

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 visando a minimização de impactos.

II.6.1.1 - Modelagem do Descarte da Água Produzida

Para avaliar a influência do descarte da água produzida no campo de Mexilhão, Bacia de Santos, foi realizada uma modelagem numérica a partir da localização da plataforma PMXL-1 (Quadro II.6.1.1-1).

Quadro II.6.1.1-1 – Coordenada e lâmina d'água do ponto de descarte de água produzida (SAD69).

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LĂMINA D'ĂGUA (m)
Plataforma PMXL-1	24°21'09,66"S	44°22'56,45"W	170

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

O modelo hidrodinâmico utilizado na simulação foi baseado no *Princeton Ocean Model* (POM).

A modelagem do transporte da pluma de efluentes compreende a modelagem do campo próximo e do campo afastado. O campo próximo corresponde à zona

de diluição inicial, onde prevalecem os efeitos oriundos da velocidade inicial de ejeção e a diferença de densidade entre o efluente e o meio. Por campo afastado entende-se a região onde passam a predominar os efeitos da dinâmica local no transporte e dispersão da pluma. Para simular o campo próximo utilizou-se o modelo CORMIX da *Cornell University* e para o campo afastado o modelo CHEMMAP.

Foram conduzidas simulações considerando a variação sazonal das forçantes meteorológicas e oceanográficas, sendo selecionados para isso os períodos de verão e inverno. Para esses períodos, foram realizadas simulações com duração de 24 horas, utilizando a vazão de descarte da água produzida da plataforma em estudo.

No Quadro II.6.1.1-2 são apresentadas as características do processo de descarte de água produzida no Campo de Mexilhão fornecidas pela Petrobras.

Quadro II.6.1.1-2 – Parâmetros utilizados para a modelagem das plumas de descarte de água produzida.

PARÂMETROS PARA MODELAGEM DA PLUMA	VALORES
Diâmetro da tubulação	3"
Orientação da tubulação	vertical
Profundidade local no ponto de descarte	170 m
Profundidade de descarte	Superfície do mar
Vazão do efluente	260 m ³ /dia
Densidade do efluente	1.040 kg/m ³

Para avaliação da diluição e dispersão da água produzida e descartada a partir da Plataforma PMLX-1, foram considerados três parâmetros: benzeno, tolueno e fenóis. Ressalta-se que as informações sobre estes parâmetros são valores médios de concentração, baseados em dados existentes para a Bacia de Campos, uma vez que a Plataforma PMLX-1 ainda não entrou em operação e não existem dados suficientes para a Bacia de Santos. O benzeno e tolueno foram escolhidos por serem os componentes com maior concentração da fração de óleos e graxas, e os fenóis totais por serem o único componente regulado que normalmente se encontra na água produzida em concentração maior que a presente na água do mar.

Como critério ambiental, foram utilizadas as concentrações da Resolução CONAMA N° 357/05. O Quadro II.6.1.1-3 apresenta as concentrações dos componentes simulados, fornecidas pela Petrobras, e as concentrações limite estabelecidas na legislação, segundo o Art. 18 da resolução CONAMA N° 357/05, referentes à tabela IV para Águas Salinas de Classe 1.

Quadro II.6.1.1-3 – Concentrações dos componentes simulados da água produzida no Campo de Mexilhão.

COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO NO PONTO DE LANÇAMENTO (µg/L)	LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 ART. 18 (µg/L)
Benzeno	10.200	700
Tolueno	2.310	215
Fenóis totais	2.000	60,0

Quadro II.6.1.1-4 apresenta os resultados das simulações de descarte de água produzida no campo próximo. Observa-se que a diluição é maior no período de inverno (722 vezes) do que no período de verão (660 vezes). Salienta-se que o comprimento da zona de mistura, região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente, variou de 19 m (verão) a 22 m (inverno).

Quadro II.6.1.1-4 – Resultados das simulações do campo próximo.

PARÂMETROS	VALORES	
	VERÃO	INVERNO
Diluição	660,4	721,9
Espessura da pluma (m)	4,6	4,3
Comprimento da zona de mistura (m)	19,0	22,3
Profundidade terminal da pluma (m)	11,0	9,8

Fonte: ASA, 2007.

Quadro II.6.1.1-5 apresenta as concentrações iniciais dos componentes, as concentrações correspondentes à diluição no final do campo próximo e as concentrações limites da legislação ambiental (Resolução do CONAMA N° 357/05). No campo próximo, todos os compostos simulados apresentaram concentrações inferiores ao critério ambiental, dentro da zona de mistura, a uma distância de cerca de 1 m do ponto de lançamento.

Quadro II.6.1.1-5 – Concentrações dos compostos simulados no ponto de lançamento, valores correspondentes à diluição no campo próximo e limite da legislação.

COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO NO PONTO DE LANÇAMENTO (µg/L)	CONCENTRAÇÃO NO CAMPO PRÓXIMO (µg/L)		LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 ART. 18 (µg/L)
		VERÃO	INVERNO	
Benzeno	10.200	15,44	14,13	700
Tolueno	2.310	3,50	3,20	215
Fenóis totais	2.000	3,03	2,78	60

Fonte: ASA, 2007.

A seguir, são apresentadas as curvas de contorno das plumas de dispersão para as médias das máximas concentrações dos componentes químicos simulados para o Campo de Mexilhão. Os contornos das plumas de água produzida apresentados nas figuras estendem-se até a concentração correspondente à diluição de 10.000 vezes o critério ambiental. Cabe ressaltar que a área ilustrada nas figuras representa a média das máximas concentrações obtidas em todas as 20 simulações (cenários probabilísticos), e não corresponde à posição da pluma em um determinado instante de tempo. O Quadro II.6.1.1-6 apresenta os valores das concentrações máximas obtidas para essas simulações, às distâncias de 100, 250 e 500 m do ponto de lançamento.

Quadro II.6.1.1-6 – Máximas concentrações obtidas para os parâmetros inorgânicos à 100, 250 e 500 m do ponto de lançamento, nos períodos de verão e inverno.

COMPONENTES	CONCENTRAÇÃO A 100 m (µg/L)		CONCENTRAÇÃO A 250 m (µg/L)		CONCENTRAÇÃO A 500 m (µg/L)	
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
Benzeno	1,250	1,250	0,330	0,360	0,150	0,160
Tolueno	0,260	0,280	0,073	0,078	0,032	0,036
Fenóis totais	0,200	0,240	0,057	0,063	0,030	0,032

Fonte: ASA, 2007.

Já para os cenários determinísticos foram considerados como mais críticos os cenários que apresentaram as maiores concentrações, nas proximidades do ponto de descarte, dos compostos simulados. Nas figuras são apresentados os contornos de concentração (até a diluição de 10.000 vezes o critério ambiental),

uma seção transversal (demarcada por uma linha pontilhada sobre a pluma) com o perfil vertical de concentrações, e as máximas concentrações por camada (intervalos de profundidades) 24 horas após o instante inicial das simulações.

A seguir serão apresentados os resultados probabilísticos e determinísticos, para verão e inverno, separadamente para cada parâmetro analisado.

As Figuras II.6.1.1-1 e II.6.1.1-2 apresentam os resultados das simulações probabilísticas e determinísticas para o benzeno, nos períodos de verão e inverno, respectivamente. O limite de corte adotado nestas figuras corresponde à diluição de 10.000 vezes a concentração do critério ambiental, ou seja, 0,07 µg/l.

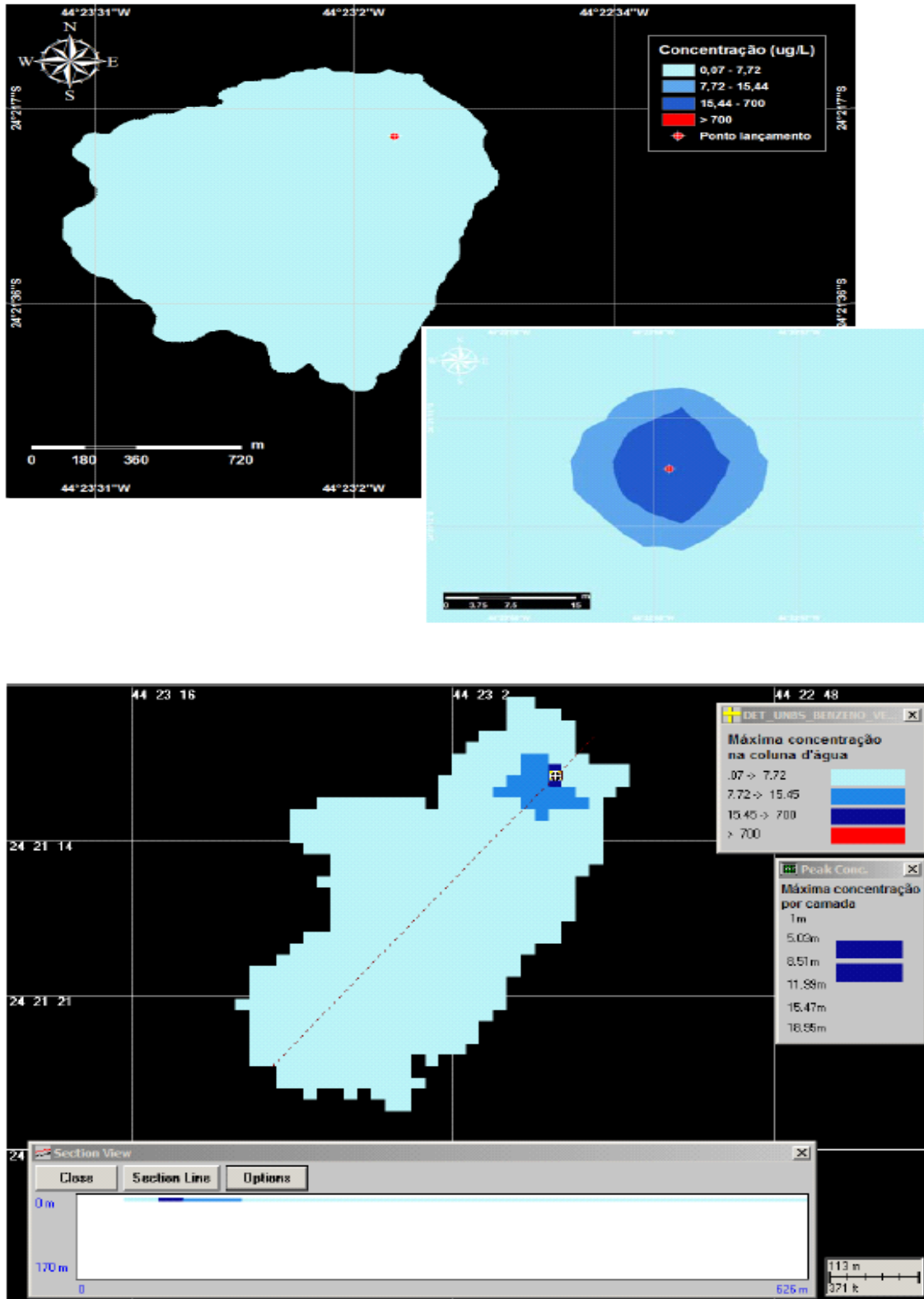


Figura II.6.1.1-1 – Cenários probabilístico (acima) e determinístico no período de verão para a pluma de Benzeno. As cores representam as concentrações máximas esperadas ($\mu\text{g/l}$) após 24 horas de simulação. Fonte: ASA, 2007.

