

8.8. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS RISCOS

8.8.1 Considerações Iniciais

Conforme mencionado no item 6.5 deste RAA, o correto dimensionamento e 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.

Tendo em vista a aplicação de uma metodologia mais adequada de avaliação ambiental dos efeitos decorrentes de um eventual derramamento de óleo, optou-se por descrever as interferências deste tipo de acidente sobre o meio ambiente de forma associada à análise de riscos da atividade, apresentada nos itens 8.1 a 8.6.

Assim, são apresentados, neste item, os principais aspectos relacionados ao derramamento acidental de óleo no mar, a partir do FPSO P-43, incluindo a descrição da modelagem de dispersão da pluma de óleo e a avaliação de suas repercussões no ambiente marinho.

8.8.2. Modelagem da dispersão do óleo

Para o estudo da modelagem da trajetória e transformações biogeoquímicas de um potencial acidente com óleo do sistema de produção do FPSO P-43, no campo de Barracuda, na Bacia de Campos, foi aplicado o sistema de modelos OILMAP (da *Applied Science Associates – ASA* - utilizado pela sua *joint-venture* brasileira – ASATM Brasil).

O modelo de trajetória e transformações prevê o transporte e a degradação do óleo a partir de derramamentos instantâneos e contínuos. As estimativas demonstram a localização e concentração do óleo de superfície e sub-superfície versus tempo. O modelo estima a variação temporal da cobertura de área, espessura da mancha, e viscosidade do óleo. O modelo também estima o balanço da massa de óleo ou a quantidade de óleo sobre a superfície do mar, na coluna de água, evaporado, na costa, e fora da área de estudo versus tempo. Os processos de transformações biogeoquímicas no modelo incluem dispersão, evaporação, entranhamento ou arrastamento, dispersão natural ou por suspensão e emulsificação. Em versão opcional, o OILMAP pode também calcular as interações do óleo com a camada de sedimentos, e no balanço de massa, a sedimentação associada a este processo. Uma descrição detalhada dos processos biogeoquímicos representados no modelo, bem como suas formulações matemáticas são apresentadas em ASA (1997).

As informações sobre o padrão de circulação na região foram obtidos do modelo POCM para o ano de 1992 e dados de vento medidos na Bacia de Campos. Todos os dados utilizados foram obtidos junto ao CENPES/PETROBRÁS.

Foram conduzidas simulações probabilísticas para determinar contornos de probabilidade da mancha atingir a área de influência da atividade, a partir do derramamento de 51.855 m³ (cenário crítico identificado na Análise de Risco apresentada anteriormente) nas coordenadas planejadas para o posicionamento da FPSO P-43.

Avaliações complementares aos resultados do modelo revelaram uma forte predominância do padrão de circulação na região na trajetória e destino da mancha simulados. As condições meteo-oceanográficas do campo de Barracuda e da própria Bacia de Campos são caracterizadas pela dinâmica associada à Corrente do Brasil e feições batimétricas, sendo estas mais atuantes na área sobre a plataforma continental. A estrutura e posicionamento de seus meandros e vórtices podem gerar situações de correntes locais mais ou menos intensas, com influência direta no transporte superficial resultante.

O objetivo principal deste trabalho é a modelagem da trajetória e transformações biogeoquímicas de um potencial derramamento de óleo nas coordenadas de instalação do FPSO P-43 no campo de Barracuda. Esta avaliação foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos computacionais conhecido como **OILMAP**, desenvolvido pela **Applied Sciences Associates (ASA)** dos EUA.

Para estudos de modelagem, como o realizado neste trabalho, são necessários:

- um conhecimento detalhado das características geomorfológicas do local (contornos da linha de costa e oceano),
- padrões de circulação local e em larga escala,
- séries temporais de vento de longa duração (preferencialmente de bóias *offshore* e/ou estação meteorológica costeira).

8.8.2.2. Formulação do modelo e dados de entrada

O sistema OILMAP, representando o estado-da-arte em sistemas de modelos para simulação de derramamento de óleo, foi utilizado neste estudo para previsão da trajetória e transformações biogeoquímicas de potenciais acidentes com petróleo na Bacia de Campos.

Primeiramente foi definida a área de estudo para o ponto de derramamento. Nesta área, foi definida um conjunto de duas grades computacionais, ou malhas com uma certa quantidade de blocos menores, sobreposta ao mapa digital da área de estudo. Uma grade define quais as células ou blocos correspondem a área de terra e quais a área de água, com a interface definindo a linha de costa. A linha de costa, por sua vez, é uma série de blocos que limita a extensão à qual a mancha de óleo pode se movimentar em uma determinada direção. A outra grade ou malha compreendendo apenas a região de água define o campo de circulação.

O conjunto de dados de entradas e parâmetros do modelo que definem um cenário são: ponto de derramamento, tipo de óleo, data, horário e duração do derramamento, campo de correntes, arquivo de dados meteorológicos, opções de saída, e parâmetros

de simulação. Os resultados de cada simulação correspondem então a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros.

O modelo de trajetória e transformações biogeoquímicas simula o transporte e a degradação do óleo a partir de derramamentos instantâneos ou contínuos. O modelo apresenta os resultados das simulações através da localização da mancha, concentração do óleo de superfície e subsuperfície ao longo do tempo. O sistema também calcula e apresenta graficamente o balanço de massa do óleo derramado, em termos da porcentagem de óleo na superfície, na coluna d'água, evaporado, na linha de costa, e fora do área de estudo.

A simulação se inicia no momento especificado pelo arquivo de entrada e quando a liberação do óleo começa, o modelo calcula a trajetória da mancha e transformações biogeoquímicas para cada ponto da grade. Estas transformações (por exemplo: evaporação e espalhamento) que o modelo simula, resultam em uma distribuição de massa sobre quanto deste óleo se move para os pontos de grades circundantes, o quanto adentra na coluna d'água e o quanto evapora. O modelo então calcula a quantidade de óleo em cada bloco e, quais as propriedades resultantes após as moléculas mais leves terem sido evaporadas e as mais pesadas terem adentrado na coluna d'água. O modelo repete estes cálculos para todos os pontos da grade em cada passo de tempo simulado. Os processos biogeoquímicos do óleo que eventualmente entra em contato com a linha de costa são calculados em função de quanto se prende à costa e quanto pode ser ressuspensão, caso as condições meteo-oceanográficas se alterem.

No modo probabilístico, como utilizado neste trabalho, o modelo pode ser aplicado para determinar as trajetórias mais prováveis para os derramamentos em bases mensais, sazonais, ou anuais. Os resultados deste tipo de simulação incluem mapas mostrando as probabilidades de contato com óleo em cada ponto da grade computacional, na linha de costa, e o tempo de deslocamento da mancha.

Em relação ao cálculo da vazão de escoamento do óleo derramado a partir do FPSO P-43, considerou-se nesta modelagem a situação acidental durante as operações de transferência do óleo para os navios aliviadores (*offloading*). O escoamento do óleo é feito em uma vazão de 6.833,33 m³/h sob uma pressão de 10,86 atm (11 bar) numa tubulação de 20". A partir destas informações e conforme apresentado na Análise de Risco (itens 8.1 a 8.6 deste RAA), estimou-se o esvaziamento total de dois tanques por ruptura de casco num acidente de albarroamento entre embarcações.

Em um cenário mais conservativo, admite-se que o volume dos dois tanques, 51.855 m³, seja escoado na sua totalidade por uma abertura no casco. Se fixarmos a abertura do casco com tamanho equivalente à área da seção da tubulação, ao se reduzir a pressão a 1/3 (3,62 atm), a vazão também reduz proporcionalmente a 2.277,78 m³/h. Logo, se fixarmos a vazão, e reduzirmos a pressão a 1 atm (pressão normal ao nível do mar) chega-se a uma abertura no casco equivalente a aproximadamente três vezes e meia ao diâmetro da tubulação (20"), cerca de 0,7094 m². Assim, o volume de 51.855 m³ levaria cerca de 23 horas para ser escoado, considerado nas simulações realizadas.

8.8.2.3. Área de Estudo

As simulações para um potencial acidente com óleo durante as atividades de produção do FPSO P-43 em Barracuda, foram realizadas a partir de 1 ponto de derrame (Figura 8.8.2-a), cujas coordenadas são as da locação prevista para o FPSO ($22^{\circ} 32' 57,9''\text{S}$ e $040^{\circ} 15' 41,4''\text{W}$) :

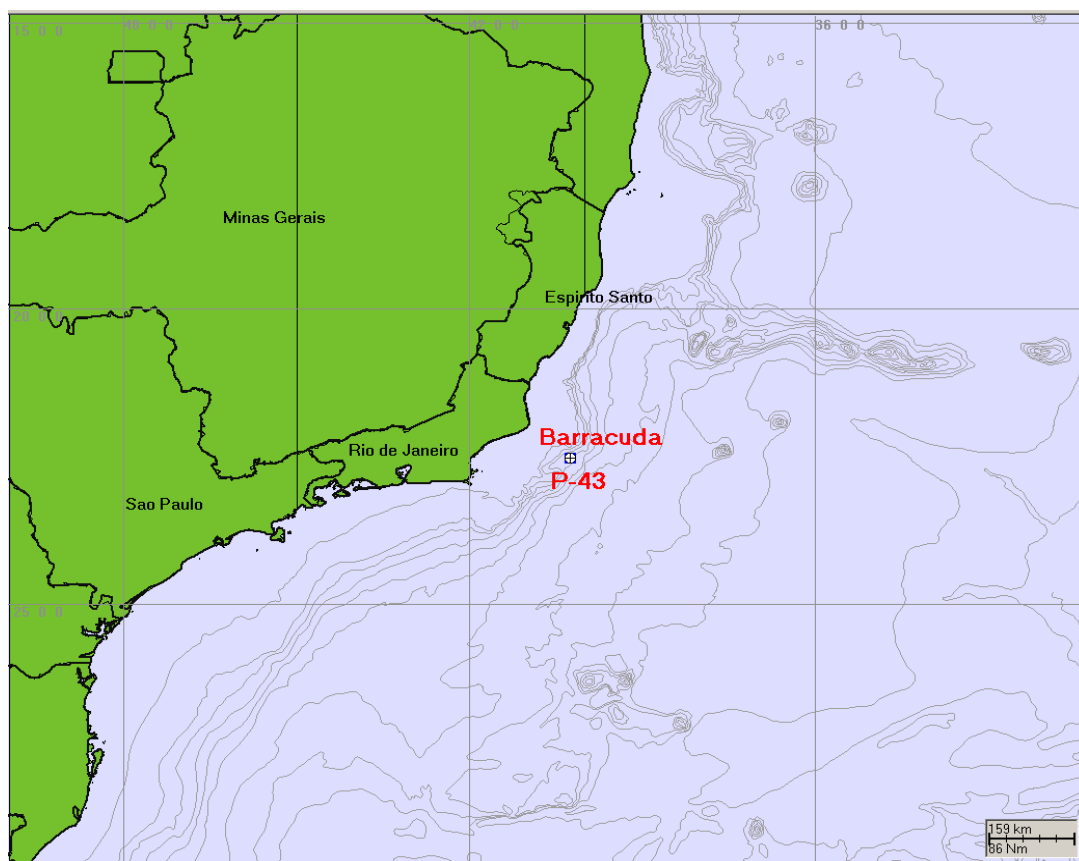


Figura 8.8.2-a– Região de Estudo, com o ponto do derramamento simulado.

Um aspecto bastante conhecido da circulação na região da borda da plataforma continental na Bacia de Campos, é o comportamento instável da Corrente do Brasil ao longo do ano, caracterizado particularmente pela formação de meandros e vórtices. O limite oeste desta corrente é geralmente caracterizado pela região de maior variação horizontal de temperatura e salinidade, gerada pelas diferenças termohalinas entre as águas da corrente do Brasil e as águas da plataforma continental. Vários autores já estudaram o campo de correntes na região, tais como Evans, *et al* (1983), Evans, *et al* (1985), Garfield (1990), Stramma *et al* (1990), Peterson *et al* (1991), Tommasi (1994) e Lima (1997).

Desta forma, a circulação oceânica nesta área da plataforma é alvo de um interesse científico particular devido às feições batimétricas. Parte significativa do fluxo da Corrente do Brasil (CB) passa através dos canais dos bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um deles flui afastado da costa, além da isóbata de 3000 m (Stramma *et al.*, 1990 *apud* Lima, 1997), enquanto o outro flui seguindo a linha da quebra da plataforma, onde se estende até o fundo, com uma significativa parte fluindo sobre a

plataforma externa, que algumas vezes localiza-se aquém da isóbata de 100 m (Signorini, 1978).

A circulação na camada superficial sobre a quebra da plataforma e no talude é caracterizada pelo fluxo da Corrente do Brasil para sul. Esta corrente representa o limite ocidental do giro subtropical do Atlântico Sul. Poucas medições de correntes foram feitas na CB. As primeiras medições diretas foram feitas por Evans & Signorini (1985), nas latitudes de 20° 30' S e 23°S, as quais apresentaram um fluxo confinado aos primeiros 400 m de profundidade, com uma contra-corrente no sentido norte abaixo destes 400 m iniciais. Na parte norte da área, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é para 180°, variando para 220° na região de Cabo Frio. Isto está altamente coerente com a variação da linha de costa (e das isóbatas). Esta mudança afeta significativamente a Corrente do Brasil, induzindo a formação de vórtices e meandros.

