execução de cada uma delas.

A ***Disseminação das informações sobre P2*** tem por finalidade assegurar que o programa se torne assunto do dia, bem como aumentar a conscientização e a participação de todos os funcionários, de modo que todos possam acompanhar o desenvolvimento do progresso da empresa.

O **Levantamento de dados** deve juntar o máximo de informações que ajudam na caracterização do processo industrial, que vão desde a matéria-prima e demais insumos (energia elétrica, produtos auxiliares, água, etc.) até o total de resíduo gerado, devendo as mesmas constar do fluxograma de produção da indústria.

A **Definição de indicadores de desempenho**, os quais são quantificáveis e medidos antes e após a implantação das medidas de P2, permite uma avaliação comparativa entre a situação da empresa antes e após a implementação do programa.

A **Identificação das oportunidades de P2** é feita através de entrevistas com operadores dos processos produtivos, encarregados e engenheiros, pois estes profissionais poderão fornecer maiores detalhes sobre as peculiaridades dos processos, que somente são observadas por aqueles que estão em contato diário com os procedimentos operacionais.

O **Levantamento de tecnologias** indica as opções viáveis para a implantação de ações de P2. Para tanto, devem ser feitas as seguintes considerações:

- identificar as tecnologias que melhor se apliquem às necessidades do interessado;
- conhecer a legislação em vigor, para avaliar possíveis conseqüências ligadas à alteração e/ou substituição de equipamentos;
- caracterizar e avaliar os efluentes gerados a fim de propor a sua segregação dentro dos processos.

A **Avaliação econômica** das medidas de prevenção à poluição torna-se necessária para verificar a possibilidade da implementação do programa P2, em termos econômicos.

A **Seleção das oportunidades de P2** deve considerar os benefícios imediatos decorrentes da implantação e o seu significado para a empresa, conforme as suas viabilidades técnicas e econômicas.

A **Implementação das medidas de P2** deve ser feita de acordo com as metas e objetivos estabelecidos no programa e com o cronograma de atividades que indica os projetos a serem executados.

A **Avaliação dos resultados do programa** tem por objetivo verificar os benefícios e ganhos, do ponto de vista ambiental e econômico, advindos da implantação do programa de P2, assim como avaliar os problemas e obstáculos encontrados durante a implementação.

A *Manutenção do programa* permite verificar a sustentabilidade dentro da empresa, como a conscientização e a participação dos funcionários, em todos os níveis da empresa.

#### ***IV.6.1 A nível internacional***

Diversas instituições em âmbitos locais, regionais e mundiais vêm juntando esforços para o desenvolvimento e implementação de programas de prevenção, no sentido de também propiciar respostas rápidas e eficazes a acidentes que possam ocorrer, de modo a preservar a natureza e o meio ambiente. Além do tipo de programa sugerido no item anterior, surgem outros como de contingência e de emergência para apoiar países que enfrentam acidentes, como:

- *Diretiva de Sevezo – Diretiva 82/501/EEC – Comunidade Européia (CD 82/50L/EEC)*

Esta Diretiva resultou da elaboração conjunta de países da Comunidade Européia com o objetivo de prevenir, preparar e responder a acidentes industriais ampliados<sup>30</sup> e minimizar as suas conseqüências para os trabalhadores, para a população e para o meio ambiente.

- *CAER – The Community Awaeness and Emergency Response.*

Coordenado pela *Chemical Manufacteurs Associations* (CMA) dos Estados Unidos da América, o programa CAER visa desenvolver planos locais de resposta às emergências químicas, incorporando-os aos planos das indústrias, bem como os órgãos governamentais e as comunidades.

- *Prevenção de Acidentes Industriais Maiores*

Programa da Organização Internacional do Trabalho (OIT) para a prevenção de acidentes industriais ampliados, que tem por finalidade ajudar os países no controle da

---

<sup>30</sup> Esse tipo de acidente expressa a possibilidade de ampliação no espaço e no tempo das conseqüências sobre a sociedade, a saúde (física e mental) e o meio ambiente exposto, sem incorrer na desqualificação de outros tipos de acidentes, como por exemplo, os de trânsito (LORA, 2000).

manipulação de substâncias perigosas, a fim de proteger os trabalhadores, a população e o meio ambiente.

- *IPCS – International Programme on Chemical Safety*

O IPCS é um programa desenvolvido pela Organização Mundial das Nações Unidas (ONU), que visa atender países com informações científicas de maneira que estes possam desenvolver suas próprias ações de segurança química e, mediante cooperação internacional, fortaleçam os meios e suas capacidades de prevenir e corrigir os efeitos prejudiciais dos produtos químicos, além de auxiliar nas situações de emergência.

- *Apell – Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level*

Manual elaborado pelo Departamento de Meio Ambiente e Indústria do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas – UNEP (*United Nations Environment Programme*), que tem por objetivo auxiliar os elementos responsáveis e o pessoal técnico envolvido na conscientização das comunidades com relação às instalações de risco e na elaboração de planos de atendimento a eventos inesperados envolvendo produtos químicos, que possam representar ameaças ao ser humano e à natureza.

A Agência de Desenvolvimento Internacional dos Estados Unidos – USAID (*United States Agency for International Development*) vem desenvolvendo programas de prevenção da poluição em diferentes países da América Latina e do Caribe (SERPA e PRADO-MONJE, 2000). A USAID considera que a prevenção da poluição pode constituir uma alternativa de solução do conflito entre o crescimento econômico e a proteção do meio ambiente em países em desenvolvimento.

#### ***IV.6.2 A nível nacional (Países em desenvolvimento)***

A rápida e grande expansão da indústria nas últimas décadas, principalmente nas áreas química, petroquímica e de petróleo, representa uma importante característica de crescimento para os países da região da América Latina e do Caribe. Entretanto, este crescimento tem provocado uma série de problemas ambientais, dentre os quais destacam-se as questões relacionadas com o meio ambiente, a saúde pública e a

segurança das comunidades circunvizinhas às plantas industriais (SERPA e PRADO-MONJE, 2000).

Os países em desenvolvimento da América Latina são palco de grandes acidentes industriais, haja visto que, nestes países são encontradas condições que propiciam o surgimento de acidentes envolvendo produtos perigosos. Os dados a seguir demonstram esta afirmação (SERPA e PRADO-MONJE, 2000):

- aproximadamente 40% do comércio mundial de produtos químicos nos países em desenvolvimento se realizam nos países da América Latina;
- 70% da indústria química da região se concentram no Brasil, no México e na Argentina;
- na grande maioria dos países, as instalações industriais se localizam em áreas densamente habitadas ou muito próximas a comunidades carentes;
- inexistem uma consciência clara por parte de muitas empresas e de autoridades governamentais, bem como da própria comunidade, quanto aos riscos que essas instalações e a manipulação de produtos químicos representam para a saúde humana e para o meio ambiente como um todo;
- inexistem registros confiáveis quanto aos danos causados por acidentes químicos, dificultando a correlação desses eventos com o desenvolvimento de doenças e impactos ao meio ambiente;
- com raras exceções, inexistem programas voltados para a preparação das comunidades, tanto em caráter preventivo quanto para a atuação em situações de emergências químicas;
- os órgãos encarregados do atendimento a acidentes com substâncias químicas não estão treinados a contento e não possuem recursos materiais adequados para o atendimento a essas situações.

Este panorama demonstra a atenção com que as autoridades destes países devem ter com eventuais situações de emergência no sentido de serem adotadas ações efetivas para a prevenção de acidentes químicos e de preparação dos órgãos governamentais.

A exemplo de outros países, o Brasil, através dos setores produtivos e instituições governamentais, vem buscando estabelecer programas de prevenção à poluição.

#### IV.6.2.a Programa Pegaso<sup>31</sup>

A Petrobras, enquanto empresa do setor petrolífero, está permanentemente exposta a acidentes. Afinal, por sua rede de dutos, de quase 16 mil quilômetros, são transportados diariamente milhões de metros cúbicos de gás e petróleo que garantem progresso e bem-estar aos brasileiros. Entretanto, nenhum acidente recebeu de uma empresa resposta tão imediata como o ocorrido em janeiro de 2000 na Baía de Guanabara.

À busca pela excelência empresarial, além da rentabilidade e do aumento de produção, faz com que a empresa assuma as áreas de segurança, meio ambiente e saúde e crie uma nova unidade corporativa de Segurança, Meio Ambiente e Saúde: a SMS Corporativa. Para isso a empresa reformulou toda a política de gestão nessa área, revisou os planos de contingência, criou novos instrumentos de prevenção, reequipou unidades e sistemas a fim de alcançar um padrão em excelência ambiental. A Petrobras investiu na implementação de um programa realizado nessas áreas, o Pegaso – *Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional*, iniciado em 23 de janeiro de 2000 pela Petrobras (cinco dias após o acidente ocorrido na Baía de Guanabara).

A elaboração do programa contou com a participação de gerentes de várias unidades da companhia e técnicos de diversas regiões do País. Para tanto, tornou-se necessário o levantamento de dados internacionais e a avaliação dos níveis de gestão ambiental das unidades operacionais. Dentre estas unidades, o Pegaso contempla: (Gráfico 8):

---

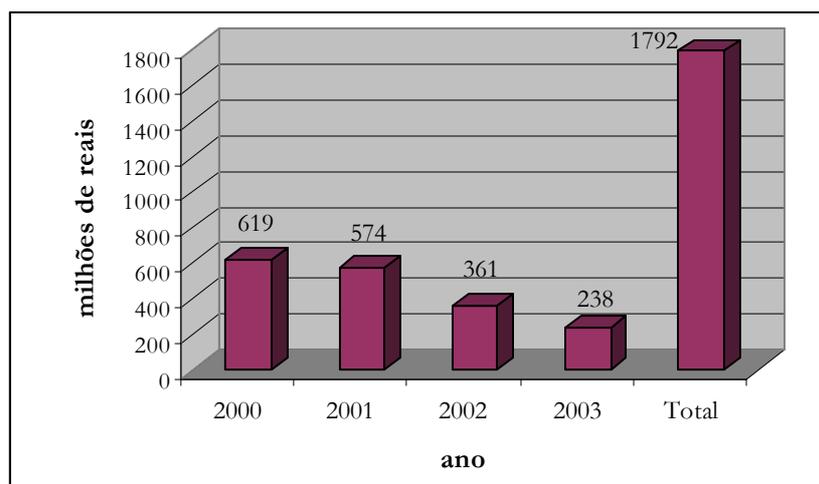
<sup>31</sup> Este capítulo foi elaborado a partir do contato realizado com a Transpetro S.A.



**Gráfico 8 – Áreas contempladas no Pegaso.**

Fonte: PETROBRAS, 2001a.

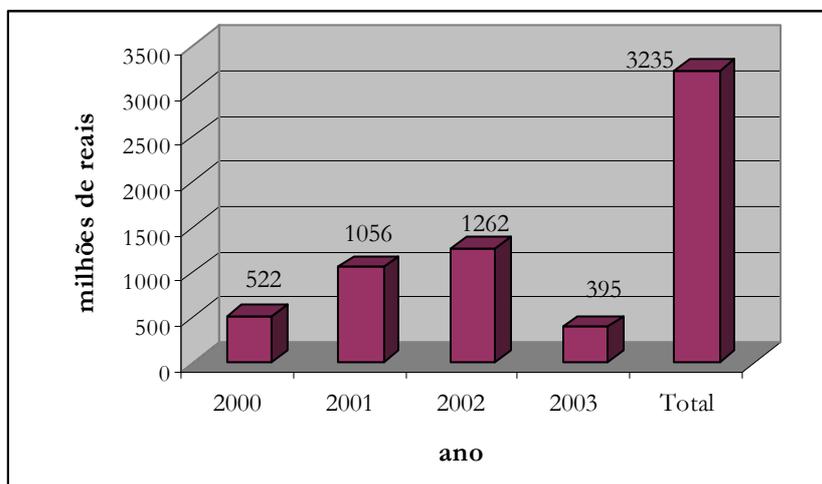
Os investimentos do programa de excelência ambiental, cerca de R\$ 1,8 bilhão (valores do ano de 2000) foram distribuídos durante o período 2000/2003 (Gráfico 9). Durante o ano de 2000, foram aplicados R\$ 163 milhões referentes à área de segurança; R\$ 651 milhões na área de meio ambiente, sendo R\$ 387 milhões referentes ao programa de excelência, o qual destinou uma boa parte para atividade onde reside o maior risco de vazamento - a automação de oleodutos, R\$ 103 milhões na contenção de óleo derramado, recuperação de áreas afetadas, monitoramento, compensações e indenizações, R\$ 78 milhões referentes a multas e R\$ 83 milhões destinados a outros gastos ambientais operacionais (PETROBRAS, 2001a).



**Gráfico 9 – Perspectivas de Investimentos do Pegaso durante 2000/2003.**

Fonte: PETROBRAS, 2001a.

Em função dos grandes investimentos observados no ano de 2000, tanto na área de meio ambiente quanto de segurança, foi feita uma revisão no orçamento do Pegaso para os anos subsequentes, aumentando o valor total investido para cerca de R\$ 3,2 bilhões (Gráfico 10).



**Gráfico 10 - Perspectivas de Investimentos do Pegaso durante 2000/2003 (reavaliado).**

Fonte: PETROBRAS, 2001a.

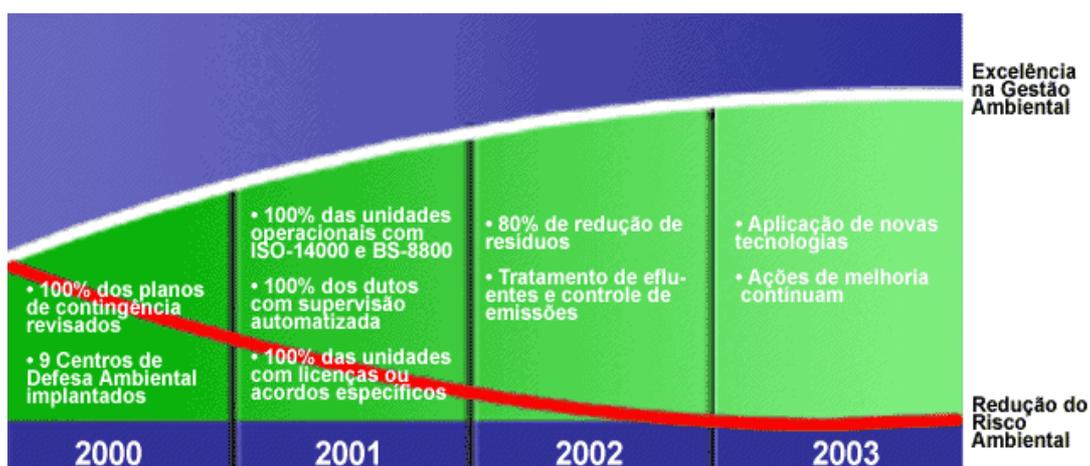
Do investimento total 3,2 bilhões de reais (Gráfico 11), 36% (R\$ 572 milhões) estão sendo aplicados e absorvidos pela área de modernização e supervisão automatizada. Como consequência, 70% dos dutos da empresa já estão com supervisão automatizada (PETROBRAS, 2001a).



**Gráfico 11 – Distribuição dos Investimentos em 2001.**

Fonte: PETROBRAS, 2001a.

Até 2003, o programa propôs algumas diretrizes e ações para o estabelecimento de prioridades a fim de atingir a máxima segurança em todas as suas operações, para minimizar os efeitos de eventuais acidentes e para contribuir para o desenvolvimento sustentável (Figura 4).



**Figura 4 – Metas a serem atingidas com o Pegaso.**

Fonte: PETROBRAS, 2001b.

Uma das metas do programa é ter 100% dos dutos prioritários com supervisão automatizada e sistema de monitoramento de bombeio até o dia 31 de dezembro de 2000. Entretanto, esta meta foi revisada por uma auditoria independente realizada pela empresa *PricewaterhouseCoopers*, postergando o prazo para 31 de dezembro de 2001.

Para o desenvolvimento e implantação do Pegaso, a empresa contou com mais de 500 pessoas, sendo que 80 destas trabalharam em tempo integral, mantendo o controle e o acompanhamento do programa. Este grupo de pessoas estava dividido por atividades nas áreas de exploração e produção, de transporte em dutos, de refino e de transporte aquaviário. Contudo, após a implantação do programa, foi necessário à formação de um grupo específico – Automação – para tratar da complexidade do sistema e da necessidade de integração da automação.

O segmento funcional de Automação foi efetivado um dia depois do acidente com a Refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR (17/07/2000). Juntamente com este segmento, o Pegaso contempla outros segmentos como a Operação, Integridade de Dutos, Auditoria e Comunicação.

A Automação foi estruturada em dois grupos: o Executivo e o de Coordenação, sendo que este último é dividido na área de Serviços, integrado pelo Setor de Materiais, de Engenharia e pelo Cenpes – Centro de Pesquisa da Petrobras, e na área de Negócios, constituído pela Transpetro, BR Distribuidora, Abastecimento e Refinaria, Exploração e Pesquisa.

Cada um dos dois grupos tem funções a cumprir. O grupo Executivo atua como um fórum geral para discussão dos problemas técnicos, realizando atividades de consultoria e apoio às unidades operacionais e aos órgãos de contratação de serviços. O grupo de Coordenação deve definir o projeto básico, determinar especificações para compra de equipamentos e cobrar a implementação do sistema em cada unidade operacional da companhia.

Na verdade, cada unidade operacional da Petrobras (Quadro 7) é responsável pela implementação da automação e instrumentação previstas, cuja execução foi definida e priorizada de acordo com os critérios que envolveram a probabilidade de ocorrência de um vazamento e a magnitude com que o seu efeito pode afetar o meio ambiente, pessoas ou o ambiente urbano.

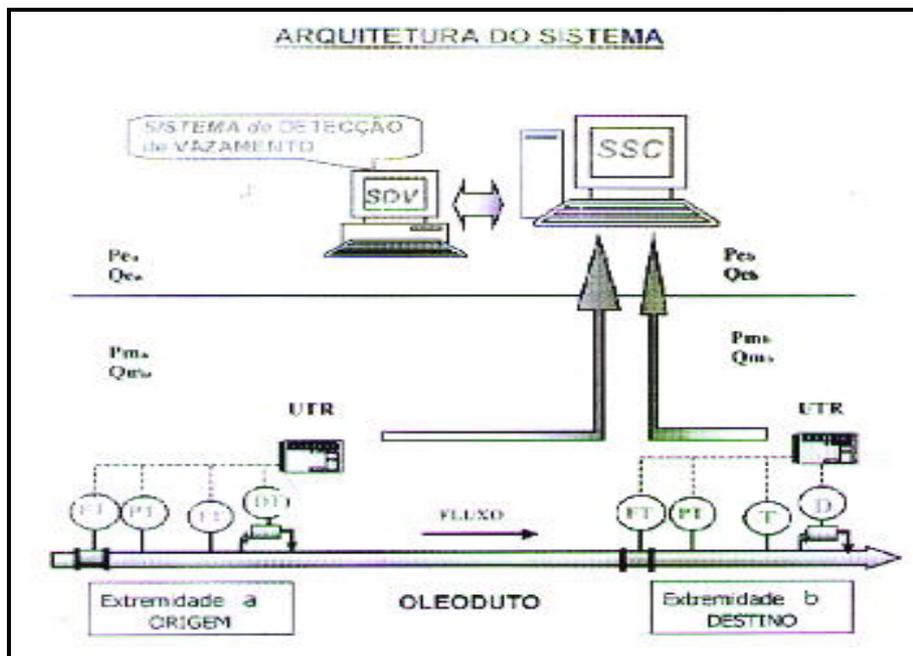
**Quadro 7 – Unidades operacionais da Petrobras contempladas com a automação.**

<b>Abastecimento e Refinaria</b>
Refinarias (10): REFAP – Refinaria Alberto Pasqualini (Canoas - RS); REPAR – Refinaria Pres. Getúlio Vargas (Araucária – PR); REPLAN – Refinaria do Planalto (Paulínia – SP); RECAP – Refinaria de Capuava (Mauá – SP); RPBC – Refinaria Pres. Bernardes (Cubatão – SP); REVAP – Refinaria Henrique Laje (São José dos Campos – SP); REGAP – Refinaria Gabriel Passos (Betim –MG); REDUC – Refinaria Duque de Caxias (Duque de Caxias – RJ); RELAM – Refinaria Landulpho Alves (Mataripe – BA); REMAN – Refinaria de Manaus (Manaus – AM)
Fábricas de Fertilizantes (2): FAFEN Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados Fafen Laranjeiras - SE e Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados Fafen Camaçari – BA
Fábrica de Lubrificante (1): LUBNOR – Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste (Fortaleza – CE)
<b>Transpetro</b>
Dutos e Terminais (4): DTSE – Dutos e Terminais do Sudeste; DTNEST – Dutos e Terminais do Norte/Nordeste; DTCS – Dutos e Terminais Centro Oeste e São Paulo; DTSul – Dutos e Terminais do Sul
<b>BR Distribuidora</b>
Terminais (dutos críticos): TEMAN – Terminal de Manaus (Manaus – AM); TELEM – Terminal de Belém (Belém – PA); TEVIT – Terminal de Vitória (Vitória – ES); BACAN – Base Distribuidora Principal Camaçari (Camaçari – BA); BAVIC – Base de Abastecimento OC Vila do Conde (PA)
<b>Exploração e Pesquisa</b>
Campos de exploração: BSOL – Bacia Solimões; E&P - RNCE (RN); E&P -SEAL (SE); E&P – BA (BA); E&P – ES (ES), E&P -BC (Campos – RJ)

Os 16 mil quilômetros de dutos da Petrobras estão sendo revisados ou substituídos, e seus controles automatizados. É uma operação cara e de alta complexidade, até porque precisa ser efetuada sem interrupção no fornecimento de combustível ao País. O objetivo é manter sob permanente controle variáveis como vazão, pressão, densidade e temperatura para permitir a pronta identificação – e a rápida correção – de qualquer anormalidade.

A automação contemplada no Pegaso visa complementar a instrumentação. A Figura 5 retrata o caso mais simples de “extremidades de dutos”, definidas como todo ponto ou local do oleoduto em que se deve instalar uma instrumentação mínima, de forma que torne possível determinar a ocorrência de um vazamento por simples comparação dos sinais de vazão e pressão.

A centralização dos dados de vazão e pressão se dá nos centros de controle das unidades operacionais (SSCs). Tem-se então, pelo princípio da comparação entre os valores medidos e estimados de vazão e pressão, uma estimativa da diferença dos valores destas duas variáveis que deve ser menor que um certo erro, pois caso contrário, se está diante de uma provável situação de vazamento.



**Figura 5 – Duto com os sensores de vazão, temperatura, pressão e densidade.**

Fonte: PEREIRA, 2001.

Na verdade, alguns polidutos, como o BSOL – Bacia Solimões, já apresentavam uma certa automação com medidores de vazão e pressão.

De um modo geral, todos os sistemas de supervisão estão sendo, de alguma forma, ampliados e modificados para a inclusão dos novos pontos para supervisão e monitoramento e de rotinas de verificação de vazamento por software, conforme a ilustração acima.

Cerca de 1.331 extremidades de dutos estão passando por algum tipo de automação. Foram adquiridos mais de mil transmissores ultra-sônicos de duplo feixe, tipo carretel, para medir a vazão em oleodutos com escoamentos monofásicos líquidos. Este medidor foi escolhido a partir de um estudo incluindo o histórico e a análise de testes realizados em diversos tipos de medidores utilizados pela Transpetro. O mesmo procedimento foi usado para aquisição de transmissores de pressão, temperatura e densidade. No total, foram mais de mil transmissores para temperatura e pressão e centenas de densímetros.

Os módulos que estimam os valores de vazão e pressão levam em consideração todos os parâmetros e conceitos físicos envolvidos, como os dados operacionais de pressão, vazão, temperatura e densidade do produto escoado, que são fornecidos pelo sistema de aquisição de dados.

Existem outras variáveis que são sugeridas para verificar algum sinal de vazamento, como as do ambiente ao redor do oleoduto, o diâmetro real interno em cada trecho do duto, e que podem acarretar diferenças bem grandes entre as variáveis medidas e estimadas sem haver um vazamento. É necessário, então, se fazer a “sintonia” do modelo na condição normal de operação do oleoduto, quando se ajusta a variável medida à variável estimada.

Ao menor sinal de um possível vazamento, existem algumas opções que devem ser adotadas:

- realização de uma inspeção visual nas duas extremidades do tubo, tanto na origem quanto no destino e
- desligamento das bombas através da sala de controle (operador) ou por um intertravamento do motor que move a bomba.

Para reduzir a possibilidade de um vazamento e contemplar a modernização da instrumentação, foram adquiridos vários tipos de sistemas de detecção de vazamento (SDVs) por software. Estes detectam o vazamento, atuam rapidamente, alarmando e indicando as situações de vazamento e estimam o local aproximado do vazamento. Os SDVs não evitam a ocorrência do vazamento, mas são ferramentas para reduzir em muito as suas proporções.

O prazo para implementação desses sistemas aos dutos prioritários foi de 31 de julho de 2001 e a revisão destas metas se faz através de uma auditoria independente realizada pela *PricewaterhouseCoopers* até 31 de julho de 2002.

No caso dos grandes oleodutos e polidutos, o controle será centralizado no Rio de Janeiro através de softwares desenvolvidos para a verificação do fluxo de óleo e derivados. Associados aos sensores e mecanismos já existentes, esses sistemas permitem que a Petrobras atinja, até 2003, o estado da arte no monitoramento remoto de todos os seus dutos e tanques de armazenamento.

Os tipos de SDVs são cinco, descritos abaixo, porém nem todos são utilizados pois apresentam alto custo:

- Do fabricante *Simulations*, o RTM (*Real Time Model*) considera o regime permanente. Para a realização de sintonia, deve-se fazer as devidas correções na temperatura e pressão. É um tipo *link warmer* (avisador de vazamento) e utilizado em estudos do Cenpes.
- Do fabricante *Stoner*, o RTTM (*Real Time Transient Model*) considera o regime transiente para estimar o estado da variável calculada, requer maior capacidade de processamento e demanda um processo de sintonia bem mais abrangente e demorado. É um tipo *link finder* (descobridor de vazamento). Já era aplicado nos polidutos, antes da implementação do Pegaso, por volta de 1995 em Paulínea, na RELAM e na REPAR.

Esses dois tipos baseiam-se na medição da vazão, além de exigirem uma condição de operação no qual o oleoduto deve sempre operar sem a fase vapor do produto em qualquer ponto de seu interior.

Outros tipos de SDVs se fundamentam na análise dos padrões estatísticos de escoamento do fluido para a detecção de vazamento e no comportamento da variável pressão, não levando em consideração o tratamento da variável temperatura.

- Do fabricante EFATEC, é um analisador de ponto de pressão, que já está sendo utilizado no Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará.
- Do fabricante ASI, este SDV é do tipo acústico e utiliza um sistema de aquisição de dados baseado num algoritmo estatístico. Este já é aplicado no oleoduto leste de Urucum–Bacia Solimões.
- Da *Siemens*, o sistema LEOS (*Link Detection Operation System*) é uma espécie de sensor eletrônico inovador que reproduz os sensores humanos (visão, audição, olfato e tato).

De acordo com o grupo executivo de Automação, a maioria dos dutos considerados de alto risco já estão supervisionados e instrumentados, com a centralização das informações nas salas de controle.

A prevenção envolve ainda a avaliação das condições geotécnicas das faixas de terra por onde passam os dutos, que podem ser afetadas pelas marés, chuvas e erosão. Isso requer não apenas a construção e reforma de encostas de contenção – já efetuadas – como também o monitoramento geológico. De acordo com a Petrobras (PETROBRAS, 2001b), o Pegaso já implementou um sistema georreferenciado de informações capaz de monitorar os diferentes tipos de terrenos, fazendo com que acelere as providências de contingências necessárias em caso de acidentes. No oleoduto Araucária-Paranaguá, está sendo desenvolvido um método que utiliza estações sismológicas para registrar em tempo real as movimentações do solo. Até 2003, esse sistema deverá ser estendido a outros dutos da Companhia.

Os investimentos aplicados no sensoriamento por satélite são úteis não apenas no controle de vazamentos no mar ou em terra, como também no levantamento de dados ambientais para a construção de dutos.

O Pegaso intensificou a utilização de “pigs” – autômatos equipados com diferentes sensores, que percorrem o interior dos dutos verificando se existem ou não processos corrosivos e falhas.

Os “pigs”, segundo suas características tecnológicas, são encontrados de várias formas, quais sejam:

- “pigs” de limpeza,
- “pigs” separadores de produtos,
- “pigs” geométricos,
- “pigs” calibradores e
- “pigs” instrumentados.

Entre estes, o mais simples é o “pig” de limpeza, usado para desobstruir a tubulação, minimizando a perda de carga durante a passagem dos fluidos no interior da tubulação, bem como a ocorrência de corrosão.

O “pig” instrumentado serve para informar o estado físico da parede do duto, indicando as possíveis avarias e pontos de corrosão. Este tipo de monitoramento é feito em intervalos de 5 a 10 anos. Este tempo é diferente do utilizado para o “pig” de limpeza, que tem um custo aproximadamente cem vezes menor que o “pig” instrumentado.

Segundo informações da Petrobras (PETROBRAS, 2001b), também entrarão em operação sistemas de bóias de vigilância, capazes de detectar a presença de hidrocarbonetos na água e de alertar, via satélite, a central de controle da empresa. Este sistema já existe na Baía de Guanabara. Mesmo com todo investimento em tecnologia, realiza-se a inspeção visual dos dutos, por meio de andarilhos, motociclistas e helicópteros.

Além dos investimentos em prevenção, a empresa vem desenvolvendo um plano de contingências a fim de assegurar a maior eficácia e rapidez no combate e controle de quaisquer acidentes que venham ocorrer em função de suas atividades. Para tal, foram destinados cerca de R\$ 164 milhões com a criação de nove Centros de Defesa Ambiental (CDAs), estrategicamente localizados ao longo do território brasileiro: Amazônia, Maranhão, Rio Grande do Norte, Bahia, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Sul, Centro-Oeste e o CDA de Logística Nacional – próximo ao aeroporto de Guarulhos (SP).

Do total investido, R\$ 41 milhões foram gastos em sua implantação e R\$ 123 milhões destinados a sua operação nos próximos seis anos (PETROBRAS, 2001b).

Os CDAs possuem barcos recolhedores de óleo, dispersantes químicos, agentes biorremediadores e barreiras de contenção e de absorção de vazamentos.

Para se adequar às exigências recentes da legislação e da sociedade, a empresa vem passando por um intenso processo de negociação visando à obtenção de licenças e assinaturas de termos de ajuste. Com isso, está havendo um investimento de R\$ 113 milhões (PETROBRAS, 2001b) para implementação de um sistema de gestão que possibilitará a integração definitiva das práticas de segurança operacional e ambiental aos processos de produção da empresa, bem como a seus negócios. Por conta disto, as unidades operacionais da empresa vêm se certificando pelas normas ISO 14001 (meio ambiente) e BS 8800 (segurança e saúde) na busca da excelência em gestão ambiental e segurança operacional.

#### IV.6.2.b Programa da Navegação São Miguel <sup>32</sup>

Fundada em fevereiro de 1950, a São Miguel dedica-se ao transporte marítimo de granéis líquidos. Suas atividades de transporte de derivados de petróleo no Porto do

---

<sup>32</sup> Este subcapítulo foi baseado na publicação da NAVEGAÇÃO SÃO MIGUEL (2000).

Rio de Janeiro iniciaram-se em 1968 atendendo a Petrobras e outros clientes. Em 1982, a empresa estendeu sua atuação à Vitória, onde criou a subsidiária Skymar Ltda (ex-Linave Ltda). Finalmente, em 1993 a São Miguel foi convocada a atuar no porto de Santos, de modo emergencial, até que nos anos seguintes ganhou licitações para assumir a operação de *bunker* naquele porto.

O programa de modernização, segurança e proteção ambiental da empresa envolve investimentos da ordem de R\$ 70 milhões em 8 anos, distribuídos entre treinamento e capacitação profissional; implantação e novos procedimentos operacionais e de sistemas de gestão; certificação ISO 9002, ISO 14000 e ISM CODE (*International Safety Management*); aquisição, modernização e construção de embarcações; e equipamentos de prevenção e combate à poluição do meio ambiente marinho.

A partir de criteriosa análise de riscos em todas as operações relacionadas com a atividade de abastecimento a navios, da experiência internacional e do estudo dos incidentes (e suas conseqüências) envolvendo o derramamento de derivados de petróleo em águas abrigadas, a São Miguel – com o apoio da Petrobras e de comum acordo com as autoridades portuárias e órgãos ambientais – realizou os seguintes investimentos em melhorias da eficiência operacional e na segurança ambiental.

- Embarcações

- *Condição de manutenção:*

Toda a frota da empresa hoje é inspecionada periodicamente por sociedades classificadoras independentes e reconhecidas pela autoridade marítima, sem prejuízo das inspeções realizadas pela própria Marinha do Brasil e pelos clientes (Petrobras, Shell, ...)

Com as embarcações classificadas, as docagens periódicas passaram a ser realizadas em períodos mais longos e as medições de espessura do casco efetuadas de forma mais rigorosa. Com isso, praticamente eliminou-se o risco da ocorrência de vazamentos provocados por pontos de corrosão localizados (*pittings*) ou por falhas estruturais das embarcações.

- *Renovação da frota:*

Nos últimos dois anos, as embarcações mais antigas da empresa foram adaptadas para operar como plataformas para o lançamento de barreiras e recolhimento de

resíduos (Centros de Combate a Derramamentos). Já existem duas em operação na Baía de Guanabara e uma em Vitória.

Foram adquiridas e colocadas em operação, embarcações maiores e mais novas, entre elas o “LN Ponta Negra”, navio tanque dotado de costado e fundo duplos, as barcas “Concórdia”, “SM Ipanema”, “SM Copacabana” e o rebocador “Camburi”.

Todas as demais embarcações da frota da empresa passaram por um processo de modernização, visando à instalação de um conjunto de equipamentos e dispositivos de segurança.

Não obstante a providência acima mencionada, a empresa contratou a construção de 2 navios tanque de 3400 TPB (toneladas de porte bruto), dotados de costado e fundo duplos, “Serra Nevada” e “Serra Polar”, os quais serão também classificados como “*Oil Spill Recovery Vessels*”. Estes serão capazes de efetuar a contenção e o recolhimento de resíduos oleosos eventualmente derramados no mar. Os navios têm projeto e construção classificados pelo *Bureau Veritas* e estarão capacitados a atuar em toda a costa brasileira, tendendo inclusive a pedidos de “bunker offshore”. O primeiro tem previsão para iniciar as operações até o fim do ano e o segundo no primeiro trimestre de 2002.

Com todas estas iniciativas, a empresa terá renovado toda a frota e estará provavelmente operando no abastecimento a navios somente com embarcações dotadas de costado e/ou fundo duplos, embora esta não seja uma exigência que conste das normas internacionais de segurança da navegação e/ou ambientais.

- Equipamentos de segurança
- *Alarmes de nível alto a 95% e bacias de contenção:*

A instalação de bacias de contenção e alarmes automáticos de nível alto, ajustados para operar a 95% da capacidade nominal dos tanques de bordo, aliada à implantação de novos procedimentos operacionais, praticamente eliminou o risco de transbordamento durante os carregamentos no terminal.

Antes de cada operação de carregamento, a troca de informações entre o terminal e a embarcação para se conhecer a quantidade a ser transferida para bordo e o tempo que transcorrerá essa operação é determinante. Durante o carregamento, os tripulantes acompanham o enchimento dos tanques monitorando periodicamente seus níveis através dos tubos de sondagem e visualmente. Se ainda assim, por qualquer razão, o carregamento não é interrompido no momento adequado, o alarme de nível alto

dispara, alertando para o problema. É, portanto, um equipamento de segurança adicional, visando corrigir falha humana.

Mesmo que o alarme soe e ocorra o transbordamento ou ainda o vazamento de produto através dos suspiros dos tanques ou pelos tubos de sondagem, a bacia de contenção de grande capacidade se encarrega de evitar que o produto esorra para o mar.

- *Válvulas de segurança, mangotes certificados e parada de emergência da bomba:*

Um ponto de risco durante a operação de abastecimento a navios é o rompimento ou vazamento pelo mangote (duto flexível) de transferência de óleo. Para evitar que esta eventualidade ocorra, a empresa substituiu todos os mangotes então existentes por outros com resistência superior, capazes de suportar pressão e temperatura mais elevadas. Além disso, diariamente são efetuadas inspeções visuais quanto à existência de imperfeições ou avarias (bolhas, cortes, etc.) que possam de algum modo representar risco para a segurança do equipamento e, a cada 12 meses, testes hidrostáticos com pressão maior do que a de trabalho normal.

Outro problema recorrente era a obstrução ou estrangulamento do mangote de transferência do produto por parte da tripulação do navio recebedor, o que pode causar o seu rompimento devido a excesso de pressão. Foram então instaladas válvulas de segurança em todas as embarcações, válvulas essas que, em caso de pressão excessiva no sistema, abrem-se automaticamente, permitindo o retorno do fluxo de óleo para dentro da barcaça. As válvulas são vistoriadas e testadas periodicamente.

Com o mesmo sentido, todas as embarcações foram dotadas de dispositivos que permitem aos tripulantes a imediata interrupção da operação de fornecimento, em caso de emergência, através da parada remota das bombas de carga.

Com essas medidas, no momento do fornecimento, os derramamentos de produtos foram praticamente eliminados. Ainda existem alguns pequenos problemas causados por falhas operacionais do navio recebedor. Embora seja difícil eliminá-los completamente, grandes esforços têm sido realizados no sentido de aperfeiçoar os procedimentos operacionais e a comunicação bordo/bordo. Entre tais esforços, destacamos a introdução de *check list* de segurança e a melhoria do nível cultural das tripulações das embarcações fornecedoras, com a introdução de Oficiais de Náutica e de marítimos com conhecimento da língua inglesa.

- *Blindagem da área de reboque*

Sempre procurando aprimorar a segurança de suas operações a partir da análise crítica das não conformidades identificadas, a empresa vem aumentando a espessura das chapas de suas barcas de grande porte não propulsadas, nas áreas onde o contato com o rebocador é mais intenso, a fim de reduzir o risco de furos provocados por choques entre as embarcações, que eventualmente venham a ocorrer durante as manobras.

▪ Eficiência operacional e qualidade

Foram diversas as providências voltadas para a melhoria na eficiência operacional e, em especial, da qualidade dos serviços prestados, inclusive no que tange à confiabilidade associada as quantidades fornecidas a navios.

Todas as embarcações da frota tiveram seus tanques arqueados. Com novas marcações de calado estabelecidas com base nos critérios do ABS, foram então reposicionados os tubos de sondagem e instalados clinômetros<sup>33</sup> a bordo, possibilitando o desenvolvimento de tabelas de arqueação de alta precisão.

Para a medição das quantidades existentes nos tanques de bordo, as tradicionais régua foram substituídas por trenas certificadas, utilizando-se a partir daí o processo de ulagem. Também as medições de temperatura hoje são realizadas com o recurso de termômetros certificados, possibilitando uma correção de volumes mais precisa.

As redes de bordo foram criteriosamente vistoriadas durante o processo de classificação das embarcações, tendo sido eliminadas todas as conexões, válvulas, flanges ou espaços vazios que de algum modo pudessem vir a ser utilizados para práticas delituosas ou que estivessem em desacordo com as regras da sociedade classificadora. Após tal verificação inicial, foram elaborados planos das redes que possibilitam a sua inspeção contínua, seja pelos vistoriadores da classe, seja pelo cliente.

Ainda em benefício da confiabilidade associada às quantidades entregues, boa parte da frota foi dotada de medidores de fluxo de alta precisão, dentro dos padrões aceitáveis internacionalmente para validar a transferência de custódia. As embarcações onde tal equipamento ainda não foi instalado se enquadram em uma das seguintes

---

<sup>33</sup> É um instrumento utilizado para medir ângulos no plano vertical. Usado para levantamentos topográficos expeditos (cálculo de altitude) e para o cálculo da altura de um paredão cujo topo seja inacessível.

situações: não operam ou estão alocadas a contratos antigos, em fase de renegociação com o contratante.

Outra melhoria importante foi o significativo aumento na capacidade de bombeio das embarcações, possibilitando o encurtamento do tempo dedicado às operações de fornecimento e maior eficiência na utilização da frota e dos terminais.

Também as comunicações terra/bordo e bordo/bordo foram aprimoradas, através da instalação de novos equipamentos de comunicação e pelo embarque de tripulações de nível mais elevado, inclusive oficiais de náutica com domínio da língua inglesa.

Em termos de controle interno, duas providências foram instrumentais para seu substancial aprimoramento:

- (a) a implantação de mesas de operações 24 horas, centralizando toda a supervisão e
- (b) o desenvolvimento de “softwares” de controle próprios. Nesse sentido, foram informatizados as tabelas de arqueação e todos os cálculos relativos às sondagens de bordo, bem como o controle dos remanescentes e os ciclos das barcaças.

Um desenvolvimento possível é o monitoramento via satélite das atividades a bordo das embarcações. Além de se conhecer instantaneamente o posicionamento da embarcação, é possível acompanhar e interferir de modo remoto nas atividades de bombeio e outras que vierem a ser definida, inclusive paralisando os motores, as bombas ou, numa emergência, até mesmo imobilizando a própria embarcação. Também é possível estabelecer áreas de exclusão, onde a presença da barcaça seja por qualquer motivo indesejada, emitindo alarmes em caso de violação.

## **V. AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL**

### **V.1 Introdução**

Os danos ambientais causados por um empreendimento podem ser provocados por impactos advindos da operação normal de uma atividade ou de eventos acidentais. Estes dois tipos de impactos têm intensidade, durações e frequências diferentes, e, portanto conduzem a técnicas, metodologias e modelos radicalmente diversos, sendo por isso tratados em separado.

A importância que se dá aos acidentes, que são divulgados pelos veículos de comunicação, tende a ser sobrevalorizada pelo fato da magnitude do impacto provocado na população, principalmente se vierem acompanhados de mortes e danos catastróficos. Na verdade, a maior parte da destruição do ambiente natural da Terra pelos humanos tem sua causa na operação normal das atividades humanas.

Uma outra questão mais abrangente refere-se à avaliação das conseqüências dos eventos inesperados, não-planejados ou indesejados, ou seja, os acidentes. O termo acidente não deve ser confundido com incidente. Acidentes são aqueles eventos que não estão programados para ocorrer dentro do processo normal de produção, e que se caracterizam por uma seqüência de eventos inicialmente descontrolados, provocados por uma falha qualquer, de equipamentos, humana ou externa, e que podem ocasionar danos inesperados, expressados tanto como prejuízos financeiros diretos (perda de produção, destruição de equipamentos, etc.), quanto danos ambientais, incluídas aí as vidas humanas (LIMA-E-SILVA et al., 2000). Enquanto que os incidentes englobam os eventos que ocorrem repentinamente e abruptamente e também aqueles que ocorrem numa escala de tempo mais prolongada (LIMA-E-SILVA et al., 2000). São nesses momentos que o público toma consciência dos riscos que a tecnologia impõe à nossa própria espécie, diretamente, e ao nosso planeta.

Os constantes acidentes envolvendo o setor industrial nas áreas relacionadas ao transporte, armazenamento e processamento de substâncias químicas e petroquímicas, são foco permanente de preocupação dos profissionais ligados à segurança, saúde e meio ambiente.

## V.2 O Conceito de Risco

O gerenciamento dos riscos de um empreendimento requer o desenvolvimento de estudos específicos que visam identificar e analisar os perigos e avaliar os riscos de acidentes e seus efeitos sobre o meio ambiente e a saúde pública, através da utilização de técnicas apropriadas.

Normalmente, os dicionários definem o termo *risco* como sendo a “possibilidade de ocorrência de danos a pessoas e propriedades”. Engenheiros e técnicos que trabalham na área de riscos, diriam que *risco* é “a probabilidade de ocorrência de danos a pessoas, propriedades e meio ambiente, em um determinado intervalo de tempo”.

