

EM TERMOS DE OCEANOGRAFIA FÍSICA, QUAL O DIAGNÓSTICO DESTA REGIÃO?

TEMPERATURA E SALINIDADE DA ÁGUA DO MAR

A intensa dinâmica oceanográfica da região onde se encontra a plataforma de exploração Marlim Sul imprime à massa d'água local características muito específicas.

Tendo em vista os trabalhos realizados por Lima (1997), e outras referências constantes da literatura, as massas d'água encontradas na região de Marlim Sul são:

Água Tropical (AT) – corresponde às águas transportadas para sul pela Corrente do Brasil. Sua maior profundidade varia entre 100 a 400m em função dos deslocamentos longitudinais nos dois ramos desta corrente e, próximo à costa, de fatores como a ressurgência. Apresenta temperaturas e salinidades altas sendo definida pelos limites $18^{\circ}\text{C} < T < 27^{\circ}\text{C}$, $S > 36$ (Harari *in* Tommasi, 1994).

Água Central do Atlântico Sul (ACAS) – flui para norte, abaixo da AT e até cerca de 700m. Apresenta temperaturas e salinidades mais baixas e é definida pelos limites $6^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$; $34.5 < S < 36$ (Miranda, 1985; Lima, 1997).

Água Intermediária Antártica (AIA) – flui no sentido norte se estendendo até cerca de 1.100m de profundidade. Suas águas são frias e apresentam a mais baixa salinidade dentre as presentes na área em questão, seus limites são $T = 6^{\circ}\text{C}$, $S < 34.4$, Signorini (1978);

Água Profunda Circumpolar Superior (APCS) – também flui para norte atingindo profundidades de cerca de 1.500m. É definida pelos limites $T = 2^{\circ}\text{C}$; $S \leq 34.7$ (Schmidt, 1995).

Junto à costa é encontrada também a Água Costeira (AC) caracterizada por baixa salinidade e alta temperatura e que sofre forte influência do aporte continental. Abaixo da APCS tem-se a Água Profunda Superior do Atlântico Norte - APSAN ($T = 3.7^{\circ}\text{C}$; $S = 34.95$) (Lima, 1997).

A ACAS é a água que aflora durante a ressurgência que ocorre frequentemente em Cabo Frio e, em menor escala, nas proximidades do Cabo de São Tomé. É, portanto, a responsável por condições ambientais bastante características nessa região, que alteram o microclima local e provocam a alta produtividade observada nessas águas. Esta massa d'água dispõe grande quantidade de nutrientes no meio.

Durante o verão (quando a entrada de sistemas frontais ocorre com menor frequência e os ventos de nordeste são mais intensos e duradouros) a ressurgência torna-se mais forte e a ACAS pode ser encontrada em profundidades menores que durante o inverno, chegando a ocupar mais da metade da plataforma continental no trecho que vai de Cabo Frio ao Cabo de São Tomé (Harari *in* Tommasi, 1994).

A seguir, na Tabela 11 e Figura 18, são apresentados valores sazonais de temperatura e salinidade publicados pelo programa REVIZEE (Silva e Alvarenga, 1995) que foram obtidos através da compilação de dados obtidos na região desde a década de vinte.

Tabela 11: Temperatura e Salinidade nas proximidades de Marlim Sul. Para a profundidade de 500m os dados se referem às coordenadas 22.50°S e 39.50°W e foram obtidos a partir de tabela anexa à publicação. As demais foram extraídas de cartas com a distribuição horizontal dos parâmetros. Profundidade em metros e temperatura em °Celsius.

Profundidade	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	Temperatura	Salinidade	Temperatura	Salinidade	Temperatura	Salinidade	Temperatura	Salinidade
0	23.5	36.7	21.5	36.8	21.4	36.7	22.5	36.8
50	24.5	36.7	21.4	36.8	21.4	36.7	22.4	36.8
100	21.5	36.6	21.3	36.6	21.2	36.5	21.3	36.6
200	17.4	33.8	17.6	33.7	16.8	33.6	17.4	33.8
500	9.76	34.806	10.36	34.876	não disponível		9.7	34.825

Fonte: Silva e Alvarenga, 1995

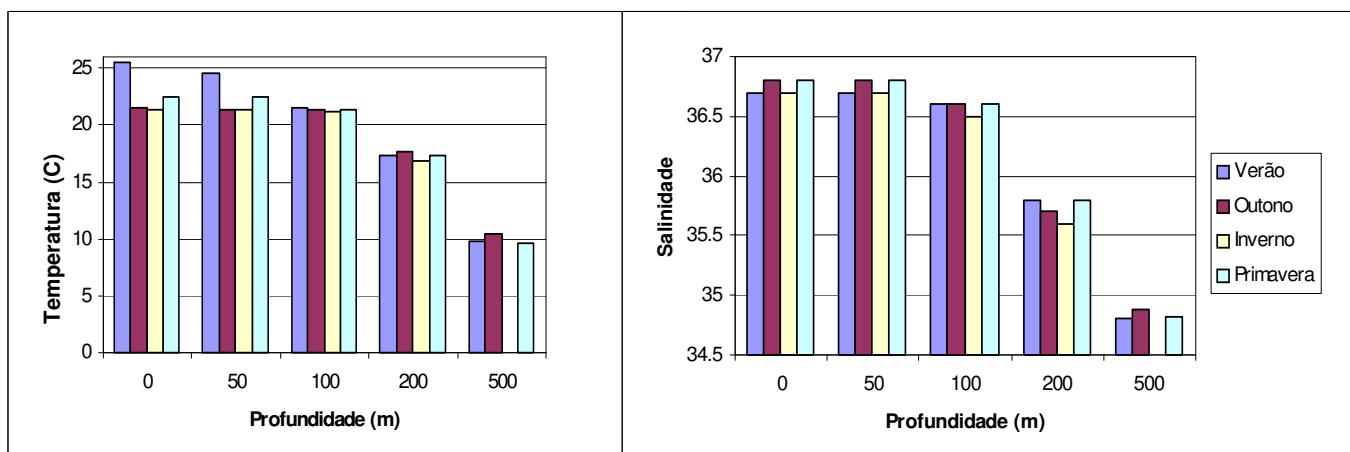


Figura 18: Temperatura e Salinidade nas Profundidades de 0, 50, 100, 200 e 500m nas Quatro Estações do Ano. Note que o eixo da salinidade foi ajustado a fim de permitir melhor visualização dos dados. (Dados: Silva e Alvarenga, 1995)

Em pequenas profundidades, a temperatura atinge valores sensivelmente mais altos durante o verão enquanto que abaixo dos 50m há uma maior uniformidade ao longo do ano. Isto acontece devido à maior insolação nesta época. Junto à costa, e principalmente em Cabo Frio, a maior intensidade da ressurgência durante o verão torna as temperaturas superficiais menores chegando a serem inferiores à média do inverno.

Ao contrário do verão e da primavera, as temperaturas de outono e inverno são relativamente uniformes até os 100m evidenciando a termoclina sazonal naqueles períodos de insolação mais intensa.

Com relação à salinidade, as três primeiras profundidades pertencem à mesma massa d'água (AT) enquanto que a 500m os valores referem-se a ACAS. Em 200m há um valor intermediário que evidencia a mistura entre as duas massas.

REGIME DE CORRENTES

A área de estudo encontra-se numa região sujeita a grande variabilidade hidrodinâmica tanto horizontalmente (variações no núcleo da Corrente do Brasil, que aí passa) quanto verticalmente (ressurgência/subsidência), conforme abaixo se descreve.

Na Baía de Campos, entre o Cabo de S. Tomé e Cabo Frio, aproximadamente sobre a quebra da plataforma continental, flui a corrente do Brasil na direção sudoeste, apresentando um estreitamento no seu lado oriental (devido a um cisalhamento ciclônico) durante a maioria dos meses (Signorini, 1976). O núcleo da corrente possui grande variabilidade sazonal, afastando-se para o largo durante o inverno (Paviglione e Miranda, 1985), embora acompanhe o formato da costa durante praticamente o ano todo (Lima, 1997).

Silva (1965) afirma que nesta região a Corrente do Brasil apresenta uma circulação complexa, constituída de meandros e vórtices de caráter migratório. Mascarenhas Jr. e colaboradores (1971) determinaram a existência de vórtices anti-ciclônicos na região de Cabo Frio e uma intensificação da velocidade geostrofica na borda da plataforma com valores atingindo 70cm/s.

