

II.6 – IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

II.6.1 - Modelagem da Dispersão de Óleo e Efluentes

Modelos são ferramentas matemáticas comumente utilizadas na análise ambiental com o objetivo de estimar, através de equações, possíveis cenários ambientais. Ainda que estes cenários não representem fielmente a realidade, seja pelas inúmeras limitações existentes nos modelos propriamente ditos, seja pela grande complexidade da natureza, eles dão uma indicação do que pode acontecer, permitindo o direcionamento de ações com vistas a minimizar os possíveis impactos gerados.

II.6.1.1 - Modelagem da Dispersão de Óleo

Com o objetivo de avaliar possíveis impactos decorrentes de acidentes catastróficos de vazamento de óleo durante as atividades a serem desenvolvidas pelo FPSO Cidade de Niterói no Módulo II do Campo de Marlim Leste, Bacia de Campos, foram realizadas simulações matemáticas de derramamento de óleo no mar.

Os estudos de modelagem numérica foram realizados pela empresa *ASA South America*. O relatório detalhado dos estudos desenvolvidos, contendo toda a descrição do modelo, suas premissas e resultados, encontra-se no Anexo II.6-1 deste documento.

A seguir, faz-se um breve resumo dos resultados obtidos a partir da modelagem realizada, onde o sistema de modelos **OILMAP**, da **Applied Science Associates (ASA)**, foi utilizado para definir a área potencialmente ameaçada pelo respectivo vazamento.

O domínio do modelo utilizado para as modelagens de óleo no Campo de Marlim Leste é representado pela grade gerada para a região da Bacia de Campos. A grade possui dimensão horizontal máxima de 70 x 100 pontos, com resolução média de aproximadamente 3.000 m (Figura II.6.1.1-1).

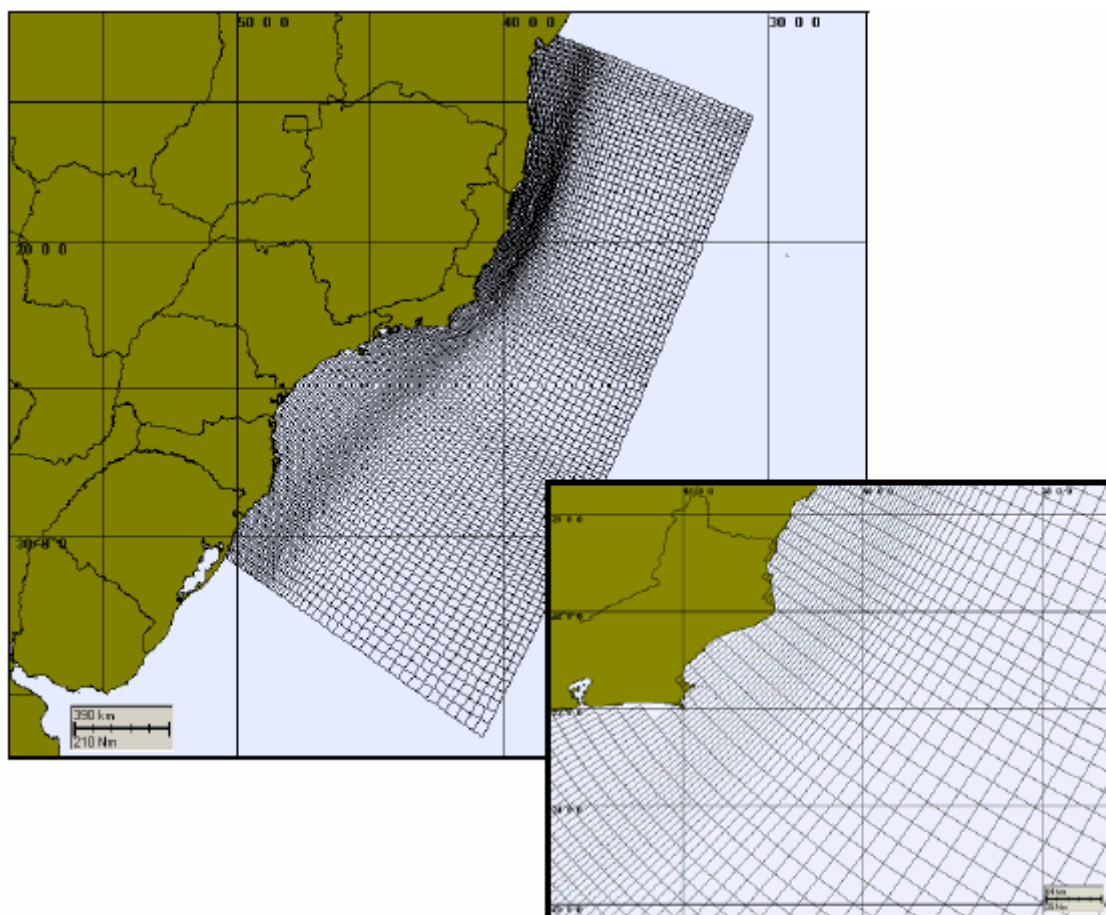


Figura II.6.1.2-1 - Grade computacional utilizada nas simulações da circulação hidrodinâmica da Bacia de Campos para a realização da modelagem de vazamento de óleo. Fonte: ASA, 2007.

A Figura II.6.1.1-2 apresenta o mapa batimétrico da Bacia de Campos, referente ao domínio do modelo.

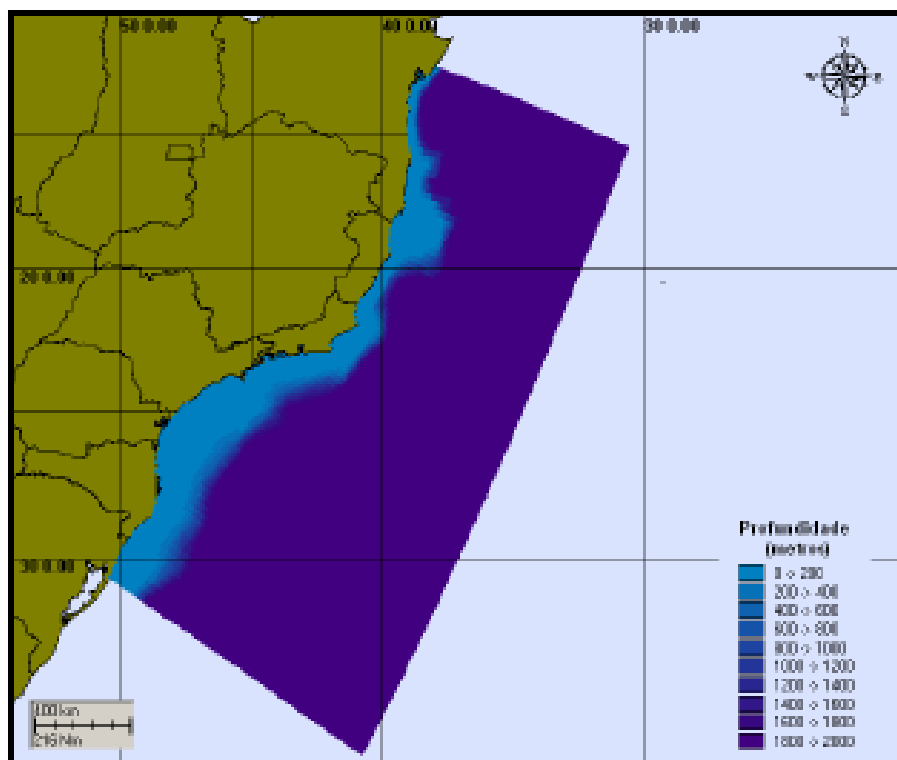


Figura II.6.1.2-2 - Batimetria discretizada do domínio considerando a Bacia de Campos. Fonte: ASA,2007.

A partir dos dados de entrada no modelo hidrodinâmico (ventos, maré, campos de temperatura e salinidade) foi gerado um campo de velocidades para a área de estudo. Este campo de velocidades encontra-se ilustrado na Figura II.6.1.2-3, que apresenta um instantâneo da corrente de superfície no período (ano de 1992) considerado para as simulações com o modelo de óleo.