A componente que se desloca para sul cobre os primeiros 400 metros da coluna d'água, englobando a Água Tropical e grande parte da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). O volume estimado transportado pela Corrente do Brasil na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22° S é de $5,5 \pm 2,6$ Sv (Lima, 1997).

Imagens AVHRR, usadas por Garfield em 1990, parecem indicar um padrão de meandramento regular entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio, com a separação ocasional de vórtices ciclônicos (Lima, 1997).

Próximo ao Cabo de São Tomé (22°S), a CB parece ocupar a maior parte da plataforma durante o verão. Medidas diretas de corrente feitas por Harari *et al.* em 1993 mostram que a circulação sobre a plataforma interna próxima ao Cabo de São Tomé se dá predominantemente em direção ao sul no verão, alternando entre sudoeste e nordeste durante o inverno, com a magnitude média de 30 a 50 cm/s. Nos primeiros 100 metros da coluna d'água, a velocidade da corrente pode chegar a 1 m/s (Castro e Miranda, 1999).

A água que flui para sudoeste durante o verão é reforçada pelos ventos predominantes, que sopram principalmente de nordeste nesta estação, devido à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul. No inverno, entretanto, a alta incidência de sistemas frontais induz a ocorrência de correntes com direção nordeste nas porções interna e média da plataforma (Castro e Miranda, 1999). Outra consequência do predomínio dos ventos de NE é a ressurgência, fenômeno no qual a ACAS penetra sobre a plataforma, levando águas frias em direção à costa. Estes eventos são muito comuns na região costeira de Cabo Frio. Ventos fortes de sudoeste podem impedir a ocorrência do fenômeno nesta área, deslocando a massa fria ressurgida para as proximidades do Cabo de São Tomé, mais ao norte.

Para caracterização dos padrões de circulação nesta modelagem foram utilizados campos de velocidades gerados pelo modelo POCM (WOCE Parallel Ocean Climate Model) ajustado para modelar as correntes oceânicas da costa sudeste do Brasil. Os campos de velocidade foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) para o ano de 1992 com resultados a cada 3 dias, cobrindo a região oceânica compreendida entre as latitudes de 13° e 30° S, e as longitudes entre 30° e 50° W. O modelo POCM é um dos modelos desenvolvidos pela comunidade de

modelagem do WOCE¹. Maiores detalhes sobre o modelo podem ser encontrados na Internet no endereço: www.nps.navy.mil/~rtt/

Na Figura 8.8.2-b é apresentado um campo de velocidades típico observado nos resultados do modelo utilizado, onde se destaca o fluxo definido da Corrente do Brasil.

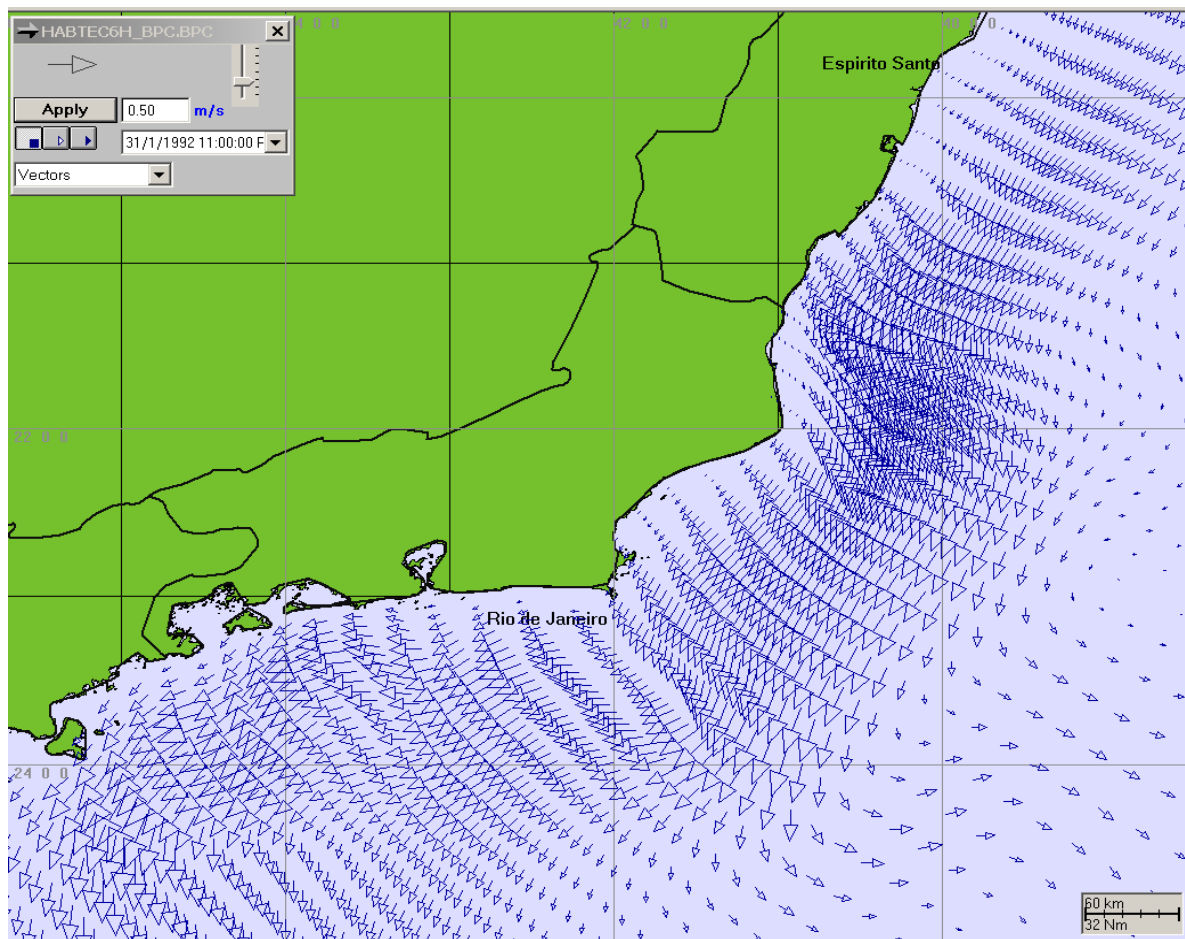


Figura 8.8.2-b – Exemplo ilustrativo de um campo de velocidades obtido com o modelo POCM para o ano de 1992.

Em relação aos dados de ventos, neste estudo foram utilizados dados medidos em uma bóia oceanográfica localizada na Bacia de Campos. Estes dados foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) para o ano de 1992, com intervalo de amostragem de 3 horas.

O Quadro 8.8.2-a apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento obtida para os dados fornecidos. Esta tabela demonstra que os ventos mais frequentes são de NNE (17,8%). Os ventos com velocidades médias máximas (9 m/s) sopraram de NNE e NE; e os ventos mais fortes registrados vieram de N e de SSE (19,3m/s). Observando-se a frequência conjunta, o vento mais comum soprou de NNE com velocidades variando entre 10 e 12 m/s.

¹ World Ocean Circulation Experiment

Quadro 8.8.2-a. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção de ventos.

Bacia de Campos (1992)																		
Ocorrência Conjunta de Intensidade (m/s) e Direção de vento																		
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Total	%
0,0 - 2,0	8	2	4	6	6	7	10	5	8	14	10	8	9	7	6	1	111	5
2,0 - 4,0	11	8	15	23	14	14	8	17	20	22	11	10	7	8	8	18	214	10
4,0 - 6,0	13	24	54	44	23	27	15	24	24	25	12	11	9	3	13	14	335	15
6,0 - 8,0	40	56	57	74	28	32	26	20	27	19	12	6	7	0	7	13	424	19
8,0 - 10,0	58	81	83	96	16	19	22	15	29	26	6	9	5	1	8	16	490	22
10,0 - 12,0	54	90	81	49	12	7	4	6	11	7	0	2	3	0	0	20	346	16
12,0 - 14,0	31	75	41	19	8	3	2	4	3	2	0	2	1	0	0	7	198	9
14,0 - 16,0	7	48	15	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	74	3
16,0 - 18,0	0	10	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
18,0 - 20,0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Total	225	394	355	311	110	109	88	92	122	116	51	48	41	19	42	89		
%	10.2	17.8	16	14.1	5	4.9	4	4.2	5.5	5.2	2.3	2.2	1.9	0.9	1.9	4		
V.Med.	9.2	9	9	6.9	7.9	6.8	8.1	8.6	6.9	7.8	4.9	6.9	6.9	4.5	4.9	7		
V.Max.	19.3	18	17.6	13.8	15.3	12.6	16.3	19.3	12.9	14.1	8.9	13.1	12.3	9.9	9.7	13.8		

Fonte: PETROBRAS/CENPES (1992).

8.8.2.4. Caracterização do óleo

As características do óleo produzido em Barracuda são apresentadas abaixo:

- API 25°
- Densidade: 0,9005 g/cm³
- Viscosidade Dinâmica: 78,11 mm²/s a 20°C

8.8.2.5. Descrição dos Cenários

Utilizando-se o OILMAP em modo probabilístico, é possível levar em consideração à variabilidade das forçantes ambientais. Neste modo, as simulações de derramamento foram realizadas através da variação aleatória do início do derramamento dentro do período para o qual se dispunha de dados de vento, conforme apresentado anteriormente. As múltiplas trajetórias foram então utilizadas para a produção de curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da grade computacional (área de estudo). Os resultados em forma gráfica são apresentados como contornos de probabilidade da presença de óleo na água, na costa, ou tempo de deslocamento da mancha decorrido após início do derramamento.

As simulações utilizaram os campos de velocidades obtidos através da modelagem (conforme descrito no item 8.8.2.3, representativos da Corrente do Brasil e das correntes Costeiras) e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992. Com base nestes resultados, foi definido como tempo de duração das simulações probabilísticas o período de 17 dias e 16 horas.

Para que se pudesse incorporar a variabilidade das forçantes meteo-oceanográficas, em cada cenário probabilístico foi realizada uma série de 200 simulações com o modelo OILMAP. A seguir são apresentadas as descrições dos cenários simulados para a posição definida para localização do FPSO P-43 (indicada na Figura 8.8.2-d).

❖ Cenários Probabilísticos

Cenário BC-P-43 (Verão) – Gerado a partir dos resultados do modelo OILMAP em modo estatístico. Foram efetuadas 200 simulações utilizando-se os campos de velocidades obtidos e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992. No modo estatístico, o modelo OILMAP simulou 200 acidentes, com o início do derramamento (ano, mês, hora, e minuto) determinado aleatoriamente entre os meses de Novembro e Fevereiro. Portanto, este é o cenário probabilístico de verão.

Cenário BC-P-43 (Inverno) – Gerado a partir dos resultados do modelo OILMAP em modo estatístico. Foram efetuadas 200 simulações utilizando-se os campos de velocidades obtidos e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

No modo estatístico, o modelo OILMAP simulou 200 acidentes, com o início do derramamento (ano, mês, hora, e minuto) determinado aleatoriamente entre os meses de Maio e Agosto, sendo este o cenário probabilístico de inverno.

❖ Cenários Determinísticos

A análise dos resultados das simulações probabilísticas permitiu identificar várias classes de derramamentos, incluindo os cenários críticos em caso de acidente. A seguir são apresentados os cenários mais críticos, ou seja, aqueles associados ao maior volume de óleo na costa ou à mancha mais próxima da costa.

Cenário BC-P-43 Verão (9-Nov-92) – Corresponde à simulação da trajetória e destino do óleo no caso de um potencial acidente de 51.855 m^3 , iniciado em 9 de Novembro de 1992. Este cenário, escolhido a partir das 200 simulações do OILMAP em modo estatístico para a condição de verão, corresponde ao acidente associado à menor distância da linha de costa. As simulações utilizaram os campos de velocidades obtidos através da modelagem e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

Cenário BC-P-43 Inverno (08-Jul-92) – Corresponde à simulação da trajetória e destino do óleo no caso de um potencial acidente de 51.855 m^3 , iniciado em 08 de Julho de 1992. Este cenário, escolhido a partir das 200 simulações do OILMAP em modo estatístico para a condição de inverno, corresponde ao acidente associado ao maior volume de óleo que atinge a costa. As simulações utilizaram os campos de velocidades obtidos através da modelagem e os dados de vento medidos na Bacia de Campos para o ano de 1992.

8.8.2.6 Resultados das Simulações

❖ Simulações Probabilísticas

O modelo OILMAP foi utilizado para simular cenários (descritos na seção anterior), produzindo as curvas de contorno, e demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da área de estudo. A Figura 8.8.2-d mostra os contornos de probabilidade para o Cenário BC-P-Verão. Conforme mostra a figura, para o caso da descarga de pior caso, a probabilidade da mancha chegar à Costa Brasileira é sempre inferior a 10%, mesmo nas condições extremas durante o inverno.

