

II.6.2 - Impactos Potenciais

O dimensionamento e a avaliação da viabilidade ambiental de atividades de produção de óleo e gás, independente da região onde serão implantadas, devem levar em consideração, além de seu desenvolvimento normal, os riscos inerentes ao processo de produção como um todo.

Neste contexto, é apresentada, neste item, a avaliação dos impactos potenciais das atividades da P-53 no Campo de Marlim Leste, considerando-se o cenário de pior caso de derramamento acidental de óleo, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 293/2001. A identificação, descrição e avaliação dos impactos potenciais baseiam-se na descrição da modelagem de dispersão da pluma de óleo, apresentada no item II.5.1.4.B deste EIA.

II.6.2.1 - Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada para a avaliação das repercussões ambientais dos eventos acidentais de derramamento de óleo no Campo de Marlim Leste, assemelha-se à adotada para a avaliação de impactos ambientais das atividades normais de instalação, operação e desativação apresentadas no item II.6.1, porém, com adequações associadas essencialmente à natureza das fontes geradoras dos impactos.

Analogamente aos impactos reais, são necessários os seguintes subsídios para a identificação dos impactos potenciais: (i) resultados das simulações de derramamento de óleo a partir do FPU P-53, apresentados no item II.5.1.4.B; (ii) esclarecimentos a respeito das características físico-químicas do óleo e seu comportamento no ambiente marinho, descritas no item II.6.2.2 a seguir e (iii) caracterização ambiental da área possivelmente afetada por um acidente desta natureza, apresentada na seção II.5 deste documento e consolidada na Análise Integrada (item II.5.4), conforme pode ser observado no esquema a seguir.

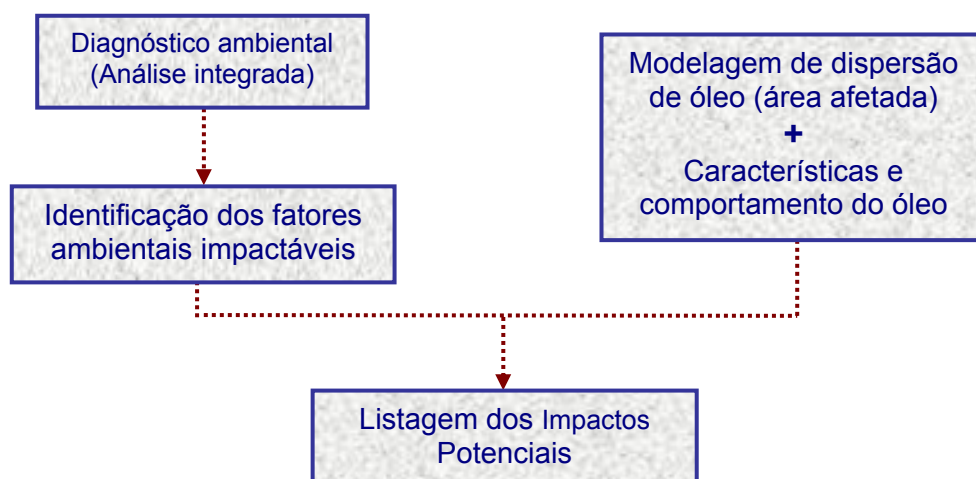


Figura II.6.2.1-1 - Representação esquemática dos procedimentos metodológicos da etapa de identificação dos impactos potenciais.

Ressalta-se que, nesta análise, é considerado um único aspecto: o derramamento de óleo a partir das atividades do FPU P-53, como o gerador de todos os impactos potenciais associados.

II.6.2.2 - Características do Óleo

Para a avaliação ambiental do incidente de derramamento, tornam-se necessários alguns esclarecimentos iniciais a respeito das características físico-químicas do óleo e seu comportamento no ambiente marinho, bem como da região possivelmente atingida, indicada pela modelagem, apresentada no item II.5.1.4.

Segundo Thomas *et al.* (2001), o petróleo no estado líquido é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com odor característico e cor variando entre o negro e o castanho claro. É constituído basicamente por uma mistura de compostos químicos orgânicos (hidrocarbonetos), e pode ser normalmente separado em frações de acordo com a faixa de ebulição dos compostos.

Além dos hidrocarbonetos, outros constituintes também podem ocorrer, sob a forma de compostos orgânicos que contêm outros elementos, sendo os mais

comuns o nitrogênio, o enxofre e o oxigênio. Metais também podem ocorrer, como sais de ácidos orgânicos.

Os hidrocarbonetos, de acordo com sua estrutura, são classificados em saturados (alcanos ou parafinas), insaturados (olefinas) e aromáticos (arenos) conforme caracterização apresentada a seguir (Thomas *et al.*, 2001).

Os saturados (alcanos ou parafinas) são compostos alifáticos que, em geral, respondem por uma grande fração dos componentes do óleo cru. Podem ser lineares (alcanos) ou cíclicos (ciclo-alcanos), porém caracterizam-se como compostos de ligações simples entre os carbonos. Esta propriedade proporciona a este grupo uma maior degradabilidade em relação aos demais tipos de hidrocarbonetos.

Os compostos aromáticos (arenos) possuem em sua composição ao menos um anel de benzeno. Em geral, são mais tóxicos que os compostos alifáticos com o mesmo número de carbonos e possui maior mobilidade na água. Ressalta-se, entretanto, que sua menor degradabilidade, em função de uma maior complexidade de suas moléculas, o torna menos disponível para o ambiente.

Quanto aos compostos insaturados, estes constituem um grupo extremamente reativo que, embora sejam biologicamente metabolizados em grande quantidade, dificilmente são preservados na natureza. Ressalta-se, entretanto, que este grupo de hidrocarbonetos não está normalmente presente no óleo cru, sendo normalmente derivado do refino.

O grau e a taxa de biodegradação dos hidrocarbonetos dependem, em primeira instância, da estrutura de suas moléculas. Os compostos parafínicos (alcanos) são biodegradados mais rápido do que as substâncias aromáticas. Quanto maior a complexidade molecular da estrutura (maior número de átomos de carbono e grau de ramificação da cadeia), assim como maior peso molecular, menor a taxa de decomposição microbiana.

Além disso, esta taxa depende do estado físico do óleo, incluindo o grau de dispersão. Os fatores ambientais que mais influenciam na taxa de biodegradação dos hidrocarbonetos incluem: temperatura, concentração de nutrientes e de oxigênio, composição de espécies e abundância de microorganismos capazes de degradar óleo. Esta complexidade entre fatores que influenciam o processo de biodegradação e a variabilidade de composições de óleo faz com que interpretar

e comparar dados acerca da taxa e da escala da biodegradação do óleo no ambiente marinho seja extremamente difícil.

Os principais processos de remoção do óleo no ambiente, como a evaporação, a diluição e até mesmo a degradação biológica, dependem de características inerentes a cada tipo de hidrocarbonetos. Deste modo, deve-se levar em consideração a composição química do óleo derramado para avaliar potenciais danos ao ambiente.

A evaporação de hidrocarbonetos depende da pressão de vapor do composto e do balanço de massa (GESAMP, 1993), sendo inversamente proporcional ao peso molecular. Isto é, hidrocarbonetos com baixo peso molecular, como aromáticos e alcanos leves têm maior taxa de evaporação (Laws, 1993), enquanto que os asfaltenos¹, com peso molecular em torno de 10.000, são praticamente não sensíveis à evaporação (Bishop, 1983).

A diluição, tal qual a evaporação, está relacionada inversamente ao peso molecular, sendo os compostos mais leves os mais solúveis em água. A fração hidrossolúvel do óleo contém uma gama de compostos que são considerados tóxicos. Os hidrocarbonetos aromáticos são mais tóxicos que os alifáticos e os de peso molecular intermediário são mais tóxicos que os de alto peso molecular. Os hidrocarbonetos de peso molecular muito baixo geralmente são desconsiderados por serem extremamente voláteis e se perdem rapidamente para a atmosfera (Clark, 1992).

Além dos hidrocarbonetos, os derramamentos de óleo também introduzem compostos orgânicos e metais de componentes e concentrações variáveis em função das características do próprio óleo. Normalmente, a maioria dos compostos contendo enxofre, nitrogênio, oxigênio e dos complexos orgânicos com níquel e vanádio está associada aos asfaltenos (Bishop, 1983).

A tendência à formação de emulsões e as condições meteorológicas e oceanográficas no momento do incidente são fatores que influenciam decisivamente na abrangência espacial do derramamento, dificultando a previsão precisa da região potencialmente afetada pelas alterações da qualidade da água.

¹ Partículas coloidais dispersas no meio oleoso, constituindo-se que grupos condensados de anéis aromáticos e naftênicos, ligados por cadeias parafínicas.

Isto quer dizer que, dependendo da época do ano, os efeitos podem ser mais ou menos abrangentes.

O derramamento de óleo no ambiente pode afetar os organismos direta (contato físico e ingestão) ou indiretamente (alteração do habitat e ingestão de alimento contaminado). Ao ser derramado na água, o óleo é diluído, mas se concentra na camada superficial, sendo lentamente dispersado. Assim, o efeito do óleo é maior em organismos que vivem na superfície do mar. Porém, seu efeito pode se estender aos organismos bentônicos quando grandes quantidades de óleo são incorporadas a partículas sedimentares (Leighton, 2000).

Derramamentos de óleo têm sido normalmente contidos por bóias, e são, às vezes, dispersos por emulsificadores.

II.6.2.3 - Identificação dos Impactos Potenciais

Para a identificação dos impactos potenciais decorrentes de um incidente de derramamento de óleo a partir do FPU P-53, optou-se por utilizar dois níveis hierárquicos distintos como indicadores de impacto, conforme proposto por Farah (1993). Neste contexto, os impactos potenciais foram avaliados ora incidentes nos componentes ambientais ora incidentes nos fatores ambientais, sendo o primeiro aqui representado pelos ecossistemas costeiros presentes na área de influência deste Empreendimento e o segundo pelos fatores ambientais utilizados para a avaliação dos impactos reais (atmosfera, biota marinha, atividades pesqueiras, etc).

Esta metodologia foi utilizada com dois objetivos principais: (i) evitar um grande número de impactos para avaliar cada fator ambiental dos diversos ecossistemas presentes na região e (ii) permitir uma percepção holística dos impactos ambientais sobre cada ecossistema, o que favorece a indicação de propostas de gestão mais aplicáveis. Esta escolha baseou-se no fato de que cada ecossistema apresenta dinâmica singular, podendo responder assim, de forma distinta a impactos exógenos. Esta mesma dinâmica permitiu, em alguns casos, reunir dois ecossistemas semelhantes em uma mesma análise. A lista de impactos potenciais foi idealizada a partir da mesma metodologia *ad hoc* dos impactos reais, com a realização de reuniões multidisciplinares.

Abaixo segue a lista dos componentes e dos fatores ambientais avaliados sob a ótica dos impactos de um acidente de derramamento de óleo.

Componentes

- ★ Lagoas Costeiras e Áreas Alagadas
- ★ Manguezais
- ★ Estuários
- ★ Restingas
- ★ Costões Rochosos
- ★ Praias Arenosas
- ★ Unidades de Conservação

Fatores Ambientais

- ★ Meio Físico
 - Atmosfera
 - Coluna d'água
 - Sedimento
- ★ Meio Biótico
 - Biota marinha (plâncton, bentos e nécton)
 - Aves Marinhas
 - Área de reprodução de aves marinhas, quelônios e recursos pesqueiros
- ★ Meio Socioeconômico
 - Atividades pesqueiras
 - Atividades turísticas
 - Nível de tráfego
 - Infra-estrutura portuária
 - Infra-estrutura de transporte
 - Infra-estrutura de disposição final de resíduos
 - Aglomerações humanas

Lista dos impactos potenciais

1. Alterações na qualidade da água
2. Alterações na qualidade do ar
3. Alterações na qualidade do sedimento
4. Interferências nas lagoas costeiras e áreas alagadas
5. Interferências nas áreas de restinga
6. Interferências nas áreas de manguezal e estuários
7. Interferências nos costões rochosos
8. Interferências nas praias arenosas
9. Interferências nas Unidades de Conservação
10. Alterações nas comunidades planctônicas
11. Alterações nas comunidades bentônicas
12. Alterações nas comunidades nectônicas
13. Alterações nas comunidades de aves marinhas
14. Interferências nas áreas de reprodução de aves marinhas, quelônios e recursos pesqueiros
15. Interferências com as atividades pesqueiras
16. Interferências com as atividades turísticas
17. Intensificação do tráfego marítimo
18. Intensificação do tráfego aéreo
19. Pressão sobre a infra-estrutura portuária
20. Pressão sobre a infra-estrutura de disposição final de resíduos
21. Interferências com aglomerações humanas situadas na trajetória da dispersão do óleo

II.6.2.4 - Descrição dos Impactos Potenciais

A avaliação dos impactos reais, apresentada no item II.6.1 deste documento, trata essencialmente de ações planejadas, em sua maioria implementadas em um horizonte temporal relativamente longo (associado à duração do Projeto) e com um propósito definido. São ainda ações inerentes e absolutamente necessárias

ao desenvolvimento da atividade de produção. Assim, critérios como natureza ou qualificação (positivo ou negativo) e reversibilidade se aplicam neste caso, na medida em que as fontes geradoras (aspectos) e as suas repercussões no ambiente (impactos) são bastante diversificadas.

