

RELATÓRIO SOBRE A MODELAGEM DE ÁGUA PRODUZIDA DO CAMPO DE BARRACUDA

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório apresenta a modelagem da dispersão da descarga da água produzida no Campo de Barracuda, considerando os aspectos da natureza operacional da atividade.

2. INTRODUÇÃO

2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁGUA PRODUZIDA

Conforme apresentado anteriormente nos itens 3.7.3 e 3.8.1, o plano de desenvolvimento do Sistema de Produção do Campo de Barracuda prevê um fluxo de água produzida ao longo do período de exploração do seu reservatório, desde o primeiro ano da atividade e, aumentando seu volume gradativamente, de acordo com a evolução da produção, chegando a um máximo de 13.246,20 m³/dia no ano de 2025.

Esta água produzida é o principal resíduo gerado nas atividades de produção de petróleo e gás *offshore*, oriunda do processo produtivo do composto trifásico (gás, óleo e água). Em águas profundas, este resíduo é quase sempre descartado ao mar pelas operadoras, após tratamento, conforme descrito nos itens 3.2.3.b e 3.8. Observa-se que a eficiência do tratamento da água produzida está relacionada diretamente aos seus volumes produzidos.

A água produzida, também chamada de salmoura (EPA, 1997), pode incluir a água de injeção utilizada na recuperação secundária do reservatório (como no caso destes poços), a água de formação (ou aquífero, gerada no reservatório junto com o óleo em condições de alta pressão e temperatura), além dos químicos utilizados tanto no poço (principalmente anti-corrosivos e biocidas), quanto no processo de separação água/óleo (demulsificantes).

No Sistema de Produção do Campo de Barracuda, serão separados no FPSO P-43, os 3 produtos oriundos do reservatório, sendo que a água de produção será tratada em planta específica (item 3.2.3.b deste documento) a fim de garantir o baixo impacto do descarte no oceano.

De acordo com Thomas *et al.* (2001), a quantidade de água produzida gerada varia em função de uma série de fatores, destacando-se as características do reservatório, a idade dos poços produtores e os métodos de recuperação utilizados (volume de água injetada na recuperação secundária). Nas atividades de produção, a água produzida corresponde a cerca de 98% de todos os resíduos gerados pela atividade.

Em termos de regulamentação, no Brasil aplica-se a Resolução CONAMA N° 20 de 1986, que trata do descarte de efluentes de fontes poluidoras em águas interiores e marinhas. Segundo esta resolução, todo resíduo para ser lançado direta ou indiretamente em um

corpo d'água deve apresentar concentração de óleo igual ou inferior a 20 ppm e temperatura inferior a 40°C. Por outro lado, não existe uma regulamentação específica que reja o descarte de água produzida em operações *offshore* no mar territorial brasileiro.

Os principais fatores oceanográficos que determinam o grau de diluição são a profundidade da lâmina d' água e o hidrodinamismo da região, considerando principalmente o regime de correntes e, em menor atuação, os ventos. Desta forma, regiões de grandes profundidades e de grande dinamismo são favoráveis ao descarte da água produzida, não gerando consequências sensíveis ao ambiente.

De acordo com a Chevron (1997), o poder de diluição do oceano receptor é muito grande, sendo a descarga diluída de 1:50 em 100m do ponto de descarte, sendo a mistura função do volume, temperatura e densidade da água descartada, além da profundidade e dinamismo local.

Entretanto, em regiões de grande produtividade petrolífera (como a Bacia de Campos), os valores de *background* para alguns parâmetros físico-químicos podem se mostrar alterados (metais pesados, HPAs, sulfetos, etc.), devido principalmente ao efeito sinérgico da produção dos diversos campos.

Segundo a GESAMP (1993), a composição química e o grau de diluição da água produzida fazem com que o impacto da água descartada seja significativo apenas em áreas continentais, não sendo representativo em águas oceânicas. Esta avaliação é corroborada por Thomas *et al.* (2001), que sugere que a descarga contínua de água produzida não causa danos consideráveis ao ambiente marinho, desde que o sistema de descarte garanta uma diluição rápida e efetiva do efluente.

2.2. O MODELO OOC (OFFSHORE OPERATORS COMMITTEE)

“O modelo do Comitê de Operadores Offshore para Fluidos de Perfuração e Água Produzida, conhecido como ‘OOC Model’ é um programa computacional para o cálculo do comportamento do fluido, dos cascalhos de perfuração ou do descarte da água produzida no ambiente marinho. Em um contrato firmado entre a Exxon Company USA e o Comitê, a Exxon Production Research Company (EPR) desenvolveu a modelagem de dispersão do fluido de perfuração e de descarte de água produzida, entregando-os, em 1983, com um relatório descritivo, o qual continha um guia para o usuário do programa desenvolvido.

Desde esta data, o modelo para descarte de água produzida, bem como melhoria sucessivas no modelo de fluidos/cascalhos, vêm sendo implementados e disponibilizados para os membros do Comitê pela Brandsma Engenharia. Em 1999, os modelos foram acoplados e, juntamente com o relatório revisado, foram disponibilizados ao Comitê.” (EPRC, 1999).