A Figura 8.8.2-d apresenta o contorno de probabilidade da presença de óleo para um derramamento acidental no Campo de Barracuda durante as atividades de produção do FPSO P-43. Conforme mostra a figura, mesmo para o cenário catastrófico de um derrame de 51.885 m³, a probabilidade da mancha chegar em águas costeiras é inferior a 1%, não tendo sido identificada qualquer probabilidade de toque na linha de costa.

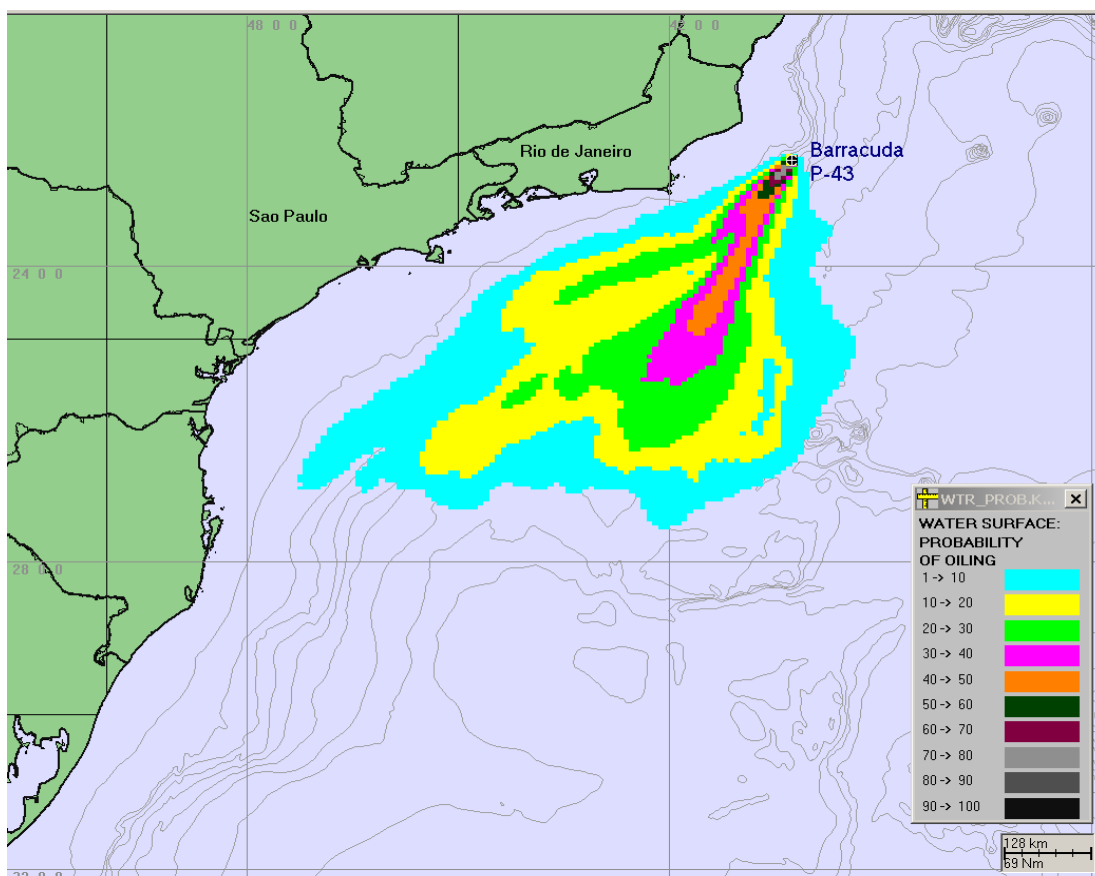


Figura 8.8.2-d – Cenário BC-P-43 Verão. Contorno de probabilidades para um acidente durante os meses de verão (Setembro a Fevereiro), considerando o Campo de Ventos e Circulação Oceânica.

A Figura 8.8.2-e apresenta o contorno de probabilidade para o cenário catastrófico de um derramamento de 51.885 m³ em condições de inverno no Campo de Barracuda durante as atividades do FPSO P-43. Mesmo nesta condição catastrófica, a mancha tende a seguir o padrão da Corrente do Brasil ao largo da plataforma continental, com

probabilidades inferiores a 10% na região costeira. O contorno de 20% de probabilidade (em amarelo), se estende até a região oceânica ao largo do Estado de São Paulo. Cabe ressaltar que estas simulações não levam em conta nenhuma ação emergencial de contenção, recolhimento ou dispersão da mancha.

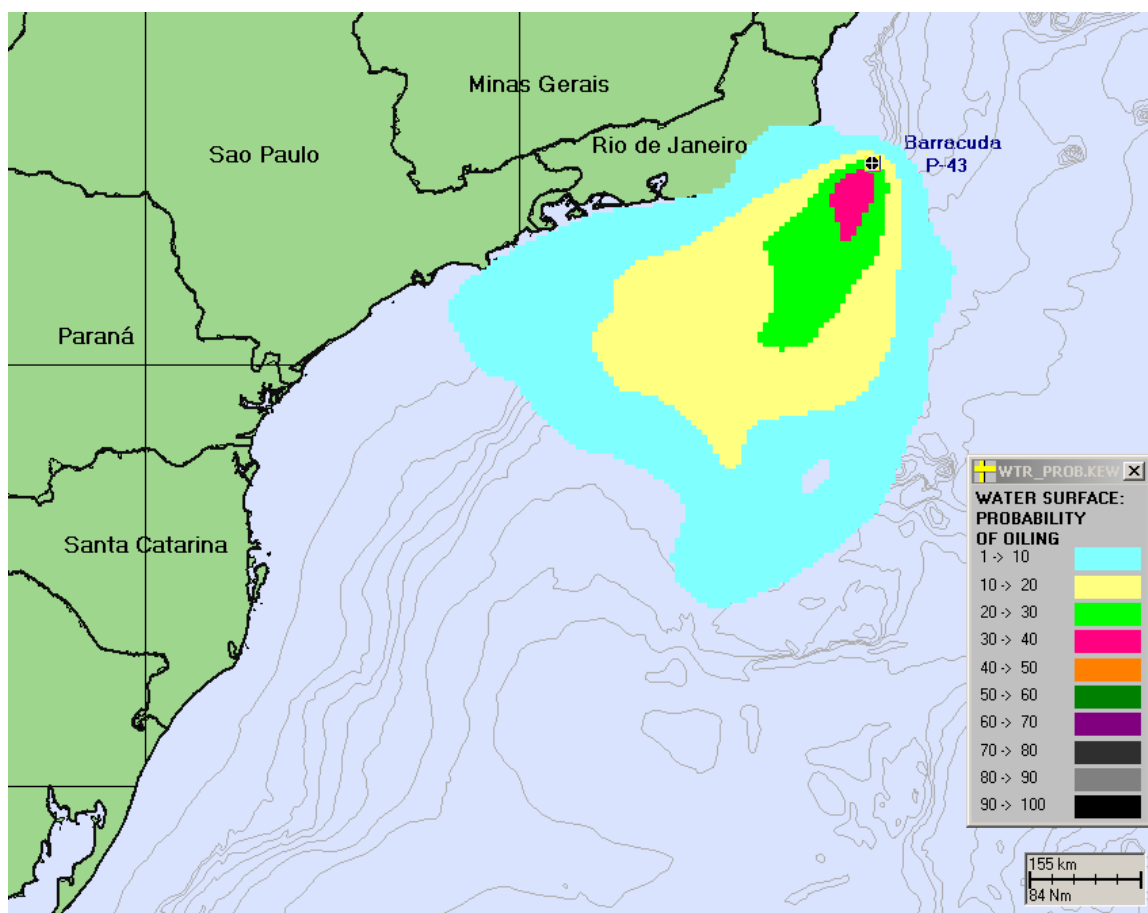


Figura 8.8.2-e Cenário BC-P-43 Inverno. Contorno de probabilidades para um acidente durante os meses de inverno (Março a Agosto), considerando o Campo de Ventos e Circulação Oceânica.

A Figura 8.8.2-f a seguir, apresenta o contorno de probabilidade de toque na linha de costa para um derramamento acidental no Campo de Barracuda durante as atividades do FPSO P-43. Conforme mostra a figura, mesmo para o cenário catastrófico de um derrame de 51.885 m³ em condições de inverno, a probabilidade da mancha chegar ao litoral do Rio de Janeiro e de São Paulo é sempre inferior a 10%. Observa-se que esta probabilidade de toque na costa não considera as ações previstas para recolhimento do óleo, conforme descrito no PEI (item 8.9 deste RAA), o que altera significativamente a dispersão do óleo, conforme apresentado no item 8.8.2.7.

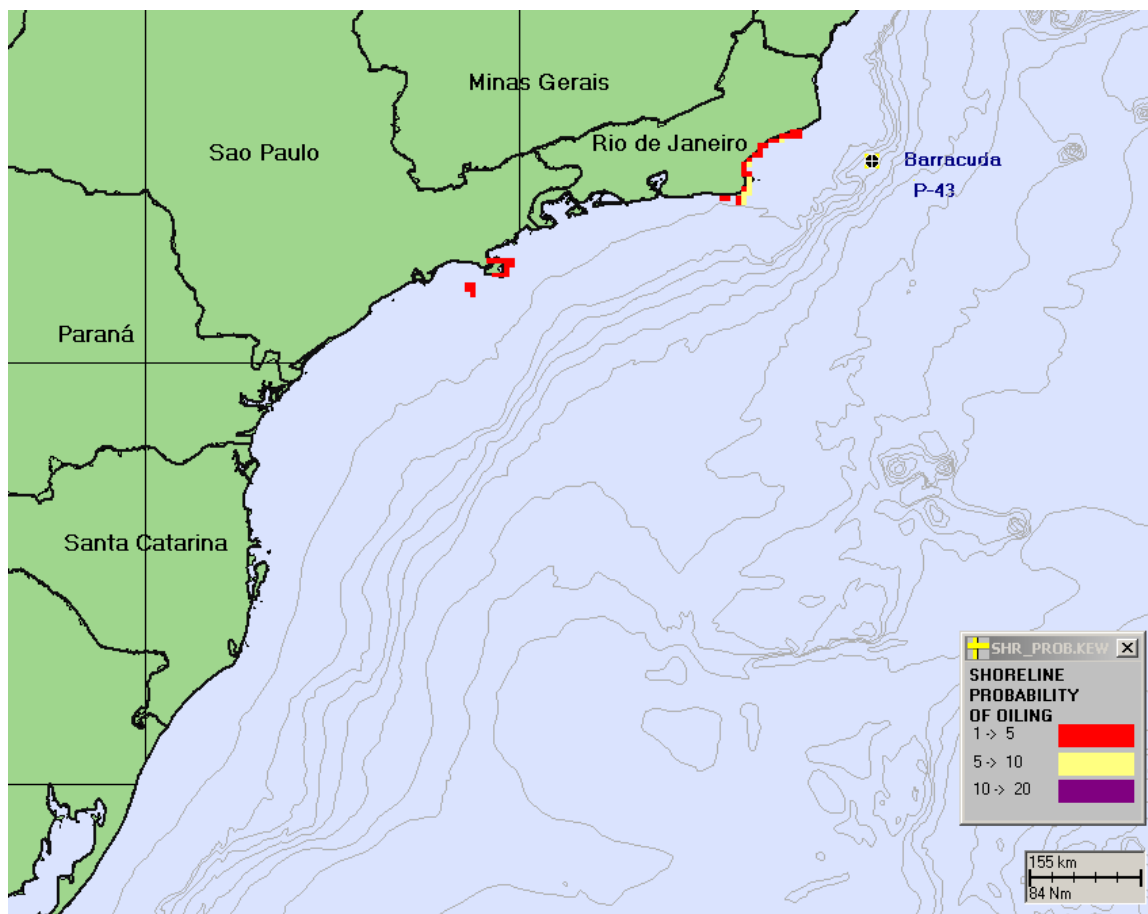


Figura 8.8.2-f. Cenário BC-P-43 Inverno. Contorno de probabilidades de toque na linha de costa no período de inverno, considerando os Campos de Corrente e de Ventos do período.

❖ Simulação de um Cenário Específico

Conforme descrito anteriormente, a análise do resultado das simulações probabilísticas permitiu identificar os vários padrões de derramamentos, incluindo os cenários prováveis em caso de acidente.

A Figura 8.8.2-g apresenta a trajetória da mancha ao longo de 6 dias e 10 horas, quando toda a mancha atinge espessura inferior a 0,05mm. Este cenário corresponde à simulação da trajetória e destino do óleo no caso de um potencial acidente de 51.855 m³, iniciado em 9 de Novembro de 1992.