No caso de um derramamento de óleo, praticamente todos os impactos ambientais decorrentes podem ser considerados negativos e reversíveis, embora em escala temporal variável. Além disso, quanto à sua frequência, um evento accidental de derramamento muitas vezes corresponde a uma representativa alteração ambiental em um curto intervalo de tempo. Assim, para a avaliação dos impactos ambientais do derramamento accidental de óleo, foram adotados os seguintes critérios apresentados no item II.6.1.2, a saber: **incidência, permanência, momento, reversibilidade e cumulatividade**.

Quanto à **abrangência espacial**, os impactos ambientais do derramamento foram considerados **regionais** quando se referem ao espaço geográfico em torno da mancha de dispersão do óleo (Figura II.4-2), uma vez que a abrangência espacial da própria mancha já pode ser considerada regional. Adotou-se ainda a classificação de impactos **extra-regionais** ou **estratégicos**, nos casos em que seu rebatimento espacial não pode ser previsto ou precisamente delimitado, especialmente em relação àqueles que incidem sobre o meio socioeconômico.

Esses critérios subsidiam a avaliação da **magnitude** dos impactos ambientais, independente das características do ambiente em que incidem. Assim, impactos que reúnem características que indicam alto potencial de alteração do meio foram avaliados como de **alta** magnitude. Impactos de **média** ou **baixa** magnitude representam potencial de alteração gradativamente menor.

A avaliação da **importância** dos impactos, por sua vez, tem por objetivo dimensionar a alteração efetivamente provocada no meio ambiente, analisada em relação à sensibilidade do fator ambiental alterado e a magnitude determinada a partir dos demais critérios. Para a mensuração da importância dos impactos ambientais, foi determinada uma escala qualitativa, em que o grau de comprometimento do fator, ou fatores, ambientais afetados podem ser considerados **pequenos, médios** ou **grandes**.

A avaliação global dos impactos ambientais de situações de derramamento accidental de óleo, por sua vez, torna-se mais complexa, na medida em que cria a

necessidade de se conjugar critérios de probabilidade e severidade às alterações ambientais decorrentes.

Observa-se que o cenário crítico simulado considerou uma situação catastrófica extrema, com vazamento de um volume de 78.915 m³, na superfície, decorrente de um evento de *blowout*, seguido de descontrole de poço com duração de 30 dias. Este cenário envolve a situação de perda de controle do poço durante 30 dias. Neste caso, o volume de 78.915 m³ é considerado contínuo ao longo de 30 dias e tem como origem o poço P3H. A modelagem deste evento foi realizada tanto para verão quanto para inverno, porém, somente no inverno ocorre toque na costa, com primeiro toque ocorrendo após 9 dias e 9 horas.

Na avaliação apresentada a seguir, optou-se por descrever apenas os impactos ambientais do derramamento da descarga de pior caso, pelo simples fato de que, para esta situação, o próprio EIA contempla dados objetivos, tanto em relação à sua probabilidade de ocorrência durante o desenvolvimento das atividades de produção, quanto em relação à trajetória da pluma do óleo acidentalmente derramado. Os impactos ambientais advindos de descargas diferentes deste volume, de modo geral, são proporcionais à sua severidade. Portanto, considerações a respeito das descargas pequenas, médias e grandes foram tecidas apenas quando pertinente, tendo sido contempladas com maior ênfase na síntese conclusiva dos impactos potenciais, ao final deste item.

Tendo em vista todos esses fatores, é apresentada a seguir a descrição dos impactos ambientais decorrentes dos acidentes envolvendo derramamento de óleo considerados relevantes, referente à descarga de pior caso, os quais se encontram sintetizados no item Síntese Conclusiva (II.6.2.6) e na Matriz de Avaliação dos Impactos Ambientais do Derramamento Acidental de Óleo (Quadro II.6.2.6-1), apresentados em seguida.

II.6.2.5 - Avaliação dos Impactos Potenciais

São descritas e avaliadas a seguir as principais repercussões ambientais decorrentes do derramamento acidental de óleo no mar a partir das atividades de produção do FPU P-53, considerando apenas a descarga de pior caso (78.915 m³). Esta escolha baseou-se no fato de que, conforme os resultados das

simulações de derramamento (apresentadas no item II.5.1.4.B), a área afetada pelo pior cenário engloba a região atingida pelos demais cenários identificados para a Análise de Riscos e o Plano de Emergência Individual (8 m³, 200 m³, 6.400 m³ e pior caso - verão e inverno), podendo assim, ser considerada como a avaliação mais conservativa para este estudo.

Pode-se afirmar que os impactos descritos a seguir, de modo geral, podem ser considerados mais críticos quando se referem às regiões mais rasas, da província nerítica, cujos ambientes apresentam maior sensibilidade do que na província oceânica. Assim, na descrição de cada impacto, são tecidas considerações que visam diferenciar, na medida do possível, as alterações nos ambientes neríticos e oceânicos. Como forma de consolidar esta análise, na síntese conclusiva (item II.6.2.6), procede-se uma análise mais abrangente destes dois compartimentos, considerando todos os impactos descritos.

1. Alterações na qualidade da água

O óleo usado na modelagem foi o óleo tipo Marlim Leste, com 17,8° API, sendo classificado como pesado, de acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP) brasileira. Dos hidrocarbonetos existentes, 33,8% são saturados ou alifáticos (alcanos); 34,8% são aromáticos; 29,6% de resinas² e 1,8% de asfaltenos. O teor de enxofre no óleo é de 0,68%, com concentração de vanádio e níquel na ordem de 20 e 17 ppm, respectivamente, conforme apresentado no item II.2.4.G.2.

A modelagem matemática realizada simulou um derrame acidental catastrófico a partir da P-53 (volume de 78.915 m³) e, em condições de inverno, foi verificada a possibilidade de toque de óleo na costa de municípios da região norte fluminense.

Neste caso, o cenário determinístico que leva em consideração o maior volume de óleo que chega a costa após 30 dias, 52% (cerca de 41.000 m³) do volume total será encontrado na superfície, 24% (cerca de 19.000 m³) terá evaporado e 23,9% (cerca de 19.000 m³) terá chegado à costa com uma probabilidade entre 70 e 80%.

² Variam de substâncias viscosas a sólidos amorfos. As resinas têm estrutura similar à dos asfaltenos, porém com menor teor aromático e com maior grau de saturação (teor de H).

A partir da introdução de grandes volumes de óleo na água do mar, observa-se que a qualidade da água superficial é a mais afetada da coluna d'água, tendo sua coloração, odor e transparência afetadas e impedindo sua utilização até mesmo para a navegação. É nessa área (superfície) que pode ser detectada a maior concentração do óleo derramado, conforme pode ser observado no balanço de massa, apresentado na Figura II.5.1.4-15, referente ao derramamento de 78.915 m³.

As características ambientais do Campo de Marlim Leste, localizado em águas profundas (entre 900 e 1.000m neste campo) e ultra-profundas (entre 1.000 e 1.400 m), tropicais e oligotróficas, aliadas à composição do óleo, com representatividade de alcanos e aromáticos, permite inferir que os principais processos que deverão influenciar na dinâmica do óleo seriam, além da circulação oceânica, a evaporação e a diluição. A degradação do óleo pela biota seria dificultada pela pouca disponibilidade de nutrientes, que é característica da costa brasileira.

As concentrações de hidrocarbonetos na água provavelmente sofreriam um aumento, entretanto, estes seriam removidos devido à evaporação e diluição, sendo a evaporação responsável pela maior parte da remoção (Mielke, 1990 *apud* Laws, 1993).

A análise da qualidade da água seguindo o derrame de óleo do *Exxon Valdez* (mar/1989) constatou que as maiores concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos totais (HPA), considerados os melhores indicadores de toxicidade do óleo para organismos da coluna d'água, foram encontradas dois meses após o derrame. Entretanto as concentrações de HPA diminuíram rapidamente, atingindo níveis de background (0,01 a 0,1 ppb) em meados de junho de 1989 (Neff & Stubblefield, 1995).

Os resultados obtidos com a modelagem mostram que o óleo presente na água será transportado de acordo com a circulação superficial da região, que é dominada pela dinâmica da Corrente do Brasil. A área superficial da mancha de óleo irá corresponder, além do volume de cada cenário, também aos processos de intemperismo do óleo no ambiente e à advecção pelas correntes superficiais.

Para um derramamento de pior caso, a mancha de óleo, após 30 dias, se localizou na região oceânica e sobre a plataforma continental chegando a tocar a

costa do estado do Rio de Janeiro com probabilidade máxima entre 70 e 80% em condições de inverno. Neste caso, em virtude da abrangência espacial alcançada, o impacto foi avaliado como estratégico. Este impacto foi considerado ainda de incidência direta, temporário, de curto-prazo e reversível. Foi observado que este é indutor do impacto sobre a biota presente na área de influência da mancha. Ainda, avaliou-se este impacto como indutor de impactos na socioeconomia e em outros fatores do meio físico.

Sendo assim o impacto sobre a qualidade da água foi classificado como de alta magnitude. Como a área passível de ser afetada foi considerada de extrema importância ambiental, de acordo com MMA (2002b), este impacto é de grande importância.

2. Alterações na qualidade do ar

Durante um evento acidental de derramamento de óleo, é possível prever que, desde o primeiro instante, haverá formação de uma pluma de vapor de hidrocarbonetos. Dependendo das concentrações de hidrocarbonetos dessa pluma, pode ser formada uma pluma de *smog* fotoquímico com a presença de altas concentrações de poluentes indicativos (SO_2 , NO_x , CO , O_3 e material particulado fino). O *smog* é o resultado da interação da luz com os constituintes da atmosfera. Há inúmeras espécies de oxidantes no *smog*. Os impactos característicos da pluma de *smog* sobre os seres humanos são a irritação da garganta e dos olhos, a sensação de odores e a redução da visibilidade, podendo causar ainda danos aos vegetais e animais (Wark *et al.*, 1998).

A degradação dos hidrocarbonetos conduz, além da formação de NO , NO_2 e O_3 , à formação de compostos carbonílicos (aldeídos), de cetonas, hidrocarbonílicas e dicarbonílicas, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos (incluindo nitrato peroxiacila), ácidos inorgânicos e, na presença de SO_2 , de ácido sulfúrico (H_2SO_4) (Wark *et al.*, 1998).

Essa primeira geração de produtos passa por reações adicionais que levam à formação de um amplo espectro de novos produtos de reação. Muitos dos VOCs criados no ar são também ativos fotoquimicamente. Entre eles, estão os aldeídos, as acetonas, os peróxidos e os nitratos acila. A absorção de luz solar por esses

compostos contribui para a formação de radicais livres, que, por sua vez, levam à formação de uma segunda geração de compostos (Wark *et al.*, 1998).

Os impactos da pluma de *smog* sobre a saúde humana são amplos, visto que há formação de partículas finas inaláveis, de ácidos, como o ácido sulfúrico e o ácido nítrico, e de ozônio, assim como de dióxido de nitrogênio, que, ao sofrer fotodissociação, cria condições para a geração de uma grande variedade de poluentes em combinação com os VOCs e o ozônio. Alguns deles podem causar mutações biológicas, tais como o radical nitrato, os nitroarenos e nitrosaminos (Arya, 1999).

A avaliação do impacto do derramamento sobre a qualidade do ar reporta basicamente sua interferência sobre fatores ligados à saúde humana, uma vez que os limites estabelecidos para as emissões de diversos poluentes atmosféricos estão intimamente relacionados à questão da saúde humana. É importante ainda considerar que também as aves marinhas podem sofrer os impactos das alterações na qualidade do ar. Assim, este impacto se caracteriza como de incidência direta, de curto prazo, sendo, entretanto, temporário e reversível.

Observa-se ainda seu potencial indutor sobre as comunidades de aves marinhas e potenciais interferências sobre as atividades de turismo e lazer, e sobre aglomerações urbanas, quando considerado o cenário de derramamento de 78.915 m³, em condições de inverno, que tem probabilidades de alcançar regiões costeiras.