O modelo é usado para simulações numéricas do comportamento de descargas a partir de um único ponto com diâmetro circular submerso, orientado para qualquer direção. A taxa de vazão desta descarga é assumida como constante. O efluente descartado é modelado como uma série de fluidos miscíveis à água que contêm partículas que podem ser mais pesadas (cascalhos) ou mais leves (gotas de óleo) que o fluido ambiente. Este

fluido ambiente, chamado doravante de corpo receptor, é descrito pela sua profundidade local, temperatura, salinidade e velocidade da corrente.

As saídas do modelo são compostas dos cálculos de trajetória e forma da pluma feita pela descarga, as concentrações dos seus componentes solúveis e insolúveis na coluna d'água e nos seus acúmulos nas interfaces (superfície para as partículas leves e fundo para as partículas pesadas). O modelo prevê tridimensionalmente as concentrações na coluna d'água como função do tempo decorrido após o início da descarga, considerando as interfaces citadas como reservatórios de retirada de material do sistema, não contribuindo como fontes.

Os dados da batimetria do local modelado e os campos de correntes podem ser uniformes ao longo da simulação ou variarem espacialmente no grid escolhido.

3. ASPECTOS DA MODELAGEM REALIZADA

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO DESENVOLVIMENTO DA PLUMA DA DESCARGA

O modelo assume que a descarga da água produzida a partir de uma tubulação submersa no mar local, orientada para qualquer direção, irá gerar um jato simples. Este mar local estará caracterizado por uma estratificação de densidade e um campo de correntes, enquanto que a água produzida deverá possuir uma tendência maior ou menor à boiar e uma orientação (para baixo ou para cima), o que definirá o seu movimento descendente ou ascendente.

Após a descarga, a água produzida passará por três estágios de fluxo:

1. Fase de jato (ou convectiva) – onde o fluido transportado é dominado pelo momento da descarga inicial e o prevalecimento das forças de coesão internas sobre as forças de arrasto. É caracterizado pela maior manutenção nas características da água produzida, tentando manter sua integridade e com poucas trocas com o meio ao redor.
2. Fase do colapso dinâmico – onde a água produzida procura uma profundidade de equilíbrio e onde a advecção, diferenças de densidade e os contrastes entre seus gradientes são as principais forças direcionando o seu transporte. O colapso refere-se a perda de integridade da água de produção, sendo o momento onde a penetração de água do mar se inicia, causando mistura e diluição na descarga da água produzida.
3. Fase de dispersão passiva – onde a água produzida já perdeu completamente as suas características dinâmicas e todo o transporte das partículas é determinado por processos de difusão e advecção. Não há identificação da água produzida como um efluente, estando ela completamente misturada e diluída.

Os coeficientes de dispersão não são tão comuns na literatura, o que induziu a que o modelo realizasse suas próprias estimativas (Koh e Fan, 1970, apud EPRC, 1999):

- coeficientes horizontais : baseados na aplicação da lei de potência quatro terços para a escala de comprimento do efeito; e
- coeficientes verticais : baseado no estado do mar e no perfil de densidade do ambiente, sendo neste caso função das condições das ondas.

3.2 DADOS DE ENTRADA DA SIMULAÇÃO

O modelo utiliza um sistema próprio de coordenadas, devendo ser indicada a extensão da área avaliada ao longo dos eixos E-W e N-S, bem como os intervalos de discretização da malha nos quais são calculados os parâmetros avaliados na evolução da modelagem. São informados também os seguintes parâmetros :

- Composição da água produzida: temperatura, salinidade e concentração de óleo;
- Dados da descarga: vazão, duração, raio da tubulação, orientação e localização;
- Dados do ambiente: batimetria, perfil de velocidades de correntes, altura e período de onda, velocidade do vento e temperatura do ar; e
- Dados estruturais do FPSO: comprimento, largura, calado operacional, diâmetro característico das estruturas submersas e espaçamento entre elas.

Todos os dados são apresentados em unidades do sistema inglês, o que demanda uma conversão em sua entrada e saída de informações para o sistema GKS.

Também deverão ser informados os tempos da simulação, sendo estes referentes ao tempo total da descarga e o passo de evolução do modelo.

Todos os dados de entrada do modelo são apresentados na tabela I, abaixo, e no extrato da listagem de saída do modelo, apresentada no Apêndice B.

Tabela I – Valores das variáveis de entrada do modelo. (continua)

SEÇÃO / VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR
GRID	Seção de informações sobre o grid da simulação e as informações da batimetria	
NMAX	Número de células no eixo W-E (Z)	34
MMAX	Número de células no eixo N-S (X)	91
DX	Tamanho do lado das células (quadradas)	30.5 m (100 ft)
CDEPTH	Profundidade local assumida (constante)	100 m (328 ft)
OUTPUT	Especifica as formas de informações desejadas, como localização da pluma, no plano horizontal e em perfis, as posições dos perfis e os tempos de simulação e do intervalo de cálculo da simulação (time step)	
PRINC	Número de profundidades por perfil	20
NPCUR	Número de perfis a serem analisados na malha	67
TIME	Tempo de geração das saídas	3600 s (1 hr)
DISCHARGE	Descreve os aspectos da descarga	
BBLPH	Fluxo do volume descartado	3.471,6 bbl/hr
RADIUS	Raio da tubulação do descarte	0.42 ft (10" 0.25 cm) (*1)
DJET	Profundidade	0.15 cm (0.5 ft)