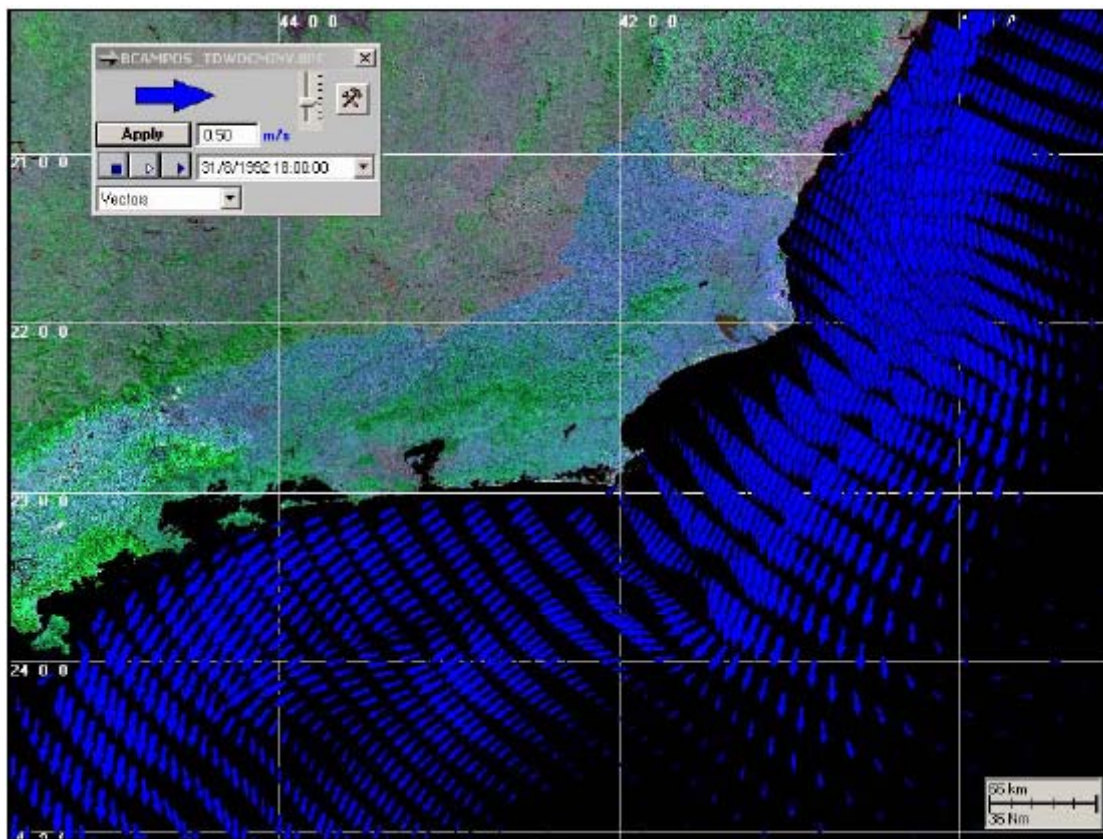


Figura II.6.1.2-3 - Exemplo ilustrativo de campo de velocidades obtidos com o modelo hidrodinâmico, com dados do ano de 1992.

A modelagem hidrodinâmica utilizou dados de vento provenientes de reanálises dos *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) para o ano de 1992, interpolados na grade. Para a modelagem de deriva de óleo, foram utilizados dados de vento medidos por uma bóia oceanográfica localizada no Campo de Albacora, Bacia de Campos, nas coordenadas 22°30'S e 40°W. Esses dados foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES), para o ano de 1992, com intervalo de amostragem de 3 horas (Figura. II.6.1.1-4).

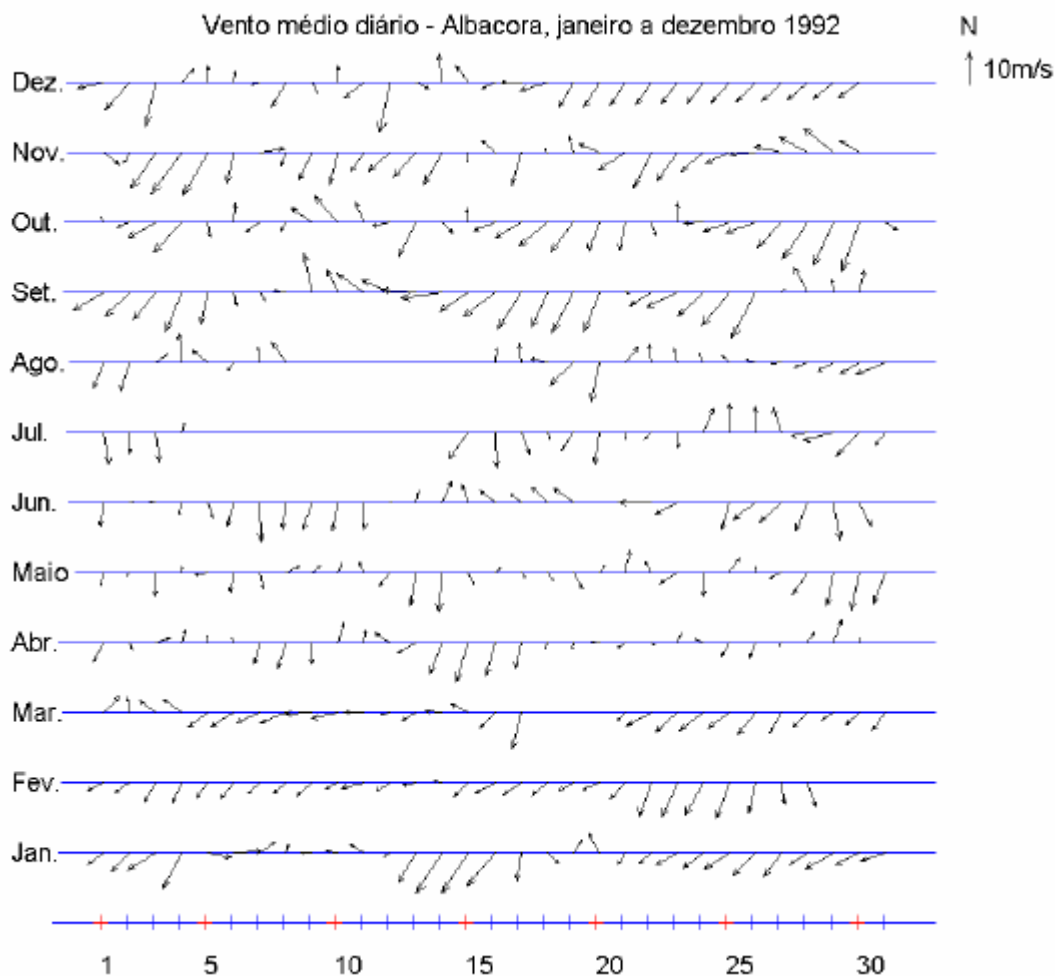


Figura. II.6.1.1-4 - Diagrama stick plot dos valores médios diários de dados de vento durante o ano de 1992 (convenção vetorial). Fonte: Asa, 2007.

A partir dos histogramas direcionais dos dados de vento (Figura. II.6.1.1-5) para os períodos de (a) verão (janeiro a março) e (b) inverno (junho a agosto), observa-se que os ventos predominantes são provenientes de leste-nordeste nos meses de verão, e dos quadrantes norte e leste nos meses de inverno. A intensidade é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa o número de observações (N.Obs.).

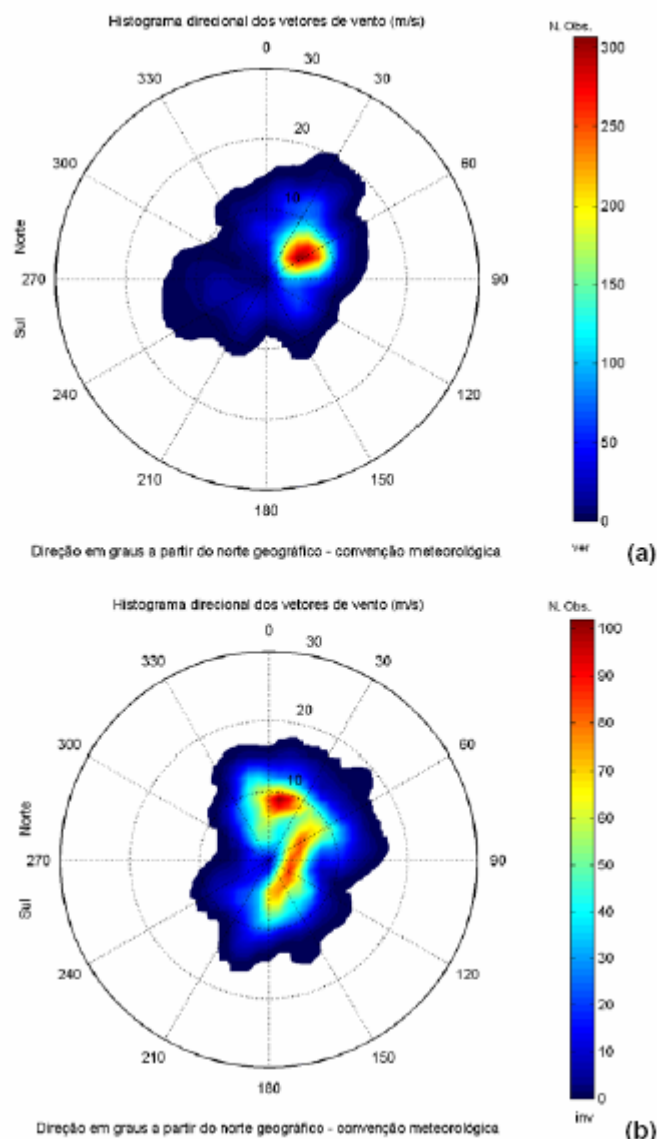


Figura II.6.1.2-4 - Histograma direcional dos vetores de vento para o período de verão (a) e de inverno (b) do ano de 1992, na Bacia de Campos. Fonte: ASA, 2007.

Para o período de verão os ventos mais freqüentes são provenientes das direções ENE, NE e NNE (26,9%, 24,8% e 14,8%). Já os ventos mais fortes registrados foram provenientes de NNE e NE (17,5 m/s). Para o período de inverno, verifica-se que os ventos mais freqüentes foram de N, NNE e ENE (11,1%, 9,0% e 8,9%) e os ventos mais intensos observados foram provenientes de NE (16,5 m/s).

As características do óleo representativo do Módulo II do Campo de Marlim Leste, e utilizado nas simulações matemáticas, foram fornecidas pela Petrobras e encontram-se no Quadro II.6.1.1-1, abaixo.