Segundo o Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos produzido pela CETESB (2000b), o risco pode ser definido como função da probabilidade de ocorrência de um evento indesejado e das conseqüências ocasionadas pelo mesmo, em termos de danos às pessoas (mortes e lesões), perdas financeiras e/ou impactos ao meio ambiente nas áreas circunvizinhas, situadas além dos limites físicos da instalação envolvida.

No que diz respeito aos riscos industriais houve uma profunda revisão da legislação, obrigando as empresas à realização de estudos de riscos, antes da construção de novas unidades industriais, após os graves acidentes ocorridos em Flixborough, na Inglaterra e Seveso, na Itália.

Cabe ainda lembrar que o conceito de risco só é válido na presença da possibilidade de falha de um sistema. Contudo, como não existem sistemas industriais infalíveis, a falha trata-se de um aspecto de extrema relevância.

## V.3 A Análise de Riscos

A análise de riscos vem estudar os parâmetros de segurança traduzidos em termos de possíveis danos ao próprio sistema, pessoas e bens em geral da empresa, ao meio ambiente, a comunidade e a terceiros.

A análise de risco possui vários segmentos a serem trabalhados, como:

- *Análise de Risco Ambiental* que é atribuída à avaliação dos riscos que as atividades humanas impõem ao ambiente.
- *Análise de Risco Ecológico* que visa analisar os riscos às espécies e aos ecossistemas.

- *Análise de Risco Humano*, na área de saúde pública ou de toxicologia, refere-se às probabilidades de efeitos indesejados à saúde humana em função da incorporação de substâncias tóxicas.
- *Análise de Risco Tecnológico Acidental* é verificada na área industrial e militar, e visa avaliar os riscos tecnológicos acidentais. Este tipo de análise, utilizado pelas indústrias, restringe-se a avaliar os danos humanos.

No entanto, em uma análise de risco é importante conhecer o ponto de partida para estimar a *freqüência esperada* de eventos acidentais (explosões, incêndios, liberação de tóxicos, etc.) originados em atividades produtivas, e a partir destes os danos ambientais (incluindo os humanos) que poderiam ser previstos.

Considerando o conjunto de conseqüências (danos humanos, materiais e financeiros) e suas respectivas freqüências, o risco pode ser traduzido pela seguinte expressão:

$\mathbf{Risco} \text{ [(Conseqüência / Tempo)]} = \mathbf{Freqüência} \text{ [(No Eventos / Tempo)]} * \mathbf{Gravidade} \text{ [(Conseqüências / No Eventos)]}$
--

A tabela 6 apresenta alguns riscos aos quais uma pessoa está sujeita no seu dia a dia, bem como suas probabilidades de ocorrências. No Brasil, o risco de um acidente fatal com trabalhadores de uma indústria química é da ordem de  $1,5 \times 10^{-4}$  por pessoa e hora de exposição. Isto significa que em média 1,5 vítima por ano para cada grupo de 10.000 trabalhadores na indústria química são atingidas (CETESB, 2000b).

Nos países desenvolvidos, adota-se o critério de comparar os riscos industriais com outros a que, voluntariamente ou não, as pessoas estão expostas. É comumente aceito que o risco inerente às atividades industriais deve ser 1.000 vezes menor que o risco cotidiano de morte por doença ou acidente, que é da ordem de  $9 \times 10^{-3}$  mortes por ano de exposição (LIMA-E-SILVA, 2000).

**Tabela 6 – Risco de morte segundo a causa.**

<b>Causa</b>	<b>Risco de morte/ano de exposição</b>
Todas as causas	$9,0 \times 10^{-3}$
Doenças do coração	$3,4 \times 10^{-3}$
Câncer	$1,6 \times 10^{-3}$
Acidentes do trabalho	$1,5 \times 10^{-4}$
Todos os acidentes	$4,8 \times 10^{-4}$
Veículos motorizados	$2,1 \times 10^{-4}$
Homicídios	$9,3 \times 10^{-5}$
Quedas	$7,4 \times 10^{-5}$
Afogamentos	$3,7 \times 10^{-5}$
Queimaduras	$3,0 \times 10^{-5}$
Envenenamento por líquido	$1,7 \times 10^{-5}$
Sufocação (objetos engolidos)	$1,3 \times 10^{-5}$
Acidentes com armas e esportes	$1,1 \times 10^{-5}$
Aviação civil	$8,0 \times 10^{-6}$
Transporte marítimo	$7,8 \times 10^{-6}$
Envenenamento por gás	$7,7 \times 10^{-6}$
Raio	$5,6 \times 10^{-7}$
Furacão	$4,1 \times 10^{-7}$
Tornado	$4,1 \times 10^{-7}$
Mordeduras	$2,2 \times 10^{-7}$

Fonte: DE CICCIO, 1991.

Analisando as causas de acidentes que possivelmente podem ocorrer nas grandes capitais, conclui-se que um dos maiores perigos a que estamos sujeitos é o acidente rodoviário. Todavia, esta análise não nos impede, de diariamente circular pelas ruas e estradas, ou seja, este tipo de risco é considerado aceitável.

Felizmente, os acidentes com elevada severidade ocorrem com baixa frequência. Uma catástrofe é, efetivamente, um evento raro, com probabilidade de ocorrência inferior a  $10^{-5}$  (Esta estatística refere-se aos de países desenvolvidos, pois no Brasil são poucas as atividades em que há registros históricos, confiáveis e representativos). Contudo, acidentes com maior gravidade atraem muito mais a atenção da população que os pequenos e frequentes acidentes.

Nos últimos anos, a comunidade mundial vem sofrendo com acontecimentos catastróficos, uns de caráter natural (inundações, terremotos e furacões) e outros são conseqüências da atividade do homem (explosões, liberação de substâncias tóxicas e vazamento de óleo). Em relação aos primeiros, nem sempre é possível a intervenção humana para dominar/controlar seus efeitos; hoje em dia, em alguns países desenvolvidos, consegue-se, através de tecnologias avançadas, prever quando ocorrerá. Quanto aos eventos provocados pelas atividades antrópicas, tem-se a impressão que o homem não tem feito o suficiente para evitá-los, tais exemplos ficam gravados na memória coletiva como Three Mile Island (Estados Unidos da América), Bophal (Índia), Vila Socó (Cubatão, São Paulo, Brasil), Goiânia (Goiás, Brasil), Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil),etc.

### ***V.3.1 Estrutura de Estudos da Análise de Riscos***

A estrutura de estudos a ser apresentada baseia-se no manual elaborado e atualizado pela CETESB (2000) que tem por objetivo fornecer as orientações básicas para a elaboração de Estudos e Análise de Riscos (EAR) em atividades industriais.

Os danos acidentais, provocados pelo *comissionamento* de uma atividade produtiva (início de produção ou fornecimento de serviços), podem ser avaliados através de diversas técnicas, e uma das mais utilizadas é a Análise de Risco.

Em geral, os estudos de análise de riscos constituem-se de seis etapas:

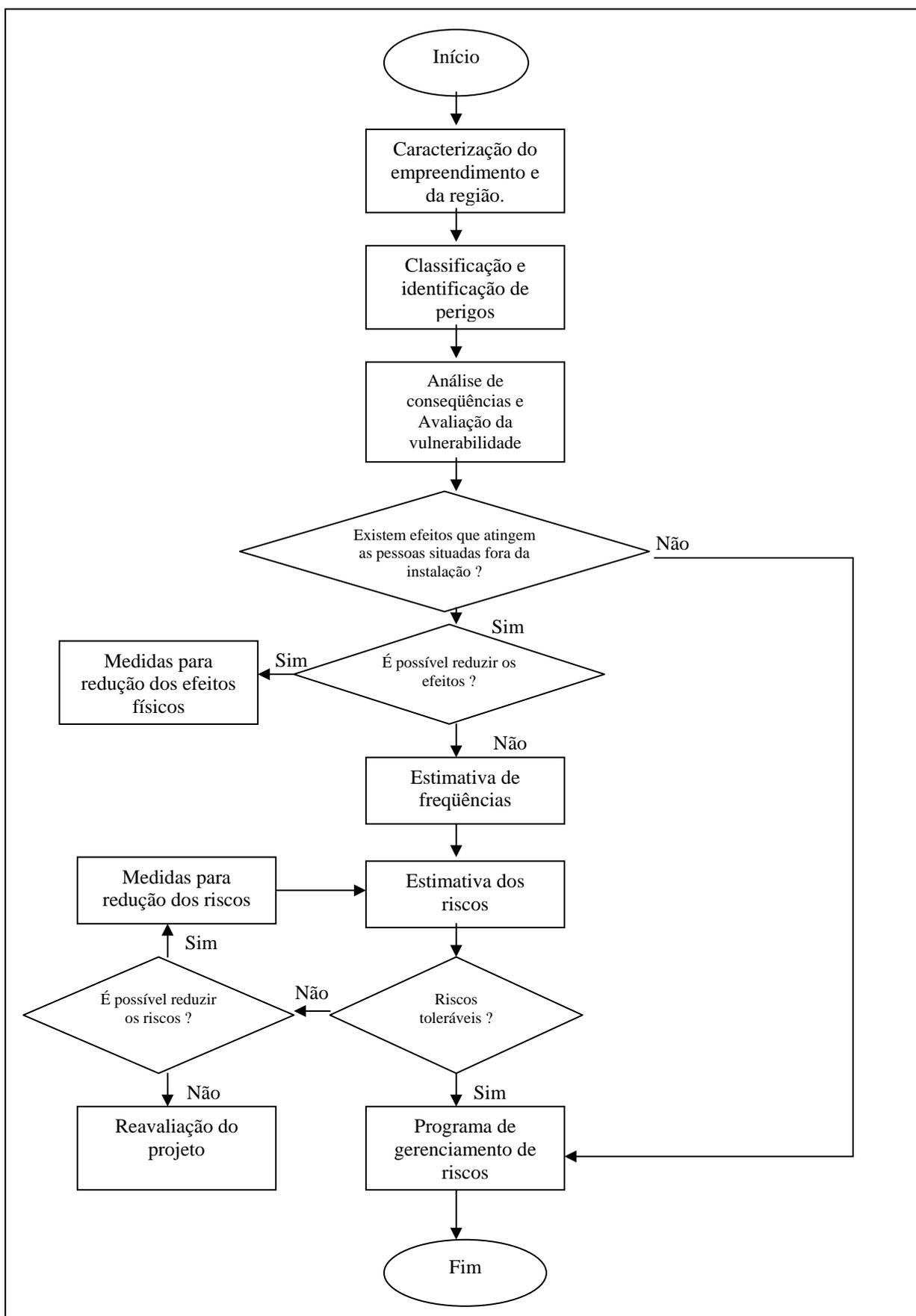
- Caracterização do Empreendimento e da Região;
- Classificação do Perigo Potencial;
- Identificação de Perigos;
- Análise de Conseqüências e Avaliação de Vulnerabilidade;
- Estimativa de Freqüências;
- Avaliação e Gerenciamento de Riscos.

Os impactos ao meio ambiente devem ser avaliados caso a caso, bem como o empreendimento que provocou as conseqüências externas (danos causados às pessoas – mortes e lesões e os impactos ao meio ambiente nas áreas circunvizinhas, situadas além dos limites físicos das instalações envolvidas) deve ser analisado de forma específica.

Portanto, para se estimar o risco ambiental a partir da probabilidade de uma ou mais falhas de um empreendimento ocorrer e causar um acidente ambiental é necessário

avaliar os riscos de acidentes e seus efeitos sobre o meio ambiente, a fim de identificar e implementar medidas preventivas, de combate e controle dessas situações. Para tanto, pode-se fazer uso deste manual de orientação elaborado pela CETESB, como também de qualquer outra estrutura que tenha por objetivo estudar os riscos ambientais de uma atividade industrial.

A figura 6, que segue, apresenta a seqüência de desenvolvimento das etapas para análise de riscos.



**Figura 6 – Etapas para a elaboração de estudo de análise de riscos.**

Fonte: CETESB, 2000b.

### V.3.1.a Caracterização do Empreendimento e da Região

A primeira etapa para a realização de um estudo de análise de riscos é a reunião de dados relativos às características do empreendimento.

Estes dados tornam-se necessários para que seja possível caracterizar o empreendimento, considerando seus aspectos construtivos e operacionais, além das particularidades da região onde o mesmo se encontra ou será instalado.

A relação de dados para a caracterização do empreendimento e da região é (CETESB, 2000b):

- a) Localização e descrição física e geográfica da região, incluindo a proximidade a mananciais, áreas litorâneas, sistemas viários, cruzamentos e/ou interferências com outros sistemas existentes.
- b) Distribuição populacional da região.
- c) Características climáticas e meteorológicas da região.
- d) Descrição física, layout da instalação.
- e) Substâncias químicas envolvidas, incluindo quantidades, formas de movimentação e de manipulação, formas e condições de armazenamento, características físico-químicas e toxicológicas. Devem ser consideradas como substâncias envolvidas as matérias-primas, os produtos auxiliares, intermediários e finais, bem como os resíduos, insumos e utilidades.
- f) Descrição das operações, incluindo as rotinas operacionais, de manutenção e de segurança, bem como a apresentação de plantas baixas das unidades e fluxogramas de processos, de instrumentação e de tubulações.

No caso de se tratar de um sistema de transporte de dutos, uma vez que estes percorram distâncias variadas, as interferências existentes no trajeto, bem como as características das áreas sob sua influência, deverão ser identificadas e descritas ao longo de todo o percurso.

### V.3.1.b Classificação do Perigo Potencial

O segundo passo é atribuído à classificação do perigo potencial e tem por finalidade classificar o nível de periculosidade do empreendimento ou da atividade a ser estudada.

Esta etapa é facultativa em todos os estudos desse tipo, uma vez que, independentemente de uma avaliação prévia do perigo potencial do empreendimento, outros critérios podem orientar o escopo do estudo a ser elaborado.

Existem diversos métodos para a caracterização do perigo em potencial de um empreendimento, como:

- Índice Dow de Incêndio e Explosão que é obtido através do produto de dois fatores: o Fator de Risco da Unidade que é encontrado através dos riscos gerais e dos riscos específicos do processo, e o Fator de Material que permite medir a intensidade da energia liberada por uma substância química ou mistura de substâncias, contemplando os riscos de inflamabilidade e de reatividade do material. O índice Dow também fornece a área provável de exposição a um incêndio ou a uma explosão que é conhecida por raio de exposição. Baseando-se neste índice, é possível classificar o empreendimento de acordo com seu perigo potencial em cinco níveis: pequeno, moderado, intermediário, grande e severo.

- Índice Mond de Incêndio, Explosão e Toxicidade é utilizado para avaliar os perigos potenciais associados à falhas no transporte ou na transferência de substâncias por tubulações. O processo de obtenção deste índice é semelhante ao de Dow, incluindo agora o fator associado à toxicidade da substância.

- Diretriz Seveso, também conhecida como a Diretriz Européia 82/501/CEE, tem como critério básico para classificação do perigo a presença de substâncias tóxicas, inflamáveis e explosivas, em quantidades superiores a níveis pré-estabelecidos, que se encontram identificadas na própria diretriz em uma lista de 178 substâncias.

Estes métodos permitirão graduar o nível de perigo, a partir dos principais fatores que intervêm no sistema, tais como:

a) Substâncias envolvidas, considerando:

- Toxicidade;
- Inflamabilidade;
- Explosividade;
- Reatividade;
- Quantidades manipuladas.

b) Condições de processo e/ou armazenamento:

- Vazão;
- Pressão;
- Temperatura, etc.

- c) Vulnerabilidade das áreas circunvizinhas.

#### V.3.1.c Identificação de Perigos

A identificação de perigos é o terceiro passo a ser desenvolvido para a elaboração de um estudo de análise de riscos. Para tal, serão aplicadas técnicas estruturadas para a identificação das possíveis seqüências de acidentes.

Esta etapa seguirá quatro passos distintos, conforme a necessidade apresentada e a complexidade do empreendimento em análise. São eles:

##### *a) Análise Crítica do Empreendimento*

Compreende o levantamento de todos os processos de uma instalação, sua interdependência, os inventários e as condições dos materiais. Esta análise deve descrever a instalação como ela realmente opera e pode ser obtida através de entrevistas com a equipe de trabalho - operacional e de manutenção, bem como através de inspeções locais. Dessa forma, ela se aplica unicamente às instalações existentes.

A análise crítica é de fundamental importância, uma vez que orienta a equipe responsável pela elaboração do estudo para um conhecimento completo da instalação a ser analisada.

##### *b) Análise Histórica de Acidentes*

A análise histórica de acidentes constitui-se numa avaliação casuística de acidentes ocorridos na própria instalação em estudo ou em instalações similares, normalmente desenvolvidas através de consulta a banco de dados de acidentes ou a referências bibliográficas específicas.

Em muitos casos, a análise histórica de acidentes é uma ferramenta importante para a identificação dos perigos, já que pode fornecer informações sobre os acidentes envolvendo condições operacionais que levaram a perdas totais ou parciais do sistema e os acidentes com conseqüências relevantes, como danos às pessoas dentro ou fora da instalação e/ou danos ao meio ambiente.

Da análise histórica também poderão ser extraídos:

- Um levantamento das tendências históricas e da probabilidade de ocorrência de acidentes;
- As tipologias dos acidentes;

- As causas dos acidentes;
- A magnitude das conseqüências.

Os resultados obtidos deverão ser trabalhados estatisticamente, fornecendo como resultado final uma lista dos principais eventos iniciadores de acidentes.

É importante que o universo dos acidentes pesquisados seja o mais recente possível e, de preferência, abrangendo um período mínimo de dez anos, sendo relevante o fornecimento das fontes consultadas, bem como o critério adotado para a seleção dos acidentes considerados.

*c) Aplicação de Técnica para a Identificação de Perigos*

Consiste na elaboração de um estudo analítico da instalação, através de técnicas estruturadas para a detecção de falhas e de eventos indesejados, que poderão ocorrer na instalação.

Cabe lembrar que cada caso deverá ser analisado de forma específica, razão pela qual esta etapa poderá ser realizada através das técnicas aqui apresentadas ou com base em outras metodologias; ou ainda, através de combinações destas.

As técnicas normalmente utilizadas para a identificação de perigos são:

- Listas de Verificação (Checklists);
- Análise “E Se...?” (“What if...?”);
- Análise Preliminar de Perigos (APP);
- Análise de Modos de Falhas, Efeitos e Criticidade (AMFEC);
- Estudos de Perigos e Operabilidade (HAZOP).

*d) Definição de hipóteses acidentais*

De maneira resumida, consiste na associação dos perigos identificados quando da aplicação das técnicas estruturadas aos resultados obtidos na análise histórica de acidentes, de modo que possam ser definidos os principais eventos geradores de acidentes na instalação.

A partir da aplicação das técnicas de perigos é possível obter um número razoável de eventos indesejáveis, passíveis de ocorrerem no empreendimento em estudo. Tais eventos podem ser divididos em:

- Eventos menores, que produzem efeitos localizados, restritos a uma área específica do empreendimento;

- Eventos significativos, que produzem efeitos consideráveis em uma ou mais partes do empreendimento, porém restritos aos limites deste;
- Eventos maiores, que produzem efeitos graves, externos ao empreendimento, atingindo a comunidade e o meio ambiente.

Grande parte dos eventos identificados não tem um valor significativo em termos da amplitude das conseqüências, não necessitando assim de uma avaliação posterior. Desta forma, a definição das hipóteses acidentais mais significativas vem ajudar na redução do tempo e, conseqüentemente, dos gastos, uma vez que consiste em selecionar os eventos identificados limitando-os a um número adequado para a realização das avaliações posteriores.

A seleção das hipóteses acidentais se dá através da revisão de todos os eventos anteriormente listados, a fim de identificar aqueles que, por suas características, não necessitam ser avaliados detalhadamente. Da mesma forma, eventos redundantes ou muito similares devem ser reduzidos a uma única hipótese acidental. Através dessa triagem e comparando os eventos selecionados com os dados obtidos na análise histórica de acidentes, é possível elaborar uma segunda lista reduzida de hipóteses, porém significativa.

Vale ressaltar que, embora alguns eventos possam parecer insignificantes, estes devem ser avaliados quanto ao eventual desencadeamento de outros eventos maiores, que possa causar a ocorrência de reações em cadeia do tipo *Efeito Dominó*<sup>34</sup>. Portanto, eventos desta espécie deverão também ser definidos como hipóteses acidentais.

#### V.3.1.d Análise de Conseqüências e Avaliação de Vulnerabilidade

Esta etapa visa analisar as possíveis conseqüências decorrentes das hipóteses acidentais identificadas na etapa anterior.

Para a estimativa dos efeitos físicos decorrentes de cenários acidentais, normalmente emprega-se a técnica da *Análise de Árvore de Eventos (AAE)* que define as diferentes tipologias acidentais, como também podem ser utilizados modelos que simulem as conseqüências de liberações acidentais de produtos químicos no meio ambiente, que é condição fundamental para uma adequada avaliação dos danos.

---

<sup>34</sup> É um evento decorrente da sucessão de outros eventos parciais indesejáveis, cuja magnitude global é a somatória dos eventos individuais.

Os resultados obtidos podem ser então analisados em termos de vulnerabilidade da área circunvizinha à instalação, sendo observados os seguintes critérios como, população, tipos de edificações e proximidade a corpos d'água, entre outros.

Assim, esta avaliação deverá ser realizada de três formas distintas, conforme é colocado no manual da CETESB (2000b):

#### *V.3.1.d.I Análise de Árvore de Eventos*

É uma técnica indutiva utilizada para avaliar as seqüências acidentais (vazamentos, incêndios, explosões) de um evento denominado Evento Inicial, que pode ser gerado devido a uma falha específica num equipamento de um sistema, no colapso de um processo ou mesmo devido a erros operacionais.

A técnica pode ser utilizada na fase de projeto para avaliar um acidente potencial resultante de um evento inicial postulado. Também pode ser aplicada durante a fase de operação para a avaliação da eficiência dos sistemas de segurança existentes.

As Árvores de Eventos descrevem a seqüência dos fatos que se desenvolvem a partir do evento inicial escolhido, prevendo situações de sucesso ou falha, de acordo com as interferências existentes, até a conclusão da mesma com a determinação das possíveis conseqüências. As interferências referem-se às ações, situações ou mesmo equipamentos existentes no sistema, as quais se relacionam com o evento inicial, podendo acarretar diferentes caminhos para o desenvolvimento da ocorrência, gerando, portanto, diferentes conseqüências.

É importante ressaltar que a Árvore de Eventos não deverá ser desenvolvida isoladamente, uma vez que a mesma utiliza dados de entrada de etapas anteriores de um estudo de análise de riscos e produz como resultados informações que deverão ser analisadas posteriormente.

Para o desenvolvimento de uma Árvore de Eventos, quatro estágios devem ser desenvolvidos, a saber:

- I. Identificação do Evento Inicial;
- II. Identificação das Interferências;
- III. Construção da Árvore;
- IV. Descrição das Conseqüências.

Os resultados fornecidos pela Árvore de Eventos são, em geral, qualitativos, podendo, no entanto serem quantitativos, caso os dados probabilísticos estejam disponíveis. A quantificação da árvore é útil para a determinação das frequências de ocorrência das conseqüências.

Deve-se ressaltar que, como em cada ramificação da árvore só existem duas possibilidades, sucesso ou falha, as probabilidades de cada ramo são sempre complementares, isto é, somam 1,0.

Em geral, as Árvores de Eventos conduzem a caminhos bastante precisos entre o evento inicial e os eventos finais, analisando as diversas interferências ou contribuições existentes ao longo dos diferentes percursos.

#### *V.3.1.d.II Análise de Conseqüências*

A Análise de Conseqüências consiste na aplicação de modelos matemáticos para a representação dos fenômenos decorrentes das hipóteses acidentais definidas na etapa anterior.

Os modelos utilizados devem simular a ocorrência de incêndios, explosões ou liberações de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis, quando do vazamento de uma substância química no ambiente, de acordo com as possíveis tipologias acidentais.

Para avaliar as conseqüências de uma hipótese acidental, seja de um produto inflamável ou tóxico, é fundamental o conhecimento das condições nas quais a mesma ocorre, tais como:

- I. Tipo de vazamento (líquido, gasoso ou bifásico);
- II. Duração do vazamento (contínuo ou instantâneo);
- III. Quantidade de produto envolvida;
- IV. Condições climatológicas da região;
- V. Características do produto envolvido;
- VI. Condições de transporte, processo ou armazenamento.

O estudo deverá conter, de maneira clara, todos os pressupostos assumidos; tais como, o tempo de ocorrência do fenômeno em função dos sistemas de controle e segurança existentes ou previstos, além de parâmetros, como a massa e/ou energia liberada e as premissas utilizadas para a determinação destas.

As conseqüências de um acidente com substâncias químicas variam de acordo com a intensidade, podendo gerar não só prejuízos internos ao empreendimento, como também prejuízos externos, como destruição de casas ou de outras instalações, mortes ou ferimentos na população, além de impactos ao meio ambiente.

Desta forma, além de uma previsão dos tipos das conseqüências, deve-se também adotar medidas para reduzi-las.

A redução dos efeitos causados por um evento acidental pode ser conseguida através de medidas que se apliquem para a redução do impacto físico e para a proteção da população exposta.

Assim, dentre outras medidas, podem ser listadas as que seguem:

- Redução das quantidades das substâncias envolvidas;
- Eliminação ou minimização de *Efeito Dominó*, como por exemplo, através de alterações das distâncias relativas entre instalações;
- Previsão de sistemas de contenção e limitação dos danos provocados por incêndios, explosões ou vazamentos de gases tóxicos, como por exemplo, através de confinamento e revestimento térmico, entre outros;
- Reforço de estruturas;
- Definição de distâncias suficientemente seguras de agrupamentos urbanos, estradas, ferrovias, portos ou outra áreas vulneráveis.

Cabe lembrar que, definidas as medidas para redução das conseqüências, os cálculos para a quantificação destas deverão ser revisados, a fim de se comprovar que, após a adoção de tais medidas, as conseqüências ficarão restritas aos limites do empreendimento e são plenamente controláveis.

Caso as conseqüências continuem extrapolando os limites do empreendimento, as hipóteses acidentais deverão ser analisadas em termos de suas freqüências de ocorrência.

#### *V.3.1.d.III Análise de Vulnerabilidade*

Os danos ao homem e às propriedades dependem das conseqüências físicas dos acidentes e da capacidade de resistência dos corpos expostos.

Desta forma, deverá ser realizada uma avaliação dos efeitos das hipóteses acidentais simuladas pelos modelos de conseqüências, devendo os resultados ser apresentados na forma de mapeamentos, contendo:

- I. Intensidades das radiações térmicas de incêndios;
- II. Intensidades das sobrepressões decorrentes de explosões;
- III. Intensidades das concentrações de vazamentos tóxicos;
- IV. Níveis de concentração de poluentes no solo e na água.

Deverão também ser aplicados modelos e padrões de referência, como por exemplo, funções probabilísticas, considerando a real situação de distribuição populacional, instalações físicas, direção e velocidades de ventos, além de outros fatores peculiares a cada cenário.

Além dos impactos causados ao homem, deverão também ser analisados os ecossistemas envolvidos, em termos de poluição do ar, do solo e da água.

#### V.3.1.e Estimativa de Frequências

Definidas as hipóteses acidentais cujas conseqüências tenham sido consideradas relevantes e ultrapassem os limites do empreendimento, a próxima etapa a ser identificada é estimar as frequências de ocorrências.

Em alguns casos, para se calcular a frequência de ocorrência de um evento, deve-se obter uma análise histórica de acidentes, onde o número de eventos registrados pode ser dividido pelo tempo de exposição (por exemplo: anos de uma planta, km/ano de uma tubulação, etc.).

Em geral, uma técnica bastante utilizada para esta tarefa é a *Análise de Árvore de Falhas (AAF)*; enquanto que para estimar as frequências das diferentes seqüências acidentais, utiliza-se a *Árvore de Eventos Quantificada*.

Os resultados são obtidos em termos de unidades de frequência ou probabilidades. As unidades de frequência constituem o número de eventos esperados por unidade de tempo. Já as probabilidades são adimensionais e descrevem a possibilidade de um evento ocorrer.

##### V.3.1.e.I *Análise de Árvore de Falhas – AAF*

Conforme definição dada pela CETESB, é uma técnica dedutiva que permite identificar as causas potenciais de acidentes e falhas num determinado sistema, além de possibilitar estimar a frequência com que uma determinada falha pode ocorrer.

Deve-se construir uma Árvore de Falhas individual para cada falha específica do sistema a ser analisado. Para iniciar o desenvolvimento de uma árvore de falhas deve ser escolhido um evento indesejado (hipótese acidental considerada), a ser denominada de evento-top, por localizar-se na parte superior do diagrama (CETESB, 2000b).

A partir daí deverão ser analisadas as falhas dos equipamentos, dos sistemas de controle ou procedimentos inseguros no sentido descendente da árvore, utilizando-se a lógica dedutiva até que todas as causas básicas contribuintes para a ocorrência do evento-topo tenham sido identificadas (CETESB, 2000b).

O resultado desta análise é uma representação gráfica de todas as possíveis causas básicas e os modos pelos quais elas podem se combinar para gerar o evento topo. Para a quantificação das árvores deverão ser empregadas taxas de falhas ou probabilidades em seus diferentes ramos para que possam ser estabelecidas relações matemáticas, de modo a se obter a frequência de ocorrência final do evento-topo (CETESB, 2000b).

Os técnicos que forem realizar a análise devem ter um conhecimento profundo da instalação, das modalidades de falha dos equipamentos e dos dados de taxas de falha, além de dispor de diversas informações técnicas, como especificações de equipamentos, procedimentos operacionais, fluxogramas de processo, diagramas de instrumentação (CETESB, 2000b).

De modo geral, a frequência de ocorrência de uma hipótese acidental está diretamente ligada às taxas de falhas de cada componente do sistema.

As Árvores de Falhas são ferramentas analíticas úteis que auxiliam na intensificação das diversas maneiras pelas quais pode ocorrer uma falha num sistema, no processamento dos dados de falha dos componentes para produzir uma estimativa das probabilidades e na determinação dos efeitos que a mudança ou adição de componentes a um sistema causaram no seu desempenho global (CETESB, 2000b).

#### V.3.1.f Avaliação e Gerenciamento de Riscos

Para proceder a uma avaliação de riscos, torna-se necessário conhecer uma série de fatores por vezes desconhecidos, devido à incerteza na determinação de todos os riscos existentes ou possíveis de ocorrer numa instalação e também da escassez de informações neste campo.

De acordo com a CETESB, os riscos a serem avaliados devem considerar o levantamento de possíveis vítimas fatais, bem como os danos à saúde da comunidade existente nas circunvizinhanças do empreendimento, além dos impactos agudos causados ao meio ambiente.

Entendendo-se que o termo *risco* é representado por uma função matemática que relaciona as frequências de ocorrências das hipóteses acidentais identificadas e suas respectivas conseqüências, em termos de danos ao homem, pode-se, com base nos resultados quantificados das etapas anteriores do estudo, calcular o risco de um empreendimento, expresso na forma de vítimas fatais por ano.

Assim, o risco de ocorrência de vítimas/ano pode ser calculado conforme segue:

$$\begin{aligned} \mathbf{R} &= \mathbf{f} [ \mathbf{f(i)}, \mathbf{C (i,j)} ] \\ \mathbf{R} &= \sum_{i=1,n} \mathbf{f_i} \cdot \mathbf{C_i} \\ &\quad \mathbf{j = 1,m} \end{aligned}$$

Onde

R é o risco (mortes/ano) – risco social;

$f_i$  é a frequência de ocorrência do evento acidental  $i$  ( $\text{ano}^{-1}$ );

$C_i$  é a conseqüência (s) gerada (s) pelo evento  $i$  (mortes).

Com o objetivo de subsidiar a tomada de decisão quando da implantação de um novo empreendimento ou mesmo para o gerenciamento dos riscos decorrentes de uma instalação existente, pode-se obter uma estimativa numérica que permita, através de análise adequada comparar diferentes situações de risco.

A análise comparativa de riscos permite estabelecer os limites aceitáveis ou não de risco. Esta tarefa não é tão simples, pois envolve a discussão da aceitabilidade (tolerabilidade) desses riscos, que depende de um julgamento, muitas vezes subjetivo e pessoal, envolvendo temas complexos, como por exemplo, a percepção de riscos, que varia de pessoa para pessoa, motivo pelo qual vem sendo objetivo a algum tempo de vários estudos acadêmicos.

Apesar dos assuntos envolvidos serem complexos, bem como da necessidade de obtenção de dados e informações básicas para a definição dos indicadores requeridos para a implementação de critérios de aceitabilidade, sua definição é uma importante

medida para evitar discussões exaustivas entre os responsáveis pela avaliação dos estudos de análise de riscos, o interessado pelo empreendimento e a comunidade envolvida, causadas exatamente pela inexistência de um critério que possa ser utilizado como orientador.

Entretanto, esta forma não pode ser utilizada para a quantificação de impactos ao meio ambiente (solo, ar, água, fauna e flora). Deste modo, emprega-se uma análise qualitativa do risco ambiental.

### V.3.2 *Análise Qualitativa do Risco Ambiental*<sup>35</sup>

Diante de um acidente ambiental, uma variedade de efeitos socioambientais pode ser identificada. Considerando como o evento causador do impacto ambiental o acidente ambiental, busca-se através de uma matriz (Tabela 7) que apresenta as classes de frequência de ocorrência dos perigos identificados, a categoria de frequência na qual a empresa se enquadra após ter sido feito um levantamento dos acidentes provocados pela mesma.

A categorização das conseqüências foi feita a partir de um estudo realizado para a Petrobras Transporte S/A – Transpetro com o objetivo de determinar a matriz de avaliação dos riscos ambientais.

**Tabela 7 – Classes de probabilidade de ocorrência do acidente ambiental.**

<b>Classe</b>	<b>Frequência (ocorrência/ano)</b>	<b>Descrição</b>
I	$F < 0,001$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer em mais de 1.000 anos.
II	$0,001 < F < 0,01$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer no intervalo de 100 a 1.000 anos.
III	$0,01 < F < 0,1$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer no intervalo de 10 a 100 anos.
IV	$0,1 < F < 1$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer no intervalo de 1 a 10 anos.
V	$F > 1$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer mais de uma vez ao ano

Fonte: Adaptada da PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

<sup>35</sup> Este subcapítulo foi elaborado com base na Metodologia de Análise Preliminar de Perigos – APP, associado à quantificação das hipóteses acidentais por consultores da Petrobras (Transpetro), Habtec e da EIDOS do Brasil.

A avaliação das conseqüências foi conduzida de maneira análoga a um Estudo de Impacto Ambiental usando a experiência técnica de como se percebe a evolução do impacto, sem avaliação quantitativa e sem o uso de equações. Para tanto, criaram-se quatro critérios que são demonstrados através de matrizes para classificar a repercussão ambiental, sendo que elas têm graus semelhantes e o valor final é representado pela média destas matrizes. Não foram adotados graus diferenciados tendo em vista as incertezas.

Apresentação dos critérios:

1. Tempo de Recuperação do Ambiente Impactado
2. Linha de Costa Atingida
3. Recursos Biológicos
4. Socioeconômico

A tabela 8 apresenta, em termos de classes, o tempo de recuperação do ambiente face ao impacto causado.

**Tabela 8 – Matriz do Tempo de Recuperação do Ambiente Impactado.**

<b>Tempo de recuperação</b>	<b>Grau</b>
não há impacto	0
< 6 meses	1
6 meses – 2 anos	2
2 anos – 5 anos	3
> 5 anos	4

Fonte: PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

Em relação ao segundo critério, a Petrobras informa que o Cenpes tem feito estudos a cerca da sensibilidade dos ecossistemas brasileiros, destacando-se o da Baía de Guanabara que foi impactado por um acidente ocorrido em 1997. Este estudo baseia-se no trabalho de GUNDLACH & HAYES (1978) (Tabela 9).

**Tabela 9 – Matriz da Linha de Costa Atingida.**

Classes de sensibilidade de linha de costa	Extensão da costa atingida (km) <sup>1</sup>				
	Não atinge a costa	< 1	1 - 10	10 - 30	> 30
1 – Costão rochoso exposto	0	0,1	0,2	0,3	0,4
2 – Plataformas de abrasão	0	0,2	0,4	0,6	0,8
3 – Praias com areia fina	0	0,3	0,6	0,9	1,2
4 – Praias com areia grossa	0	0,4	0,8	1,2	1,6
5 – Praias com areia mista	0	0,5	1,0	1,5	2,0
6 – Praia de cascalho	0	0,6	1,2	1,8	2,4
7 – Planície de maré	0	0,7	1,4	2,1	2,8
8 – Costão rochoso abrigado	0	0,8	1,6	2,4	3,2
9 – Planície de maré abrigada	0	0,9	1,8	2,7	3,6
10 – Marisma, manguezal e margens dos rios	0	1,0	2,0	3,0	4,0

Nota 1: Caso sejam atingidos mais de um aspecto ambiental na costa, deve ser calculada a média ponderada destes aspectos.

Fonte: Adaptada da PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

O terceiro critério – Recursos Biológicos também apresenta uma matriz com classes definidas e teve como base também o trabalho de GUNDLACH & HAYES (1978) (Tabela 10).

**Tabela 10 - Matriz dos Recursos Biológicos.**

Recursos Biológicos	Grau
Afeta momentaneamente os recursos biológicos sem contudo promover alterações em suas funções ecológicas	0
Comunidade Planctônica	1
Comunidade Bentônica	2
Comunidade Nectônica	3
Comunidades Superiores (Vertebrados) – Mamíferos marinhos/terrestres, aves e répteis.	4

Fonte: PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

O quarto critério – Socioeconômico baseia-se no mapa de sensibilidade em desenvolvimento pelo CENPES (Tabela 11).

**Tabela 11 - Matriz Socioeconômica.**

<b>Socioeconômico</b>	<b>Grau</b>
Não repercute na economia local	0
Navegação (Cais e Píer)	1
Turismo/Esporte (Esportes náuticos, hotel, locais históricos, marinas e praias)	2
Atividades e Instalações Industriais, Portuárias; Instalações Amilitares (Atividades Comerciais) e Militares, Refinarias e Terminais.	3
Pesca/ Áreas de especial interesse ambiental (Unidade de Conservação), Colônia de pesca e, atividade pesqueira.	4

Fonte: PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

Portanto, a determinação do risco ambiental é realizada a partir da classificação do efeito decorrente de um acidente ambiental quanto às conseqüências ao meio ambiente, segundo os critérios apresentados e da freqüência de ocorrência do evento causador. Em alguns casos, para se calcular a freqüência de ocorrência de um evento, deve-se obter uma análise histórica de acidentes, onde o número de eventos registrados pode ser dividido pelo tempo de exposição (por exemplo: anos de uma planta, km/ano de uma tubulação, etc.).

Em termos quantitativos, o cálculo do risco é dado pela multiplicação entre o valor final representado pela média das quatro matrizes e a freqüência de ocorrência do acidente que constitui o número de eventos esperados por unidade de tempo. E qualitativamente, a Matriz de Avaliação dos Riscos Ambientais (Figura 7) define em que região/categoria se encontra o risco ambiental: inaceitável, aceitável e tolerável (ou negociável), a partir da freqüência de ocorrência e conseqüências ambientais provocadas pelo evento.

Consequência Ambiental					
4	Risco Tolerável		Risco Inaceitável		
3					
2	Risco Aceitável				
1					
0					
	1	2	3	4	5
	Frequência de Ocorrência				

**Figura 7 – Matriz de Avaliação dos Riscos Ambientais.**

Fonte: PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

- **Risco Ambiental Aceitável:** Os eventos localizados nesta região possuem um risco ambiental considerado aceitável.
- **Risco Ambiental Tolerável:** Os eventos localizados nesta região deverão possuir medidas preventivas, e estas medidas deverão ser rigorosamente comprovadas, e cumpridas por meio de um Plano de Gerenciamento de Risco.
- **Risco Ambiental Inaceitável:** Os eventos localizados nesta região possuem um risco ambiental considerado inaceitável, logo necessitando de uma reavaliação do projeto para trazer os riscos a valores toleráveis.

A avaliação do risco ambiental influenciará na escolha de ações de prevenção, de controle e de recuperação dos ecossistemas impactados, além de gerar informações para o plano de combate a derrames no mar.

### ***V.3.3 Benefícios da Análise de Riscos***

Embora o estabelecimento de uma política de gerenciamento de riscos esteja voltado para a segurança da população e do meio ambiente, vale ressaltar a importância quanto ao aspecto do controle de perdas e seguros, visando a administração dos riscos empresariais.

É importante, econômica e tecnicamente, que haja um controle dos riscos para evitar erros na seleção das medidas apropriadas de segurança ou na falta de informações, resultando na adoção de medidas desnecessárias e dispendiosas.

Para se prevenir dos riscos, evitar acidentes e afastamento por doenças profissionais, empreende-se um esforço considerável no gerenciamento geral, na pesquisa e identificação dos riscos no processo, nos procedimentos e nos equipamentos. Portanto, um dos objetivos da Análise de Riscos é avaliar como devem ser empregados estes recursos para que não haja desperdícios destes na implementação de controles não prioritários.

Vale ressaltar as variáveis que entram nas decisões dos empresários e dos administradores no campo da prevenção. Dentro do inevitável cálculo econômico que as empresas são levadas a seguir, elas fazem prevenção quando os seus benefícios superam os seus custos. Nesse ponto, o desconforto aumenta, pois dessa forma, conclui-se que quando os custos superam os benefícios, as empresas não investem na prevenção. As decisões nesse campo são tomadas, considerando esses dois fatores: os custos dos acidentes e doenças profissionais, de um lado, e os custos da sua prevenção, de outro. Esses dois custos, conjuntamente, afetam o custo total de produção e a própria rentabilidade das empresas.

Ao afetar o custo de produção, os acidentes e as doenças do trabalho forçam as empresas a elevar o preço dos bens e serviços que produzem o que pode gerar inflação ou sabotar a sua capacidade de competir. Nos dois casos isso compromete a saúde econômica das empresas, a imagem junto aos consumidores, a receita tributária e, conseqüentemente, o desempenho da economia como um todo.

Em termos gerais, um adequado gerenciamento de riscos não apenas favorece a segurança da comunidade e a preservação do meio ambiente, mas também, outros aspectos de interesse do empreendimento em áreas como mercado, imagem, faturamento, controle de perdas, transferências de riscos, exigências legais, segurança patrimonial; segurança e higiene do trabalho e controle ambiental.

## **VI. O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS CUSTOS DA QUALIDADE AMBIENTAL**

### **VI.1 Introdução**

As organizações empresariais devem, gradativamente, tentar inserir a variável ambiental no planejamento dos seus cenários e nas tomadas de decisões, além de manter uma postura responsável de respeito à questão ambiental. Para tanto, urge a necessidade de avaliar e identificar os fatores ambientais, visando à sobrevivência das empresas, a médio e longo prazos.

Portanto, é importante saber quanto custa melhorar e manter a qualidade ambiental desejada, prevista a partir da política ambiental e dos objetivos e metas da empresa, apoiada por um Sistema de Custos da Qualidade Ambiental. Baseando-se no estudo de CAMPOS (1996), este sistema visa prover dados que permitam, em paralelo à identificação dos aspectos e impactos ambientais, selecionar as ações a serem tomadas em áreas problemáticas da empresa, de maneira a conseguir reduzir os custos totais da qualidade ambiental.

A proposta deste capítulo é conhecer os custos relacionados ao meio ambiente (sob a ótica empresarial) e salientar a relevância da determinação apropriada destes para auxiliar no processo de tomada de decisão da empresa.

### **VI.2 Sistema de Custos Ambientais**

O sistema atual de custos não incorpora e/ou internaliza os chamados custos ambientais ou custos externos às empresas. Estes custos não fazem parte da alçada dos atuais sistemas de custos pois o sistema não considera as variáveis ambientais sob a forma de custos.

A identificação e obtenção destes tornam-se fundamentais para explicitar a causa e o efeito do problema, ou seja, conhecer os agentes geradores dos impactos socioambientais, os tipos de efeitos socioeconômicos na sociedade e os custos referentes a estas externalidades ou envolvidos na preservação do meio ambiente. Por isso, os custos ambientais deverão ser incorporados aos custos dos produtos a fim de determinar o valor real do produto.