Na região pode-se discriminar duas etapas no fenômeno da ressurgência. Numa delas, mais sazonal, se processa a aproximação da Água Central do Atlântico Sul – ACAS, pelo fundo na região costeira, e ascensão em Cabo Frio. Está vinculada ao afastamento para o largo do núcleo da corrente do Brasil, devido ao predomínio do vento climatológico de NE e ENE, durante os meses de setembro a abril. A segunda ocorre devido à ação continuada e intensa de ventos E e ENE, de caráter sinóptico, que proporcionam, por vezes, o afloramento da ACAS.

A subsidência ocorre em situação de passagem de frentes frias, quando os sistemas pós-frontais provocam a aproximação, em direção à costa, do núcleo da corrente do Brasil, a submersão de águas frias e o seu deslocamento em direção ao largo, pelo fundo.

O transporte da Corrente do Brasil é calculado como sendo de $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Warren, 1966), valor comparativamente menor que as demais correntes de contorno oeste do hemisfério norte e Garfield (1990) concluiu que, de forma geral, ela transporta menos do que 20 Sv.

Dos estudos de Signorini (1976) pode-se pontuar que a Corrente do Brasil é separada em dois ramos por um vórtice anti-ciclônico. O ramo principal flui nas vizinhanças do talude, portanto na região de estudo, com velocidade máxima de cerca de 70 cm/s e o outro, a leste do vórtice, atinge velocidade máxima perto de 30 cm/s.

Lima (1997) estudou os dados fornecidos por linhas de fundeio instaladas na Baía de Campos. A análise dos dados permite estabelecer as direções preferenciais das correntes que são apresentadas na Figura 19.

Podemos sintetizar que a camada mais superficial apresenta fluxos dominantes para sul, evidenciando a Corrente do Brasil em toda a região em investigação, enquanto que as camadas mais profundas, ao contrário, exibem fluxos dominantes para norte.

FIGURA 19: DIREÇÃO PREFERENCIAL DAS CORRENTES A 50M DE PROFUNDIDADE. O PRIMEIRO VERSOR REPRESENTA 77% DOS CASOS.

(A3) -

REGIME DE ONDAS

A natureza das ondas e de sua geração, permite que dados obtidos em estações de mar aberto da Bacia de Campos sejam, genericamente, aplicados à ela como um todo.

Assim sendo, neste estudo utilizaram-se os trabalhos apresentados por Seixas (1997, dados obtidos através de bóias oceanográficas da PETROBRAS nas coordenadas 22° 31'S / 39° 58'W no período de 03/1991 a 03/1993 e nas coordenadas 22° 37'S / 40° 11'W de 01/1994 a 06/1995) PETROBRAS (1999, Relatório Interno ETBC-01) e Souza(1988, 22° 22' 23.59S / 040° 25' 06.46W de 06/85 a 05/86).

O mar mais comum na região foi aquele com ondas entre 20 e 10s de período oriundas do octante Sul, seguido por ondas entre 10s e 6,6s oriundas dos octantes Leste e Nordeste. Estes três mares juntos totalizaram mais da metade das ocorrências estudadas na região (Seixas, 1997). Individualmente o maior número de ocorrências esteve na faixa de 4-6s com alturas de 0.5 a 1m (PETROBRAS, ETBC-01, 1999).

Com relação puramente à direção, predomina o octante Sul seguido por Nordeste, em menor escala os octantes Leste, Sudeste e Sudoeste, com fraca ocorrência do Norte e pouquíssimos casos de Oeste e Noroeste.

Esta distribuição pode ser explicada pelas ações do centro de baixa pressão do Atlântico, ao Sul da área estudada, e do centro de alta pressão, na região central do mesmo oceano.

Com relação à altura, a ocorrência mais freqüente foi de 1,75m estando a maioria dos registros entre 1,50m e 2,00m.

Embora predomine ventos de Nordeste ao longo do ano todo, é durante o inverno que as ondas possuem maior energia (Seixas, 1997), pois se torna mais intensa a influência dos sistemas frontais, fazendo com que o mar de Sudoeste constitua a pior situação (Souza, 1988; PETROBRAS, ETBC-01, 1999).

Ondas de Sudeste com grande período, geradas no meio do oceano, são mais freqüentes durante a primavera, enquanto que, principalmente durante o verão, predomina o mar de Nordeste (Souza, *op. cit.*).

Afim de melhor visualizar o regime de ondas, são apresentados, a seguir, gráficos com outras informações sobre a região.

REGIME DE MARÉS

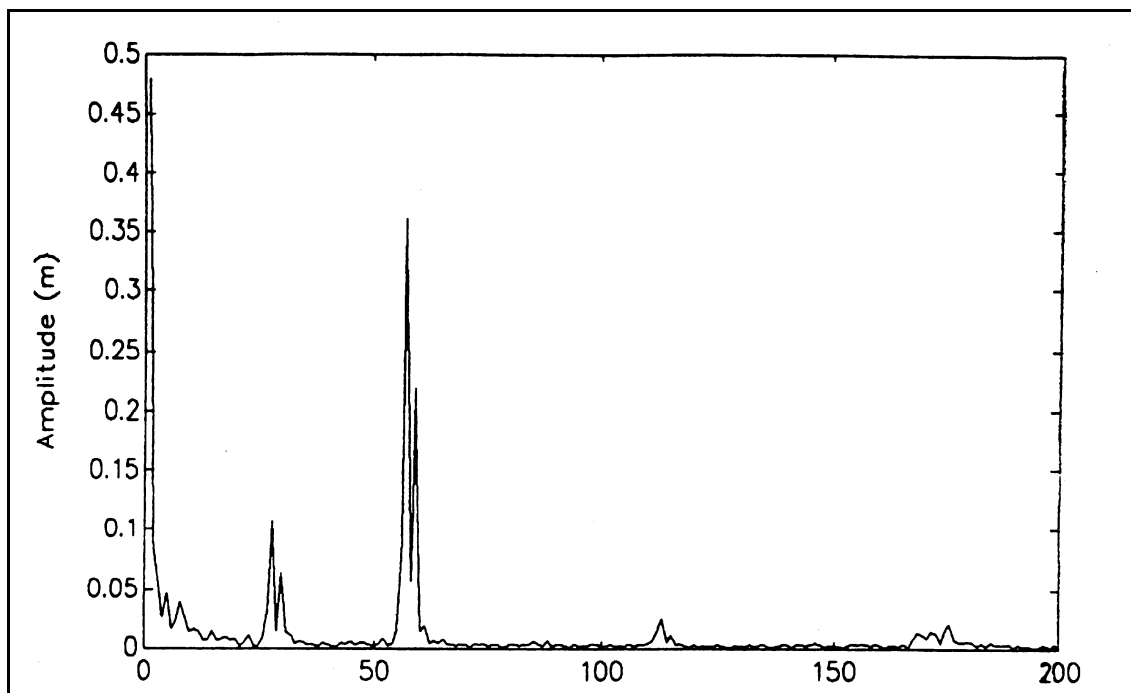
Para o ponto de Cabo Frio foram determinadas as seguintes características:

- altura média : 171 cm
- altura máxima: 260 cm
- altura mínima: 51 cm
- intervalo médio: 219 cm

Nunes *et al* (1996) dentro do Programa de Capacitação em Águas Profundas – PROCAP 2000 realizou comparação dos dados de maré costeiros (Porto de Macaé) e oceânicos adjacentes concluindo não haver diferenças significativas de fase entre esses dois locais e ser a amplitude de maré no porto 16% maior que a *offshore*. A maré meteorológica é mais significativa no porto.

Desta forma, apresenta-se na Figura 20 o espectro de energia do sinal de maré, do qual pode-se constatar a predominância das componentes M_2 , S_2 e O_1 , com amplitudes de 36.66, 19.71 e 10.60 cm, respectivamente. O sinal de maré tem as seguintes estatísticas:

- altura média: 0.48m
- altura máxima: 1.36 m
- altura mínima: -0.44m



Fonte: Harari e Pereira, *In Tommasi*, 1994.

Figura 20: Espectro de maré para Macaé no período de 06/01/92 a 28/04/93.

A seguir estão relacionadas as estatísticas básicas de maré para a região (PETROBRAS, 1998).