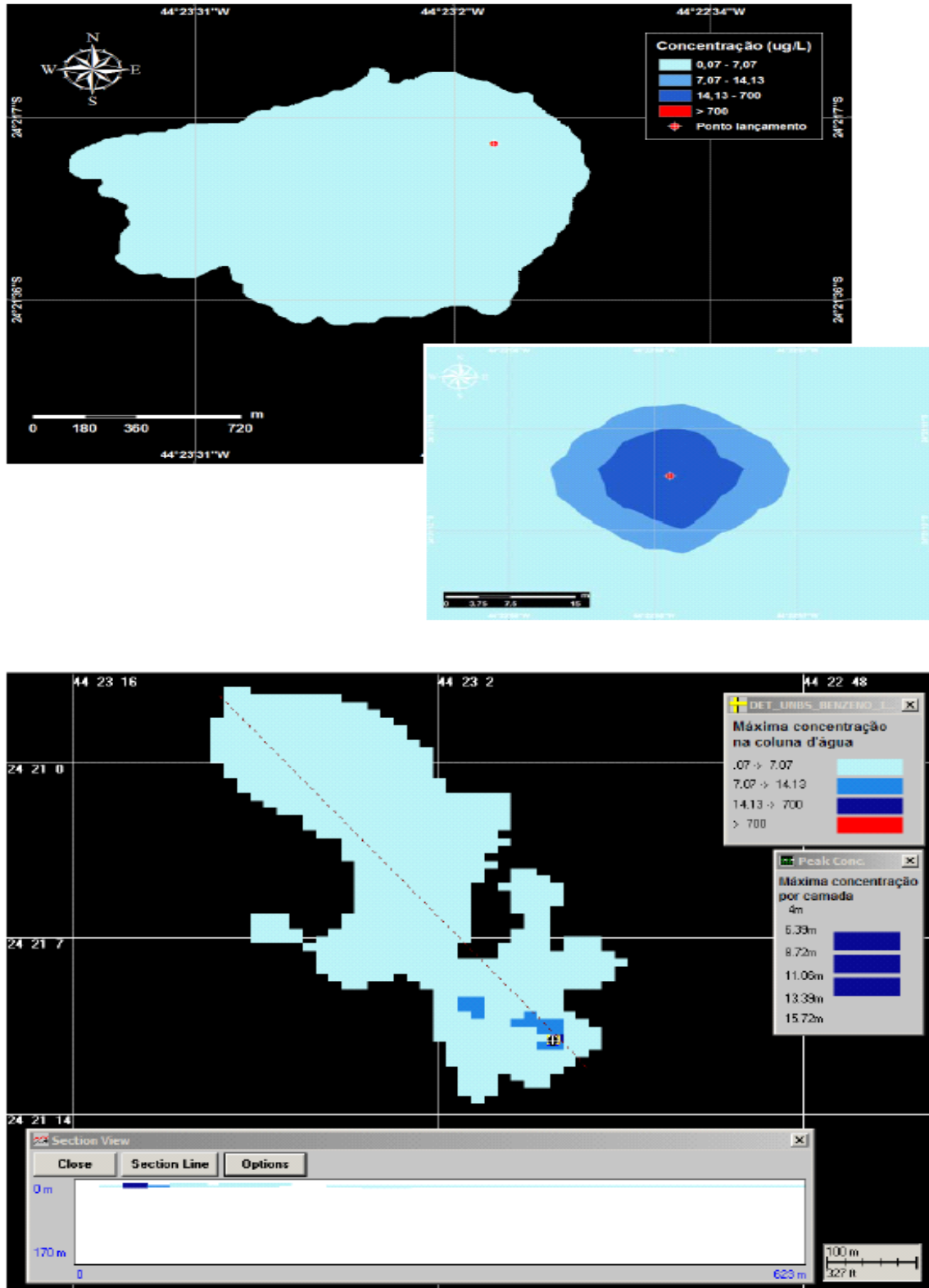


Figura II.6.1.1-2 – Cenários probabilístico (acima) e determinístico no período de inverno para a pluma de Benzeno. As cores representam as concentrações máximas esperadas (µg/l) após 24 horas de simulação. Fonte: ASA, 2007.

As Figuras II.6.1.1-3 e II.6.1.1-4 apresentam os resultados das simulações probabilísticas e determinísticas para o tolueno, nos períodos de verão e inverno, respectivamente. O limite de corte adotado nestas figuras corresponde à diluição de 10.000 vezes a concentração do critério ambiental, ou seja, 0,0215 µg/l.

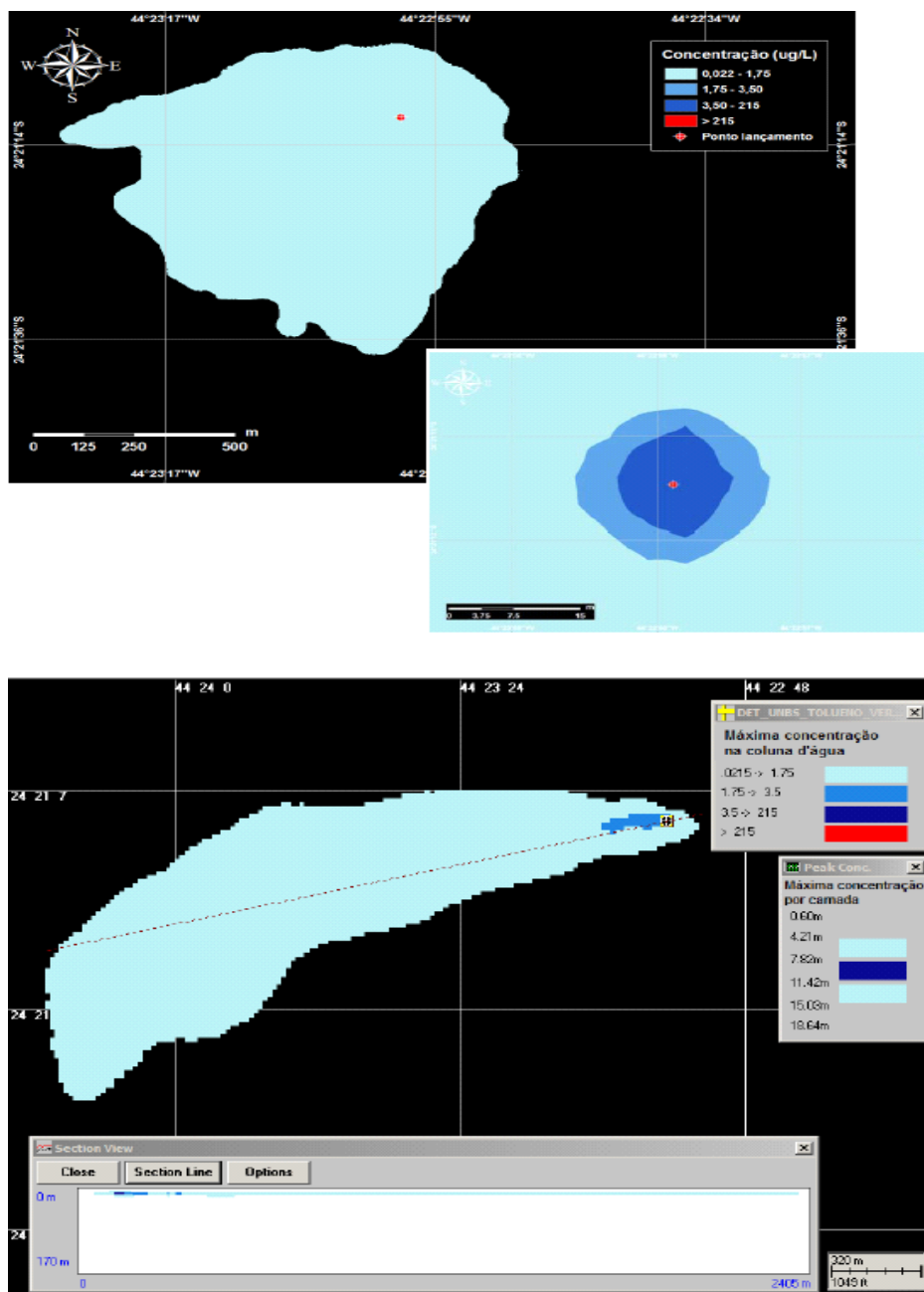


Figura II.6.1.1-3 – Cenários probabilístico (acima) e determinístico no período de verão para a pluma de Tolueno. As cores representam as concentrações máximas esperadas (µg/l) após 24 horas de simulação. Fonte: ASA, 2007.

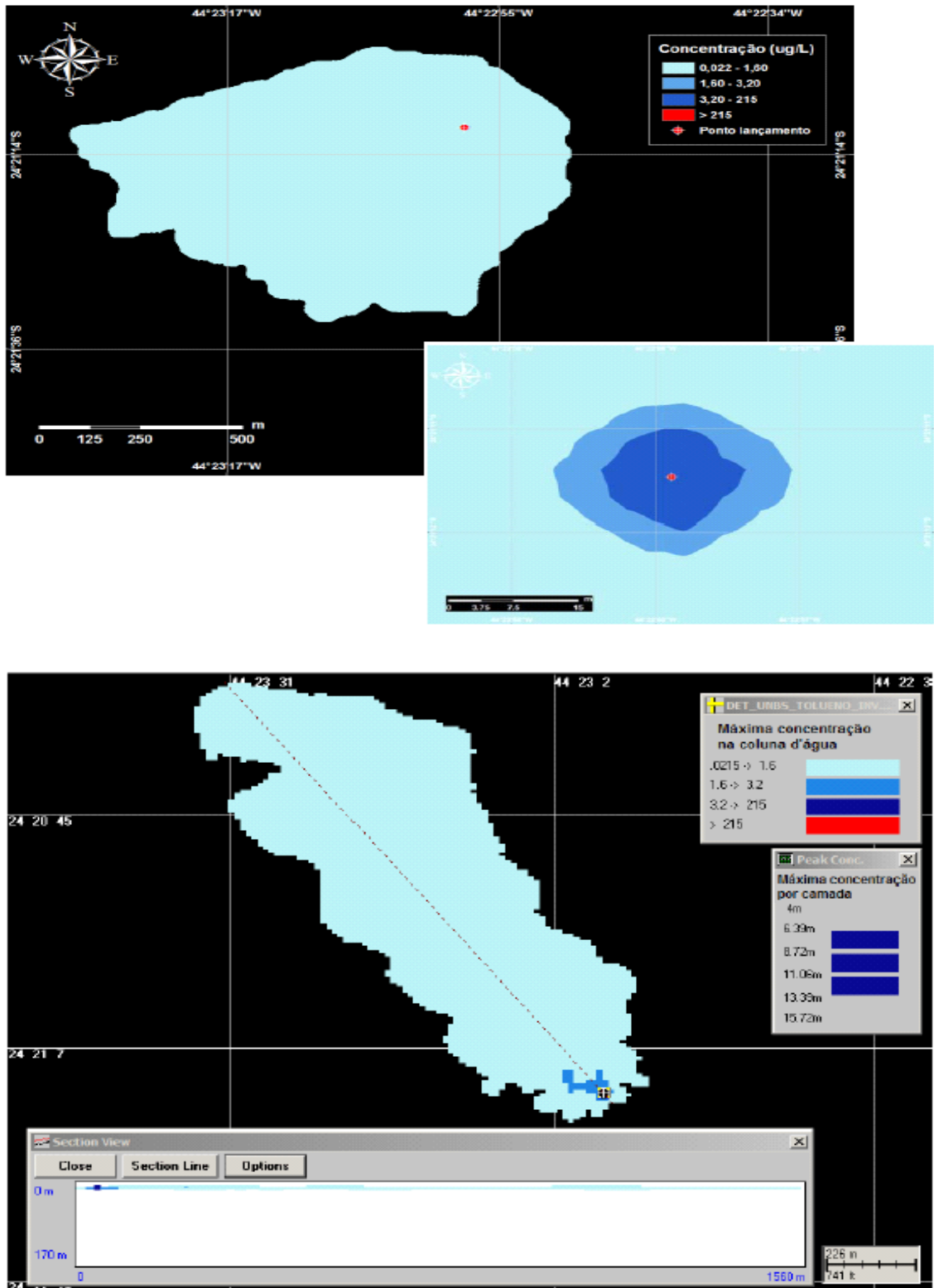


Figura II.6.1.1-4 – Cenários probabilístico (acima) e determinístico no período de inverno para a pluma de Tolueno. As cores representam as concentrações máximas esperadas ($\mu\text{g/l}$) após 24 horas de simulação. Fonte: ASA, 2007.

As Figuras II.6.1.1-5 e II.6.1.1-6 apresentam os resultados das simulações probabilísticas e determinísticas para os fenóis totais, nos períodos de verão e inverno, respectivamente. O limite de corte adotado nestas figuras corresponde à diluição de 10.000 vezes a concentração do critério ambiental, ou seja, 0,006 µg/l.