Portanto, a inserção da variável ambiental é um importante elemento de decisão de compra, principalmente hoje em dia, onde é possível repassar ao consumidor os gastos ambientais realizados na melhoria dos processos, produtos e serviços, desde que estes tenham valores razoáveis, ou seja, que tenha sido realizada uma administração correta dos gastos ambientais.

A existência de um sistema de custos ambientais tem a vantagem de apresentar as despesas envolvidas e os benefícios financeiros resultantes. Vale ressaltar que torna-se necessário que as empresas participem, realizando melhorias nos seus processos, seja através de equipamentos mais eficientes, que refletem na redução de emissões de poluentes e conseqüentemente, na diminuição de casos de doenças respiratórias. Além do mais, o desempenho econômico da empresa pode ser afetado em decorrência das faltas e licenças que os funcionários tiram por conta dos problemas de saúde.

### ***VI.2.1 Conceito de Custo Ambiental***

O termo custo ambiental pode ser tratado como uma externalidade, segundo MOTTA (1998) e instituições que tratam deste assunto.

A economia neoclássica do bem-estar define externalidade como sendo o reflexo da ocorrência de uma atividade de produção ou de consumo de um bem ou serviço que provoca efeitos paralelos para os consumidores ou produtores envolvidos. Esses efeitos não são refletidos nos preços de mercado, ocasionando as denominadas “falhas de mercado”. Uma externalidade, portanto, ocorre quando a atividade de um agente econômico afeta negativamente ou positivamente o bem-estar ou o lucro de outro agente e não há nenhum mecanismo de mercado que faça com que este último seja compensado ou pague por isso.

Para MOTTA (1991), "externalidade" é um custo externo, ou seja, aquele custo que muito possivelmente não é incorporado aos custos do produto e arcado pelas empresas.

O COMASE – Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico, de forma semelhante a Motta, define o custo ambiental como um custo de degradação que corresponde a uma externalidade socioambiental, isto é, aos efeitos negativos resultantes da geração de uma atividade que não são arcados pelas entidades geradoras, porém são impostos a terceiros na ausência de qualquer ação voluntária.

Nesta visão de custo ambiental tratado como uma “externalidade”, pode-se enfocar dois aspectos distintos:

- o custo ambiental sob o aspecto da utilização do “bem comum” e
- o custo ambiental sob o aspecto do custo social.

Em ambos os casos há um ponto em comum: tais custos, normalmente, não entram nos cálculos do custo do produto, por isso são tratados como custos externos.

#### VI.2.1.a Custo Ambiental sob o aspecto da utilização do “bem comum”

Esta primeira abordagem de custo ambiental baseia-se na necessidade de considerar o meio ambiente sem proprietários, ou seja, o meio ambiente como um bem comum a todos. De fato, o meio ambiente realmente é um bem coletivo, a todos pertence e todos - direta ou indiretamente - dele usufruem. Entretanto, ao utilizar indevidamente este bem o custo que está sendo gerado não é agregado ao custo total.

Exemplificando a situação. Quando uma determinada indústria extrai recursos naturais do solo que serão utilizados no beneficiamento e processamento de um determinado produto, gera-se um custo ambiental, pois não se paga pelos bens ambientais que não pertence somente à fábrica ou aos seus proprietários

MOTTA (1991) ressalva que a grande dificuldade e complexidade estão quando se tenta atribuir valor a alguns bens e serviços ambientais declarados como intangíveis, pois como afirma o autor "a maioria dos serviços ambientais em risco não é transacionada no mercado e, portanto, não tem preço. O fato de não ter preço não significa que não tenha valor econômico".

#### VI.2.1.b Custo Ambiental sob o aspecto do “custo social”

A segunda abordagem trata também dos custos decorrentes das “externalidades”, porém possui uma diferença básica. Nesta situação, qualquer atividade que, por algum motivo, esteja provocando danos ou alterações maléficas ao meio ambiente e não esteja arcando diretamente com isto, está gerando um custo ambiental à sociedade como um todo, ou um custo social. Portanto, a população deve arcar também com este tipo de custo, que não será incorporado por quem o gerou, por exemplo, os custos relacionados com a limpeza das casas por conta da fuligem que é lançada pelas indústrias e com os

remédios gastos para cuidar dos problemas respiratórios provocados por poluentes atmosféricos provenientes da mesma.

BANNOCK (1977) define custos sociais como "os custos de certa atividade ou produto que são bancados pela sociedade como um todo e que não são necessariamente iguais aos custos bancados pelo indivíduo ou empresa que realiza aquela atividade ou produção".

Em outras palavras, equivale aos custos dos recursos utilizados em uma certa atividade, juntamente com o valor de qualquer perda de bem-estar ou aumento de custo que a atividade cause a qualquer outro indivíduo ou empresa.

Na tentativa de internalizar os custos ambientais, FERREIRA (2001) constata que a empresa deve buscar alcançar um desenvolvimento econômico sustentável, adotando uma gestão ambiental eficiente capaz de propiciar benefícios à empresa que superem, anulem ou reduzam os possíveis custos ambientais que venham a surgir. Neste contexto, a empresa pode conduzir ações e o governo adotar políticas para o controle ambiental com intuito de reduzir os efeitos da degradação ambiental.

### **VI.3 Processo de Gestão da Atividade Produtiva sob o Enfoque Econômico e Ambiental**

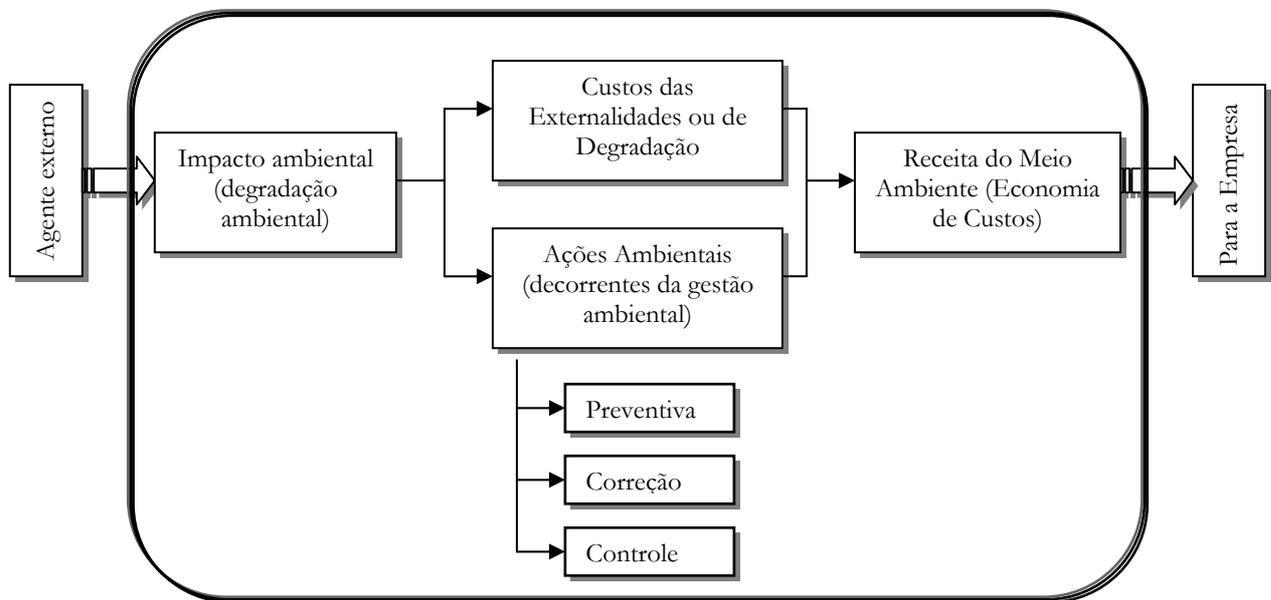
A gestão da atividade produtiva sob este enfoque tornou-se sinônimo de produtividade e sobretudo, de competitividade para a empresa, através da maior eficiência no uso de materiais no processo produtivo, da redução das despesas com a disposição final de resíduos sólidos, da maior eficiência gerencial resultante de uma boa sintonia de trabalho entre os responsáveis pelas compras, pelo projeto, pela produção e manutenção a fim de alcançar uma melhoria no desempenho ambiental da empresa. Se outrora a poluição era compreendida como aquele indesejável mal necessário ao desenvolvimento, agora a poluição é entendida como um recurso produtivo desperdiçado.

Existe a necessidade, então, de que sejam conhecidas com detalhes as previsões de custos para cada ação programada e um acompanhamento contábil dos custos efetivos, para se identificar os benefícios, compensações e reduções de custos a médio prazo, ou, por outro lado, eventuais despesas sem o retorno esperado pela empresa, em seus estudos de planejamento.

Os riscos de acidentes são muito grandes nas empresas que estejam preocupadas com a variável ambiental ou que não tenha um Sistema de Gestão Ambiental implementado, pois este tende a realizar um diagnóstico dos riscos de acidentes.

Considerando que os processos produtivos de uma empresa possam causar alterações malélicas ao meio ambiente, urge a necessidade de uma gestão específica que requer informações apropriadas sobre os fatores que provocam a degradação ambiental. Desta forma, é possível avaliar os efeitos à sociedade e selecionar as medidas adequadas de controle, combate ou prevenção à poluição (Quadro 8).

**Quadro 8 – Processo de Gestão da Atividade Produtiva  
sob o enfoque econômico e ambiental.**



Fonte: Baseado em FERREIRA (2001)

Portanto, um dos primeiros passos para a aplicação deste processo de gestão é a investigação do(s) agente(s) externo(s) que provoca(m) o efeito indesejável. Esses agentes externos podem ser atribuídos as falhas humanas ou as falhas no projeto durante a construção e montagem do oleoduto ou em relação ao material utilizado e à fixação do mesmo no terreno ou no processo de monitoramento do sistema de detecção de vazamento de um duto ou de um tanque de uma refinaria ou qualquer outro responsável por causar um impacto ambiental poluidor. A partir destas variáveis perturbadoras, deve-se verificar e identificar as principais causas que culminaram no evento e

posteriormente, a frequência com que elas contribuem para a ocorrência deste, através dos estudos de análise de risco ambiental.

Frente a probabilidade de ocorrer um acidente ao meio ambiente e por conseqüência, a empresa tiver que incorrer em custos de externalidades, a gestão ambiental surge com a proposta de administrar (gerenciar) o uso dos recursos ambientais por meio de ações ou medidas econômicas, investimentos e providências institucionais e jurídicas visando a manutenção ou recuperação da qualidade do meio ambiente. Essas ações são de diferentes naturezas: corretiva, preventiva ou destinada a controlar a utilização dos recursos ambientais.

Espera-se que com a efetividade destas ações, os custos decorrentes dos impactos ambientais – custos de externalidades – e das falhas durante o processo sejam reduzidos ou evitados e que retorne para a sociedade benefícios provenientes do emprego destas ações, como por exemplo a diminuição ou total eliminação de tratamentos de saúde devido aos poluentes emitidos pela empresa e ausência de multas.

Do ponto de vista do empreendedor, algumas vantagens somente serão alcançadas se a empresa atingir as seguintes metas:

- a) Reparar/corrigir o dano causado no ambiente, de modo a colocá-lo nas mesmas condições em que se encontrava antes da degradação, ou o mais próximo disso.
- b) Procurar evitar que novas degradações venham a ocorrer.
- c) Fiscalizar todas as ações da empresa que envolva alterações ambientais, de modo a tê-las sob controle e evitar expor o meio ambiente a riscos desnecessários.

Satisfazendo estas metas, a empresa pode usufruir do aumento da produtividade, por acesso a mercados específicos para produtos, de um sistema de comunicação mais eficiente e ágil entre os atores envolvidos para evitar interpretações errôneas das irregularidades detectadas, da ausência de multas, da não incorrência de riscos de indenizações a terceiros, entre outros.

Os efeitos desta gestão se materializam de diversas formas, seja assumindo uma postura proativa perante a sociedade, instituições governamentais e não-governamentais ao empregar programas sociais para que haja a participação da população ou através da economia nos custos, pois ao empregar um processo que contemple um sistema de proteção e gerenciamento ambiental ou quaisquer outras atividades preventivas,

corretivas ou de controle, o empreendedor estaria reduzindo seus custos de degradação ao meio ambiente.

Portanto, sob o enfoque econômico-ambiental, o resultado deste processo de gestão se traduz através da análise comparativa dos custos de degradação com os investimentos necessários para implementar ações ambientais, seja em termos de prevenção, correção e controle, a fim de selecionar a medida mais viável economicamente.

O resultado desta análise comparativa também pode conduzir ou não a uma **Economia de Custos** para a empresa, também conhecida por **Receitas do Meio Ambiente**.

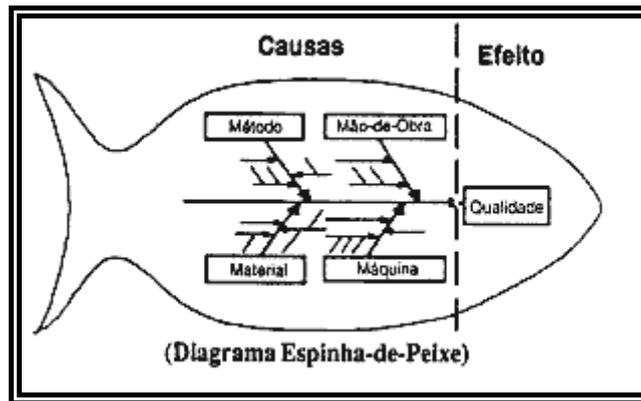
A identificação e registro dos custos ambientais não resolvem os problemas de qualidade ambiental. De acordo com MOURA (2000), a solução dos problemas ambientais é consequência da existência de um Sistema de Gestão Ambiental bem administrado, da identificação clara dos problemas/falhas, utilizando como ferramenta o Diagrama de Causa e Efeito ou “Espinha-de-peixe” criado pelo japonês Kaoru Ishikawa, além da elaboração de um Plano de Ação e um Sistema de Informações Gerenciais estruturado que proporcione dados para orientar futuras decisões com problemas ambientais.

### ***VI.3.1 Diagrama de Causa e Efeito***

O Diagrama de Causa e Efeito foi desenvolvido para representar a relação entre o “efeito” e todas as possibilidades de “causa” que podem contribuir para tal resultado. O efeito é colocado no lado direito do diagrama, e os grandes contribuidores ou “causas” são listados à esquerda. É importante notar que, para cada efeito, existem inúmeros conjuntos de causas.

As causas principais podem ser agrupadas em quatro categorias, conhecidas como os “4 M”; método, mão-de-obra, material e máquina. Nas áreas administrativas talvez seja mais apropriado utilizar os “4 P”: políticas, procedimentos, pessoal e planta (layout). Pode-se usar qualquer classificação que auxilie as pessoas a pensarem criativamente.

Um Diagrama de Causa e Efeito bem detalhado terá a forma de uma espinha de peixe – daí o nome alternativo de “Diagrama Espinha-de-peixe” (Figura 8).



**Figura 8 – Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama “Espinha-de-peixe”.**

Fonte: Baseado em MELLO e CAMARGO (1998)

A partir de uma lista bem definida de possíveis causas, as mais prováveis são identificadas e selecionadas para uma melhor análise. A combinação desses elementos (causa) identificará como os impactos podem afetar o processo e gerar efeitos maléficos ao meio ambiente.

VI.3.1.a Etapas para a Elaboração de um Sistema de Gestão Ambiental passando pela construção do Diagrama Causa e Efeito

**Passo 1:** Estabeleça de comum acordo uma definição que descreva o problema selecionado nos seguintes termos: o que é, onde ocorre, quando ocorre, e sua extensão.

**Passo 2:** Faça a pesquisa das causas por um dos seguintes métodos:

- a) Um *brainstorming* (“tempestade de idéias”) das possíveis causas é uma técnica utilizada por grupos de trabalho para encorajar a geração, esclarecimento e avaliação de uma lista de idéias, problemas ou tópicos de forma criativa e rápida, a respeito de determinado assunto.
- b) Uso da folha de verificação pelos membros do grupo, para detectar causas e examinar as etapas do processo mais de perto.

**Passo 3:** Construa o diagrama:

- 3.1 Coloque o problema já definido no quadro à direita.

3.2 Desenhe as categorias de causa – tradicionais (método, material, mão-de-obra e máquina) e/ou outras – que auxiliem na organização dos fatos mais importantes.

3.3 Aplique o resultado do *brainstorming* às categorias principais apropriadas.

3.4 Para cada causa, questione “por que isso acontece?”, considerando as respostas como contribuidores da causa principal (Figura 9).



Figura 9 – Aplicação do Diagrama de Causa e Efeito na área médica.

Fonte: Baseado em MELLO e CAMARGO (1998).

Se for usado de forma metódica e sistemática, permitirá o aperfeiçoamento dos processos da empresa, ganhos em qualidade e produtividade, bem como economia de recursos.

**Passo 4:** Proceda à interpretação do gráfico, no sentido de pesquisar as causas básicas do problema:

4.1 Observe aquelas que aparecem repetidamente.

4.2 Avalie os índices associados aos riscos para as falhas. Hipoteticamente, utilizam-se os índices de ocorrência, severidade e detecção. Os índices podem ser estabelecidos conforme a seguinte escala:

- Ocorrência da falha: 1 (baixa probabilidade de ocorrência) a 10 (alta probabilidade de ocorrência);
- Severidade da falha: 1 (pouco grave) a 10 (muito grave);
- Detecção da falha: 1 (grande probabilidade de ser identificada antes de alcançar o cliente) a 10 (pequena probabilidade de ser identificada antes de alcançar o cliente).

Portanto, o risco é a multiplicação dos três índices anteriores.

**Passo 5:** Construa cenários simulando o uso das ações preventivas, corretivas e de controle, uma de cada vez ou combinadas, frente ao impacto ambiental ocorrido por uma atividade.

5.1 Identifique e selecione as ações a serem utilizadas.

5.2 Mensure os custos incorridos para aplicação de cada uma delas.

5.3 Avalie-os comparativamente com os benefícios gerados com a redução/eliminação dos custos das externalidades em face da probabilidade de ocorrer um acidente/falha em um material, método, máquina ou na mão-de-obra, e isto trazer algum efeito/impacto ao meio ambiente local.

Na ausência de dados de ocorrência, detecção e severidade de falhas dos “4M” que impossibilitam a consecução da avaliação comparativa entre as ações ambientais e os custos de externalidades, considera-se o caso no qual ocorreram problemas graves em todas as causas averiguadas, provocando um efeito incontrolável, ou seja, um acidente ambiental. Desta forma, torna-se necessário avaliar qualitativamente o risco ambiental a partir das categorias de frequência de ocorrência de acidentes ambientais e de conseqüências (vide Capítulo V).

Tendo sido determinada a probabilidade da sociedade incorrer em custos de externalidades (ou de degradação), é possível verificar a Economia de Custos (ou Receita do Meio Ambiente) que a empresa tem ao investir em ações preventivas, corretivas e de controle que proporcionam uma qualidade ambiental.

## **VI.4 Uma Nova Abordagem para os Custos Ambientais**

Até então, os custos ambientais eram conhecidos sob a ótica das “externalidades”. No entanto, para este trabalho que requer uma nova abordagem, também serão incorporados na análise econômica e ambiental os custos ambientais sob o ponto de vista empresarial, e por fim a mensuração destes.

Considerando as mudanças surgidas nas últimas décadas na relação entre meio empresarial e meio ambiente, as empresas se vêem exigidas a incorporar a variável ambiental a fim de se manter no cenário empresarial competitivo.

Entretanto, a avaliação apenas sob a ótica das “externalidades” para o cálculo do custo ambiental não é suficiente para auxiliar o empresário nas tomadas de decisões. Esta abordagem é uma visão simplificada pois os custos de externalidades são arcados apenas pela sociedade e não pela empresa. Os custos tornam-se atrativos para o empresário quando buscam soluções para redução dos impactos e conseqüentemente, diminuição dos custos ambientais e aumento dos benefícios ao meio ambiente.

Urge a necessidade do desenvolvimento de uma nova proposta de custos ambientais que revele as quantias dispendidas na obtenção da qualidade ambiental. Segundo a ISO 8.402, os custos da qualidade são “custos incorridos para garantir e assegurar a qualidade, bem como aqueles decorrentes das perdas quando essa qualidade não é obtida.”

Baseando-se nos estudos de CAMPOS (1996) e FERREIRA (2001) que apresentam modelos atuais de custos da qualidade, uma nova abordagem surge para auxiliar as empresas na identificação e avaliação dos custos ambientais. A escolha por este modelo faz-se por considerá-lo um ótimo indicativo para avaliar o quanto às empresas deixaram de ganhar ou estariam perdendo, a partir dos danos ambientais provocados por atividades econômicas.

### ***VI.4.1 Os Custos da Qualidade***

#### **VI.4.1.a Considerações Gerais**

Segundo PHILLIP CROSBY (1986), qualidade não custa; a qualidade é um investimento com retorno assegurado. O que custa e provoca enormes prejuízos às organizações é a não-qualidade. Cada vez que há necessidade de refazer qualquer parte

do trabalho já realizado seja por falhas próprias ou por falhas de outros, o custo real está crescendo.

A expressão “Custo da Qualidade” vem causando certa confusão no âmbito das empresas pois associa a idéia de melhoria da qualidade ao aumento dos custos dos produtos. Na verdade, ter qualidade é lucrativo. Entretanto, uma outra expressão “aumentando a qualidade, aumenta-se a produtividade” que é encontrada nas normas nacionais, estrangeiras e internacionais, “bate de frente” com a idéia de lucratividade; de qualquer forma, por ser uma expressão já consagrada, prefere-se mantê-la.

As organizações buscam sempre a utilização racional dos recursos para alcançar o seu objetivo final. A abordagem que será realizada a respeito dos “Custos da Qualidade” é uma ferramenta de grande valor para a racionalização dos recursos.

#### VI.4.1.b Definições de Custos da Qualidade

Baseando-se na literatura de controle de qualidade e tendo como objetivo oferecer suporte às ações de melhoria ambiental, surgem diversos conceitos sobre “Custos da Qualidade” que variam conforme a aplicação que é dada pela empresa.

Um dos primeiros autores a definir custos da qualidade foi J.M.JURAN (1992) que dizia que era aquele que não deveria existir se o produto fosse fabricado perfeitamente e sem haver falhas na produção, que pudesse levar a desperdícios e perdas da produtividade.

Armand FEIGENBAUM (1990) conceituava custos da qualidade como aqueles associados à definição, criação e controle da qualidade, bem como à determinação do valor e retorno da conformidade com a qualidade, confiança e critérios de segurança. Este autor ressalva a importância de medidas para a qualidade e propõe uma classificação para os “Custos da Qualidade” em quatro categorias:

- Prevenção e Avaliação, que são os Custos de Controle (ou da Qualidade) e
- Falhas Internas e Externas, que são os Custos das Falhas de Controle (ou da Não-Qualidade).

Atualmente, esta classificação tem sido muito utilizada pela maioria dos autores que aplicam e discutem os conceitos de “Custos da Qualidade” (Quadro 9).

### Quadro 9 – Categorização dos “Custos da Qualidade”.

Custo do Controle = (Custo da Prevenção) + (Custo da Avaliação)  
ou da Qualidade (Treinamento) (Avaliações)

Custo da Falha de Controle = (Custo das Falhas Internas) + (Custo das Falhas Externas)  
ou da Não Qualidade (Perdas internas) (Perdas no cliente)

Fonte: Baseado em CAMPOS (1996)

No final da década de 70 e início da década de 80, os “Custos da Qualidade” receberam uma maior atenção de gerentes que estavam preocupados com o sucesso dos programas de qualidade de suas empresas.

No início dos anos 90, com o aumento da competitividade mundial, as empresas adquiriram uma preocupação maior em controlar e gerenciar seus custos. Com isso, novos sistemas de custos surgem para substituir a obsolescência e imprecisão dos sistemas de custos tradicionais. Neste contexto, trabalhar com “Custos da Qualidade” passa a ser fundamental para a racionalização e otimização dos recursos.

Em suma, o objetivo dos “Custos da Qualidade” é identificar os problemas quanto à qualidade e direcionar os esforços para se prevenir destes tipos de problemas.

#### VI.4.1.c Classificação dos “Custos da Qualidade”

Adotando a classificação proposta por FEIGENBAUM (1990), os **Custos de Controle** (ou **da Qualidade**) podem ser entendidos como aqueles necessários para garantir que o produto saia perfeito e os **Custos da Falha de Controle** (ou **da não-Qualidade**) são aqueles em decorrência das falhas que podem ser detectadas na linha de produção, antes que o produto saia da empresa ou mesmo depois que o produto já esteja no mercado. A seguir são apresentadas as categorias de Custos da Qualidade e da não-Qualidade.

## Custos da Qualidade

### VI.4.1.c.I Custos de Prevenção

Relativos às atividades que buscam evitar a produção de produtos, componentes ou serviços insatisfatórios ou defeituosos. Os gastos com prevenção incluem os investimentos e demais dispêndios (demonstrados a seguir), que visam assegurar a conformidade com requisitos da Qualidade a níveis econômicos. Segundo o IBP (1990) são considerados custos de prevenção:

<b>Custos de Prevenção</b>	- Desenvolvimento de projetos de produtos/serviços a fim de satisfazer as necessidades do cliente/usuário em requisitos e padrões confiáveis de qualidade e para gerenciar a qualidade na fase de desenvolvimento do novo produto/serviço. Para esta tarefa, incluem-se os custos de análise crítica do projeto; testes de qualificação de novos produtos/serviços; inovação tecnológica e alterações significativas em projetos de produtos/serviços já existentes.
	- Planejamento da qualidade do processo produtivo para assegurar a capacidade das operações produtivas em atingir os requisitos e padrões da qualidade. Para esta tarefa, incluem-se o planejamento das atividades de controle da qualidade para todas as etapas de processo; qualificação do processo; projeto e desenvolvimento de técnicas e instrumentos de medição e testes e aquisição e desenvolvimento de software para processamento de dados de inspeção e teste.
	- Administração e gerenciamento da qualidade através dos custos de salários administrativos da qualidade (gerentes, supervisores); planejamento do Sistema da Qualidade (Manual da Qualidade); análise e divulgação de índices da qualidade (relatórios de custos e de auditoria); desenvolvimento de um plano anual de melhoria da qualidade envolvendo todas as atividades e despesas administrativas em geral.
	- Avaliação para assegurar a conformidade dos itens/serviços fornecidos e, minimizar o impacto das não-conformidades destes itens/serviços na qualidade dos produtos/serviços entregues. Para esta tarefa, incluem-se os custos de avaliação de fornecedores; preparação e manutenção da lista de fornecedores aprovados e do índice de desempenho dos fornecedores e o planejamento de inspeção de recebimento e na fonte.
	- Educação para a qualidade de todas as funções da empresa que possam afetar, direta ou indiretamente, a qualidade dos produtos/serviço. Para esta tarefa, incluem-se os custos incorridos com treinamento (educação, conscientização e motivação) de pessoal para a melhoria da qualidade e certificação de operadores.
	- Identificação das necessidades e percepção do cliente e/ou usuário quanto à qualidade que afeta a sua satisfação com os produtos e/ou serviços fornecidos. Para esta tarefa, incluem-se os custos de pesquisa de mercado; programas para buscar a opinião dos clientes/usuários; análise crítica dos contratos ou outros documentos que afetam os requisitos do produto/serviço e o desenvolvimento de procedimentos e listas de verificação para a entrada de pedidos.
	- Manutenção preventiva de equipamentos.

### VI.4.1.c.II Custos de Avaliação

Relativos às atividades associadas a medição, avaliação e auditorias de produtos ou serviços que garantam o atendimento aos requisitos especificados de qualidade. Para o IBP (1990) tais custos incluem:

<b>Custos de Avaliação</b>	- Testes e inspeções em produtos ou serviços adquiridos a fim de determinar sua adequação ao uso. Estas atividades podem ser executadas como parte da inspeção de recebimento ou como inspeção realizada no próprio fornecedor. Para esta tarefa, incluem-se os custos de ensaios e testes de aceitação no fornecedor e programas de controle; ensaios e testes de aceitação em laboratório; inspeção e testes de recebimento e a qualificação ou homologação de fornecedores, produtos ou serviços.
	- Avaliação de operações (Fabricação ou Serviço) através de inspeções, testes ou auditorias requeridas para determinar e assegurar o atendimento aos requisitos durante todas as fases de execução de um produto ou de um serviço. Para esta tarefa, incluem-se os custos de análise de informações para execução; inspeção e testes de protótipo; homologação de produtos ou processos por agências oficiais; inspeções e testes durante a execução dos serviços ou produtos; pessoal envolvido com avaliação da qualidade; manutenção, aferição, calibração do equipamento de inspeção da qualidade; materiais consumidos durante as inspeções, testes e ensaios, avaliação da deterioração das matérias-primas e componentes em estoque.
	- Avaliações efetuadas nas instalações do cliente, antes da aceitação oficial pelo mesmo. Para esta tarefa, incluem-se os custos de inspeção de transporte e armazenamento de campo; inspeção e ensaios durante a montagem no cliente e testes pré-operacionais.

### **Custos da não-Qualidade**

Relativos aos gastos para reavaliar, corrigir ou substituir produtos ou serviços não-conformes com os requisitos ou com as necessidades do cliente. Estes custos estão associados a produtos, componentes, materiais, documentos, equipamentos, informações e serviços, que falham em atingir os requisitos especificados, incluindo as consequências dessas falhas.

#### *VI.4.1.c.III Custos de Falhas Internas*

Resultam de falhas ou defeitos que ocorrem antes da transferência de propriedade do produto ou do serviço ao cliente final. Normalmente está associado a algum tipo de erro do processo produtivo, seja ele devido a falhas humanas ou mecânicas. Alguns exemplos de falhas internas, segundo a classificação do IBP (1990), são:

<b>Custo de Falhas Internas</b>	- Falhas de projeto de produto/serviço em razão das inadequações inerentes de projeto em relação à documentação das operações de produção. Para esta tarefa, incluem-se os custos de ação corretiva de projeto; retrabalho devido às mudanças de projeto; sucata devido às alterações de projeto e apoio à produção.
	- Falhas de suprimento (material de fornecedores) em relação aos requisitos da qualidade, inclusive o pessoal envolvido. Para esta tarefa, incluem-se os custos de rejeição de materiais comprados; reposição de materiais comprados; ação corretiva no fornecedor e retrabalho sobre os materiais não-conformes recebidos do fornecedor.
	- Falhas de operação (produto ou serviços) representam os custos gerais da qualidade e podem ser vistos como os custos relacionados com produtos ou serviços defeituosos, descobertos durante as operações de processo. Para esta tarefa, incluem-se os custos de análise de produto ou serviço não conforme e ação corretiva; retrabalho e reparo de operação; reinspeção/reteste; operações extras; sucatas de operação e perdas de mão-de-obra por falha interna.
	- Problema de embarque de material.
	- Refazer propostas antes de submetê-las ao cliente.
	- Comparecimento à reuniões internas sobre problemas da Qualidade.
	- Atrasos e buscas por informações incompletas ou perdidas.
	- Reciclo de documento para corrigir erros.
	- Redução de receita e penalidade devido ao atraso nas vendas faturadas.
	- Projetar novamente um item devido a erros ou problemas da fabricação.
	- Tempo perdido devido à deficiência do projeto ou à compra de materiais defeituosos.
	- Atrasos na produção e entrega gerando multas e penalidades.

#### VI.4.1.c.IV Custos de Falhas Externas

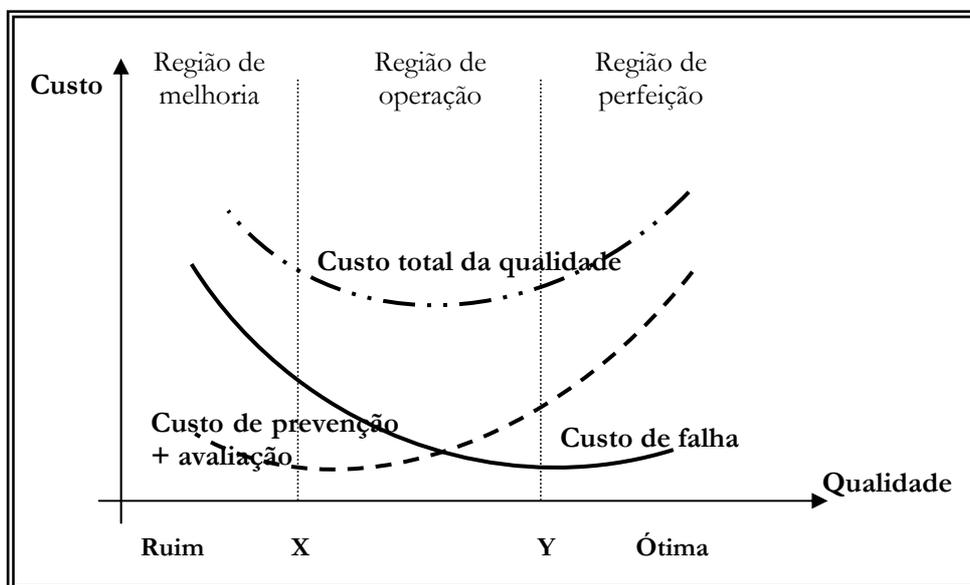
Resultam de falhas ou defeitos que ocorrem após a transferência de propriedade do processo produtivo ou de serviço ao cliente final. Podem ser considerados como custos de falhas externas, segundo a classificação do IBP (1990):

<b>Custo de Falhas Externas</b>	- Administração de reclamações, que inclui a investigação, julgamento e resposta às reclamações individuais dos clientes ou usuários por razões de qualidade.
	- Reclamações de responsabilidade pelo produto ou serviço, inclusive, custos de advogados, registros, custos de tribunal, responsabilidades e pagamentos.
	- Devolução de produtos ou serviços inclui o custo de manusear, transportar e contabilizar material devolvido, bem como avaliar e reparar ou trocar bens que não atendem os requisitos de aceitação pelo cliente ou usuário devido a problemas de qualidade.
	- Correção de não-conformidades nos produtos em garantia inclui todos os custos de má qualidade no local de operação ou execução dos serviços e os custos de pessoal que estejam fazendo trabalho associado com garantia.
	- Alteração das especificações de projeto para uma nova condição, baseado em re-cálculos significativos para minimizar ou mesmo eliminar as deficiências do projeto anterior.
	- Penalidade pós-entrega devido a falhas no atendimento aos requisitos contratuais pós-entrega do produto e/ou serviço.
	- Concessões ao cliente/usuário que não estão completamente satisfeitos com a qualidade dos produtos ou serviços recebidos, incluindo custos de descontos de vendas, extensões de garantia de produtos ou serviços.
	- Vendas perdidas por conta da redução de vendas por problemas de qualidade.
	- Reposição para manter a imagem da empresa.

#### VI.4.1.d Custos da Qualidade – Buscando o Mínimo Custo

As informações fornecidas sobre as categorias de custos devem ser analisadas e interpretadas de forma a identificar as oportunidades de melhoria e avaliar a evolução dos custos ao longo do período. Para tanto, são realizadas comparações entre as categorias de custo (Gráfico 12).

Estes custos variam muito de indústria para indústria, dependendo da tecnologia utilizada com relação a equipamentos que produzam menos resíduos e poluentes, do tipo de produto fabricado e matéria-prima empregada, da condição de motivação e treinamento de funcionários sobre a postura com relação aos problemas ambientais, etc.



**Gráfico 12 – Custos da Qualidade.**

Fonte: IBP, 1990.

- a) Quando os custos de falhas são dominantes, as oportunidades de aperfeiçoamento surgem quando estes se reduzem a fim de alcançar ações nas áreas de concentração de problemas da qualidade (Região de Melhoria). Nesta região, deve-se investir primordialmente em prevenção e avaliação para reduzir os custos de falha.
- b) Quando os custos de prevenção e de avaliação são dominantes, as melhores oportunidades de aperfeiçoamento aparecem na eliminação do perfeccionismo e da sobrequalidade (Região de Perfeccionismo).

- c) O custo total da qualidade possui um ponto ótimo que equivale à interseção entre as curvas de custos de falhas e custo de prevenção e de avaliação (Região de Operação). Esse ponto representa o custo mínimo global, desde que consiga obter um desempenho ambiental mínimo em condições compatíveis com as exigências de legislação e com a política ambiental da empresa.

Vale lembrar que esse gráfico é objeto de várias críticas pelo fato de representar um momento específico de um processo de produção de um dado produto ou serviço com condições fixas e de, portanto, não admitir o aperfeiçoamento da qualidade e a conseqüente redução de custos através da mudança do processo.

#### VI.4.1.e A Importância da Mensuração dos “Custos da Qualidade”

A identificação dos “Custos da Qualidade” permite uma seleção de informações importantes para auxiliar no gerenciamento de programas de qualidade e na redução dos custos totais, buscando o retorno dos investimentos e priorizando a implementação de programas nas áreas críticas em função dos custos.

Havendo um controle adequado nos “Custos da Qualidade”, através da utilização de medidas eficazes para a qualidade, torna-se possível controlar os níveis de “Custos da Não-Qualidade”, visando a eliminação das falhas de controle. Dessa forma, com um aumento planejado e controlado nos custos operacionais da qualidade, haverá uma redução dos custos operacionais decorrentes da não-qualidade e conseqüentemente, uma redução nos custos operacionais totais da qualidade. Segundo informações de CAMPOS (1996) para cada US\$ 1,00 gasto na prevenção e avaliação da qualidade, pode-se ganhar US\$ 4,00 com a diminuição de falhas internas e externas; os custos decorrentes destas falhas podem aumentar gradativamente se os erros e defeitos não forem detectados.

CORRADI (1994) explica que as empresas gastam muito pouco com a prevenção da qualidade e muito mais com a correção das falhas de controle, fato este que eleva os custos operacionais totais das empresas. No sentido de complementar estas informações, a tabela 12 apresenta duas maneiras de distribuição média dos “Custos da Qualidade” na indústria moderna.

**Tabela 12 - Percentuais Característicos dos Custos da Qualidade.**

<b>Categoria</b>	<b>Feigenbaum</b>	<b>Juran</b>
Custo de Prevenção	5% – 10%	0,5% – 5%
Custo de Detecção/Inspeção	20% – 25%	10% – 50%
Custo de Falha	65% - 70%	Interna: 25% - 40% Externa: 20% - 40%
Custo Total da Qualidade	100%	100%

Fonte: BALTAR, 2001.

A tabela 12 mostra que os custos com as falhas podem chegar a mais da metade do que se deve investir com a qualidade, segundo o ponto de vista de FEIGENBAUM, enquanto os demais custos a pouco menos de um quarto do total. Para JURAN, os custos das falhas são classificados em duas espécies: os internos (antes que o produto saía do processo produtivo) e os externos (depois que o produto sai do processo produtivo) e têm a mesma participação nos custos. Os custos de detecção/inspeção são os que aparecem com maior participação do total.

CAMPOS (1996) declara que CORAL (1995) evidencia dois enfoques básicos para mensurar os “Custos da Qualidade”: o enfoque tradicional e uma nova tendência que se baseia na utilização de valor agregado.

Sob o ponto de vista tradicional, os “Custos da Qualidade” são alcançados por meio da identificação de itens de custos, como: prevenção, avaliação, falhas internas e externas em uma organização, que se encontram em relatórios contábeis e através de ajustes em sistemas de custos tradicionais.

A nova tendência baseia-se nas atividades que agregam valor ao consumidor, associando o conceito de valor agregado aos “Custos da Qualidade” que relacionam os itens de controle e falhas de controle às atividades agregadas ou não. Desta forma, o gerenciamento da qualidade propõe-se a identificação das atividades que agregam ou não valor, eliminando as atividades que não agregam e que resultam em custos desnecessários à organização, buscando a satisfação dos seus clientes e consumidores.

#### ***VI.4.2 Uma Analogia entre Qualidade e Qualidade Ambiental***

Os aspectos abordados nos “Custos da Qualidade” indicam as falhas existentes antes e depois da entrega do produto/serviço ao cliente, bem como as medidas para prevenir e inspecionar problemas que possam surgir durante o processo produtivo. Para subsidiar esta identificação, são necessárias informações que contribuam para um melhor gerenciamento de custos das empresas, quando buscam o retorno dos investimentos e priorizam a implementação de programas nas áreas críticas em função dos custos.

A preservação ambiental é uma das preocupações do meio empresarial, que visa priorizar a prevenção à poluição e eliminar os resíduos/efluentes. Dessa forma, torna-se possível evitar as despesas com correções e até mesmo controle, e se necessário fazer uma reestruturação do seu processo produtivo.

Um dos objetivos deste trabalho é verificar a melhor ação (menor custo) a ser utilizada para evitar a degradação do meio ambiente e alcançar a qualidade ambiental, seja através da priorização dos ***gastos com prevenção*** destinados a reduzir a quantidade de poluente/efluentes ao ambiente por meio de investimentos em tecnologias limpas, e no caso de ter ocorrido o acidente, da redução dos ***gastos com controle*** destinados a manter as agressões ambientais dentro de parâmetros estabelecidos anteriormente por meio da inspeção periódica dos níveis de poluição; da redução dos ***gastos com correção*** destinados às recuperações decorrentes dos danos causados ao meio ambiente por meio do reflorestamento de áreas devastadas ou eliminando os ***custos referentes às falhas*** ocorridas no processo de redução, controle e correção da agressão ao meio ambiente (exemplo: multas e sanções).

Atualmente, as empresas buscam a qualidade por meio de uma política de qualidade e/ou programas a serem realizados. Na verdade, estas necessitam gerenciar seus custos, diminuir os custos das correções e das falhas ambientais e investir na prevenção da poluição, para que os custos totais se reduzam.

#### ***VI.4.3 A Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental***

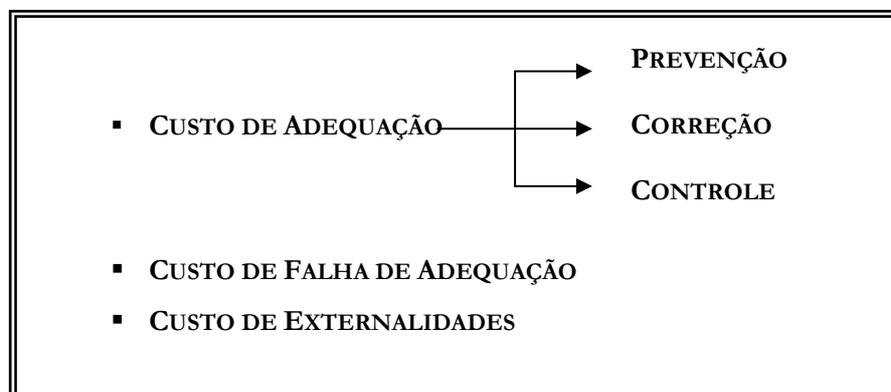
Considerando o cenário mundial que está atento às empresas que se preocupam com a questão ambiental, torna-se importante identificar os custos que se apresentam na relação entre o meio ambiente e o meio empresarial – Custos da Qualidade Ambiental.

Para tanto, devem-se conhecer dois aspectos relacionados com estes tipos de custo: as “externalidades” que serão tratadas pelos seguintes nomes: *custos externos* ou *custos de degradação* ou *custos de externalidades*, decorrentes dos impactos gerados pelas empresas e que no futuro, podem-se tornar grandes passivos ambientais e os *custos ambientais* incorridos pela empresa para tratar com atividades relativas à prevenção, à avaliação, às falhas internas e externas ao processo de produção.

Esta nova abordagem traz benefícios não apenas para empresas quanto para o meio ambiente. Sob o ponto de vista empresarial, as informações sobre os custos ambientais auxiliam nas propostas de melhorias para reduzir ou até mesmo eliminar tais danos, de forma que a empresa obtenha vantagens. Quanto aos benefícios proporcionados para o meio ambiente e a sociedade, a identificação destes custos também favorece a melhoria nos processos que resultem na diminuição do dano causado ao meio.

Busca-se no trabalho de CAMPOS (1996), a abordagem dada ao Custo da Qualidade Ambiental que define e identifica os custos ambientais do ponto de vista empresarial (Quadro 10).

**Quadro 10 - Abordagem dos Custos da Qualidade Ambiental.**



Fonte: CAMPOS (1996).