- maré astronômica máxima + maré meteorológica máxima: 1.5 m
- maré astronômica máxima: 1.3 m
- preamar média de sizígia: 1.1m
- preamar média: 0.9 m
- nível médio do mar: 0.5 m
- baixamar média: 0.2 m
- baixamar média de sizígia: 0.0 m
- maré astronômica mínima: -0.2 m
- maré astronômica mínima + maré meteorológica mínima: -0.4 m
- intervalo médio de maré: 0.7 m
- intervalo médio de maré de sizígia: 1.1 m
- intervalo máximo de maré: 1.9 m

E EM TERMOS DE OCEANOGRAFIA QUÍMICA, QUAL O DIAGNÓSTICO DESTA REGIÃO?

No presente item são apresentadas às características químicas da água e dos sedimentos marinhos na área de influência das Unidades P-38 e P-40 no Campo de Marlim, Bacia de Campos.

♦ QUALIDADE DA ÁGUA MARINHA

Bioacumulação de Substâncias Tóxicas na Nectofauna

A bioconcentração em organismos aquáticos é um importante meio de incorporação e acúmulo de agentes deletérios no sistema biológico. Dentre os vários elementos e substâncias químicas potencialmente tóxicos presentes no ambiente marinho, os metais pesados destacam-se pela sua alta tendência de concentração nos "sítios" biológicos internos dos organismos, tanto por bioacumulação (incorporação a partir do meio físico) como por biomagnificação (incorporação através da teia alimentar), diferentemente dos hidrocarbonetos que, em geral, são metabolizáveis e/ou eliminados pelos organismos com mais facilidade.

Portanto, no sentido de avaliar os níveis de bioconcentração de metais pesados na nectofauna da área de influência do empreendimento, foi realizada uma campanha oceanográfica com o Navio Astro Garoupa, no período de 08 a 10 de junho de 2000, quando foram coletados, na região de instalação da P-38 e P-40 (22°37'35"S e 40°06'30"W, respectivamente), peixes de 6 espécies diferentes de valor ecológico e comercial: agulha (*Tylosurus crocodilus*), atum (*Thunnus thynnus*), pargo (*Pagrus pagrus*), cara de gato (*Uroopsis secunda*), olho de cão (*Cookelus boops*) e xerelete (*Caracx crysus*), sendo dois indivíduos por espécie, exceto no caso do pargo em que houve apenas uma captura.

Com base nas características das atividades de exploração de óleo e gás na Bacia de Campos e na especificidade dos metais (fontes antrópicas, distribuição e toxicidade), foram definidos os seguintes elementos para a dosagem de suas concentrações nos tecidos musculares dos peixes capturados: Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo, Cádmiio e Mercúrio.

A análise dos peixes capturados para a determinação das concentrações de metais pesados foi realizada no Laboratório de Oceanografia Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se metodologia da Agência de Proteção Ambiental americana (EPA), equipamentos de última geração e padrões de certificação canadenses (NRCC).

Os resultados obtidos indicam a presença dos metais chumbo, cromo e cádmio em concentrações relativamente homogêneas nas diversas espécies de peixes estudadas, destacando-se os baixos valores de cádmio (<LD) em todas as amostras e concentrações ligeiramente mais elevadas de cromo em um exemplar de xerelete (0,248 µg.g⁻¹) e de agulha (0,232 µg.g⁻¹).

As concentrações de cobre situaram-se em níveis mais elevados nos exemplares de xerelete e atum, tendo variado entre 0,133 µg.g⁻¹ (olho de cão) e 0,680 µg.g⁻¹ (xerelete); no caso do zinco, os valores encontraram-se em níveis semelhantes (entre 1,78 e 2,72 µg.g⁻¹) nos peixes, exceto para o agulha, que apresentou máximos de 8,57 e 10,1 µg.g⁻¹.

O mercúrio, considerado o metal mais perigoso, devido à sua alta toxicidade e facilidade de metilação, apresentou concentrações variando de <LD a 0,107 µg.g⁻¹, com esse máximo ocorrendo no pargo.

Comparando-se os resultados obtidos com as concentrações máximas destes metais permitidas pelo Ministério da Saúde para alimentos em geral e pescado, nesse último caso fazendo referência apenas ao mercúrio, verifica-se que os valores determinados nos peixes capturados na área de influência das plataformas P-38 e P-40 encontram-se abaixo dos limites estipulados, confrontando-se o limite superior de

0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para o mercúrio no pescado, com exceção para o cromo, que se apresentou ligeiramente acima dos limites para alimentos em geral em todas as amostras analisadas.

Deve-se destacar que os peixes capturados possuem um nicho ecológico bastante amplo, não habitando exclusivamente a área de influência do empreendimento ao longo de seu ciclo de vida, tornando-os, assim, sujeitos às influências de outras regiões por onde transitam.

Carbono Orgânico Total (COT)

Os dados referentes à distribuição de carbono orgânico total nas águas da área de influência do empreendimento são inexistentes, contudo, os resultados obtidos no Monitoramento Ambiental realizado na região das Plataformas de Pargo e Pampo no Campo de Marlim (PETROBRAS, 1998), referentes a COT nos sedimentos locais, indicam teores variando entre 0,07 e 1,89 % de COT, valores típicos de sedimentos naturais de plataforma continental, com a presença de teores mais elevados em locais com sedimentos de granulometria mais fina, como silte/argila.

Tais resultados permitem deduzir que não há fontes significativas de carbono orgânico nas águas da região, que caso apresente-se concentrações elevadas teria reflexo direto nos sedimentos, destino final de parcela significativa do COT presente na coluna d'água.

Adicionalmente, o estudo referenciado monitorou na água do mar as concentrações de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes nos efluentes das plataformas, fonte potencial de introdução de carbono orgânico, não tendo sido observada nenhuma presença significativa das mesmas nas amostras estudadas, o que reforça a afirmativa anterior.

Fenóis

As fontes antropogênicas de fenóis para o ambiente marinho são tão variadas quanto as substâncias abrangidas por este grupo. Fenóis podem ser produzidos no processo de craqueamento térmico, podendo ser introduzidos, todavia, através de aditivos como agentes desemulsificantes (CDTN, 1990). É comum ainda a presença de compostos fenólicos em rejeitos de refinarias de petróleo.

Azevedo (1993), estudando as concentrações de fenóis presentes em águas superficiais e de fundo na região costeira de Cabiúnas, Bacia de Campos, entre as latitudes 22°00'S e 22°30'S e as longitudes 42°00' W e 41°30'W, encontrou uma pequena variação entre os valores obtidos, levando em conta a escala de concentração na qual esse parâmetro é analisado (na faixa de 0,001 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Por se tratar de uma região próxima à costa, onde os processos de estratificação são mais difíceis de ocorrer, devido as pequenas profundidades, não observou-se tendência de acumulação desses compostos em maiores ou menores profundidades.

Os valores registrados na superfície (média dos valores = 0,00304 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; desvio padrão de 0,00054 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) apresentaram maior homogeneidade em relação aos obtidos nas estações de fundo (média dos valores = 0,00297 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; desvio padrão de 0,00082 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Evidencia-se que todos os valores encontrados, com exceção da estação 7F, estão acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA 020/86 (0,001 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), para águas salinas de classe 5, águas costeiras.

ETBC-1 (1998), estudando a região no entorno da plataforma de produção de Pampo e Pargo observou, nos 46 pontos amostrados, valores de fenóis inferiores a 0,010 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

A EPA não estabelece critérios para fenóis em água do mar (CDTN, 1990) e na legislação brasileira (CONAMA 020/86) também não são estabelecidos limites para o teor de fenóis para as águas salinas de classe 6.

CDTN (1990), em estudo realizado próximo ao emissário da ETE de Cabiúnas admitiu um limite inferior a $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ como tolerável em campo afastado a descarga no mar, sem que fossem prejudicadas as características do corpo receptor. Todas as amostras de água do mar analisadas apresentaram concentração inferior a $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$, ou seja, no mínimo 3 vezes menor que o admitido pela literatura, não evidenciando alguma contaminação e/ou alteração do corpo receptor.

Alcanos

Não há dados secundários referentes à concentração de alcanos em águas marinhas na Bacia de Campos, o que se deve as dificuldades técnicas para amostragem de grandes quantidades de água, 30 a 50 litros por ponto de amostragem de forma a permitir a extração de quantidade suficiente de hidrocarbonetos parafínicos (alcanos) para sua quantificação. Os equipamentos utilizados devem ser compostos exclusivamente de teflon e/ou aço inoxidável para evitar contaminações e as operações de extração por solvente ou pré-concentração em sílica devem ser realizadas a bordo, visto a impossibilidade de estocar enormes volumes de água em condições ideais até a chegada em laboratórios em terra.