Quadro II.6.1.2-1– Características do óleo utilizado nas simulações matemáticas.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	Óleo representativo da acumulação do módulo II
Densidade	0,8826 g/cm ³
Viscosidade dinâmica a 25°C	21,521 cP
Tensão interfacial	25,2 din/cm
Conteúdo máximo de água para emulsões	70,0%
Espessura mínima	0,1 mm
Ponto de ebulição inicial	384,2 K
Gradiente da curva de evaporação	494,21
Constante de evaporação A	8,00
Constante de evaporação B	12,55
GRAU API	28,1

Fonte: ASA,2007.

Como ponto de risco para um derramamento de óleo no Módulo II do Campo de Marlim Leste, foi considerado o FPSO Cidade de Niterói, cujas coordenadas de localização foram especificadas pela Petrobras e estão apresentadas no Quadro II.6.1.1-2.

Quadro II.6.1.1-2 - Coordenadas (SAD 69) do ponto de risco (FPSO Cidade de Niterói) de derrame de óleo no Campo de Marlim Leste, Bacia de Campos.

Ponto	Latitude	Longitude	Lâmina D'água (m)
FPSO Cidade de Niterói	22°29'45,956"S	39°56'13,258" W	1.370

Os resultados da modelagem revelaram uma forte correlação entre a trajetória da mancha simulada e o padrão de circulação na região.

Os volumes utilizados nas simulações realizadas para o ponto risco foram definidos de acordo com a capacidade de estocagem do FPSO Cidade de Niterói (pior caso) e segundo a Resolução CONAMA nº 293/01.

Pequeno: 8 m³

Médio: 200 m³

Pior caso: 294.549 m³

O volume de “pior caso” foi definido como o volume correspondente à capacidade de estocagem do FPSO Cidade de Niterói (294.549 m³), levando em consideração um possível acidente, resultando no afundamento da plataforma. O derrame de todo o volume foi considerado ao longo de 24 horas.

Os cenários probabilísticos apresentam a probabilidade da existência de óleo por ponto de grade do modelo levando em consideração todas as 300 simulações realizadas. Estas simulações probabilísticas têm o objetivo de verificar a variabilidade das forçantes oceanográficas e meteorológicas, considerando os padrões de circulação e transporte obtidos através da modelagem hidrodinâmica e o campo de ventos. São apresentados resultados para os períodos de verão (janeiro a março) e de inverno (junho a agosto).

Segundo o Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA N° 013/07, as simulações de derrame de óleo devem ser interrompidas caso sejam satisfeitas quaisquer das três condições, abaixo:

- ★ Não existência de óleo no mar com espessura superior ao valor mínimo de 3×10^{-7} m;
- ★ Todo óleo do vazamento remanescente no mar atinge a costa;
- ★ Tempo de simulação completa 30 dias após o final do vazamento.

Com base nessas condições, o critério de parada adotado nas simulações foi o tempo de 30 dias para o acompanhamento de cada partícula, ou seja, as simulações com volume de pior caso (afundamento de FPSO ao longo de 24 horas) foram de 31 dias, completando 30 dias após o final do vazamento (Quadro II.6.1.1-3). No caso dos volumes pequeno e médio (derrame instantâneo), as simulações foram conduzidas por 30 dias. Além deste critério de parada propriamente dito, foi adotado o corte de espessuras inferiores a 300 nm nas simulações e apresentações de resultados.

Quadro II.6.1.1-3 – Cenários de pior caso considerados nas simulações probabilísticas.

Cenários	Produto	volume (m³)	Estação do Ano	Tempo
FPSO_CN_VER_PC_31D	óleo	294.549	verão	31 dias
FPSO_CN_INV_PC_31D	óleo	294.549	inverno	31 dias

Os resultados dos cenários probabilísticos de verão mostraram que não existe a probabilidade de toque de óleo na costa para nenhum dos volumes modelados durante aquela estação. Os resultados probabilísticos para os cenários de 8 e 200 m³, em condições de verão e inverno, estão apresentados nas Figuras II.6.1.1-5 a II.6.1.1-8.

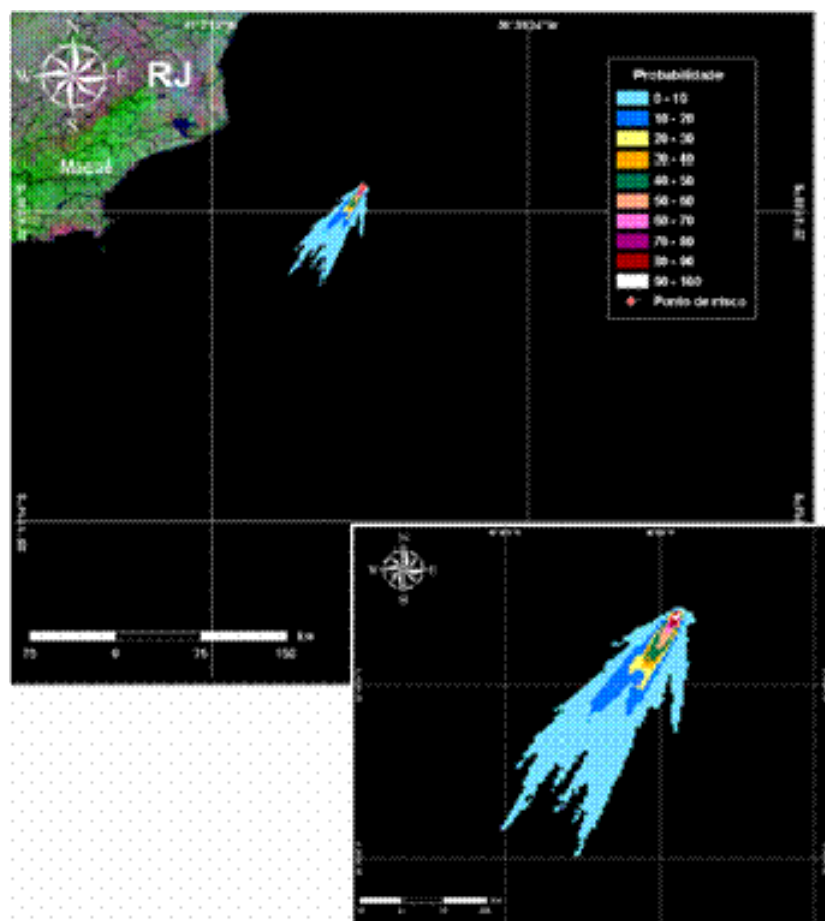


Figura II.6.1.1-5 - Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, durante os meses de verão, com derrame de 8 m³ (instantâneo) após 30 dias de simulação. Fonte: ASA (2007).

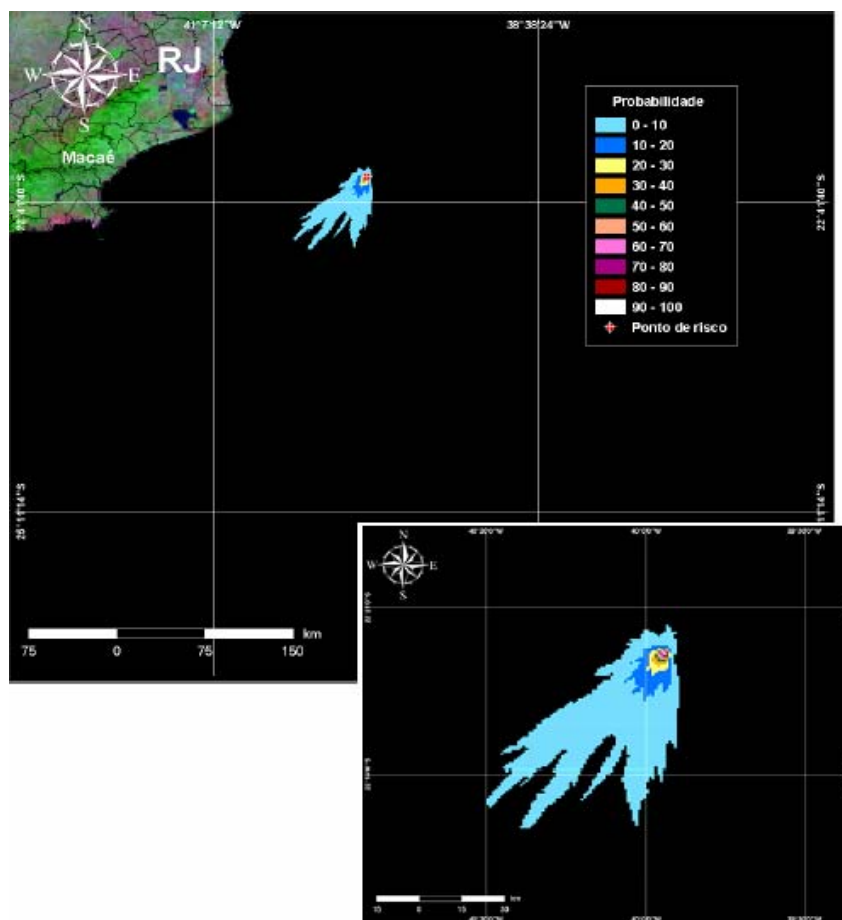


Figura II.6.1.1-6 - Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, durante os meses de inverno, com derrame de 8 m³ (instantâneo) após 30 dias de simulação. Fonte: ASA (2007).