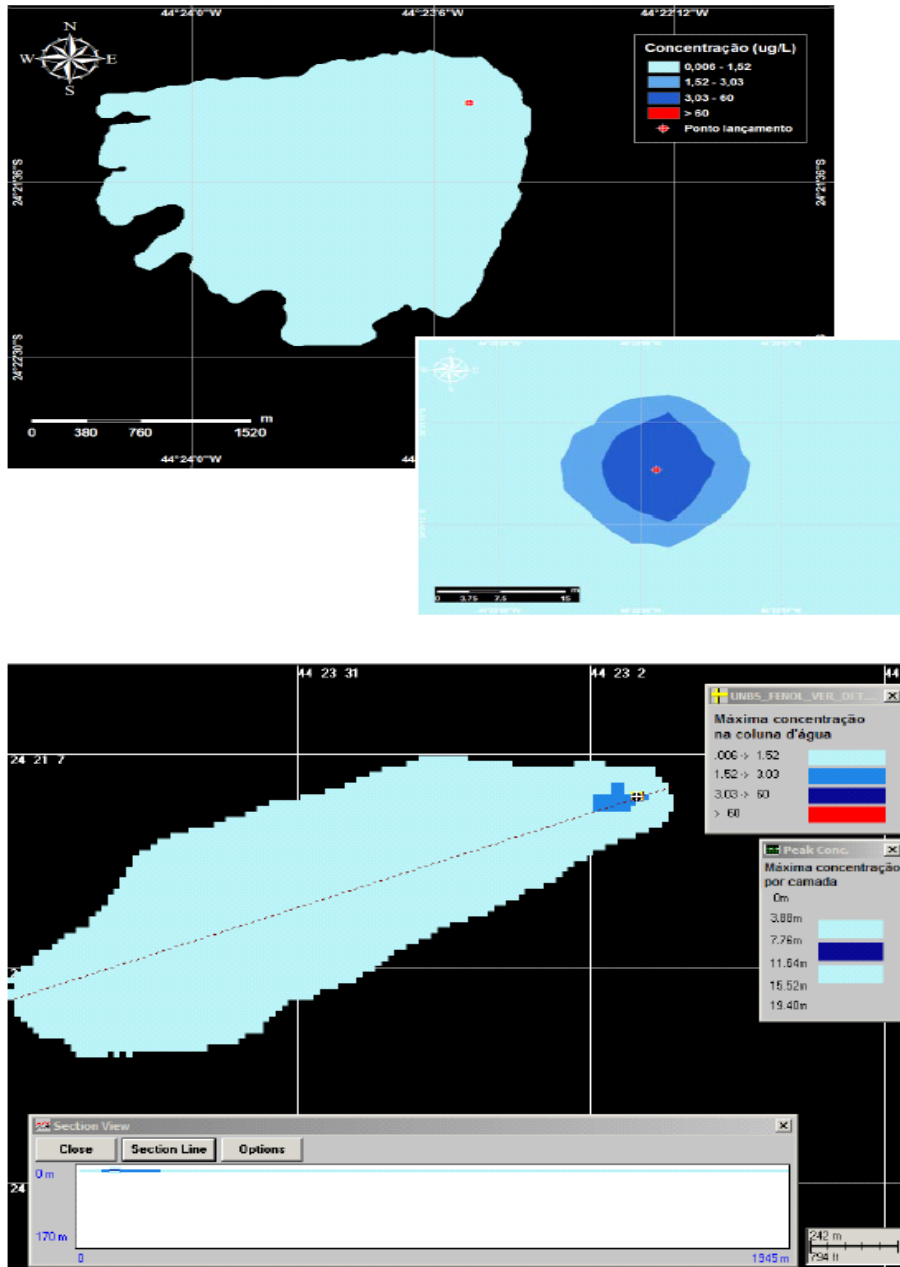


Figura II.6.1.1-5 – Cenários probabilístico (acima) e determinístico no período de verão para a pluma de Fenóis Totais. As cores representam as concentrações máximas esperadas (µg/l) após 24 horas de simulação.
Fonte: ASA, 2007.

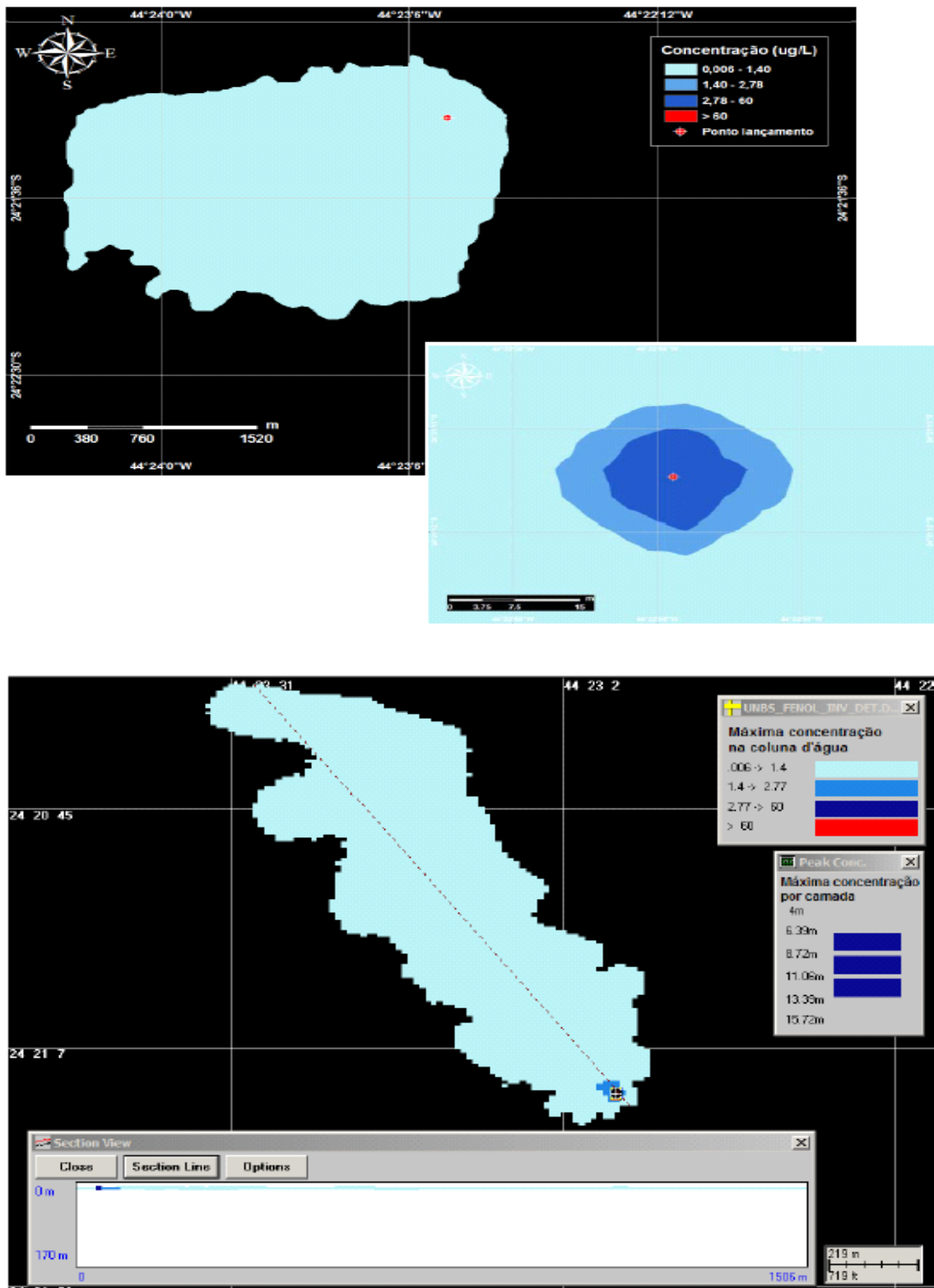


Figura II.6.1.1-6 – Cenários probabilístico (acima) e determinístico no período de inverno para a pluma de Fenóis Totais. As cores representam as concentrações máximas esperadas ($\mu\text{g/l}$) após 24 horas de simulação. Fonte: ASA, 2007.

II.6.1.2 - Modelagem da Dispersão de Condensado

Com o objetivo de avaliar possíveis impactos decorrentes de acidentes de vazamento de condensado, durante as atividades do Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, foram definidos dois pontos críticos para a realização das modelagens - o P1, considerando um *blowout* no Campo de Mexilhão e o P2, considerando o ponto de enterramento, na isóbata de 70 metros, do duto de exportação de condensado do gasoduto de exportação.

Os estudos de modelagem numérica foram realizados pela empresa *ASA South America*. O relatório detalhado da ASA, contendo toda a descrição do modelo, suas premissas e resultados, encontra-se no Anexo II.6-2 deste documento.

A seguir, faz-se um breve resumo dos resultados obtidos a partir da modelagem realizada, onde o sistema de modelos **SIMAP**, 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 condensado no Campo de Mexilhão é representado pela grade gerada para a região da Bacia de Santos. A grade possui dimensão horizontal máxima de 70x100 pontos, com resolução média de aproximadamente 3.000 m (Figura II.6.1.2-1).

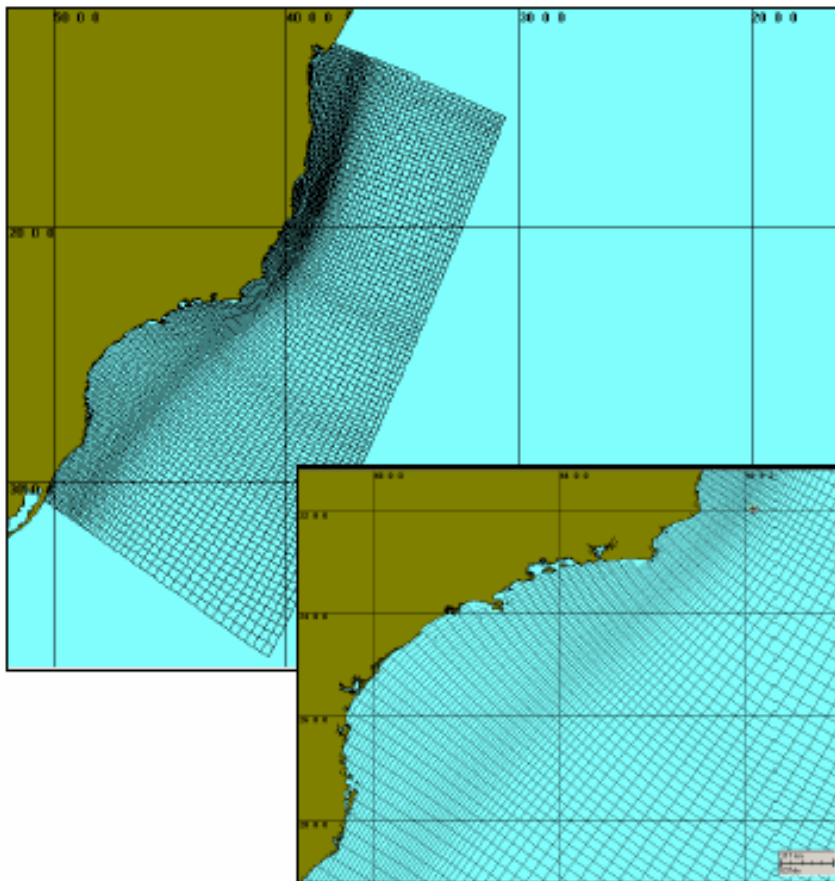


Figura II.6.1.2-1 - Grade computacional utilizada nas simulações da circulação hidrodinâmica da Bacia de Santos para a realização da modelagem de vazamento de condensado. Fonte: ASA, 2006.

A Figura II.6.1.2-2 apresenta o mapa batimétrico da Bacia de Santos, referente ao domínio do modelo.

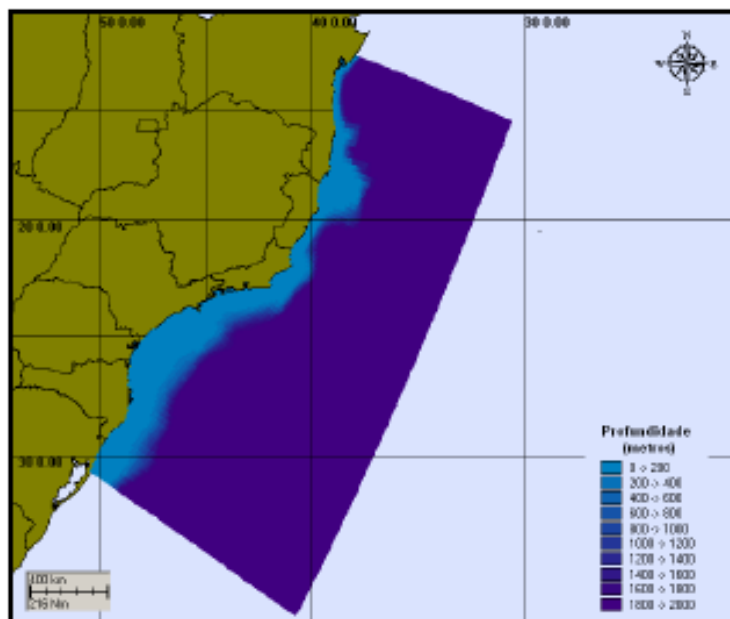


Figura II.6.1.2-2 - Batimetria discretizada do domínio considerando a Bacia de Santos. Fonte: ASA,2006.