Os resultados hidrocarbonetos totais, que são apresentados a seguir, permitem uma avaliação relativa da distribuição de alcanos na água do mar da região estudada, visto as concentrações desses últimos serem originariamente correlacionadas às de hidrocarbonetos totais, em função de sua presença como fração componente do petróleo. Mesmo considerando as especificidades de cada espécie química de hidrocarboneto em termos de sua reatividade e degradabilidade, pode-se afirmar que as ordens de grandeza dos alcanos nas águas locais são proporcionalmente relacionadas às verificadas para os hidrocarbonetos totais, denotando um região sem contaminação expressiva por esses compostos.

Os levantamentos realizados pela GEOMAP/FUNDESPA (1984), na Bacia de Campos, para estudo dos sedimentos locais, apresentaram resultados que indicam concentrações de alcanos típicas de sedimentos de plataforma continental externa, isto é, sem indício de contaminação por fontes antrópicas.

Níveis de Hidrocarbonetos na Água do Mar

A distribuição de hidrocarbonetos e elementos traço nos sedimentos e águas marinhas brasileiras ainda é pouco conhecida, pois grande parte dos trabalhos realizados se restringe a áreas estuarinas e lagunares devido principalmente às dificuldades de coleta, manipulação e análise em águas marinhas.

Weber (1994 *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994) estudou os níveis de concentração de hidrocarbonetos totais na coluna d'água da região da Bacia de Campos durante três campanhas, inverno de 1991 e verão e inverno de 1992, pelo método espectrofluorimétrico.

Na campanha de inverno de 1991, os níveis de hidrocarbonetos na única radial amostrada, a partir de Cabo Frio até o ponto localizado a $23^{\circ} 40' \text{ S}$ e $41^{\circ} 23' 24'' \text{ W}$, variaram entre o mínimo de $0,30 \mu\text{g/l}$ e o máximo de $1,88 \mu\text{g/l}$. Já a campanha do verão de 1992, compreendendo 265 amostras analisadas, teve como resultado 121 com valores de concentração acima de $2,0 \mu\text{g/l}$, sendo 23 destas acima de $10 \mu\text{g/l}$.

Segundo Law (1981), concentrações de água do mar acima de $2 \mu\text{g/l}$ de equivalentes de óleo pelo método da espectrofluorimetria, são típicas de ambientes marinhos com contribuição antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo, portanto estes 121 pontos do verão de 1992 ficaram caracterizados como sendo típicos de regiões marinhas levemente afetadas pela introdução de óleo, e os 23 pontos com níveis acima de $10 \mu\text{g/l}$ como efetivamente afetados por introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo.

Considerando-se que apenas 23 amostras das 265 do verão de 1992 apresentaram valor acima de 10 µg/l, pode-se considerar, a área como um todo, pouco impactada por hidrocarbonetos de petróleo (Tabela 12).

A campanha de inverno de 1992 compreendeu um total de 222 amostras, tendo em sua maior parte teores abaixo de 2,0 µg/l. Vinte e nove destas amostras estiveram acima deste valor, sendo que 26 estão entre 2 e 10 µg/l e apenas 3 acima de 10 µg/l.

Tabela 12: Síntese e evidências dos resultados de hidrocarbonetos.

CAMPANHA	Nº DE AMOSTRAS	EVIDÊNCIAS
Inverno 91	33 de água 56 de sedimentos	0,16 – 1,88 µg/l; típicas de águas não contaminadas 55 amostras <2 µg/g; 1 com 2,08µg/g
Verão 92	265 de água 57 de sedimento	121 amostras > 2µg/l; 23 >10µg/l
Inverno 92	222 de água	2 amostras >2 µg/g 193 amostras < 2 µg/l 26 amostras > 2 µg/l e 3 amostras > 10 µg/l

Fonte: Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

Resultados de Hidrocarbonetos totais acima de 10µg/l são relativos a ambientes efetivamente afetados por introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo (GEOMAP/ FUNDESPA, 1994).

De um modo geral, os dados de hidrocarbonetos das três campanhas, apresentados resumidamente na Tabela 12, mostraram que a água da região estudada apresenta características compatíveis com as de áreas naturais, portanto, não estando impactadas significativamente por óleo.

Hidrocarbonetos Poliaromáticos

Os resultados obtidos para HPAs no monitoramento realizado em 1998 (PETROBRÁS) na área de influência das plataformas de Pampo e Pargo, sob as mesmas condições oceanográficas e meteorológicas das plataformas P-38 e P-40, indicaram valores entre 0,06 e 2,20 µg/l, resultados esses que podem ser extrapolados para as águas oceânicas da área de estudo e representam concentrações típicas de áreas de exploração e produção de petróleo off-shore.

Metais Pesados

As concentrações de metais pesados determinados pelo estudo do CDTN (1990), que coletou amostras na mesma região do estudo do Projeto Cabiúnas (região costeira da Bacia de Campos), apontaram a lagoa de Cabiúnas e o rio Macaé como as principais fontes de contaminação das águas costeiras adjacentes ao município do Macaé, porém apenas o ferro apresentou concentrações superiores ao limite para águas de Classe 5 da Resolução CONAMA nº 020/86.

No monitoramento realizado nas águas do entorno das Plataformas de Pargo e Pampo (ETBC-1, 1998), localizadas no Campo de Marlim, o qual se situa próximo ao Campo de Marlim Sul, foram coletadas amostras de água do mar em estações localizadas a 250 metros (Est. 5) e 500 metros (Est. 4) de distância das plataformas, no sentido das correntes marinhas. Nestes pontos, foram coletadas amostras nas profundidades de 1 metro (S), 50 metros (M) e 99 metros (F), onde foram realizadas determinações das concentrações de bário e vanádio dissolvidos na água e de cobre, ferro, níquel, cromo, zinco, cádmio e chumbo associados ao material particulado em suspensão na coluna d'água através da técnica de ICP-MS (espectrometria de massa por plasma acoplado induzido).

Pelos resultados obtidos, foram observadas variações pouco expressivas das concentrações dos metais ao longo das estações e das profundidades, o que indica um padrão de distribuição relativamente homogêneo para as águas locais.

Com respeito à média das concentrações de bário dissolvido no entorno das plataformas de Pampo e Pargo, essas se encontraram dentro da faixa de concentração de bário em água do mar: 5-10 μgL^{-1} . Deve-se ainda ressaltar que, além de serem valores compatíveis com o esperado, os valores observados são inferiores à 1% daqueles existentes na Resolução CONAMA 020.

Como o bário pode ser considerado como um bom indicador da influência dos metais dissolvidos na água de produção, o vanádio pode ser para aqueles associados ao descarte de óleos e graxas. Vanádio é encontrado na água do mar em concentrações na faixa de 1-2 μgL^{-1} , tendo sido verificados valores médios no entorno de ambas as plataformas na faixa de 2.6 +/- 0.5 μgL^{-1} .

Tais resultados indicam que não há indícios de contaminação por metais pesados nas águas estudadas, resultados esses que podem ser estendido à toda a região do Campo de Marlim devido às características comuns da massa d'água local.

Nutrientes

Para a caracterização da distribuição dos nutrientes foram utilizados principalmente os trabalhos de Moser (1997) em águas costeiras da região enfocada e Giancesela-Galvão (1994) em águas costeiras e oceânicas.

De acordo com Moser (1997), no verão as porções sul e central, assim como a região profunda da Bacia de Campos, podem ser caracterizadas por altos valores de nutrientes dissolvidos, enquanto as áreas ao norte e distantes da costa apresentam concentrações mais baixas.

As concentrações de nutrientes na água do mar são apresentadas em micro molar (μM), devido a essa notação ser adotada internacionalmente por recomendação da Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO (COI), o que permite suas comparações diretas em estudos de diferentes regiões. As concentrações em micro molar podem ser convertidas diretamente para micrograma através da multiplicação pela massa molecular da espécie química em questão.

As concentrações mais elevadas dos nutrientes dissolvidos estiveram associadas à ACAS - Água Central do Atlântico Sul.

Segundo Giancesela-Galvão (1994), as concentrações máximas de nitrato e fosfato foram bastante semelhantes no verão e no inverno (Tabela 13). Seu comportamento, no entanto, foi bem distinto nas duas épocas, em função das massas d'água presentes.