Seguindo a classificação adotada por CAMPOS (1996), o *Custo da Qualidade Ambiental* encontra-se dividido em três categorias: o Custo de Adequação (adequação a normas, leis, portarias, decretos, necessidades dos clientes, abertura de mercado, etc.), que por sua vez subdivide-se em Custo de Adequação através da Prevenção, do Controle e da Correção; o Custo das Falhas de Adequação; e os Custos de Externalidades ou de Degradação. A seguir são apresentadas as categorias que

compõem a visão de Custo da Qualidade Ambiental, descrevendo detalhadamente cada elemento.

#### VI.4.3.a Custo de Adequação

Sob o ponto de vista empresarial, este custo diz respeito aos custos necessários para se alterar o processo produtivo e se adequar às leis impostas por órgãos fiscalizadores, às leis de mercado que se modificam a cada momento, às normas ambientais nacionais e internacionais e às tecnologias “limpas”. Na verdade, o custo de adequação revela as ações tomadas pela empresa para se adequar a uma nova situação imposta pelo mercado ou governo.

A seguir serão abordadas as subdivisões de Custo de Adequação através da Prevenção, do Controle e da Correção.

##### *VI.4.3.a.I Custo de Adequação através da Prevenção*

Os custos de adequação através da prevenção são os dispêndios associados às atividades que buscam reduzir ou eliminar a emissão de poluição, se possível tentando chegar a 100% de prevenção ou zero de emissão. Alcançar zero de emissão é uma meta que distingue as empresas que buscam a qualidade ambiental e as que apenas reduzem os custos. Para tanto, a empresa deverá reestruturar seu processo de produção de maneira a obter produtos e componentes sem qualquer tipo de falha ou serviços produzidos sem qualquer tipo de atividade poluidora.

Define-se a expressão “prevenção à poluição”, segundo GRAEDEL (1995), como “o uso de materiais, processos, ou práticas que reduzam ou eliminem a quantidade ou toxicidade de resíduos na fonte de geração através de atividades que promovam, encorajam ou exijam modificações nos padrões comportamentais básicos da indústria, do comércio e instituições”.

A solução preventiva embora se caracterize por uma crescente complexidade na sua aplicação, implica em alguns benefícios, do tipo: custos decrescentes para a sociedade, minimização dos custos de disposição final dos resíduos e dos custos de produção, devido à utilização mais eficiente das matérias-primas e da energia, melhora da imagem da empresa diante da sociedade e de agentes ambientais, crescente motivação dos empregados, aumento da competitividade da empresa frente ao

estabelecimento de critérios ambientais por alguns consumidores e facilidade no cumprimento de novas leis e regulamentos ambientais.

Com base em CAMPOS (1996), são apresentados alguns tipos de custos de adequação através da prevenção:

- Contratação de mão-de-obra especializada na área ambiental.
- Treinamento e conscientização de pessoal, em todos os níveis hierárquicos, para implementação dos Sistemas de Gestão Ambiental.
- Contratação de consultorias e auditorias ambientais.
- Adequação aos preceitos das legislações federais, estaduais e municipais.
- Criação de banco de dados ambientais.
- Certificação pelas normas ISO 14000 (meio ambiente) e BS 8800 (segurança e saúde), incluindo custos de implantação, custos de conscientização e treinamento de todos os níveis hierárquicos envolvidos, custos com manutenção e acompanhamento e custos com melhoria contínua.
- Substituição de matérias-primas, insumos e componentes poluentes e revisão de equipamentos.
- Reciclagem e reutilização de materiais de escritório, embalagens, containers, sobras, etc.
- Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento para aprimoramento dos processos de tratamento e tecnologias "limpas", que não agridam o meio ambiente ou a sociedade.
- Serviço de atendimento ao consumidor.
- Divulgação das ações preventivas da empresa.
- Gastos com seguros ambientais.

#### *VI.4.3.a.II Custo de Adequação através da Correção*

CAMPOS (1996) refere-se a estes custos como as despesas necessárias para a reparação de um dano causado, ou de uma poluição gerada ao meio ambiente. Neste caso, como o dano já aconteceu, verifica-se a necessidade da reparação/correção do ambiente.

Este tipo de custo apresenta-se de duas formas. A primeira é o custo para corrigir/reparar o dano causado de forma intencional. A presença do custo não obriga a empresa a pagá-lo, ou melhor, que seja internalizado pela empresa através da correção

ou reparo do prejuízo. A decisão de arcar ou não com os custos de correção depende de uma série de fatores, como a preocupação da empresa com sua imagem, a análise comparativa entre o custo de correção (por exemplo: limpeza do rio) e o valor da multa imposta, etc., mesmo que a lei obrigue a empresa a fazer. A segunda, ao contrário do primeiro custo de correção, não é provocado de forma intencional (proposital). Um bom exemplo são os custos de reparação do dano causado ao meio ambiente por conta do vazamento de óleo de navios petroleiros e de dutos. A Exxon Valdez gastou em custos de correção por volta de US\$ 2,1 bilhões, além de sérias conseqüências com a imagem da empresa (MAGRINI e TOLMASQUIM (coord), 2002).

Alguns tipos de custos podem ser considerados como custos de adequação através da correção:

- Gastos com materiais (consumido e/ou perdido) e embarcações de apoio para limpeza e recuperação de rios, mares e lagos, e de terrenos.
- Gastos com serviços (locações de lanças e barcos).
- Gastos com mobilização de pessoal (contratação de mão-de-obra).
- Custos com a paralisação.
- Gastos com reparos devido a acidentes causados em mares, lagos, rios, solos, ou ar.
- Correções na linha de produção.
- Limpezas desnecessárias (causada por ineficiências no processo).

#### *VI.4.3.a.III Custo de Adequação através do Controle*

Subentende-se que sejam todas as ações implementadas para manter uma fiscalização e um monitoramento de empreendimentos impactantes ao meio ambiente visando alcançar uma meta preestabelecida, por exemplo, o equilíbrio ecológico.

Sendo assim, pode-se considerar que o controle está numa posição intermediária entre a prevenção, que tem como principal objetivo – prevenir para preservar o meio ambiente – evitar a poluição e o dano causado, e a correção, que busca remediar um dano já ocorrido.

Os custos de adequação através do controle, são aqueles gastos necessários para combater a poluição, e conseqüentemente os danos causados ao meio ambiente deliberadamente. Não deixa de ser uma forma de manter a poluição dentro de uma faixa de controle.

Segundo CAMPOS (1996), os tipos de custos de adequação através do controle são:

- Implementação de equipamentos para controle de efluentes provenientes das estações de tratamento, de tanques, áreas de bombas e áreas sujeitas a vazamentos de derivados de petróleo ou de resíduos oleosos.
- Instalação de filtros.
- Compra de equipamentos utilizados nos testes para verificar os impactos causados ao meio ambiente.
- Verificação de métodos e processos.
- Testes e inspeções para verificação dos parâmetros poluentes nas matérias-primas, insumos e componentes comprados.
- Testes e inspeções para verificação dos parâmetros poluentes nos produtos acabados.
- Avaliação da deterioração das matérias-primas e componentes em estoque.

#### *VI.4.3.a.IV Custos das Falhas de Adequação*

Um outro custo da Qualidade Ambiental a ser sugerido é o Custo das Falhas de Adequação que refere-se aos dispêndios empresariais que são incorridos quando há uma falha no processo de adequação, seja através da prevenção, do controle ou da correção.

Segundo CAMPOS (1996), este item é de grande importância pois evidencia as ineficiências no processo produtivo e a não adequação às leis e normas ambientais impostas por órgãos ambientais. Desta forma, a empresa incorre em altos valores, em termos monetários, de Custos de Falhas de Adequação que devem ser eliminados, por exemplo, as multas.

Baseando-se em CAMPOS (1996), algumas espécies de custos das falhas de adequação são encontradas, por exemplo:

- Pagamentos de multas aos órgãos ambientais.
- Indenizações por prejuízos causados.
- Imagem da empresa abalada no mercado e na sociedade.
- Fechamento da empresa.
- Corte de crédito.
- Corte de permissão de atuação.
- Devolução de produtos.

- Atrasos na liberação de produtos (no caso, principalmente, de produtos para exportação).
- Perda de fatias do mercado.

MOURA (2000) classifica as falhas ao meio ambiente em internas e externas:

Custos de Falhas Internas:

- Retrabalhos em produtos por problemas ambientais.
- Perdas de matéria-prima fora dos limites normais.
- Desperdícios de energia elétrica e de água.
- Gastos com mão-de-obra do pessoal empregado em manuseio de material rejeitado por problemas ambientais.
- Remediação de áreas internas contaminadas.
- Ações trabalhistas resultantes de condições ambientais inadequadas da empresa.

Custos de Falhas Externas:

- Retrabalhos decorrentes de queixas de clientes sobre a qualidade ambiental do produto.
- Custos com testes externos para corrigir imperfeições decorrentes de queixas.
- Remediação de áreas externas contaminadas.
- Recursos legais por problemas ambientais.
- Multas de órgãos ambientais.

#### *VI.4.3.a.V Custos das "Externalidades"*

São custos incorridos pela sociedade com tratamentos de saúde, por exemplo, ou outros efeitos negativos resultantes da atividade produtiva e normalmente não são incorporados aos custos do produto.

Estes custos encontram-se de forma detalhada no Capítulo VII. Tendo como cenário o vazamento de óleo ocorrido em 18 de janeiro de 2000 na Baía de Guanabara e baseando-se nas metodologias de valoração econômica ambiental, é calculado o valor do dano sofrido por algumas atividades econômicas, como: a pesca, o turismo, o transporte; o valor do dano à saúde de moradores; o valor do dano à qualidade de vida

dos habitantes no entorno da baía e ao ecossistema manguezal da Baía de Guanabara. Este estudo foi realizado pelo Programa de Planejamento Energético (PPE) da COPPE/UFRJ para a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro – SEMADS.

## **VII. IDENTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DOS CUSTOS DE EXTERNALIDADES**

### **VII.1 Introdução**

Este capítulo constitui um resumo do relatório final do projeto<sup>36</sup> “Valoração Econômica dos Danos Ambientais Causados pelo Vazamento de Óleo da Refinaria Duque de Caxias – REDUC” no Rio de Janeiro, ocorrido em 18 de janeiro de 2000. O mesmo apresenta os resultados obtidos na última fase do projeto, além da identificação dos impactos ambientais causados pelo vazamento a partir da elaboração de uma Árvore dos Impactos Ambientais (Figura 10), da revisão das metodologias de valoração econômica ambiental e a aplicação destas para valorar os danos ambientais identificados neste *case* decorrentes do vazamento.

### **VII.2 Questões Metodológicas da Valoração Ambiental**

Neste item discute-se os principais aspectos metodológicos da valoração econômica das externalidades ambientais. Nesta primeira seção, deve-se apresentar a taxonomia dos valores ambientais que é atribuída aos recursos/serviços ou danos ambientais. Identificados os valores, faz-se necessário conhecer as etapas para aplicação do processo de valoração econômica do meio ambiente.

As metodologias de valoração ambiental ao serem aplicadas fazem uso de algumas simplificações, e, portanto apresentam limitações na captura do valor econômico do dano ambiental. O grau de precisão do valor econômico calculado é função da metodologia, das externalidades consideradas e das hipóteses sobre o comportamento do consumidor dentre outros fatores. Assim, é necessário que o usuário destas metodologias conheça e explicita com exatidão os limites dos valores estimados e o grau de validade de suas mensurações para o fim desejado.

---

<sup>36</sup> Este capítulo é um resumo do projeto que teve como pesquisadores autores Aline Guimarães Monteiro, Angela Oliveira da Costa, Breno Herrera, Edson Montez e Roger Alfredo Loyola Gonzales, além dos professores coordenadores Alessandra Magrini e Mauricio Tiomno Tolmasquim.

### ***VII.2.1 Natureza e Classificação dos Valores Ambientais***

O valor econômico de um recurso ambiental não pode ser observado no mercado por intermédio do sistema de preços. No entanto, como os demais bens e serviços presentes no mercado, seu valor econômico deriva de seus atributos, com a peculiaridade de que estes atributos podem estar ou não associados a um uso.

Assim, é comum na literatura desagregar o valor econômico do recurso ambiental (VERA) em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU). Sendo que o valor de uso é novamente dividido em valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO), como se apresenta abaixo - Equação 1:

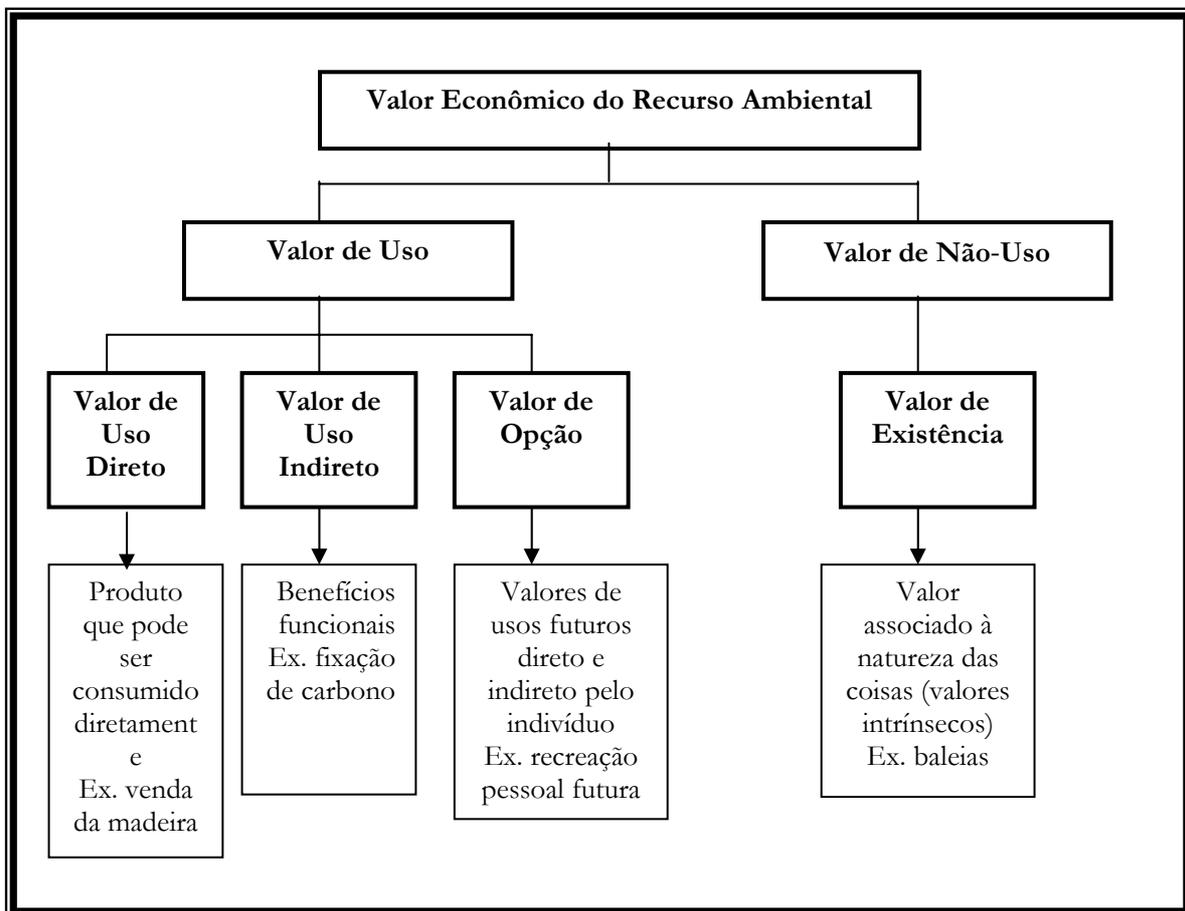
$$\text{VERA} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VNU}$$

- Valor de uso (VU) é o valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental pelo seu uso presente ou pelo seu potencial de uso futuro. O valor de uso pode ser subdividido em três categorias:
  - Valor de uso direto (VUD) é o valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental em função do bem-estar que ele proporciona através do uso direto. Por exemplo, na forma de extração, de visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto.
  - Valor de uso indireto (VUI) é o valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas. Por exemplo, a contenção de erosão, o estoque de carbono nas florestas tropicais.
  - Valor de opção (VO) é o valor que os indivíduos estão dispostos a pagar para manterem a opção de um dia fazer uso, de forma direta ou indireta, do recurso ambiental. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais, ainda não descobertas, de plantas de florestas tropicais.
- Valor de não-uso (VNU) ou valor de existência (VE), é o valor que está dissociado do uso (embora representa o consumo ambiental) e deriva de uma posição moral, cultural ou ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou de preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo. Um exemplo claro deste valor é a

grande mobilização da opinião pública para salvamento dos ursos panda ou das baleias mesmo em regiões em que a maioria das pessoas nunca poderá estar ou fazer qualquer uso de sua existência.

É importante destacar que as pessoas atribuem aos valores acima descritos, a avaliação que fazem da singularidade e da irreversibilidade da destruição do meio ambiente, associadas à incerteza da extensão dos seus efeitos negativos. O Quadro 11 apresenta uma síntese da classificação dada aos valores do meio ambiente.

**Quadro 11 - Taxonomia do Valor Econômico do Meio Ambiente.**



Fonte: TOLMASQUIM et al., 2000.

### ***VII.2.2 Processo de Valoração Econômica do Meio Ambiente***

Todo processo de valoração econômica de um dano causado ao meio ambiente deve ser precedido pela identificação e seleção qualitativa e quantitativa do dano causado. Tal identificação requer o levantamento de informações, especialmente da situação anterior à ocorrência do dano, sobre os ecossistemas e as atividades associadas.

Para o caso do acidente ocorrido na Baía de Guanabara em janeiro de 2000 provocado pelo vazamento de óleo decorrente da falha do oleoduto que liga a Refinaria Duque de Caxias – REDUC a Ilha D'Água (DTSE), a valoração dos danos decorrentes foi precedida pela construção de uma “Árvore dos Impactos Ambientais” que permitiu uma melhor compreensão dos impactos causados.

Esta atividade mostrou-se a etapa decisiva na definição da metodologia mais adequada a ser utilizada no processo de valoração dos danos, bem como dos danos passíveis de serem valorados.

Considerando que cada impacto ambiental tem um efeito específico, os diferentes efeitos eventualmente serão avaliados por diferentes metodologias de valoração. Este trabalho não é exaustivo, ele é seletivo na identificação dos impactos e suas respectivas externalidades (efeitos) ambientais de modo a evitar que o processo de valoração se torne muito demorado e custoso, o que dificulta o processo de internalização destas externalidades no planejamento da atividade.

Para a identificação e valoração dos impactos ambientais serão adotadas as seguintes etapas (TOLMASQUIM et al., 2000):

1. Caracterização dos aspectos geradores dos impactos ambientais.
2. Caracterização dos respectivos impactos ambientais esperados durante o processo em questão.
3. Identificação dos efeitos decorrentes dos impactos ambientais, que usualmente não são incorporados ao empreendimento.
4. Identificação das metodologias mais apropriadas à valoração de cada uma das externalidades ambientais.
5. Valoração econômica propriamente dita

### ***VII.2.3 Métodos de Valoração Econômica do Meio Ambiente***

Neste capítulo é apresentada uma revisão das metodologias de valoração econômica de impactos ambientais, que se baseou na estrutura conceitual elaborada durante a realização do Projeto: “Metodologia de Valoração das Externalidades ambientais da Geração Hidrelétrica e Termelétrica com vistas à sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico” para a Eletrobrás pelo Programa de Planejamento Energético/COPPE/UFRJ (TOLMASQUIM et al., 2000).

Estes estudos mostram que o objetivo de se valorar economicamente um recurso ambiental consiste em inferir quanto melhorou ou piorou o bem-estar das pessoas devido às mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não.

Os métodos de valoração ambiental atenderão a este objetivo na medida em que forem capazes de captar estas distintas parcelas de valor econômico do recurso ambiental.

Cabe ao analista que valora explicitar com exatidão os limites dos valores estimados e o grau de validade de suas mensurações para o fim desejado. A adoção de cada método dependerá (MOTTA, 1998):

- do objetivo da valoração,
- das hipóteses assumidas,
- da disponibilidade de dados e
- do conhecimento da dinâmica ecológica do objeto que está sendo valorado.

A facilidade de utilização e a robustez dos resultados de cada método dependem em grande parte da qualidade dos dados disponíveis. Algumas metodologias são baseadas em dados de mercado, podendo ser tomadas como medidas dos benefícios ou perdas decorrentes das mudanças no recurso ambiental e mais fáceis de obter.

O **Método da Produtividade Marginal ou Produção Sacrificada** busca medir mudanças na produtividade de sistemas resultantes de mudanças nas condições ambientais, freqüentemente avaliadas a preços de mercado. Esta abordagem é útil para avaliar impactos ambientais que afetam a produtividade da atividade pesqueira, florestal, agrícola e de outros ativos.

As **Despesas de Reposição** consideram os gastos adicionais para a reposição, reparo ou manutenção de ativos físicos em decorrência dos impactos ambientais ou

gerenciamento inapropriado, só sendo aplicável em situações em que a magnitude do dano pode ser dimensionada e a medida corretiva é possível. Aplicações em correções de danos a solos agrícolas utilizam-se desta abordagem.

As **Despesas de Re-localização** são uma variante das despesas de reposição. Aborda o custo de realocar uma atividade produtiva cuja eficiência operacional no local de origem tenha sido prejudicada por mudança da qualidade do meio ambiente. Uma aplicação típica refere-se à movimentação de populações quando da construção de represas, cujos custos devem tentar incluir, ainda que qualitativamente, aspectos psicológicos e sociais da re-localização.

As **Despesas de Prevenção/Mitigação** avaliam o dano causado pela degradação ambiental de acordo com os gastos que as pessoas têm na tentativa de evitar um dano ambiental ou outras atividades ofensivas ao bem-estar humano ou ao meio ambiente. O estudo das técnicas alternativas de gerenciamento do solo para aumentar a produtividade agrícola demonstra o uso deste método, cujo valor gasto pelo fazendeiro para se prevenir contra a erosão do solo e as perdas com a agricultura deve ser no mínimo maior que os custos incorridos para a construção de diques.

As **Despesas de Proteção** consistem em identificar os comportamentos econômicos que reflitam indiretamente o valor pago para se proteger de algum dano ambiental. Um exemplo clássico é o da demanda por materiais para isolamento acústico na vizinhança do aeroporto de Heathrow, em Londres. Esta abordagem pode subavaliar o dano, pois no caso do aeroporto, por exemplo, o isolamento acústico poderia ser obtido apenas parcialmente e, mesmo assim, em recintos fechados.

Na inexistência de mercados específicos para produtos e serviços ambientais, mercados substitutos ou hipotéticos são utilizados para medir diretamente a demanda pela qualidade ambiental. Neste caso, as **preferências poderão ser reveladas através de situações reais** onde bens e serviços ambientais são afetados por impactos ambientais no qual os indivíduos fazem uma escolha entre o impacto ambiental e outros bens ou renda. Para este tipo de preferência, utilizam-se os **métodos de custo de viagem e de preços hedônicos**. Entretanto, existem casos em que os impactos ambientais não podem ser valorados desse modo, mesmo indiretamente através do comportamento do mercado. A alternativa é construir mercados hipotéticos para várias opções de redução de danos ambientais e realizar questionamentos diretos acerca dos impactos aos envolvidos, usando o método da **valoração contingente**. Esta alternativa revela a **preferência associada através de mercados hipotéticos**.

O **Método de Custo de Viagem** é aplicável para locais de acesso público, portanto sem indicação de propensão a pagar por parte dos usuários. Busca derivar uma curva de demanda usando os custos de deslocamento até o local como *proxy* para os preços de entrada, determinando dessa forma o valor do bem ou serviço ambiental.

A identificação do uso efetivo de locais de recreação/lazer/acesso público pode ser mensurada normalmente durante as visitas de turistas que são entrevistados nas áreas de lazer, buscando informações referentes ao local de estada do visitante, distância viajada, frequência e custo de viagem das visitas,... Este método se apresenta como uma metodologia muito prática quando há um controle do fluxo turístico para áreas naturais, como parques nacionais, estaduais ou municipais.

O **Método de Preços Hedônicos** busca medir os impactos ambientais identificando seus efeitos sobre os preços das propriedades. Baseia-se no conceito de que o valor de uma propriedade é diretamente relacionado ao fluxo futuro de benefícios dela esperado. Tem sido amplamente aplicado na avaliação de impactos sobre residências, mas pode ser também utilizado para propriedades rurais e outras. Este método requer um levantamento de dados minuciosos, como informações sobre atributos referentes à propriedade, além dos ambientais, que influenciam o preço desta. Torna-se difícil à utilização, pois os preços de propriedade não internalizam as futuras melhoras (ou piores) ambientais. É possível que os preços de propriedade sejam subestimados por razões fiscais para reduzir os valores de impostos incidentes.

O **Método da Valoração Contingente** é aplicável em situações em que não são disponíveis dados de mercado, o que é comum em impactos ambientais. Baseia-se no pressuposto de que os consumidores podem determinar e irão revelar sua disposição em pagar por bens ou serviços para os quais não existe mercado, se colocados diante de um mercado hipotético.

O método da valoração contingente tem merecido atenção crescente como instrumento para avaliação de impactos ambientais, permitindo inclusive a avaliação dos valores de existência dos bens/serviços ambientais, que não poderiam ser obtidos por outros meios, como a diversidade genética. A aplicação desta técnica não é trivial e envolve custos elevados de pesquisa.

As preferências reveladas nas pesquisas refletem as decisões que os agentes tomariam de fato caso existisse um mercado para o bem ambiental descrito, que serão expressas em valores monetários. Esses valores são obtidos a partir de informações que são adquiridas de um questionário que revela a disposição a pagar dos indivíduos para

garantir a melhoria de bem-estar ou quanto estariam dispostos a aceitar em compensação para suportar uma perda de bem estar, além de dados socioeconômicos e informações sobre o conhecimento dos entrevistados a respeito da questão ambiental. Alguns vieses afetam a confiabilidade do método, mas podem ser minimizados pelo perfil do questionário e da amostra.

Não se deve negar a dificuldade de se realizar a valoração econômica de recursos ambientais, por conta da irreversibilidade das condições ambientais pré-existentes, da singularidade dos ecossistemas e do desconhecimento do futuro. Porém, devido a verdadeiros desastres (acidentes, vazamentos,...) ocorridos no Brasil e no mundo, verificou-se a necessidade de se estabelecer formas de contabilizar estes danos ambientais.

#### ***VII.2.4 Aplicação das Etapas do Processo de Valoração Econômica do Meio Ambiente***

##### **a. Caracterização dos aspectos geradores dos impactos ambientais.**

O aspecto gerador dos potenciais impactos ambientais é o vazamento de 1,3 milhão de litros de óleo causado por uma falha no oleoduto de 13 quilômetros de comprimento do DTSE/Petrobras que leva óleo da Refinaria Duque de Caxias - REDUC para o tanque de armazenamento do DTSE localizado na Ilha d'Água (DTSE), em 18 de janeiro de 2000, provocando um dos maiores desastres ambientais do Brasil.

##### **b. Caracterização dos respectivos impactos ambientais esperados durante o vazamento.**

Para identificar os impactos ambientais causados pelo vazamento é preciso definir a área de influência e a “Árvore dos Impactos Ambientais”. Em função do desenvolvimento do projeto e da obtenção de dados, definiu-se como área de influência direta a área de entorno da Baía de Guanabara até 5 km de distância da orla. A “Árvore dos Impactos Ambientais” gerados pelo acidente (Figura 10) foi dividida em duas grandes categorias: contextos natural e socioeconômico.

O contexto natural foi subdividido nos principais ecossistemas encontrados na Baía de Guanabara: manguezais, costões rochosos, ambiente pelágico, ambiente bentônico e praias.

O contexto socioeconômico foi subdividido em população, atividades econômicas e aspetos sócio-culturais. Quanto à população dois aspectos foram avaliados: os problemas ligados à saúde e ao bem-estar. O bem-estar refere-se aos problemas ocasionados pelo desconforto sofridos pelas pessoas, não incluídos os problemas de saúde. No caso das atividades econômicas abordaram-se questões ligadas a vários setores produtivos como turismo, pesca, imobiliário e transporte. Outros setores inicialmente considerados, como madeireiro e ensino/pesquisa, foram descartados por aparentemente não apresentar danos claramente quantificáveis. Da mesma forma, considerou-se a possibilidade de analisar os impactos sobre o patrimônio cultural, contudo nenhuma evidência foi encontrada para justificar esta ação.

**c. Identificação dos efeitos decorrentes dos impactos ambientais, usualmente não incorporados ao empreendimento.**

Para determinar a magnitude do dano econômico em consequência do vazamento, deve-se avaliar a perda na qualidade de vida das pessoas que foram afetadas pelo acidente. Sob a ótica da teoria econômica, esta idéia reflete as medidas de bem-estar, que indicam como o produtor e o consumidor são afetados devido às alterações produzidas. Portanto, cada setor/atividade afetado deveria ser avaliado considerando tanto a ótica do produtor como a do consumidor. Esta situação requer a construção de funções de oferta e de demanda associadas a cada um desses setores/atividades.

Para efetuar a identificação e a valoração econômica dos danos causados pelo vazamento tendo como referência a Árvore de Impactos apresentada no item anterior e a necessidade de construção de curvas de oferta e demanda, buscou-se então levantar informações sobre os diversos agentes afetados. No entanto, considerando a ausência de dados, esta tarefa tornou-se de difícil execução, o que poderia levar a resultados duvidosos.

Nesta etapa, adota-se a seguinte classificação para os danos sofridos pelas atividades envolvidas com a Baía de Guanabara: perdas dos produtores e perdas dos consumidores. A partir de então, torna-se mais objetiva a escolha do método de

valoração a ser utilizado para cada espécie de valor perdido decorrente do acidente, como pode ser observado no quadro 12.

**Quadro 12 – Perdas sofridas pelos produtores e consumidores com o vazamento de óleo na Baía de Guanabara <sup>(2)</sup>.**

<b>Perdas</b>	<b>Espécie de valor perdido</b>	<b>Método</b>
<b>PERDA DOS PRODUTORES</b>		
Transporte	Valor de uso direto	Produção sacrificada
Turismo	Valor de uso direto	Gastos defensivos
Pesca	Valor de uso direto	Produção sacrificada
Manguezal	Valor de uso indireto	Produção sacrificada e Custos de reposição
<b>PERDA DOS CONSUMIDORES</b>		
Saúde	Valor de uso direto	Capital Humano
Perda da qualidade de vida <sup>(1)</sup>	Valor de uso direto e valor de existência	Valoração Contingente

Nota 1: Em relação ao item “perda da qualidade de vida”, o que se quer indicar são questões do tipo: lazer, fatores estéticos (paisagem, odor, etc.), fatores psicológicos (desconforto pelo meio ambiente contaminado, etc.) Apesar deste conceito está relacionado a saúde, estes são operativamente diferentes porque seu cálculo esteve relacionado com o gasto provocado pelo atendimento devido às doenças e a falta de produtividade que esta origina.

Nota 2: O setor imobiliário é uma outra unidade avaliada, porém não foi encontrado o valor das perdas. Na verdade, não se verificou nenhum tipo de efeito representativo no setor imobiliário (comercial e residencial) em decorrência do vazamento.

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord), 2002.

#### **d. Identificação das metodologias mais apropriadas à valoração de cada uma das externalidades ambientais.**

Neste item, as externalidades a serem valoradas são apresentadas e acompanhadas dos métodos de valoração propostos. Serão estabelecidos os passos a serem seguidos, de modo claro e objetivo, para chegar ao valor do dano ambiental.

*d.I Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores na pesca*

A pesca é considerada uma atividade econômica de subsistência para a população de pescadores da Baía de Guanabara. É classificada como pesca do tipo artesanal, de tal forma que, comparativamente ao total de pesca no Estado do Rio de Janeiro, principalmente o desembarcado no Mercado de Pescado do CEASA pode ser considerada pouco significativa. Além da atividade de pesca tradicional, a coleta de caranguejos nas áreas de manguezal e de mexilhões nos costões das praias localizadas ao sul da ponte Rio-Niterói, contribui como fonte de renda para um número relativo de pessoas.

Na Baía de Guanabara, são encontradas cinco colônias de pesca que estão listadas abaixo:

- Z-8: controla os pontos de desembarque de Jurujuba, Ponta da Areia, Praia Grande, Ilha da Conceição, Gradim e Itaoca, direcionando o pescado, em grande parte, para a venda no Mercado de São Pedro, em Niterói.
- Z-9, em Magé.
- Z-10, na Ilha do Governador.
- Z-11, em Ramos.
- Z-12, no Caju.

CANTARINO e SOUSA (1997) estimam que o número de pescadores em atividade na Baía seja de 5.000, enquanto a Petrobrás através de cadastramento indica um número de pouco mais de 12.000 pescadores (FBDS, 2000).

Entretanto, com o vazamento de óleo ocorrido em 18 de janeiro de 2000, este recurso ambiental de grande valor econômico, a princípio, ficou comprometido.

Testes químicos realizados pela PUC-RJ, 20 dias após o derrame de óleo, não revelaram concentrações significativas de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) nos tecidos dos peixes (corvina e tainha), mesmo em amostras obtidas em currais sujos de óleo.

A mortalidade de peixes foi acentuada nos currais diretamente atingidos. A suspensão da atividade se deu mais em função dos possíveis danos aos equipamentos de

pesca e às dificuldades de comercialização, verificada pela reação negativa dos consumidores, do que à efetiva redução no rendimento das pescarias.

A pesca foi liberada um mês após o acidente no dia 18 de fevereiro, para todas as modalidades de pesca que não revolvessem o fundo da Baía. No dia 10 de março foi confirmada, também, a liberação da pesca de arrasto (PROCURADORIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2001).

Para minimizar o efeito da perda temporária, a empresa declarou ter distribuído cestas básicas à população mais pobre da região afetada e ressarcido os prejuízos com as comunidades de pescadores, caranguejeiros, sirizeiros, descarnadores e pequenos comerciantes durante o período em que ficaram impedidas de exercer suas atividades.

*d.I.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia da produção sacrificada*<sup>37</sup>

O valor de um recurso ambiental (R) é determinado em função de sua contribuição como insumo ou fator de produção para obtenção de um bem comercializável qualquer (P), e se expressa da seguinte forma - Equação 2:

$$P = f(B,R)$$

Onde,

B corresponde ao conjunto de insumos formados por bens e serviços privados;

R corresponde aos recursos ambientais que são utilizados gratuitamente (externalidade a ser valorada)<sup>38</sup>.

Dada a função de produção  $P = f(B,R)$ , o valor de um recurso ambiental R é calculado a partir do valor que P assume em face da variação da quantidade de R.

---

<sup>37</sup> Este subcapítulo baseia-se em TOLMASQUIM et al, 2000 e MOTTA, 1998. Essa metodologia também é conhecida como de produtividade marginal.

<sup>38</sup> É bom lembrar que os métodos aqui propostos têm por objetivo valorar a externalidade ambiental e portanto assume-se que o valor que está sendo atribuído a R pelo produtor de P é nulo. Quando os recursos naturais têm preço a eles atribuídos, eles deixam de estar no conjunto de R e passam a estar no conjunto de B na função  $P = f(B,R)$ .

Baseando-se na equação anterior, o método da produção sacrificada pressupõe que P (produto) varia em decorrência da quantidade de R (recurso ambiental), sendo que B corresponde aos demais insumos e é uma constante. Para tanto, há necessidade de se estabelecer uma função que relacione a variação da quantidade/qualidade do recurso ambiental utilizado para produzir P com a variação da quantidade de P produzida.

Podemos dizer que, o valor econômico de um recurso ambiental R corresponde à variação no valor total obtido com P face às variações em sua produção provocadas pelas alterações (qualidade/quantidade) de R. Neste método, o preço do produto P é conhecido e tem um valor de mercado - Equação 3:

$$\text{VER} = \text{PrP} \cdot \frac{\delta P}{\delta R}$$

Onde,

VER corresponde ao valor econômico de um recurso natural;

PrP corresponde ao preço do produto P;

$\delta P/\delta R$  corresponde variação do produto P face a variação na quantidade de R.

#### *d.I.2 Aplicação da metodologia de produção sacrificada para a valoração dos danos ambientais na pesca*

A **primeira etapa** para aplicação da metodologia é fazer um levantamento dos dados de quantidade de pescado (produção de pescado – kg ou tonelada) durante um período específico na Baía de Guanabara que foi afetada pelo vazamento de óleo. Esses dados representam as quantidades comercializadas nos principais lugares de venda.

Um aspecto importante avaliado foi a influência indireta sobre o consumo de peixes pela população da cidade do Rio de Janeiro no período posterior ao vazamento de óleo. A reação da população frente ao acidente foi a mesma até nos mercados de peixes que não estivessem ligados diretamente a pesca realizada na Baía, como o CEASA. Portanto, assume-se a hipótese de que a demanda do produto pela população é a mesma, independente do lugar de compra do peixe.

Por esta questão, foi realizada a visita e a coleta de dados sobre a quantidade e preços de peixes vendidos no CEASA e ao IBAMA-RJ.

A tabela 13 disponibiliza a produção de pescado que é comercializada no CEASA por pequenos e grandes mercados. A quantidade capturada e comercializada neste mercado provém de diversos Estados do País, desde a costa do Ceará ao Rio Grande do Sul, destacando-se o Estado de Santa Catarina que tem grande peso na produção. Ademais, esta atividade é realizada a bordo de embarcações da frota industrial.

**Tabela 13 – Desembarques por Estado no CEASA (kg) de 1999 – 2001.**

Desembarques em 1999 (kg)								
	Corvina	Enchova	Pescadinha	Sardinha <sup>3</sup>	Tainha	Cherne	Badejo	Namorado
PE	-	-	-	-	-	-	3006	-
BA	-	-	-	-	-	-	21	-
CE	-	-	-	-	-	3859	-	-
ES	800	-	-	-	-	2171	11704	438
RJ <sup>2</sup>	1663449	252587	76713	1980719	55469	18078	30	66952
SP	1044566	6736	51260	87960		8201	500	6527
SC	5064865	362776	187310	227812	4820	228320		21267
RS	1881959	476930	255962	5000	46900	220993	1760	683
<b>Total</b>	<b>9655639</b>	<b>1099029</b>	<b>571245</b>	<b>2301491</b>	<b>107189</b>	<b>481622</b>	<b>17021</b>	<b>95867</b>
Desembarques em 2000 (kg)								
	Corvina	Enchova	Pescadinha	Sardinha <sup>3</sup>	Tainha	Cherne	Badejo	Namorado
PE	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	-	-	600	-	-	7773	571	-
CE	3840	-	2680	-	-	25317	12500	-
ES	16730	2000	1500	-	-	3891	384	4040
RJ <sup>2</sup>	1541434	159655	46530	1894813	8740	6201	24976	107110
SP	1390373	16500	62040	148940	3840	9180	-	1260
SC	5118601	492926	213890	214670	16660	196092	1600	7538
RS	1826621	307844	504611	12242	60600	84975	-	4000
PR	14700	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>9912299</b>	<b>978925</b>	<b>831851</b>	<b>2270665</b>	<b>89840</b>	<b>333429</b>	<b>40031</b>	<b>123948</b>
Desembarques em 2001 <sup>1</sup> (kg)								
	Corvina	Enchova	Pescadinha	Sardinha <sup>3</sup>	Tainha	Cherne	Badejo	Namorado
PA	11000	-	-	-	-	-	-	-
PE	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	-	-	-	-	-	-	-	-
CE	-	-	-	-	-	-	-	-
ES	8500	8310	6000	-	-	2703	2000	265

<b>RJ<sup>2</sup></b>	<b>919004</b>	<b>92646</b>	<b>24000</b>	<b>451270</b>	<b>45920</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>1674</b>
<b>SP</b>	<b>949830</b>	<b>25400</b>	<b>25000</b>	<b>34230</b>	<b>3580</b>	<b>600</b>	<b>-</b>	<b>5600</b>
<b>SC</b>	<b>2540223</b>	<b>99980</b>	<b>90532</b>	<b>82800</b>	<b>17140</b>	<b>75015</b>	<b>-</b>	<b>15908</b>
<b>RS</b>	<b>1108557</b>	<b>154040</b>	<b>89845</b>	<b>14260</b>	<b>1990</b>	<b>34728</b>	<b>3400</b>	<b>10000</b>
<b>Total</b>	<b>5537114</b>	<b>380376</b>	<b>235377</b>	<b>582560</b>	<b>68630</b>	<b>113056</b>	<b>5400</b>	<b>33447</b>

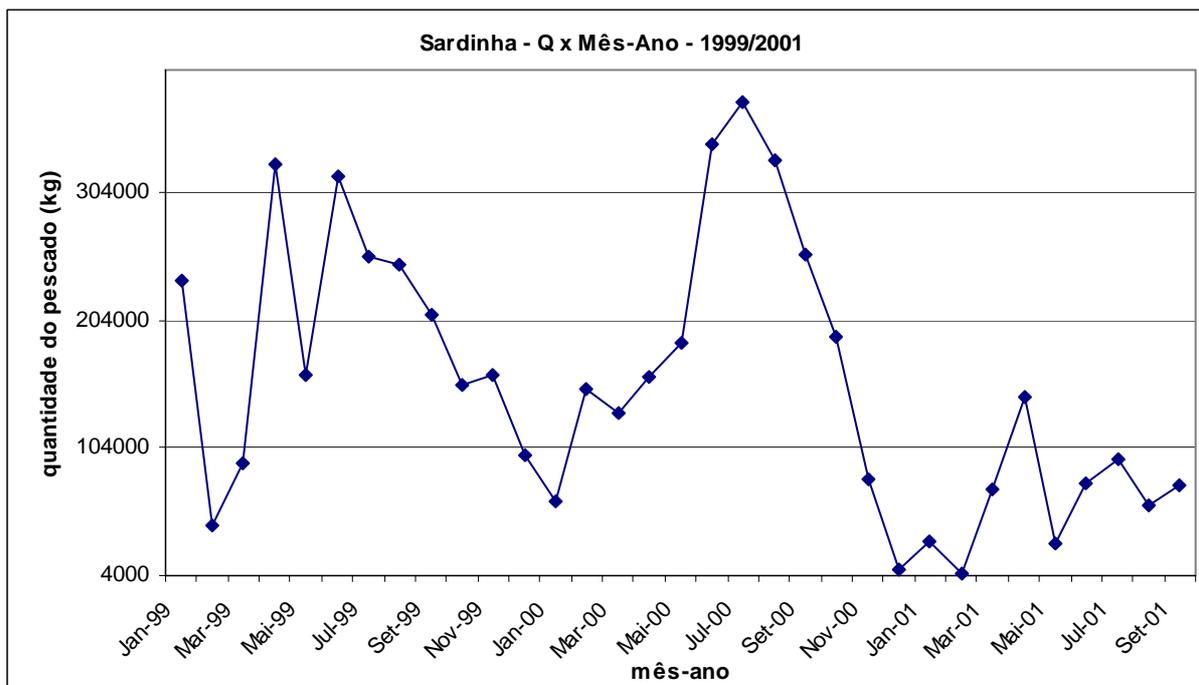
Nota 1 – O desembarque ocorrido em 2001 somente de janeiro a setembro.

Nota 2 – Do pescado proveniente do Estado do Rio de Janeiro, existe uma boa parcela de peixes que provém de Niterói.

Nota 3 – Esta espécie é um tipo de sardinha conhecida como Sardinha Verdadeira.

Fonte: CEASA, Setor de Estatística, 2001.

O gráfico 13 exemplifica as quantidades de sardinha verdadeira que são comercializadas no CEASA, durante o período compreendido entre o mês de janeiro de 1999 e setembro de 2001.



**Gráfico 13 - Quantidade da sardinha comercializada no CEASA – Jan-99 a Set-01.**

Fonte: CEASA, Setor de Estatística, 2001.

Vale observar no gráfico a queda na quantidade de pescado comercializado pelo CEASA durante o início do ano 2000 (janeiro – fevereiro), época coincidente com o vazamento de óleo.