A modelagem hidrodinâmica utilizou dados de vento provenientes de reanálises do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) para o ano de 1992, interpolados na grade. Para a modelagem de deriva de óleo, também foram utilizados dados de vento obtidos do NCEP para a Bacia de Santos, para o ano de 1992, com intervalo de amostragem de 1 hora. A Figura II.6.1.2-3 apresenta o histograma direcional para a série temporal, onde foi adotada a convenção meteorológica, isto é, a direção do vento corresponde à direção de onde este vem.

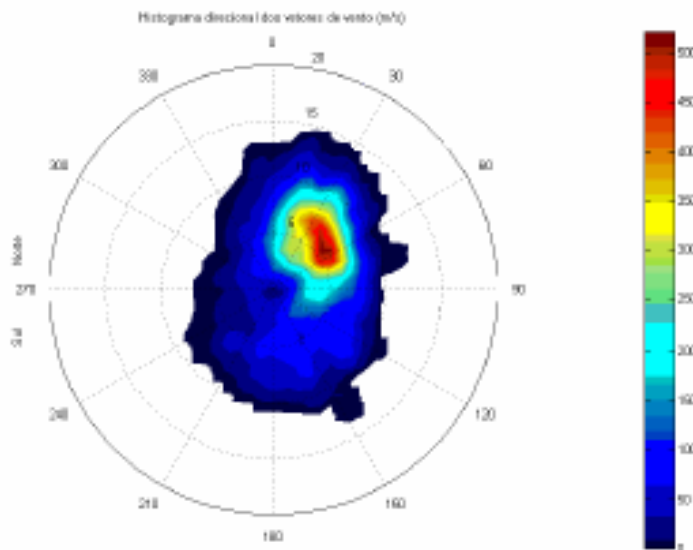


Figura II.6.1.2-3 - Histograma direcional dos vetores de vento NCEP para o ano de 1992, na Bacia de Santos.
Fonte: ASA, 2006.

O Quadro II.6.1.2-1 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento para os dados fornecidos. Observa-se que os ventos mais freqüentes são de NE (22,7%) e NNE (21,9%). Os ventos com velocidades médias máximas (7,1 m/s) vieram de NNE e os ventos mais fortes registrados foram provenientes de SE (12,9 m/s) e N e SSE (12,5 m/s). Do total de registros dos ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 10,0 m/s, como indicam os percentuais apresentados na tabela.

Quadro II.6.1.2-1 - Tabela de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento para o ano de 1992, na Bacia de Santos.

Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do Vento.
Obs.: a direção é medida em graus e para o sentido utiliza-se a convenção meteorológica que é de onde o vento vem .

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Total	Porc.	Dir.med.
0.0- 1.0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	1	1	0	1	1	0	9	0.6	221
1.0- 2.0	2	4	5	2	3	1	1	2	1	2	4	4	4	4	0	1	40	2.7	298
2.0- 3.0	6	7	5	6	5	5	5	2	3	2	5	0	1	2	2	8	64	4.4	53
3.0- 4.0	13	10	7	7	8	7	7	4	5	8	3	3	3	1	3	4	93	6.4	67
4.0- 5.0	12	6	11	10	8	16	13	8	9	4	5	10	3	4	4	7	130	8.9	96
5.0- 6.0	17	24	26	25	19	5	17	11	12	9	9	1	4	2	3	2	186	12.7	73
6.0- 7.0	17	24	35	32	21	11	9	12	14	9	7	2	1	0	2	10	206	14.1	68
7.0- 8.0	11	34	42	30	20	9	14	14	10	14	11	2	2	1	1	2	217	14.8	73
8.0- 9.0	10	29	37	26	7	13	6	8	11	9	16	7	1	1	2	0	183	12.5	70
9.0-10.0	7	26	38	22	8	1	3	2	11	9	7	1	0	1	2	0	138	9.4	57
10.0-11.0	6	18	27	18	1	0	3	4	4	6	4	0	0	0	0	2	93	6.4	51
11.0-12.0	0	13	16	12	3	0	0	0	3	5	1	1	0	0	0	0	54	3.7	55
12.0-13.0	0	4	17	4	0	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	32	2.2	61
13.0-14.0	1	2	4	0	1	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	14	1.0	75
14.0-15.0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1	46
15.0-16.0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0.2	286
16.0-17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.1	237
Total	102	201	272	195	104	69	80	67	89	83	74	34	21	17	20	36	1464		
Porc.	7.0	13.7	18.6	13.3	7.1	4.7	5.5	4.6	6.1	5.7	5.1	2.3	1.4	1.2	1.4	2.5			
Vel.med.			6.1	7.6	8.1	7.4	6.3	5.8	5.9	6.4	7.3	7.1	6.7	6.0	5.5	4.1	5.3		5.0
Vel.max.	13.4	13.7	15.1	12.7	13.4	12.0	12.3	11.0	13.5	13.4	13.4	16.6	15.7	9.2	9.2	10.7			
Percts(0,9)	9.0	10.0	11.0	10.0	9.0	8.0	8.0	8.0	10.6	10.2	9.0	9.2	10.8	7.8	8.5	6.9			

Fonte: ASA,2006

O campo de elevação do nível do mar foi incorporado ao modelo hidrodinâmico, utilizando-se como forçante nos contornos, os dados do modelo global de maré do *Center for Space Research* da Universidade do Texas - CSR3.

Os campos de temperatura e salinidade usados para inicialização do campo baroclínico do *Parallel Ocean Climate Model* (POCM) foram obtidos através da Climatologia LEVITUS.

A partir dos dados de entrada no modelo hidrodinâmico foi gerado um campo de velocidades para a área de estudo, como é observado na Figura II.6.1.2-4, que apresenta um instantâneo da corrente de superfície no período (ano de 1992) considerado para as simulações com o modelo de óleo.

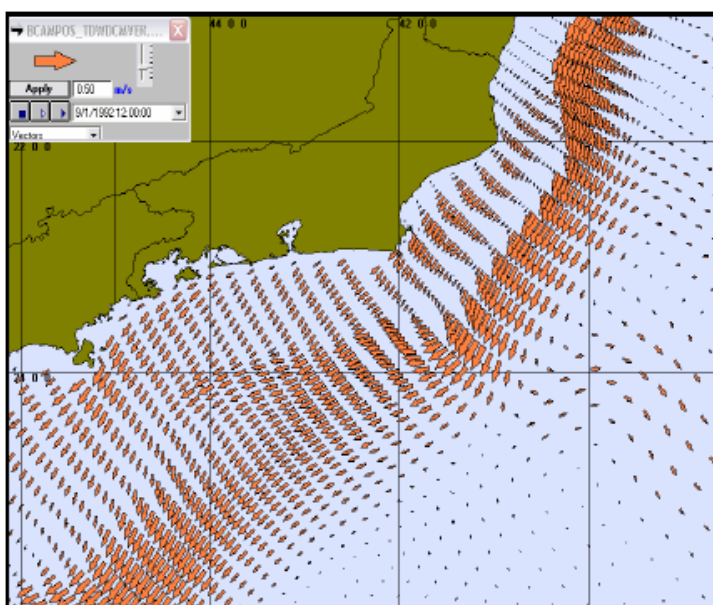


Figura II.6.1.2-4 - Exemplo ilustrativo de campo de velocidades obtidos com o modelo hidrodinâmico, com dados do ano de 1992.

As características do condensado encontrado no Campo de Mexilhão, e utilizado nas simulações matemáticas, foram fornecidas pela Petrobras e encontram-se no Quadro II.6.1.2-2, abaixo.

Quadro II.6.1.2-2– Características do condensado utilizado nas simulações matemáticas.

PARÂMETRO	VALOR			
Grau API a 25°C	49,7			
Densidade (g/cm ³)	0,782			
Viscosidade dinâmica a 25°C (cP)	1,495			
Tensão interfacial (din/cm)	20.503			
Concentração da fase óleo (fração) em diferentes pontos de ebulição	Fases	< 180°C	180 – 264°C	265 – 380°C
	Aromáticos	0,12945	0,00438	0,00617
	Alifáticos	0,60840	0,09650	0,15510
	Hidrocarbonetos totais	0,73785	0,10088	0,16127

Fonte: ASA,2006.

Resultados para o Ponto P1

Para o ponto P1 foram conduzidas simulações correspondentes à perda de controle (*blowout*) do poço de maior vazão por 30 dias.

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

As coordenadas do ponto de risco P1 foram especificadas pela Petrobras, conforme o Quadro II.6.1.2-3.

Quadro II.6.1.2-3 - Coordenadas (SAD 69) do ponto de risco P1 de derrame de condensado no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LÂMINA D'ÁGUA (m)
P1	24°30'14"S	44°14'17"W	468

Os volumes utilizados nas simulações realizadas para o ponto P1 foram definidos segundo a Resolução CONAMA nº 293/01:

Pequeno: 8 m³

Médio: 200 m³

Pior caso: 12.508,9 m³

O volume de “pior caso” foi definido como o volume resultante da perda de controle de um poço, com vazão de 17,37 m³/h, no ponto P1, por 30 dias. Nas simulações de “pior caso”, o derrame de todo o volume foi considerado contínuo ao longo dos 30 dias.

As simulações probabilísticas foram realizadas através da variação aleatória do momento de início do derrame dentro do período para o qual se dispunha de dados de vento (1º de janeiro a 31 de dezembro de 1992), divididas em dois períodos, correspondendo ao verão (janeiro a março) e ao inverno (junho a agosto). Para que se pudesse incorporar a variabilidade das forçantes meteorológicas e oceanográficas, foi realizada uma série de 100 simulações para cada cenário probabilístico.

O critério de parada adotado nas simulações de “pior caso” foi o período de 30 dias. O Quadro II.6.1.2-4 apresenta os cenários de pior caso simulados para o ponto P1.

Quadro II.6.1.2-4 – Cenários de pior caso considerados para o ponto P1.

CENÁRIOS	PRODUTO	VOLUME (m3)	ESTAÇÃO DO ANO	TEMPO
MEXILHAO_COND_P1_VER_12.508_30DIAS	condensado	12.508,9	verão	30 dias
MEXILHAO_COND_P1_INV_12.508_30DIAS	condensado	12.508,9	inverno	30 dias

Os resultados dos cenários probabilísticos mostraram que, tanto para condições de verão quanto para condições de inverno, não existe a probabilidade de toque do condensado na costa. Observa-se, ainda, que os contornos de probabilidade definem a área de presença de condensado como restrita à região *offshore*, próxima ao ponto de derramamento (Figuras II.6.1.2-5 e II.6.1.2-6).

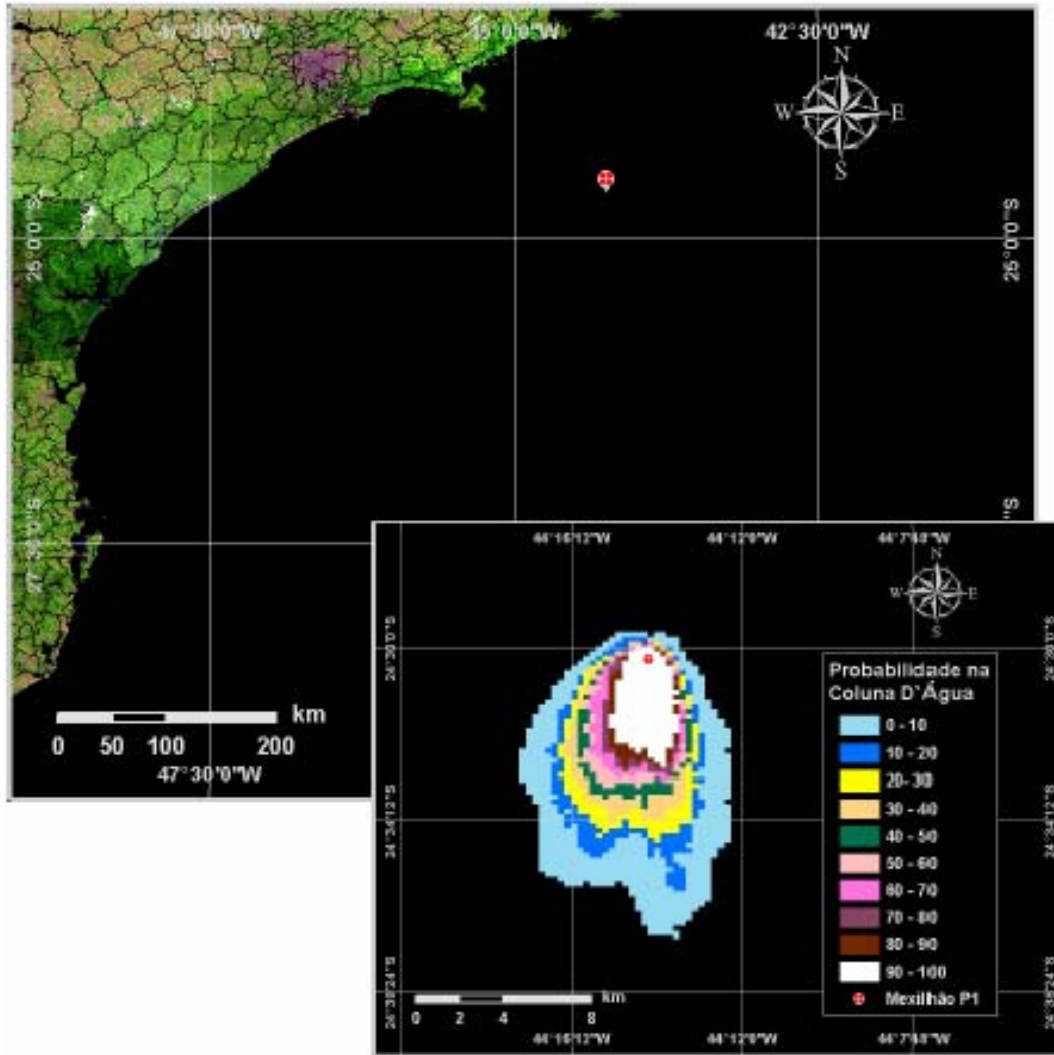


Figura II.6.1.2-5 - Cenário MEXILHAO_P1_VERÃO_PIORCASO_30DIAS.
Contornos de probabilidade de presença de condensado na coluna d'água para um vazamento ocorrendo no ponto P1, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $17,37 \text{ m}^3/\text{h}$, por 30 dias. Fonte: ASA (2006).