Tabela 13: Concentrações mínimas e máximas das variáveis analisadas durante as campanhas de verão e inverno na Bacia de Campos.

Período	Nutrientes ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)		
	NO ₃	NO ₂	PO ₄
Verão/92	0.00 - 8.57*	0.00 - 2.26*	0.03 - 0.92*
	7.09**	0.50**	0.74**
Inverno/92	0.00 - 6.09*	1. - 0.75*	0.0 - 0.95*
	8.54**	0.24**	0.69**

* excluída a radial 7 (Cabo Frio). ** Valores máximos para a radial 7 (Gianesela-Galvão, 1994).

No inverno, um evento de ressurgência bastante intenso foi observado em frente a região de Cabo Frio. Diversos indícios sugerem que o mesmo se encontrava em sua fase inicial (tais como altos valores de nitrato observados dentro da zona eufótica e a biomassa fitoplanctônica ainda extremamente baixa).

No verão, as concentrações mais elevadas de nitratos e fosfatos também estiveram associadas à ACAS. As concentrações mais elevadas destes nutrientes em algumas estações da radial 2, sugerem uma pequena ressurgência sobre a região da quebra da plataforma.

As concentrações dos nutrientes encontraram-se dentro dos padrões da Resolução CONAMA 020/86 para águas de classe 5 e 6.

Óleos & Graxas

A determinação de teores de óleos & graxas em amostras de água, através de técnicas de extração por solvente ou adsorção em sílica, seguida pela quantificação gravimétrica (pesagem), é recomendada para águas interiores e costeiras, onde as concentrações de compostos graxos e oleosos (minerais e orgânicos) é passível de quantificação pelo método gravimétrico.

No caso de águas oceânicas brasileiras, não há registros de dados sobre óleos & graxas, visto não serem esperadas concentrações suficientes para a determinação quantitativa dos teores desses materiais, além dessas determinações não permitirem a discriminação dos compostos oleosos presentes na água. Para tanto, emprega-se a análise de concentração de hidrocarbonetos totais através de técnicas cromatográficas e de espectrometria de massa, que permitem a quantificação e discriminação das frações de hidrocarbonetos presentes, ou mesmo a determinação das concentrações de hidrocarbonetos totais em equivalente de óleo (método espectrofluorimétrico).

Parâmetros Físico-Químicos: Oxigênio Dissolvido e pH

Neste trabalho foram utilizadas informações oriundas dos trabalhos de Ito, R.G.(1994 *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994) para águas profundas e de Heitor, S.R.(1996) para águas costeiras .

Os teores de oxigênio dissolvido e porcentagem de saturação mostraram dependência direta com as variações sazonais, apresentando maiores valores no inverno do que no verão. De forma geral, os valores de pH variaram juntamente com os de oxigênio dissolvido tanto no inverno quanto no verão.

De acordo com Ito (1994), nas estações localizadas em águas profundas, as concentrações de OD na superfície durante o verão estiveram próximas do equilíbrio em relação à atmosfera. De modo geral, as estações intermediárias e de fundo indicaram uma demanda de OD (59,7 a 97,6% da saturação) independente da massa d'água, devido a fatores como consumo biológico *in situ* ou não, mistura de massas d'água e circulação. No inverno, a ocorrência de centros de mínimo para OD e pH encontrou-se associada a águas

com salinidades maiores que 35,5 e temperaturas entre 20 e 25°C, evidenciando a influência de águas de origem tropical.

Assim, na campanha de inverno nas estações de águas profundas, o oxigênio dissolvido apresentou-se na superfície, supersaturado ou saturado em relação à atmosfera, com poucas exceções. Para as estações intermediárias e de fundo, o percentual de saturação de OD variou de 65,9% a 95,1%. A distribuição de pH apresentou pouca variação e a estratificação ocorreu mais a nível horizontal do que vertical. Os valores de pH variaram entre 7,797 a 8,151, sendo assim considerados dentro da faixa normal para águas oceânicas ($8,0 \pm 0,2$), devido à ação tamponante do sistema carbonato.

Tanto o pH como a concentração de OD são propriedades não conservativas do sistema, portanto estes parâmetros são determinados mais pelo balanço variável de fatores dinâmicos do que por um estado de equilíbrio termodinâmico. Esta situação é atribuída, por um lado, pela limitação cinética de alcance de equilíbrio dentro de um sistema dinâmico aberto e, por outro, pelas perturbações, localizadas ou não, produzidas por processos químicos e biológicos *in situ*. Deste modo, a distribuição destes parâmetros na área estudada apresentou variações localizadas e sazonais.

De um modo geral, a concentração de OD, o percentual de saturação do oxigênio dissolvido e o pH apresentaram valores maiores no inverno do que no verão. No entanto, os resultados obtidos para esses parâmetros nas campanhas de ambas as estações, encontram-se dentro da faixa normal esperada para águas oceânicas.

Sulfeto

As concentrações de sulfetos na água do mar foram determinadas para a área no entorno das plataformas de Pampo e Pargo (Bacia de Campos- RJ, Campo de Marlim) durante o estudo da ETBC-01 (1998).

Todas as amostras coletadas ($n=45$) se encontraram em concentração inferior a $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ com exceção de uma coletada à 250m da plataforma de Pampo, no sentido preferencial da corrente, cuja concentração encontrada foi de $0,004 \text{ mg.L}^{-1}$.

A área de estudo trata-se de uma água salina de classe 6, segundo a Resolução CONAMA 020/86, nesta classe não é estabelecido o limite para o teor de sulfetos.

Devido a não disponibilidade de dados para comparar com os obtidos para aquela região, comparou-se com a Resolução CONAMA 020/86, para águas salinas de classe 5, onde o limite para sulfetos é de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$, da espécie não dissociada, ou seja H_2S . Através de cálculos verificou-se que todas as amostras não apresentaram contaminação por H_2S pois as concentrações mantiveram-se dentro dos padrões estipulados para classe 5 (águas costeiras).

Estudos realizados por Projeto Cabiúnas (1993) apresentaram dados de sulfetos totais na região costeira de Cabiúnas com valores variando de $0,00113$ a $0,00126 \text{ mg.L}^{-1}$. Observa-se que os valores encontrados estão abaixo do máximo permitido pela Resolução CONAMA 020/86 ($0,002 \text{ mg.L}^{-1}$), para águas marinhas costeiras.

◆ *SEDIMENTOS*

Weber (*in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994) realizou estudos dos níveis de concentração de hidrocarbonetos nos sedimentos da Bacia de Campos nas campanhas de inverno/1991 e verão de 1992. São relatados somente os valores de hidrocarbonetos da fração saturada obtidos através da cromatografia gasosa de alta resolução.

A maior parte das amostras analisadas consistia em areia média ou grossa e até calcários coralinos. Sedimentos com esta granulometria acumulam baixíssimos níveis de hidrocarbonetos, sejam esses biogênicos ou de petróleo.

Segundo Volkman *et al.* (1992) sedimentos marinhos com teores de hidrocarbonetos alifáticos de até 2,0 µg/g no sedimento seco são típicos de ambientes marinhos não contaminados por hidrocarbonetos de petróleo.

Das 113 amostras analisadas, apenas seis apresentaram evidências de contaminação por óleo cru, sendo que destas somente três amostras (amostra 6, do inverno de 1991, e 7 e 6, ambas do verão de 1992), estavam acima do limite de 2 µg/g proposto por Volkman e colaboradores (1992).

Em síntese, os dados relativos às concentrações de hidrocarbonetos presentes nos sedimentos não evidenciaram contribuições antropogênicas significativas para a região de estudo.

Um estudo mais recente foi realizado por Gabardo e colaboradores (1998) nos sedimentos próximos ao emissário da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Cabiúnas. Foram amostradas onze estações e realizadas análises de hidrocarbonetos e sedimentológicas.

As concentração de HPAs encontradas nos sedimentos estudados, indicam a presença de valores mais elevados nos sedimentos de granulometria mais fina (estações 5, 7, 8, 9, 10, 11), uma tendência natural, decorrente da maior adsorção dos hidrocarbonetos em partículas sólidas de maior dimensão e com teor orgânico mais elevado, como é o caso da fração lamosa.