Para calcular a produção de pescado na Baía de Guanabara, foram assumidas algumas hipóteses acerca dos dados (quantidade e preço do pescado) de algumas

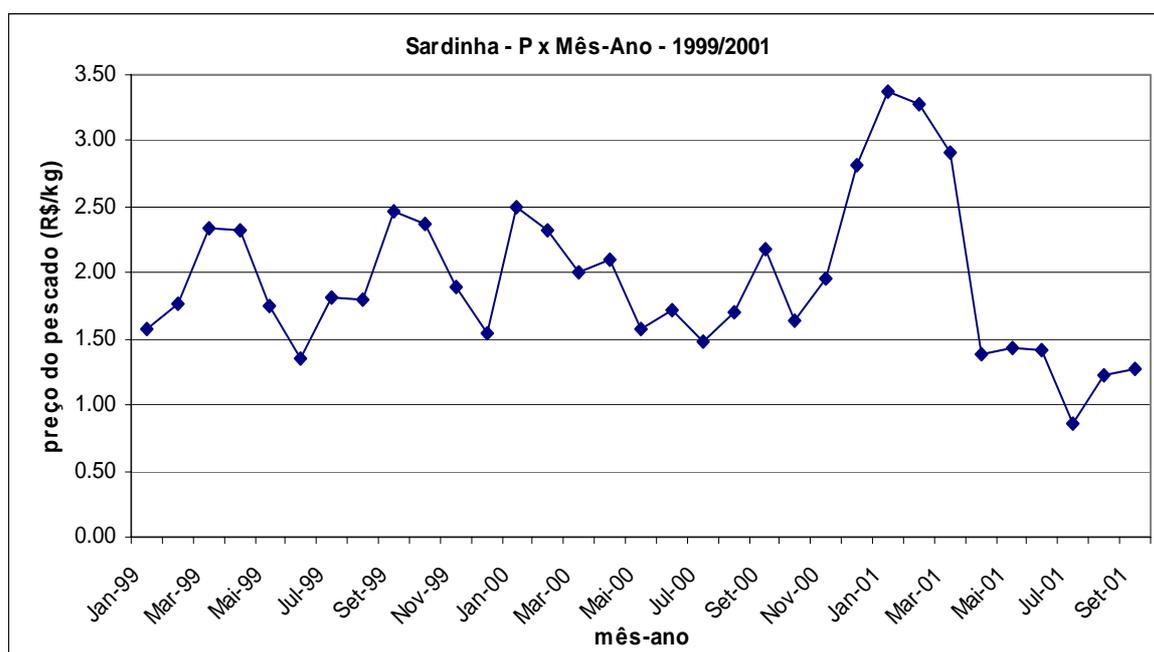
colônias de pescadores da Baía de Guanabara durante o período de 1999-2000 fornecidos pelo IBAMA-RJ:

1. A quantidade pescada referente ao ano de 2000 para a colônia de Mauá foi estimada a partir de uma taxa de crescimento. Para o cálculo desta, considerou-se que o crescimento do pescado de Mauá é semelhante ao da colônia de Ramos. Assim, tendo a quantidade pescada do ano de 2000 para Ramos, calculou-se a taxa entre os anos de 1995 e 2000 e extraiu-se a quantidade pescada de Mauá no ano 2000.
2. Considerando o ano de 2000, a média mensal pescada equivale à estimativa do ano 2000 dividida por 12. Devido à ausência de dados mais atualizados para o Mercado de São Pedro, considerou-se para o ano de 2000 a média anual de 1997.
3. A perda da quantidade pescada equivalente ao período de proibição da pesca (18 de janeiro a 10 de março = 1,71 mês) é o produto da média mensal estimada na hipótese 2 por 1,71.

De acordo com estas hipóteses, decidiu-se somar os valores da quantidade de pescado da Baía de Guanabara ao do CEASA.

A **segunda etapa** é conhecer os preços de comercialização dos produtos (pescado) nas áreas analisadas (Baía de Guanabara e CEASA) durante um período específico que equivalem aos preços pelos quais vendedores e compradores negociam entre si. Entretanto, para este caso não existe um único lugar físico em que os produtos sejam comercializados. Reuniões com os encarregados do setor de estatística pesqueira do IBAMA indicaram a presença de desembarques em vários lugares da Baía de Guanabara, dificultando a escolha de um único preço para uma espécie de peixe, independente do lugar pescado. Além do que, houve uma grande dificuldade na coleta de dados mais precisos juntos as colônias de pescadores da Baía de Guanabara. Dessa forma, optou-se pelo preço que impera no mercado de pescado do CEASA, considerando que o vazamento de óleo tenha influenciado no consumo do pescado pela população, independente da origem deste peixe. Os preços unitários foram coletados no

SIMA39 – Sistema Nacional de Informações de Mercado Agrícola que faz parte da Empresa de Pesquisa Agropecuária – PESAGRO - Rio. Durante um mês (20 dias úteis), tomam-se três cotações no dia para cada tipo de pescado. No final de um mês, tem-se um preço médio (média aritmética) unitário (reais/kg) para cada espécie. O gráfico 14 exemplifica os preços unitários de um tipo de sardinha, a verdadeira que é comercializada no CEASA, durante o período compreendido entre o mês de janeiro de 1999 e setembro de 2001.



**Gráfico 14 – Preço unitário da sardinha no CEASA – Jan-99 a Set-01.**

Fonte: CEASA, Setor de Estatística, 2001.

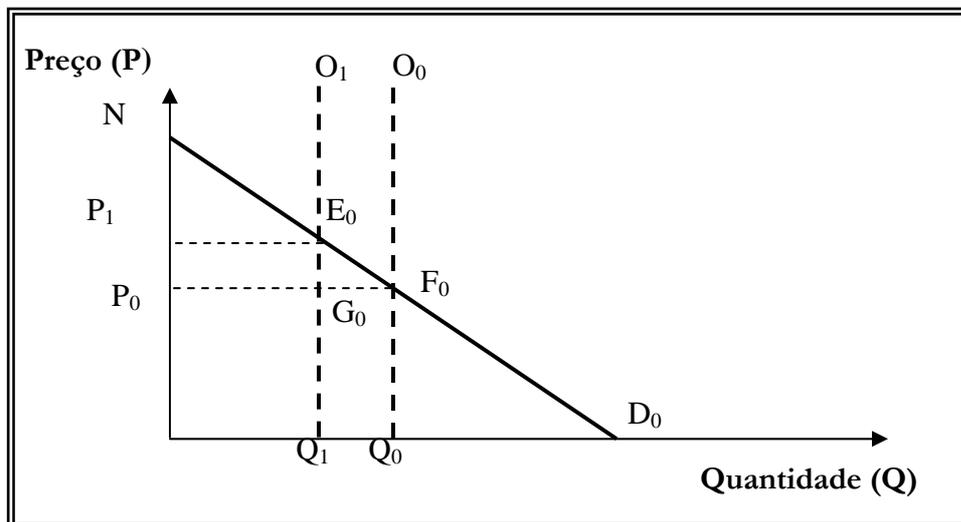
A **terceira etapa** é estimar o valor, em termos econômicos, do pescado perdido pelo produtor durante o vazamento de óleo da Baía de Guanabara. Para tanto, deve-se determinar o excedente do produtor ( $G_0F_0Q_0Q_1$ ) que deriva do gráfico 15.

No caso específico, é plausível a suposição da existência de uma curva de oferta perfeitamente inelástica, dado que no curto prazo não há tempo para modificações. Isso

<sup>39</sup> SIMA – Sistema Nacional de Informações de Mercado Agrícola objetiva levar a produtores e demais participantes do processo de comercialização de produtos agropecuários, o conhecimento de preços, as condições e o momento dos diversos mercados de maneira a orientá-los.

se deve ao fato de que, imediatamente após o vazamento, as autoridades declararam que a pesca na Baía estaria proibida, isso conjuntamente com fatores como a perda de oxigênio na água, o óleo impregnado nos peixes, entre outros. Este tipo de situação fez com que a contração na oferta ( $O_0 \rightarrow O_1$ ) fosse imediata (Gráfico 15).

Neste caso, a perda que se produz é igual à área  $P_1E_0F_0P_0 + G_0F_0Q_0Q_1$ , que é a soma das reduções produzidas no excedente do consumidor e do produtor, respectivamente. O excedente do consumidor inicial equivale à área acima do preço  $P_0$  na curva de demanda ( $NP_0F_0$ ). Ante a redução da curva da oferta, produz-se um aumento no preço ( $P_1$ ), que leva a uma redução no excedente do consumidor igual à área  $P_1E_0F_0P_0$ .



**Gráfico 15 – Redução da Curva de Oferta – Pesca.**

Nota: Fazendo uma simplificação, considera-se que as curvas de demanda e de oferta estão sendo representadas pelas retas  $ND_0$  e  $O_1Q_1$  e  $O_0Q_0$ , respectivamente.

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Pelo lado do produtor, o excedente é igual à área  $G_0F_0Q_0Q_1$ . Supondo que a curva de oferta seja perfeitamente inelástica, o excedente do produtor inicial é igual a toda área abaixo da curva de oferta, dado que ele estaria disposto a aceitar preços menores pela mesma quantidade produzida. No caso da demanda esta reação é um pouco mais tardia, com o que se pode esperar que em um segundo instante se produza uma retração da demanda.

A partir dos dados de quantidade de pescado comercializado e do preço médio calculado a partir dos preços de comercialização do pescado durante janeiro de 1999 e setembro de 2001, extrai-se o valor da perda relativa ao setor pesqueiro em decorrência do vazamento. O perfil deste cálculo é dado pela equação 4:

$$\text{Perda} = P_{\text{m\u00e9dio}} * (Q_{\text{pescado}} - Q_{0 \text{ pescado}})$$

Onde,

$P_{\text{m\u00e9dio}}$  representa o preço médio comercializado durante o período de janeiro de 1999 a setembro de 2001 (reais por kg);

$(Q_{\text{pescado}} - Q_{0 \text{ pescado}})$  representa a redução da quantidade de pescado comercializada no CEASA durante o período de janeiro a maio de 2000 (kg de pescado).

Foi possível diagnosticar um quadro de redução das quantidades para algumas espécies a partir das informações coletadas no CEASA durante o período de proibição<sup>40</sup> da pesca na Baía de Guanabara (18 de janeiro a 10 de março), como a sardinha que teve uma queda de 13% na quantidade comercializada entre fevereiro e março do ano 2000 (Gráfico 14).

A tabela 14 apresenta o preço médio calculado a partir da média aritmética dos preços de cada pescado durante o período de janeiro de 1999 a setembro de 2001.

---

<sup>40</sup> Vale ressaltar que o CEASA fez uma campanha assegurando a procedência e garantindo a qualidade do pescado que vem dos mares de Angra dos Reis, Cabo Frio, Campos, Sul da Bahia e Sul do País, regiões não afetadas pelo vazamento.

**Tabela 14 – Preço médio do pescado comercializado no CEASA – Jan-99 a Set-01.**

Peixe	Preço médio (R\$/kg)
Corvina	2,08
Tainha	2,62
Sardinha	1,94
Pescadinha	2,95
Camarão	2,99
Batata	4,63
Cherne	10,42
Enchova	3,99
Garoupa	7,16
Badejo	9,87
Namorado	6,11

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Durante o período de janeiro a maio de 2000, foram verificados sinais de queda na quantidade pescada e comercializada no CEASA. Verificou-se também uma queda na quantidade pescada no interior e adjacências da Baía de Guanabara, durante o período de proibição da pesca (Tabela 15).

**Tabela 15 – Reduções das quantidades de peixe no CEASA e na Baía de Guanabara.**

Peixe	Redução da quantidade (kg)	Redução da quantidade (kg)
	CEASA <sup>(1)</sup>	Baía de Guanabara
Corvina	314.801 <sup>(2)</sup>	98.929,5
Tainha	-	25.210,1
Sardinha	20.162 <sup>(2)</sup>	3.754,1
Pescadinha	57.210 <sup>(3)</sup>	277,27
Cherne	23.954 <sup>(2)</sup>	-
Camarão	2.500 <sup>(6)</sup>	-
Enchova	42.542 <sup>(4)</sup>	13.371,5
Batata	6.938 <sup>(4)</sup>	-
Badejo	13.423 <sup>(3)</sup>	-
Namorado	38.400 <sup>(5)</sup>	-

Nota: O símbolo (-) indica que não houve queda na quantidade pescada e comercializada neste período.

Nota 1: Não está sendo contabilizada qualquer quantidade de pescado proveniente da Baía de Guanabara.

Nota 2: Queda durante o período de fevereiro a março de 2000.

Nota 3: Queda durante o período de janeiro a março de 2000.

Nota 4: Queda durante o período de janeiro a fevereiro de 2000.

Nota 5: Queda durante o período de fevereiro a maio de 2000.

Nota 6: Queda durante o período de março a abril de 2000.

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Totalizando as perdas monetárias produzidas com as espécies comercializadas no CEASA e na Baía de Guanabara (Tabela 16):

**Tabela 16 – Perdas monetárias do pescado no CEASA e na Baía de Guanabara.**

Peixe	Perda monetária (reais)	
	CEASA	Baía de Guanabara
Corvina	654.786,10	205.773,40
Tainha	-	66.050,46
Sardinha	39.114,28	7.282,95
Pescadinha	168.769,50	817,95
Cherne	249.600,70	-
Camarão	7.475,00	-
Enchova	169.742,60	53.352,29
Batata	32.122,49	-
Garoupa	-	-
Badejo	132.485,00	-
Namorado	234.624,00	-
<b>Total</b>	<b>1.688.720,07</b>	<b>333.277,01</b>

Nota: O símbolo – indica que não houve perda monetária para esta espécie.

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Somando as perdas monetárias da Baía com do CEASA, chega-se a um total de R\$ 2.021.997,08 que equivale à perda do setor pesqueiro em decorrência do acidente.

*d.II Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores no transporte*

As modalidades de transporte rodoviário e aquaviário foram identificadas como sendo aquelas potencialmente afetadas pelo vazamento de óleo na Baía de Guanabara em janeiro de 2000.

No caso do transporte rodoviário, o acidente ocorrido na Baía não impediu a utilização desta modalidade e nem alterou o fluxo dos usuários que se deslocam para as localidades de trabalho, de educação e/ou comércio. Entretanto, aqueles usuários que utilizam esta modalidade de transporte para fins de recreação e lazer, eventualmente, deixaram de usar, pelo fato de algumas áreas que apresentam características próprias de recreação e lazer terem sido impactadas. Para este último caso, torna-se impossível quantificar a flutuação do número de usuários do transporte rodoviário para este fim.

No caso do transporte aquaviário, acredita-se que o óleo derramado tenha causado aos usuários das barcas/aerobarcos que fazem ligações Rio-Niterói-Rio, Rio-Ribeira-Rio e Rio-Paquetá-Rio (ligações existentes no interior da Baía de Guanabara) um sentimento de mal-estar em função do aspecto visual e/ou do odor produzido e conseqüentemente, provocado uma alteração no número de passageiros nas ligações.

*d.II.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia da produção sacrificada<sup>41</sup>*

A metodologia utilizada para os danos sofridos pelos produtores no transporte é a mesma pelos produtores da pesca.

*d.II.2 Aplicação da metodologia de produção sacrificada para a valoração dos danos ambientais no transporte*

A **primeira etapa** para aplicação da metodologia é fazer um levantamento dos passageiros transportados no período de 1995/1999 e 2000, em números absolutos e

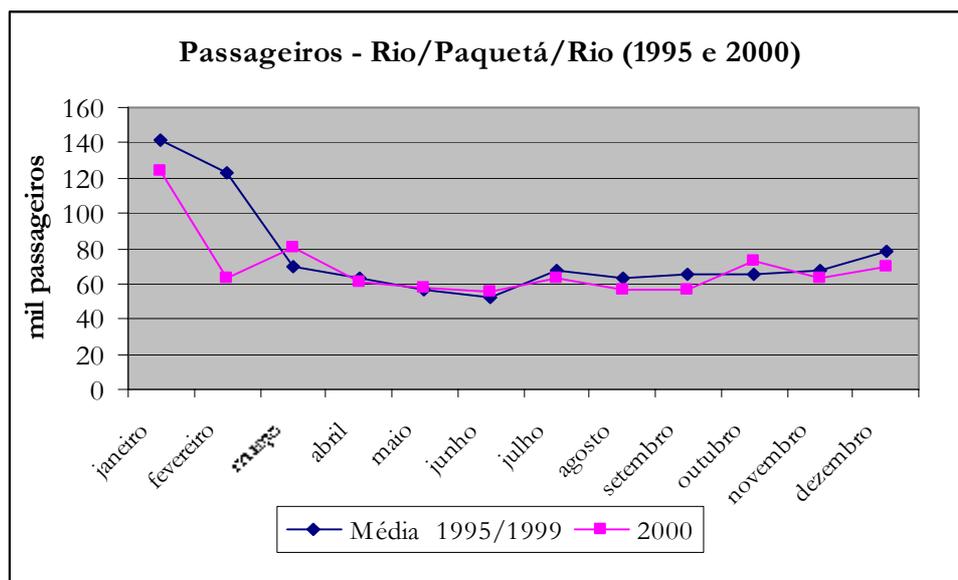
---

<sup>41</sup> Este subcapítulo baseia-se em TOLMASQUIM et al, 2000 e MOTTA, 1998. Essa metodologia também é conhecida como de produtividade marginal.

percentuais relacionados ao transporte por barcas e aerobarcos junto à Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro. Dentre estes dados, os que possuem ligação direta com a Baía de Guanabara referem-se às conexões via barca Rio-Niterói-Rio, Rio-Ribeira-Rio e Rio-Paquetá-Rio.

Para embasar a avaliação de qualquer possível alteração conseqüente do vazamento de óleo no comportamento dos passageiros transportados, deve-se verificar o comportamento do fluxo de passageiros para os três tipos de conexões realizadas na Baía de Guanabara durante o período analisado.

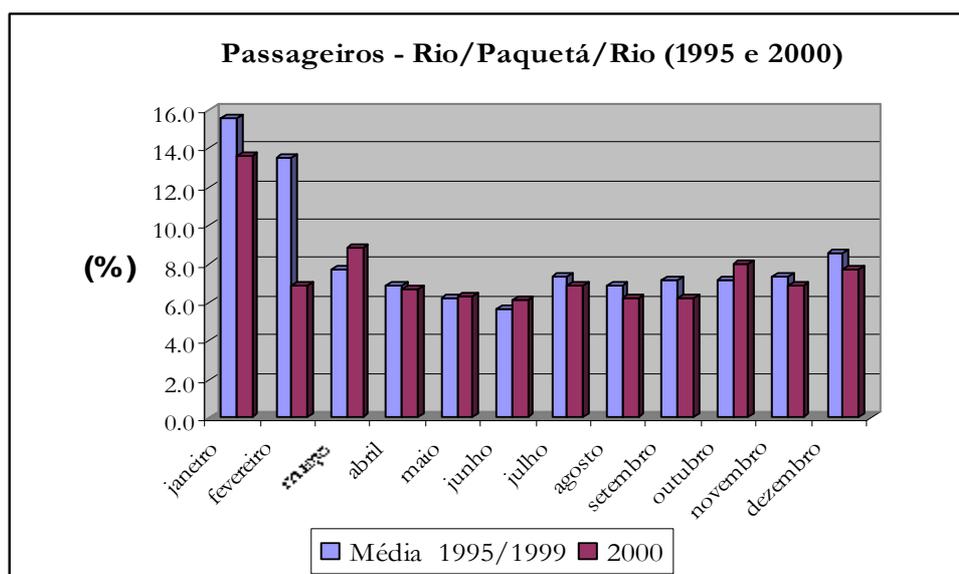
Chama-nos a atenção o fluxo de passageiros verificado para a conexão Rio-Paquetá-Rio durante o mês do acidente, janeiro e o primeiro mês subseqüente ao acidente, fevereiro entre o ano de 2000 e a média de 1995/1999 (Gráfico 16).



**Gráfico 16 – Número de passageiros transportados na ligação Rio/Paquetá/Rio no período de 1995 – 2000 (mil passageiros).**

Fonte: Elaborada a partir de MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Observando a série histórica, verifica-se que para os meses de janeiro e fevereiro (típicos de férias) o percentual de passageiros é bastante superior ao encontrado nos meses seguintes (março a dezembro), o que sugere fortemente o seu vínculo com a atividade turística (lazer e recreação) (Gráfico 17).



**Gráfico 17 – Passageiros transportados na ligação Rio/Paquetá/Rio no período de 1995 – 2000 (%).**

Fonte: Elaborada a partir de MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

O ano de 2000, no entanto, apresentou um percentual relativo a janeiro e a fevereiro inferior àquele observado na média de 1995/1999, o que nos leva a concluir que houve um impacto significativo do acidente sobre o transporte na Ilha de Paquetá durante os meses de férias.

Vale ressaltar que o transporte de passageiros para a Ilha de Paquetá via aerobarco não foi considerado nesta análise, porque o número de passageiros transportados mensalmente é pequeno em comparação com outras conexões, não afetando as conclusões obtidas.

A **segunda etapa** é conhecer os preços que equivalem ao valor da passagem por indivíduo transportado.

Segundo informação coletada nas SECTRAN (2001), os preços da passagem para a ligação Rio-Paquetá-Rio variam, sendo que para dias úteis (R\$ 1,70) e para finais de semana e feriados (R\$ 3,45). Considerando que esta é uma ligação preferencialmente turística realizada principalmente nos finais de semana e feriados, os cálculos utilizaram o valor da tarifa para estes dias.

A **terceira etapa** é estimar o valor, em termos econômicos, da perda relativa ao setor de transporte em decorrência do vazamento de óleo da Baía de Guanabara. Para tanto, deve-se determinar o excedente do produtor ( $G_0F_0Q_0Q_1$ ) que deriva do gráfico 15, o mesmo apresentado para a pesca.

A partir dos dados de quantidade demandada de passageiros transportados entre os meses de janeiro e fevereiro durante o período da média de 1995/1999 e do ano de 2000, e do preço da passagem, extrai-se o valor da perda do transporte em decorrência do acidente. O perfil deste cálculo é dado pela equação 5:

$$\text{Perda} = P_{\text{médio}} * (Q_{\text{passageiros 1995/1999}} - Q_{\text{passageiros 2000}})$$

Onde,

$P_{\text{médio}}$  representa o preço da passagem por indivíduo (reais por indivíduo);

$(Q_{\text{passageiros 1995/1999}} - Q_{\text{passageiros 2000}})$  representa a quantidade de passageiros transportados para os meses de janeiro e fevereiro durante o período da média 1995/1999 e do ano de 2000 (número de indivíduos).

A tabela 17 apresenta a redução de passageiros (em termos absolutos) verificada nos meses de janeiro e fevereiro durante o período da média 1995/1999 e do ano de 2000 e a perda (em termos econômicos) do setor transporte.

**Tabela 17 – Análise comparativa dos dados finais acerca do setor de transporte para a ligação Rio-Paquetá-Rio.**

Mês/Ano	Média 1995/1999	2000
Janeiro (n <sup>o</sup> de passageiros)	142.400	124.000
Fevereiro (n <sup>o</sup> de passageiros)	122.600	63.000
Variação no n <sup>o</sup> de passageiros	18.400	59.600
(redução entre os meses)	78.000	
Preço da passagem (R\$)	3,45	3,45
<b>Perda do setor de transporte (reais)</b>	<b>269.100</b>	

Fonte: Elaborada a partir de MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Portanto, a perda total do setor de transporte equivale a R\$ 269.100 em decorrência do acidente da Baía de Guanabara.

*d.III Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores no turismo*

Alguns municípios do entorno da Baía de Guanabara, como Rio de Janeiro (praias das Ilhas do Governador e Paquetá), Niterói, Magé e Guapimirim apresentam apreciável potencial turístico. Com o acidente, as áreas turísticas mais afetadas foram as Ilhas do Governador e de Paquetá, as praias de Mauá localizadas no município de Magé e a Área de Preservação Ambiental de Guapimirim – APA de Guapimirim. Em relação à cidade de Niterói não foram encontradas evidências de que tenha sido afetada diretamente pelo vazamento.

*d.III.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia dos gastos defensivos*

Segundo MOTTA (1998), esta metodologia representa os gastos que seriam incorridos pelos usuários em bens substitutos para não alterar o produto que depende de certos recursos naturais. É também conhecida pelo nome de custos evitados. Para exemplificar a metodologia, temos no caso de poluição dos mananciais, a necessidade de incorrer em gastos com tratamento de água (ou a compra de água tratada); para remediar efeitos na saúde causados pela poluição, incorre-se em gastos com medicamentos e gastos de reconstrução de áreas urbanas devido a cheias de rios causados por excesso e sedimentação em virtude da erosão do solo.

*d.III.2 Aplicação da metodologia de gastos defensivos para a valoração dos danos ambientais no turismo*

A **primeira etapa** para aplicação da metodologia é fazer um levantamento do número de visitantes para as áreas a serem apuradas em decorrência do acidente:

- As praias de banho da Ilha do Governador e de Mauá;

- A APA de Guapimirim;
- As praias da Ilha de Paquetá.

Durante o projeto, algumas dificuldades foram verificadas nesta etapa. A difícil quantificação da variação no número de visitantes nas praias de banho da Ilha do Governador e de Mauá devido à incerteza quanto aos números da população flutuante ligada ao turismo e em relação a APA de Guapimirim.

Restando analisar as praias da Ilha de Paquetá, foram obtidos dados acerca do número de visitantes junto à empresa BARCAS S.A., o que possibilitou verificar a existência de uma queda no percentual de passageiros transportados para a Ilha nos meses de janeiro (mês do acidente) e fevereiro de 2000 (mês subsequente ao acidente) em comparação com o mesmo mês na média do período de 1995 a 1999 (Tabela 18).

**Tabela 18 – Número de visitantes a Ilha de Paquetá.**

Mês/Ano	Média 1995/1999	2000
<b>Janeiro (nº de passageiros)</b>	142.400	124.000
<b>Fevereiro (nº de passageiros)</b>	122.600	63.000
<b>Variação no nº de passageiros (redução entre os meses)</b>	- 18.400	- 59.600
	- 78.000	

Fonte: Elaborada a partir de MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Considerou-se que o número de visitantes é o mesmo dos passageiros que utilizam o transporte das barcas para a conexão Rio-Paquetá-Rio. Vale lembrar que foram excluídos os dados referentes ao transporte de passageiros para a Ilha de Paquetá via aerobarco, por ser insignificante o número.

O projeto analisou a possibilidade de existência de um impacto indireto sobre o turismo na cidade do Rio de Janeiro vide a grande veiculação de reportagens sobre o acidente na mídia nacional e internacional. Contatos realizados com a Diretoria de Planejamento da RIOTUR indicam a inexistência de qualquer impacto sobre o turismo na cidade.

A **segunda etapa** para aplicação da metodologia baseou-se no levantamento dos preços pagos pelos turistas pelo pacote turístico que equivale aos gastos realizados pelos turistas quando em visita à Ilha, através da aplicação de uma pesquisa de campo junto a

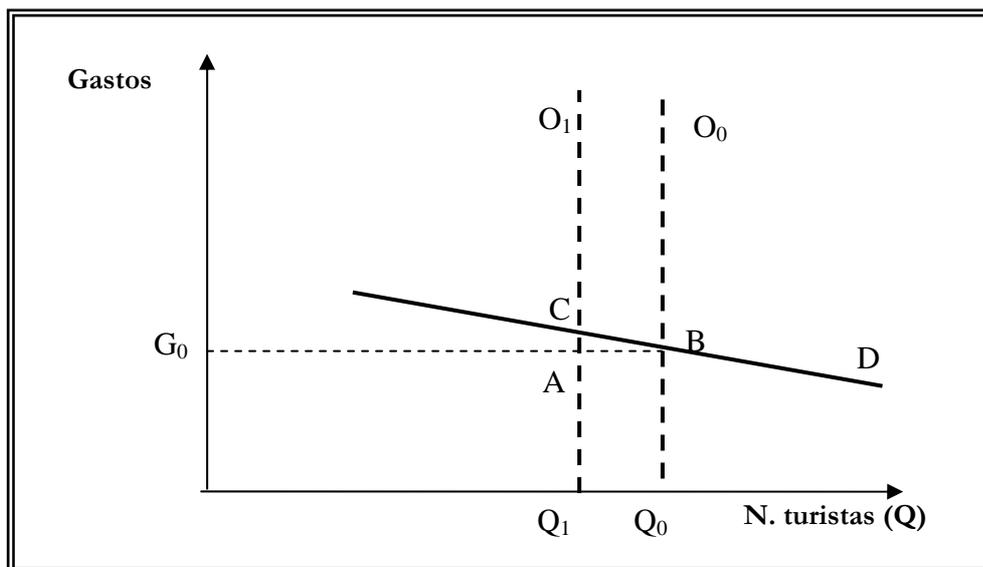
esses visitantes. Considerando que este seja o único montante disponível já que não há indícios que a atividade seja feita por intermédio de agências de turismo.

Para a coleta de dados, deve-se recorrer às fontes primárias, através de um questionário ou fontes secundárias (para este caso, estas não existem).

A **terceira etapa** é estimar o valor, em termos econômicos, do dano ao setor turístico em decorrência do vazamento de óleo da Baía de Guanabara.

À luz dos acontecimentos produzidos, algumas considerações podem ser extraídas. A oferta da atividade turística pode ser representada pela capacidade da localidade em receber turista (por exemplo: hotéis, restaurantes, aluguel de equipamentos de lazer, etc.) e pela capacidade de atrair turista (por exemplo: qualidade das praias, atendimento, etc). Neste caso considera-se a curva de oferta inelástica porque, a curto prazo, não haveria como aumentar a capacidade de receber e/ou atrair turistas.

A demanda é função dos gastos que as pessoas têm na realização das suas atividades e das preferências que as pessoas têm pelas paisagens naturais, tal como é o caso de Paquetá (Gráfico 18). Como existem diversas opções de turismo no Rio de Janeiro, é possível que as pessoas optem por lugares alternativos para desempenhar suas atividades de lazer caso o local desejado venha a sofrer alguma modificação. Desta forma, considera-se a curva de demanda relativamente elástica.



**Gráfico 18 – Redução da Curva de Oferta – Turismo.**

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

O gráfico 18 demonstra que houve um deslocamento (retração) da curva de oferta de  $O_0$  a  $O_1$  por ocasião do vazamento, como consequência da capacidade de atrair turista, entre outras coisas, produzindo uma variação no excedente do produtor igual à área  $ABQ_0Q_1$ . Por outro lado, para a demanda haverá um impacto sobre o excedente do consumidor que é igual à área  $CAB$ .

Na realidade, o vazamento provoca um deslocamento tanto da curva de oferta como da curva de demanda. Há, portanto, uma perda maior do excedente do produtor e do consumidor do que a medida neste caso. Porém, não foi avaliado esta situação, pois não havia dados suficientes para calcular o deslocamento da curva de demanda.

A partir dos dados de número de visitantes para a Ilha de Paquetá nos meses de janeiro (mês do acidente) e fevereiro (mês subsequente ao acidente) de 2000 em comparação com os mesmos meses durante a média do período de 1995 a 1999 e dos gastos médios associados à atividade turística neste período, através da pesquisa de campo descrita a seguir, extrai-se o valor da perda relativa ao setor turístico em decorrência do vazamento. O perfil deste cálculo é dado pela equação 6:

$$\text{Perda} = P_{\text{médio}} * (Q_{\text{visitantes 1995/1999}} - Q_{\text{visitantes 2000}})$$

Onde,

$P_{\text{m\u00e9dio}}$  representa os gastos m\u00e9dios associados \u00e0 atividade tur\u00edstica (reais por indiv\u00edduo);

$(Q_{\text{visitantes}_{1995/1999}} - Q_{\text{visitantes}_{2000}})$  representa a quantidade de visitantes transportados para os meses de janeiro e fevereiro durante o per\u00edodo da m\u00e9dia 1995/1999 e do ano de 2000 (n\u00famero de indiv\u00edduos visitantes).

A pesquisa de campo que se encontra detalhada no projeto “Valora\u00e7\u00e3o Econ\u00f4mica dos Danos Ambientais Causados pelo Vazamento de \u00c3leo da Refinaria Duque de Caxias – REDUC” apresenta as seguintes caracter\u00edsticas:

- O desenvolvimento de um question\u00e1rio que permitisse acessar objetivamente os gastos dos turistas com alimenta\u00e7\u00e3o, estadia, transporte (da resid\u00eancia at\u00e9 a Ilha), lazer e lembran\u00e7as durante a visita \u00e0 Ilha de Paquet\u00e1, al\u00e9m de revelar o motivo da visita, o tempo de perman\u00eancia na ilha e o n\u00famero de acompanhantes e o n\u00edvel de renda mensal.
- A amostra a ser pesquisada \u00e9 composta por visitantes da Ilha de Paquet\u00e1. Para tanto, foram feitas entrevistas juntamente \u00e0 esta\u00e7\u00e3o das barcas na Ilha de Paquet\u00e1 em hor\u00e1rios pr\u00f3ximos ao embarque.

O somat\u00f3rio dos gastos encontrados em cada categoria (transporte, estadia,...) leva ao valor final dos gastos realizados na visita \u00e0 Ilha de Paquet\u00e1 por turista, que equivale a R\$ 19,31 para um total de 268 turistas entrevistados.

Considerando um total de 78.000 turistas que deixaram de freq\u00fcentar a Ilha no per\u00edodo de janeiro e fevereiro entre os anos de 1995/1999 e 2000, calcula-se que a perda sofrida pelo setor de turismo foi de R\$ 1.506.180,00 em decorr\u00eancia do vazamento de \u00f3leo.

#### *d.IV Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos produtores nos manguezais*

O acidente ocorrido na Ba\u00eda de Guanabara causou efeitos indesej\u00e1veis sobre cinco compartimentos, quais sejam: manguezal, praias, cost\u00f5es rochosos, coluna d' \u00e1gua e ambiente bent\u00f4nico.

Entretanto, nem todos os compartimentos puderam ser valorados, face à ausência de estudos de valoração econômica para praia, costão rochoso e coluna d'água e à baixa confiabilidade nas relações existentes entre as funções ecológicas dos sistemas e os serviços prestados à sociedade. A valoração se limitou ao ecossistema manguezal, pois existe vasta literatura nacional e internacional concernente à valoração de manguezais e os dados coletados são consistentes para análises de valoração.

#### *d.IV.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Metodologia das despesas (ou custos) de reposição*

As metodologias selecionadas para a valoração dos danos sofridos pelos manguezais são duas: a produção sacrificada, que é a mesma utilizada para valorar os danos sentidos pelos produtores da pesca, e as despesas (ou custos) de reposição.

As despesas de reposição baseiam-se no consumo de um bem privado, ou seja, representam os gastos incorridos pelo consumidor ou usuário para repor os ativos produtivos que foram danificados pela poluição ou por um gerenciamento inapropriado. Esta reposição deve garantir um nível desejado de produto. Por exemplo, os custos de reflorestamento em áreas desmatadas para garantir o nível de produção madeireira ou custos de adubação para manter a produtividade agrícola constante.

Estes custos podem ser interpretados como um valor mínimo aceitável para medidas que reduzem a poluição ou melhorem as práticas de gerenciamento local, e, portanto, previnam o dano ambiental. Estes custos compreendem os custos para repor a perda física do solo e de nutrientes e assim, manter a produtividade do sistema.

#### *d.IV.2 Aplicação das metodologias de produção sacrificada e de despesas de reposição para a valoração dos danos ambientais nos manguezais*

O valor do dano gerado aos manguezais da Baía de Guanabara em decorrência do vazamento de óleo é constituído por quatro categorias, sendo que cada uma destas reflete o dano específico causado sobre bens ambientais, como caranguejos ou serviços fornecidos pelo ecossistema em questão, como: suporte à pesca costeira; proteção da linha de costa e ação depuradora.

Esta análise não tem por objetivo valorar a totalidade dos prejuízos no manguezal, porém vem representar o valor econômico dos bens e serviços considerados representativos para o ecossistema, quanto a sua importância econômica para os manguezais.

O quadro 13 resume os bens ou serviços que serão valorados, os métodos de valoração empregados e as variáveis necessárias para se estimar o valor dos danos.

**Quadro 13 – Bens e serviços a serem valorados nos manguezais<sup>(1)</sup>.**

<b>Bem ou serviço ecológico fornecido pelo manguezal</b>	<b>Método de valoração</b>	<b>Valor do dano</b>
Caranguejos	Produção sacrificada	Área do manguezal afetada, densidade de caranguejos, preço do caranguejo
Biomassa vegetal como suporte à pesca costeira	Produção sacrificada (com base em transferência energética) <sup>(2)</sup>	Área de manguezal afetada, produção de biomassa foliar, índice de conversão trófica, preço do camarão
Proteção da linha de costa	Custo de reposição	Extensão de manguezal afetada, custo de implantação de enrocamento <sup>(3)</sup> de proteção
Ação depuradora	Custo de reposição	Área de manguezal afetada, custo de implantação de lagoa de estabilização

Nota 1: Detalhes sobre a aplicação das metodologias de valoração enunciadas e os dados a serem utilizados para a valoração se encontram na tese de COELHO (2002) e em PPE/COPPE/UFRJ, 2002.

Nota 2: Segundo COELHO (2002), este método baseia-se nas relações energéticas entre os diversos componentes dos ecossistemas. A partir de um dano em algum destes componentes (eventualmente sem valor econômico direto), seu reflexo em outro componente com valor econômico mais facilmente identificável é estimado de acordo com a quantidade de energia transmitida pela cadeia trófica. Algum impacto causado, por exemplo, em determinada quantidade de árvores de manguezal (compartimento sem preço de mercado) pode ser valorado a partir da estimativa de qual a propagação deste impacto a espécies de pescado costeiro (compartimento com preços de pescado), levando-se em conta os dados de transferência energética. COELHO mostra que ODUM chegou a desenvolver unidades específicas para valoração ambiental baseada na transferência energética: a emergia, que é a quantidade de trabalho (no sentido energético) realizado pelo ecossistema para produzir determinado compartimento, e o emdollar, que é a conversão da emergia em termos monetários. Apesar de métodos energéticos apresentarem grande consistência metodológica (não há suposições, uma vez que as relações tróficas são medidas empiricamente), sua aplicação prática é bastante limitada devido à complexidade da obtenção dos dados de transferência energética.

Nota 3: Segundo definição encontrada em COELHO (2002), enrocamentos são estruturas freqüentemente usadas em obras de engenharia costeira, inclusive em zonas protegidas, não voltadas diretamente ao mar aberto. Consistem de maciços de pedras, de diferentes granulometrias, dispostas juntamente.

Fonte: COELHO (2002) e MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

O valor total dos danos aos manguezais da Baía de Guanabara é dado pela soma dos valores encontrados em cada categoria (Tabela 19).

**Tabela 19 – Valor dos danos aos manguezais.**

<b>Categoria</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Caranguejos	4.757.560,92
Biomassa vegetal como suporte à pesca costeira	21.259,22
Proteção da linha de costa	295.436.756,20
Ação depuradora	21.499.182,00
<b>Total</b>	<b>321.714.758,30</b>

Fonte: Elaborado a partir de COELHO (2002) e MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Este valor representa a perda completa (100%) dos componentes e funções do ecossistema manguezal. Face à complexidade dos estudos para se determinar a perda real na geração dos bens e serviços, utiliza-se para a ponderação dos danos econômicos efetivamente incorridos fatores de correção, que são atribuídos sobre o somatório das perdas. O estudo de COELHO (2002) considerou que as perdas reais dos manguezais representam 25% e 35% de impacto sobre o ecossistema, ou seja, os fatores de correção estão situados numa faixa de 0,25 a 0,35.

Aplicando sobre o valor total dos danos R\$ 321.714.758,30 o fator de 0,3 (valor médio entre 0,25 e 0,35), equivale a dizer que o ecossistema sofreu uma perda econômica gerada pelo acidente em função da perda ecológica sobre bens e serviços de 30%. Logo, a perda real foi de R\$ 96.514.427,49.

*d.V Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas dos consumidores na saúde*

Após a ocorrência de vazamentos de petróleo de grande magnitude, acredita-se haver algum tipo de impacto sobre a saúde da população atingida direta (por exemplo, trabalhadores envolvidos na limpeza do óleo) ou indiretamente (por exemplo, comunidades que eventualmente consumam água contaminada).

A inalação ou ingestão excessiva de substâncias derivadas do petróleo, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA encontrados na gasolina e querosene, provoca tosse com catarro e vômitos. Na intoxicação grave, verificam-se sintomas de tontura, contrações musculares e convulsões. Estes problemas acometem principalmente

as pessoas envolvidas diretamente nas atividades de emergência e no combate a vazamentos.

Segundo o relatório da FBDS (2000) e o Dr. José Antônio Simas Bulcão de Furnas (com. pes.) os cinco tipos de doenças citados abaixo estão associados a efeitos toxicológicos de contaminação por petróleo:

- Doenças do olho e anexos.
- Doenças do aparelho digestivo.
- Doenças do aparelho respiratório.
- Doenças da pele e do tecido subcutâneo.
- Algumas doenças infecciosas e parasitárias.

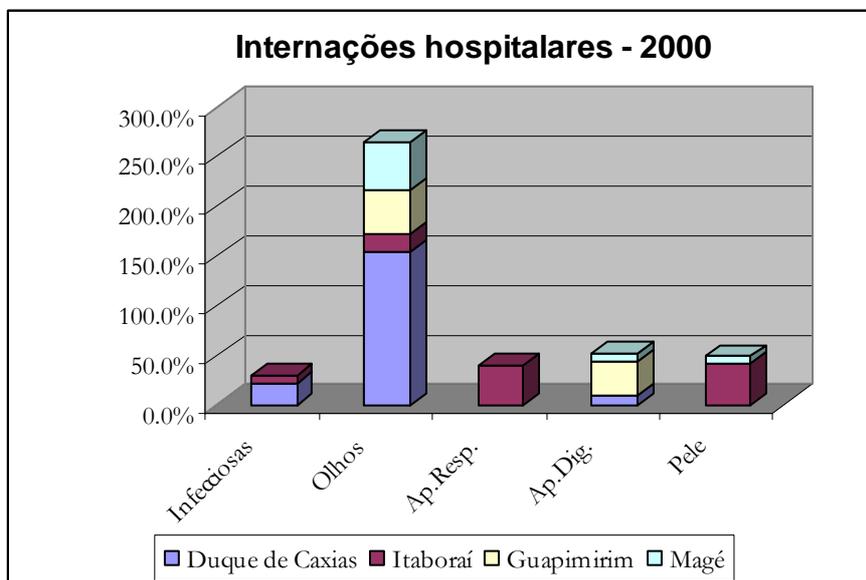
#### *d.V.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Teoria do Capital Humano*

Equivale a perda total ou parcial do potencial produtivo dos recursos humanos. Do ponto de vista exclusivamente econômico, o potencial produtivo da perda de vidas é medido através dos ativos físicos ou financeiros. Portanto, calcula-se o valor presente da produção que tivesse sido gerada para si mesmo e para a sociedade, no caso do indivíduo se manter em ótimo estado de saúde.

#### *d.V.2 Aplicação da Teoria do Capital Humano para a valoração dos danos ambientais na saúde*

A **primeira etapa** para aplicação da metodologia é fazer um levantamento dos dados de internação por morbidade hospitalar do Sistema Único de Saúde – SUS por local de residência (municípios do entorno da Baía de Guanabara) para as doenças de veiculação citadas anteriormente durante um determinado período (1998 a 2001) e verificar os aumentos percentuais de internações no mês de janeiro do ano de 2000 em relação aos anos de 1999 e 2001 para cada tipo de indicador (doença) no município a ser averiguado.

Foram selecionados os municípios de Magé, Guapimirim, Itaboraí e Duque de Caxias, face aos aumentos registrados em alguns indicadores durante o período de análise (Gráfico 19).