O pior cenário considerado poderia, em casos de ausência total de medidas de contenção, ao longo de 30 dias consecutivos, tomar dimensões estratégicas, principalmente sob o ponto de vista socioeconômico. Neste caso, sua magnitude e importância foram avaliadas como alta e grande, respectivamente, uma vez que a pluma poderia alcançar áreas costeiras com densas aglomerações humanas, além de áreas de extrema importância para a preservação de aves marinhas.

3. Alterações na qualidade do sedimento

O óleo bruto é uma mistura complexa de hidrocarbonetos de peso molecular variando de 16 a 100.000, que também contém oxigênio, enxofre, nitrogênio e alguns metais pesados, em menor escala. Uma das principais características do

óleo é a relativa menor densidade quando comparada à densidade da água do mar, o que implica na sua flutuação e espalhamento por sobre a superfície da coluna d'água (Bishop, 1983).

Complexos processos de transformação no ambiente marinho começam a se desenvolver assim que o óleo é derramado. A progressão, duração e o resultado dessas transformações dependem das propriedades e composição do óleo e da interação de mecanismos físicos, químicos e biológicos (Patin, 1999).

A atuação dos ventos e correntes no transporte físico do óleo derramado, a conseqüente evaporação da fração volátil, seguida da dissolução e emulsificação das frações com baixo peso molecular contribuem para a densificação do óleo, tornando-o passível de deposição, uma vez que se mantém no ambiente os compostos mais pesados. É importante ressaltar que a estimativa média da porcentagem de hidrocarbonetos residuais (cadeias maiores que C₂₅ e ponto de ebulição maior que 400°C) varia de 20-25% entre os diferentes tipos de óleo (Bishop, 1983).

Um importante processo de sedimentação do óleo é a adsorção ao material em suspensão na coluna d'água. Este processo ocorre principalmente na zona costeira, onde há maior disponibilidade de partículas e misturas verticais mais intensas, sendo menos importante em áreas profundas, afastadas da costa. Outros processos também são atuantes como a biosedimentação, nos quais organismos filtradores absorvem o óleo emulsificado, depositando-o no fundo juntamente com seus metabólitos ou restos biológicos (Bishop, 1983; Clark, 1992).

Com base nas características descritas acima, conclui-se que a sedimentação do óleo em oceano aberto é um processo extremamente lento e pouco expressivo, que atinge basicamente suas frações mais pesadas. Este processo pode adquirir especial importância no contexto desta análise ao considerarmos as características do óleo produzido em Marlim Leste, sendo que a fração residual corresponde a um percentual expressivo do volume derramado (cerca de 32%).

Entretanto, cabe ressaltar que a área estudada trata-se de oceano aberto, ou seja, de relativas baixas concentração de material particulado em suspensão e taxa de sedimentação. Nas regiões costeiras, a sedimentação é facilitada pela grande disponibilidade de partículas e mistura vertical mais intensa (Bishop, 1983; GESAMP, 1993).

Quando a qualidade do sedimento é afetada, espera-se que a biota associada ao sedimento também seja afetada. Deste modo, considera-se que o impacto do derramamento de óleo sobre o sedimento é indutor da alteração da biota bentônica. Em áreas costeiras, onde ocorre atividade de pesca junto ao fundo, como os arrastos, a presença de óleo no sedimento afetaria o desenvolvimento destas atividades, caracterizando o impacto sobre o sedimento como indutor do impacto sobre a pesca.

Espera-se ainda que o impacto do óleo sobre o sedimento aconteça a curto/médio prazo, seja reversível em longo prazo, de incidência direta e estratégico. A magnitude foi classificada como média, já que a concentração de material particulado aumenta com a proximidade da costa. Este impacto foi considerado de grande importância, pois a área a ser atingida constitui-se como uma zona costeira de extrema importância para a conservação (MMA, 2002b).

4. Interferências nas lagoas costeiras e áreas alagadas

Na área de influência do FPU P-53, entre Campos dos Goytacazes e Maricá (RJ), estão localizadas cerca de 34 lagoas costeiras, formadas por 4 (quatro) bacias hidrográficas (da lagoa Imboassica, do rio Macaé, da lagoa Carapebus e da lagoa Feia) e 3 (três) microbacias (das pequenas e médias lagoas da restinga de Massambaba, das pequenas lagoas litorâneas entre Arraial do Cabo e Rio das Ostras e das pequenas e médias lagoas litorâneas entre Arraial do Cabo e Maricá) (Esteves, 1998).

Esses sistemas lagunares do norte fluminense são classificados em três categorias (Soffiati *apud* Esteves, 1998), sendo que a maioria das lagoas incluídas na área de influência do FPU P-53 pertencem às duas últimas categorias:

- ★ Lagoas de tabuleiro: geralmente formadas pela barragem de cursos d'água, sendo que a maioria foi total ou parcialmente drenada em função das atividades econômicas na região norte-noroeste fluminense;
- ★ Lagoas de planície aluvial: grande número de pequenas lagoas, tendo como principal representante a Lagoa Feia, localizada no município de Campos dos Goytacazes-RJ;

- ★ *Lagoas da planície de restinga:* Imboassica, Araruama, Saquarema, Sistema Lagunar de Maricá (lagoas Maricá, Barra, Padre e Guarapina), Ribeira, Ostras, Veiga, Taí Grande, Taí Pequeno e Barreiro.

O cordão litorâneo na região, passível de ser atingido pelo óleo em caso de derramamento, tem largura variável, apresentando, por exemplo, 40 m em Carapebus e 130 m no Farol de São Tomé (Bastos & Silva, 2000). Nessas áreas, o mar pode alcançar ou, eventualmente, ultrapassar as áreas de berma atingindo, assim os canais de comunicação ou as próprias lagoas costeiras.

Dependendo das condições oceanográficas, meteorológicas, e considerando as características do cordão litorâneo da região, o óleo poderá alcançar os ecossistemas que estão em contato direto com o mar ou separados por estreitas barreiras alterando a qualidade da água e deixando resíduos na areia, nas pedras, na vegetação e na fauna associadas (Bishop, 1983).

Para um derramamento de 78.915 m³, observa-se a probabilidade de toque na costa. Neste caso, as lagoas de Campos dos Goytacazes até a região de Maricá seriam tocadas pelo óleo, com um mínimo de 10% de probabilidade.

A reconhecida importância ecológica e econômica das lagoas costeiras é relevante para determinar a sensibilidade dessas lagoas, na maioria salobras ou salgadas. Algumas delas estão, inclusive, localizadas em trecho de costa considerado de importância “muito alta” para a conservação e até efetivamente protegidas em algumas áreas (MMA, 2002a).

Desta forma, a sensibilidade das lagoas costeiras da área de influência do FPU P-53 pode ser considerada equivalente aos marismas, lagoas de água doce com vegetação nas margens e manguezais, ou seja sensibilidade 10, numa escala de 1 a 10 (MMA, 2002b).

Dadas as importâncias econômica e ecológica, além da sensibilidade das lagoas costeiras na área de influência do FPU P-53, o impacto de vazamento de um volume de óleo de 78.915 m³ foi considerado de incidência direta, temporário, reversível, de curto prazo, indutor de outras alterações na biota, de alta magnitude e grande importância.

5. Interferências nas áreas de restinga

As restingas da área de influência do FPU P-53 começam no município de Campos dos Goytacazes (RJ) na região do rio Açú e lagoa Salgada, e acompanham a linha de praias até Maricá (RJ), entre a Ponta de Itacoatiara e a Ponta Negra.

As áreas de restinga da região entre Campos e Macaé são marcadas por grandes extensões de vegetação de restinga, que começam na berma e seguem para dentro do continente, circundando os diversos canais e lagoas desse litoral. Acompanhando a costa na direção sul, algumas manchas de restinga cercam a lagoa de Imboassica e grandes manchas voltam a aparecer em Rio das Ostras (RJ). Mais ao sul, até Arraial do Cabo (RJ), esse ecossistema só aparece em manchas esparsas, voltando a predominar em Araruama e Saquarema. Destaca-se a restinga de Massambaba, que se inicia no município de Arraial do Cabo e estende-se até Saquarema. Em Maricá, a restinga se estende por 42 Km (Ximenes & Falcão, 2000).

Conforme descrito no impacto anterior, o cordão litorâneo na região, passível de ser atingido pelo óleo em caso de derramamento, tem largura variável. Neste caso, o mar alcança ou, eventualmente, ultrapassa as áreas de berma, podendo atingir as restingas.

O óleo que alcançar os ecossistemas que estão em contato direto com o mar deixará resíduos na areia, nas pedras, na vegetação e na fauna associadas (Bishop, 1983). Dependendo das condições oceanográficas e meteorológicas, e considerando as características do cordão litorâneo da região, o óleo poderá alcançar parte da vegetação de restinga que está na área de contato com as praias. Além disso, de acordo com a intensidade do derramamento, essas considerações poderão valer também para as áreas de contato entre estuários e restingas.

Para o cenário de pior caso modelado, haveria a probabilidade de toque na costa, com as restingas localizadas entre Campos dos Goytacazes e a região de Maricá sendo tocadas pelo óleo, com um mínimo de 10% de probabilidade.

Em MMA (2002a), as restingas estão classificadas como áreas prioritárias para a conservação, dadas as funções ecológicas que desempenham, sendo as

restingas de Campos dos Goytacazes, Macaé e Maricá classificadas como de importância muito alta. As restingas ocorrentes em Arraial do Cabo, Cabo Frio e Búzios e a restinga de Massambaba (Arraial do Cabo à Saquarema) são consideradas de extrema importância.

Ressalta-se ainda que toda a linha de praia desse trecho de costa também é considerada de importância “muito alta” para a conservação, sendo o ecossistema restinga efetivamente protegido em algumas áreas por fazer parte de Unidades de Conservação.

Dada a sensibilidade deste ecossistema, o impacto decorrente do derramamento de 78.915 m³ foi considerado de incidência direta, temporário, reversível, de curto prazo, indutor de outras alterações na biota, possuindo alta magnitude. É considerado ainda de grande importância, em vista da baixa taxa de recuperação deste ambiente, face a um derramamento de óleo, e de sua relevância ambiental.

6. Interferências nas áreas de manguezal e estuários

Manguezais são sistemas costeiros tropicais e subtropicais, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, dominado por espécies vegetais típicas, as quais se associam a outros componentes da flora e da fauna adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés, caracterizado por grandes variações de salinidade (Maciel, 1991; Schaffer-Novelli, 1994).

São ecossistemas extremamente ricos e que apresentam elevada diversidade. Possuem grande importância justamente por sua alta produtividade biológica. Espécies da flora que ocorrem nos manguezais são facilmente afetadas no caso de um acidente envolvendo derramamento de óleo. Neste caso, o óleo tende a cobrir suas raízes aéreas – pneumatóforos – ou, ainda, penetrar no sedimento, alterando as condições normais do ecossistema.

Sistemas complexos, como o manguezal, tendem a resistir mais eficientemente às perturbações. No entanto, a cada alteração ocorre a redução e a simplificação de elementos deste ecossistema, tornando-o menos apto à ação de novos tensores, mais vulnerável e com menor capacidade de suporte.

Um acidente de grandes proporções ocasiona altas taxas de mortalidade de espécies dos manguezais, as quais se recuperam naturalmente somente após décadas ou mesmo séculos, já que a retirada da camada superior do substrato significa a remoção de um grande número de espécies, como poliquetas e espécies da flora (USEPA, 1993; Dicks, 1999).

Estuários são definidos como uma massa de água costeira semi-fechada que, por possuírem uma ligação livre com o mar aberto, são altamente afetados pela ação das marés, possuindo, dentro deles, uma mistura da água marinha com a água doce vinda do continente. Essas áreas podem ser consideradas zonas de transição, ou ecótonos, entre habitats de água doce e marinhos. Porém, muitos dos seus atributos físicos e biológicos mais importantes possuem características físicas, químicas e biológicas encontradas apenas nestes ambientes (Odum, 1988).

Assim como os manguezais, os estuários são considerados zonas de abrigo e reprodução de espécies fundamentais para a cadeia alimentar marinha, funcionando como importantes criadouros de crustáceos, peixes e moluscos. Os maiores canais dos estuários são os principais meios de condução para o fluxo de marés e de rios, controlando o transporte e a deposição de sedimentos (<http://www.museudouna.com.br/eco.htm>).

De acordo com a escala de sensibilidade adotada por NOAA (2002), na qual os ecossistemas são classificados de 0 a 10, considerando suas características físicas e biológicas (i.e. áreas de criação e alimentação de espécies que também apresentam alta sensibilidade em pelo menos uma fase do seu ciclo de vida, características de retenção do óleo e prazo de recuperação natural), manguezais e regiões estuarinas são considerados os ambientes que apresentam maior sensibilidade a alterações decorrentes de um derramamento de óleo, sendo classificados com o valor de 10.