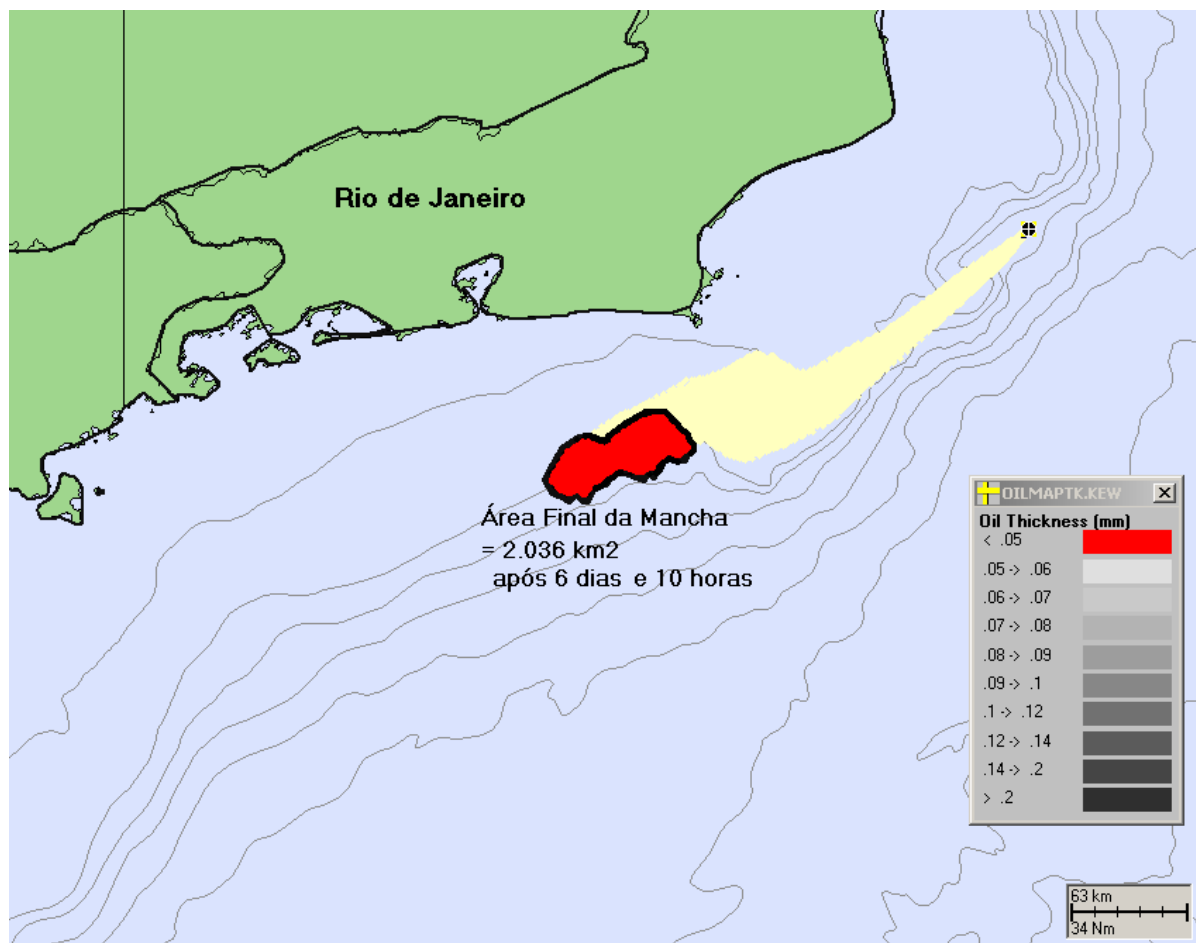


Figura 8.8.2-g - Bacia de Campos: Cenário BC-P-43_V(9-Nov-92). Trajetória da mancha ao longo de 6 dias e 10 horas, com a posição final da mancha de cerca de 2km² e espessura inferior à 0,05mm.

Para o cenário determinístico de inverno, a Figura 8.8.2-h apresenta a trajetória da mancha 24h após o derrame de 51.855 m³ no Campo de Barracuda. Entretanto, observa-se que este deslocamento não considera nenhuma ação emergencial de contenção, recolhimento ou dispersão da mancha, conforme apresentado no PEI, o que poderia alterar consideravelmente a trajetória da mancha.

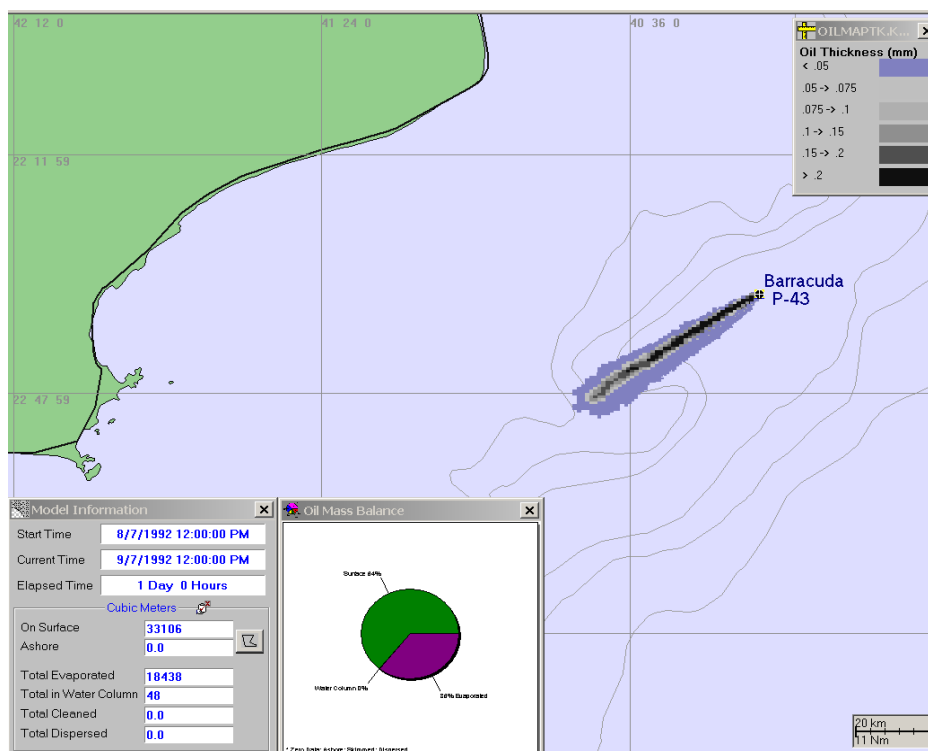


Figura 8.8.2-h. Bacia de Campos: Cenário BC-P-43 Inverno (08-Jul-92). Posição da mancha 24h após o derramamento de 51.855 m³ no Campo de Barracuda (P-43).

A Figura 8.8.2-i a seguir, apresenta a trajetória da mancha 6 dias após o acidente, onde cerca de 50% do óleo derramado já teria evaporado naturalmente, sem nenhuma ação externa de recolhimento ou dispersão da mancha.

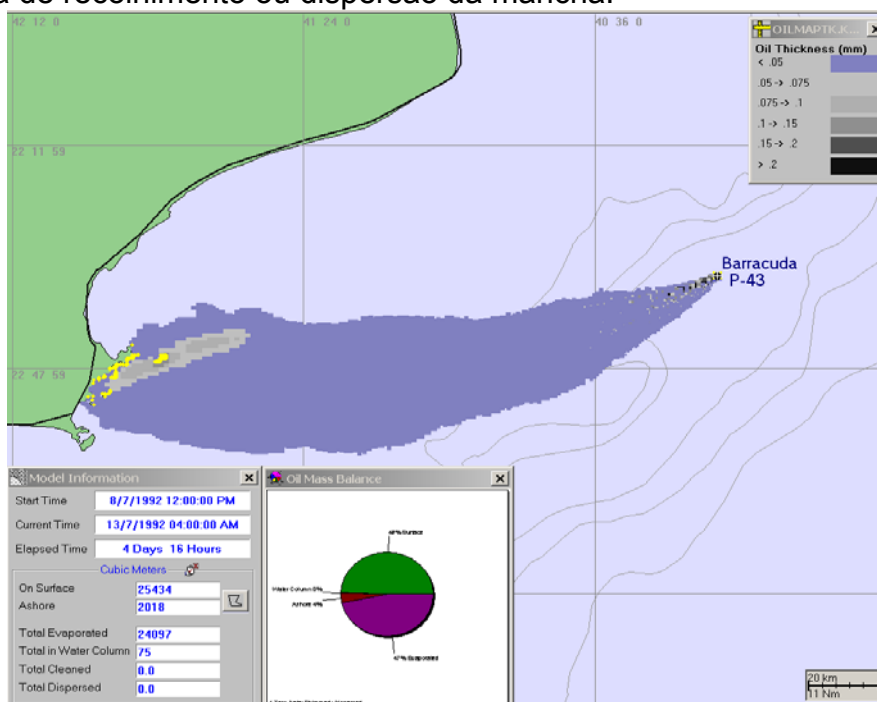


Figura 8.8.2-i. Cenário BC-P-43_I (08-Jul-92). Região da linha de costa atingida pela mancha 6 dias após o derrame de 51.855 m³ no Campo de Barracuda (FPSO P-43), quando cerca de 25.000 m³ do volume derramado já haviam evaporado.

Observa-se pela figura que a mancha alcança a costa na altura dos municípios de Cabo Frio e Búzios. Entretanto, a espessura da mancha é quase sempre próxima ao limite de detecção (0,05 mm), apenas com eventuais espessuras de até 0,1 mm. Ressalta-se que mesmo nesta condição, a probabilidade de toque na costa é inferior a 10%, conforme apresentado na Figura 8.8.2-e, apresentada anteriormente.

8.8.2.7. Conclusões

A análise dos resultados das simulações probabilísticas mostram que a tendência preferencial de deslocamento de um possível vazamento catastrófico de 51.855 m³ de óleo da P-43, que se dá ao longo da borda externa da Corrente do Brasil, reduz as probabilidades de contato da mancha com áreas da costa a valores inferiores a 1% no verão e inferiores a 10% no inverno, conforme apresentado nas Figuras 8.8. 2-d e 8.8. 2-e.

A abertura longitudinal dos campos de probabilidades no cenário de inverno, em comparação com a sua concentração ao longo da borda externa da Corrente do Brasil no verão, se dá em função da redução dos valores superficiais desta corrente, associadas às maiores seqüências de frequência e intensidade de ventos de octantes sul e sudoeste. As simulações determinísticas levaram em consideração os dois piores casos possíveis das 200 simulações realizadas:

- ➔ no caso das condições de verão, onde não há probabilidade expressiva (inferior a 1%), de contato da mancha com algum ponto da costa, foi considerada a simulação que indicou a menor distância de afastamento de um ponto da costa; e
- ➔ no caso de inverno, quando existe uma mínima probabilidade de contato (inferior a 10%), foi considerada a simulação que chegou a costa com a mancha que apresentava o maior volume de óleo, como pior situação simulada.

Nestas simulações podemos destacar os seguintes fatos:

1. Na condição de verão, a dinâmica do ambiente leva à aproximação da costa, sendo também responsável pelo espalhamento e dispersão da mancha, que chega a espessura limite de 0,05 mm em 6 dias e 10 horas;
2. Nas condição de inverno, o contato da mancha com a costa leva de 4 a 5 dias, sendo que o volume da mancha já terá sido reduzido em cerca de 50%, somente devido à evaporação, desconsiderando outros processos biogeoquímicos.

Da associação dos dois tipos de simulação, temos que os pontos na costa indicados na Figura 8.8.2-f, com probabilidade entre 5% e 10% de contato com óleo residual de um possível vazamento catastrófico, são os que apresentam a janela de 4 a 5 dias a partir da ocorrência deste evento. Estes pontos localizam-se na costa do Estado do Rio de Janeiro, entre Búzios e Cabo Frio. Os outros pontos indicados da costa do Estado, seriam atingidos em uma janela de tempo de 5 a 17 dias, sendo que os pontos indicados no Estado de São Paulo, num intervalo entre 15 e 17 dias.

Cabe ressaltar que em todas as simulações realizadas não foram consideradas as ações emergenciais previstas no Plano de Emergência Individual, que prevêem

respostas efetivas de contenção e recolhimento ao evento acidental, a partir de 2,4 horas (contenção mecânica) até 7,6 horas (aplicação de dispersantes) de sua ocorrência. A efetividade da estrutura proposta neste combate, bem como o curto intervalo de tempo de sua mobilização em função do envolvimento de embarcações localizadas na área e do apoio do CDA (Centro de Defesa Ambiental), localizado em de Macaé (RJ), permitem considerar um efetivo volume recolhido, associado as reduções causadas por fatores dinâmicos (dispersão mecânica) e naturais (evaporação).

As figuras 8.8.3-j e 8.8.3-k apresentam a localização da mancha após os intervalos de 2,4 e 7,6 horas após o evento acidental, nas simulações de inverno. Conforme apresentado no PEI, a área da mancha após 2,4h do derramamento é de aproximadamente 11 Km², e após 7,6h é de 61,7 Km².