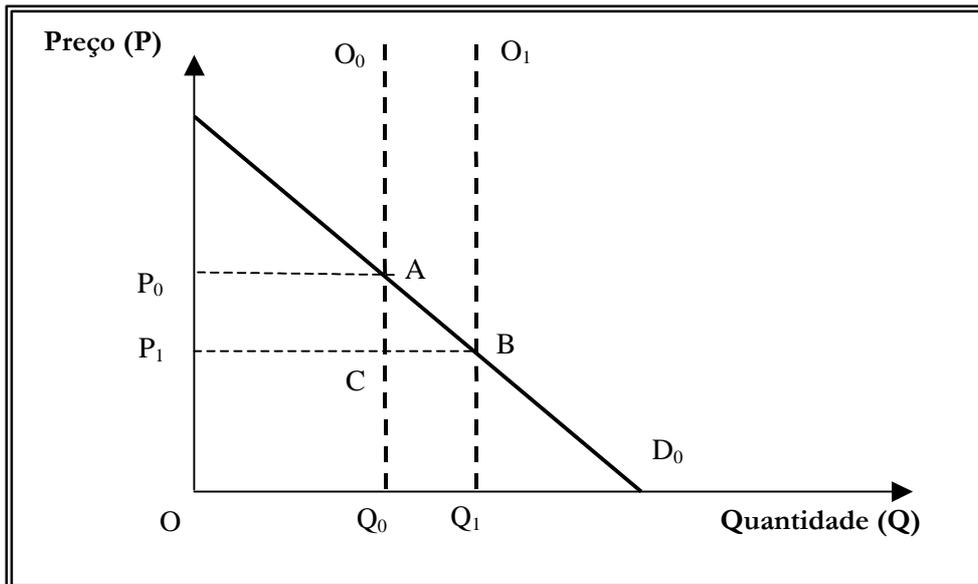
**Gráfico 19 – Aumentos das internações hospitalares por local de residência por indicador para janeiro de 2000 (%).**

Fonte: Elaborada a partir de MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

A **segunda etapa** é estimar o valor, em termos econômicos, do dano a saúde da população em decorrência do vazamento de óleo da Baía de Guanabara.

Considera-se que as pessoas, que sofrem com o impacto, estariam dispostas a pagar mais pela ausência de doenças, ou pela probabilidade de se ver livre dela.

Em conseqüência do vazamento, o nível de resposta ante os casos de doenças apresentados reduz-se, como verificado no gráfico 20 que representa o deslocamento da curva de  $O_1$  para  $O_0$ . Neste caso, a variação do excedente do consumidor é igual à área  $P_0ABP_1$ . No lado do excedente do produtor esta variação é igual à área  $P_1BQ_1O_0$  menos  $P_1CQ_0O$ . Portanto, a variação total seria igual à  $CBQ_1Q_0$ .



**Gráfico 20 – Redução da curva de oferta – Saúde.**

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Porém, devido à falta de disponibilidade de dados, as perdas que as pessoas afetadas tiveram em decorrência do vazamento são contabilizadas como os gastos relacionados às internações e a perda de produtividade associada a ela, por conta dos dias de atividade restringida das pessoas que estiveram internadas. Não foi considerado o mal-estar que com ela se apresenta. As outras perdas que se produziram, como o tempo gasto para o atendimento ambulatorio, os gastos relativos ao atendimento ambulatorio e a compra de medicamentos não foram analisadas.

A partir dos dados coletados na etapa anterior, estimam-se os gastos diretos com internação – GAD de acordo com a equação 7.

$$\text{GAD} = \text{ValorInt} * \text{D} * \text{Casos}$$

Onde,

ValorInt – Valor médio da internação por tipo de doença contraída por uma pessoa no município (reais/pessoa dia);

D – Dias de permanência média por tipo de doença no município (dias);

Casos – Número de casos registrados de internação por tipo de doença no ano de 2000 em relação a média dos anos de 1999 e 2001 (pessoa).

Aos gastos com internação – GAD, é adicionado o valor da perda de produtividade do indivíduo que ficou impossibilitado de trabalhar por estar doente (DAR). Para este cálculo (Equação 8), consideram-se a renda média do indivíduo do Estado do Rio de Janeiro por dia que foi de R\$ 7,59 (IBGE, 2001), o número de casos registrados e os dias de permanência média por tipo de doença por município.

$$\text{DAR} = \text{Renda} * \text{D} * \text{Casos}$$

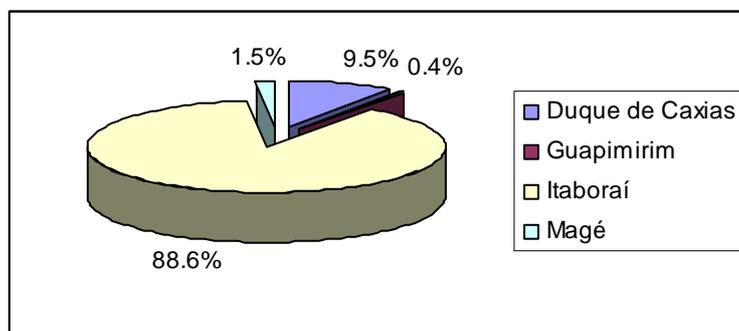
Onde,

Renda – Renda média do indivíduo do Estado do Rio de Janeiro por dia (reais/pessoa dia);

D – Dias de permanência média por tipo de doença no município (dias);

Casos – Número de casos registrados de internação por tipo de doença no ano de 2000 em relação a média dos anos de 1999 e 2001 (pessoa).

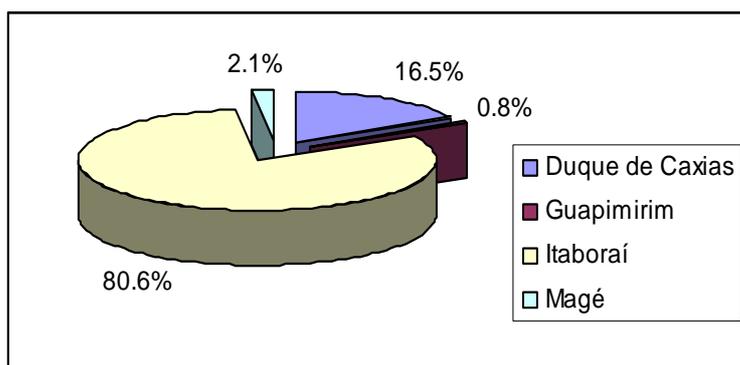
Os gastos diretos com internação totalizam R\$ 477.197,40, que estão distribuídos para cada município atingido, segundo o gráfico 21.



**Gráfico 21 – Gastos diretos com internação por município (%).**

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Enquanto que a perda de produtividade obteve como resultado R\$ 10.243,46, sendo que cada município teve perdas diferenciadas (Gráfico 22).



**Gráfico 22 – Perda de produtividade por município (%).**

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Somando os gastos diretos com internação com as perdas de produtividade dos indivíduos dos municípios de Duque de Caxias, Itaboraí, Guapimirim e Magé, chega-se a um total de R\$ 487.440,80 para o período do vazamento. Atualizando para janeiro de 2002 através do IPCA-E (Índice de Preços ao Consumidor Amplo Especial), temos R\$ 565.885,31.

*d.VI Os danos ambientais decorrentes do vazamento: As perdas da qualidade de vida*

Para avaliar os danos sofridos pelos bens ambientais em consequência de atividades antropogênicas, é necessário considerar os possíveis efeitos que tenham provocado alguma perda na qualidade de vida da população. Neste sentido, mostra-se evidente que um dos principais afetados é a população que mora no entorno da Baía de Guanabara.

Os efeitos sentidos pelas pessoas durante o desenvolvimento das suas atividades habituais podem gerar tanto uma falta de renda (caso a pessoa realize alguma atividade remunerada) quanto um aumento de receita (consequência da necessidade de realizar gastos para proteger-se). Subjetivamente, as pessoas também podem sofrer algum tipo de desconforto ou mal-estar que, em alguns casos, pode ser maior do que aqueles sofridos considerando-se o componente anterior.

Para o caso da Baía de Guanabara, acredita-se que as pessoas sejam capazes de perceber as alterações de disponibilidade (qualitativa/quantitativa) do recurso ambiental, como as áreas de preservação ambiental – APA de Guapimirim – no Estado do Rio de

Janeiro, onde são encontradas várias espécies de crustáceos (camarões, siris e caranguejos), de vegetais e aves; as praias de banho que são ponto de encontro, recreação e lazer para a sociedade; os costões rochosos que abrigam grande quantidade de flora e fauna e a biota aquática, destacando-se os peixes e os bentos, que também sofrem os efeitos da poluição da Baía de Guanabara. Sendo assim, na pesquisa de valoração contingente as pessoas serão induzidas a revelar suas “verdadeiras” disposições a pagar (DAP) pelos recursos ambientais encontrados na Baía de Guanabara, que foram impactados em decorrência do vazamento de óleo.

#### *d.VI.1 Fundamentação teórica da metodologia de valoração selecionada – Valoração Contingente*

O interesse pelo método da valoração contingente tem crescido bastante ao longo da última década. Entre outros motivos, destaca-se o próprio aperfeiçoamento das pesquisas de opinião e, principalmente, o fato de ser uma das únicas técnicas com potencial de captar o valor de existência. Por outro lado, a aplicação desta técnica não é trivial e também envolve custos elevados de pesquisa (TOLMASQUIM et al., 2000).

Este método<sup>42</sup> consiste em dois estágios subdivididos em etapas.

#### **1<sup>o</sup> ESTÁGIO: DEFINIÇÃO DA PESQUISA (Quadro 14)**

**1<sup>a</sup> Etapa:** Determinação do recurso ambiental a ser valorado, ou seja, a descrição detalhada do bem ou serviço ambiental a ser valorado. Para isto, são necessárias informações sobre:

- O nível de disponibilidade - em termos de quantidade e qualidade - do bem questionado;
- Quem utiliza o recurso e quem deve pagar ou ser compensado e
- A forma de pagamento.

---

<sup>42</sup> A aplicação desta metodologia baseou-se em TOLMASQUIM et al., 2000.

**2ª Etapa:** Determinação dos mecanismos de valoração: a disposição a pagar (DAP), ou seja, dizer quanto os indivíduos estariam dispostos a pagar para obter uma melhoria de bem-estar ou disposição a aceitar (DAA), que se refere a quanto estariam dispostos a aceitar como compensação para uma perda de bem-estar.

A Valoração Contingente estima os valores da DAP e da DAA com base em mercados hipotéticos que são simulados por intermédio de pesquisas de campo nas quais se pergunta ao entrevistado sua DAP ou sua DAA por alterações na disponibilidade quantitativa ou qualitativa do meio ambiente.

**3ª Etapa:** Definição da forma ou do veículo de pagamento ou compensação com que DAP ou DAA será realizada, por exemplo:

- DAP: novos impostos, tarifas ou taxas; cobrança direta pelo uso; doação para um fundo de caridade ou uma organização não-governamental.
- DAA: novos subsídios ou aumento no nível dos existentes; compensações financeiras diretas; ou aumento de patrimônio via obras ou reposição.

Cada caso deve ser estudado criteriosamente para se identificar qual o instrumento mais adequado para a aplicação.

**4ª Etapa:** Escolha da forma de eliciação (resposta) para valorar a disposição a pagar ou aceitar. A estimativa dos benefícios obedece a diferentes modalidades em razão da forma de obtenção do valor. Dentre as opções apresentadas, uma é escolhida para compor o questionário, fornecendo diferentes maneiras de valorar o bem. As principais opções são:

- *Lances livres ou formato aberto (open-ended)*. O entrevistado é questionado sobre a sua disposição a pagar / aceitar por determinada alteração no suprimento de um bem ou serviço ambiental. Esta forma de pergunta produz uma quantidade contínua de lances e o valor esperado da DAA ou DAP pode ser estimado diretamente.
- *Artifício de jogos de ofertas (bidding games)*. Criando-se uma situação hipotética, permite ao entrevistado a opção de escolher se está de acordo ou não com uma quantia estabelecida. Repete-se o experimento até chegar a um consenso entre entrevistado e entrevistador.

- *Cartões de pagamento*, onde várias alternativas são mostradas ao entrevistado que escolhe entre elas qual seria a mais apropriada.
- *Escolha dicotômica* apresenta a seguinte questão: "você está disposto a pagar um valor X?", permitindo que o entrevistado responda "sim" ou "não". A quantia é modificada ao longo da amostra para avaliar a frequência das respostas dadas diante de diferentes níveis de lances. Esta forma é muito utilizada e possui a vantagem de permitir uma menor ocorrência de lances estratégicos; os entrevistados procuram defender seus interesses ou se beneficiam da provisão gratuita do bem, aproximando-se da verdadeira experiência de mercado que geralmente define suas ações de consumo frente a um preço previamente definido. Esta escolha dicotômica pode ser simples, quando se faz uma única pergunta, ou dupla. A escolha dupla caracteriza-se pela realização de uma segunda pergunta referindo-se a um montante maior, caso a resposta anterior tenha sido positiva ou menor, se foi negativa.

**5ª Etapa:** Construção de uma função de demanda, que permite captar as medidas de disposição a pagar (ou aceitar) dos indivíduos relativos às variações de disponibilidade do recurso ambiental. Com base nestas medidas, estimam-se as variações do nível de bem-estar pelo excesso de satisfação que o consumidor obtém quando paga um preço (ou nada paga) pelo recurso que realmente estaria disposto a pagar.

## **2º ESTÁGIO: DEFINIÇÃO DO QUESTIONÁRIO (Quadro 15)**

**6ª Etapa:** Definição da amostra da população a ser entrevistada, que deve obedecer a certos procedimentos estatísticos que garantam sua representatividade.

Ao realizar uma pesquisa no Brasil, podemos considerar algumas cidades que sejam representativas, em termos econômicos, políticos e sociais. Este procedimento é adotado no estudo de CUMMINGS (1986) que estabelece que um indivíduo da cidade deve ter uma certa familiaridade com o recurso ambiental que está sendo valorado. Portanto, grandes cidades podem ser escolhidas porque suas populações têm, em geral, mais acesso às informações sobre os problemas ambientais através da mídia (televisão, rádio ou jornal).

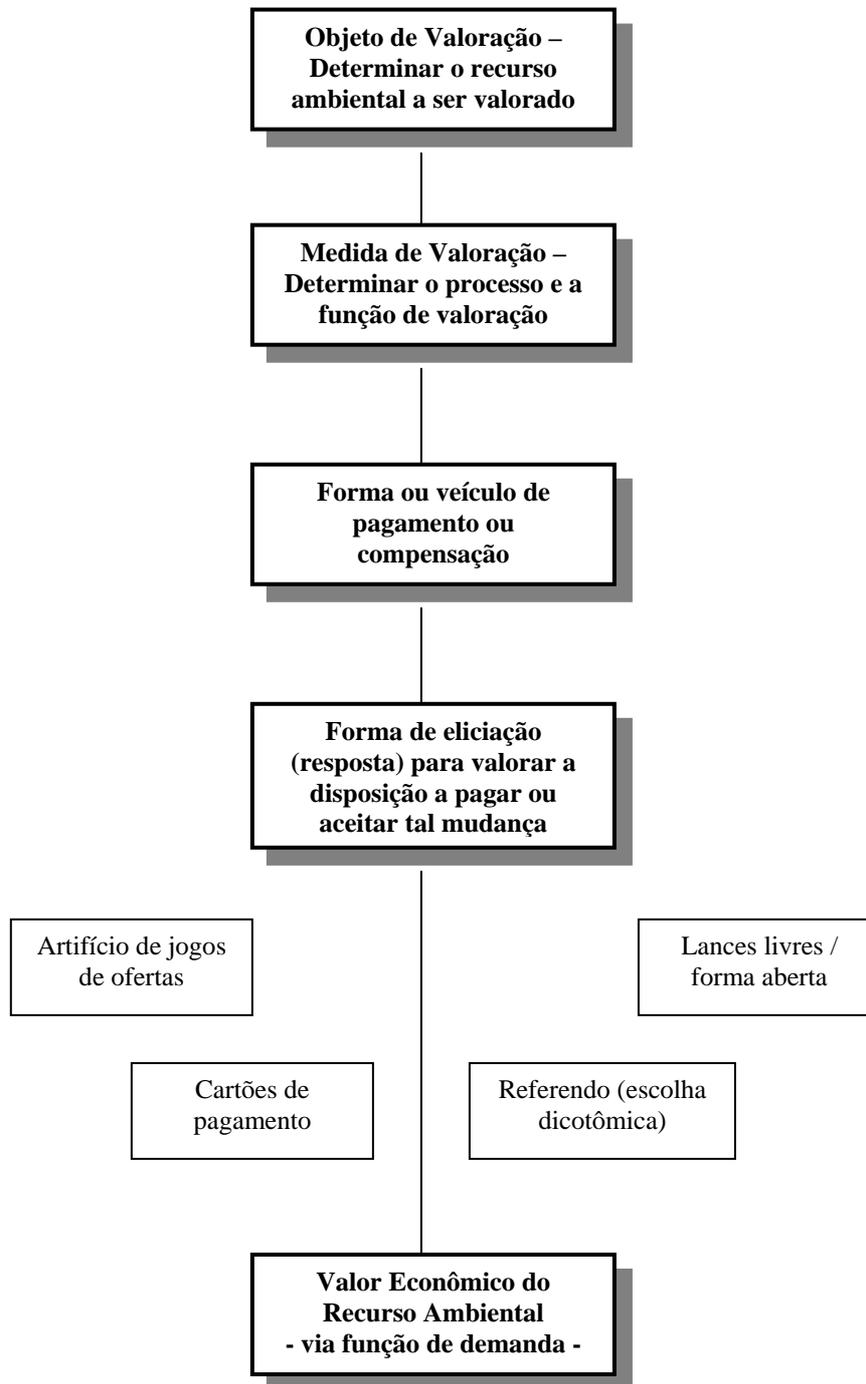
**7ª Etapa:** Caracterização da forma de execução da entrevista, ou seja, a forma como será aplicado o questionário. Recomenda-se que as entrevistas sejam pessoais, no sentido de garantir uma fiel compreensão do questionário e suas respostas. Dessa forma, os dados podem ser coletados através de pesquisas domiciliares, o que é mais recomendável, embora apresentem um custo mais alto do que o realizado com o uso do telefone ou pelo correio. As pesquisas domiciliares, entretanto, consomem mais tempo que os outros métodos.

**8ª Etapa:** Determinação do conteúdo das informações que devem ser apresentadas no questionário, de forma a transferir para o entrevistado, realisticamente, a magnitude das alterações de disponibilidade do recurso ambiental em valoração. O questionário pode ser apresentado de várias formas, desde um texto lido pelo entrevistador até o uso de fotos e desenhos ilustrativos das alterações.

O questionário deve ter o seguinte formato, não necessariamente nesta ordem:

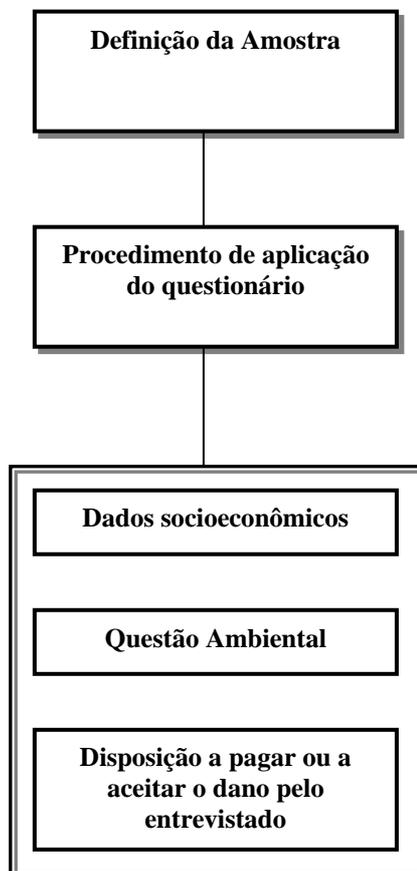
- Dados socioeconômicos e demográficos dos entrevistados do tipo: sexo, idade, ocupação, grau de instrução, renda do entrevistado e número de pessoas que moram na casa.
- Informações sobre o conhecimento dos entrevistados a respeito da questão ambiental, de tal forma que seja estabelecida uma relação entre seu conhecimento sobre os impactos ambientais decorrentes e a disposição a pagar ou aceitar.
- Disposição dos entrevistados a pagar ou a aceitar a alteração. Questiona-se ao entrevistado o valor que ele estaria disposto a pagar para evitar tal impacto.

**Quadro 14 – Fluxograma para Definição da Pesquisa de Valoração Contingente –  
1º Estágio**



Fonte: Baseado em Tolmasquim et. al., 2000.

**Quadro 15 – Fluxograma para Definição do Questionário de Valoração Contingente – 2º Estágio**



Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

#### *d.VI.2 Aplicação da metodologia de Valoração Contingente para a valoração da perda da qualidade de vida*

Realizada após a identificação e a seleção dos danos potenciais causados pelo vazamento, esta etapa visa quantificar e mensurar os danos sofridos pelos recursos naturais através da metodologia de Valoração Contingente.

Conforme apresentado no item anterior, a pesquisa de campo que se encontra detalhada no projeto “Valoração Econômica dos Danos Ambientais Causados pelo Vazamento de Óleo da Refinaria Duque de Caxias – REDUC” apresenta as seguintes características:

- O desenvolvimento de um questionário que aborda as informações sobre o conhecimento do entrevistado acerca da questão ambiental, as informações socioeconômicas e demográficas, do tipo: profissão, idade, grau de instrução, renda do entrevistado, etc. e a disposição a pagar pelos impactos ambientais. De modo mais específico, a pesquisa verifica a disposição a colaborar do indivíduo (entrevistado) com um projeto que visa garantir uma melhoria nas condições do ecossistema da Baía de Guanabara. Caso afirmativo, os entrevistados eram questionados sobre a quantia que estaria disposta a pagar mensalmente durante os próximos cinco anos.
- A amostra a ser pesquisada compreende uma área que representasse de forma significativa às partes envolvidas no dano ocasionado pelo vazamento de óleo, e que por sua vez, pudesse ser operacional, possibilitando o prosseguimento do trabalho. Estabeleceu-se uma área de influência de 5 km ao redor da Baía de Guanabara, considerando que os principais “consumidores” estejam nas localidades (bairros dos municípios do entorno da Baía) inseridas nesta área e que estes têm a possibilidade de um contato físico e visual com a Baía. Desta forma, distribui-se a amostra geograficamente através dos sete municípios e suas respectivas divisões (em bairros). A distribuição das entrevistas foi proporcional à população da área administrativa.
- Considerou-se como unidade amostral pessoas maiores de 18 anos que aceitassem responder o questionário e que fossem moradoras da localidade visitada pelo entrevistador. No sentido da obtenção de uma amostra

aleatória representativa do espaço geográfico delimitado, distribuíram-se os questionários proporcionalmente à sua população, entre os diferentes municípios que ficavam ao redor da Baía (Tabela 20). O número de entrevistas aplicadas e completamente aproveitadas foi 3.396.

**Tabela 20 – Distribuição da amostra nos municípios pesquisados (%).**

<b>Município</b>	<b>% do total</b>
Rio de Janeiro	59,1
Duque de Caxias	12,0
São João de Meriti	1,1
Niterói	10,6
São Gonçalo	15,1
Magé	2,1

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Para a análise dos resultados, deve-se lembrar em que condições, além das citadas anteriormente, foram feitas as perguntas do questionário para se determinar a disposição a pagar – DAP dos indivíduos para a melhora das condições do ecossistema da Baía de Guanabara. Em primeiro lugar foram apresentados aos entrevistados os problemas ocasionados pelo vazamento, os mesmos que seriam evitados por um programa a ser implementado pela Universidade. A seguir eram indicados a responder se aceitariam ou não contribuir com este projeto. Em segundo lugar se mencionou que o questionário era dirigido a pessoas maiores de 18 anos as quais se advertia que uma vez assumindo o compromisso não teriam como se negar a realizar pagamentos mensais durante os próximos 5 anos.

A população total de entrevistados equivale àquelas maiores de 18 anos (1.383.849 indivíduos) que moram no entorno da Baía de Guanabara (CIDE, 2001). Partindo da hipótese que a população teria o mesmo comportamento que aquele encontrado na amostra, aproximadamente 36,96%<sup>43</sup> dela colaboraria com a proposta.

O valor médio de disposição a pagar dos indivíduos entrevistados foi de aproximadamente R\$ 8,71 para as pessoas que mencionaram que estariam dispostas a colaborar durante os 60 meses.

---

<sup>43</sup> A pesquisa de valoração considerou um erro de 6% (MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002).

O resultado mostrou que a perda ocasionada sobre a população que mora ao redor da Baía de Guanabara, em uma extensão geográfica de 5 km, foi de aproximadamente R\$ 234.666.964,77, se usada à poupança como taxa de desconto.

#### **e. Estimativa da valoração econômica dos danos ambientais**

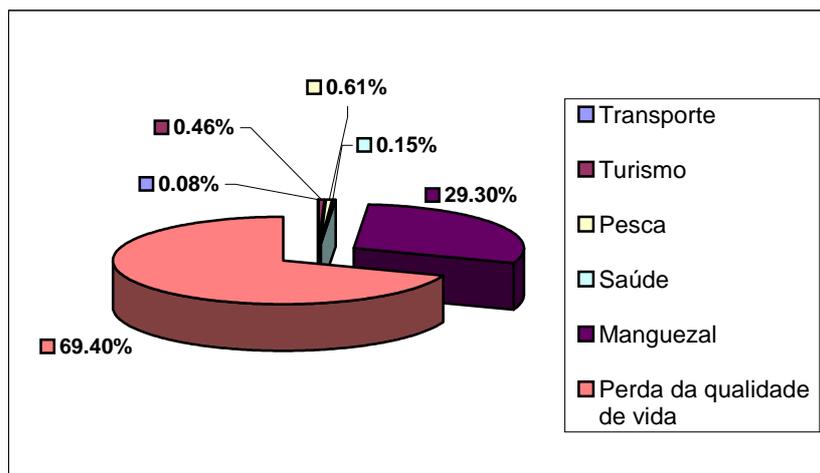
Realizada, então, a valoração para cada uma das perdas sofridas, procede-se ao somatório destes valores como forma de determinar o valor do dano gerado decorrente do vazamento de óleo da REDUC/DTSE (Tabela 21).

**Tabela 21 – Magnitude do dano ambiental à Baía de Guanabara.**

<b>Setor</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>Perda dos Produtores</b>	
Transporte	269.100
Turismo	1.506.180
Pesca	2.021.997
Manguezal	96.514.427
<b>Perda dos Consumidores</b>	
Saúde	565.885
Perda da qualidade de vida	234.666.965
<b>Total</b>	<b>335.544.555</b>

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

O gráfico 23 apresenta a contribuição percentual de cada setor no dano total.



**Gráfico 23 – Contribuição dos setores para o valor do dano.**

Fonte: MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), 2002.

Observando o gráfico 23, verifica-se que a maior parcela do valor do dano ficou por conta dos valores ambientais que estão dissociados de qualquer tipo de uso, direto ou indireto, equivalente a perda da qualidade de vida da população que possa ter um contato físico ou visual com a Baía de Guanabara, que é medida através da Valoração Contingente. Em geral, os bens ambientais que não estejam ligados ao mercado possuem um valor econômico alto.

Entretanto, deve-se lembrar que as metodologias de valoração utilizadas investigam as perdas sofridas pelos produtores e consumidores segundo divisão, inicialmente, orientada para os objetos que se desejavam analisar e não pelos componentes de valor (de uso e não-uso) encontrados na Baía de Guanabara. Por conta disto, houve preocupação com a possibilidade de ocorrer uma eventual dupla contagem; de qualquer forma trabalhou-se com o máximo de rigor para evitar tal efeito.

Vale ressaltar que o montante encontrado não reflete totalmente os danos sofridos pelos bens e serviços ambientais encontrados na Baía de Guanabara, pois existem certos bens/serviços que são impossíveis de serem valorados em função da falta de dados para subsidiar o processo de valoração; além de algumas simplificações que são realizadas durante o projeto.

No caso do setor transporte, por exemplo, a modalidade rodoviária não foi considerada por não terem sido encontrados dados que possibilitassem a avaliação da flutuação ocorrida sobre o uso do transporte rodoviário às áreas de recreação e lazer. No setor turismo, optou-se unicamente por considerar o caso da Ilha de Paquetá apesar de sabidamente ter ocorrido alterações no número de visitas a outras localidades com apelo

turístico na região da Baía de Guanabara. Na APA de Guapimirim, por exemplo, não havia registro do número de visitantes. Quanto à pesca, é de conhecimento geral que existem vários pontos de desembarque do pescado na Baía de Guanabara, mas na maioria deles não existem estatísticas que permitam quantificar o impacto ocorrido. Da mesma forma, na avaliação do manguezal, não foram contemplados alguns ecossistemas pois haveria necessidade de se realizar uma pesquisa prévia que apresentasse a diferença entre o estado das localidades afetadas no período anterior e posterior ao vazamento. Em relação a valoração da perda da qualidade de vida realizada através da metodologia da Valoração Contingente, vale lembrar que não havia estudos prévios que permitissem uma noção a respeito dos resultados. Justamente por isto, optou-se por escolher uma delimitação geográfica que permitisse a operacionalização do trabalho, deixando de lado potenciais entrevistados que poderiam manifestar interesse pelos problemas ambientais.

### **VII.3 Conclusão**

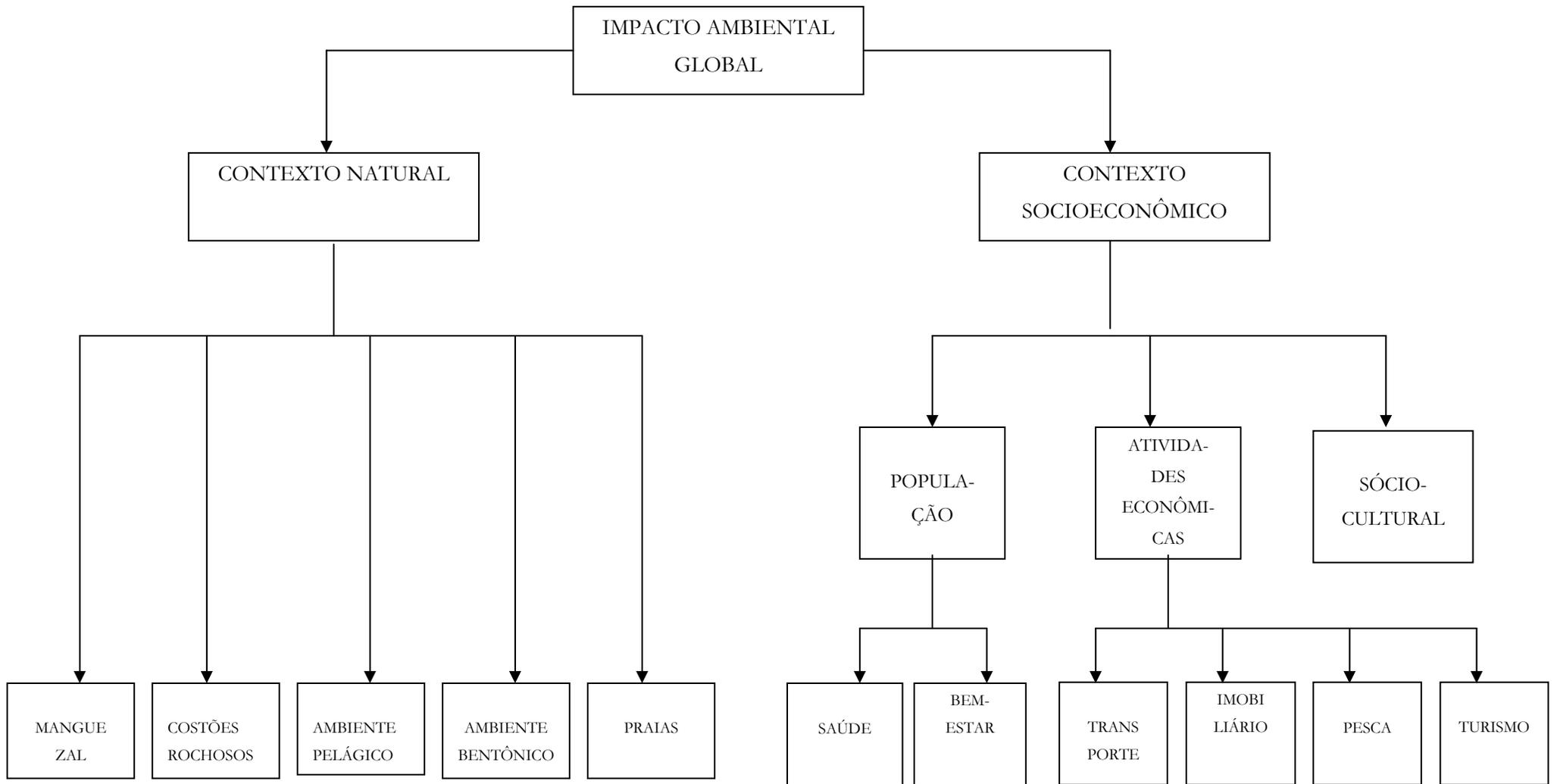
O objetivo deste capítulo foi determinar o valor do dano ocasionado pela Petrobras em decorrência do vazamento de óleo ocorrido em janeiro de 2000 na Baía de Guanabara. Assim, o valor encontrado foi de aproximadamente R\$ 335,5 milhões (ANEXO) o qual foi resultado do somatório de várias categorias que foram avaliadas e que sofreram danos ambientais que efetivamente pudessem ser valorados e dos quais se dispunha de um mínimo de dados que permitisse a inferência dos valores.

Este valor também pode ser entendido como um valor mínimo de quanto seria o dano ocasionado. Considerando diversos problemas, especialmente pela falta de disponibilidade de dados, vários tipos de efeitos tiveram que ser deixados de lado. Entretanto, à medida que se avança na identificação dos danos físicos, torna-se possível melhorar os resultados da avaliação econômica, e muitas limitações que estiveram na impossibilidade de determinar começam a ser conhecidas.

A partir do valor do dano e do risco ambiental determinado em decorrência do vazamento de óleo, é possível realizar as análises comparativas entre os custos da qualidade ambiental, em termos econômicos, face aos investimentos que poderão ser feitos nas ações de prevenção para evitar o dano e, de controle e de correção a serem feitas quando já tiver ocorrido o dano. A descrição dessas ações e das medidas adotadas encontra-se no capítulo VIII.

Esta análise possibilita verificar a existência ou não de uma economia de custos feita ao se comparar os custos de degradação que fornecem o valor do dano ambiental e os gastos/investimentos para implementação de ações ambientais que evitam o dano, controlem ou corrijam o mesmo.

Figura 10 - Árvore dos impactos ambientais gerados pelo acidente





## **VIII. IDENTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DA QUALIDADE AMBIENTAL NO SETOR DE PETRÓLEO**

### **VIII.1 Introdução**

Neste capítulo, serão realizadas a identificação e aplicação da nova abordagem dos Custos da Qualidade Ambiental no Setor de Petróleo, descrita no capítulo VI, tendo como estudo de caso o acidente ocorrido na Baía de Guanabara em 18 de janeiro de 2000 quando vazou uma grande quantidade de óleo decorrente da falha do oleoduto que faz a ligação entre a Refinaria Duque de Caxias - REDUC e os Dutos e Terminais do Sudeste – DTSE.

**Etapa 1:** Descrição do acidente do vazamento de óleo da Baía de Guanabara.

**Etapa 2:** Investigação dos agentes externos ou provocadores do acidente.

**Etapa 3:** Determinação do risco ambiental em face da frequência de ocorrência do evento causador e das conseqüências ao meio ambiente.

**Etapa 4:** Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental – custos de adequação através da prevenção, correção, controle, falhas e das externalidades – para a empresa investigada.

**Etapa 5:** Avaliação comparativa entre os Custos da Qualidade Ambiental (Custos de correção, de controle e de prevenção) a fim de reduzir/eliminar os Custos de Externalidades e os Custos de Falhas de Adequação para selecionar a ação ambiental mais viável economicamente (menor custo).

Cabe acrescentar que o resultado desta avaliação pode proporcionar ou não a empresa uma economia de custos dos danos ambientais e sociais, a partir das ações ambientais implementadas.

Antes, será apresentado um breve histórico sobre o complexo REDUC-DTSE.

### **VIII.2 Histórico de Implantação do Complexo Industrial do Setor de Petróleo**

A indústria do petróleo é responsável por diversas operações, as quais compreendem desde a busca e a extração desse mineral até o refino e a distribuição de

produtos de aplicação industrial. Muitos desses produtos são, por sua vez, as matérias-primas da indústria petroquímica.

De modo diferenciado, estas operações afetam o meio ambiente; porém dependendo do caso, os efeitos podem ser dramáticos, como os que decorrem dos derrames de petróleo registrados durante as fases de obtenção, de transporte, da emissão de efluentes líquidos e gasosos na fase de refino e produção de produtos petroquímicos, assim como da emissão de óxidos de enxofre, nitrogênio e outros gases durante a utilização dos produtos acabados.

### ***VIII.2.1 Refinaria Duque de Caxias – REDUC***

Quando foi implantada em 20 de janeiro de 1961, a Refinaria Rio – REFRIIO ocupava uma área de 2,28 km<sup>2</sup>. Atualmente, a REDUC (ex-REFRIIO) está estabelecida numa área de 13 km<sup>2</sup> e localizada a noroeste da Baía de Guanabara, no distrito de Campos Elíseos, município de Duque de Caxias.

Entretanto, vale lembrar que a refinaria só entrou em operação no dia 9 de setembro de 1961, em função do atraso na montagem da unidade de destilação atmosférica e à vácuo (U-1210) e dos parques de tanques de óleo cru e de produtos acabados (LIMA, 1988; LONTRA, 1997).

A antiga REFRIIO se enquadrava no plano de metas do governo Juscelino Kubitschek de Oliveira e foi projetada, em 1957, para refinar 15.000 m<sup>3</sup>/dia de petróleo (LONTRA, 1997). Foi a primeira refinaria projetada pela Petrobras (REDUC, 2000).

Segundo OLIVEIRA (2000), a escolha pela presente área para implementação da REFRIIO se deu pelas seguintes condições:

- Proximidade de portos marítimos para o recebimento de petróleo (todo importado, na época), possivelmente constituídos por bases da Shell, localizada na Ilha do Governador, e da Esso, localizada em uma ilha próxima à Ilha Redonda, além de uma base da Petrobras, projetada para ser implantada na Ilha D'Água.
- Facilidade de distribuição de derivados para os Estados de Minas Gerais, através da atual rodovia Washington Luís, e de São Paulo, através da rodovia Presidente Dutra (na época, o acesso a esta rodovia era por dentro da cidade de Duque de Caxias).

- Terreno barato, devido às condições inadequadas à construção civil existentes na área – área com mais de 80% de mangue e profundidade de 25 metros (Lontra, 1997).
- Disponibilidade de água em abundância para a refrigeração dos equipamentos a serem instalados.

Foram construídas duas fontes de abastecimento de água doce para a refinaria – a barragem de Saracuruna e a de Registro, na baixada, próximo à área da Fábrica Nacional de Motores (LONTRA, 1997).

### ***VIII.2.2 Dutos e Terminais do Sudeste – DTSE***

Acredita-se que o surgimento desta unidade se deve a uma necessidade da REDUC de ser provida por um terminal marítimo localizado na Baía de Guanabara, próprio da Petrobras, bem como para possibilitar o transporte de óleo entre o Rio de Janeiro e Belo Horizonte. A necessidade de uma via de abastecimento pelo mar, planejada em conjunto com a implantação da REDUC, é confirmada pelo fato de que o presidente Juscelino inaugurou o terminal marítimo Almirante Tamandaré, situado na Ilha D'Água, próximo à Ilha do Governador, no mesmo dia da inauguração da REFRIIO, ou seja, em 20 de janeiro de 1961.

O Terminal Almirante Tamandaré foi projetado para ter todas as instalações principais hoje existentes – 18 tanques (8 para produtos claros, 6 para produtos escuros, 1 tanque de alívio, 1 de resíduos e 2 tanques de lastro), dois píeres (PP – píer principal e PS – píer secundário) com capacidade para recebimento de navios de até 135.000 toneladas de porte bruto e um píer de abastecimento de barcaças. Atualmente, este terminal faz parte do TEGUA<sup>44</sup> (Terminais da Guanabara), constituído pelos terminais da Ilha D'Água e da Ilha Redonda. Este último foi adquirido pela Petrobras, em 1976, de um *pool* de empresas multinacionais sediadas em Duque de Caxias, que comercializava GLP.

Uma rede de oleodutos submarinos, com extensão de até 16 quilômetros e diâmetro entre 8 e 32 polegadas interliga o terminal à REDUC, Ilha Redonda,

---

<sup>44</sup> Hoje, o TEGUA é chamado de GEGUA (Gerência da Baía de Guanabara).

companhias distribuidoras (na Ilha do Governador) e aos próprios píeres principal e secundário.

O sistema DTSE – Dutos e Terminais do Sudeste é originário da fusão de terminais preexistentes, ou seja, nasceu em março de 1992 da fusão do TEBIG (Terminal de Angra dos Reis) com o TORGUA (órgão operacional único surgido em 1971).

O DTSE tem as seguintes responsabilidades (SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2000):

- escoamento dutoviário da produção de petróleo e gás da Bacia de Campos.
- Abastecimento da REDUC.
- Recebimento de alguns tipos de petróleo e derivados visando à complementação das necessidades da REDUC.
- Abastecimento com derivados da região de Volta Redonda.
- Abastecimento da REGAP.
- escoamento dos excedentes produzidos na REGAP.
- Recebimento, estocagem e transferência de GLP, propeno e butadieno importado.
- Processamento de gás natural com produção de GLP.
- Coordenação da malha de gasodutos do Sudeste.
- Fornecimento de gás natural a distribuidoras do estado do Rio de Janeiro, REDUC e DTSE.
- Apoio, através de rebocador, às manobras de petroleiros.

Atualmente, o DTSE é composto de 7 terminais marítimos e terrestres, duas estações intermediárias de bombeamento, 115 tanques de armazenamento e 3.144 quilômetros de dutos.

O quadro 16 apresenta os avanços tecnológicos implementados pelo DTSE ao longo de sua evolução:

**Quadro 16 – Avanços tecnológicos do DTSE.**

<b>Aspectos</b>	<b>Avanços Tecnológicos</b>
Proteção catódica	Anodos galvânicos; corrente impressa
Medição de nível	Trena; Telepulse; Sistemas digitais; Sistemas com radar
Medição de vazão	Volumétricos; Placas de orifício; Turbinas; Ultra-som
Controle	Painéis analógicos; Painéis digitais; Monitores (sistema SCADA)
Transmissão de dados	Cabos; Rádio; Satélite; Fibra ótica
Navios	Casco simples; Fundo duplo (Lastro nos tanques; lastro segregado); Casco duplo
Pigs	Pigs de limpeza; Pigs separadores de produtos; Pigs geométrico e calibrador; Pigs instrumentados (Magnético; Ultrasônico); Pigs auto-propulsores.
Instrumentação	Pneumática; Eletrônica
Software de simulação	-
Sistemas de detecção de vazamento	-
Reparos alternativos	-

Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2000.

### **VIII.3 Identificação das Fases de Implementação da Nova Abordagem dos Custos da Qualidade Ambiental no Setor de Petróleo**

#### ***VIII.3.1 Descrição do acidente do vazamento de óleo na Baía de Guanabara***

Em 18 de janeiro de 2000, ocorreu o vazamento de cerca de 1,3 milhão de litros de óleo combustível MF-380 proveniente de uma falha no oleoduto PE-II (duto de produtos escuros) de 13 quilômetros de comprimento do DTSE/Petrobras - que leva óleo da REDUC para o tanque de armazenamento do DTSE localizado na Ilha d'Água - durante quatro horas na Baía da Guanabara (CAMERINI, 2000), provocando um dos maiores desastres ambientais do Brasil.

A empresa inicialmente alegou como causa do acidente uma falha de montagem do duto, que conduziu à fadiga do material, através de um movimento contínuo (variações verticais de cerca de 1,1m) provocado pela dilatação e contração do duto que

transportava o óleo a 80-90°C. Da mesma forma, não era prevista a alteração nas condições de suporte do duto pelo solo no canal ocasionado pelo assoreamento da bacia de evolução pelo rio Iguaçu. A fadiga causou um rasgo (63,8 centímetros de extensão e 40,3 centímetros de espessura) no duto, que atingiu a metade de sua circunferência<sup>45</sup>.

Uma semana depois, em relatório preliminar, a Petrobras informou que existiam indícios de uma falha operacional já que não teria havido uma verificação da diferença entre o volume de óleo expelido e recebido. O duto que é considerado novo, pois tem apenas 10 anos de uma vida útil de 40 anos, sofre com o segundo vazamento.