As estações 5 e 7 apresentaram as maiores concentrações de hidrocarbonetos, enquanto que os menores valores foram observados nas estações 4 e 6. Assim, podemos afirmar que a granulometria dos sedimentos locais é um fator condicionante básico da distribuição de hidrocarbonetos, sendo pouco relevante a distribuição geográfica das estações na malha estudada.

Observa-se a ocorrência de um incremento das concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nos sedimentos, quando comparados aos encontrados no estudo anteriormente realizado na mesma região (Projeto Cabiúnas, 1993). No entanto, comparando com alguns dados encontrados na literatura para teor total de hidrocarbonetos (Tabela 14), constata-se que as concentrações do recente trabalho se encontram dentro de uma faixa similar à de outras regiões da costa brasileira, e característica de ambientes costeiros não impactados.

Tabela 14: Dados sobre a concentração total de hidrocarbonetos em sedimentos superficiais de áreas marinhas no Brasil (Gabardo et al., 1998)

Local	Sedimento (µg/g)	Referência
Estuário de Santos	0,8 – 5,1	BICEGO, 1988
Canal de S. Sebastião (SP)	0 – 4,8	BICEGO, 1988
Plataforma Continental Paulista	0 – 4,4	BICEGO, 1988
Águas Oceânicas do Atlântico Sul	0,6 – 1,5	WEBER, 1981
Ilha Grande	(0,7 – 90) *	MELGES, et al., 1992
Bacia de Campos (RJ)	<0,16 – 5,5	GEOMAP/FUNDESPA, 1994

* Sedimentos de praias e manguezais

Segundo Volkman e colaboradores (1992) e UNEP (1991), as concentrações de HPAs nos sedimentos costeiros podem variar de 5 a 10 µg/g, sem que necessariamente essa concentração represente uma contaminação.

Em estudo mais recente (PETROBRAS, 1998), os resultados obtidos para n-alcenos, mistura complexa não resolvida (UCM) e hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) nos sedimentos do entorno das Plataformas de Pargo e Pampo (Campo de Marlim), apresentaram valores típicos de áreas offshore com pequena influência de atividades de exploração de óleo e gás (Tabela 15).

Tabela 15: Resultados de concentração de hidrocarbonetos nos sedimentos do entorno das Plataformas de Pargo e Pampo, Campo de Marlim, Bacia de Campos, em µg/g de sedimento seco (PETROBRAS, 1998).

PLATAFORMA	N-ALCANOS	UCM	HPAS
PARGO	0,906-2,241	10,5-60,7	0,006-2,095
PAMPO	0,847-2,366	9,6-72,2	0,061-0,207

♦ **MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DA PREVISÃO DE DILUIÇÃO VERSUS DISTÂNCIA PARA O DESCARTE DE ÁGUA DE PRODUÇÃO**

O descarte da água de produção a ser gerada pelo sistema de produção dar-se-á através de um sistema projetado para descarte do efluente com teor de óleos e graxas inferior a 20 ppm, em cumprimento à Resolução CONAMA 020/1986.

Em atendimento ao ELPN/IBAMA, conforme solicitado em seu parecer técnico 145/00, são apresentados os resultados da simulação matemática tridimensional, desenvolvida para previsão das características da pluma de dispersão dos efluentes que serão descartados no mar pela plataforma PETROBRAS 40 (P-40). Observa-se que esta simulação da pluma de dispersão foi executada pela PETROBRAS / CENPES em novembro/2000, sob a responsabilidade dos seguintes profissionais: Quím. Ind. Celso Alleluia Mauro (CRQ 03411583 e Reg. IBAMA 3/33/1999/000376-0) e Engº Quim. Marcelo Rocha Martinelli (CRQ 03310777).

Após a entrada em operação, a P-40 terá aumento progressivo de vazão da água produzida variando de zero a cerca de 2.000 m³/d, no final de 2005. A vazão de descarte máxima de água produzida prevista para a P40, a ser alcançada em 2022, é de 13.850 m³/d.

A pluma de dispersão dos efluentes para a P-40 foi simulada utilizando-se o modelo CORMIX (CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM) da Cornell *University* (New York).

DADOS BÁSICOS PARA SIMULAÇÃO DA PLUMA DE DISPERSÃO

A plataforma P-40 é uma plataforma do tipo semi-submersível para produção de petróleo. Operará na Bacia de Campos no Campo de Marlim Sul, nas coordenadas UTM 7506345 N e 390097 E, em uma lâmina d'água de 1080 metros.

Para a simulação da dispersão da pluma dos efluentes da P40, utilizou-se a vazão de 14.000 m³/dia, correspondente à vazão máxima a ser obtida em 2022.

Os dados do perfil de densidade, correspondem aos da Região Intermediária Central da Bacia de Campos (PETROBRAS, 1999).

Para a simulação utilizou-se o valor de 56 psu (56.000 mg/L) para a salinidade do efluente e temperatura de descarte de 40⁰ C, o que proporciona uma densidade de 1033,6 kg/m³. Este valor de salinidade corresponde à salinidade média da água de formação no Campo de Marlim, reservatório que tem características similares a Marlim Sul e vem sendo utilizado como referência pois, ainda não se dispõe de caracterização da água de formação a ser produzida pela P40 (PETROBRAS, 2000a).

A velocidade média das correntes marinhas adotada foi de 0,55 m/s. Esse valor corresponde à velocidade que ocorre com maior frequência na região.

Para avaliação da diluição de um poluente ao longo da dispersão da pluma, utilizou-se um poluente solúvel fictício com concentração inicial de 100 ppm. A simulação foi realizada para um poluente conservativo, ou seja, aquele que não se degrada ou interage quimicamente com o meio ambiente, sendo o decaimento de sua concentração inicial decorrente apenas da diluição proporcionada pela dispersão da pluma na coluna d'água.

Foi utilizado, por limitações do programa CORMIX, um perfil de densidade linear, correspondendo às profundidades de 0 a 326 m, suficiente para o caso, pois a pluma, conforme demonstra o programa se manteve dentro destes limites. Este perfil é considerado conservativo, para o efeito de penetração da pluma de efluentes na lâmina d'água, pois apresenta, na maior parte da mesma, uma densidade menor que a real (Figura 21).

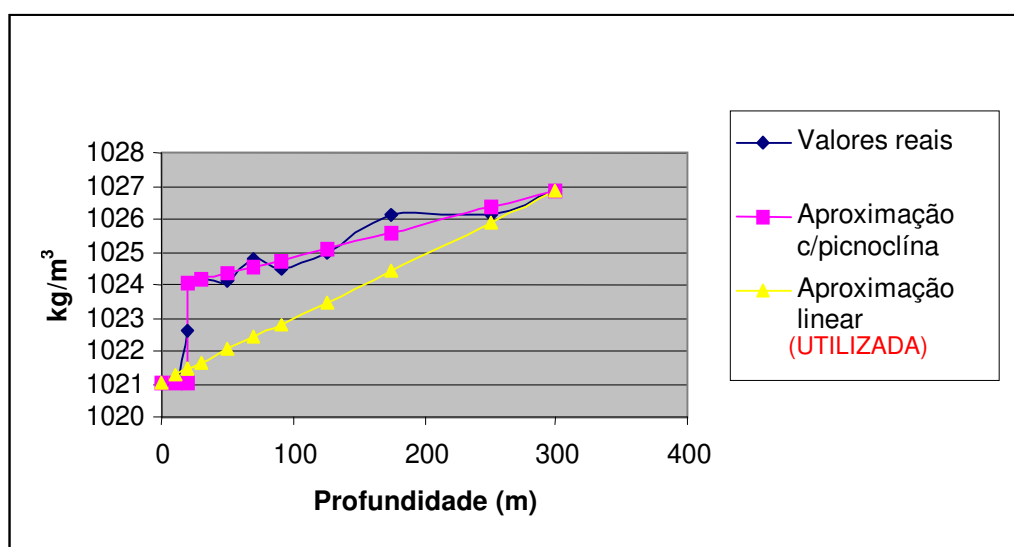


Figura 21: Perfis de densidade da água do mar em função da profundidade.

O descarte da água produzida na P40 será feito por uma tubulação de 10 polegadas de diâmetro, situada a um metro acima da superfície da água (PETROBRAS, 2000b). Todavia, por limitações do CORMIX, a simulação foi conduzida considerando-se o lançamento dos efluentes na superfície da água do mar. Este também é um fator da simulação que contribui de forma conservativa na penetração (afundamento) da pluma, pois, na realidade, ocorrerá um espalhamento do jato quando do seu impacto com a superfície da água, reduzindo o 'efeito de jato' e assim, diminuindo a profundidade de penetração da pluma, quando comparado com o resultado da simulação.