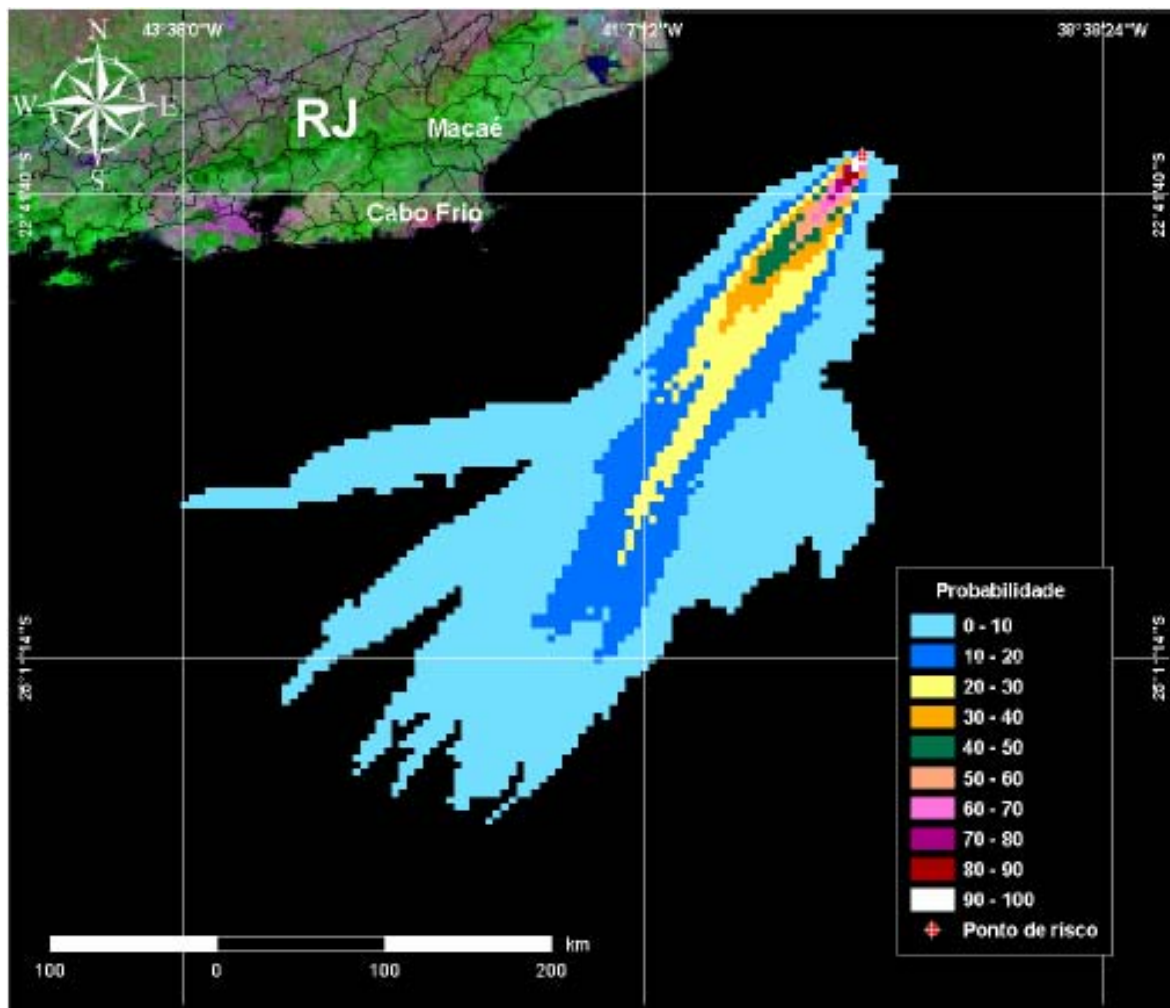


Figura II.6.1.1-7 - Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, durante os meses de verão, com derrame de 200 m³ (instantâneo) após 30 dias de simulação. Fonte: ASA (2007).

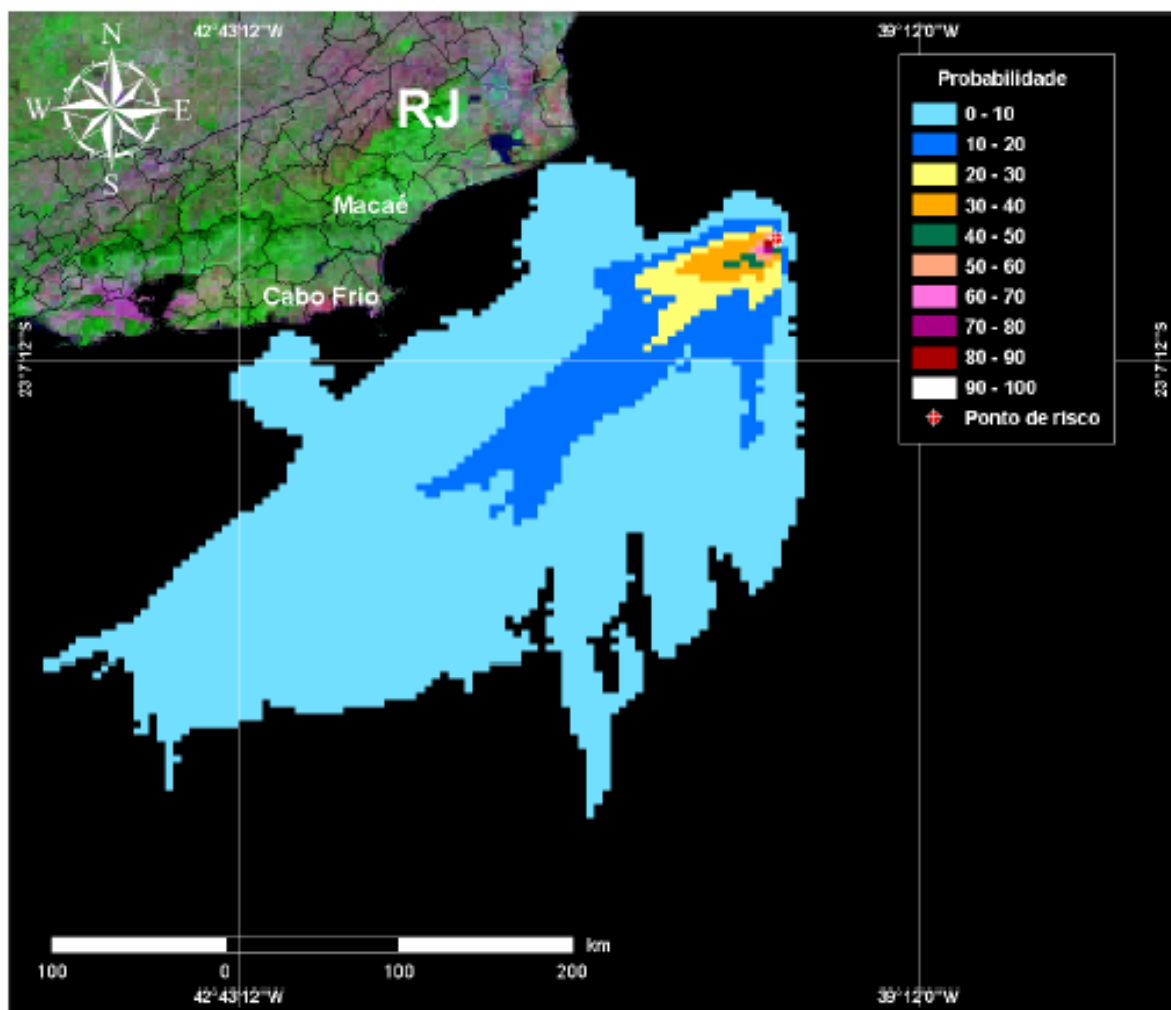


Figura II.6.1.1-8 - Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, durante os meses de inverno, com derrame de 200 m³ (instantâneo) após 30 dias de simulação. Fonte: ASA (2007).

A Figura II.6.1.1-9, abaixo, apresenta os contornos de probabilidade de óleo na água para o cenário de pior caso no período de verão. Os resultados mostram que não há probabilidade de toque na costa, sendo a menor distância em relação a esta de, aproximadamente, 81 km, para o município de Arraial do Cabo (RJ).