No “Relatório de Análise e Verificação do Projeto e Montagem do Duto PE-II na Baía de Guanabara” de fevereiro de 2000, a Comissão de Sindicância constituída para verificar as possíveis causas do acidente, concluiu que “o fator determinante foi o engastamento natural do duto na bacia de evolução e na sua interligação com o trecho terrestre, associado ao desenterramento, ao longo do tempo, no trecho de canal”.

Espalhado nas águas da Baía de Guanabara pelos movimentos das marés e ventos, o óleo comprometeu a cadeia alimentar dos peixes, dos crustáceos, das aves, dos répteis e dos mamíferos em seu habitat, ou seja, a fauna e flora dos ecossistemas presentes na Baía (praia, mangue, ambiente pelágico).

O vazamento de óleo durou cerca de 30 minutos, segundo a Petrobras. Por causa da maré e dos ventos, a mancha de óleo de mais de 50 km<sup>2</sup> atingiu a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, o município de Duque de Caxias e os municípios situados no fundo da baía - Magé, Guapimirim, São Gonçalo e Itaboraí. O óleo vazado se concentrou no fundo da baía. O município do Rio de Janeiro também sofreu, tendo sido afetadas a Ilha do Governador e a Ilha de Paquetá, forte região turística<sup>46</sup>.

O óleo pode persistir nesse ambiente por 10 a 20 anos e, nesse processo, algumas espécies podem ser dizimadas de tal forma que estariam, praticamente, extintas. O homem foi duramente atingido com o desastre ecológico, como foi o caso de cerca de 30 mil pessoas das comunidades de pescadores que habitam o entorno da Baía de Guanabara, privados de suas fontes de sobrevivência, cujas atividades já eram difíceis, face aos ecossistemas estarem em avançado estágio de degradação<sup>47</sup>.

---

<sup>45</sup> Jornal O Globo, 2000.

<sup>46</sup> Jornal O Globo, 2000; Jornal A Folha de São Paulo, 2000 e Jornal do Brasil, 2000.

<sup>47</sup> Jornal O Transporte, 2000.

Em março de 1997 o mesmo duto PE-II já havia vazado 2,8 milhões de litros de óleo combustível. Nesta ocasião a causa - que consta no supracitado relatório - foi “o processo de corrosão sofrido por um trecho do duto PE-II, em decorrência da sua exposição à atmosfera, em razão de uma inflexão vertical causada pela expansão térmica”.

É importante assinalar que a REDUC é responsável por 14% da capacidade instalada de refino do País, processando cerca de 225 mil barris/dia. Responde por 80% do óleo lubrificante produzido, atendendo basicamente aos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, vendendo gasolina, óleo diesel, querosene de avião, GLP e óleo combustível.

A empresa foi multada pelo IBAMA com base na Lei nº 9.605/98, de Crimes Ambientais – recentemente regulamentada pelo Congresso – em R\$ 50 milhões, o valor máximo previsto nesta lei.

### ***VIII.3.2 Investigação dos agentes externos ou provocadores do acidente***

Na busca pelas causas latentes ou potenciais de um evento indesejável, a maioria dos fatos tende a ser atribuído ao fator humano; entretanto, o processo de diagnóstico deve ser o mais abrangente possível, não se concentrando exclusivamente no homem. Todas as causas (internas e externas à empresa) devem ser investigadas.

As causas organizacionais ligadas às políticas internas da empresa e aos seus controles revelam um problema crônico para algumas instituições. As causas subjacentes, como por exemplo, o projeto, a manutenção, os procedimentos, o conhecimento, as habilidades e as competências do pessoal, os aspectos motivacionais do trabalho, o planejamento, etc. representam a causa central de muitos problemas institucionais ou serem apenas a "ponta de um iceberg".

A partir de consultas a relatórios disponíveis na internet, a documentos do Ministério Público e a noticiários da época ligados ao acidente, foram enumeradas algumas possíveis causas que conduziram a esse evento:

1. Falhas no projeto (construção e montagem) do duto PE-II, em relação ao material utilizado e à fixação e proteção da tubulação no fundo e entorno da Baía de Guanabara<sup>48</sup>.

2. Falhas no processo de monitoramento do sistema, o que acarretou na não detecção do vazamento em tempo hábil para se evitar o impacto mais agressivo ao meio ambiente.

3. Falta ou inoperância de dispositivos adequados de controle operativo do sistema que interrompessem automaticamente o bombeamento de óleo a partir de qualquer queda de pressão no escoamento (indicando vazamento), o que teria evitado ou minimizado em grande parte o acidente.

4. Falhas com relação aos dispositivos de proteção emergencial (barreiras flutuantes) aplicados durante o espalhamento de óleo, que simplesmente não estavam disponíveis no dia em que ocorreu o desastre, permitindo uma ampliação rápida da mancha e intensificando os efeitos impactantes ao ecossistema da Baía de Guanabara.

5. Falhas nos procedimentos gerenciais, operacionais e de manutenção por parte da empresa<sup>49</sup>.

6. Falhas nos procedimentos de segurança industrial e meio ambiente<sup>49</sup>.

7. Falhas envolvendo as áreas de Engenharia, Dutos/Transportes e Refino, Segurança Industrial e Meio Ambiente<sup>49</sup>.

8. Deficiências na área de fiscalização, monitoramento e controle ambiental, de responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) e da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), em relação ao processo industrial da REDUC e DTSE/Ilha D'Água<sup>49</sup>.

9. Deficiências por parte da Agência Nacional do Petróleo (ANP), quanto ao cumprimento dos incisos V, VII e IX, Seção I, Capítulo IV da Lei nº 9.478/97 (Lei do Petróleo), que tratam da autorização e fiscalização das atividades no setor e da preservação do meio ambiente<sup>49</sup>.

---

<sup>48</sup> SURGENTE Informativo do Sindipetro, RJ, “Relatório Final do CREA-RJ sobre o vazamento na Baía de Guanabara”, 06/10/2000 apresenta algumas conclusões do acidente baseadas nos seguintes relatórios: “Avaliação das Causas da Ruptura do Duto PE-II da Petrobras” pela COPPE/UFRJ, de março de 2000; “Ocorrência com o Duto de Produtos Escuros PE-II” pela Comissão Interna da Petrobras, de 25 de janeiro de 2000; “Comissão de Apuração e Melhorias no Duto PE-II” pela Comissão Interna de Prevenção de Acidentes da REDUC.

10. A Associação dos Engenheiros da Petrobras – AEPET – associou o acidente à terceirização, ou seja, ao processo de enxugamento do quadro de empregados da Petrobrás por meio do processo de demissão voluntária, onde milhares de empregados treinados e experientes foram incentivados a aposentadoria precoce e substituídos por empregados terceirizados ou por automação<sup>49</sup>.

Verifica-se, portanto que existem várias versões para a causa do acidente que é dada por diversos relatórios<sup>49</sup>. O “Relatório sobre o impacto ambiental causado pelo derramamento de óleo na Baía de Guanabara” do CONAMA/MMA revela as causas que estão contidas no Relatório Técnico da Agência Nacional do Petróleo – ANP (MALHEIROS, 2002):

- Relatório Petrobras de Ocorrência relatou a causa como sendo a fratura de fadiga, ocasionada por expansão e contração térmica, mesmo tendo sido operado dentro de suas condições de projeto.
- Relatório de Análise e Verificação do Projeto e Montagem do Duto PE-II na Baía de Guanabara descartou a possibilidade de fratura por fadiga e disse que a ruptura ocorreu por um mecanismo de flambagem inelástica<sup>50</sup>. Relata também que a ação operacional não causou falha, porém a detecção da anormalidade não foi realizada.
- Relatório Final de Avaliação das Causas da Ruptura do Duto PE-II na Baía de Guanabara apontou três fatores, que conjuntamente, contribuíram para o rompimento do duto:
  - O duto se encontrava desenterrado no trecho do canal e enterrado na região próxima a foz do rio Iguaçu, por assoreamento natural, em desacordo com o projeto original. Segundo o projeto, a situação deveria ser inversa, ou seja, o trecho próximo a foz do rio desenterrado. O assoreamento restringiu o movimento do duto, necessário para possibilitar a expansão térmica (serpenteamento), que ocorre durante os ciclos de aquecimento – quando o óleo passa pelo duto a uma temperatura de até 90 °C.
  - Ao movimentar-se, o duto PE-II chocou-se com um outro duto, projetado para transportar produtos a temperatura ambiente. Tal fato, ocorrido próximo ao trecho assoreado, impôs uma restrição adicional ao movimento do duto PE-II.

---

<sup>49</sup> Esses relatórios não são divulgados publicamente. Somente a empresa, os órgãos do Governo Federal e o Ministério Público puderam ter acesso ao conteúdo completo.

<sup>50</sup> A flambagem inelástica caracteriza-se pela encurvatura do tubo, atingindo níveis de deformações permanentes.

- Por ter o seu serpenteamento restringido, o duto sofreu um brusco movimento de flexão lateral, devido a carga térmica, que redundou no seu rompimento. Tal movimento só ocorreu porque na região do canal o duto estava parcialmente enterrado e não completamente. Conforme previsto no projeto original, o duto deveria estar enterrado a uma profundidade de 1,5 metros.
  
- Relatório Petrobras de Análise do Duto PE-II destacou os seguintes fatores causadores:
  - Alteração natural nas condições de suporte do duto e o solo do canal, acarretando o aparecimento de trechos desenterrados e distribuídos de forma, não compatíveis com as premissas básicas de projeto.
  - Elevada deflexão lateral do duto observada no campo após a ocorrência da ruptura, em consequência da deficiência de suporte lateral do solo, em conjunto com a restrição axial nos trechos enterrados a montante (interface terra-canal) e a jusante da região de ruptura, acarretando engastamentos.
  - Deflexão lateral abrupta (na ordem de segundos), cerca de 4,0 metros em relação ao alinhamento inicial, ocasionando o aparecimento de regiões plastificadas nos pontos de inflexão e centro do vão.
  - Condições operacionais inerentes ao processo de transferência de produtos aquecidos.
  - Engessamento natural do duto na bacia de evolução e na sua interligação com o trecho terrestre, associado ao desenterramento, ao longo do tempo, no trecho do canal.
  
- Relatório da Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos / Universidade Federal do Rio de Janeiro apresentou como causa imediata da ruptura parcial do duto a flambagem elasto-plástica local devido à combinação de compressão axial e flexão excessiva geradas pela restrição a expansão térmica de um trecho da linha.
  
- Relatório Final da Comissão Extraordinária criada pela Portaria nº 05/2000 da presidência do CREA-RJ mostrou que a causa mais provável da fratura do duto foi o deslocamento do duto provocado pela combinação dos seguintes fatores: esforços de expansão térmica, desalinhamento de tramas do tubo no plano horizontal e a pouca cobertura com baixa coesão do solo de enchimento da vala, constatada no próprio local do acidente.

Vale ressaltar que muitas dessas causas se interagem, convergindo para uma única consequência que foi o acidente.

Portanto, realizar-se-á um processo de verificação da causa iniciadora/principal do evento a partir do Diagrama Causa e Efeito (Figura 11), no qual as variáveis perturbadoras serão avaliadas para se determinar as principais e conseqüentemente, as freqüências de ocorrências destas.

Na verdade, não houve apenas uma falha, mas diversas falhas cumulativas que levaram a este trágico desastre ecológico. Dentre todas as possibilidades comentadas anteriormente no Diagrama, as falhas consideradas as mais prováveis causadoras do acidente são descritas a seguir:

- Falhas no projeto (construção e montagem) do duto PE-II, em relação ao material utilizado e à fixação e proteção da tubulação no fundo e entorno da Baía de Guanabara (o duto estava enterrado a apenas 40 cm quando deveria estar a 1,5 metro da superfície).
- Falhas no processo de monitoramento do sistema, o que acarretou na não detecção do vazamento em tempo hábil para se evitar o impacto mais agressivo ao meio ambiente (falha no sistema de gestão que não apontou a ruptura da tubulação próxima a Reduc).
- Falta ou inoperância de dispositivos adequados de controle operativo do sistema que interrompessem automaticamente o bombeamento de óleo a partir de qualquer queda de pressão no escoamento (indicando vazamento), o que teria evitado ou minimizado em grande parte o acidente.
- Falhas com relação aos dispositivos de proteção emergenciais (barreiras flutuantes) aplicados durante o espalhamento de óleo, que simplesmente não estavam disponíveis no dia em que ocorreu o desastre, permitindo uma ampliação rápida da mancha e intensificando os efeitos impactantes ao ecossistema da Baía de Guanabara.

Para acontecer um acidente ecológico desta gravidade e proporção, devem ocorrer conjuntamente vários eventos, não podendo ser o mesmo atribuído a uma única causa ou imputado simplesmente a uma pessoa – falha humana, conforme previsto nos manuais de Engenharia de Prevenção de Perdas. Dessa maneira, reconhecendo as possíveis causas/falhas, pode-se identificar a probabilidade desta(s) provocar(em) um acidente ambiental e posteriormente, influenciar nas conseqüências ambientais.

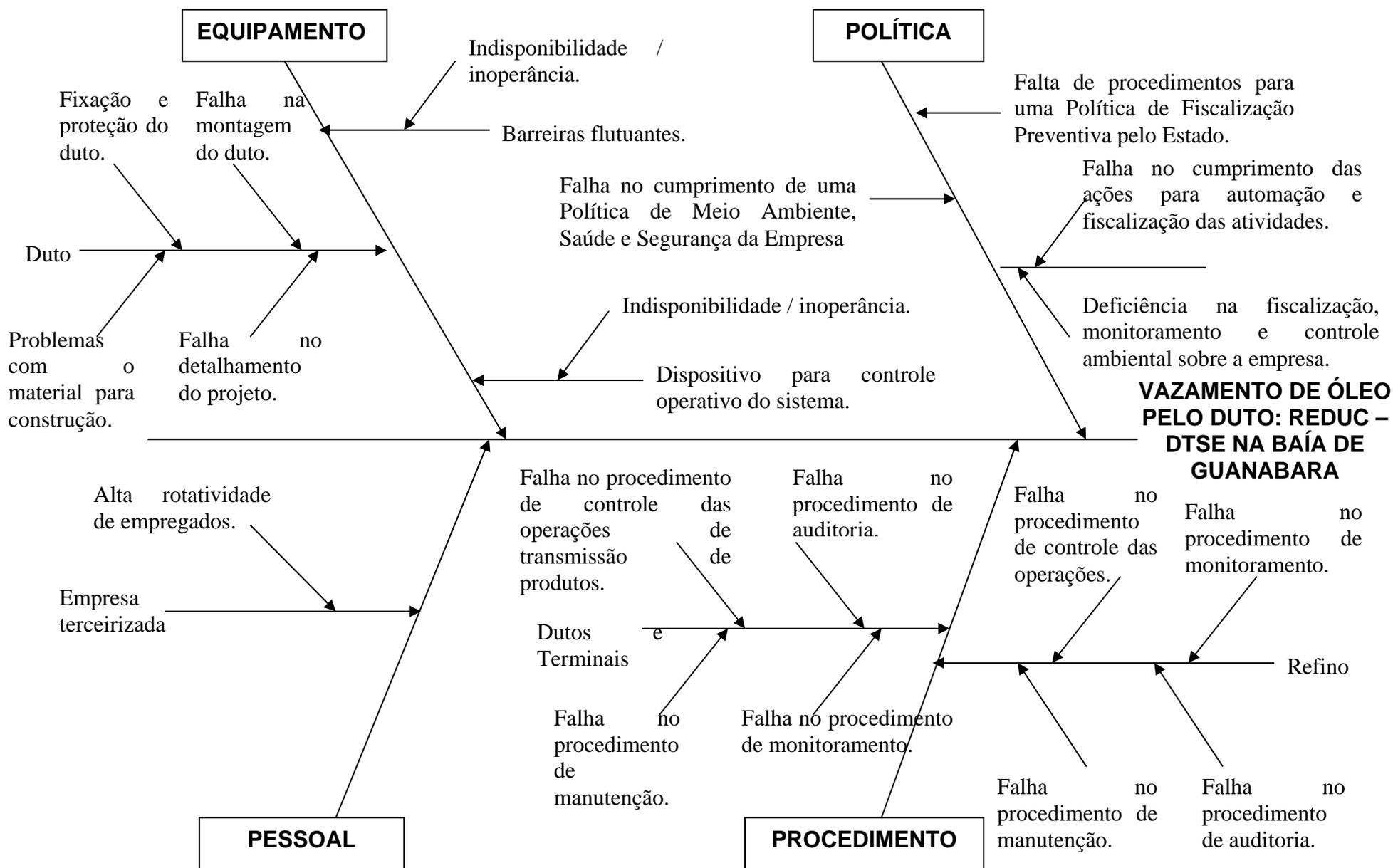


Figura 11 – Diagrama Causa e Efeito para o Acidente na Baía de Guanabara

Fonte: Elaboração própria

### ***VIII.3.3 Determinação do risco ambiental em face da frequência de ocorrência do evento causador e das consequências ao meio ambiente***

Toda atividade potencialmente poluidora, como é o caso das refinarias de petróleo, leva consigo os riscos associados que são assumidos pelo empreendedor no momento em que ele decide operar a instalação. Com exceção dos fenômenos naturais que ainda não são totalmente previsíveis, podemos afirmar que a maioria das falhas que acaba por propiciar a ocorrência de eventos indesejáveis ocorre em razão de um conjunto de causas, dentre estas estão as atitudes humanas.

A prática de estudos de análise de risco, sejam tecnológicos, ambientais ou industriais, constitui uma importante ferramenta na prevenção dos acidentes; por isso, a necessidade de estudar as possíveis causas.

A quantificação do risco faz-se com base na frequência de ocorrência de um determinado evento e nas consequências deste evento.

Para se estimar a frequência de ocorrência de eventos acidentais são empregadas técnicas tais como Árvores de Falhas e Árvore de Eventos. Para esta etapa, deve-se ter em mente uma seqüência de eventos que culminam na ocorrência do evento acidental.

Os procedimentos de análise de risco exigem uma disponibilidade de dados relativos ao processo industrial, o que demanda uma considerável quantidade de recursos/informações provenientes da empresa que está sendo investigada. Até hoje, algumas destas informações ainda são pouco acessíveis, dificultando a avaliação do risco ambiental segundo os procedimentos de análise de risco.

Desta forma, esta etapa limita-se à determinação das frequências de ocorrências dos acidentes ambientais ocorridos na empresa num determinado período e não das falhas ou inoperâncias que seriam identificadas nos equipamentos, nos métodos ou procedimentos, com o pessoal envolvido ou nas políticas adotadas ou não.

A faixa de frequência será determinada a partir da tabela 7 (Capítulo V).

**Tabela 7 – Classes de probabilidade de ocorrência do acidente ambiental.**

<b>Classe</b>	<b>Frequência (ocorrência/ano)</b>	<b>Descrição</b>
I	$F < 0,001$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer em mais de 1.000 anos.
II	$0,001 < F < 0,01$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer no intervalo de 100 a 1.000 anos.
III	$0,01 < F < 0,1$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer no intervalo de 10 a 100 anos.
IV	$0,1 < F < 1$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer no intervalo de 1 a 10 anos.
V	$F > 1$	Probabilidade do acidente ambiental ocorrer mais de uma vez ao ano

Fonte: Adaptada da PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

Segundo informações do SINDIPETRO, desde 1975 vêm ocorrendo acidentes, envolvendo intoxicações e mortes de funcionários, escapamento de produtos gasosos, explosões e vazamentos de produtos químicos dentro e fora da área da empresa, indo atingir os ecossistemas do entorno e até áreas residenciais.

Conforme o histórico observado no Capítulo II, no período de 1975 – 2002 (27 anos), houve 62 acidentes ambientais envolvendo derramamentos de óleo, sendo que 3 foram causados por falhas em oleoduto.

Portanto, a probabilidade de ocorrência de acidentes na Baía de Guanabara devido a falhas em oleodutos em um ano é de 0,11 (3 acidentes durante 27 anos). O valor da frequência (F) de 0,11 se enquadra na classe IV.

A avaliação das conseqüências é realizada a partir de quatro critérios que classificam a repercussão ambiental provocada pelo acidente, através do (a):

- 1- Tempo de Recuperação do Ambiente Impactado
- 2- Linha de Costa Atingida
- 3- Recursos Biológicos
- 4- Socioeconômico

Diante do tipo de acidente que ocorreu na Baía de Guanabara em 18 de janeiro de 2000, um dos ecossistemas mais atingidos – o manguezal – pode necessitar de até 20 anos para se recuperar, segundo ODUM e JOHANNES (1975). Contudo, esta estimativa

varia conforme as condições no qual o manguezal se encontra. Para aqueles ecossistemas que se encontram em condições ideais (salinidade moderada, bom fluxo de marés, água doce abundante, entre outras), esta estimativa de tempo é válida.

O manguezal do entorno da Baía de Guanabara, que foi afetado, teve entre 30 a 40% da área atingida. Estas áreas são consideradas berços de procriação e locais de alimentação para diversas espécies, como caranguejos, biguás e outras espécies típicas de mangue, inclusive animais de alto mar, que vêm a essa região estuarina para procriar e em busca de alimentos. A cadeia alimentar que depende deste ecossistema estaria desequilibrada devido a falta de espécies produtoras, prejudicando até mamíferos como capivaras, guaxinins que vivem na APA de Guapimirim. Na verdade, o mamífero mais prejudicado é o homem que através dos peixes e dos caranguejos tira o seu sustento. Segundo relato do biólogo Elmo Amador<sup>51</sup>, os pescadores terão sua fonte de renda ameaçada por 10 a 20 anos.

Consultando a tabela 8 (Capítulo V), verifica-se que o grau relativo ao tempo de recuperação do ambiente impactado equivale a 4.

**Tabela 8 – Matriz do Tempo de Recuperação do Ambiente Impactado.**

<b>Tempo de recuperação</b>	<b>Grau</b>
não há impacto	0
< 6 meses	1
6 meses – 2 anos	2
2 anos – 5 anos	3
> 5 anos	4

Fonte: PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

Em relação ao segundo critério que diz respeito à extensão da costa do ecossistema atingido, a tabela 9 (Capítulo V) revela os graus equivalentes a cada ecossistema em função da extensão de costa atingida.

---

<sup>51</sup> Jornal do Brasil, 2000.

**Tabela 9 – Matriz da Linha de Costa Atingida.**

Classes de sensibilidade de linha de costa	Extensão da costa atingida (km) <sup>1</sup>				
	Não atinge a costa	< 1	1 - 10	10 - 30	> 30
1 – Costão rochoso exposto	0	0,1	0,2	0,3	0,4
2 – Plataformas de abrasão	0	0,2	0,4	0,6	0,8
3 – Praias com areia fina	0	0,3	0,6	0,9	1,2
4 – Praias com areia grossa	0	0,4	0,8	1,2	1,6
5 – Praias com areia mista	0	0,5	1,0	1,5	2,0
6 – Praia de cascalho	0	0,6	1,2	1,8	2,4
7 – Planície de maré	0	0,7	1,4	2,1	2,8
8 – Costão rochoso abrigado	0	0,8	1,6	2,4	3,2
9 – Planície de maré abrigada	0	0,9	1,8	2,7	3,6
10 – Marisma, manguezal e margens dos rios	0	1,0	2,0	3,0	4,0

Nota 1: Caso sejam atingidos mais de um aspecto ambiental na costa, deve ser calculada a média ponderada destes aspectos.

Fonte: Adaptada da PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

Vários ecossistemas às margens da baía foram afetados pelo óleo.

As praias da Ilha do Governador (Guanabara, Bananal, Engenhoca, Gaegos, Pelônias, Bandeira, Dendê, Rosa, Tubiacanga, Cocotá e Brava), de Paquetá (Imbuca, Grossa, Ribeira, Pintor Castanhedo, Moreninha, José Bonifácio), de Magé (Mauá, Piedade, Ipiranga, Anil, Limão) e de São Gonçalo foram impactadas. O cálculo estimativo da extensão das 23 praias atingidas pelo óleo totaliza 40 km, sendo que 12,5 km de praias da Ilha do Governador, 6 km de praias da Ilha de Paquetá, 14 km de praias de Magé e 7,5 km de praias de São Gonçalo (CIDE, 2001).

De acordo com a tabela 9 (Capítulo V), o grau equivalente a extensão de costa de praia atingida com 40 km varia de 1,2 (praia de areia fina) a 2,4 (praia de cascalho). Como não se sabe exatamente qual é o tipo de areia (fina, grossa, mista ou de cascalho) presente nestes ambientes, utilizaremos um grau médio de 1,8 (média dos graus equivalentes à extensão maior que 30 km entre praia de areia fina, grossa, mista e de cascalho).

Os costões rochosos distribuem-se ao longo de toda a baía, sendo menos freqüentes na região mais interna, próxima à desembocadura dos rios e onde predominam os manguezais. Segundo o professor Sergio Henriques Gonçalves da Silva (com.pes.), os costões em torno da Ilha de Paquetá foram os mais contaminados. No

fundo da baía, não existe e na Ilha do Governador, são poucos os que foram contaminados. Portanto, considera-se a extensão de costões da Ilha de Paquetá, que está estimada em 1,3 km<sup>52</sup>. Uma enorme variedade de algas e animais habitam a zona entremarés (ou médio-litoral) dos costões rochosos, e encontram-se adaptada a um ambiente sob intenso estresse natural, com diferentes níveis de dessecação, variações de temperatura, variação de salinidade, força das ondas, longos períodos sem alimentação e diferentes níveis de predação. Conforme a tabela 9, o grau equivalente aos costões rochosos expostos que apresentam uma extensão de costa de 1,3 km é de 0,1.

A área de manguezal impactada equivale a região do canal da REDUC, onde estão os rios: Estrela, Suruí, Guaraí, Cacerebu, Guaxindiba, região do Focinho de Porto e do Imboaçú (MAGRINI e TOLMASQUIM (coord), 2002). A extensão da linha de costa ocupada por manguezais impactados corresponde à extensão da linha de interface manguezal-espelho d'água, a qual foi submetida à contaminação por óleo em decorrência do vazamento. Considera-se a extensão de 156 km de manguezais impactados como a soma das extensões de linha de costa contendo óleo<sup>53</sup> e vestígio de óleo<sup>54</sup> (MAGRINI e TOLMASQUIM (coord), 2002). Segundo a tabela 9, o grau equivalente à extensão de costa de manguezal atingida com 156 km é 4.

Logo, quanto ao segundo critério que diz respeito à extensão da costa dos ecossistemas atingidos, o grau equivalente a todos os ecossistemas atingidos é 3,5<sup>55</sup>.

Em relação aos recursos biológicos (flora e fauna) afetados, cabe lembrar que o acidente noticiado através de todos os meios de comunicação ficou conhecido por uma foto publicada nos jornais que mostrava uma espécie de ave comum na Baía de Guanabara – biguá – suja de óleo. Outras espécies biológicas também foram atingidas, como os peixes (tainhas e robalos), caranguejos que morreram intoxicados ou asfixiados pelo óleo, as árvores de mangues que têm suas raízes aéreas recobertas dificultando as trocas gasosas, microorganismos, etc. Parte do óleo foi para o fundo da baía, formando

---

<sup>52</sup> No cálculo da extensão de costões rochosos atingidos, considera-se a Ilha de Paquetá como, aproximadamente, um círculo. Este tem o valor de 1,47 km<sup>2</sup> (CIDE, 2001). Portanto, a extensão da ilha é de 4,3 km. Se as praias têm uma extensão de 3 km (Extensão total das praias (6 km (CIDE, 2001)) excluindo as extensões entremeadas (50%)), o que resta equivale a 1,3 km de costões.

<sup>53</sup> Óleo significa as áreas onde se constatou grande quantidade de petróleo em sedimento, água e/ou raízes dos manguezais.

<sup>54</sup> Vestígios de óleo representam a ocorrência de filmes de óleo, que resultam da degradação do petróleo aportado.

<sup>55</sup> Este valor equivale à média ponderada pelas extensões atingidas de ecossistemas, ficando dessa forma:  $[(1,8 * 40 \text{ km}) + (0,1 * 1,3 \text{ km}) + (4 * 156 \text{ km})] / (197,3 \text{ km})$

grumos oleaginosos, prejudicando da mesma forma as espécies bentônicas e dificultando o processo de digestão anaeróbica da matéria orgânica depositada no fundo, maximizando as agressões à natureza.

Para este terceiro critério, que é representado através da tabela 10 (Capítulo V), o grau que demonstra as proporções do acidente sobre as comunidades superiores (vertebrados), mamíferos marinhos, terrestres, aves e répteis equivale ao maior valor, 4.

**Tabela 10 - Matriz dos Recursos Biológicos.**

<b>Recursos Biológicos</b>	<b>Grau</b>
Afeta momentaneamente os recursos biológicos, sem contudo promover alterações em suas funções ecológicas	0
Comunidade Planctônica	1
Comunidade Bentônica	2
Comunidade Nectônica	3
Comunidades Superiores (Vertebrados) – Mamíferos marinhos/terrestres, aves e répteis.	4

Fonte: PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

Em relação ao último critério – socioeconômico – que é representado pela tabela 11 (Capítulo V), as comunidades pesqueiras tiveram grande prejuízo com o acidente, principalmente durante o período em que a pesca na Baía de Guanabara ficou proibida.

**Tabela 11 - Matriz Socioeconômica.**

<b>Socioeconômico</b>	<b>Grau</b>
Não repercute na economia local	0
Navegação (Cais e Píer)	1
Turismo/Esporte (Esportes náuticos, hotel, local histórico, marina e praia)	2
Atividades e Instalações Industriais, Portuárias; Instalações Amilitares (Atividades Comerciais) e Militares, Refinarias e Terminais.	3
Pesca/ Áreas de especial interesse ambiental (Unidade de Conservação), Colônia de pesca e, atividade pesqueira.	4

Fonte: PETROBRAS TRANSPORTE, 2001.

Segundo a Petrobras, a comunidade de pescadores, caranguejeiros, sirizeiros, descarnadores localizados nas praias atingidas pelo óleo e pequenos comerciantes de Paquetá foram indenizados durante o período que ficaram sem exercer suas atividades. Portanto, as atividades econômicas ligadas a pesca e turismo também foram afetadas, como está demonstrado no relatório de “Valoração Econômica dos Danos Ambientais Causados pelo Vazamento de óleo da REDUC” (MAGRINI e TOLMASQUIM (coord), 2002). O grau equivalente a este critério também é máximo, 4.

Após as análises dos critérios demonstrados nas tabelas, o cálculo das conseqüências sofridas pelo meio ambiente é representado pela média dos graus referentes a cada critério que foi julgado. O valor final é de 3,8<sup>56</sup>.

Para apurar o risco ambiental decorrente da atividade em termos das categorias de conseqüências e de frequência de ocorrência, é utilizada uma Matriz de Avaliação dos Riscos Ambientais (Figura 7 do Capítulo V). Os resultados permitem concluir que o evento analisado apresenta um risco ambiental consideravelmente alto, ou seja, está localizado na região conhecida como inaceitável, pois a frequência de ocorrência encontra-se na classe 4 (valor da frequência é de 0,11) e as conseqüências ambientais

---

<sup>56</sup> O valor final das conseqüências ambientais é a média aritmética dos graus atribuídos para cada um dos quatro aspectos investigados. O primeiro aspecto – Tempo de Recuperação – recebeu grau 4; o segundo – Linha de Costa Atingida – recebeu grau 3,5; o terceiro – Recursos Biológicos – recebeu grau 4 e o quarto aspecto – Socioeconômico – recebeu grau 4. Portanto, a média de 3,8 vem do cálculo  $(4 + 3,5 + 4 + 4)/4 = 3,8$ .

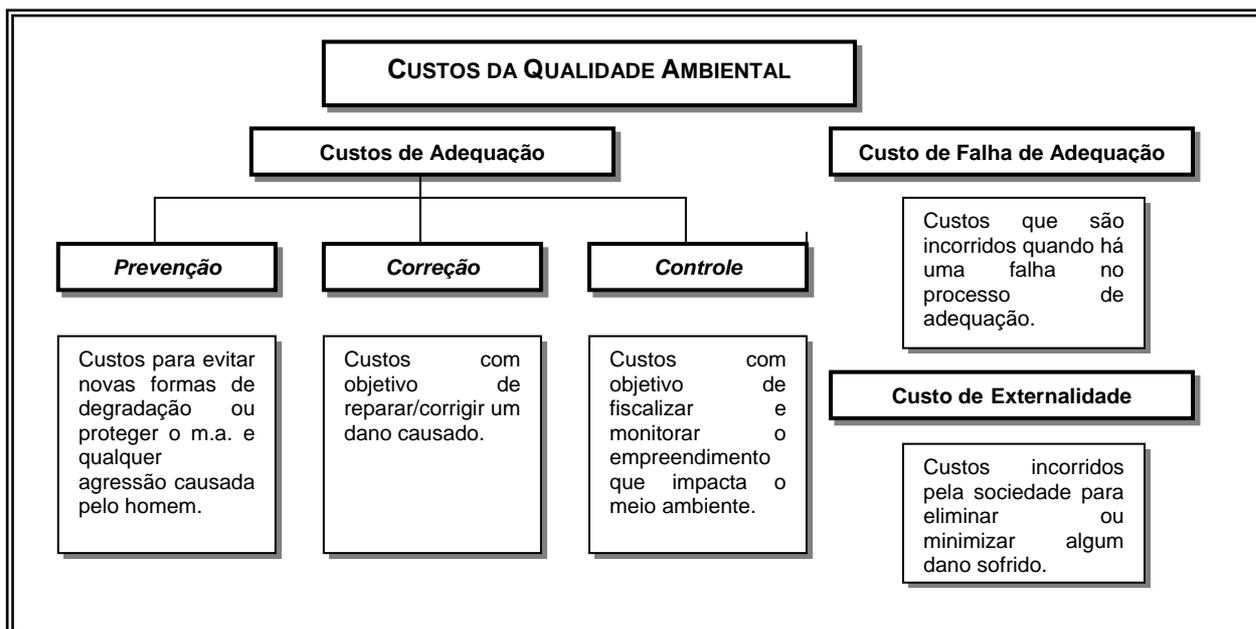
também revelaram índices altos, pois a média das conseqüências foi elevada (valor da média das conseqüências é de 3,8). Quantitativamente, o risco ambiental é o resultado da multiplicação entre a média das conseqüências ambientais e a probabilidade do acidente acontecer; portanto, o valor do risco ambiental é de 0,42.

### VIII.3.4 Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental – custos de adequação através da prevenção, correção, controle, falhas e de externalidade – na empresa

A identificação dos Custos da Qualidade Ambiental encontra-se fundamentada na lógica do processo produtivo que originou o dano ambiental. Neste sentido, no caso do acidente da Petrobras, os segmentos produtivos envolvidos são aqueles associados ao duto que liga a Refinaria (REDUC) ao terminal da Ilha D'Água (DTSE). Portanto, deve-se verificar os investimentos e gastos realizados pela REDUC/DTSE para promover melhorias para reduzir ou até mesmo eliminar os possíveis danos ambientais provenientes dos segmentos produtivos associados ao oleoduto ou controlá-los, caso venham a acontecer.

Conforme classificação adotada por CAMPOS (1996), os Custos da Qualidade Ambiental são apresentados em três categorias (Quadro 17):

**Quadro 17 - Custos da Qualidade Ambiental.**



Fonte: Elaboração a partir de CAMPOS (1996)

Estes custos são identificados através das medidas a serem implementadas em cada cenário que será descrito, tendo como base o *case* do acidente ocorrido na Baía de Guanabara provocado pelo vazamento de óleo do oleoduto que liga a Refinaria (REDUC) ao terminal da Ilha D'Água (DTSE) em janeiro de 2000.

Atualmente, já se encontra implementado na indústria de petróleo, especificamente na Petrobras, o Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional – Pegaso que foi posto em prática um dia depois do acidente na Refinaria de Araucária, no Paraná, quando vazaram 4 milhões de litros de óleo. O Pegaso apresentou os seguintes objetivos orientados para o vazamento de óleo:

- Modernizar e reformular toda a política de gestão na área de meio ambiente e de segurança.
- Revisar planos de contingência.
- Criar novos instrumentos de prevenção e sistemas com intuito de transformar a empresa numa empresa-padrão em excelência ambiental.

São enumeradas algumas medidas que foram e estão sendo implantadas através do Pegaso (PETROBRAS, 2001a). Algumas destas são de prevenção e outras de combate à poluição:

1. Supervisionar os controles automatizados de vazão, pressão, densidade e temperatura para identificação de qualquer anormalidade (Prevenção);
2. Revisão e substituição dos dutos (Prevenção);
3. Criação dos Centros de Defesa Ambiental – CDAs – pelo Brasil para complementar os planos de contingência que já existiam nas diversas unidades da Petrobras, caso venha ocorrer acidentes com vazamentos de óleo e atender a nova política ambiental da empresa e de embarcações especialmente adaptadas para o controle de vazamentos (Combate);
4. Avaliação das condições geotécnicas das faixas de terra por onde passam os dutos a partir da construção ou reforma de encostas de contenção (Prevenção);
5. Utilização de “pigs” – autômatos equipados com diferentes sensores (Prevenção);
6. Inspeção visual dos dutos, por meio de andarilhos, motociclistas e helicópteros (Prevenção);

7. Implementação de um Sistema de Gestão Integrada o que torna as práticas de segurança operacional e ambiental procedimentos definitivamente integrados ao processo de produção da empresa (Prevenção);
8. Criação de um importante instrumento de prevenção ecológica para a região – Banco de dados ambientais da Baía de Guanabara (Prevenção);
9. Operacionalização de um sistema de bóias de vigilância capazes de detectar hidrocarbonetos na água e de alerta, via satélite, à central de controle da empresa para implementação de um sistema georreferenciado de informações para monitorar o terreno (Prevenção).

Para cada uma das medidas citadas acima, foram e estão sendo feitos investimentos durante todo o período de implementação do Pegaso (2000 – 2003), e incorrendo em custos para a efetiva operação destas. Em função da dificuldade na obtenção dos custos de cada uma destas medidas, optou-se por utilizar como referencial o valor total investido pela REDUC e DTSE no Pegaso para prevenir os acidentes (eliminando o valor do investimento nos CDAs).

Um outro tipo de ação que visa alcançar a qualidade ambiental é aquela que tem por objetivo reparar/corriger/recuperar o meio ambiente impactado pelo acidente e os equipamentos de responsabilidade e incorporados pela empresa. As medidas implementadas para a execução desta ação incorrerão em custos de correção. Para o *case* que está sendo analisado, as medidas de correção adotadas pela Petrobras foram (5<sup>a</sup> VARA FEDERAL DE SÃO JOÃO DE MERITI, 2001):

- Operação de limpeza, por exemplo: remoção das placas submarinas.
- Remoção do óleo derramado em virtude do vazamento.
- Reparo realizado no duto.

Para combater/controlar a poluição, deve-se conhecer as medidas para fiscalizar e monitorar o empreendimento que pode provocar a poluição. Este tipo de ação pode ser representado pelos investimentos para a aquisição de um núcleo que visa combater e controlar quaisquer acidentes que venham ocorrer em função das atividades da empresa. A criação deste núcleo para a execução desta ação incorre em custos de controle. Para o *case* a ser analisado, a medida de combate à poluição pode ser representada pela criação do Centro de Defesa Ambiental - CDA.

Em relação às falhas que surgem durante o processo de adequação, seja através da prevenção, do controle ou da correção, ou não, verificou-se para o *case* a ser analisado, alguns exemplos de ineficiências no processo produtivo e de não adequação às leis ambientais impostas por órgãos ambientais:

- O acidente gerou para a empresa uma multa que foi imposta pelo Governo Federal por conta dos danos ao meio ambiente.
- A empresa também pagou indenizações aos pescadores localizados em colônias de pescadores da Baía de Guanabara e aos comerciantes da Ilha de Paquetá.
- Gastos com perda de produção decorrente da paralisação.

A multa foi de R\$ 51.050.000 com um desconto de R\$ 15.315.000 que foi transformado em convênio com o IBAMA (5ª VARA FEDERAL DE SÃO JOÃO DE MERITI, 2001). Os gastos incorridos pela empresa com as indenizações totalizaram R\$ 6.704.014,16 (5ª VARA FEDERAL DE SÃO JOÃO DE MERITI, 2001). Os gastos com perdas de produção decorrentes da inoperância do duto equivalem ao:

- Custo adicional de transporte por caminhão, trem e barcaça (R\$ 53.640.000).
- Custo adicional devido à armazenagem externa (R\$ 2.770.000).
- Custo da perda de produção da refinaria (R\$ 154.061.000).

Os impactos sociais, ambientais e econômicos decorrentes do vazamento de óleo na Baía de Guanabara foram muitos, entretanto foram mensurados (Capítulo VII) aqueles sobre algumas atividades econômicas identificadas na Baía de Guanabara, como a pesca, o turismo, a transporte; sobre a saúde da população que reside no entorno e sobre o mangue da APA de Guapimirim.

No quadro 18 encontram-se todos os Custos da Qualidade Ambiental identificados durante o acidente ambiental na Baía de Guanabara.

**Quadro 18 – Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental para a REDUC e o DTSE no caso do acidente da Baía de Guanabara.**

	<b>Medidas empregadas</b>
<b>Custos de Prevenção</b>	Supervisionar os controles automatizados de vazão, pressão, densidade e temperatura para identificação de qualquer anormalidade; Revisão e substituição dos dutos; Avaliação das condições geotécnicas das faixas de terra por onde passam os dutos a partir da construção ou reforma de encostas de contenção; Utilização de “pigs” – autômatos equipados com diferentes sensores; Inspeção visual dos dutos, por meio de andarilhos, motociclistas e helicópteros; Implementação de um Sistema de Gestão Integrado o que torna as práticas de segurança operacional e ambiental procedimentos definitivamente integrados ao processo de produção da empresa; Criação de um importante instrumento de prevenção ecológica para a região – Banco de dados ambientais da Baía de Guanabara; Operacionalização de um sistema de bóias de vigilância capazes de detectar hidrocarbonetos na água e de alerta, via satélite, à central de controle da empresa para implementação de um sistema georreferenciado de informações para monitorar o terreno.
<b>Custos de Correção</b>	Operação de limpeza (remoção das placas submarinas); Remoção do óleo derramado em virtude do vazamento; Reparo realizado no duto.
<b>Custos de Controle</b>	Criação dos Centros de Defesa Ambiental – CDAs – pelo Brasil para complementar os planos de contingência que já existiam nas diversas unidades da Petrobras, caso venha ocorrer acidentes com vazamentos de óleo e atender a nova política ambiental da empresa e de embarcações especialmente adaptadas para o controle de vazamentos.
<b>Custos de Externalidades</b>	Externalidades decorrentes do vazamento de óleo na Baía de Guanabara sobre algumas atividades econômicas identificadas na Baía de Guanabara, como a pesca, o turismo, a transporte; sobre a saúde da população que reside no entorno e sobre o mangue da APA de Guapimirim.
<b>Custos das Falhas de Adequação</b>	A multa que foi imposta pelo Governo Federal por conta dos danos ao meio ambiente; Indenizações a serem pagas aos pescadores localizados nas colônias de pescadores da Baía de Guanabara e aos comerciantes; Gastos com a perda de produção decorrente da inoperância do duto.

***VIII.3.5 Avaliação comparativa entre os Custos da Qualidade Ambiental a fim de reduzir/eliminar os Custos de Externalidades e os Custos de Falhas de Adequação para selecionar a ação ambiental mais viável economicamente (menor custo)***

Nesta avaliação serão desenvolvidos diferentes cenários (quatro) que retratam as ações ambientais, seja em termos de prevenção, correção e controle. Para implementação destas, são contabilizadas as despesas com as medidas necessárias. Com a efetividade destas ações, os custos decorrentes dos danos ambientais – custos de externalidades – e os custos das falhas durante o processo de adequação serão evitados ou reduzidos, o que se torna um ganho (benefício) para a sociedade, seja na forma do retorno ao funcionamento normal de uma atividade econômica (pesca e turismo) que tinha sido prejudicada, bem como da melhoria da qualidade de vida da população com a redução dos casos de doença.