Para o pior caso de um derramamento acidental de óleo, o estudo realizado para o *blowout* do poço P3H, cenário no qual haveria o toque da mancha na costa, considerou os estuários e manguezais compreendidos entre Campos dos Goytacazes e Maricá, que são classificados como ecossistemas de extrema importância biológica de acordo com MMA (2002a). A alta importância dos

manguezais da região costeira da Bacia de Campos é potencializada pela presença de Unidades de Conservação.

Interpolando-se dados dos fatores de sensibilidade de manguezais e estuários com a probabilidade de alcance da mancha no caso de derramamento de 78.915 m³, este impacto foi avaliado como de incidência direta, temporário, reversível e de curto-prazo, além de indutor de alterações na biota como um todo. Foi ainda avaliado como de alta magnitude e de grande importância.

7. Interferências nos costões rochosos

Costões rochosos são ecossistemas importantes devido à diversidade de espécies de grande importância ecológica e econômica que abrigam, como mexilhões, ostras, crustáceos e peixes, sendo local de alimentação, crescimento e reprodução de diversas espécies (Coutinho, 2002).

As regiões de costões rochosos apresentam uma alta taxa de recuperação por serem rapidamente limpas pela ação hidrodinâmica (Baker *et al.*, 1990), e as regiões entre-marés são as que apresentam as maiores taxas de recuperação por estarem sujeitas às ações das ondas (Bishop, 1983).

Apesar da fração mais pesada do petróleo formar crostas “asfálticas” no costão e persistirem por um grande período de tempo a dinâmica de ondas e marés, juntamente com o intemperismo, torna o óleo mais viscoso e menos tóxico, podendo deixar acúmulos da fração residual na parte superior do costão rochoso (IPIECA, 1995).

As principais mudanças na estrutura dos ecossistemas de costões rochosos incluem mortalidade imediata de espécies herbívoras e conseqüente aumento da flora, afetando principalmente moluscos e gastrópodes, além de estrelas do mar e caranguejos (IPIECA, 1995).

A vulnerabilidade dos costões ao óleo varia de 1, para costões rochosos expostos, a 8, para regiões de costões rochosos abrigados (Gundlach & Hayes, 1978). Ximenez & Falcão (2000) identificaram que alguns costões rochosos da área de influência de P-53 apresentam grau de sensibilidade 8 em todos os municípios da área de influência.

Os costões rochosos serão influenciados em caso de derramamento de 78.915 m³ com 70-80% de probabilidade de toque, entre Cabo Frio e Armação de Búzios, em cerca de 460 h. Devido à presença de costões rochosos abrigados, espalhados pela extensão da área potencialmente atingida, este impacto será direto, temporário, de curto prazo e reversível. Como os costões rochosos da área potencialmente atingida são considerados atrações turísticas e zonas de lazer, este impacto é indutor do impacto sobre o turismo.

Ainda, a presença de óleo no costão rochoso implica em alteração na biota característica do local, tornando este impacto indutor do impacto sobre a biota bêntica. Nesta região, algumas unidades de conservação possuem parte de sua região composta por formações de costões rochosos, o que aumenta a magnitude do impacto sobre este componente ambiental.

Assim, para o cenário de derramamento de 78.915 m³, considerou-se este impacto como de alta magnitude, e por se tratar de uma área de extrema importância biológica (MMA, 2002b) e de uso humano, este impacto foi avaliado como de grande importância.

8. Interferências nas praias arenosas

As praias costeiras são os ambientes de maior extensão no litoral brasileiro e vêm sofrendo descaracterização em razão da ocupação desordenada e aporte de diferentes tipos de efluentes (MMA, 2002b). Os fatores físicos, principalmente ação das ondas e tamanho da partícula do sedimento, determinam o estado morfodinâmico, a diversidade e a distribuição dos organismos nas praias arenosas (Nybakken, 1993).

Segundo Johnson (1970) e McLachlan & Harty (1981), uma parte do óleo depositado nas praias será lavado pelas ondas, enquanto grande parte será enterrada, penetrando no sedimento. Quando o óleo penetra no sedimento, além de interferir com os organismos presentes ele também altera suas características físicas (Brown & McLachlan, 1994).

A maioria das espécies presentes em praias arenosas é afetada em caso de derramamento de óleo. À medida que a concentração de óleo diminui, novas espécies vão ocupando o ambiente, e a composição e abundância da

comunidade sofrem uma série de oscilações até restabelecer a estabilidade. As maiores espécies e de maior longevidade geralmente apresentam recuperação mais lenta, sendo detectados hidrocarbonetos em seus tecidos até cinco anos depois do derramamento (Brown & McLachlan, 1994).

Outros animais também sofrem as conseqüências da contaminação das praias arenosas por óleo. Aves e peixes que se alimentam de organismos bentônicos são os principais organismos afetados pela persistência de hidrocarbonetos em seus tecidos (Nibakken, 1993).

A sensibilidade dos ambientes de praia a um derramamento de óleo varia de 3, para praias de areia fina; 4, praias de areia grossa; 6, para praias de areia e cascalho e 8, para praias de cascalho (NOAA, 2002). Ximenez & Falcão (2000) identificaram cerca de 89 praias na área de influência do empreendimento. A grande maioria das praias identificadas apresentaram sensibilidade entre 3 e 5. Entretanto, algumas praias associadas à desembocadura de rios ou planícies de maré, como a praia do rio Una (Cabo Frio), a praia de Manguinhos e a praia Rasa (Búzios) e a praia do rio das Ostras (Rio das Ostras), apresentaram vulnerabilidade entre 9 e 10.

O derramamento de 78.915 m³ de óleo, no Campo de Marlim Leste, poderá acarretar alguma interferência nos ambientes de praia arenosa da área de influência, com 78,3% de probabilidade e tempo médio de 460 h.

Devido à ampla distribuição das praias ao longo do litoral da área potencialmente atingida, espera-se que este impacto seja direto, temporário, de curto prazo e reversível a médio/longo prazo. Devido ao uso deste tipo de ambiente, principalmente para o lazer e turismo, este impacto é considerado indutor do impacto sobre as atividades de turismo desenvolvidas na área.

Além disso, as alterações no ambiente de praia possivelmente acarretaram em alterações na biota, sendo este impacto indutor dos impactos sobre plâncton, nécton, bentos e aves. O alto número de unidades de conservação que protegem faixas de praia da área de influência deste empreendimento reforça a importância biológica deste tipo de ecossistema. Classificou-se este impacto como de alta magnitude e grande importância, uma vez que a área é considerada de extrema importância biológica (MMA, 2002b).

9. Interferências nas Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação (UC's) são áreas naturais pouco alteradas pela ação humana (Brito *et al.*, 2004). Seus objetivos básicos são a conservação *in situ* da biodiversidade e da paisagem, bem como a manutenção do conjunto dos seres vivos em seu ambiente, de modo que possam existir sem sofrer grandes impactos das ações humanas (Brito *et al.*, *op cit*).

A Zona Costeira abriga uma das maiores proporções de superfície coberta por Unidades de Conservação (MMA, 1998 *apud* Pereira, 1999). Esse ambiente fornece área para a criação, crescimento, reprodução e sítios de alimentação de um elevado número de espécies da flora e da fauna, com destaque para as aves, peixes, tartarugas marinhas e mamíferos marinhos (Pereira, 1999).

Foram identificadas, na área de influência indireta da P-53, 30 UC's, das quais 21 pertencem ao Grupo de Proteção Integral (uso indireto) e 9 ao Grupo de Uso Sustentável (uso direto), conforme apresenta o Quadro II.6.2.5-1, a seguir.

Quadro II.6.2.5-1 - Distribuição das Unidades de Conservação da All da P-53, por grupo, nas esferas federal, estadual e municipal.

GOVERNO	FEDERAL	ESTADUAL	MUNICIPAL	TOTAL
GRUPO				
Proteção Integral	1	4	16	21
Uso Sustentável	2	3	4	9
TOTAL	3	7	20	30

De acordo com o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), o principal objetivo das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais; enquanto que o das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais.

As UC's presentes na All da P-53 protegem diversos tipos de ecossistemas marinhos, tais como: praias arenosas, costões rochosos, restingas, lagoas, ilhas, dunas, brejos, estuários e manguezais. A sensibilidade desses ambientes

protegidos varia de 1 a 10, de acordo com a escala proposta por Gundlach & Hayes (1978), ou de 1 a 10C, segundo Ximenes & Falcão (2000).

Para o cenário de derramamento de 78.915 m³ de óleo, todas as UC's presentes na All do empreendimento seriam atingidas pela mancha de óleo. Desta forma, este impacto apresenta incidência direta, sendo de curto-prazo.

A maioria das UC's da All do empreendimento (70%) pertence ao grupo de proteção integral. Considerando que o objetivo da UC's deste grupo é a preservação ambiental, ou seja, manter intocados ambientes de extrema relevância ambiental, este impacto é permanente e irreversível.

Impactos em unidades de uso direto afetam não só o ambiente como também os benefícios econômicos gerados às comunidades locais pela garantia de uso sustentável de seus recursos naturais. Impactos em unidades de uso indireto, por sua vez, afetam o ambiente e a possibilidade de interação com a comunidade através da implantação de atividades de educação ambiental e, em alguns casos, do ecoturismo.

Das 21 UC's de proteção integral existentes na All da P-53, somente 5 (cinco) pertencem a categorias que restringem à visitação pública, a qual é permitida somente para fins educacionais. Nas demais (76%), é permitido não só o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, como também de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Nas unidades de uso sustentável (30% da All da P-53) é permitido, além do turismo e recreação, a exploração dos recursos naturais. Sendo assim, este impacto pode ser considerado ainda indutor dos impactos sobre as atividades turísticas, bem como das atividades pesqueiras.

Devido aos motivos supracitados, o impacto sobre as UC's é considerado de alta magnitude. Como todas as UC's diagnosticadas encontram-se em área de muito alta a extremamente alta importância ambiental para a conservação, segundo MMA (2003), a importância deste impacto foi classificada como grande.

10. Alterações nas comunidades planctônicas

Os efeitos de um derramamento de óleo na comunidade planctônica variam de acordo com o tipo de organismo atingindo. Assim, estes efeitos são distintos

entre o bacterio-, fito-, zoo- e ictioplâncton, sendo o bacterioplâncton e o fitoplâncton geralmente menos sensíveis aos efeitos do óleo do que o zoo- e o ictioplâncton (Scholz *et al.*, 2001).

Estes efeitos também variam em função das características ambientais da área onde ocorre o derramamento de óleo. Regiões próximas à linha de costa apresentam grande concentração de organismos planctônicos e alta sensibilidade ambiental (MMA, 2002a). Já em regiões nerítico-oceânicas, a alta sensibilidade pode ser minimizada pela menor concentração de organismos e alta capacidade de recuperação, principalmente nas regiões externas à plataforma continental (Bishop, 1983).

Para o bacterioplâncton costuma ocorrer um incremento em densidade. Tal fato foi observado após o acidente com o *Tsesis*, ocorrido em 1977 no Mar Báltico, com derrame de 1.000 t de óleo combustível médio (Johansson *et al.*, 1980), e em experimentos de mesocosmos³ realizados por Lee *et al.* (1987 *apud* Scholz *et al.*, 2001). Este aumento na abundância do bacterioplâncton evidencia a ocorrência de uma rápida biodegradação de hidrocarbonetos na coluna d'água.

As algas unicelulares que constituem o fitoplâncton, em geral, podem assimilar e metabolizar tanto hidrocarbonetos saturados quanto aromáticos (Scholz *et al.*, 1980). A sensibilidade destes organismos ao óleo varia entre os grupos fitoplanctônicos, conforme também constatado pelos estudos realizados por Lee *et al.* (1987 *apud* Scholz *et al.*, 2001) durante um período de 20 dias. Foi observado que os organismos do nanoplâncton (2-20 µm) são mais sensíveis que as diatomáceas cêntricas do microfitoplâncton (> 20 µm). Como o tempo de geração destas algas é muito curto (9-12 horas), os impactos nestas populações provavelmente são efêmeros (NAS, 1985).

Logo após o derramamento do *Tsesis* (1977, Suécia), foi observado um incremento na densidade fitoplanctônica, provavelmente em resposta à redução da predação pelo zooplâncton, que normalmente apresenta uma alta mortalidade pós-derrame (Johansson *et al.*, 1980).

A fração maior do fitoplâncton (microfitoplâncton) de regiões oceânicas foi considerada bastante sensível ao derramamento de óleo por BGY (1999), podendo apresentar decréscimo de 2% da população em concentrações de óleo

³ Tipo de ensaio de ecotoxicidade que mede a tolerância de uma comunidade a um tóxico.

menores que 1 ppm. O óleo também pode afetar a taxa de fotossíntese no fitoplâncton e, assim, inibir o crescimento das algas. Entretanto, isso não é observado no caso de concentrações muito baixas de óleo, como verificado após o acidente com o *Tsesis* (NAS, 1985).