Com isto, a probabilidade mais crítica determinada pelo modelo (inferior a 10%), de contato de algum volume residual do vazamento com a região costeira, pode ser considerada superestimada em função da realidade operacional da emergência do combate ao derramamento, prevista para as atividades no Campo de Barracuda, conforme previsto no PEI. Da mesma forma, com a redução do volume a ser disperso, as probabilidades de chegada da mancha em pontos da costa muito afastados são reduzidas, principalmente locais na costa do Estado de São Paulo, que teriam um intervalo de cerca de 15 dias até o efetivo contato (Figura 8.8. 2-f). Esta consideração é suportada pelo fato de que todo o volume simulado (51.855 m³) levaria cerca de 17 a 18 dias para chegar à espessura limite de 0,05 mm, considerada a espessura mínima detectável de óleo na água, conforme apresentado na Figura 8.8.2-l.

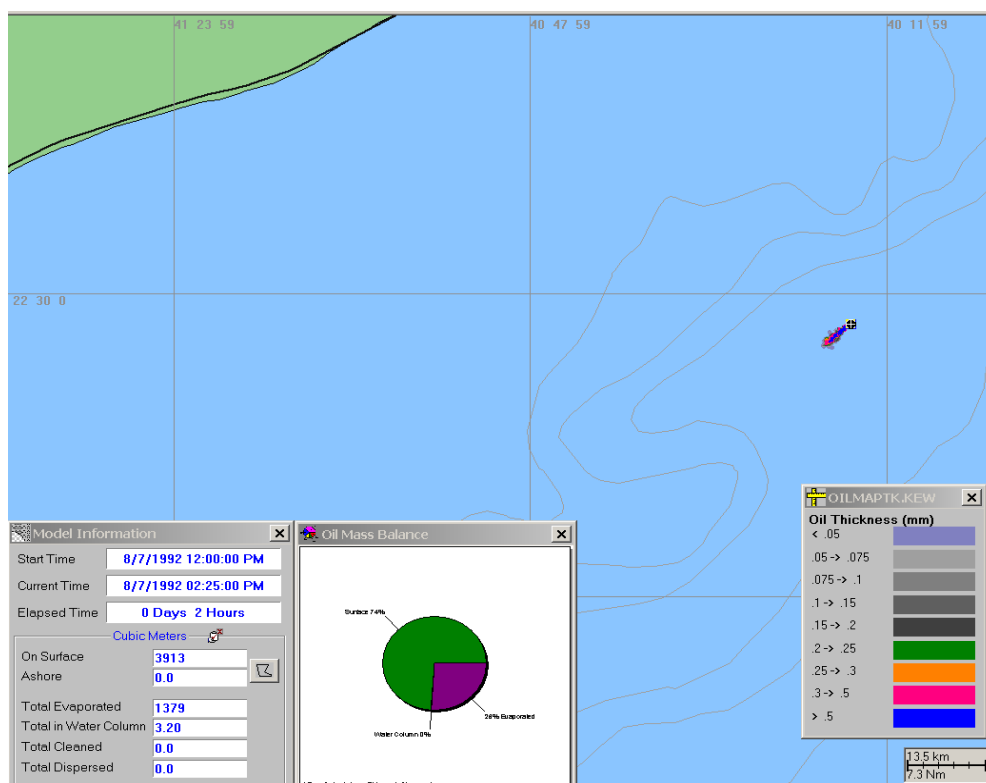


Figura 8.8.2-j. Trajetória da mancha de um potencial acidente com derrame de 51.855 m³ e duração de 2,4 horas, iniciado em 15 de Agosto de 1992 (inverno).

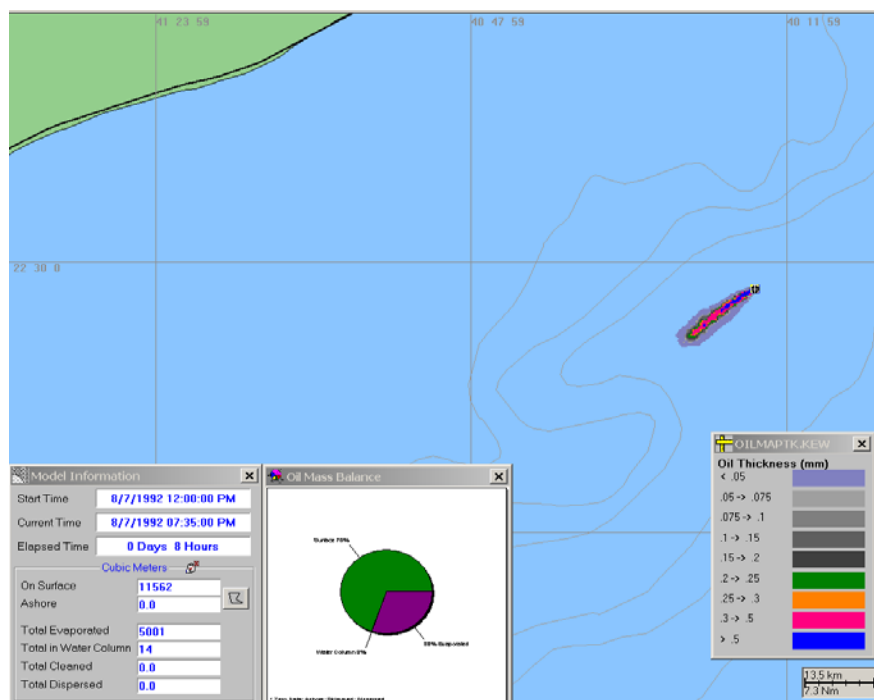


Figura 8.8.2-k. Trajetória da mancha de um potencial acidente com derrame de 51.855 m³ e duração de 7,6 h iniciado em 15 de Agosto de 1992 (inverno).

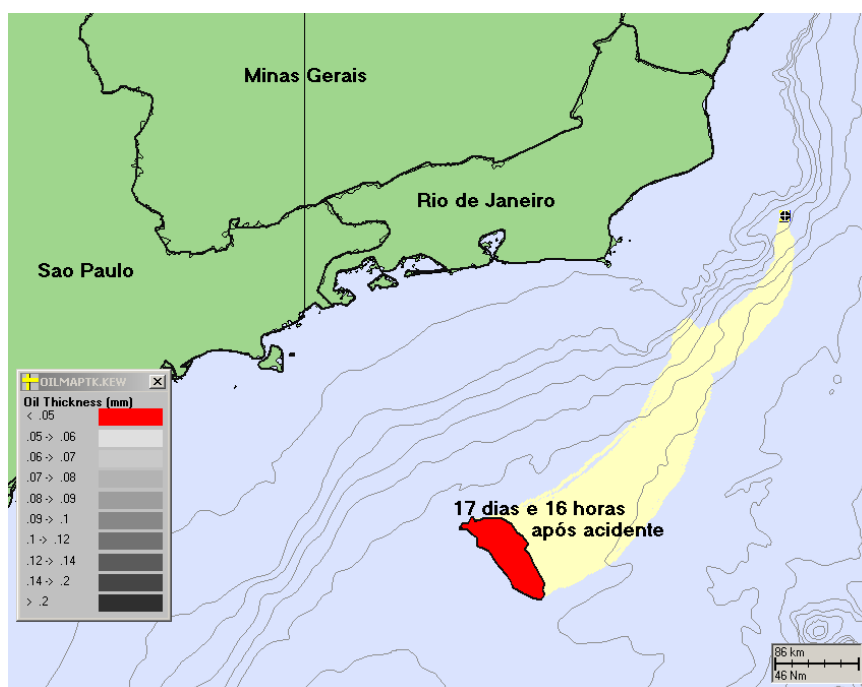


Figura 8.8.2-l . Trajetória da mancha de um potencial acidente com derrame de 51.855 m³ e duração de 23,6 horas, iniciado em 15 de Agosto de 1992 (inverno).

Desta forma, considerando-se as ações de contenção, recolhimento, dispersão previstas no PEI, o óleo derramado oriundo de um acidente durante as atividades do FPSO P-43 em Barracuda no cenário de pior caso (51.855 m³), alcançaria a costa na altura de Búzios e Cabo Frio com uma pequena probabilidade. Considerando-se ainda as efetivas ações emergenciais, estima-se que não existe probabilidade do óleo alcançar a costa em outros pontos do litoral, principalmente ao longo do Estado de São Paulo.

8.8.3. Efeitos ambientais do derramamento acidental de óleo

8.8.3.1 Procedimentos metodológicos

A metodologia adotada para a avaliação das repercussões ambientais dos eventos acidentais de derramamento de óleo no campo de Barracuda assemelha-se à adotada para a avaliação de impactos ambientais, porém com adequações associadas essencialmente à natureza das fontes geradoras dos impactos.

Inicialmente, é necessário esclarecer que, para efeito de uma melhor distinção entre os impactos decorrentes do desenvolvimento normal da atividade de produção e aqueles originados por derramamento de óleo, optou-se por adotar, convencionalmente, a expressão “impacto ambiental” apenas para a primeira situação, e “efeito ambiental”, para a segunda. Assim, este item se refere apenas aos efeitos ambientais decorrentes de possíveis derramamentos acidentais de óleo.

A avaliação dos impactos ambientais, apresentada no Capítulo 6 deste documento, trata essencialmente de ações planejadas, em sua maioria implementadas em um horizonte temporal relativamente longo (associado à longa duração do Projeto) e com um propósito definido. São ainda ações 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 derramamento de óleo, praticamente todos os efeitos ambientais decorrentes podem ser considerados negativos e reversíveis, embora em escala temporal variável. Além disso, quanto à sua natureza, um evento acidental de derramamento muitas vezes corresponde a uma representativa alteração ambiental em um curto intervalo de tempo.

Assim, para a avaliação dos efeitos ambientais do derramamento acidental de óleo foram adotados apenas os critérios indicados a seguir:

Incidência – de forma semelhante ao caso dos impactos ambientais, efeitos **diretos** decorrem diretamente da presença do óleo no ambiente marinho, enquanto que efeito **indireto**, por sua vez, é ocasionado por um efeito direto.

Duração – de acordo com este critério, foi considerado efeito de **curto prazo** aquele que cessa em um curto período de tempo após o derramamento, restrito a dias ou semanas. Efeitos de **médio prazo** permanecem algum tempo após o evento, podendo durar alguns meses, enquanto que efeitos de **longo prazo** persistem após longo tempo decorrido após o acidente. É importante ressaltar que este critério é essencialmente comparativo entre todos os efeitos identificados.

Abrangência espacial – os efeitos ambientais do derramamento foram considerados **regionais** quando se referem ao espaço geográfico em torno da mancha de dispersão

do óleo, uma vez que a abrangência espacial da própria mancha já pode ser considerada regional. Adotou-se ainda a classificação de efeitos **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 permitem uma avaliação da importância dos efeitos ambientais, independente das características do ambiente em que incidem. Já a avaliação quanto à sua magnitude tem por objetivo dimensionar o grau da alteração provocada no meio ambiente. Para a mensuração da magnitude dos efeitos ambientais, foi determinada uma escala qualitativa, em que os graus de alteração ambiental são avaliados como de ordem **baixa**, **média** ou **alta**, em função do grau de comprometimento do fator ou fatores ambientais afetados.

A avaliação global dos efeitos ambientais de situações de derramamento acidental 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. Assim, deve-se considerar que derramamentos envolvendo volumes reduzidos podem ser mais prejudiciais ao meio ambiente em virtude de sua relativamente alta probabilidade de ocorrência. Por outro lado, derramamentos de grandes volumes, apesar de provocarem alterações ambientais mais graves, podem não significar tanto no contexto da avaliação global dos efeitos ambientais dos acidentes.

Observa-se que o cenário crítico simulado considerou uma situação catastrófica, onde um volume de 51.855 m³ seria derramado no mar, sem nenhuma ação de contenção, recuperação ou dispersão mecânica deste óleo, conforme previsto no Plano de Emergência Individual (PEI), apresentado no item 8.9.

Na avaliação apresentada a seguir, optou-se por descrever apenas os efeitos ambientais do derramamento da descarga de pior caso, pelo simples fato de que, para esta situação, o próprio RAA 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 efeitos ambientais advindos de descargas diferentes deste volume, de modo geral, são, obviamente, proporcionais à sua severidade. Portanto, considerações a respeito das descargas pequena, média e grande foram tecidas apenas quando pertinente, tendo sido contempladas com maior ênfase na síntese da avaliação ambiental dos riscos, ao final deste item.

Tendo em vista todos esses fatores, descrevem-se a seguir os efeitos ambientais decorrentes dos acidentes envolvendo derramamento de óleo considerados relevantes, referentes à descarga de pior caso, os quais se encontram sintetizados no item Síntese Conclusiva (8.8.3.2-c) e na Matriz de Avaliação dos Efeitos Ambientais do Derramamento Acidental de Óleo (Quadro 8.8.2-a), apresentados em seguida.

8.8.3.2 Avaliação ambiental do derramamento

a. Considerações iniciais

Para a avaliação ambiental dos incidentes de derramamento, tornam-se necessários alguns esclarecimentos iniciais a respeito das características físico-químicas do óleo, bem como de seu comportamento no ambiente marinho, conforme descrito a seguir.

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:

- Saturados (alcanos ou parafinas)

São compostos alifáticos que freqüentemente respondem por uma grande fração dos componentes do óleo cru. São comuns na gasolina e vários outros combustíveis. Geralmente, os hidrocarbonetos leves (C_2 a C_5) são gasosos; aqueles com peso molecular intermediário, líquidos (C_6 a C_8); e os mais pesados, sólidos. Os alcanos podem ser considerados comparativamente inertes. Como exemplo, podem ser citados o metano, o etano, o propano, o butano e outros.