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Os resultados da simulação são ilustrados pelas Figuras de 22 a 24 apresentadas a seguir, as quais foram geradas a partir dos dados de saída da simulação realizada com o CORMIX.

As Figuras 22a e 22b mostram a propagação da pluma ao longo da distância da plataforma. A Figura 22a (com zoom) mostra em detalhe, no campo próximo à plataforma, a profundidade de penetração da pluma e seu padrão de dispersão.

Como o efluente da P40 é mais denso que a água do mar e é descartado na superfície da água a uma vazão de $0.162 \text{ m}^3/\text{s}$ na forma de jato, ele penetra na massa d'água e afunda mas, não ultrapassa a profundidade de cerca de 20 metros a uma distância de 125 metros da plataforma (borda inferior da pluma).

Através da Figura 22b, observa-se que a pluma, após um rápido afundamento, se mantém estável, a uma profundidade fixa, mesmo a uma distância da plataforma da ordem de 30 Km. Destaca-se que, na verdade, já em distâncias inferiores a essa, a pluma dos efluentes está quase que totalmente dispersa na coluna d'água, conforme pode-se ver nos dados de saída apresentados no anexo.

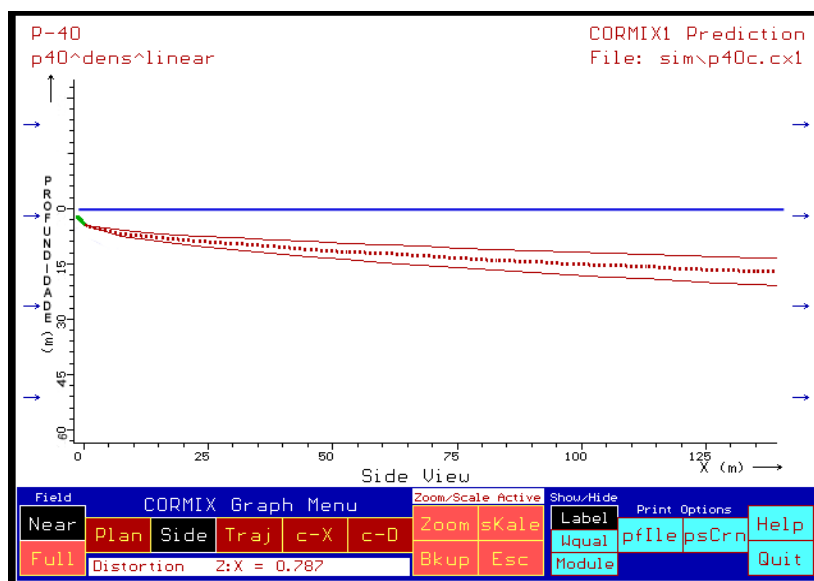


Figura 22a: Propagação da pluma no campo próximo e profundidade de penetração/afundamento.

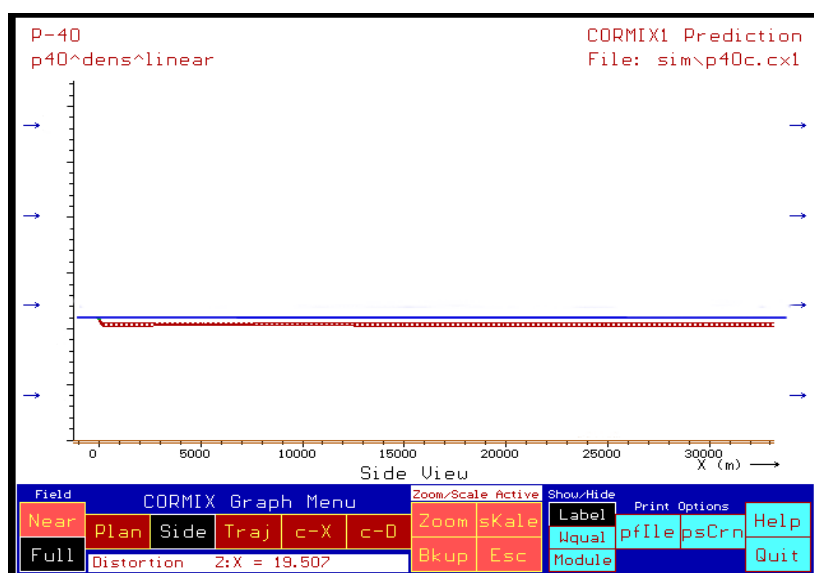


Figura 22b: Propagação da pluma no campo afastado.

A Figura 23, ilustra, no campo próximo de dispersão, a distribuição horizontal (vista superior) apresentada pela pluma ao longo de sua trajetória. Destaca-se que os limites das bordas da pluma, a partir de seu centro, têm uma amplitude relativamente modesta, cerca de seis metros de afastamento entre as bordas da pluma a uns 120 m de distância do lançamento. Esta vista sugere que a pluma amplia-se horizontalmente com a distância mas, deve ficar claro que a concentração de um poluente decresce proporcionalmente com o aumento da distância da plataforma. Conforme pode ser visto nos dados de saída da simulação apresentados no anexo, um poluente sofre uma diluição da sua concentração inicial (no efluente) da ordem de 8.000 vezes a 5.000 metros de distância da plataforma.

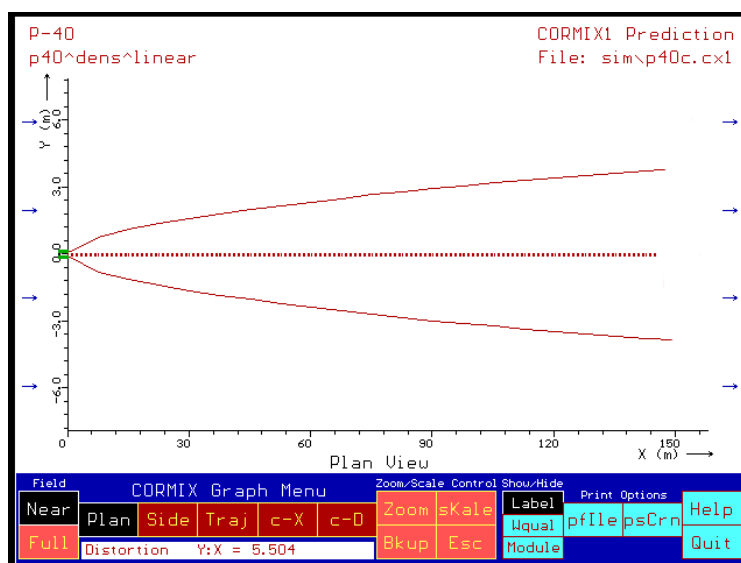


Figura 23: Vista superior, no campo próximo, da pluma de dispersão dos efluentes da P40.

A Figura 24 ilustra a diluição, no campo próximo, de um poluente solúvel na água. Após o descarte, conforme a figura, considerando-se uma concentração inicial prevista de 20 ppm no efluente (a figura apresenta uma concentração inicial de 100 ppm para fins de modelagem), a concentração do poluente na água do mar, já na faixa dos 200 metros distantes da plataforma, é praticamente nula comprovando o fato de que o poluente é rápida e intensamente disperso ou diluído na água nas proximidades da plataforma. Destaca-se que este grau de diluição será semelhante para todos os componentes solúveis no efluente.

Deve-se ressaltar, ainda, que os resultados apresentados referem-se a um poluente conservativo, o que não é o caso dos componentes oleosos do futuro efluente da P40, que apresentam um decaimento natural devido aos processos de foto-oxidação química e biodegradação que se somarão aos efeitos da diluição física, ampliando assim a capacidade de diluição final das concentrações de compostos oleosos presentes na pluma do efluente.