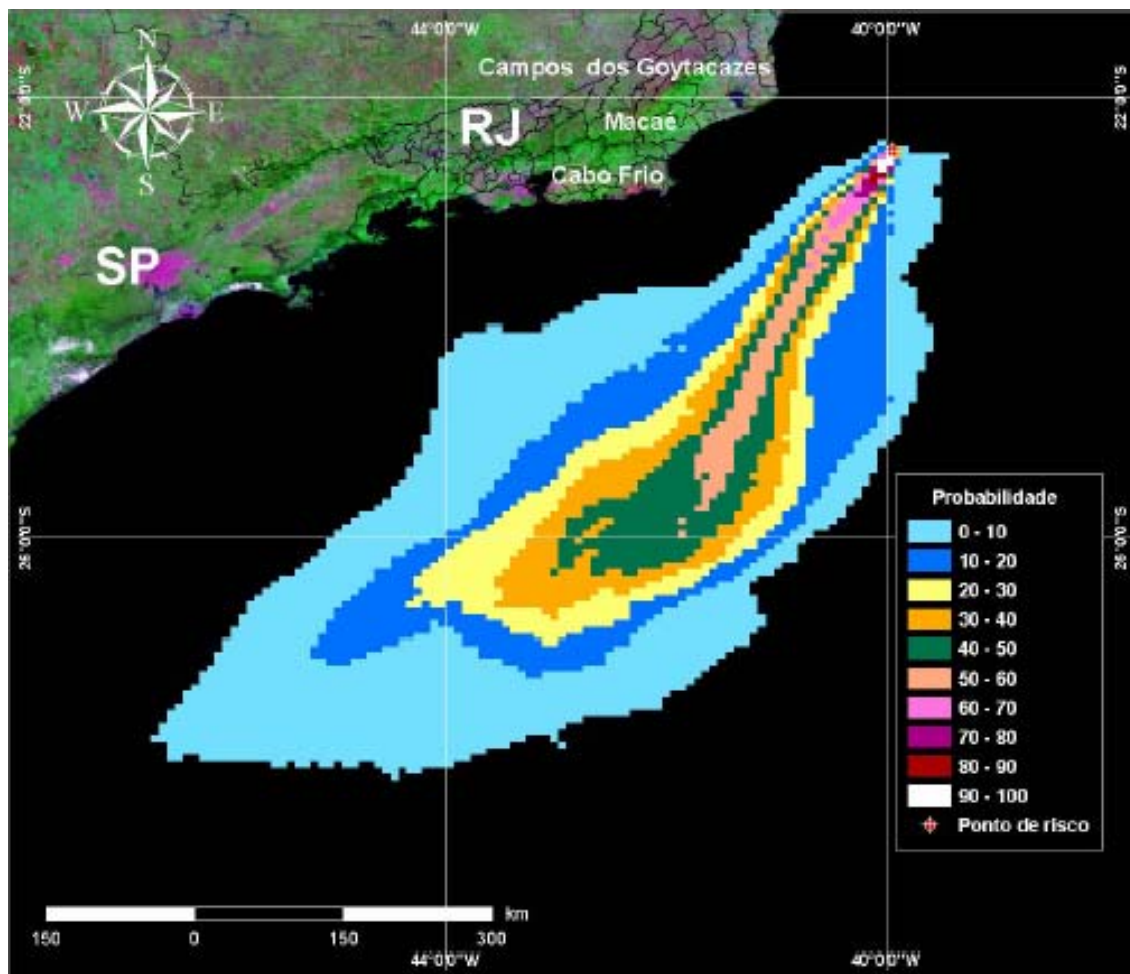


Figura II.6.1.1-9 - Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, durante os meses de verão, com derrame de 294.549 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação. Fonte: ASA (2007).

A Figura II.6.1.1-10 apresenta a região da linha de costa com probabilidade de toque, para um derrame ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, em condições de inverno, após 31 dias de simulação.

A probabilidade de toque se estende por 358 km no Estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Campos dos Goytacazes e Niterói. A região de maior probabilidade de toque (10-20%) ocorreu nos municípios de Cabo Frio, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Araruama e Saquarema (Figura II.6.1.1-10).

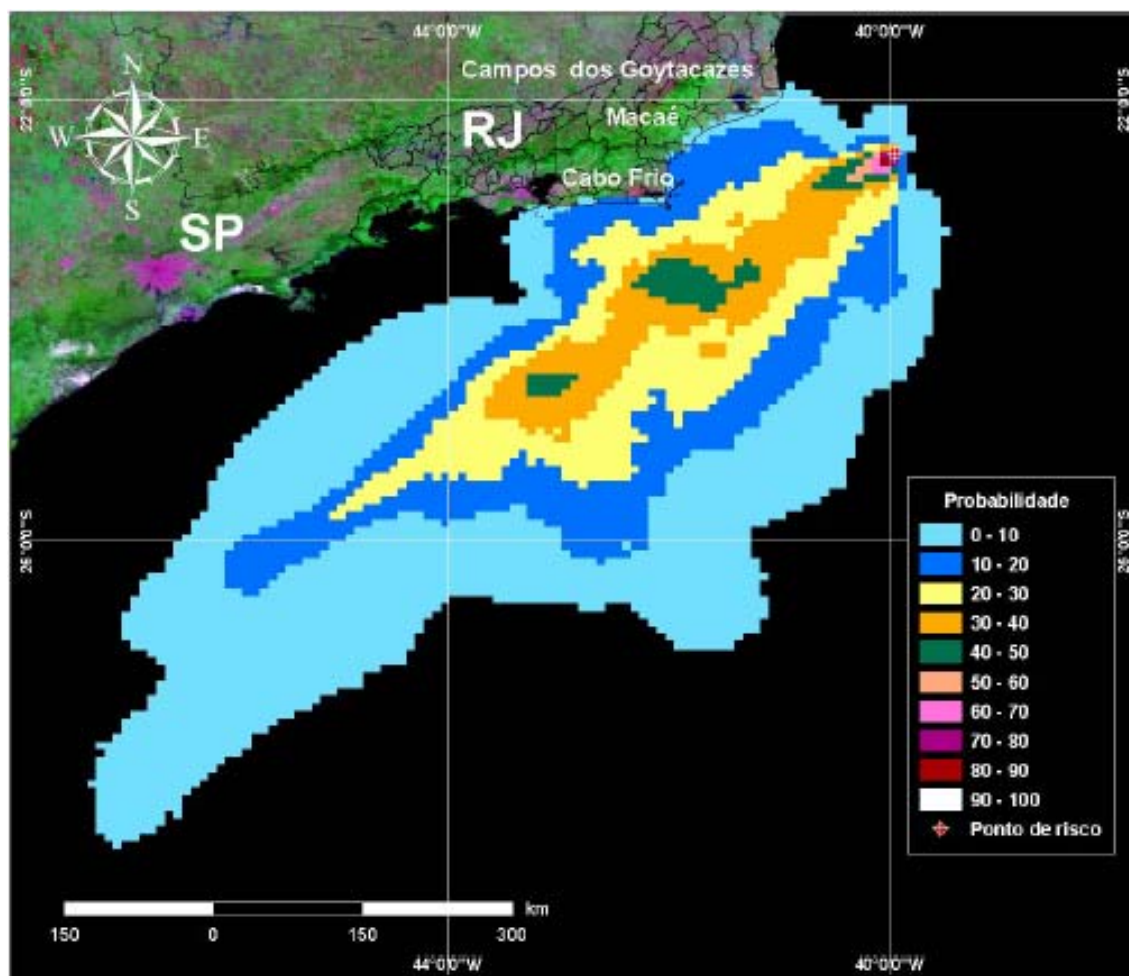


Figura II.6.1.1-10 - Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, durante os meses de inverno, com derrame de 294.549 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação. Fonte: ASA (2007).

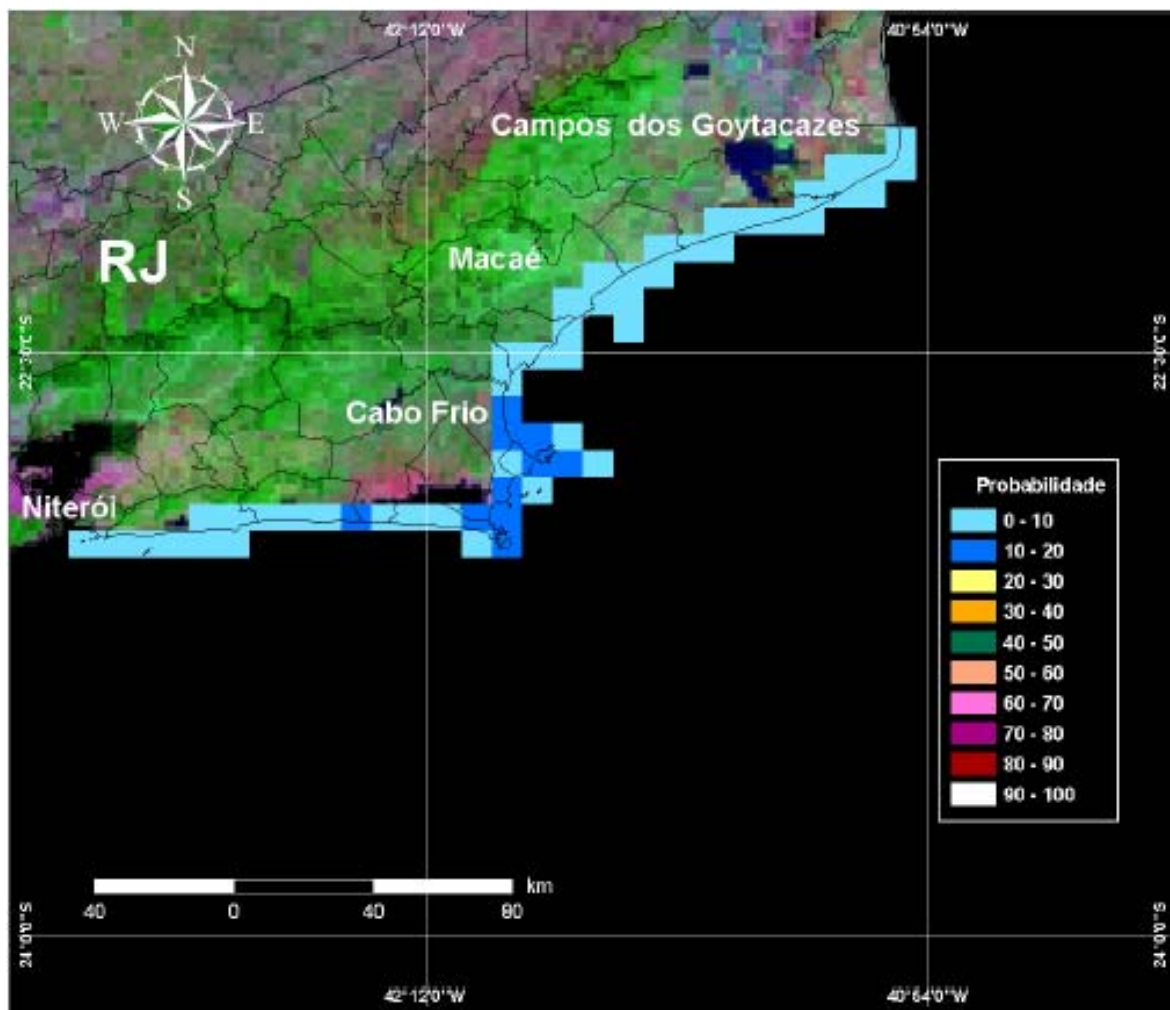


Figura II.6.1.1-11 – Detalhe da probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo a partir do FPSO Cidade de Niterói, durante os meses de inverno, com derrame de 294.549 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação. Fonte: ASA (2007).