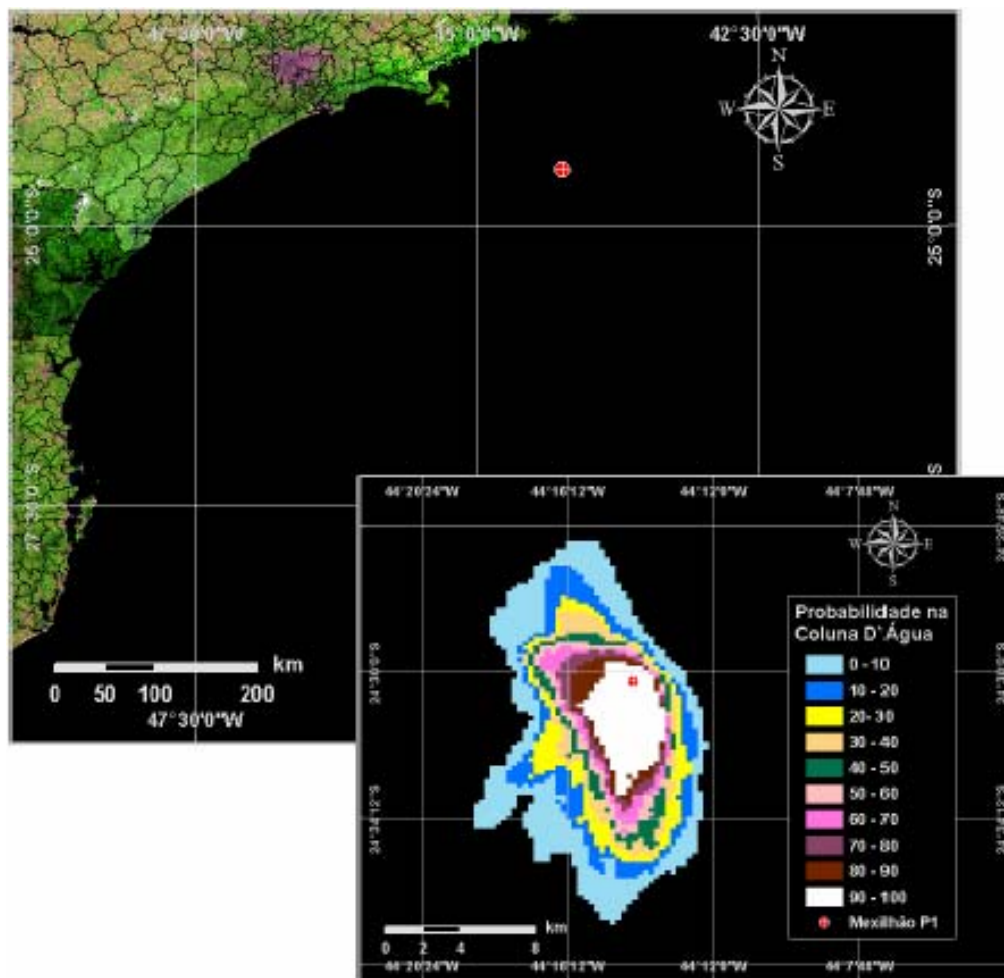


Figura II.6.1.2-6 - Cenário EXILHAO_P1_INVERNO_PIORCASO_30DIAS.
Contornos de probabilidade de presença de condensado na coluna d'água para um vazamento ocorrendo no ponto P1, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de $17,37 \text{ m}^3/\text{h}$, por 30 dias. Fonte: ASA (2006).

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 os cenários que apresentaram as maiores concentrações de condensado (dissolvido) na coluna d'água. Em ambos os cenários foram considerados vazamentos de $12.508,9 \text{ m}^3$ ($17,37 \text{ m}^3/\text{h}$ por 30 dias). O Quadro II.6.1.2-5 apresenta um resumo dos cenários críticos de verão e inverno obtidos para o vazamento de condensado no ponto P1.

Quadro II.6.1.2-5 - Resumo dos cenários determinísticos críticos de verão e de inverno para P1 no campo de Mexilhão.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA (ppb)
MEXILHAO_COND_P1_VER_12.508_30DIAS	03/01/1992	9.300
MEXILHAO_COND_P1_INV_12.508_30DIAS	25/06/1992	11.300

Fonte: ASA (2006).

As Figuras II.6.1.2-7 e II.6.1.2-8 apresentam os contornos de concentração obtidos nas simulações determinísticas de verão e inverno para derramamento de condensado ocorrido no ponto P1 (Campo de Mexilhão), no instante de maior concentração na coluna d'água (9 horas após o início da simulação para o verão e 5 horas após o início da simulação para o inverno).

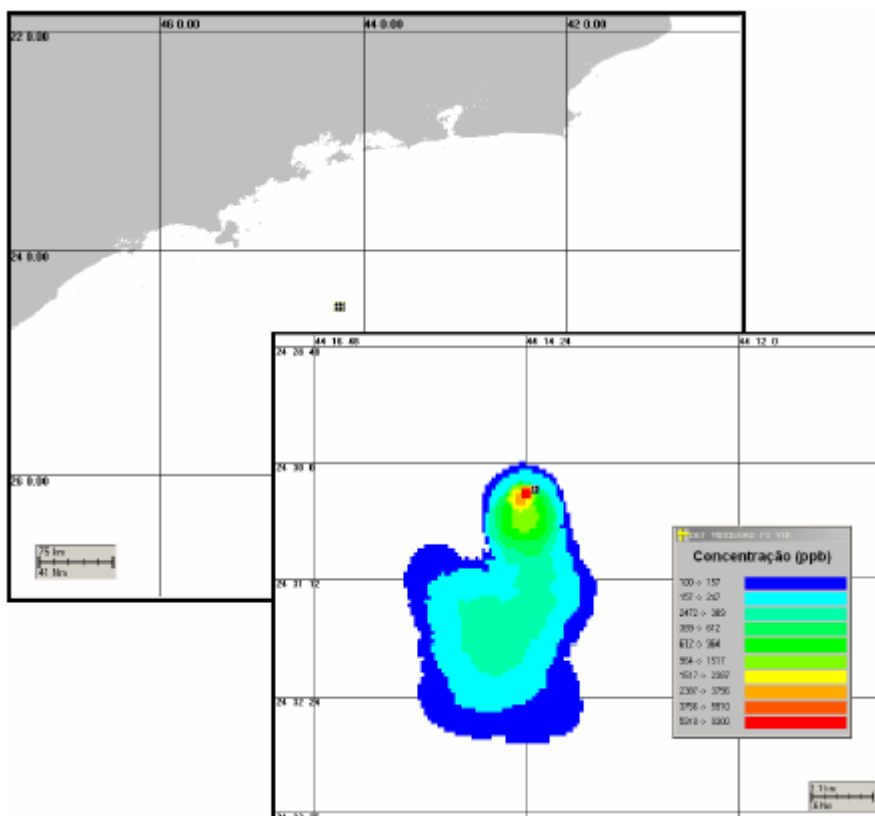


Figura II.6.1.2-7 - Cenário determinístico crítico para um vazamento de condensado ocorrido no ponto P1 no período de verão (janeiro a março), após 9 horas. Fonte: ASA (2006).

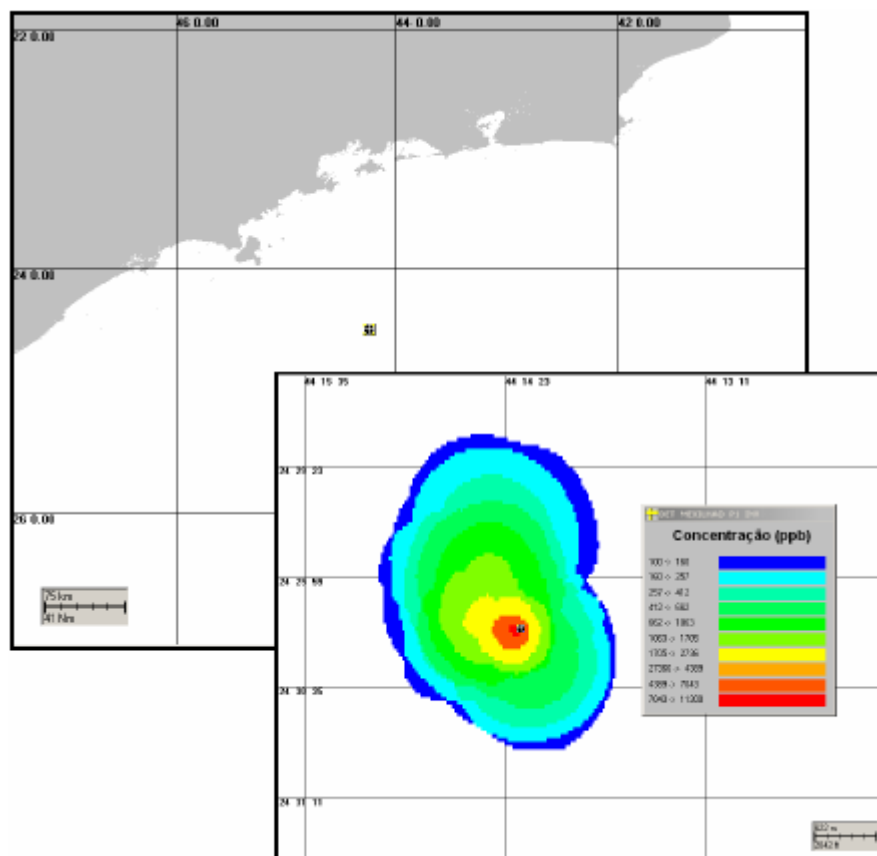


Figura II.6.1.2-8 - Cenário determinístico crítico para um vazamento de condensado ocorrido no ponto P1, no período de inverno (junho a agosto), após 5 horas. Fonte: ASA (2006).

Resultados para o Ponto P2

Para o ponto P2 foram conduzidas simulações correspondentes à vazamento ocorrido no ponto de enterramento do duto de exportação de condensado, situado na isóbata de 70 metros.

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

As coordenadas do ponto de risco P2 foram especificadas pela Petrobras e encontram-se listadas no Quadro II.6.1.2-6, abaixo.

Quadro II.6.1.2-6 - Coordenadas (SAD 69) do ponto de risco P2 de derrame de condensado no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LÄMINA D'ÁGUA (m)
P2	23°54'12"S	38°56'36" W	70

Para o ponto P2, foi estimado um volume vazado de 3.202 m³, obtido levando-se em consideração o volume máximo de condensado que o *slug catcher* em Caraguatatuba pode receber e a vazão máxima do duto (755 m³/dia) e um tempo de vazamento correspondente ao instante inicial de uma ruptura até a detecção e interrupção da mesma (180 segundos). A este somou-se o volume ocupado pelo condensado no duto, sem levar em consideração os efeitos termodinâmicos. Neste caso também foi considerado o vazamento de todo o volume de condensado (3.202 m³) instantaneamente, sendo monitorada a trajetória e o intemperismo do condensado ao longo do tempo de simulação.