Portanto, para verificar se a decisão pelo investimento numa ação ambiental se mostra viável economicamente, seleciona-se a ação ambiental que trará uma maior economia para o gestor nos custos, conseqüentemente uma maior receita, em função da implementação da ação que proporciona uma melhoria ambiental. A expressão abaixo demonstra a relação de Economia de Custos ou Receita do Meio Ambiente.

<b>BENEFÍCIOS</b> (Eliminação dos Custos de Externalidades e de Falhas de Adequação)	–	<b>CUSTOS</b> (Despesas com a implementação de cada Ação Ambiental)
--	---	---

Se a diferença entre os Custos de Degradação, que representam os benefícios surgidos com a eliminação dos Custos de Externalidades e dos Custos de Falhas de Adequação, e o Valor do Ativo, que representa as despesas com cada uma das ações ambientais, for positiva, quer dizer que a medida de ação ambiental adotada é viável economicamente. Isto demonstra que o valor total investido é menor do que os benefícios gerados com a eliminação dos custos de degradação ambiental; logo, a decisão pelo investimento se mostra acertada, sob o ponto de vista econômico, pois com sua operação a empresa deixa de incorrer nos custos de degradação. Quanto maior for o resultado desta diferença, maior a economia que o gestor terá ao investir em uma das ações ambientais, pois esta teve um custo baixo.

Se a diferença for negativa, quer dizer que a medida não é aconselhável pois os benefícios com a eliminação dos custos de degradação são baixos em comparação com os gastos despendidos para o combate a atividade impactante.

A medida mais acertada depende do valor despendido para implementação de uma medida dentre todas a serem aplicadas, ou seja, quanto menor forem as despesas com a medida, melhor a ação, pois isto demonstra o quanto monetariamente é gasto para evitar que o dano ao meio ambiente ocorra.

### ***Desenvolvimento dos Cenários***

Considerando que o vazamento de óleo ainda não tenha ocorrido, mas supondo que o grau de degradação na Baía de Guanabara seja elevado em função da presença de um ecossistema altamente vulnerável (manguezal), de atividades econômicas (transporte, turismo e pesca) fundamentais para a sobrevivência da população local e da saúde e da qualidade de vida da população que se localiza próxima a Baía de Guanabara mantidas, a empresa decide por realizar investimentos, ou seja, adotar ações ambientais que são constituídas por: medidas de prevenção, correção e controle. Essas medidas serão contabilizadas, levando-se em conta o investimento necessário para aplicá-las a fim de evitar que doenças venham a ocorrer, como também não haja perdas de produção pelas atividades econômicas localizadas próximas a baía.

Portanto, estes benefícios que decorrem da implementação das medidas referem-se a eliminação dos custos de degradação e das falhas durante o processo de adequação, que são diminuídos a partir da entrada em funcionamento do ativo. É o reconhecimento da economia de custos.

Em cada ação, podem ser utilizadas uma ou mais medidas, dependendo da magnitude do acidente e da disponibilidade dos dados para o cálculo a ser realizado. Para todos os cenários, analisa-se a probabilidade do dano à natureza e ao homem ocorrer e de quanto (monetariamente) seriam estes custos (custos de externalidades). No primeiro cenário, investiga-se a adoção, como também os gastos com as medidas de prevenção; enquanto que para o segundo e o terceiro cenários, efetua-se a escolha pela ação de correção e de controle, respectivamente. Para o quarto cenário, são empregadas duas ações (controle/prevenção) combinadas.

Vale esclarecer que os valores utilizados foram estimados a partir de relatórios produzidos pela empresa e conversas com o engenheiro do Setor de Segurança, Meio

Ambiente e Saúde da Petrobras que responde interinamente pelo Pegaso – Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Ocupacional, Paulo César de Almeida.

### ***Cenário 1 – Prevenindo o dano ambiental***

Supondo a possibilidade de ocorrer um acidente ambiental, a empresa opta por investir em ações de prevenção. O risco de ocorrer um acidente, e conseqüentemente danos ao ser humano e à natureza é de cerca de 0,42<sup>57</sup>. Segundo a classificação verificada na Matriz de Avaliação dos Riscos Ambientais, este risco é considerado inaceitável.

No caso da adoção da atividade de **prevenção**, o gestor decide investir em todas as medidas para prevenir-se de um acidente ambiental. As medidas referem-se àquelas sugeridas no programa Pegaso (já descritas no subcapítulo VIII.3.4) e que estão sendo adotadas pela REDUC e DTSE.

Com isso têm-se os seguintes eventos:

#### **1. Formação do Investimento** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

- Custo de desenvolvimento do Pegaso - DTSE: R\$ 64.594.309
- Custo de desenvolvimento do Pegaso - REDUC: R\$ 240.736.580

O custo total de desenvolvimento do Pegaso – REDUC/DTSE: R\$ 305.330.890 equivale ao investimento total para implementação das medidas de prevenção do Pegaso.

#### **2. Entrada em Operação** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

Valor do ativo<sup>58</sup>: R\$ 305.330.890

Benefícios esperados<sup>59</sup> (eliminação dos custos de degradação e falhas durante o processo de adequação): R\$ 379.315.590

---

<sup>57</sup> Este valor é resultado do cálculo realizado no subcapítulo VIII.3.3.

<sup>58</sup> O valor do ativo corresponde ao investimento total para o desenvolvimento das medidas de prevenção adotadas pela REDUC e DTSE – Programa Pegaso. À título de exemplo, está se utilizando para esta ação um valor superestimado

<sup>59</sup> O valor dos benefícios esperados corresponde a eliminação dos custos associados aos danos ambientais decorrentes do vazamento de óleo, mais os custos de multa e a indenização que deriva das falhas geradas durante o acidente.

- Pesca: R\$ 2.021.997
- Transporte: R\$ 269.100
- Turismo: R\$ 1.506.180
- Saúde: R\$ 565.885
- Qualidade de vida: R\$ 234.666.965
- Manguezal: R\$ 96.514.427
- Multas<sup>60</sup>: R\$ 36.856.607
- Indenização<sup>61</sup>: R\$ 6.914.431

O valor de mercado desse ativo é de R\$ 305.330.890, e sua capacidade de gerar benefícios para a empresa equivale a R\$ 379.315.590. O valor total investido é menor que os benefícios gerados com a eliminação dos custos de externalidades e das falhas de adequação; logo, a decisão pelo investimento se mostra acertada. A economia que o gestor tem em investir em ações de prevenção é de R\$ 73.984.700.

Portanto, para um risco ambiental considerado inaceitável (0,42), torna-se necessário à implementação de medidas de prevenção, pois os danos ambientais são praticamente “certos” de acontecer.

Não estão incluídos os custos e as receitas operacionais, que são do tipo: custos de manutenção previstos para os equipamentos, custos fixos da atividade de prevenção, serviços de prevenção ambiental, ou seja, apenas estão sendo verificados os custos relativos ao meio ambiente.

### ***Cenário 2 – Corrigindo o meio ambiente***

Considerando uma empresa que não tenha feito investimentos para prevenir situações de risco. Supondo a possibilidade de ocorrer um acidente ambiental, a empresa deve reparar o meio ambiente impactado com medidas de **correção/reparo/recuperação.**

---

<sup>60</sup> Um custo de falha de adequação que é analisado refere-se aos gastos empresariais que são incorporados quando há uma falha no processo de adequação, seja através da prevenção, do controle ou da correção. Este item compreende as ineficiências no processo produtivo, causando conseqüentemente desperdícios, a não adequação às leis impostas por órgãos ambientais. Estes custos devem ser eliminados.

<sup>61</sup> Refere-se ao cálculo dos riscos de prejuízos de terceiros decorrente da degradação produzida pelo empreendimento. Este valor equivale a quantia paga pela empresa às pessoas que tiveram prejuízos materiais com o vazamento nas comunidades de Mauá, Paquetá, Ilha do Governador, Ramos, Magé, Duque de Caxias, Guapimirim e São Gonçalo (PETROBRAS, 2001a).

Para o *case* que está sendo analisado, a empresa causadora do acidente deve incorporar no seu orçamento: os gastos para que haja remoção de placas submarinas, os custos do óleo derramado em virtude do vazamento e os gastos com reparo executado no duto.

Estas medidas foram executadas pela REDUC e DTSE quando ocorreu o acidente da Baía de Guanabara.

Com isso têm-se os seguintes eventos:

**1. Formação do Investimento** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

Preço do mercado: R\$ 30.209.888

Equivale ao somatório dos gastos para adquirir serviços para recuperação do ambiente impactado.

- Custos de operação de limpeza – remoção das placas submarinas (R\$ 29.783.341);
- Custos do óleo derramado em virtude do vazamento (R\$ 275.965);
- Gastos com reparo executado no duto (R\$ 150.582).

**2. Entrada em Operação** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

Valor do ativo: R\$ 30.209.888

Benefícios esperados (eliminação dos custos de degradação e falhas durante o processo de adequação): R\$ 379.315.590

- Pesca: R\$ 2.021.997
- Transporte: R\$ 269.100
- Turismo: R\$ 1.506.180
- Saúde: R\$ 565.885
- Qualidade de vida: R\$ 234.666.965
- Manguezal: R\$ 96.514.427
- Multas: R\$ 36.856.607
- Indenização: R\$ 6.914.431

Considerando que o valor de mercado desse ativo é de R\$ 30.209.888, e sua capacidade de gerar benefícios para a empresa equivale a R\$ 379.315.590. O valor total investido é bem menor que os benefícios gerados com a eliminação dos custos de

externalidades e das falhas de adequação; logo, a decisão pelo investimento em medidas de recuperação se mostra acertada, pois a empresa deixaria de incorrer em custos de degradação. A economia que o gestor tem em investir em ações de correção é de R\$ 349.105.702.

Não estão incluídos os custos e as receitas operacionais, que são do tipo: custos de manutenção previstos para os equipamentos, custos fixos da atividade de recuperação, serviços de recuperação ambiental, ou seja, apenas estão sendo verificados os custos relativos ao meio ambiente.

### ***Cenário 3 – Fiscalizando o empreendimento***

Considerando uma empresa que não tenha feito investimentos para prevenir situações de risco, como as sugeridas no cenário 1, mas que tenha desenvolvido uma ação de fiscalização do empreendimento de forma a combater/controlar a poluição.

No caso da adoção da ação de **controle**, uma das medidas a serem empregadas é a criação de um núcleo equipado que visa combater quaisquer acidentes, o Centro de Defesa Ambiental (CDA).

Portanto, no *case* a ser investigado, a empresa causadora do acidente deve investir para combater a poluição através do desenvolvimento do Centro de Defesa Ambiental.

A criação e implementação dos nove Centros de Defesa Ambiental pelo Brasil (Amazônia, Maranhão, Rio Grande do Norte, Bahia, Centro-Oeste, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Sul e CDA de Logística Nacional, localizado próximo ao aeroporto de Guarulhos, em São Paulo), junto às principais áreas de atuação da empresa, visam combater e controlar quaisquer acidentes que venham ocorrer em função das atividades da empresa. Segundo informe da Petrobras, os CDAs estão equipados com barcos recolhedores de óleo, dispersantes químicos, agentes biorremediadores e milhares de metros de barreiras de contenção e absorção de vazamentos, mantendo-se em estado de prontidão 24 horas por dia. Além disso, cada centro possui veículos (embarcações e aeronaves) prontos para serem acionados a qualquer momento; uma equipe de especialistas aptos para comandar, emergencialmente centenas de pessoas e a primeira embarcação especialmente adaptada para o controle de vazamentos.

Com isso têm-se os seguintes eventos:

**1. Formação do Investimento** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

- Custo de desenvolvimento do CDA: R\$ 18.536.567

Equivale ao desenvolvimento do Centro de Defesa Ambiental no Rio de Janeiro.

**2. Entrada em Operação** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

Valor do ativo: R\$ 18.536.567

Benefícios esperados (eliminação dos custos de degradação e falhas durante o processo de adequação): R\$ 379.315.590

- Pesca: R\$ 2.021.997
- Transporte: R\$ 269.100
- Turismo: R\$ 1.506.180
- Saúde: R\$ 565.885
- Qualidade de vida: R\$ 234.666.965
- Manguezal: R\$ 96.514.427
- Multas: R\$ 36.856.607
- Indenização: R\$ 6.914.431

Considerando que o valor de mercado desse ativo é de R\$ 18.536.567, e sua capacidade de gerar benefícios para a empresa equivale a R\$ 379.315.590. O valor total investido é bem menor que os benefícios gerados com a eliminação dos custos de externalidades e das falhas de adequação; logo, a decisão pelo investimento em medidas de controle se mostra acertada. A economia que o gestor tem em investir em ações de controle é de R\$ 360.779.023.

Não estão incluídos os custos e as receitas operacionais, que são do tipo: custos de manutenção previstos para os equipamentos, custos fixos da atividade de controle, serviços de prevenção ambiental, ou seja, apenas estão sendo verificados os custos relativos ao meio ambiente.

***Cenário 4 – Prevenindo o dano e Fiscalizando o empreendimento***

Considerando uma empresa que tenha feito investimentos para **prevenir** situações de risco, como as sugeridas no cenário 1 e que tenha desenvolvido uma ação

de fiscalização do empreendimento de forma a combater/**controlar** a poluição com a criação dos Centros de Defesa Ambiental.

Com isso têm-se os seguintes eventos:

**1. Formação do Investimento** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

- Custo de desenvolvimento do Pegaso - DTSE: R\$ 64.594.309
- Custo de desenvolvimento do Pegaso - REDUC: R\$ 240.736.580
- Custo de desenvolvimento do CDA: R\$ 18.536.567

Custo total de desenvolvimento: R\$ 323.867.457

**2. Entrada em Operação** (valores atualizados para janeiro de 2002 - ANEXO)

Valor do ativo: R\$ 323.867.457

Benefícios esperados (eliminação dos custos de degradação e falhas durante o processo de adequação): R\$ 379.315.590

- Pesca: R\$ 2.021.997
- Transporte: R\$ 269.100
- Turismo: R\$ 1.506.180
- Saúde: R\$ 565.885
- Qualidade de vida: R\$ 234.666.965
- Manguezal: R\$ 96.514.427
- Multas: R\$ 36.856.607
- Indenização: R\$ 6.914.431

Considerando que o valor de mercado desse ativo é de R\$ 323.867.457 e sua capacidade de gerar benefícios para a empresa equivale a R\$ 379.315.590. O valor total investido é menor que os benefícios gerados com a eliminação dos custos de externalidades e das falhas de adequação; logo, a decisão pelo investimento se mostra acertada. A economia que o gestor tem em investir em ações de prevenção e controle é de R\$ 55.448.133.

Não estão incluídos os custos e as receitas operacionais, que são do tipo: custos de manutenção previstos para os equipamentos, custos fixos da atividade de prevenção e de recuperação, serviços de recuperação e de prevenção ambiental, ou seja, apenas estão sendo verificados os custos relativos ao meio ambiente.

#### VIII.4 Resultados da Aplicação dos Custos da Qualidade Ambiental

De modo a facilitar a visualização dos resultados, elaborou-se a tabela 22 que retrata os custos, que representam as despesas com a implementação das ações ambientais em cada cenário, os benefícios com a eliminação dos custos de degradação (externalidades + falhas) a partir do funcionamento do ativo e o resultado desta diferença: Receita do Meio Ambiente/Economia de Custos.

Vale ressaltar que, em muitos casos as avaliações qualitativas podem ser a melhor opção de análise, principalmente quando os ganhos foram intangíveis ou difíceis de serem quantificados.

**Tabela 22 – Resultados da Avaliação Comparativa dos Custos da Qualidade Ambiental nos Cenários.**

	<b>CUSTOS</b>	<b>BENEFÍCIOS</b>	<b>ECONOMIA DE CUSTOS</b>
<b>Cenário 1 – Prevenindo o dano ambiental</b>	R\$ 305.330.890	R\$ 379.315.590	73.984.700
<b>Cenário 2 – Corrigindo o meio ambiente</b>	R\$ 30.209.888		349.105.702
<b>Cenário 3 – Fiscalizando o empreendimento</b>	R\$ 18.536.567		360.779.023
<b>Cenário 4 – Prevenindo o dano e Fiscalizando o empreendimento</b>	R\$ 323.867.457		55.448.133

Observe que a tabela 22 permite identificar a ação ambiental (prevenção, correção, controle, prevenção+controle) mais viável economicamente pela empresa, ou seja, que apresenta o menor valor monetário gasto com uma determinada medida e, a maior economia nos custos que o gestor terá ao investir em uma ação ambiental que lhe trará melhorias. Portanto, a ação selecionada é a de controle, representada no Cenário 3, que tem por objetivo fiscalizar o empreendimento de forma a combater a poluição que seria gerada com o impacto ambiental.

O resultado mostra que todas as medidas têm chance de serem aplicadas; entretanto, a que gera uma maior economia é a de controle.

De certo que ao implementar uma determinada ação (preventiva, corretiva ou de controle), impede-se que os danos ambientais ocorram, e conseqüentemente, elimina-se/reduz-se os custos de degradação (externalidade + falhas). No caso da ação

selecionada, o gasto monetário com a medida de combate/controlé é o menor de todas as medidas, bem como a economia que se tem é a maior.

Fazendo uma análise comparativa entre os valores dos ativos calculados nos cenários, observa-se que os cenários 2 e 3 seriam os melhores para se implementar as medidas propostas pois têm custos bem abaixo dos custos de degradação, apesar de que o cenário 1 tem um custo elevado e próximo ao de degradação, porém apresenta um risco ambiental considerado inaceitável. Diante do alto risco e das conseqüências danosas à natureza e ao ser humano, é preferível evitar que ocorra o dano, investindo em medidas preventivas, mesmo se o custo for alto.

Para o cenário 4, o valor do ativo para implementação de medidas de prevenção combinadas com correção é muito próximo dos custos de degradação. Este panorama pode gerar num primeiro momento uma situação do tipo “é preferível arcar com os custos de degradação do que incorrer em medidas de gestão ambiental tão caras quanto aos custos”.

Na verdade, não se deve postergar uma ação, ou seja, adia-la e esperar que o dano aconteça. A precaução não só deve estar presente para impedir o prejuízo ambiental, mesmo incerto, que possa resultar das ações ou omissões humanas, como deve atuar para a prevenção oportuna desse prejuízo.

Entretanto, a preferência pela aplicação de medidas preventivas depende de algumas razões:

- Os custos financeiros devem ser baixos, de forma a pressionar menos os caixas privados e públicos na disputa de recursos que são escassos para atender a demanda da sociedade.
- As medidas preventivas são mais eficazes se tomadas antes da ocorrência do dano ambiental e de conseqüentes outros custos de natureza econômica e social, que são de difícil mensuração.

As medidas corretivas, embora necessárias para situações já existentes, são muitas vezes de difícil implementação, pois dependem da capacidade de acessar e aplicar técnicas e tecnologias nem sempre triviais e sob domínio efetivo.

As medidas de controle exigem embasamento técnico e envolvem questões complexas, tornando indispensável a maior participação de técnicos em soluções dessa natureza.

Portanto, a decisão sobre a melhor medida constituiu um importante passo do planejamento estratégico da gestão do ambiente. Por isso, considerou-se a formulação de propostas para solução de conflitos de interesse no acesso e uso do ambiente pela humanidade.

## IX. CONCLUSÕES

É crescente a preocupação da sociedade com relação aos impactos ambientais decorrentes da ação da atividade do próprio homem. Estas alterações são refletidas sobre a qualidade de vida da população.

As atividades econômicas que envolvem o petróleo geram benefícios, bem como prejuízos que provêm da poluição do óleo, os quais são vistos como um grande problema ambiental a nível mundial.

No Brasil, um dos maiores acidentes ambientais na Baía de Guanabara ocorreu em 18 de janeiro de 2000. A quantidade de óleo combustível vazada foi aproximadamente 1.300 metros cúbicos. O vazamento ocorreu no duto de produtos escuros, um dos nove dutos que interligam a Refinaria Duque de Caxias (REDUC) ao terminal da Ilha D'Água (DTSE/GEGUÁ). Infelizmente, a detecção da anormalidade não foi imediata, o que fez com que a quantidade vazada fosse muito grande.

Teoricamente, os efeitos ambientais são bem conhecidos; entretanto, devido às condições meteorológicas e oceanográficas, o tipo, a composição e a quantidade de óleo vazada, os impactos se comportam de maneira diferente de região para região.

Por isso, torna-se necessário o conhecimento de medidas e ações contínuas para uma efetiva minimização dos impactos causados pelos derramamentos. Exemplos podem ser citados, como: a adoção de normas específicas relativas às técnicas de combate e de vazamento de óleo no mar, a instrumentação dos órgãos fiscalizadores para uma atuação mais intensa juntamente aos agentes poluidores e o mapeamento dos pontos mais vulneráveis aos impactos decorrentes de vazamento de óleo, com a colaboração de órgãos governamentais.

Em termos jurídicos, surgem acordos, convenções e legislações que atuam no sentido de prevenir à poluição por óleo. A legislação brasileira tem se esforçado para prevenir e combater os eventuais acidentes através da ação conjunta da comunidade e trabalhadores por melhores condições de trabalho e de um governo consciente que deve fiscalizar as organizações empresariais para manter nossas reservas naturais.

Esta tese vem apresentar um modelo de gestão que visa demonstrar uma nova abordagem dos custos relacionados ao meio ambiente e ao meio empresarial – Custos da Qualidade Ambiental.

Cabe ressaltar a utilidade que esta tese traz por conta do modelo que pode ser replicado para diferentes tipos de vazamentos que venham causar danos ao meio ambiente.

Para tanto, torna-se necessário verificar alguns pontos que auxiliarão na escolha da ação ambiental mais viável economicamente a fim de evitar/reduzir o dano ambiental: as possíveis causas que contribuem para que ocorresse o vazamento de óleo, a estimativa do risco ambiental em função da frequência de ocorrência das falhas e as conseqüências do vazamento ao meio ambiente até a construção de cenários que utilizam as ações combinadas ou não para reduzir/eliminar os danos ambientais e as falhas do processo. Estas ações apresentam medidas de prevenção, de correção e de controle que para serem aplicadas no episódio do vazamento demandam custos.

Esta abordagem foi estruturada de modo, também, a atender o gestor da entidade em termos da economia de custos gerada quando se viabiliza uma ação dentre as ações de prevenção, correção e controle em face do menor custo despendido com sua implementação e da maior receita gerada. O resultado mostra que todas as medidas têm chance de serem aplicadas, entretanto, a que gera uma maior economia é a de controle.

Neste modelo, as externalidades causadas pelos impactos ambientais são mensuradas e imputadas nos custos da atividade responsável pela degradação. Consideram-se algumas simplificações para se chegar ao valor do dano ambiental causado a Baía de Guanabara, como por exemplo, a não contabilização do custo da imagem da empresa que acredita-se ser bem alto.

Deste modo, realiza-se uma análise comparativa entre os Custos da Qualidade Ambiental assumidos pela organização, incluindo os três tipos de ação que são descritas em cenários, a fim de reduzir/eliminar os benefícios gerados com a redução/eliminação dos custos de externalidades. Vale lembrar que para esta análise, apenas foram considerados os custos relativos ao meio ambiente, excluindo os demais custos da produção que continuam a ocorrer.

Portanto, a ação ambiental escolhida é a que apresenta o menor valor monetário gasto com as medidas necessárias, e conseqüentemente, a maior economia (maior receita do meio ambiente). Neste sentido, a ação selecionada é a de controle que tem por objetivo fiscalizar o empreendimento de forma a combater a poluição por óleo, no *case* em questão, com a criação de um Centro de Defesa Ambiental.

As medidas de controle exigem embasamento técnico e envolvem questões complexas, tornando indispensável a maior participação de técnicos em soluções dessa natureza.

A decisão sobre a melhor medida constituiu um importante passo do planejamento estratégico da gestão do ambiente. Por isso, considerou-se a formulação de propostas para solução de conflitos de interesse no acesso e uso do ambiente pela humanidade.

Na verdade, não se deve postergar uma ação, ou seja, adiá-la e esperar que o dano aconteça. A precaução não só deve estar presente para impedir o prejuízo ambiental, mesmo incerto, que possa resultar das ações ou omissões humanas, como deve atuar para a prevenção oportuna desse prejuízo.

Entretanto, a preferência pela aplicação de medidas preventivas depende de algumas razões:

- Os custos financeiros devem ser baixos, de forma a pressionar menos os caixas privados e públicos na disputa de recursos que são escassos para atender a demanda da sociedade.
- As medidas preventivas são mais eficazes se tomadas antes da ocorrência do dano ambiental e de conseqüentes outros custos de natureza econômica e social, que são de difícil mensuração.

Dessa forma, é necessário que as autoridades, a empresa e a comunidade como um todo, estejam preparadas para atuar em situações emergenciais dessa grandeza, uma vez que seria inocente pensar que com a experiência adquirida em casos anteriores, os problemas e, principalmente, os impactos de vazamentos futuros poderão ser reduzidos em curtos espaços de tempo, tanto em termos dos trabalhos de remoção do produto vazado, como em relação aos impactos causados aos ambientes afetados.

## X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.S.; PALOMBO, C.R. *Prevenção à poluição: Manual para a implementação do programa*. São Paulo, CETESB, 1995.
- API – American Petroleum Institute, *Oil spill cleanup: Options for minimizing adverse ecological impacts*. Health and Environmental Science Department, n. 4435, 1985.
- BALTAR, V.C., *Gestão da Qualidade em Serviços*. Rio de Janeiro, Pós-Graduação A Vez do Mestre, Universidade Cândido Mendes. Disponível na internet via [www.ipanema.ime.eb.br/aulas/qualiserv.pdf](http://www.ipanema.ime.eb.br/aulas/qualiserv.pdf) Acesso em Novembro de 2001.
- BANNOCK et al., *The Penguin Dictionary of Economics*. Harmondsworth, Inglaterra, Penguin, 1977.
- BULCÃO, J.A.S. *Comunicação pessoal fornecida pelo médico José Antônio Simas Bulcão de Furnas*, 2001.
- CAIRNS JR., J. e BULKEMA, A.L., *Restoration of habitats impacted by oil spills*. London, Ann Arbor Science, 1984. Citado por CETESB, 2000.
- CAMERINI, C.S. et al., *Relatório de Análise e Verificação do Projeto e Montagem do Duto PE-II na Baía de Guanabara*. Relatório Técnico, 2000.
- CAMPOS, L.M. de S., *Um Estudo para Definição e Identificação dos Custos da Qualidade Ambiental*. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil, 1996.
- CANTARINO, A.A.A. e SOUSA, D.S., *Valoração econômica dos benefícios alcançados pela despoluição a Baía de Guanabara por ETE's domésticas*. Trabalho apresentado na disciplina de Tópicos Especiais em Custos Ambientais, PPE/COPPE/UFRJ, 1997.

CEASA, Setor de Estatística, *Evolução histórica das quantidades comercializadas por produto*. Rio de Janeiro, 2001.

CETESB, *Prevenção à poluição [on line]*. Disponível na internet via <http://www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em Outubro de 2001.

CETESB, *Derrames de Óleo e os Ecossistemas Costeiros*. CETESB, 2000.

CETESB, *Manual de Orientação para Elaboração de estudos de Análise de Riscos*. São Paulo, CETESB, 2000b.

CETESB, *Relatório de balneabilidade das praias paulistas - 1997*. Série Relatórios CETESB, São Paulo, 1998.

CLARK, R. B., *Marine Pollution*. 3 ed. New York, Oxford University Press, 1986.

CLARK JR., R.C. e BROWN, D.W. "Petroleum properties and analyses in biotic and abiotic systems". In: Malis, D.C., *Effects of petroleum on Arctic and Subarctic environments in organisms*, v.1, New York, Academic Press, pp. 1-89, 1970. Citado por CETESB, 2000.

CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro, *Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro – 2000*. CIDE, Rio de Janeiro, 2001.

COELHO, B.H. da S., *Valoração de Manguezais Impactados por Petróleo. O Caso da REDUC, RJ*. Tese de M.Sc. COPPE/UFRJ, 2002.

CORAL, E., *O Custo da Qualidade*. Artigo apresentado como versão preliminar da dissertação de mestrado. EPS-UFSC, 1995.

CORRADI, P.R., *Is a Cost of Quality System good for you?* National Productivity Review, Spring, pp.32-38, 1994.

CORSON, W.H., *Manual Global de Ecologia*. 1 ed. São Paulo, Augustus, 1993.

CPPIC - Canadian Pollution Prevention Information Clearinghouse, *Prevenção à Poluição [on line]*. Disponível na internet via [www.ec.gc.ca/cppic](http://www.ec.gc.ca/cppic) Acesso em Maio de 2001.

CROSBY, P.B., *Qualidade é Investimento*. New York, McGraw-Hill, 1986.

CUMMINGS, R.G. et al., *Valuing Environmental Goods: na Assessment of the Contingent Valuation Method*. Totowa, N.J., E.U.A., Rowman & Allanheld, 1986.

DAROIT, D., *Melhores práticas ambientais em empresas do Rio Grande do Sul*. Tese de M. Sc., UFRS, 1994.

DAVIS, W.P. et. al. "Methodology for environmental assessments of oil and hazardous substances spill". *Helgolander Meeresunter Suchunger*, n.33, pp. 246-256, 1980. Citado por CETESB, 2000.

DE CICCIO, F.M.G.A.F. "Engenharia de Confiabilidade e Análise de Riscos", *Revista Gerência de Risco*, v. 3, n. 1, São Paulo, 1991.

DOE, 1975 citado por CETESB, 2000.

DOERFFER, 1992 citado por CETESB, 2000.

EVANS, D.R. e RICE, S.P. "Effects of oil on marine ecosystems: a review for administrators and policy makers", *Fishery Bull*, v.72, n.3, pp.625-638, 1974. Citado por CETESB, 2000.

FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, *Indicadores, Índices e Parâmetros Socioambientais para a Área de Influência das Instalações da Petrobras na Baía de Guanabara*. Rio de Janeiro, RJ, 60 p., 2000.

FEDERAÇÃO ÚNICA DOS PETROLEIROS, "Para reduzir acidentes industriais é preciso implantar no Brasil a Convenção 174 da OIT". *Boletim especial sobre o acidente da Baía de Guanabara*, Edição especial, Abril, 2000.

- FEIGENBAUM, A.V., *Total Quality Control*. Pittsfield, Massachussets, 1990.
- FERREIRA, A. de S. “Contabilidade Ambiental – Custos Ambientais – Uma Visão de Sistema de Informação”. *I Seminário de Contabilidade Ambiental*, Salvador, BA, Agosto, 2001 Disponível na internet via [www.wwiuma.org.br/contab\\_ambiental\\_af.htm](http://www.wwiuma.org.br/contab_ambiental_af.htm) Acesso em Outubro de 2002.
- FERREIRA, A.B. de H. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. 2 ed. Rio de Janeiro, editora Nova Fronteira, 1986.
- FIATES, G.G.S., *A utilização do QFD como suporte à implementação do TQC em Empresas do Setor de Serviços*. Dissertação EPS-UFSC, Santa Catarina, SC, Brasil, 1995.
- GESAMP - Grupo de Peritos das Nações Unidas em Aspectos Científicos da Poluição Marinha, *The contributions of Science to Integrated Coastal Management*. In: Reports and Studies, n.61, IMP/FAO/UNESCO/WMOWIAEA/UNEP, Washington, D.C., 1996.
- GETTER, C.D. et al. “The recovery and restoration of salt marshes end mangroves following an oil spill”. In: Cairns Jr., J. e Bulkema, A.L. (eds), *Restoration of habitats impacted by oil spills*, Toronto, Butterworth Publishers, cap.3, pp. 65-113, 1984. Citado por CETESB, 2000.
- GRAEDEL, J.E.; ALLENBY, B.R., *Industrial Ecology*. New Jersey, Prentice Hall, pp. 316-323, 1995.
- GUNDLACH, E.R. e HAYES, M.O., “Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts”. *Mar. Tech. Soc. J.*, v.4, n.12, pp.18-27, 1978.
- GUNDLACH, E.R., HAYES, M.O. e GETTER, C.D., “Sensitivity of coastal environment of oil spill”. In: *Seminário The Petroleum industry and the Nigerian Environment*, Nigéria, 1981.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *Anuário Estatístico do Brasil* – 1999. v.1, Rio de Janeiro, IBGE, 2000.

IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, “Custos da qualidade”. In: IBP/Comissão de Garantia da Qualidade, *Guias para Garantia da Qualidade*, cap. 11, Rio de Janeiro, IBP, 1990.

IMO – International Maritime Organization. *Convenções Internacionais [on line]*. Disponível na internet via <http://www.imo.org/home.asp> Acesso em Novembro de 2002.

ITOPF - International Tanker Owners Pollution Federation, *Accidental Tanker Oil Spill Statistics*. International Tanker Owners Pollution Federation Ltd., London, 2001a.

JOHNSTON, R. “Mechanisms and problems of marine pollution in relation to commercial fisheries”. *Marine Pollution*, Academic Press, v.3, n.58, 1976. Citado por CETESB, 2000.

JORNAL A FOLHA DE SÃO PAULO, Janeiro de 2000.

JORNAL DO BRASIL, Janeiro de 2000.

JORNAL GAZETA MERCANTIL. *Índices Econômicos*, 29/05/2002.

JORNAL GAZETA MERCANTIL, Janeiro a Novembro de 2000.

JORNAL OGLOBO, Janeiro de 2000.

JORNAL OTRANSPORTE, Fevereiro de 2000.

JORNAL SURGENTE, “Relatório final o CREA – RJ sobre o vazamento na Baía de Guanabara”, *Especial CREA-RJ*, Informativo do SINDIPETRO, Rio de Janeiro, Outubro, 2000.

- JURAN, J.M. *Juran Quality by Design: The new steps for planning quality into goods and services*. New York, The Free Press, 1992.
- LEINZ, V. e AMARAL, S.E. *Geologia Geral*. São Paulo, Editora Nacional, 1966. Citado por CETESB, 2000.
- LEIPERT, C., *Custos Ecológicos do Impacto da Economia e Cálculo Geral da Economia Nacional*. In: *Previsão de Impactos. O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul*. São Paulo, Editora da USP, 1994.
- LEWIS, R.R. “Impact of oil spills on mangrove Forest”. In: Teas, H.J. (ed), *Biology and ecology of mangroves*, Boston, W. Sunk Publishers, pp. 171-183, 1993.
- LIMA-E-SILVA, P.P. de et al., “Subsídios para Avaliação Econômica de Impactos Ambientais”. In: Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (eds), *Avaliação e Perícia Ambiental*, 2 ed., Rio de Janeiro, RJ, Bertrand Brasil, 2000.
- LIMA-E-SILVA, P.P. de et al., *Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais*. Rio de Janeiro, Thex Ed., 1999.
- LIMA, W. de, *REDUC – 35 Anos de Produção, 38 Anos de Saudades*. Carta escrita por Walter de Lima, antigo funcionário da REDUC, 1988.
- LONTRA, P.K., “Refinaria Duque de Caxias”. *Encarte Especial*, 1997.
- LORA, E.E.S. *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. Brasília, DF, ANEEL, 2000.
- MAGRINI e TOLMASQUIM (coord.), *Valoração dos Danos Ambientais Causados pelo Vazamento de Óleo da REDUC*. Relatório Técnico elaborado para a PETROBRAS/SEMADS, PPE n. 1726, COPPETEC, 2002.

- MALHEIROS, T.M.M., *O Controle Ambiental Federal das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural no Novo Cenário de Flexibilização do Monopólio Estatal no Brasil*. Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, 2002.
- MARQUES, J. F., COMUNE, A.E., “A teoria neoclássica e a valoração ambiental”. In: Romeiro, A.R., Reydon, B.P., Leonardi, M.L.A. (orgs), *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*, capítulo 1, Instituto de Economia da UNICAMP, Editora UNICAMP, 1996.
- MELLO, J.B. e CAMARGO, M.O., *Qualidade na Saúde*. São Paulo, Editora Best Seller, 1998.
- MERICO, L.F.K., *Introdução à Economia Ecológica*. Blumenau, Editora da FURB, 1996.
- MOTTA, R.S.da, *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. 1 ed., Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 1998.
- MOTTA, R.S.da, *Natureza também tem seu preço*. Rumos, Rio de Janeiro, mai/jun, p. 12-14, 1991
- MOURA, L.A.A.de, *Economia Ambiental – Gestão de Custos e Investimentos*. São Paulo, Editora Juarez de Oliveira, 2000.
- NAVEGAÇÃO SÃO MIGUEL. *Relatório de Programa de Modernização, de Segurança e Proteção Ambiental*. Rio de Janeiro, 2000.
- NEAL, F., “The Ocean Environment: Marine Development Problems and Pollution”. In: Cooper, D.E., Palmer, J.A. (eds), *The Environment in Question - Ethics and Global Issues*, London, UK, 1992.

NELSON, W.G. “Experimental studies of oil pollution on the rocky intertidal community of a Norwegian Fjord”, *Exp. Mar. Biol. Ecol.*, n.65, pp. 121-138, 1982. Citado por CETESB, 2000.

NIHOUL, C. e DUCROTY, J.P., *Impact of Oil on The Marine Environment: Policy of the Paris Commission on Operation Discharges from Off-Shore Industry*, Marine Pollution Bulletin, v.29, n. 6, pp. 323-329, 1994.

NRC – National Research Council, *Oil in the sea, inputs, fates and effects*. National Academy Press, Washington, D.C., 1985. Citado por CETESB, 2000.

ODUM, W.E. e JOHANNES, R.E. “The response of mangroves to man-induced environment stress”.In: Wood, E.J.F. e Johannes, R.E. (eds), *Tropical Marine Pollution*, Amsterdam, pp. 52-62, 1975. Citado por CETESB, 2000.

OLIVEIRA, R.B.de, *Comunicação pessoal fornecida pelo engenheiro Roberto Barbosa de Oliveira, membro do Conselho Nacional do Petróleo à época do projeto da REFRIO*, 2000.

OWENS, 1977 citado por CETESB, 2000.

PEBG, *Plano de Emergência para combate a derramamento de petróleo e seus derivados na Baía de Guanabara*. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Revisão de Julho de 1999.

PEREIRA, S.B. *Investimentos em automação no Projeto Pegaso da Petrobras chegam a US\$ 225 milhões [on line]*. Disponível na internet via <http://www.intechbrasil.com.br/abril2001/especial.htm> Acesso em Dezembro de 2001.

PETROBRAS TRANSPORTE S/A. “Avaliação de Risco Ambiental”. In: EIDOS do Brasil, Transpetro, *Análise de Riscos Industriais, Ambientais e Segurança do Trabalho*, Cap. IX, pp.1-6, 2001.

PETROBRAS, *Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional*. PETROBRAS, 2001a.

PETROBRAS, *Balanco Social - 2000*. PETROBRAS, 2001b.

POSTHUMA, J., “The composition of petroleum”. *Rapp.P.V.Reun.Cons.Perm.Int.Explor.Mer.*, n.171, pp. 7-16, 1977. Citado por CETESB, 2000.

PROCURADORIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, *Apensó VII do processo que será movido contra a empresa PETROBRAS devido ao vazamento de óleo na Baía de Guanabara em janeiro de 2000*. Rio de Janeiro, Dezembro, 2001.

REDUC, *Comunicação e dados fornecidos por engenheiros da REDUC à equipe de pesquisadores do Consórcio de Universidades encarregada do item Histórico e Evolução do Complexo REDUC-DTSE*, 2000.

ROSSO, T.C.A., *Modelo Hidrodinâmico para o Transporte de Manchas de Óleo em Regiões Costeiras*. Tese de D.Sc..COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1997.

RPI – Research Planning Institute. *Coastal process field manual for oil spill assessment*. Preparado por Hayes, M.O. e Gundlach, E.R., 1985. Citado por CETESB, 2000.

SERPA, R.R. e PRADO-MONJE, H. “Prevenção e Resposta a Acidentes Químicos – Situação na América Latina e no Caribe”. In: Freitas, C.M. (org.), *Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção*, Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., “Vulnerabilidade do litoral norte do Estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados”. In: *Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*, Águas de Lindóia, SP, Academia de Ciências do Estado, n.2, pp. 375-399, 1990.

SCPA - Serviço de Controle da Poluição Acidental/FEEMA, Comunicação pessoal e dados fornecidos pelo Técnico Especialista em Acidentes Sr. Carlos Fraga da FEEMA, 2002.

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, *Relatório de avaliação das condições presentes de funcionamento do Complexo Industrial REDUC/DTSE sob o ponto de vista de suas implicações ambientais*. Consórcio de Universidades/REDUC/DTSE, Convênio SECT/Petrobras, Rio de Janeiro, 2000.

SECTRAN – Secretaria de Estado de Transporte, *Barcas [on line]*. Disponível na internet via <http://www.sectran.rj.gov.br/sectran.htm> Acesso em Junho de 2001.

SELETIVA. Coleta de Recicláveis Ltda., *Acidentes Ambientais [on line]*. Disponível na internet via [http://www.seletiva.com.br/acid\\_baixo.htm](http://www.seletiva.com.br/acid_baixo.htm) Acesso em Junho de 2001.

SILVA, S.H.G.da, *Comunicação pessoal fornecida pelo professor Sérgio Henriques Gonçalves da Silva do Instituto de Biologia da UFRJ*, 2002.

SINDIPETRO – Sindicato dos Petroleiros – RJ, *Saúde e Meio Ambiente [on line]*. Disponível na internet via <http://www.sindipetro.org.br> Acesso em Maio de 2001

SIVAMAR – Sistema de Vigilância Marítima. *Poluição Marinha por Petróleo [on line]*. Disponível na internet via <http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm> Acesso em Junho de 2001.

SNEDAKER, S.C. “Oil Spills in mangrove”, *Boletim de la Sociedad Venezolana de Ciências Naturales*, n. 143, pp. 423-442, 1985.

SPERRS, G.C. e WITHEHEAD, E.V. “Crude petroleum”. In: Eglington, G. e Murphy, N.T.J. (eds), *Organic geochemistry*, Berlim, Springer-Verlag, pp. 639-675, 1969. Citado por CETESB, 2000.

- TERRA, A.C.T.A, HADDAD, E.E., SERIACOPI, M.T., “Atendimentos Emergenciais realizados pela CETESB”. *Revista Meio Ambiente Industrial*. Ano V, edição 29, n. 28, pp. 132 – 135, Jan/Fev. 2001
- TISSOT, B.P. e WELT, D.H., *Petroleum formation and occurrence*. 2 ed. Berlim, Springer-Verlag, 1984. Citado por CETESB, 2000.
- TOLMASQUIM, M.T. et al., *Metodologias de Valoração do Meio Ambiente para o Setor Elétrico*. 1 ed, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2000.
- TRIVIÑOS, A.N.S., *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação*. São Paulo, Atlas, 1987.
- 5ª VARA FEDERAL DE SÃO JOÃO DE MERITI, *Informações e dados sobre as medidas de correção adotadas pela PETROBRAS com o vazamento de óleo na Baía de Guanabara em janeiro de 2000*, 2001.
- ZEE, D. (org.), *Baía de Guanabara – Dossiê Sócio-Ambiental*. Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável, Escola Brasileira de Administração Pública, Fundação Getúlio Vargas, 2000.

## **XI. ANEXO**

### **Cotação do Dólar**

Em 1º de janeiro de 2002

1 US\$ = R\$ 2,60

Em 1º de novembro de 2003

1 US\$ = R\$ 2,96

### **Determinação dos Custos da Qualidade Ambiental**

**(em janeiro de 2002)**

Custos de Prevenção – R\$ 305.330.890,00

Custos de Correção – R\$ 30.209.888,00

Custos de Controle – R\$ 18.536.567,00

Benefícios (com a eliminação dos Custos de Degradação) – R\$ 379.315.590,00

### **Determinação dos Custos da Qualidade Ambiental**

**(em novembro de 2003)**

Custos de Prevenção – R\$ 347.607.474,77

Custos de Correção – R\$ 34.392.795,57

Custos de Controle – R\$ 21.103.168,58

Benefícios (com a eliminação dos Custos de Degradação) – R\$ 431.836.210,54

### **Resultado da Economia de Custos / Receita do Meio Ambiente**

**(em novembro de 2003)**

**Cenário 1 – R\$ 84.228.735,77**

**Cenário 2 – R\$ 397.443.414,97**

**Cenário 3 – R\$ 410.733.041,96**

**Cenário 4 – R\$ 49.835.940,20**