Segundo NAS (1985), o zooplâncton é sensível ao óleo e efeitos tóxicos têm sido reportados a concentrações entre 0,05 mg/L e 9,40 mg/L. Efeitos de curta escala incluem decréscimo na biomassa (geralmente temporário), bem como redução das taxas de reprodução e alimentação. Alguns grupos como os tintínídeos podem apresentar um incremento em densidade, em resposta ao aumento do suplemento alimentar, que, neste caso, são as bactérias e a fração menor do fitoplâncton (Lee *et al.*, 1987 *apud* Scholz *et al.*, 2001).

O zooplâncton pode assimilar óleo diretamente da água, do alimento (bacterio-, fito- e protozooplâncton) ou por ingestão direta das partículas de óleo. As partículas de óleo livres ou aderidas ao material particulado, que são ingeridas pelo zooplâncton, posteriormente são excretadas (*fecal pellets*) e afundam. Assim, este grupo de organismo pode ser ainda responsável por parte da sedimentação do óleo ao longo da coluna d'água, redistribuindo o óleo disponível da zona pelágica para a bêntica (Conover, 1971).

A sensibilidade a compostos tóxicos é extremamente variável de acordo com os organismos e seus estágios de vida. Em geral, organismos jovens são mais sensíveis que os adultos (Scholz *et al.*, 2001). Assim, no ictioplâncton, composto de ovos e larvas de peixes, os efeitos tóxicos do óleo têm sido reportados para concentrações relativamente baixas de hidrocarbonetos, entre 1 ppm e 10 ppm (Kuhnhold *et al.*, 1978). Segundo Kuhnhold *et al.* (1978), as larvas de peixes são mais sensíveis que os ovos.

De acordo com IUCN (1983), perdas nas comunidades zoo- e ictioplanctônicas foram registradas após os acidentes com o *Torrey Canyon*, em 1967, e com o navio-tanque *Argo Merchant*, em 1976, sendo associadas então à presença de óleo na água.

De acordo com Brown *et al.* (1996 *apud* Pearson *et al.*, 1995), diversos estudos têm mostrado que ovos e larvas de peixes são extremamente susceptíveis ao dano por hidrocarbonetos do petróleo. Entretanto, devido à grande produção de jovens, grandes perdas do ictioplâncton não

necessariamente refletem num declínio do estoque da população adulta, a qual é comercialmente explorada.

Após o acidente com o *Castillo de Belver*, ocorrido em 1983, em regiões oceânicas da África do Sul e com derramamento de 160.000 a 190.000 toneladas de óleo cru, foi observada ocorrência e abundância de ovos e larvas de peixes normais (IPIECA, 2000).

Os efeitos sobre os organismos zoo- e ictioplanctônicos, no entanto, podem refletir em impactos crônicos do derramamento de óleo no mar, uma vez que compreendem larvas de organismos pelágicos (p.ex. peixes) e bentônicos (p.ex. crustáceos, moluscos e equinodermos) e fazem parte da dieta alimentar de inúmeros organismos. Assim, esse efeito no zoo- e ictioplancton pode atingir níveis tróficos superiores, podendo ser um impacto indutor das alterações nas comunidades bentônica (impacto nº 11) e nectônica (impacto nº 12).

O impacto do vazamento de óleo sobre o plâncton pode ser classificado como direto (pela ação direta do óleo sobre os organismos) e indireto (pela interferência da qualidade da água sobre os organismos), temporário, de curto prazo, reversível e indutor.

De acordo com MMA (2002b), a mancha do óleo, considerando pior caso de derrame superficial (78.915 m³), atinge áreas consideradas como de extrema importância ambiental para a conservação da biodiversidade do plâncton, o que reflete na importância do impacto. A mancha de óleo atinge uma grande área localizada na região oceânica e sobre a plataforma continental chegando a tocar no Município de Arraial do Cabo no Rio de Janeiro com probabilidade máxima entre 70 e 80%. Desta forma, o impacto sobre a comunidade planctônica foi considerado de média magnitude e, conseqüentemente de grande importância.

11. Alterações nas comunidades bentônicas

Invertebrados e vegetais bentônicos são especialmente sensíveis ao óleo derramado. Impactos agudos sobre a comunidade bentônica também podem ser resultantes da toxicidade de componentes do óleo e dependem de suas propriedades (combinação do tipo de óleo e das condições climatológicas), de sua concentração e da quantidade de óleo que afeta os organismos. O impacto

de uma única dose de uma substância tóxica em elevadas concentrações pode ser o mesmo de repetidas doses em baixas concentrações (Scholz *et al.*, 2001).

Alguns impactos tóxicos de um derramamento podem não ser evidentes imediatamente ou podem não causar a morte dos organismos. Estes são chamados impactos crônicos, ou impactos sub-letais, e podem afetar os organismos nos âmbitos fisiológicos, comportamentais e reprodutivos, além das taxas de sobrevivência das espécies (Scholz *et al.*, 2001).

Os impactos de um acidente dependem da localização geográfica da área do derramamento, das condições oceanográficas e meteorológicas, da época do ano e do tipo de óleo derramado. Como exemplo, no acidente do *Braer*, sobre severas condições de vento e corrente, o impacto fora da costa (entorno de 100 m), onde o óleo se acumulou no sedimento (até 10.000 ppm), os anfípodos estiveram ausentes dos locais mais afetados. Como os anfípodos não produzem larvas pelágicas, os pesquisadores concluíram que muitas populações precisaram de 10 anos para se recuperar, com grandes diferenças observadas nos habitats de sedimento mais fino (Scholz *et al.*, 2001).

Atualmente é bem conhecido que o óleo alcança sedimentos subtidais na maioria dos acidentes envolvendo derramamento de óleo (e.g. Kolpack *et al.*, 1971; Blumer *et al.*, 1971). De uma maneira geral, organismos bentônicos são atingidos em um incidente de derramamento de óleo, pela ingestão de partículas ou organismos contaminados ou ainda pela ausência de alimento decorrente de desequilíbrios na rede alimentar devido ao derramamento. Filtradores e depositívoros são particularmente afetados por acumular tanto os poluentes dissolvidos quanto os poluentes sedimentados (Blumer *et al.*, 1971).

Observações qualitativas após derramamento do *Torrey Canyon* e *Tampico Maru* demonstraram a morte de crustáceos, moluscos e equinodermos (Smith, 1968). A redução da riqueza e diversidade e o aumento da dominância de espécies oportunistas também estão associados a áreas contaminadas por óleo (Gray *et al.*, 1990).

Muitos impactos crônicos resultam de resposta ao stress fisiológico das espécies impactadas, como aumento nas taxas metabólicas, aumento no consumo de oxigênio e redução nas taxas respiratórias. Estas podem ser respostas de curto prazo, mas se estender por longos períodos e impactar outros

organismos. Uma resposta crônica comum é redução nas taxas de crescimento, como por exemplo, dos organismos bentônicos que vivem em sedimento que cronicamente recebem óleo. Impactos na reprodução de peixes bentônicos expostos a sedimentos contaminados por óleo têm sido relatados (Kuhnhold & Busch, 1978 *apud* Scholz *et al.*, 2001).

Embora todos os organismos possam absorver hidrocarbonetos diretamente da coluna d'água e através da alimentação, o processo de incorporação varia entre espécies. Macroinvertebrados podem incorporar hidrocarbonetos, e a maioria também é capaz de metabolizá-los, sendo os moluscos uma exceção. Entre os invertebrados, bivalves com hábito alimentar detritívoro usualmente acumulam mais hidrocarbonetos do que os suspensívoros. As taxas de depuração também variam e os níveis de hidrocarbonetos nos tecidos neurais de peixes são maiores do que nos tecidos musculares. Sedimentos afetados podem ser uma fonte de hidrocarbonetos para peixes bentônicos como os linguados, porém alguns peixes possuem um sistema enzimático capaz de processar relativamente bem hidrocarbonetos aromáticos (Armstrong *et al.*, 1995).

Para o caso de um acidente catastrófico, envolvendo o derramamento de 78.915 m³, de óleo cru, sem ações de contingência provenientes de um cenário de 30 dias de *blowout*, sem medidas de controle e interrupção, a mancha alcançaria a região costeira delimitada entre os municípios de Maricá e Campos dos Goytacases, no estado do Rio de Janeiro. Neste caso hipotético, o óleo acarretaria interferências nas comunidades bentônicas que habitam a região costeira e os ecossistemas de transição como estuários e manguezais.

Para as atividades de produção em Marlim Leste, o trecho costeiro possivelmente atingido pela mancha de óleo destaca-se por uma diversificada fauna e flora bentônica composta predominantemente por macroalgas, crustáceos, moluscos, equinodermas, poliquetas e cnidários na região nerítica (plataforma continental), em profundidades que variam entre 15 e 100 m. Como importantes comunidades bentônicas da região oceânica, pode ser citada a presença de um banco de algas pardas (kelps) que se estende do norte de Cabo Frio até o sul da Bahia, bancos de algas calcárias que se estendem da região amazônica até o sul do Rio de Janeiro com a ocorrência de espécies de grande importância econômica. Ainda, muitos organismos bentônicos são recursos

pesqueiros ou recurso alimentar de peixes intensamente explorados comercialmente na costa sudeste brasileira.

Um aspecto importante a ser considerado é se o óleo derramado na superfície poderia atingir a comunidade bentônica a partir da precipitação na coluna d'água. Entretanto, observa-se que, em decorrência das ações de intemperismo, o óleo derramado em superfície não consegue chegar ao fundo em grandes profundidades, não afetando diretamente a comunidade bentônica. Porém, o derramamento em superfície poderá afetar níveis importantes da cadeia trófica marinha, como por exemplo, o meroplâncton, que engloba grande parte das larvas e juvenis dos organismos bentônicos, o que afetaria a comunidade bentônica de forma indireta.

De acordo com Juszko (1985), embora todos os tipos de óleo apresentem densidade inferior à da água do mar, existem registros de afundamento de porções ou frações de óleo em casos de derramamentos superficiais, o que dificulta muitas vezes as ações de recolhimento e contenção. Após deixar a superfície, o comportamento do óleo no mar será função da dinâmica meteoceanográfica bem como das características químicas e físicas do tipo de óleo derramado. Neste caso, alterações na densidade do óleo podem ocorrer devido a perdas por evaporação dos voláteis, associação com matéria orgânica, degradação bacteriana, processos dinâmicos do oceano, emulsificação e formação de agregados de óleo (Wilson *et al.*, 1986), levando ao afundamento temporário do óleo.

No derramamento do *Braer*, na Escócia, o óleo se dispersou na coluna d'água, para o assoalho oceânico, algumas vezes para uma profundidade de mais de 100 m. O movimento do óleo dispersado por corrente abaixo e pelo movimento da maré levou o óleo para uma área muito grande e sua influência sobre a comunidade marinha bentônica foi muito maior que aquela associada à mancha de óleo na superfície (Femar, 2000).

O impacto do derramamento de óleo sobre a comunidade bentônica pode se dar de forma direta, quando a mesma é alcançada diretamente pelo óleo, sendo neste caso de curto-prazo, ou indireta, quando o efeito sobre esta comunidade se dá a partir de suas relações com demais espécies afetadas no ecossistema, sendo considerado, neste caso, de médio-prazo. Este impacto foi ainda avaliado

como extra-regional, temporário e reversível, apresentando efeito indutor no impacto sobre as atividades pesqueiras na região potencialmente atingida.

Devido à possibilidade de acúmulo do óleo por longos períodos no sedimento costeiro e a alteração da biota bentônica, foi considerado de alta magnitude e, portanto, grande importância, tendo em vista a probabilidade de alcance da mancha de óleo em áreas de extrema importância biológica para este fator ambiental.

Ressalta-se, entretanto, que, de acordo com a IPIECA (1991), os diferentes tipos de óleo variam muito em termos de toxicidade, sendo que os danos mais tóxicos estiveram associados a derramamentos de óleo leve em áreas pequenas e confinadas, características que dificultam os processos de dispersão, evaporação e diluição dos hidrocarbonetos. Adicionalmente, a toxicidade do óleo tende a diminuir à medida que o óleo sofre intemperismos. Desta forma, mesmo em condições catastróficas quando o óleo poderia chegar à costa, devido à distância do ponto de derramamento no Campo de Marlim Leste (cerca de 120 Km da costa), o óleo demoraria no mínimo nove dias para tocar a costa, sem considerar nenhuma ação de contingência. Portanto, no momento de toque na costa, o óleo de Marlim Leste já teria sofrido uma série de intemperismos que teriam diminuído sua toxicidade.