Para o ponto P2, o critério de parada das simulações baseou-se na redução da concentração de condensado na coluna d'água em cerca de 68 vezes a concentração inicial, o que levou aproximadamente 60 h. Neste período as concentrações máximas observadas são inferiores a 20 ppm, valor estabelecido como critério de parada para simulações de deriva e intemperismo de petróleo e derivados (ASA,2006).

As simulações probabilísticas foram realizadas através da variação aleatória do momento de início do derrame dentro do período para o qual se dispunha de dados de vento (1º de janeiro a 31 de dezembro de 1992), divididas em dois períodos, correspondendo ao verão (janeiro a março) e ao inverno (junho a agosto). Para que se pudesse incorporar a variabilidade das forçantes meteorológicas e oceanográficas, foi realizada uma série de 100 simulações para cada cenário probabilístico.

O Quadro II.6.1.2-7 apresenta os cenários simulados para o ponto P2, considerando o volume de 3202 m³.

Quadro II.6.1.2-7 – Cenários de pior caso considerados para o ponto P2.

CENÁRIOS	PRODUTO	VOLUME (m³)	ESTAÇÃO DO ANO	TEMPO
MEXILHAO_COND_P2_VER_3202_60H	condensado	3.202	verão	60 horas
MEXILHAO_COND_P2_INV_3202_60H	condensado	3.202	inverno	60 horas

Os resultados dos cenários probabilísticos mostraram que tanto para condições de verão quanto para condições de inverno existe a probabilidade de toque do condensado na costa, porém que esta se restringe às ilhas a leste da Ilha de São Sebastião (dos Búzios, Somitica, das Cabras, dos Pescadores e da Vitória), com probabilidades de toque entre 10% e 20% (Figuras II.6.1.2-9 e II.6.1.2-10).

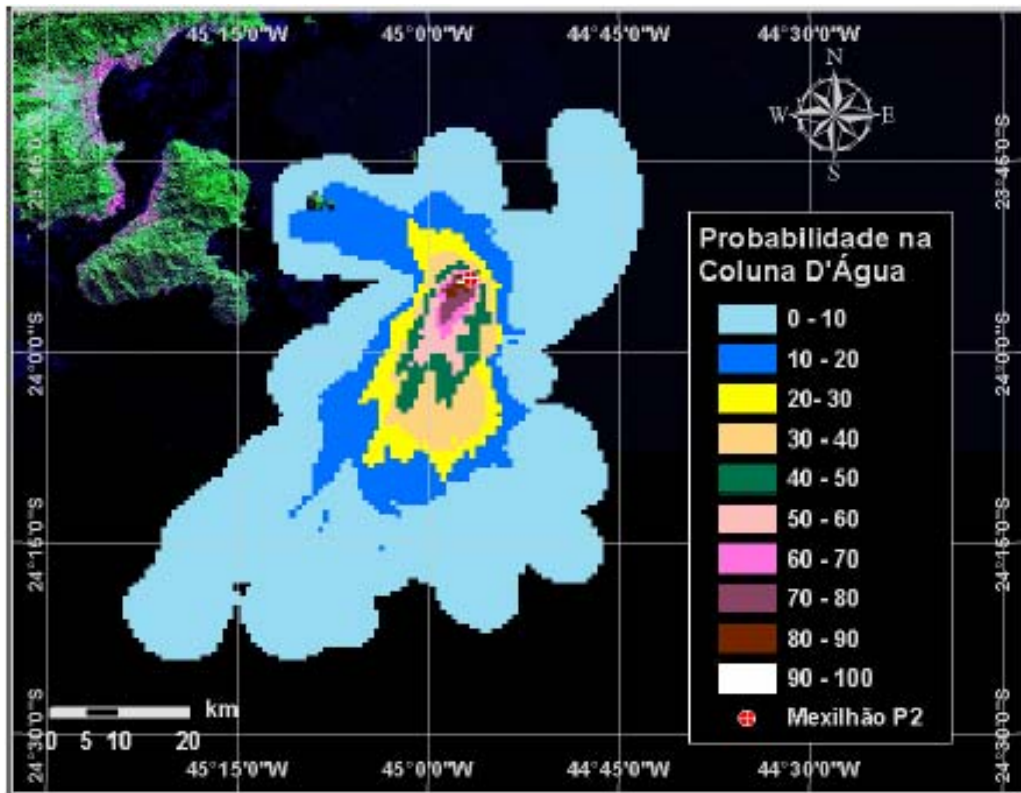


Figura II.6.1.2-9 - Cenário MEXILHAO_P2_VER_PCASO_60H. Contornos de probabilidade de presença de condensado na coluna d'água para um vazamento ocorrendo no ponto P2, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 3.202 m³, após 60 horas. Fonte: ASA, 2006.

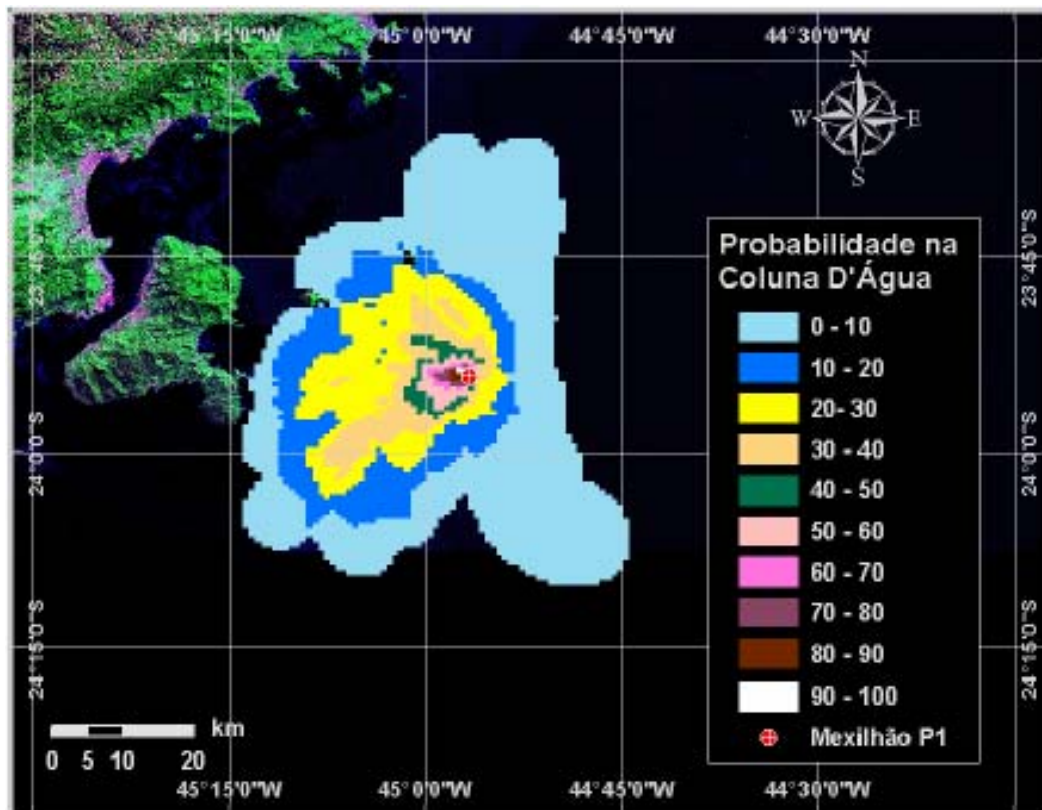


Figura II.6.1.2-10 - Cenário MEXILHAO_P2_INV_PCASO_60H. Contornos de probabilidade de presença de condensado na coluna d'água para um vazamento ocorrendo no ponto P2, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 3.202 m^3 , após 60 horas. Fonte: ASA, 2006.

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, os cenários que apresentaram as maiores concentrações de condensado (dissolvido) na coluna d'água. Em ambos os cenários foram considerados vazamentos de 3.202 m^3 . O Quadro II.6.1.2-8 resume os cenários críticos de verão e inverno obtidos para o condensado.

Quadro II.6.1.2-8 - Resumo dos cenários determinísticos críticos de verão e de inverno para vazamento no P2.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA (ppb)
COND_P2_VER_3202_60H	24/01/1992	200.000
COND_P2_INV_3202_60H	07/08/1992	200.000

As Figuras II.6.1.2-11 e II.6.1.2-12 apresentam os contornos de concentração observados na simulação determinística de verão para vazamento de condensado a partir de rompimento do duto no ponto P2 (isóbata de 70 m) no instante de maior concentração na coluna d'água (1 hora após o início da simulação e no instante final da simulação, após 60 horas).

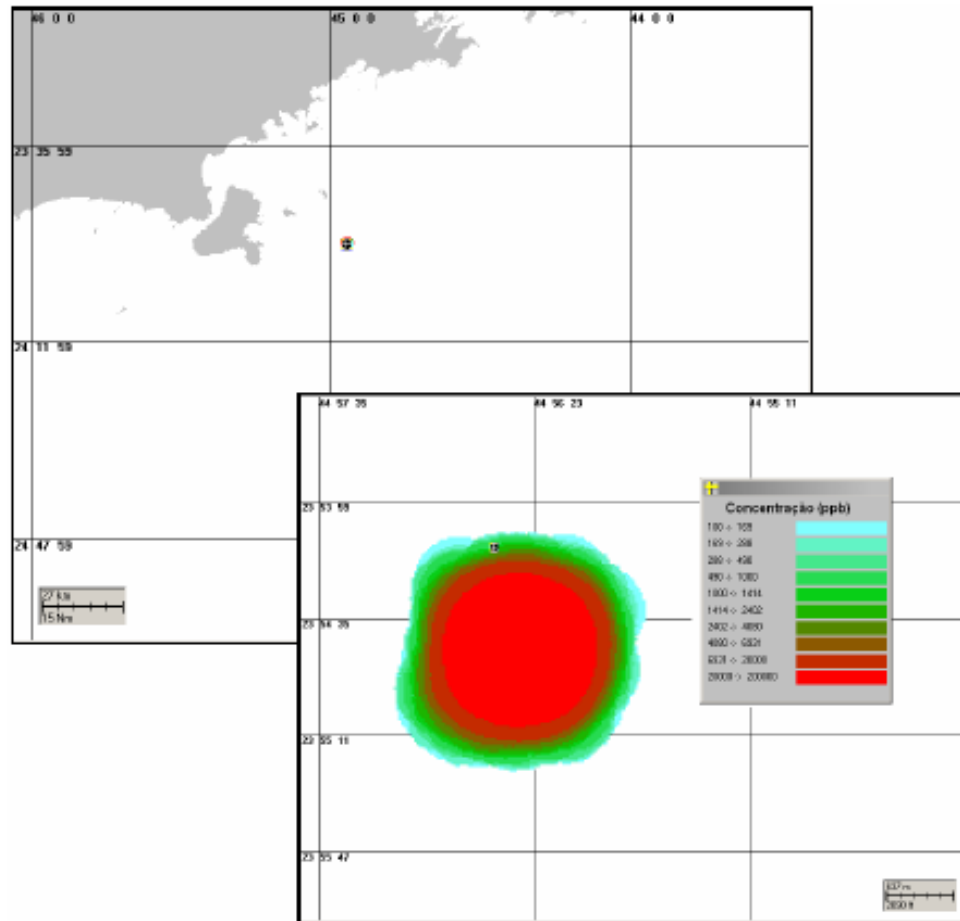


Figura II.6.1.2-11 - Cenário determinístico crítico para um vazamento de condensado ocorrido no ponto P2, no período de verão (janeiro a março), com derrame de 3.202 m^3 , após 1 hora. Fonte: ASA , 2006.