O percentual de simulações que alcançaram o continente, assim como o menor período de tempo e o tempo médio para o óleo atingir a costa, referentes ao cenário de inverno, encontram-se apresentados no Quadro II.6.1.1-4. Nota-se que o tempo mínimo para o óleo atingir a costa, segundo os resultados da modelagem, é de 208 horas (ou aproximadamente 8,5 dias).

Quadro II.6.1.1-4 - Resumo dos resultados da modelagem probabilística de pior caso para derramamento a partir do afundamento do FPSO Cidade de Niterói ocorrendo durante os meses de inverno.

Cenário	Tempo Mínimo Para Atingir a Costa (Horas)	Tempo Mínimo para Atingir a Costa (Horas)	Porcentagem de Simulações com Toque na Costa (%)
FPSO_CN_INV_PC_31D	208	425	34

Fonte: ASA (2007).

A análise dos resultados das simulações probabilísticas permitiu identificar os cenários determinísticos críticos de verão e inverno. Para essas simulações foram considerados como mais críticos:

- ★ o cenário que atingiu a menor distância da costa para condição de verão; e
- ★ o cenário que apresentou o menor tempo para o primeiro toque do óleo na costa para condição de inverno.

As Figuras II.6.1.1-12 e II.6.1.1-13 apresentam os contornos de espessura de óleo nos instantes de maior proximidade da mancha em relação à linha de costa (para o cenário de verão) e de primeiro toque na costa (para o cenário de inverno), respectivamente.

Nestas figuras são destacados os limites de 0,0003 mm (limite para ambientes sensíveis), e 0,05 mm (limite de recolhimento). A cor cinza representa a região por onde a mancha se deslocou durante os 31 dias de duração da simulação e, portanto, não está associada a uma espessura. A mancha no instante de primeiro toque (ou maior proximidade da costa) é aquela representada pela escala de cores indicada nas legendas.

Conforme informado anteriormente, na simulação determinística crítica de verão (Figura II.6.1.1-12), a menor distância em relação à costa foi de, aproximadamente, 81 km para a região do município de Arraial do Cabo (RJ).

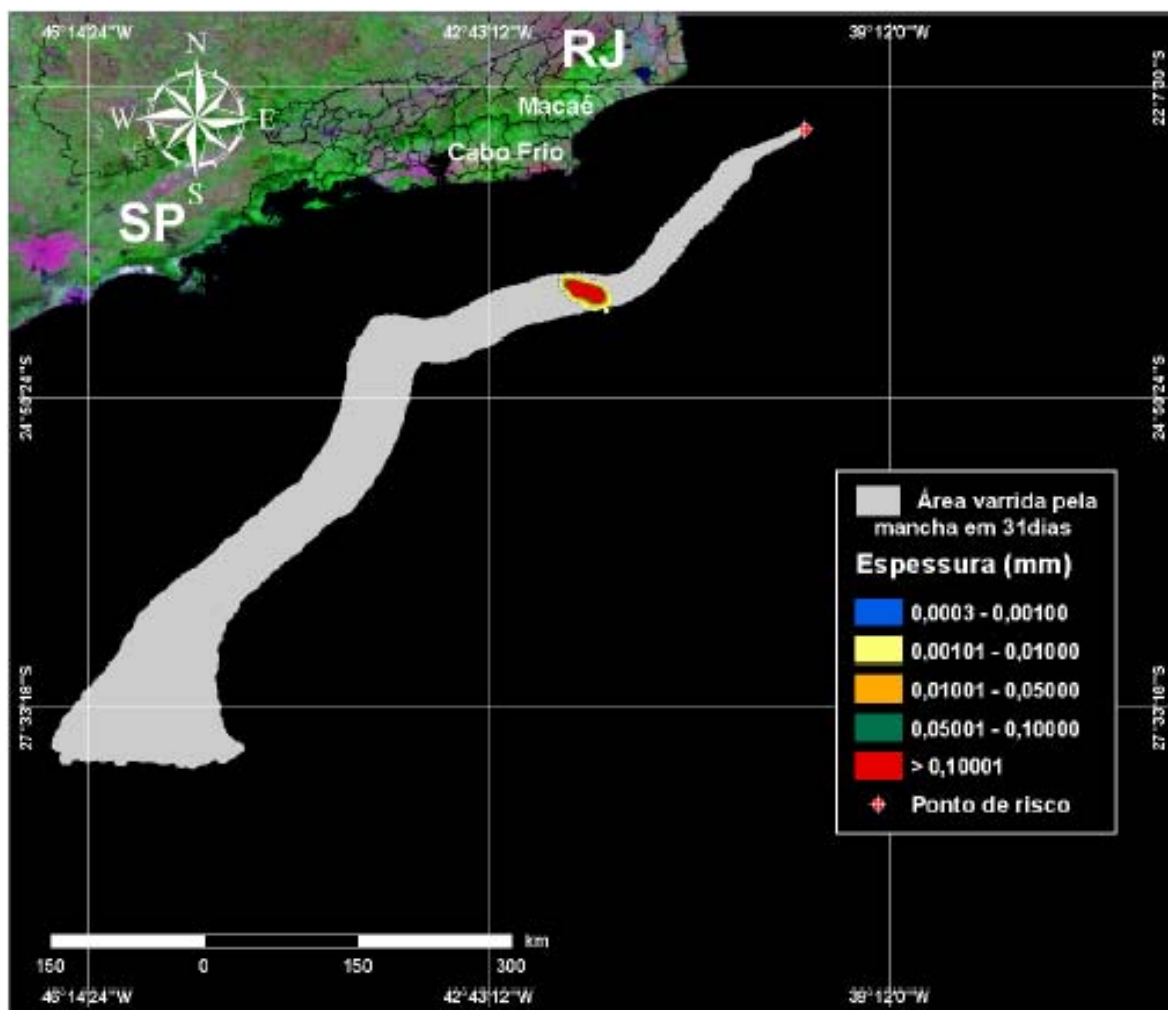


Figura II.6.1.1-12 – Contornos de espessura do óleo para o cenário determinístico crítico de verão, para um derrame de óleo ocorrido a partir do FPSO Cidade de Niterói. Fonte: ASA (2007).

Na simulação determinística crítica de inverno (Figura II.6.1.1-13) o menor tempo de chegada à costa é de 208 horas, sendo o primeiro toque na Ilha da Âncora, pertencente ao município de Armação dos Búzios, localizada aproximadamente 7 km a leste da costa do mesmo.