12. Alterações nas comunidades nectônicas

Um possível acidente envolvendo derramamento de óleo causaria alteração na biota nectônica afetando, particularmente, os recursos alimentares e o habitat desta comunidade, principalmente em áreas próximas à costa, estreitos e estuários. Peixes adultos são organismos que apresentam sensibilidade relativa por, geralmente, conseguirem escapar do óleo, ficando expostos apenas ao óleo eventualmente disposto na coluna d'água por adsorção a partículas. Em caso de derramamento em águas rasas, peixes adultos podem estar mais expostos ao óleo ou compostos químicos derivados (Leighton, 2000).

As alterações potenciais da ictiofauna presente na região de dispersão da pluma possuem efeito indutor sobre o impacto potencial de interferência com atividades pesqueiras, quanto à distribuição e constituição das espécies que

compõem a comunidade local e sua posterior dispersão para áreas não afetadas. Independente do volume derramado, este impacto é de incidência direta e indireta, temporário, reversível e de curto-prazo.

A análise histórica dos efeitos causados por acidentes ocorridos com derramamento de óleo (www.afsc.noaa.gov/abl) indica que o óleo pode apresentar uma maior toxicidade para os organismos nectônicos no que se refere às concentrações persistentes dos compostos em séries de longa duração e à sensibilidade relativa destes organismos. Analisando-se estes fatores em determinada população, o efeito do óleo poderia ocasionar um decréscimo da biomassa da espécie diretamente afetada.

Na região de dispersão da pluma de derramamento de óleo (identificada a partir da modelagem de pior caso para este Empreendimento), observa-se a presença de cetáceos que utilizam a região como áreas de residência, alimentação ou migração. Baleias jubarte e franca utilizam a região como rota de migração nos deslocamentos entre as áreas de alimentação ao sul e reprodução ao norte. No entanto, a região possivelmente afetada apresenta-se somente como área de deslocamento (www6.via-rs.com.br/iwcbr; www.baleiajubarte.com.br), não sendo registrado comportamento de alimentação e conseqüentemente, não existindo o risco de misticetos terem suas barbatanas cobertas pelo óleo. Neste contexto, um possível acidente de derramamento de óleo não teria efeito sobre a fisiologia alimentar destes grandes cetáceos, no entanto, poderia ocasionar alteração das rotas de passagem de indivíduos destas espécies.

Quatro famílias de pequenos cetáceos (Di Benedetto & Ramos, 2001) utilizam a Bacia de Campos para repouso, alimentação ou, ainda, residência. De acordo com estudos experimentais, os cetáceos possuem a capacidade de detectar visualmente finas camadas de óleo cru, evitando estas concentrações, mesmo durante a noite, e deslocando-se para áreas não afetadas (Evans, 1987). Entretanto, AMSA (2003) destaca a ocorrência de golfinhos sendo observados nadando e se alimentando dentro ou próximos de áreas com a presença do óleo.

Para a região da Bacia de Campos, há registro reprodutivo de quelônio somente para a espécie *Caretta caretta*. Na região costeira, encontra-se registrada na área de estudo a ocorrência de *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata* (Sanches, 1999).

No caso de acidente de derramamento de óleo, as tartarugas poderiam ser atingidas no ambiente marinho, ainda durante os períodos reprodutivos, quando se aproximam da costa (<http://www.panda.org/downloads/general/karachispillfactsheet2.doc>).

Dentre os grupos relacionados ao nécton, o mais dominante se refere ao grupo dos peixes, destacando-se representantes de espécies de grande valor econômico, como atuns, agulhões, bonitos e a sardinha verdadeira. Segundo Hazin *et al.* (1999), as espécies mais comumente encontradas na região oceânica da costa brasileira são peixe-papagaio, dourado, albacora-laje, albacora branca, bonito listrado, espadarte e agulhão branco.

O efeito da dispersão da mancha de óleo na coluna d'água sobre a comunidade nectônica foi avaliado como de grande importância, uma vez que a mancha atingiria áreas consideradas de extrema importância biológica para a conservação de diversos fatores do nécton. Da mesma maneira, a magnitude deste impacto pode ser avaliada como alta e sua abrangência espacial como estratégica.

13. Alterações nas comunidades de aves marinhas

As aves marinhas compreendem os organismos que passam grande parte do tempo sobrevoando a superfície do mar ou mergulhando para se alimentar, sendo particularmente vulneráveis aos efeitos do óleo (Leighton, 2000). O derrame de óleo na água, muitas vezes, resulta em uma camada de óleo ou película gordurosa na superfície das águas receptoras (Braile & Cavalcanti, 1993), afetando principalmente os organismos que vivem nas camadas superficiais do mar.

A comunidade de aves marinhas está exposta ao risco em áreas de derrame de óleo, sendo as consequências do contato físico direto a principal causa de morte. Somente aves que entram em contato com manchas de óleo nas primeiras horas após o derrame sofrerão impactos da inalação de compostos voláteis tóxicos como hexano e benzeno (Leighton, 2000).

A ingestão de compostos do petróleo ocorre durante a tentativa de se limpar e restabelecer a impermeabilidade das penas. Assim, os impactos do contato

externo por óleo estão sempre associados aos da ingestão. A ingestão também pode se dar indiretamente através do consumo de presas (FEMAR, 2000).

Em geral, as aves marinhas apresentam baixa fecundidade e maturação sexual tardia. Por essa razão, populações locais e subespécies podem ser significativamente reduzidas se ocorrer derrame de óleo na sua área de concentração e nidificação (IUCN, 1983).

O cenário catastrófico de um derramamento de 78.915 m³ poderia gerar interferências nas comunidades de aves marinhas presentes na área de influência deste empreendimento. No que se refere à região costeira, a área possivelmente afetada pela mancha com probabilidade superior a 10% se estende ao longo da linha de costa do estado do Rio de Janeiro, desde o município de Maricá até Campos dos Goytacazes.

Sendo assim, a mancha de óleo poderia atingir, segundo o resultado da modelagem matemática, os sítios de nidificação localizados nas ilhas costeiras do estado do Rio de Janeiro, classificadas como áreas de extrema importância biológica e prioritária para conservação de aves costeiras (IBAMA, 2002).

Segundo BDT, as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade de aves costeiras e marinhas são: ilhas ao largo de Macaé, ilhas dos Papagaios, Santana, do Costa, Pombas e Trinta-réis da Barra, sendo estas sítios de nidificação de *Sterna spp.* e *Fregata magnificens*; e também, as ilhas Comprida e de Cabo Frio, onde nidificam as espécies *Sula leucogaster*, *F. magnificens* e *Larus dominicanus*. Merece destaque o Arquipélago de Santana, que é um dos principais santuários ecológicos de Macaé, localizado a cerca de 9 Km do continente.

Em função da área potencialmente atingida pela mancha, é possível classificar a incidência deste impacto potencial sobre as aves marinhas como extra-regional e de incidência direta, em caso de contato físico com a mancha de óleo, ou indireta, quando o contato com o óleo resulta da ingestão de presas contaminadas ou através das cascas dos ovos. Os efeitos poderiam ainda ser observados a curto e a médio-prazo em caso de comunidades afetadas, entretanto, são temporários e reversíveis, já que uma vez cessando a ação impactante, a comunidade poderia se restabelecer a médio-prazo.

Destacam-se as espécies *Larus dominicanus* (gaivotão), *Sula leucogaster* (atobá) e os trinta-réis *Sterna hirundinacea* e *S. eurygnatha* que apresentam registros de nidificação durante meses de inverno nas ilhas costeiras do Rio de Janeiro (Sick, 2001) como as mais vulneráveis durante um acidente dessas proporções.

Esse impacto pode ser considerado, desta forma, de alta magnitude e de grande importância, visto que a área é de extrema importância biológica e prioritária para a conservação de aves marinhas. Destaca-se ainda, a proximidade dos sítios de alimentação e de nidificação com a área potencialmente atingida pelo óleo em um derramamento de pior caso.

14. Interferências nas áreas de reprodução (quelônios, aves e estoques pesqueiros)

Na ocorrência de acidente com derramamento de óleo, áreas de desova de tartarugas e de nidificação de aves marinhas e pontos relevantes para a conservação e preservação de estoques pesqueiros poderiam ser afetadas no trecho compreendido entre Campos dos Goytacazes e Maricá, no Estado do Rio de Janeiro. Os aspectos referentes às aves marinhas já foram tratados no impacto anterior. Dessa forma, este impacto deverá direcionar suas observações mais especificamente para os demais fatores sob análise.

Assim como as aves, tartarugas marinhas apresentam baixa fecundidade e maturação sexual tardia. Por essa razão, populações locais destes organismos podem ser significativamente reduzidas se ocorrer derrame de óleo na sua área de concentração e nidificação (IUCN, 1983). No caso dos quelônios, apenas a tartaruga *Caretta caretta* possui registros de desova para a região (Sanches, 1999).

Quanto aos recursos pesqueiros importantes da região norte fluminense, estes são constituídos por espécies essencialmente costeiras, de hábitos pelágicos ou demersais, que dificilmente ultrapassam a profundidade de 30 metros e espécies que ocorrem até os 100 metros ou pouco além dos 100 m (PETROBRAS, 2002b).

Nas regiões de plataforma continental, os recursos pesqueiros apresentam altas taxas de abundância em fundos de areia e/ou lama, em virtude de suas características alimentares, reprodutivas e migratórias. Sua importância revela-se principalmente nas costas tropicais e subtropicais, sendo que suas características biológicas estão amplamente relacionadas às condições ecológicas do ecossistema e das interações bióticas (Castro, 2001).

O maior recurso pesqueiro marinho do Brasil, em volume de produção, é a sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, que ocorre entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Cabo de Santa Marta Grande (RS). No Estado do Rio de Janeiro, a pesca da sardinha-verdadeira é quase totalmente dirigida ao processamento industrial, com seus principais pontos de desembarque situados nos municípios de Cabo Frio e Angra dos Reis (Jablonski *et al.*, 1998; Paiva, 1997; MMA, 2002b).

Na região sudeste-sul, o camarão-rosa representa cerca de 1% dos desembarques industriais, porém 50% do rendimento dos arrasteiros industriais. Apesar de ser comercializado em volume inferior ao de peixes pelágicos como a sardinha, o bonito e outros, o camarão representa cerca de 25% do valor total das exportações brasileiras de pescado (Pezzuto, 2001). A pesca artesanal, restrita às áreas litorâneas e estuarino-lagunares, possui um elevado poder de pesca, sustentando cadeias produtivas geralmente informais e não dimensionadas.

No Brasil, a pesca do camarão-rosa é realizada sobre seus dois estratos populacionais. A captura de juvenis e pré-adultos é efetuada em lagoas e estuários, sob a forma de pesca artesanal, e a de adultos é feita em águas oceânicas, através da pesca industrial. A pesca de camarões realizada em estuários e lagoas de grande porte praticamente impede a migração das espécies em direção ao oceano, o que pode acarretar falhas no recrutamento do estoque adulto (Valentini *et al.*, 2001).

Armstrong *et al.* (1995) analisaram a exposição e efeitos adversos do derramamento do *Exxon Valdez* em diversas espécies de crustáceos e moluscos, entre os anos de 1989 e 1991, em baías que foram atingidas pelo óleo e baías que não sofreram efeitos do acidente. Segundo os dados de fecundidade de uma das espécies de camarões analisadas, a taxa de reprodução no ano de 1990 se encontrava reduzida em relação ao ano anterior em ambas as baías. No entanto, a taxa de fecundidade encontrava-se 30% menor entre as fêmeas da baía que

sofreu efeitos do derramamento em oposição àquela que mantinha suas condições originais.

Em decorrência dos impactos do derramamento de óleo do *Sea Empress*, em 1996, no Reino Unido (Edwards & White, 1999), os níveis de hidrocarbonetos encontravam-se particularmente elevados em moluscos, mas com concentrações inferiores em crustáceos e peixes. Soma-se, ainda, o fato de não terem sido registradas perdas de espécies de valor comercial. No entanto, a ocorrência do acidente se deu em data intermitente ao período de desova dos recursos, o que não afetou, em longo prazo, os estoques destas espécies.

Contemplando-se as piores condições de um derrame de óleo (78.915 m³), segundo o resultado da modelagem matemática, a mancha de óleo atingiria os sítios de nidificação localizados nas ilhas costeiras a leste de Macaé e as praias de desovas localizadas entre Campos dos Goytacazes e Macaé, classificadas como áreas de extrema importância biológica e prioritária para conservação de aves costeiras e quelônios marinhos, respectivamente (MMA, 2002b).

Considerando a área potencialmente atingida pela mancha num acidente de pior caso e a capacidade de deslocamento de aves adultas e tartarugas marinhas, é possível classificar a incidência deste impacto potencial sobre estes organismos como direta, em caso de contato físico com a mancha de óleo, ou indireta, em caso de contato do óleo com cascas dos ovos.