- Insaturados (olefinas)

São compostos insaturados dos quais os mais comuns são os alcenos. Constituem um grupo extremamente reativo. Embora sejam biologicamente metabolizados em grande quantidade, dificilmente são preservados na natureza. Não estão normalmente presentes no óleo cru, sendo normalmente derivados do refino.

- Aromáticos (arenos)

Os hidrocarbonetos aromáticos possuem em sua composição um anel de benzeno. Vários aromáticos foram identificados como carcinogênicos potenciais em animais de laboratório.

Há um consenso geral de que a toxicidade do óleo cru aumenta ao longo das séries de hidrocarbonetos. Assim, parafinas são menos tóxicas que olefinas, que, por sua vez, são menos tóxicas que os aromáticos.

A fim de se conhecer melhor a constituição do petróleo, o American Petroleum Institute (API) realizou análises em amostras de petróleo de diferentes origens, chegando às seguintes conclusões (Thomas *et al*, 2001):

- Todos os petróleos contêm substancialmente os mesmos hidrocarbonetos, em diferentes quantidades;
- A quantidade relativa de cada grupo de hidrocarbonetos presente varia muito de petróleo para petróleo;
- A quantidade relativa dos compostos individuais dentro de cada grupo de hidrocarbonetos, no entanto, é da mesma ordem de grandeza para diferentes tipos de óleos.

Grandes derramamentos ocorridos nas últimas décadas, como o do Amoco Cadiz (1978, na Grã-Bretanha), o do Exxon Valdez (1989, no Alaska) e o do Braer (1995, na Escócia), têm gerado inúmeros estudos a respeito das transformações e efeitos do óleo sobre o ecossistema marinho. Além disto, a própria comunidade científica e a indústria do petróleo têm empenhado esforços no sentido de contribuir para o melhor entendimento desta questão. Estes esforços resultaram na vasta bibliografia atualmente existente, que consolida uma base consistente de dados, nos quais se baseiam as informações apresentadas a seguir.

Segundo Patin (1999), complexos processos de transformação do óleo no ambiente marinho iniciam-se a partir dos primeiros segundos de contato entre o óleo e a água do mar. A progressão, duração e resultados destas transformações dependem das propriedades e composição do óleo, características do derramamento e condições ambientais. As principais características das transformações do óleo são o seu dinamismo, especialmente nos primeiros estágios, e a íntima interação entre os mecanismos físicos, químicos e biológicos de dispersão e degradação dos componentes do óleo até o seu completo desaparecimento como substâncias originais. De forma similar a um organismo vivo intoxicado, o ecossistema marinho destrói, metaboliza e deposita as quantidades excessivas de hidrocarbonetos, transformando-os em substâncias mais comuns e seguras.

- Transporte físico

A distribuição do óleo derramado na superfície da água do mar ocorre sob a influência de forças gravitacionais. Este processo é controlado pela viscosidade do óleo e pela tensão superficial da água.

Durante os primeiros dias depois do derramamento, uma parte considerável do óleo se transforma na fase gasosa. Além dos compostos voláteis, a mancha de óleo perde rapidamente hidrocarbonetos solúveis. O restante, a fração mais viscosa, permanece enquanto a mancha se espalha.

Alterações posteriores podem ocorrer sob o impacto combinado de fatores meteorológicos e hidrológicos, dependendo principalmente da força e direção dos ventos, ondas e correntes. Uma mancha de óleo normalmente se desloca na mesma direção dos ventos. Enquanto se torna menos espessa, especialmente após uma espessura crítica de 0,1 mm, a mancha começa a se desintegrar em fragmentos

individualizados que se espalham por áreas mais amplas e distantes. Tempestades e turbulência aceleram a dispersão da mancha e seus fragmentos. Uma parte considerável do óleo se dispersa na água em forma de gotículas que podem ser transportadas por longas distâncias a partir do local do derramamento.

- Dissolução

A maioria dos componentes do óleo é solúvel até um certo grau, especialmente os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos leves. Compostos polarizados formados como resultado da oxidação de algumas frações do óleo no ambiente marinho também se dissolvem na água do mar. Em relação à evaporação, a dissolução leva mais tempo para ocorrer. As condições hidrodinâmicas e físico-químicas na superfície da água afetam fortemente o desenvolvimento do processo.

- Emulsificação

A emulsificação do óleo no ambiente marinho depende primariamente da composição do óleo e do regime turbulento da água. As emulsões mais estáveis, como a água-em-óleo, contêm de 30 a 80% de água. Estas emulsões normalmente aparecem após fortes tempestades nas áreas de derramamentos de óleos pesados com um alto teor de frações não-voláteis. Podem persistir no ambiente marinho por mais de 100 dias na forma de uma peculiar “mousse de chocolate”. A estabilidade destas emulsões normalmente aumenta com a diminuição da temperatura.

As emulsões reversas, como as de óleo-em-água (gotículas de óleo em suspensão na água), são muito menos estáveis porque as forças de tensão superficial rapidamente decrescem com a dispersão do óleo. Este processo pode ser retardado com o auxílio de emulsificantes, substâncias com propriedades hidrofílicas usadas para eliminar derramamentos de óleo. Os emulsificantes auxiliam na estabilização de emulsões oleosas e promovem a formação de gotículas microscópicas e invisíveis a partir do óleo em dispersão. Este processo acelera a decomposição do óleo na coluna d'água.

- Oxidação e destruição

Transformações químicas do óleo na superfície da água e na coluna d'água começam a surgir pelo menos um dia após o óleo ter entrado no ambiente marinho. A natureza oxidante do óleo envolve reações fotoquímicas sob a influência de ondas ultravioletas do espectro solar. Estes processos são catalisados por alguns elementos-traço como o vanádio e é inibido por componentes de sulfato. O produto final da oxidação (hidroperóxidos, fenóis, ácidos carboxílicos, cetonas, aldeídos e outros) geralmente apresenta maior hidrossolubilidade. Pesquisas experimentais também demonstraram um aumento na toxicidade destes compostos (Izrael, Tsiban, 1988). As reações da foto-oxidação, em particular da fotólise, dão início à polimerização e decomposição das moléculas mais complexas dentre os componentes do óleo, levando ao aumento da viscosidade do óleo e promovendo a formação de agregados oleosos sólidos (GESAMP, 1977; 1993).

- Sedimentação

Cerca de 10 a 30% do óleo é absorvido pelas partículas em suspensão na coluna d'água e são depositados no fundo. Isto ocorre principalmente próximo a zona costeira e em águas rasas, onde o material particulado é mais abundante e a água, mais intensamente revolvida. Em águas profundas, distantes da costa, a sedimentação do óleo (exceto para as frações mais pesadas) é um processo extremamente lento.

Simultaneamente ao processo descrito acima, ocorre também o processo de biossedimentação. Espécies filtradoras do plâncton e outros organismos absorvem o óleo emulsificado, sedimentando o óleo no fundo a partir de produtos de seu metabolismo e de restos. As formas suspensas de óleo e seus componentes passam por intensa decomposição biológica e química (principalmente microbiana) na coluna d'água. Entretanto, esta situação se modifica assim que o óleo alcança o assoalho marinho. Diversos estudos de campo e experimentais demonstraram que a taxa de decomposição do óleo depositado no sedimento decresce abruptamente. O processo de oxidação diminui, especialmente sob condições anaeróbicas, geralmente associadas a este ambiente. As frações pesadas de óleo acumuladas dentro do sedimento podem ser preservadas por meses ou até anos.

- Degradação microbiana

O destino final da maioria das substâncias do petróleo no ambiente marinho tem sido definido a partir da transformação e da degradação inerentes à atividade microbiana. Cerca de uma centena de espécies conhecidas de bactérias e fungos são capazes de utilizar componentes de óleo para sustentar seu crescimento e metabolismo. Em áreas livres de componentes de petróleo, sua proporção geralmente não excede 0,1 a 1,0% da abundância total de comunidades de bactérias heterotróficas. Em áreas poluídas por óleo, esta proporção aumenta para 1,0 a 10,0% (Atlas, 1993 *apud* Patin, 1999).

O processo bioquímico da degradação do óleo com participação de microorganismos incluem diversos tipos de reações enzimáticas baseadas em oxigenase, dehidrogenase e hidrolases. Estas reações causam diversas transformações bioquímicas nos compostos aromáticos e alifáticos e em outras substâncias originais do óleo, além de transformar também produtos intermediários da degradação do óleo.

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 e naftênicas. 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.

- Agregação

Agregados de óleo na forma de borras de petróleo podem ser encontrados atualmente tanto em águas costeiras ou oceânicas, quantos nas praias. Estas substâncias derivam do óleo cru, após a evaporação e dissolução de suas frações mais leves, da emulsificação dos resíduos do óleo e da transformação química e microbiológica. A composição química destes agregados de óleo é extremamente mutante. Entretanto, geralmente inclui asfaltenos (>50%) e componentes de alto peso molecular das frações mais pesadas do óleo.

Os agregados de óleo são geralmente cinza claro, marrons, marrons escuros ou uma borra preta pegajosa. Sem apresentar uma forma específica, podem variar de tamanho entre 1 mm e 10 cm, podendo chegar a 50 cm. Sua superfície atua como substrato para o desenvolvimento de bactérias, algas unicelulares e outros microorganismos. Além disso, diversos invertebrados como gastrópodos, poliquetas e crustáceos, resistentes aos impactos do óleo, utilizam estes agregados como abrigo.

Agregados de óleo podem persistir por períodos que variam de um mês a um ano em águas abrigadas ou por vários anos no oceano aberto (Benzhitiski, 1980 *apud* Patin, 1999). Eles completam seu ciclo a partir de uma lenta degradação na coluna d'água, na costa (se foram levados pelas correntes) ou no fundo do mar (se perderem a capacidade de flutuar).

- Autopurificação

Como resultado do processo apresentado acima, o óleo no ambiente marinho perde rapidamente suas propriedades originais e se desintegra em frações de hidrocarbonetos. Estas frações possuem diferentes composições químicas e estruturas, e persistem em diferentes formas de migração. Após passar por diversas transformações, alcançam um equilíbrio termodinâmico com os parâmetros do ambiente. Seu conteúdo cai gradualmente como resultado da dispersão e da degradação. Eventualmente, os componentes originais e intermediários desaparecem, formando dióxido de carbono e água. Esta autopurificação do ambiente marinho acontece inevitavelmente, contanto que a carga de poluição não exceda determinados limites.

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. Dispersantes químicos têm sido usados extensivamente, porém oferecem maiores perigos à vida marinha. Sendo assim, é

necessário o uso moderado dessas substâncias para prevenir a mortalidade de organismos (Levinton, 1995).

b. Avaliação dos efeitos ambientais dos incidentes de derramamento

São descritas e avaliadas a seguir as principais repercussões ambientais decorrentes do derramamento accidental de óleo no mar a partir do FPSO P-43, considerando apenas a descarga de pior caso (51.855 m³).

❖ Alterações na qualidade da água

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 podem ser detectadas as maiores concentrações do óleo derramado.

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 avaliação precisa das alterações da qualidade da água. Isto quer dizer que, dependendo da época do ano, os efeitos podem ser mais ou menos intensos. Observa-se que a modelagem matemática realizada simulou diversos cenários, considerando as condições sazonais de inverno e verão.

Pode-se constatar, entretanto, que um pequeno percentual de hidrocarbonetos se dissolve na água (fração hidrossolúvel), concentrando-se principalmente nos primeiros metros da coluna d'água, que sofrem a ação de mistura por ventos. Estes hidrocarbonetos compreendem as frações mais leves, principalmente os aromáticos (benzeno, tolueno e etilbenzeno), que são compostos tóxicos.

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.

O óleo a ser produzido no campo de Barracuda (item 3.8.3 deste RAA) pode ser classificado como médio-leve. Segundo Thomas *et al.* (2001), este tipo de óleo apresenta de 50-70% de parafinas e 20% de naftênicos, e densidade e viscosidade maior dos que os óleos mais leves, sendo comum na Bacia de Campos. Possui baixo teor de hidrocarbonetos pesados, não tendo sido identificada a presença de H₂S.

Além desses fatores, é importante mencionar que, segundo a modelagem da dispersão do óleo, após 06 dias do derramamento, 50% do óleo já teria evaporado (item 8.8.2 deste documento).

Tendo em vista essas informações, este efeito pode ser avaliado como de incidência direta, extra-regional e de médio prazo, considerando também as transformações que o óleo deverá sofrer em contato com a água do mar. Sua magnitude foi considerada média, tendo em vista a dinâmica da região oceânica, que contribuirá decisivamente

para a atenuação deste efeito, além de não terem sido inseridas as ações emergenciais previstas no PEI.

❖ Alterações na qualidade do ar

Segundo os resultados da modelagem de dispersão do óleo realizada do cenário de inverno, no final de 06 dias após o derramamento, a mancha teria atingido a região de Cabo Frio, de acordo com o transporte originado pela ação dos ventos e correntes. Ao final desse tempo, cerca de 50% do óleo teria se evaporado.