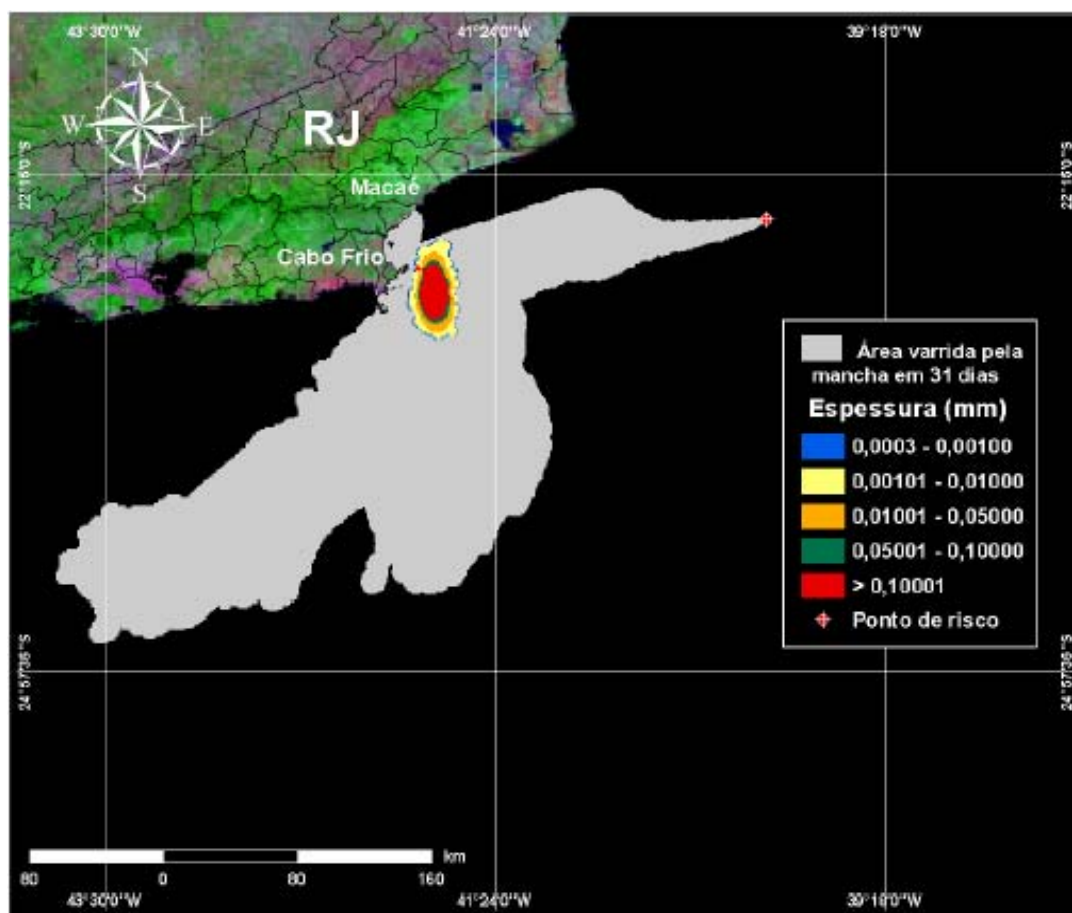


Figura II.6.1.1-13 - Cenário determinístico crítico de inverno, para um derrame de óleo ocorrido a partir do FPSO Cidade de Niterói..Fonte: ASA (2007).

II.6.1.2 - Modelagem da Dispersão de Fluido de Preenchimento das Linhas Flexíveis

Para avaliar a influência do descarte do fluido de preenchimento das linhas flexíveis do FPSO Cidade de Niterói no campo de Marlim Leste, Bacia de Campos, foi realizada uma modelagem numérica a partir da localização da plataforma. Para tal utilizou-se o volume correspondente à linha de maior volume, considerado como o pior caso, já que as linhas serão desalagadas em períodos distintos.

O estudo de modelagem numérica foi realizado pela empresa Prooceano. O modelo escolhido para este trabalho é conhecido pelo nome OOC (*Offshore Operators Committee*), tendo sido desenvolvido, especialmente, para simulações de descarte de efluentes de plataformas de petróleo.

O modelo simula o comportamento de uma pluma de efluente desde o momento de seu descarte até um instante e distância determinados pelo usuário. O relatório detalhado da Prooceano, contendo toda a descrição do modelo, suas premissas e resultados, encontra-se no Anexo II.6-2 deste EIA.

O FPSO Cidade de Niterói ficará ancorado nas coordenadas 22° 29' 45,96" S e 39° 56' 13,26" W , em uma lâmina d'água de aproximadamente 1370 metros.

O volume de fluido a ser descartado no mar é equivalente a 325 m³ e estaria sendo descartado a uma vazão de 120 m³/h, resultando em um descarte com duração de 9750 s (ou 2,7 horas). O lançamento será efetuado ao nível do mar e a densidade do efluente (1.025 kg/m³) possui valor semelhante a das águas do corpo receptor no ponto de descarte. O Quadro II.6.1.2-1, a seguir, apresenta um resumo das características do referido descarte.

Quadro II.6.1.2-1 - Características do descarte do fluido de preenchimento das linhas flexíveis do FPSO Cidade de Niterói.

Parâmetro	Unidade	Valor
Vazão	bbh/h	754.78
Fluxo do volume descartado	ft/s	2.15
raio da tubulação de descarga	ft	0.417
Profundidade de descarga	m	Superfície
volume de água descartada	m³	325.00
ângulo vertical da descarga	°	90.0
azimute de descarga	°	0.0 ¹
duração da descarga	S	9750.00
temperatura do efluente	°C	24.52
salinidade do efluente		37.00
densidade efluente	g/cm³	1.025
Intensidade da corrente	m/s	0,7864
Direção das correntes	°	10,7
Temperatura da água do mar	°C	27,56
Salinidade da água do mar		36,92
Densidade da água do mar	g/cm³	1,024
Altura de onda significativa	ft	3,28
Período de onda significativa	s	5
Velocidade do vento	ft/s	23,95
Temperatura do ar à superfície do mar	°C	26

Fonte: Prooceano,2007.

¹ Seguindo a direção da corrente

O fluido a ser monitorado ao longo do estudo de modelagem é uma mistura de água do mar natural, adicionada de THPS (biocida), Bissulfito de Sódio (seqüestrante de oxigênio), Sal Quaternário de Amônio (tensoativo) e Fluoresceína (corante). Baseando-se nos testes de toxicidade desta formulação, cujos resultados encontram-se apresentados no Quadro II.6.1.2-2, abaixo, simulou-se a progressão do efluente até o limiar de concentração da CENO (Concentração de Efeito Não Observado).

Quadro II.6.1.2-2 – Composição da Formulação prevista para utilização na hibernação das linhas flexíveis

Composição Prevista	<i>Lytechinus variegatus</i> (teste crônico)	<i>Mysidopsis juniae</i> (teste agudo)
Água do Mar Natural + THPS a 75% (50 ppm) + Sal Quaternário de Amônio (10 ppm) + Bissulfito de Sódio (200 ppm) + Fluoresceína 20% (40 ppm)	CENO: 0,78%	CL50: 1,09 %

Fonte: Labtox Tecnologia Ambiental

Legenda: CL₅₀ – concentração letal a 50% dos organismos-teste

CENO – concentração de efeito não observável

Os resultados obtidos com o modelo mostraram, em detalhes, o comportamento da pluma até o alcance da CENO, a cerca de 620 metros de distância do ponto de lançamento.

A Figura II.6.1.2-1 apresenta o perfil longitudinal da pluma de concentração no campo próximo, entre 0 e 20 metros de distância do ponto de descarte. Nota-se uma forte diluição até uma distância de 5 m da fonte. A 20 m de distância, a concentração máxima presente já se mostra reduzida a 20% do valor da concentração original da mistura.

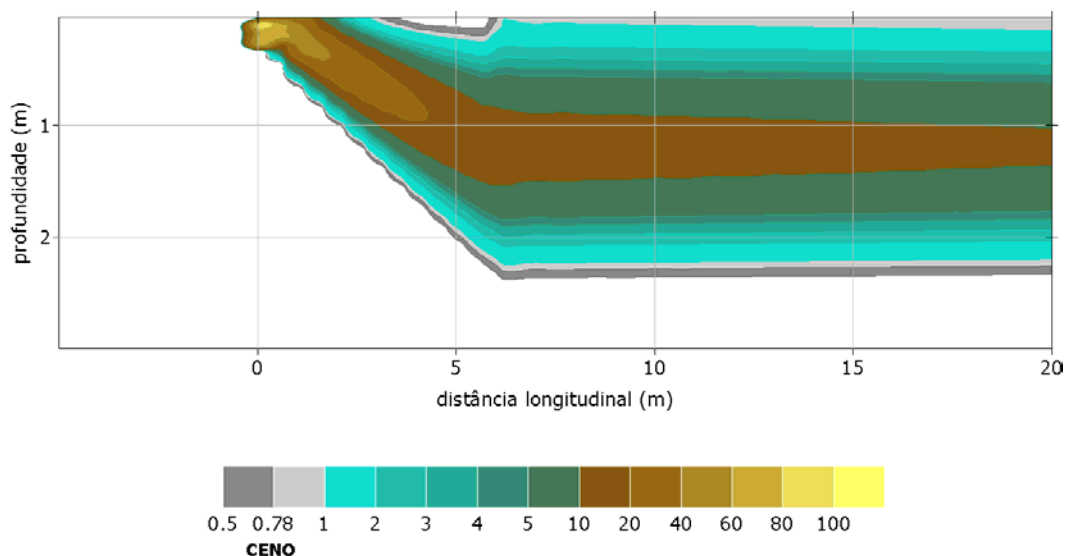


Figura II.6.1.2-1 - Perfil longitudinal de percentual da concentração da pluma nos primeiros 20 m da fonte. Fonte: Prooceano, 2007.

A Figura II.6.1.2-2 mostra o perfil longitudinal da pluma de concentração de biocida, numa faixa entre 20 e 200 metros de distância do ponto de lançamento. Nota-se que a 30 m de distância da fonte, os níveis máximos de concentração já se encontram reduzidos a 10% da concentração inicial. A 200 m de distância da fonte o nível máximo obtido está a 3% da concentração inicial.