Um derramamento de pior caso pode gerar um impacto de abrangência extra-regional, já que as aves e tartarugas realizam grandes migrações entre sítios reprodutivos e alimentares nacionais e internacionais.

Sendo assim, o impacto de derramamento devido ao descontrole do poço (pior caso) é avaliado como de grande importância. A magnitude deste impacto é classificada como alta. Ele é ainda de curto e médio prazo, temporário, reversível e indutor dos impactos referentes às atividades pesqueiras e à alteração da biota.

15. Interferências com as atividades pesqueiras

No caso da ocorrência de um acidente seguido de derramamento de óleo, de grandes proporções, poderão ocorrer interferências principalmente com a modalidade de pesca oceânica, já que a presença da mancha de óleo irá atuar

diretamente sobre os estoques pesqueiros, influenciando, assim, indiretamente, a realização desta atividade.

Os cardumes tenderão a se deslocar para áreas afastadas do local por onde a mancha se espalhar, gerando uma readequação da atividade aos novos locais de captura. Este fato poderá significar custos adicionais de combustível, alimentação e gelo, dentre outros, caso os cardumes se desloquem para áreas mais afastadas dos locais habituais de pesca, podendo implicar numa redução no número de pescado capturado.

Mudanças nos pontos de desembarque do pescado, decorrentes de um evento de grandes proporções, podem influenciar o efetivo desembarcado na região. A perda de equipamentos por parte de pescadores que eventualmente sejam surpreendidos por uma mancha de óleo durante o desenvolvimento de suas atividades é um elemento adverso a ser destacado.

Destaca-se que, a região dos lagos, área possivelmente afetada por um derramamento de óleo, especialmente Cabo Frio, representa um dos maiores desembarques pesqueiros do estado. Esta região possui infra-estrutura consolidada, tanto para a pesca costeira quanto a pesca oceânica, além da pesca artesanal de camarão realizada ao longo de toda essa região.

Tendo em vista estes fatores, este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, temporário, de médio prazo, reversível e simples. É considerado ainda de alta magnitude, devido às características ambientais da área passível de ser afetada, e de grande importância, por existir a probabilidade da mancha atingir as regiões costeiras ampliando significativamente a interferência não só com a pesca em alto mar, mas nas modalidades mais próximas da costa, como o arrasto de camarão, prática de expressão econômica na atividade da pesca regional.

16. Interferências com as atividades turísticas

De acordo com as simulações realizadas, no caso da ocorrência de um derramamento accidental de óleo (descarga de circunstâncias catastróficas), a mancha apresentaria uma probabilidade superior a 10% de alcançar algumas áreas específicas da região costeira situada no município de Maricá, Região dos Lagos e do Norte Fluminense, onde se localizam importantes centros turísticos.

Destaca-se, entretanto, que uma simples divulgação da existência de acidente com vazamento de óleo implica em uma diminuição do fluxo de turistas para a região, e conseqüente perda de receitas das cidades litorâneas afetadas, principalmente daquelas vinculadas às atividades de prestação de serviços e comércio.

Este impacto foi avaliado como direto, extra-regional, temporário, de curto prazo, reversível e simples. É ainda considerado de alta magnitude, devido à abrangência da área potencialmente passível de ser afetada. Tendo em vista o interesse turístico da região a ser afetada, bem como a importância das receitas oriundas das atividades de turismo, na composição do montante de arrecadação de diversas cidades litorâneas, este efeito foi considerado de grande importância dada a probabilidade de aproximação das áreas costeiras acima de 10%.

17. Intensificação do tráfego marítimo

No caso da ocorrência de derramamento acidental, pode-se prever a ocorrência de interferências diretas sobre o tráfego de embarcações na região atingida, seja em relação aos barcos de pesca ou de turismo, seja com a navegação de cabotagem em geral, uma vez que o deslocamento da mancha poderá, eventualmente, determinar alterações nas rotas de navegação, o que, por sua vez, pode levar a eventuais aumentos de percurso.

Este efeito foi avaliado como direto, regional, temporário, de curto prazo, reversível e indutor do impacto referente à pressão sobre a infra-estrutura portuária (impacto nº 19). Foi ainda avaliado como de baixa magnitude e pequena importância, devido à existência de rotas alternativas, além da possibilidade de manutenção de algumas rotas, independente da presença da mancha.

18. Intensificação do tráfego aéreo

No caso da ocorrência de um derramamento acidental de grandes proporções, deverá haver um aumento significativo no número de viagens aéreas oriundas do e para o FPU P-53, em função do transporte de equipamentos e pessoal especializados e para retirada de trabalhadores, além da intensa

utilização de helicópteros para transporte de profissionais de comunicação (jornalistas), para noticiar o acidente.

Este efeito foi avaliado como direto, regional, temporário, reversível, de curto prazo e simples. Tendo em vista a boa infra-estrutura de transporte aéreo presente nas proximidades da região do Campo de Marlim Leste, com destaque para os heliportos de Macaé e Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro, este efeito foi avaliado como sendo de baixa magnitude e de pequena importância.

19. Pressão sobre a infra-estrutura portuária

De acordo com os dados obtidos na simulação, a mancha alcançaria a costa da Região Norte Fluminense e Região dos Lagos, com uma probabilidade superior a 10% em áreas específicas. Desta forma, a infra-estrutura portuária poderia sofrer interferências, na medida em que ocorrerem modificações de rotas de embarcações e potencial demanda de outros portos, diferentes dos usualmente utilizados. Esta alteração de itinerários poderá vir a ocasionar a sobrecarga de alguns portos. Entretanto, vale ressaltar que a probabilidade de chegar à costa é próxima a 10%, considerando um período de 30 dias, sem nenhuma medida de contenção efetuada. Há que se considerar o acionamento de medidas de contenção, o que diminui ainda mais a probabilidade desta mancha alcançar a costa e influenciar a rotina destes portos.

Por outro lado, no caso de um acidente de grandes proporções, os portos mais próximos do local do acidente deverão sofrer uma pressão adicional sobre sua infra-estrutura, em decorrência do afluxo das embarcações que irão participar das operações de contenção da mancha.

Este impacto potencial, que é induzido pelo efeito cumulativo do impacto de intensificação do tráfego marítimo, foi avaliado como indireto, regional, temporário, de curto prazo, reversível e simples. Devido ao número significativo de portos existentes no litoral próximo à área de abrangência, este efeito foi avaliado de baixa magnitude e pequena importância.

20. Pressão sobre a infra-estrutura de disposição final de resíduos

As atividades de contenção a serem adotadas em caso de derramamento de óleo gerarão volume significativo de resíduos sólidos e oleosos, os quais irão demandar a seleção de locais adequados para sua disposição final.

Este impacto foi avaliado como indireto, regional, temporário, de curto prazo, irreversível e simples, sendo considerado de média magnitude, devido, principalmente, ao volume de óleo que pode vir a ser lançado acidentalmente no mar. Além disso, considerando as condições da infra-estrutura de disposição final de resíduos oleosos, a pressão exercida pode ser significativa, podendo ser considerado um impacto de média importância.

21. Interferências com as aglomerações humanas situadas na trajetória da dispersão do óleo

Devido às atividades de perfuração e produção de óleo e gás, concentradas principalmente na bacia de Campos, esta região apresenta hoje uma grande quantidade de unidades fixas e flutuantes e uma intensa movimentação de embarcações que prestam apoio a essas atividades. A Figura II.5.4-2 (Mapa de Sensibilidade Ambiental), apresentada no item II.5.4 – Análise Integrada e Síntese da Qualidade Ambiental –, mostra a localização das UEPs em atividade na Bacia de Campos.

No caso de um vazamento de proporções catastróficas, como o que se apresenta no cenário de 78.915 m³, as unidades de perfuração e produção em atividade na área atingida pela pluma poderão ter sua rotina de atividades alterada. Especial atenção deverá ser dada a essas estruturas, conforme prevê o Plano de Emergência Individual, no sentido de evitar aproximação de óleo, ameaçando a segurança de seus operários e equipamentos. Nessa situação, trabalhos que utilizem eletricidade e soldas ou gerem calor, assim como trabalhos em espaços confinados ou áreas com ventilação inadequada poderão ser temporariamente interrompidos por questões de segurança, devido à presença de gases tóxicos, inflamáveis ou explosivos na região de dispersão da pluma.

Deverá ser mobilizado também um contingente responsável pela limpeza, reparo e substituição de algum tipo de material possivelmente afetado. Tais atividades poderão levar à necessidade de pessoal trabalhando além da borda das plataformas, acima d'água, sob mau tempo ou em outras condições que gerem um maior risco de acidentes.

Além disto, a utilização de pessoal nessas condições adversas acarreta um aumento na carga de trabalho individual. Esta sobrecarga, adicionada ao estresse inerente a situações de emergência, torna todos os funcionários mais suscetíveis a acidentes, mesmo que não estejam diretamente relacionados às ações de controle.

Deve-se considerar que, devido à probabilidade de alcance da pluma em áreas costeiras, a rotina da população ali concentrada poderá ser alterada. Suas atividades de lazer e algumas atividades econômicas deverão ser interrompidas temporariamente, além das questões já avaliadas no impacto nº 2, em relação à qualidade do ar. Destaca-se ainda que aspectos do cotidiano da população deverão sofrer interferências, dadas as manobras de combate exigidas para a contingência que podem abrigar espaços urbanos costeiros em alguns pontos da área de influência identificada pela simulação da dispersão da pluma em caso de acidentes com derramamento de óleo.

Tendo em vista estes fatores, este impacto foi considerado direto, extra-regional, temporário, reversível, de curto prazo e simples. A magnitude e importância deste impacto são consideradas alta e grande, respectivamente, devido à dimensão alcançada pela mancha de óleo em dispersão e especialmente pela probabilidade de toque em alguns pontos da costa.

Os resultados da avaliação dos impactos ambientais possivelmente decorrentes do derramamento acidental de óleo (cenário catastrófico), encontram-se sintetizados no Quadro II.6.2.6-1 e discutidos, de forma global, no item apresentado a seguir (Síntese Conclusiva).

II.6.2.6 - Síntese Conclusiva

A avaliação dos impactos potenciais para as atividades de produção e escoamento do FPU P-53, no Campo de Marlim Leste, foi feita com base em um evento acidental que envolve a perda de controle do poço por um período de 30

dias, conforme determinado pela Resolução CONAMA nº 293, sendo, neste caso, representada por um volume total de 78.915 m³ de óleo derramado. Ressalta-se ainda que as avaliações de impacto não consideraram qualquer ação de contingência do óleo derramado.

Conforme pode ser observado na matriz de avaliação de impactos potenciais, apresentada no Quadro II.6.2.6-1, em uma análise geral, pode-se observar que a magnitude e a importância dos impactos é variável no meio socioeconômico. Este fato, entretanto, não é observado quando é feita a análise de impactos incidentes sobre o meio físico-biótico, onde a maioria dos impactos foi considerada de alta magnitude, e todos de grande importância.

Os impactos identificados a partir de uma ocorrência acidental são invariavelmente de natureza negativa, por isso, este critério não foi selecionado para aparecer na matriz de avaliação de impactos potenciais. Entretanto, de um modo geral, apresentam-se como temporários e reversíveis, já que, uma vez cessada a fonte impactante, o ambiente tende a retornar às condições originais, em maior ou menor período de tempo, de acordo com a capacidade de resiliência do fator ou componente ambiental afetado. Esta avaliação decorre principalmente do fato de que a mancha de óleo formada, embora sofra dispersão para regiões distantes, deverá permanecer no oceano por um período de tempo relativamente curto.

Quadro II.6.2.6-1 - Matriz de Avaliação de Impactos Ambientais Potenciais do FPU P-53.