Pode-se prever que, desde o primeiro instante do derramamento, começa a se formar uma pluma de vapor de hidrocarbonetos. Todavia, a concentração máxima da pluma ocorreria depois do final do incidente, quando todo o óleo estaria exposto ao tempo.

Dependendo das concentrações de hidrocarbonetos dessa pluma, poderia ser formada uma pluma de *smog* fotoquímico com a presença de altas concentrações daqueles 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 efeitos 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. Causa ainda danos aos vegetais e animais.

A degradação dos hidrocarbonetos conduz, além da formação de NO , NO_2 e O_3 , à formação de compostos carbonílicos (aldeídos), de cetonas, hidrocarbonílicos e dicarbonílicos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos (incluindo nitrato peroxiacila), ácidos inorgânicos e, na presença de SO_2 , de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

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.

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 (que é também um gás de efeito estufa), 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.

Em condições normais de clima, em 30 dias ocorre a passagem de pelo menos duas frentes frias pela região da Bacia de Campos, sendo que no verão, o tempo é perturbado mais frequentemente. Nos períodos em que há uma frente fria na região, os ventos de nordeste são modificados e podem desaparecer, cedendo lugar aos ventos de norte, e em outra fase, aos ventos de sudoeste. Somente nas horas finais da passagem da frente fria é que os ventos de sul e sudeste podem soprar de modo

significativo. Nesse caso, a pluma de *Smog* derivada da mancha de óleo poderia atingir o continente, entretanto, em concentrações muito baixas.

Este último fator reveste-se de extrema importância na avaliação do efeito do derramamento sobre a qualidade do ar, uma vez que os limites estabelecidos para as emissões de diversos poluentes atmosféricos estão intimamente relacionados à questão da saúde humana. Assim, observa-se que, embora os hidrocarbonetos lançados na atmosfera pela evaporação do óleo derramado possam sofrer transformações quimicamente importantes, a magnitude de seus efeitos poderia ser considerada média, tendo em vista sua dispersão na atmosfera e a ausência de populações humanas nas proximidades da região oceânica mais diretamente atingida pelo derramamento. Este efeito foi ainda considerado de incidência direta, de médio prazo e de abrangência extra-regional.

❖ Efeitos sobre a qualidade do sedimento

Conforme mencionado anteriormente, complexos processos de transformação no ambiente marinho começam a se desenvolver assim que óleo entra em contato com a água do mar. 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).

O óleo derramado no mar sofre uma série de processos, como transporte físico pelos ventos e correntes, dissolução das frações com baixo peso molecular e emulsificação de frações não-voláteis, como resultado do regime turbulento da água, oxidação e outras transformações químicas. Por fim, as frações mais pesadas sedimentam-se sobre o substrato.

A sedimentação do óleo se dá em função de sua adsorção ao material em suspensão na coluna d'água. Este processo ocorre principalmente na zona costeira, onde há maior disponibilidade de partículas e mistura vertical mais intensa, sendo menos importante em áreas profundas, afastadas da costa.

Ocorrem simultaneamente processos de biossedimentação, nos quais organismos filtradores absorvem o óleo emulsificado, depositando-os no fundo juntamente com seus metabólitos ou restos biológicos.

As formas suspensas do óleo sofrem intensa decomposição química e biológica. Entretanto, esta ação é dramaticamente reduzida quando o óleo atinge o fundo marinho, com a redução dos processos de oxidação. Ocorre, então, a acumulação de óleo nos sedimentos, onde o mesmo pode permanecer por anos.

O óleo também pode agregar-se na forma de agregados de alcatrão, resultantes dos processos físicos e químicos citados, formados por compostos de alto peso molecular das frações mais pesadas. Estes agregados podem existir por anos no oceano aberto, podendo acabar por sedimentar-se no fundo oceânico.

Conforme relatado para o caso do acidente com o petroleiro Braer (FEMAR, 2000), em longo prazo, as áreas mais importantes, em termos de contaminação, eram as bacias

sedimentares mais profundas, distantes centenas de quilômetros do local do derramamento.

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. Tais frações correspondem a um pequeno percentual do volume derramado, principalmente considerando as características do óleo a ser produzido em Barracuda, que possui baixo teor de pesados.

Assim, este efeito foi considerado de incidência direta, extra-regional, de longo prazo e baixa magnitude.

❖ Alterações nas comunidades planctônicas

Os efeitos do óleo no plâncton variam entre o fito, zoo e ictioplâncton. De forma geral, ocorre morte e sedimentação destes organismos ao entrarem em contato com o óleo, que se encontra mais concentrado na camada superficial.

A presença destes compostos na água causa um declínio substancial na produção fitoplanctônica. Seus componentes tóxicos impedem o funcionamento da membrana celular, prejudicando a absorção de nutrientes, vitaminas e elementos-traço necessários para a produção primária (Levinton, 1995). No Canal de São Sebastião (SP), onde funciona um terminal marítimo da PETROBRAS, foram encontradas células de algumas diatomáceas, como *Eucampia cornuta*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia* sp, *Proboscia alata* e *Rhizosolenia* sp, com deformação na valva celular (Gianesella *et al.*, 1999).

Para as microalgas situadas abaixo da camada superficial, mesmo que a coluna d'água esteja livre de substâncias tóxicas e com disponibilidade de nutrientes, pode ocorrer morte e queda do crescimento devido à limitação de luz. Neste caso, o óleo afetaria indiretamente os organismos ao bloquear a passagem de luz para a coluna d'água.

No zooplâncton, além do efeito direto do óleo por contato físico, entupimento dos aparatos respiratórios e alimentares e ingestão de compostos tóxicos, há a possibilidade de morte por ingestão de alimentos contaminados. Copépodos como *Paracalanus quasimodo* e *Temora stylifera* têm sido relatados como os mais sensíveis do zooplâncton (Gianesella *et al.*, 1999).

A sobrevivência e desenvolvimento do ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) são também afetados negativamente, sendo extremamente sensíveis à toxicidade química do óleo. Larvas de salmão do Pacífico apresentaram alta mortalidade e altas taxas de deformidade física quando expostas a concentrações entre 0,4 e 1,0 ppb de hidrocarbonetos aromáticos não-voláteis (Leighton, 2000).

Ressalta-se que variações no fitoplâncton afetam diretamente todos os demais componentes da cadeia alimentar marinha (i.e., pequenos crustáceos, moluscos e peixes), pois o fitoplâncton representa a base de todos os demais níveis tróficos. A alteração da penetração da luz, e, conseqüentemente, dos processos fotossintéticos do

fitoplâncton, gera conseqüências indiretas sobre toda a biota, uma vez que a produção primária sustenta a energia trófica do sistema oceânico (HABTEC, 2000).

O efeito do óleo nestes organismos varia de acordo com a quantidade derramada. No caso da descarga de pior caso, foi considerado de abrangência regional, incidência direta e/ou indireta, de curto prazo e de média magnitude, tendo em vista a dinâmica do ambiente oceânico e das próprias comunidades planctônicas.

❖ Alterações nas comunidades bentônicas

Os efeitos do óleo no bentos ocorrem por contato físico, entupimento de aparatos alimentares e respiratórios, perda de alimento e toxicidade química direta ou indireta. Invertebrados podem ser eliminados do sedimento contaminado durante muitos anos, desde que o óleo possa persistir no sedimento (Leighton, 2000). O óleo prejudica ainda a reprodução em invertebrados (Levinton, 1995).

O bentos de substrato inconsolidado é o mais atingido, pois geralmente os organismos são mais sensíveis. O acidente do Amoco Cadiz, na costa da Grã-Bretanha, causou devastação total de anfípodas, que demoraram a recolonizar a área afetada (Poggiale & Dauvin, 2001). Numa área localizada próximo a Santa Bárbara, Califórnia, foi observado aumento de nematódeos em sedimentos com hidrocarbonetos, em detrimento dos *taxa* maiores, como poliquetas, gamarídeos, oligoquetas e bivalves (Steichen *et al.*, 1996).

O acidente com o Florida, ao largo de Cape Cod, Massachusetts, onde os hidrocarbonetos aromáticos tóxicos constituíram 41% da concentração total de hidrocarbonetos, gerou efeitos devastadores no bentos com substituição de uma fauna diversa de moluscos e poliquetas por uma pobre, com poucas espécies (Levinton, 1995). O poliqueta *Capitella capitella* passou a dominar em substratos inconsolidados durante muitos anos. Substâncias tóxicas foram encontradas em mariscos mais que um ano após o derramamento, tornando seu consumo extremamente perigoso para o homem. A reprodução de mexilhões foi fortemente prejudicada.

Todos estes casos estão associados a áreas costeiras e/ou de recifes. Como a sedimentação do óleo em oceano aberto é extremamente lenta e pouco expressiva, este efeito foi considerado de baixa magnitude e extra-regional. Sua incidência pode ser direta e/ou indireta e de longo prazo, tendo em vista a possibilidade de permanência do óleo por longos períodos no sedimento.

❖ Alterações nas comunidades nectônicas

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são conhecidos por serem carcinogênicos para os mamíferos, sendo os maiores contaminantes em ambientes marinho-costeiros. Eles variam amplamente em termos de peso molecular e são adsorvidos a partículas sedimentares, devido às suas propriedades hidrofóbicas. Podem causar várias anormalidades no tecido de peixes, ou até mesmo câncer. Testes em laboratório acusaram indução de câncer em mamíferos e possibilidade de degradação dos HPAs por bactéria do sedimento. Porém, a taxa da degradação é muito mais baixa para formas com alto peso molecular (Leighton, 2000).

Os organismos nectônicos mais afetados pelo óleo são os mamíferos, conforme reportado nos acidentes do Exxon Valdez (Alaska) e Amoco Cadiz (costa da Grã-Bretanha). Peixes adultos são menos sensíveis e geralmente podem 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. O peixe também pode ser afetado pela alteração de recursos alimentares e do habitat, especialmente em áreas próximas à costa, estreitos e estuários (Leighton, 2000).

Na região de dispersão da pluma de derramamento de óleo, não foi observada a presença de ilhas ou qualquer outro tipo de ambiente propício ao estabelecimento de comunidades que incluam aves ou mamíferos que realizam isolamento térmico através da pele. Assim, nesta região, as comunidades nectônicas possivelmente afetadas pelos efeitos deste incidente seriam compostas basicamente de peixes, quelônios e cetáceos.

O efeito do óleo nestes organismos foi considerado regional, de incidência direta e/ou indireta e de médio prazo. Sua magnitude foi avaliada como média, tendo em vista a área a ser potencialmente atingida. Cabe ressaltar, entretanto, que, considerando a composição da fauna possivelmente afetada, os efeitos do óleo estariam relacionados principalmente à distribuição espacial dos organismos.

❖ Interferências com as atividades pesqueiras

No caso da ocorrência de um acidente de grandes proporções, poderão ocorrer interferências com a modalidade de pesca oceânica, já que a presença da mancha de óleo irá atuar diretamente sobre os estoques pesqueiros, influenciando, assim, indiretamente, na 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, inclusive, levar a mudanças nos pontos de desembarque do pescado, bem como significar uma redução no número de pescado capturado.

Este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, de médio prazo e de alta magnitude, devido, principalmente, à abrangência da área potencialmente passível de ser afetada, que se estende da região do campo de Barracuda até a área próxima ao município de Florianópolis (SC). Além disto, ressalta-se a grande interferência na atividade pesqueira na região costeira, na pequena probabilidade da mancha atingir a costa.

❖ Alterações nos ecossistemas costeiros

Conforme apresentado anteriormente, a probabilidade da mancha alcançar regiões costeiras seria sempre inferior a 10%, considerando que não haja nenhuma ação emergencial prevista no PEI.

Entretanto, de acordo com as simulações realizadas, a região costeira onde a mancha chegaria mais rapidamente (Figura 8.8.2-i) seria a região de Cabo Frio e Búzios, região com características oceanográficas importantes devido ao enriquecimento gerado pela ressurgência costeira que ocorre na região nos meses de verão (novembro a março). Com a ressurgência, há um aporte representativo de nitrato no local, aumentando a produção primária, que se reflete ao longo de toda a cadeia trófica. Em decorrência disto, a região é considerada de grande importância pesqueira, sustentada pela ocorrência sazonal da ACAS. Além disto, a presença ocasional desta massa d'água provoca mudanças na estrutura da comunidade. Quando o fenômeno ocorre, podem ser observadas mudanças qualitativas, com a ocorrência de muitas espécies bioindicadoras, como os copépodos *Calanus carinatus* e *Ctenocalanus vanus*, além das diatomáceas *Paralia sulcata* e *Diploneis bombus*.

Em relação à comunidade bentônica, do ponto de vista do número de espécies, pode-se considerar a região de Cabo Frio e Búzios uma das mais ricas do litoral brasileiro, pois constitui o limite biogeográfico de distribuição de espécies tropicais, subtropicais e temperadas. O elevado número de espécies algais para esta região também deve estar relacionado às condições hidrológicas bastante favoráveis condicionadas pelo fenômeno da ressurgência.