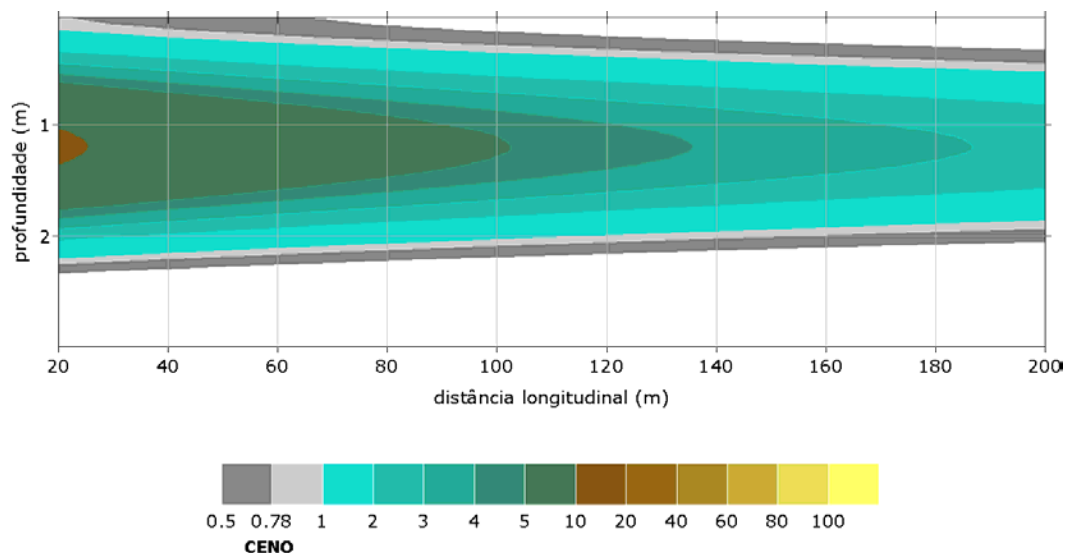


Figura II.6.1.2-2 - Perfil longitudinal de percentual da concentração inicial de fluido de preenchimento descartado para as distâncias de 20 até 200 m da fonte. Fonte: Prooceano, 2007.

O comportamento da pluma a partir da distância de 200 metros encontra-se ilustrado na Figura II.6.1.2-3, sendo que a aproximadamente 620 m de distância da fonte, os valores de concentração da pluma já se encontram abaixo da CENO.

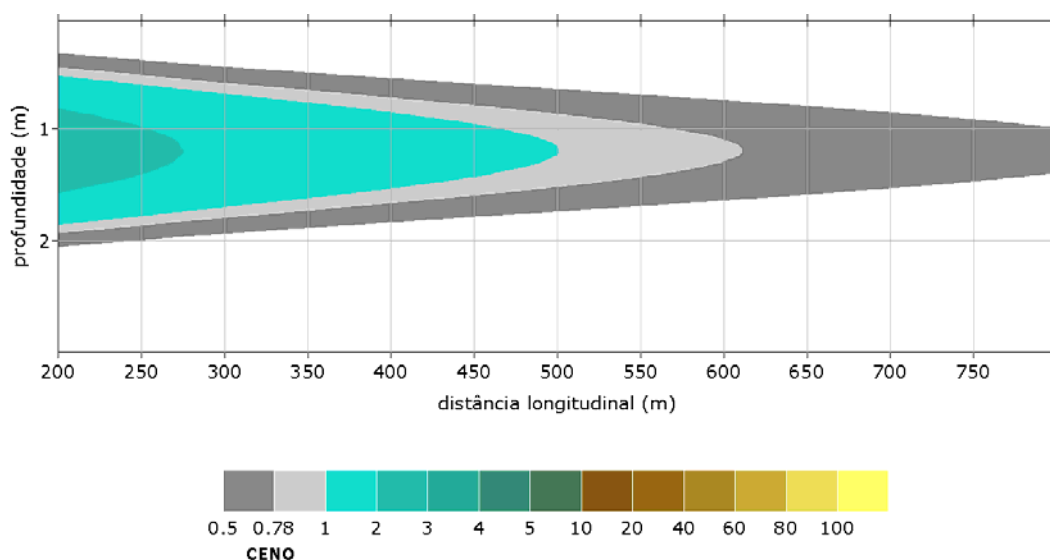


Figura II.6.1.2-3 - Perfil longitudinal de percentual da concentração inicial de fluido de preenchimento descartado a partir de 200 m da fonte. Fonte: Prooceano,2007.

O comportamento latitudinal da pluma, mostrando o espalhamento lateral do efluente após descarte no mar, é apresentado na Figura II.6.1.2-4.

Considerando o limiar de 0,5%, a pluma afunda até uma profundidade máxima de 2,5 m, nas radiais de 10 m e 50 m. Na radial de 100 m, a concentração máxima do fluido já é cerca de 5% da concentração inicial da mistura. A medida que nos afastamos do ponto de lançamento, a pluma perde em espessura e ganha em largura, sendo que a 700 m da fonte, onde a diluição do efluente já ultrapassou àquela correspondente à CENO, a pluma apresenta uma largura aproximada de 30 m.

Considerando-se o transporte nominal destas, pode-se estimar o tempo necessário, após o término do descarte, para que o efluente seja diluído a ponto de não se observar, em qualquer ponto da pluma, uma concentração da formulação superior àquela definida como de corte (CENO – 0,78%), ou seja, concentrações onde não mais se esperam efeitos tóxicos na biota. Este tempo foi estimado em 13 minutos.

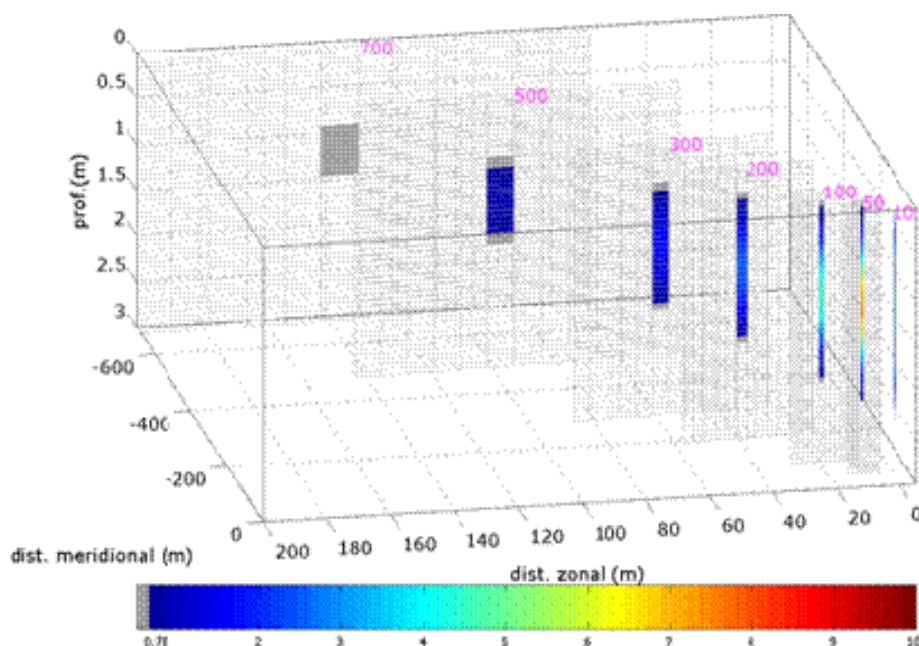


Figura II.6.1.2-4 - Perfis radiais do percentual da concentração inicial decorrente do descarte. A escala em cores representa a porcentagem da concentração inicial. Fonte: Prooceano, 2007.

II.6.1.3 - Desalagamento do Fluido de Preenchimento do Gasoduto

Além do desalagamento do fluido de hibernação das linhas flexíveis do FPSO Cidade de Niterói, está previsto o descarte de um volume correspondente a 600 m³ de água do mar natural adicionada do corante fluoresceína, efluente utilizado para teste hidrostático do gasoduto de interligação entre o FPSO Cidade de Niterói, no campo de Marlim Leste, e a plataforma P-40, do Campo de Marlim Sul (Quadro II.6.1.3-1)

Quadro II.6.1.3-1 – Fluido previsto para utilização no teste hidrostático do gasoduto de interligação entre o FPSO Cidade de Niterói e a P-40.

Fluido do Teste	Concentração
Água do Mar + Fluoresceína a 20%	40 ppm

A adição da fluoresceína na água utilizada no teste hidrostático de tubulações rígidas ou linhas flexíveis auxilia na detecção de possíveis vazamentos durante o procedimento, pois identifica, na superfície da água, o local do vazamento.

A fluoresceína é um composto orgânico de caráter não-iônico, solúvel em água, utilizado na composição de produtos usados como marcadores para fase aquosa, chamados Traçadores Químicos Hidrofílicos e como corante em medicamentos (Reprotox®). Embora este composto não seja tão tóxico quanto, por exemplo, os biocidas e seqüestrantes de oxigênio normalmente utilizados na hibernação de linhas, ele demonstra sim, como a maioria dos produtos químicos, um certo grau de toxicidade a organismos marinhos, conforme pode ser visto no Quadro II.6.1.3-2, abaixo.

Quadro II.6.1.3-2 – Quadro resumo dos resultados de toxicidade crônica e aguda obtidos para o composto Fluoresceína a 20% (na combinação comercial do produto Fluorene R2).

Composto Químico	<i>Lytechinus variegatus</i> (teste crônico)	<i>Mysidopsis juniae</i> (teste agudo)
Fluorene R2 (Fluoresceína 20%)	CENO: 200 ppm	CL50: 705,08ppm

Fonte: Labtox Tecnologia Ambiental

Legenda: CL₅₀ – concentração letal a 50% dos organismos-teste;

CENO – concentração de efeito não observado.

Os resultados mais restritivos apresentados no Quadro acima (referentes à CENO) indicaram que em concentrações inferiores a 200 ppm não são mais observados efeitos no desenvolvimento larval do organismo marinho testado.

Considerando-se que a concentração de fluoresceína prevista para utilização no teste hidrostático (40 ppm) é inferior àquela da CENO (200 ppm), valor usualmente utilizado como ponto de corte nas simulações de descarte deste tipo de efluente no mar, entende-se não ser necessária a realização de modelagem para este desalagamento.