Nº	IMPACTO POTENCIAL	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO							
		INCIDÊNCIA	ABRANGÊNCIA ESPACIAL	PERMANÊNCIA	MOMENTO	REVERSIBILIDADE DE	CUMULATIVIDADE DE	MAGNITUDE	IMPORTÂNCIA
MEIO FÍSICO									
1	Alterações na qualidade da água	D	E	T	Cp	R	In	A	G
2	Alterações na qualidade do ar	D	E	T	Cp	R	In	A	G
3	Alterações na qualidade do sedimento	D	E	T	Cp	R	In	M	G
MEIO BIÓTICO									
4	Interferências com lagoas costeiras e áreas alagadas	D	Re	T	Cp	R	In	A	G
5	Interferências com áreas de restinga	D	Re	T	Cp	R	In	A	G
6	Interferências com áreas de manguezal e estuários	D	Re	T	Cp	R	In	A	G
7	Interferências com costões rochosos	D	Re	T	Cp	R	In	A	G
8	Interferências com praias arenosas	D	Re	T	Cp	R	In	A	G
9	Interferências com Unidades de Conservação	D	E	P	Cp	Ir	In	A	G
10	Alterações nas comunidades planctônicas	D/I	Re	T	Cp	R	In	M	G
11	Alterações nas comunidades bentônicas	D/I	E	T	Cp/Mp	R	In	A	G
12	Alterações nas comunidades nectônicas	D/I	E	T	Cp	R	In	A	G
13	Alterações nas comunidades de aves marinhas	D/I	E	T	Cp/Mp	R	S	A	G
14	Interferências com áreas de reprodução de aves marinhas, quelônios e recursos pesqueiros	D/I	E	T	Cp/Mp	R	In	A	G
MEIO SOCIOECONÔMICO									
15	Interferências com as atividades pesqueiras	I	E	T	Mp	R	S	A	G
16	Interferências com as atividades turísticas	D	E	T	Cp	R	S	A	G
17	Intensificação do tráfego marítimo	D	Re	T	Cp	R	In	B	P
18	Intensificação do tráfego aéreo	D	Re	T	Cp	R	S	B	P
19	Pressão sobre a infra-estrutura portuária	I	Re	T	Cp	R	S	B	P
20	Pressão sobre a infra-estrutura de disposição final de resíduos	I	Re	T	Cp	Ir	S	M	M
21	Interferências com aglomerações humanas situadas na trajetória da dispersão do óleo	D	E	T	Cp	R	S	A	G

LEGENDA

Incidência	Abrangência Espacial	Permanência	Momento	Reversibilidade	Cumulatividade	Magnitude	Importância
D = Direto	Re = Regional	T = Temporário	Cp = Curto-prazo	R = Reversível	S = Simples	A = Alta	G = Grande
I = Indireto	E = Extra-regional ou Estratégico	Pe = Permanente	Mp = Médio-prazo	Ir = Irreversível	In = Indutor	M = Média	M = Média
			Lp = Longo-prazo			B = Baixa	P = Pequena

Embora haja registros de grandes catástrofes relacionadas a derramamentos de óleo, este empreendimento reveste-se de uma peculiaridade essencial no que diz respeito à magnitude dos impactos ambientais possivelmente decorrentes de tal incidente, pois as simulações e avaliações não consideraram as ações de contenção, recolhimento e dispersão previstas no Plano de Emergência Individual para acidentes envolvendo derramamentos de óleo, conforme citado anteriormente. Este fator deve ser considerado, especialmente, na avaliação dos impactos nos componentes ambientais costeiros, uma vez que os resultados da modelagem realizada não permitem inferir sobre as características do óleo que chega à costa. No caso deste empreendimento, o toque se daria após um período mínimo de cerca de nove dias, sofrendo alterações físicas e químicas devido ao intemperismo natural.

Segundo FEMAR (2000), em geral, uma superfície de óleo não resulta em altos níveis de óleo dissolvido ou dispersado na coluna d'água e o seu impacto na vida marinha é grandemente restrito àqueles animais que vivem nas camadas superficiais da água ou na costa; por exemplo, aves e mamíferos marinhos podem ficar cobertos com óleo, quando este alcança a costa em grandes concentrações.

As principais relações entre os impactos do derramamento acidental sobre o meio físico-biótico podem ser visualizadas através da Figura II.6.2.6-1, a seguir. Observa-se que a presença do óleo na água afeta todos os compartimentos do ecossistema oceânico e nerítico. Neste contexto, destacam-se as comunidades planctônicas, por sustentarem todos os demais níveis tróficos nestes ambientes.

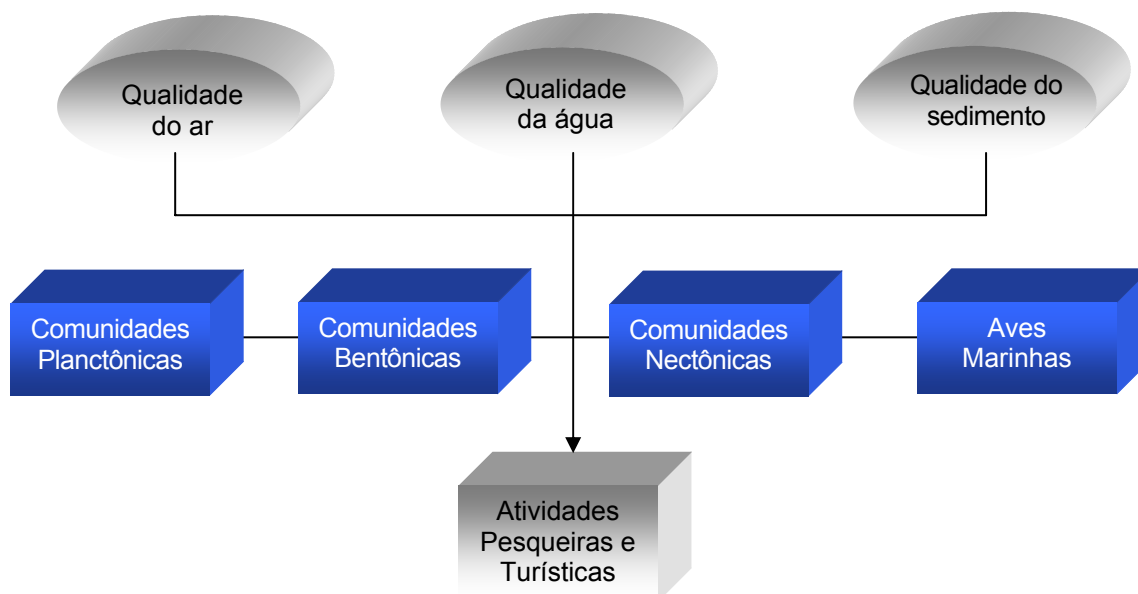


Figura II.6.2.6-1- Esquema ilustrativo das inter-relações entre os impactos do derramamento acidental de óleo no Campo de Marlim Leste, incidentes sobre o meio físico-biótico e nas atividades pesqueiras.

Ressaltam-se ainda as relações de indução refletidas nas análises dos impactos sobre os diferentes ecossistemas costeiros registrados para a área com probabilidade de ser atingida por um acidente de condições catastróficas. Isto se deve ao fato de que, uma vez afetado um determinado componente, todos os fatores ambientais inerentes ao mesmo serão também afetados.

Cabe destacar também, ainda em relação ao meio físico-biótico, que pode ser percebida uma influência desses impactos como um todo sobre as atividades pesqueiras e turísticas. Alterações nas comunidades bentônicas e nectônicas certamente interferem nas atividades pesqueiras. As atividades turísticas, porém, podem ser afetadas pelos diversos impactos sobre o meio físico-biótico de forma diferenciada e de difícil identificação. Pode-se presumir que serviços relacionados ao setor de turismo deverão ser afetados, principalmente os de alimentação e hospedagem. De forma semelhante, a questão da balneabilidade das praias e alterações nos serviços ligados a atividades de mergulho também poderão contribuir para a diminuição do afluxo e permanência de turistas nas regiões afetadas.

Na maior parte dos casos, a avaliação dos impactos indicou uma abrangência espacial extra-regional, já que os efeitos afetam, de um modo geral, um campo ambiental de importância coletiva ou nacional.

A descrição dos impactos ambientais possivelmente decorrentes do derramamento acidental no Campo de Marlim Leste, a partir das atividades do FPU P-53 revela que, para uma avaliação ambiental global, torna-se necessário analisar o balanço entre a questão da probabilidade e da magnitude e importância dos impactos em conjunto. Isto é, a descrição evidencia que as regiões mais sensíveis deverão ser atingidas com uma probabilidade menor do que regiões oceânicas. Por outro lado, a região oceânica, menos sensível e conseqüentemente menos importante⁴, certamente sofrerá os impactos do derramamento acidental, de forma mais intensa.

Todos esses fatores até aqui comentados são importantes, mas não suficientes para uma análise realista e equilibrada dos impactos ambientais do derramamento de óleo no mar. Torna-se importante também, no contexto desta avaliação, considerar as questões discutidas na Análise de Risco, especialmente no que se refere à análise histórica de acidentes e a conseqüente avaliação da frequência destes acidentes.

Estas informações permitem considerar que, embora a avaliação dos impactos decorrentes de um derramamento dessas proporções revele uma considerável interferência no meio ambiente, no contexto das hipóteses acidentais envolvendo derramamento de óleo identificadas na Análise de Riscos, tal evento trata-se de uma possibilidade altamente remota.

Por outro lado, no contexto mundial de derramamentos acidentais de óleo, pode-se constatar que a descarga de pior caso aqui considerada (78.915 m³) representaria um grande incidente. Porém, os incidentes que resultaram em derramamento das maiores descargas já reportadas ocorreram com navios transportadores, e não, com unidades de produção, como o FPU P-53.

O incidente mais grave envolvendo petroleiros ocorreu em 1979, com o *Atlantic Express*, na costa de Tobago (ITOPF, 1995), onde foram lançadas no mar 280.000 toneladas de óleo (<http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm>).

⁴ Com base nos critérios adotados para a presente avaliação, conforme apresentado no item II.6.2.1 Procedimentos metodológicos.

Conforme referido na Análise de Risco, de acordo com os dados apresentados no periódico *Offshore*, em setembro de 1989, constata-se que, após um pico de ocorrência de acidentes em plataformas móveis, verificado no biênio 1981/1982, o número de incidentes desta natureza vem decrescendo ao longo do tempo (dados referentes ao período de 1977 a 1988).

Além disso, segundo o estudo intitulado "Impact of Oil and Related Chemicals and Wastes on the Marine Environment", produzido pelo GESAMP e mencionado no "Marine Pollution Bulletin" (setembro, 1993), independentemente do volume derramado, o importante é que houve uma significativa redução da contaminação por óleo em escala global. Estimativas feitas em 1981 mostravam que 3,2 milhões de toneladas de óleo por ano entravam no ambiente marinho, sendo provenientes das mais diversas fontes, enquanto que, em estimativas mais recentes, feitas em 1990, esse valor foi bem menor: 2,35 milhões de toneladas.

Embora haja um verdadeiro dissenso em relação à contribuição do volume de óleo derramado por fonte poluidora, a maioria dos autores concorda com a porcentagem relativa de cada uma delas. A Figura II.6.2.6-2, a seguir, mostra essa participação média relativa de cada uma das fontes.

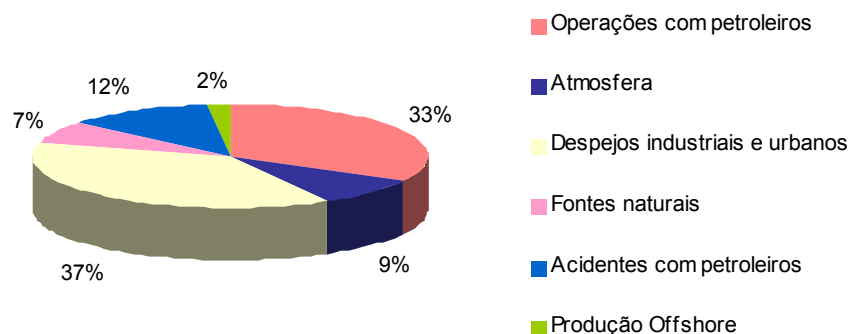


Figura II.6.2.6-2 - Contribuição relativa de óleo derramado no ambiente marinho, por fonte poluidora.

Fonte: <http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm> (modificado)

Nesta figura, merece destaque especial, para a presente análise, a reduzida participação relativa da poluição por óleo originada pelas atividades de produção *offshore*. Destaca-se ainda que entre 15 e 30% de todo o óleo despejado no Mar

do Norte, em 1990 (cerca de 19.080 toneladas), foi consequência de operações *offshore*. Desse total, apenas 7% foi causado por derramamentos acidentais (acidentes e explosões) (Nihoul & Ducroty, 1994 *apud* <http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm>).

Entretanto, deve-se ressaltar que a análise global dos impactos ambientais de derramamentos de óleo não considera as medidas de contenção previstas no Plano de Emergência Individual (PEI), sendo apresentada a avaliação ambiental do deslocamento da mancha em um cenário forçadamente crítico.

Apesar disso, grande importância deve ser dada ao planejamento de ações voltadas para a prevenção e remediação de incidentes desta natureza, qualquer que seja a sua dimensão, conforme apresentado no Plano de Emergência Individual. O Plano de Emergência Individual (PEI), elaborado para emergências envolvendo derramamentos de óleo oriundas da atividade de produção e escoamento do FPU P-53 no Campo de Marlim Leste foi elaborado sob responsabilidade da Petrobras a partir de um modelo previamente aprovado pelo órgão ambiental competente. O documento completo é apresentado na Seção II.8 deste EIA.