Com relação às comunidades nectônicas, pode-se constatar que a região de Cabo Frio e Búzios reúne um rico conjunto de espécies, configurando uma unidade biogeográfica de especial valor histórico e conservacionista, devido à incidência de endemismos. Merece destaque também as atividades pesqueiras da região, onde os estoques de peixes são bastante favorecidos pelo enriquecimento gerado pela ressurgência, tornando a área bastante piscosa.

Desta forma, devido às relevantes características da região, o efeito de um possível derramamento apresentaria um efeito direto, extra-regional, de médio prazo e de alta magnitude, o que exige um programa de monitoramento específico para esta área da costa, na eventualidade da mancha chegar à região mesmo após as medidas apresentadas no PEI.

❖ Interferências com as atividades turísticas

De acordo com as simulações realizadas, no caso da ocorrência de um derramamento acidental de óleo (descarga de pior caso), a mancha apresentaria uma probabilidade inferior a 10% de alcançar a região costeira de Cabo Frio e Búzios, importantes centros turísticos da região dos Lagos.

Além disto, a simples divulgação da existência de acidente com vazamento de óleo deverá implicar na diminuição do fluxo de turistas para outras regiões, e conseqüente perda de receitas das cidades litorâneas da Área de Influência de Risco, principalmente daquelas vinculadas às atividades de prestação de serviços e comércio.

Este efeito foi avaliado como direto, extra-regional, de curto prazo e de alta magnitude, devido à abrangência da área potencialmente passível de ser afetada e do interesse turístico da região a ser afetada, que se estende da região do campo de Barracuda até

a região próxima ao município de São Sebastião (SP), bem como à importância das receitas oriundas das atividades de turismo, na composição do montante de arrecadação de diversas cidades litorâneas.

❖ 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, 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, extra-regional, de curto prazo e de baixa magnitude, devido à existência de rotas alternativas, além da possibilidade de manutenção de algumas rotas, independente da presença da mancha.

❖ Intensificação do tráfego aéreo

No caso da ocorrência de um derramamento acidental destas proporções, deverá haver um aumento significativo no número de viagens aéreas oriundas e para o FPSO P-43, 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 indireto, extra-regional, de curto prazo e de baixa magnitude, devido à boa infra-estrutura de transporte aéreo presente nas proximidades da região do campo de Barracuda, com destaque para os heliportos de Macaé e Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro.

❖ Pressão sobre a infra-estrutura portuária

De acordo com os dados obtidos na simulação, a mancha alcançaria a região costeira de Cabo Frio e Búzios com uma probabilidade inferior a 10%. Desta forma, a infra-estrutura portuária poderá ser afetada em decorrência das possíveis modificações de rotas de embarcações, que poderão vir a demandar outros portos, que não os usualmente utilizados. Esta alteração de itinerários poderá vir a ocasionar a sobrecarga de alguns 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 fluxo das embarcações que irão participar das operações de contenção da mancha.

Este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, de curto prazo e de baixa magnitude, devido ao número significativo de portos existentes no litoral próximo à área de abrangência deste efeito.

❖ Pressão sobre a infra-estrutura de disposição final de resíduos

A simulação efetuada para a ocorrência de derramamento acidental considerou que podem ser lançados ao mar, durante o vazamento, até 51.855 m³ de óleo. Assim, caso haja um derramamento de grandes proporções, em decorrência das atividades de contenção a serem adotadas, será gerado um volume bastante significativo de resíduos sólidos e oleosos. Estes resíduos irão demandar a seleção de locais adequados para sua disposição final.

Este efeito foi avaliado como indireto, extra-regional, de curto prazo e de média magnitude, devido, principalmente, ao volume de óleo que pode vir a ser lançado acidentalmente no mar.

❖ Pressão sobre a infra-estrutura de serviços

A ocorrência de um acidente de grandes proporções irá demandar, em um primeiro momento, a contratação de empresas especializadas ou a alocação de recursos para a contenção do óleo lançado ao mar, conforme previsto no Plano de Emergência Individual. Posteriormente, terão que ser contratadas firmas e/ou universidades, para o desenvolvimento de programas de monitoramento ambiental das consequências do derramamento sobre o ecossistema marinho. Ambas as atividades irão significar o emprego de diversos profissionais altamente capacitados.

Este efeito, ao contrário de todos os demais, foi avaliado como positivo, indireto, estratégico, de longo prazo e de média magnitude, devido ao volume de serviços a serem contratados e de informações sobre o ecossistema marinho brasileiro a serem geradas.

❖ Interferências com as plataformas situadas na trajetória da dispersão do óleo

Devido às atividades de perfuração e produção de óleo e gás na Bacia de Campos, esta região apresenta hoje uma grande concentração de unidades fixas e flutuantes e uma intensa movimentação de embarcações que prestam apoio a essas atividades.

A região abriga atualmente 14 plataformas fixas de produção, 17 plataformas flutuantes de produção, 11 FPSOs, 34 plataformas móveis de perfuração e completação, 3 navios cisterna, 10 navios especiais (lançamento de linhas, manuseio de âncora etc.) e outras 15 embarcações (Portos e Navios, 2002).

No caso de um vazamento destas proporções, 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 (item 8.9), no sentido de evitar que o óleo delas se aproxime e ameace a segurança de seus equipamentos e operários.

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 leva a um aumento na carga de trabalho individual. Esta sobrecarga, adicionada ao estresse inerente a situações de emergência, torna todos os funcionários mais susceptíveis a acidentes, mesmo que não estejam diretamente relacionados às ações de controle.

Tendo em vista estes fatores, este efeito foi considerado direto, regional, de curto prazo e de média magnitude, considerando que, de acordo com as informações apresentadas no PEI (item 8.9), encontram-se na trajetória da pluma apenas as seguintes unidades: P-38 (produção, em Marlim Sul), P-48 (produção, a ser instalada em Caratinga), P-10 e P-17 (perfuração), P-15 (apoio e escoamento em Piraúna), P-8 e P21 (produção, em Marimbá) e FPSO Espadarte (produção, campo de Espadarte).

Os resultados da avaliação dos efeitos ambientais possivelmente decorrentes do derramamento acidental de óleo, referente à descarga de pior caso, encontram-se sintetizados no Quadro 8.8.3-a e discutidos, de forma global, no item apresentado a seguir (Síntese Conclusiva).

c. Síntese Conclusiva

Através da análise geral da Matriz de Avaliação dos Efeitos Ambientais do Derramamento Acidental de Óleo (Quadro 8.8.3-a), pode-se constatar que a maioria das repercussões ambientais identificadas foi considerada de média magnitude, apesar do grande volume (51.855 m³). 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. Entretanto, se consideramos que o derramamento apresenta uma probabilidade inferior a 10% de chegar na costa, pode-se identificar repercussões de alta magnitude, principalmente sobre a região costeira de Cabo Frio e Búzios, além do efeito representativo sobre a atividade turística na região.

Embora haja registros de grandes catástrofes relacionadas a derramamentos de óleo, conforme mencionado em diversos itens deste RAA, o caso do campo de Barracuda reveste-se de uma peculiaridade essencial no que diz respeito à magnitude dos efeitos ambientais possivelmente decorrentes de tal incidente, pois as simulações não consideraram as ações de contenção, recolhimento e dispersão previstas no Plano de Emergência Individual para acidentes envolvendo derramamentos de óleo do FPSO P-43.

Entretanto, mesmo na eventualidade da mancha alcançar a região costeira, deve-se ressaltar que a espessura da mancha será sempre inferior a 0,1mm, sendo na maioria dos pontos tocados na costa inferior a 0,05 mm (limite de detecção de espessuras de óleo).

Por outro lado, 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, o que não ocorre no caso de Barracuda mesmo considerando o cenário mais crítico simulado. O impacto dos derramamentos que ficam na superfície do mar, em peixes e moluscos que habitam as camadas intermediárias e mais profundas da coluna d'água, é geralmente limitado à acumulação de pequenas quantidades de óleo em seu tecido, que podem afetar sua capacidade de comercialização como fonte de alimentação humana, mas que tem mostrado não ter efeitos de longo prazo.

A maior parte dos efeitos incidentes sobre o meio físico-biótico foi considerada de incidência direta, enquanto que, para o meio socioeconômico, o contrário pode ser observado, com exceção dos incidentes relacionados à região costeira, principalmente pesca e turismo.

Quanto à abrangência espacial, os efeitos possivelmente decorrentes do derramamento que incidem sobre o meio físico-biótico foram considerados regionais, enquanto que a abrangência espacial da maioria dos efeitos sobre o meio socioeconômico é de difícil delimitação, principalmente no que se refere à repercussão sobre a infra-estrutura portuária e de serviços.

INSERIR MATRIZ – Quadro 8.8.3-a

Nesse contexto, a Figura 8.8.3-a, a seguir apresenta a síntese das características ambientais da região possivelmente afetada pelo derramamento de óleo durante as atividades de produção do FPSO P-43.

A figura mostra que a região oceânica atingida por um potencial derramamento compreende áreas sobre o talude e plataforma continental ao largo da costa brasileira entre os municípios de Macaé (RJ) e São Sebastião (SP), além de tocar a costa em alguns pontos do litoral dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Conforme descrito no Diagnóstico Ambiental (Capítulo 5), na região oceânica, registra-se a presença de diversas espécies de peixes de interesse comercial, como atuns, bonitos, serras, cavalas, tainhas e sardinhas. Já a região costeira apresenta relevante importância ambiental, principalmente devido ao enriquecimento gerado pela ressurgência costeira que ocorre na região nos meses de verão.

No que se refere à fauna de quelônios, essa área é de alta relevância na medida em que são registradas rotas migratórias e áreas de desova das espécies *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea* e *Dermochelys coriacea*. São observadas ainda rotas de migração de cetáceos entre áreas de reprodução, mais ao norte, e áreas de alimentação, mais ao sul, principalmente das baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e franca (*Eubalena australis*).

Todos esses fatores até aqui comentados são importantes, mas não suficientes para uma análise realista e equilibrada dos efeitos ambientais do derramamento de tal volume de óleo na região costeira. Desta forma, destaca-se a importância de, na eventualidade de um derramamento alcançar a costa, realizar um Programa de Monitoramento Ambiental específico para acompanhar as alterações ambientais na região de Cabo Frio e Búzios.

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

Por outro lado, no contexto mundial de derramamentos acidentais de óleo, pode-se constatar que a descarga de pior caso no campo de Barracuda representaria um dos maiores incidentes relatados na história. Porém, os acidentes que resultaram em derramamento das maiores descargas já reportados ocorreram com navios transportadores, e não, com unidades de produção, como o FPSO P-43.

INSERIR MAPA DE VULNERABILIDADE – Figura 8.8.3-a

(mapa de sensibilidade com a pluma). Em finalização

O incidente mais grave envolvendo FPSOs 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>).

Conforme referido no item 8.3.2 da 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 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 8.8.3-b, a seguir, mostra essa participação média relativa de cada uma das fontes.

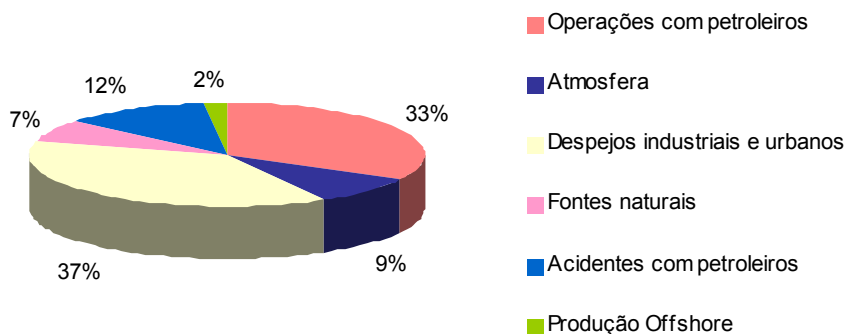


Figura 8.8.3-b: Contribuição relativa de óleo derramado no ambiente marinho, por fonte poluidora.

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*. Por outro lado, operações e acidentes com petroleiros, juntos, respondem por 45% do total, indicando a necessidade de atenção especial às operações de transferência a serem realizadas no campo de Barracuda.

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 e Ducroty, 1994 *apud* <http://www.sivamar.org/pesquisa/polho1.htm>).

Entretanto, deve-se ressaltar que a análise global dos efeitos ambientais da descarga de pior caso 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.

Entretanto, a análise global permite considerar o derramamento de 51.855 m³ de óleo na região do campo de Barracuda um evento altamente improvável e de efeitos ambientais, em geral, de média magnitude, de médio prazo e que, com probabilidade de no mínimo 90%, não deverão atingir áreas costeiras.

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 (item 8.9).

8.9. PLANO DE EMERGÊNCIA INDIVIDUAL

O Plano de Emergência Individual (PEI), elaborado para emergências envolvendo derramamentos de óleo oriundas da atividade de produção do FPSO P-43 no campo de Barracuda foi elaborado sob responsabilidade da PETROBRÁS a partir de um modelo previamente aprovado pelo órgão ambiental competente. O documento completo é apresentado no Anexo 9 deste RAA.