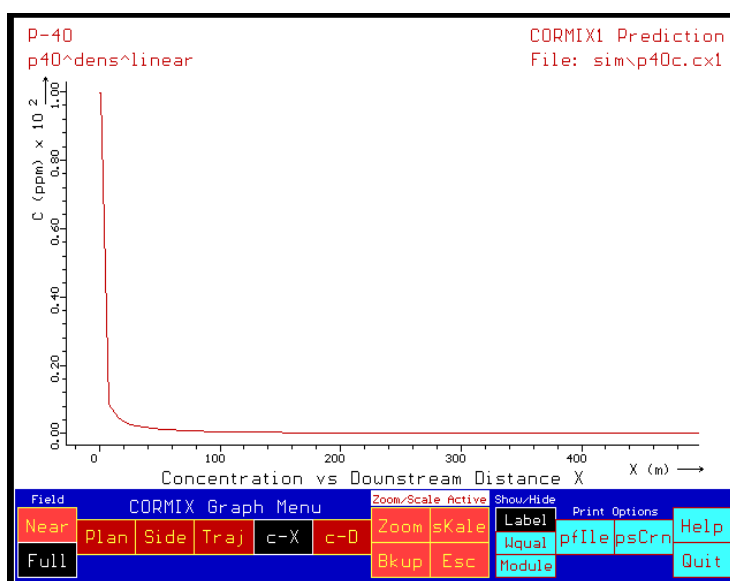


Figura 24: Variação da concentração de um poluente solúvel no campo próximo.

◆ **MODELAGEM DO ESPALHAMENTO DE ÓLEO DERRAMADO**

O comportamento de eventuais manchas de óleo derramado na área de influência das Plataformas P-40 e P-38 pode ser verificado na simulação apresentada no Anexo 1 do presente relatório, que desenvolveu uma modelagem probabilística para derrame de óleo na área de estudo.

A análise dos resultados desta modelagem permite concluir que a região costeira, considerada de “alta sensibilidade”, **tem probabilidade nula** de ser atingida pela mancha, em qualquer um dos cenários testados.

Desta forma, mesmo que a probabilidade de ocorrência de um vazamento fosse alta, a probabilidade de existirem impactos ambientais em área de alta sensibilidade seria de 0 (zero) %. Acredita-se que a dissipação da mancha se deva fundamentalmente, às características oceano-meteorológicas da região combinado com a característica do óleo produzido na região.

Observa-se que as saídas gráficas resultantes das simulações, apresentadas nas Figuras 25 e 26, mostram as probabilidades de toque da mancha do vazamento em cada nó da grade de sensibilidade, sob forma de áreas de igual probabilidade, para cada cenário, testado respectivamente por 526 horas para 290 m³ e 3350 horas para 46.000 m³.

O derramamento caracterizado pela Figura 25, referente a um vazamento de 290 m³ de óleo, alcança ao longo do eixo norte-sul magnitudes de aproximadamente 60 km; assim como no eixo leste-oeste, em que atinge uma largura máxima aproximada de 70 km.

A que se ressaltar, conforme apresentado detalhadamente no Anexo 1, que as hipóteses acidentais consideraram dois volumes de derrame, respectivamente, de 290 m³ e 46.000 m³.

Cada um desses vazamentos foi apreciado sob condições constantes de ventos fortes, correntes iniciais de enchente de maré, sendo que os tempos de simulação previamente calculados, como resultado dos volumes vazados e características do óleo para os volumes em ordem crescente.

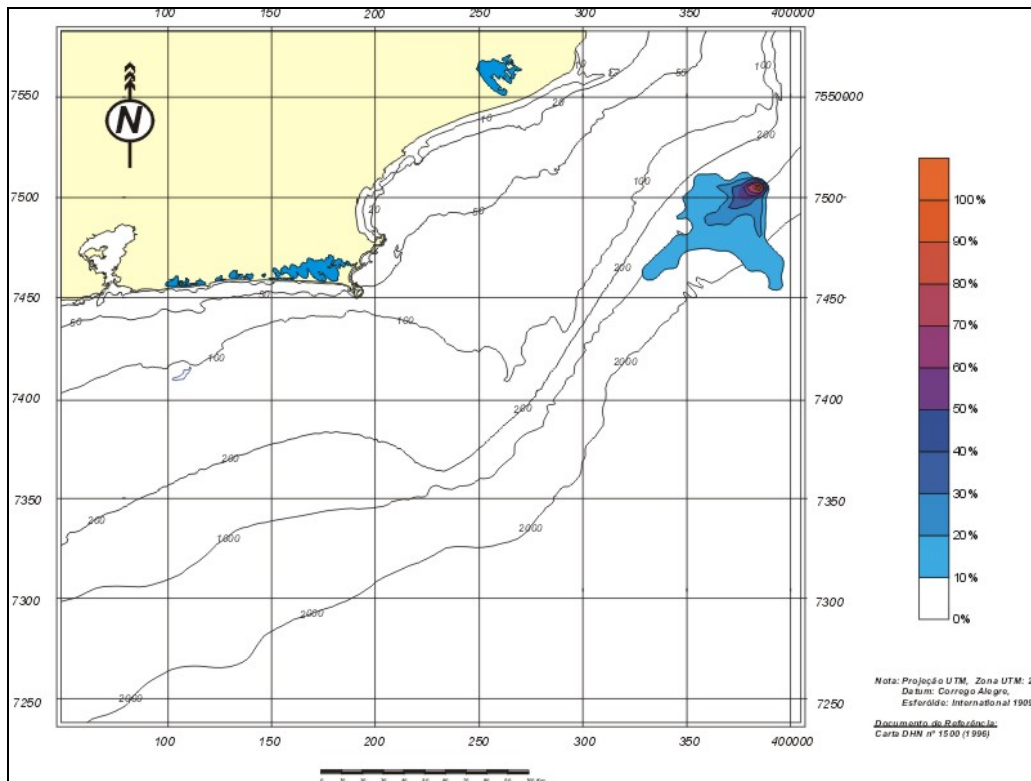


Figura 25: Probabilidade de toque de um volume derramado de óleo 290 m³, na coordenada X=384.591 e Y=7.504.979, com condições de vento forte e maré de enchente.

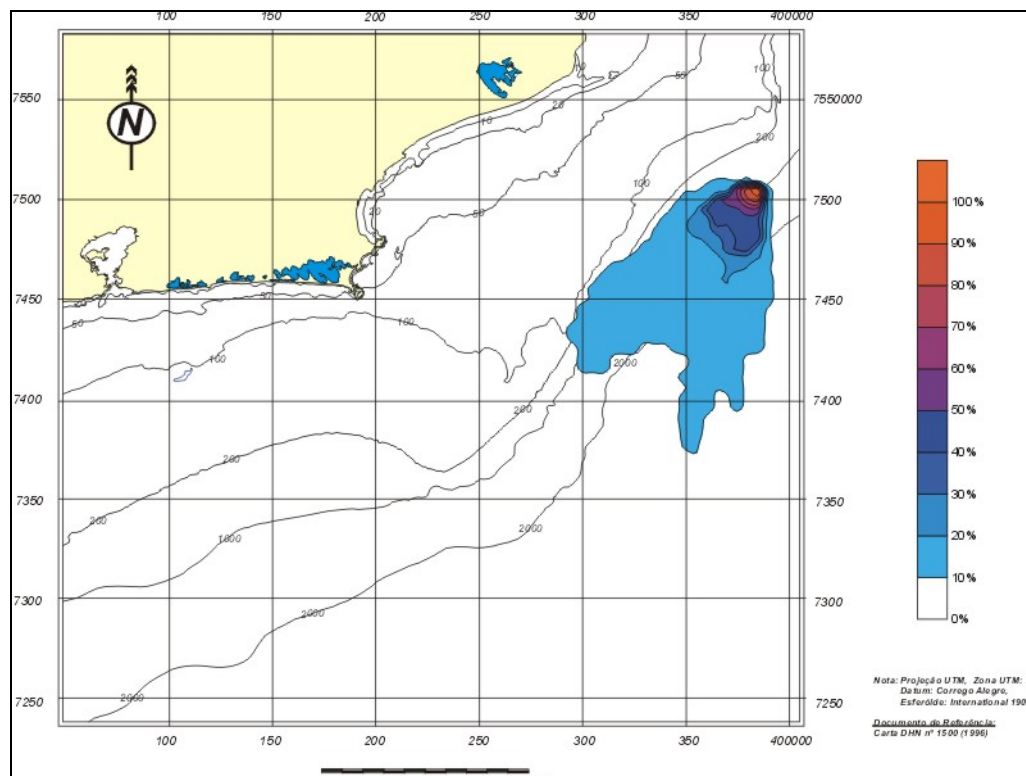


Figura 26: Probabilidade de toque de um volume derramado de óleo de 46.000 m³ na coordenada X=384.591 e Y=7.504.979 com condições de vento forte e maré de enchente.