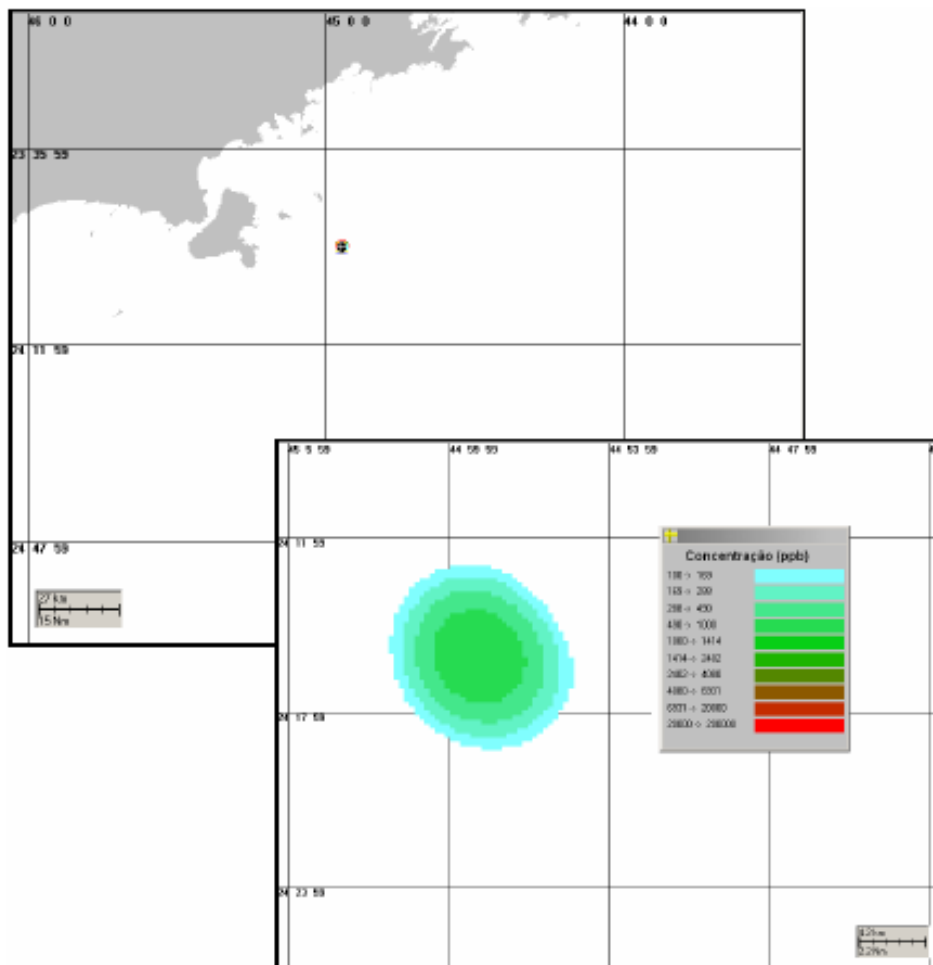


Figura II.6.1.2-12 - Cenário determinístico crítico para um vazamento de condensado ocorrido no ponto P2, no período de verão (janeiro a março), com derrame de 3.202 m³, ao final da simulação - 60 horas. Fonte: ASA , 2006.

As Figuras II.6.1.2-13 e II.6.1.2-14 apresentam os contornos de concentração na simulação determinística de inverno para vazamento de condensado a partir do rompimento do duto no ponto P2, no instante de maior concentração na coluna d'água (1 hora após o início da simulação e no instante final da simulação, após 60 horas).

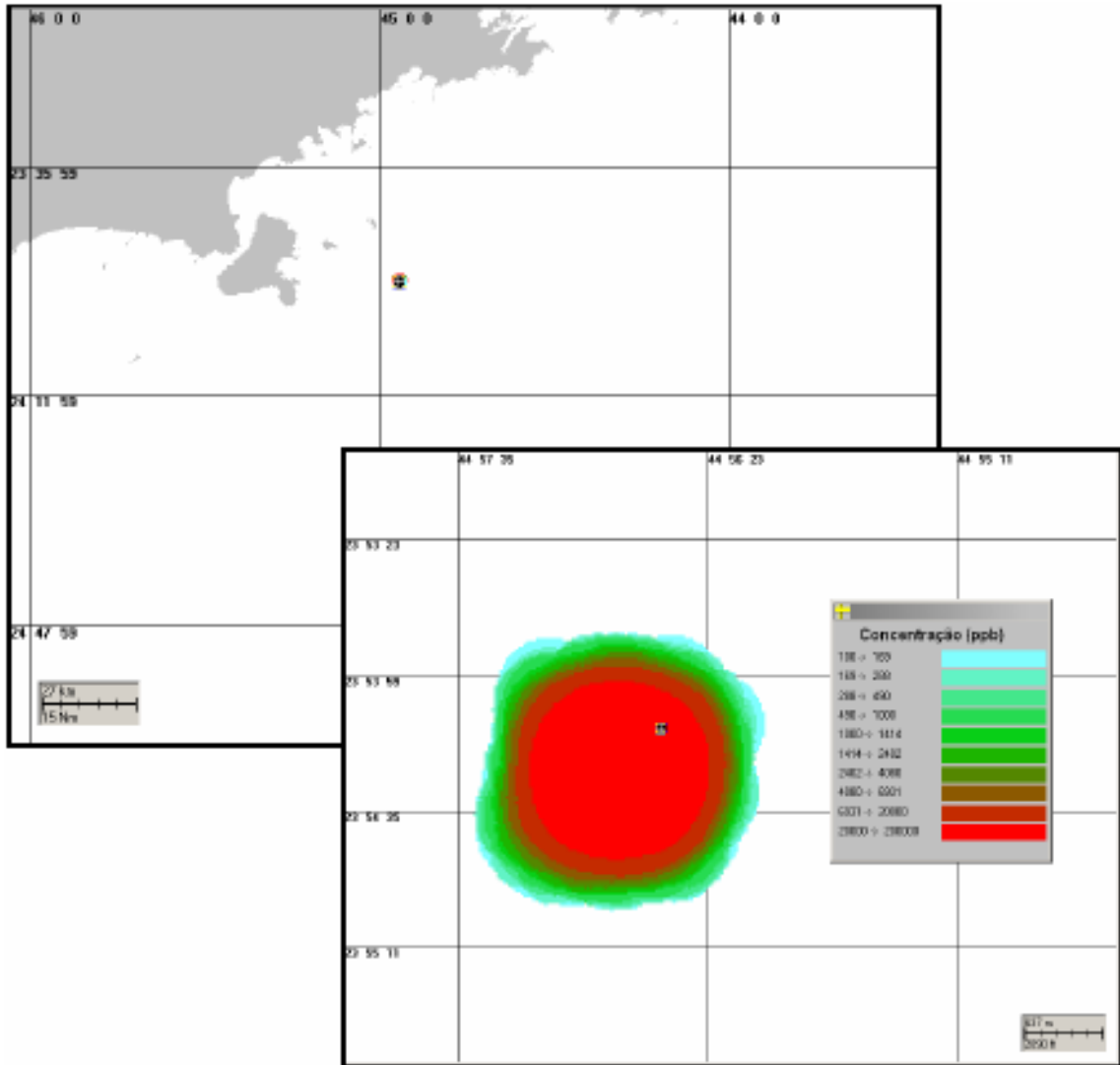


Figura II.6.1.2-13 - Cenário determinístico crítico para um vazamento de condensado ocorrido no ponto P2, no período de inverno (junho a agosto), após 1 hora. Fonte: ASA (2006).

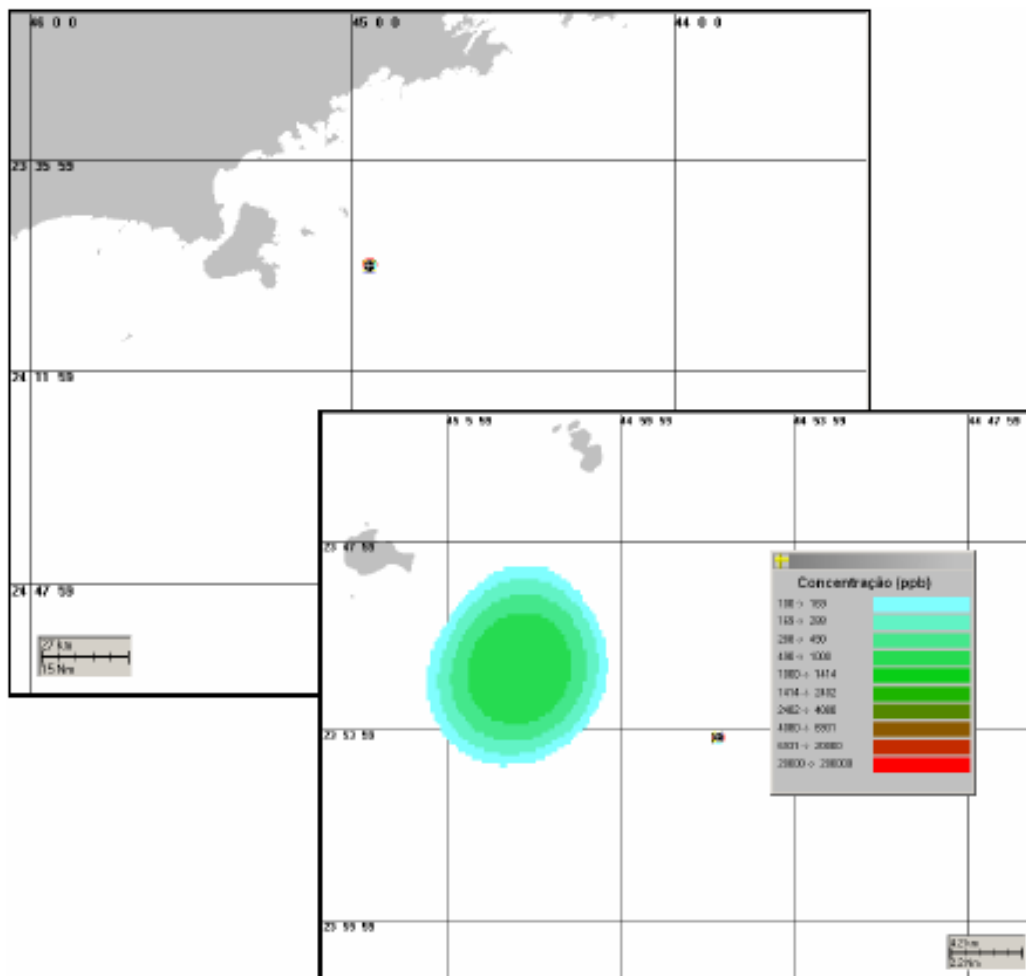


Figura II.6.1.2-14 - Cenário determinístico crítico para um vazamento de condensado ocorrido no ponto P2, no período de inverno (junho a agosto), ao final da simulação - 60 horas.
Fonte: ASA , 2006.

II.6.1.3 - Modelagem da Dispersão de Fluido de Preenchimento do Gasoduto

Para avaliar a influência do descarte do fluido de preenchimento do gasoduto no campo de Mexilhão, Bacia de Santos, foi realizada uma modelagem numérica a partir da localização da plataforma PMXL-1.

O estudo de modelagem numérica foi realizado pela empresa Prooceano. O modelo escolhido para este trabalho é conhecido pelo nome OOC (Offshore Operators Committee) e foi 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.6-3.

A plataforma PMXL-1 está situada à 24° 21' 9,66" S e 44° 22' 56,45" W, na Bacia de Santos, em uma lâmina d'água de aproximadamente 172 metros

O descarte do fluido de preenchimento do gasoduto ocorrerá de forma ininterrupta, durante 15 dias, lançando ao mar aproximadamente 70.000 m³ de fluido. O descarte se dará na coluna d'água, próximo à superfície, onde a densidade do efluente descartado (1026,83 kg/m³) aproxima-se daquela esperada para águas oceânicas superficiais (1025 kg/m³). Um resumo das características do descarte é apresentado no Quadro II.6.1.3-1.

Quadro II.6.1.3-1 - Características do descarte.

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
Profundidade de descarte	10.00	m
Diâmetro da Fonte	1.20	m
Ângulo em relação à superfície	90.00	°
Duração do Descarte	360.00	h
Vazão	194.44	m ³ /h
Densidade do efluente	1026.83	kg/m ³
Temperatura do efluente	15.00	°C
Salinidade do efluente	36.05	

Fonte: Prooceano, 2006.

O contaminante a ser monitorado ao longo do estudo de modelagem é um , biocida (base ativa-glutaraldeído), adicionado ao fluido numa concentração de 300 ppm. Baseando-se nos testes de toxicidade do composto, serão monitorados, durante a simulação, alguns limiares de concentração de particular interesse, a saber:

- ★ 0,93 ppm [CL50]: Concentração Letal para 50% da população;
- ★ 0,006 ppm [VC]: Concentração onde são observados efeitos crônicos na população;
- ★ 0,003 ppm [CENO]: Concentração de Efeito Não-Observado.

Os resultados obtidos com o modelo mostraram, em detalhes, o comportamento da pluma até chegar na condição estacionária final, ocorrida a aproximadamente 6.500 metros de distância do ponto de descarte.

A Figura II.6.1.3-1 (abaixo) mostra o perfil longitudinal da pluma de concentração do biocida (ppm) no campo próximo, entre 0 e 60 metros de distância da fonte. Nota-se que logo após o descarte, a pluma aumenta de volume, atingindo uma espessura máxima de 10 metros a 30 metros de distância do ponto de descarte, quando seu topo situa-se a 7,5 m de profundidade e sua base a 17,5 m. A 55 m do ponto de descarte, a pluma encontra-se restrita à faixa de 10 e 15 m de profundidade.

Conforme pode ser visto na Figura abaixo, já nos primeiros 5 m de distância da fonte, a concentração de glutaraldeído cai para cerca de 100 ppm. Com mais 30 metros, mais especificamente a 37,5 m de distância do ponto de descarte, a concentração é de 10 ppm.

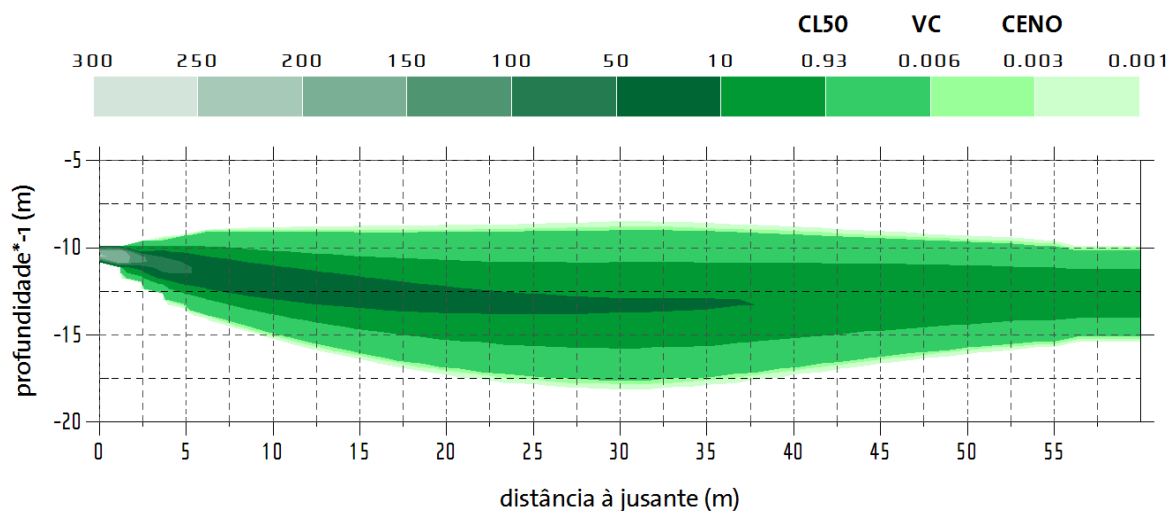


Figura II.6.1.3-1 - Perfil longitudinal da concentração de biocida (ppm) no campo próximo, entre 0 e 60 metros de distância do ponto de descarte.

Fonte: Proceano, 2006.

A Figura II.6.1.3-2 mostra o perfil longitudinal da pluma de concentração de biocida (ppm), num trecho entre 200 e 800 metros de distância do ponto de descarte. Neste perfil nota-se que a concentração de 0,93 (correspondente ao CL50) é alcançada a 300 m de distância da fonte, com a pluma estando posicionada entre as profundidades de 7,5 e 17,5 m.

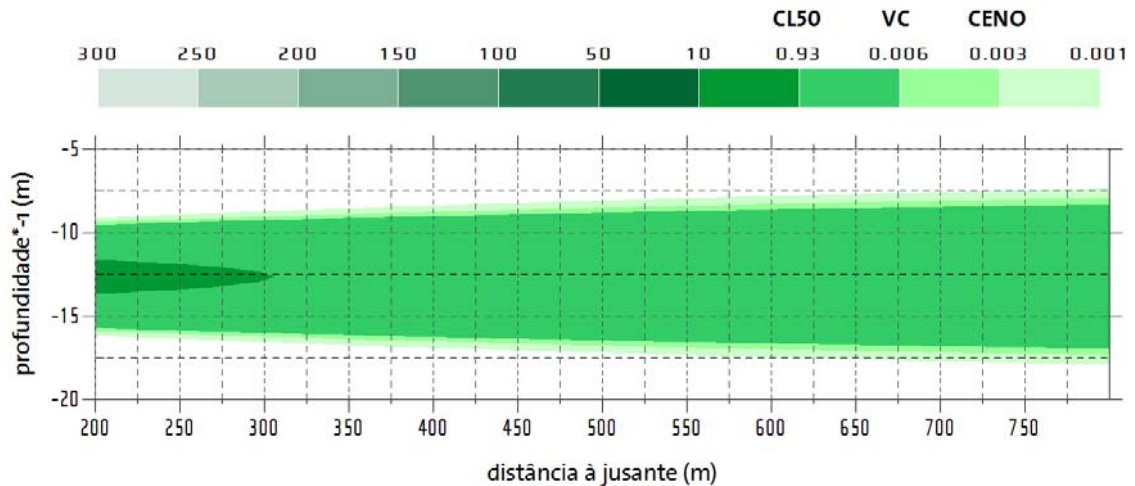


Figura II.6.1.3-2 - Perfil longitudinal da concentração de biocida (ppm) entre 200 e 800 metros de distância da fonte. Fonte: Prooceano, 2006.

A Figura II.6.1.3-3 mostra o perfil longitudinal da pluma de concentração de biocida (ppm) no campo distante, entre 5.000 e 7.000 metros de distância do ponto de descarte. Observa-se que a aproximadamente 6.100 metros de distância da fonte, os valores já se encontram abaixo do Valor Crônico (VC). Com 6.300 m, a pluma encontra-se, toda ela, abaixo da CENO e com 6.500, atinge o limiar de 0,001 ppm.

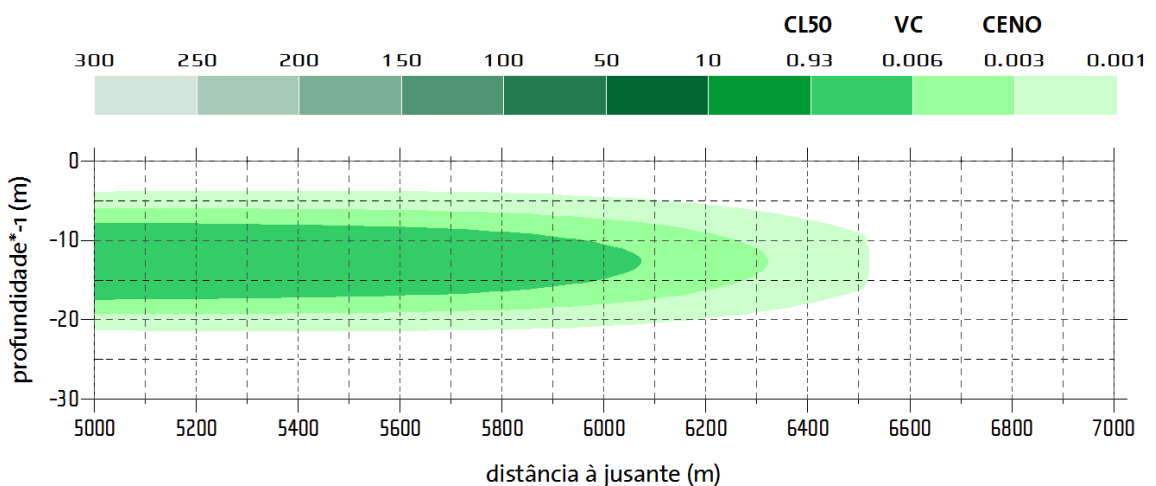


Figura II.6.1.3-3 - Perfil longitudinal da concentração de biocida (ppm) entre 5000 e 7000 metros de distância da fonte. Fonte: Prooceano, 2006.

Na Figura II.6.1.3-4 estão apresentados os resultados em planta (vista superior), mostrando o espalhamento lateral da pluma. Os resultados em planta corroboram aqueles apresentados nos perfis longitudinais, com a pluma atingindo uma largura máxima de 1500 m, a 6.000 m de distância da fonte.

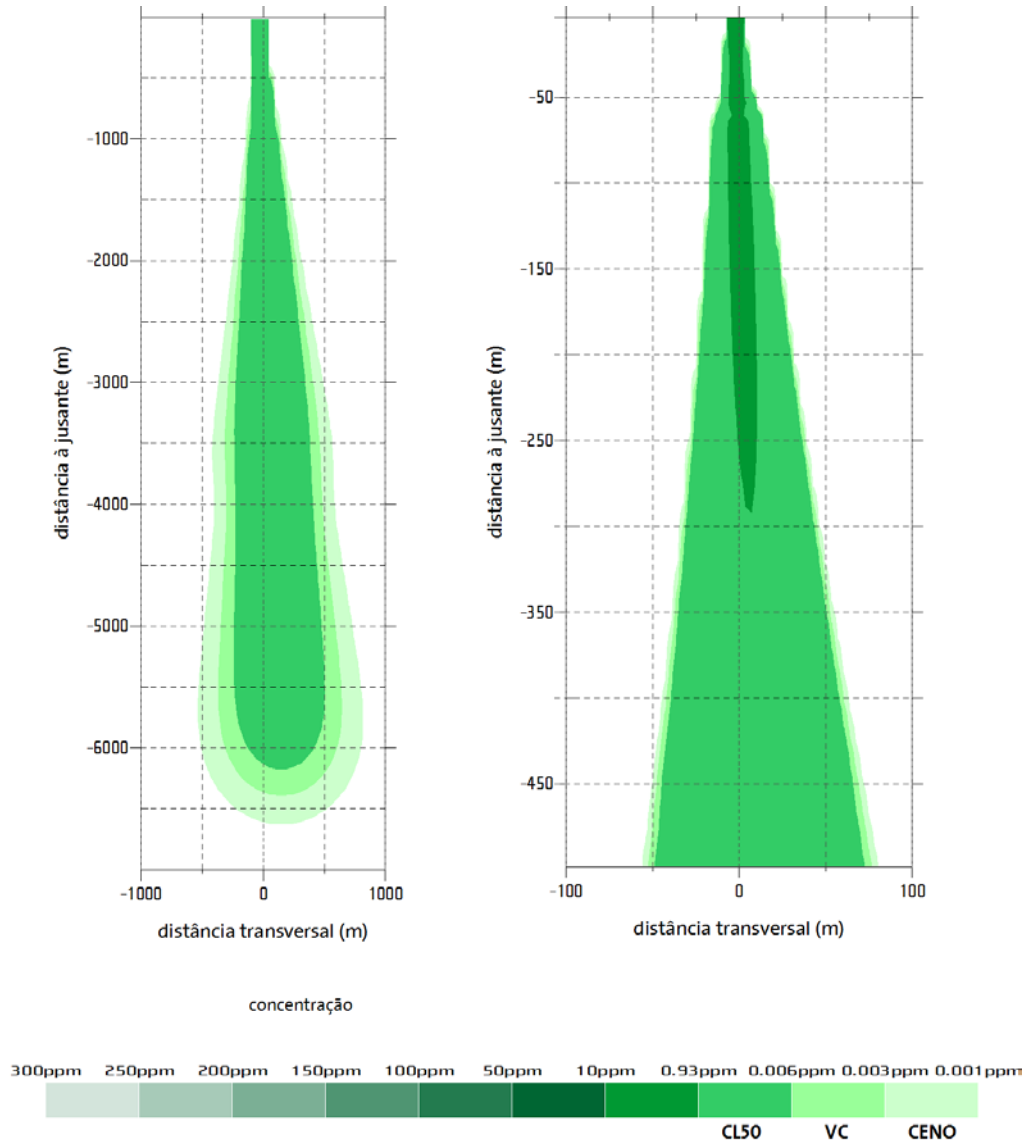


Figura II.6.1.3-4 - Visão em planta da pluma modelada. Fonte: Proceano, 2006.

Com relação ao tempo de permanência da pluma no ambiente, observa-se que esta atinge sua distância máxima da fonte com concentrações superiores à CENO aproximadamente 7 h após o início do descarte. Após 366,5 h do início do

descarte (6 horas e 30 minutos após o fim do descarte) a concentração volta a decrescer.

Resumindo os resultados acima descritos temos que, partindo de uma concentração inicial de 300 ppm, a Concentração de Efeito Não Observado (CENO) é atingida após 6.300 m de distância da fonte. As outras concentrações de interesse: Valor Crônico (VC) e CL50 são alcançadas com 6.100 e 300 m, respectivamente. Em perfil, a pluma permanece próxima à superfície, alcançando uma profundidade máxima de 20 m e mínima de 10 m. Em termos de espalhamento lateral, a pluma atinge uma largura máxima de até 1.500 m, a uma distância de 6.000 m da fonte. Finalmente, 7 horas após o término do descarte, a concentração a 6.500 m de distância da fonte volta a diminuir.