Tabela I – Valores das variáveis de entrada do modelo. (continua)

SEÇÃO / VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR
ANGLE	Ângulo vertical de descarga (em graus referentes à horizontal – positivo para baixo e negativo para cima)	90°
BEAR	Azimute de descarte, graus do norte	90°
XRIG	Coordenada X do FPSO	625
ZRIG	Coordenada Z do FPSO	2300
TJET	Duração da descarga	43200 s (12hs) (*2)
FTEMP	Temperatura da água produzida em °C	38°
FSAL	Salinidade da água produzida em ppm	56
PARAM	Descrição da partícula a modelar	óleo
ROSM	Densidade da partícula (g/cm ³)	0,8833
CS	Fração volumétrica da concentração da partícula	2.4 x 10 ⁻⁵
VFALL	Velocidade de queda (negativa significa flutuabilidade)	-1.66 x 10 ⁻⁵ ft/s (-0.51 x 10 ⁻⁵ m/s)
AMBIENT	Descrição dos parâmetros do ambiente de descarte	
IFORM	Indicação de como serão entrados os valores de perfil de correntes	3 (lidos diretamente do arquivo)
NVP	Indicador se o mesmo perfil será usado em todos os intervalos de integração	1 (sim)
NFORM	Indicador do número de pontos a serem lidos e o formato dos dados	-3 (três pares de intensidade e direção das correntes)
DUWA	Profundidades das observações de correntes	0 m (0 ft), 50 m (164 ft) e 100 m (328 ft)
PARM1	Intensidade da corrente em ft/s	0.45 m/s (1.47 ft/s)
PARM2	Direção das correntes, em graus	180° (para Sul)
NPROF	Indica o número de perfis de densidade a serem lidos	1 (perfil constante)
NROA	Número de pontos em cada perfil de densidade	3
YROA	Profundidade para o par T/S especificado	0 m (0 ft), 50 m (164 ft) e 100 m (328 ft)
TEMPA	Temperatura na profundidade	25.13 °C, 23.33 °C e 21.04 °C
SALA	Salinidade na profundidade	36.69, 36.71 e 36.48
NSEA	Números de estados de mar	1
H3	Altura de onda significativa	2 m (6.5 ft)
T3	Período de onda significativa	6 s
WIND	Velocidade do vento (ft/sec)	6.5 m/s (21.57 ft/s)
AIRT	Temperatura do ar à superfície do mar	24.0 °C
TIMESTEP	Tempo de integração do passo da modelagem	
TIME	Tempo do passo de integração da modelagem	3600 s (1 hr)

Tabela I – Valores das variáveis de entrada do modelo. (continua)

SEÇÃO / VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR
WAKE	Descreve efeitos de arrasto pela forma do FPSO de lançamento	
PLEN	Extensão do FPSO	337 m (1105 ft)
PWID	Largura do FPSO	54.5 m (178.8 ft)
PDEP	Calado do FPSO	21 m (69 ft)
STDIA	Diâmetro característico das estruturas submersas	168 m (551.2 ft)
STSPA	Espaçamento característico das estruturas submersas	0.03 m (0.1 ft)
RNOSC	Parâmetro que define o comprimento da zona de arrasto (valor para a frequência de oscilação do número de flutuabilidade – number of buoyancy)	0 (utiliza o default = 3)
RNDEP	Parâmetro que define a profundidade da zona de arrasto (valor para multiplicar o calado do FPSO)	0 (utiliza o default = 1.3)

(*1) – Considerado o descarte conservativo, junto a superfície do mar.

(*2) – Valor lançado em função de preservação da estabilidade do modelo.

3.3 SAÍDAS DO MODELO

A listagem apresentada no Apêndice B é referente à uma parte da saída dos dados do modelo OOC para a modelagem da água produzida característica da operação no campo de Barracuda.

Conforme apresentado nos dados de entrada, foram solicitadas as saídas de valores de concentração para 67 perfis localizados ao longo da direção da corrente até a distância de 2000 metros do FPSO P-43, a fim de verificar a extensão máxima deste efeito. Também foram solicitadas as concentrações em planos horizontais até 70 metros de profundidade, para verificação do espalhamento da água produzida em sua interação com o mar local. O próprio modelo define camadas de 3 metros (10 ft) para apresentação destes planos.

Os resultados são apresentados na forma tabular dentro do próprio arquivo de saída, ou em arquivos próprios para cada caso. Para facilitar a visualização destes resultados foram elaboradas as Figuras 1 a 7, apresentadas no Apêndice A.

3.4 PREMISSAS DA MODELAGEM REALIZADA

Com o intuito de reproduzir o mais fielmente os dados representativos da realidade operacional no desenvolvimento da simulação, foram assumidas certas premissas aplicadas na utilização destes dados pelo modelo.

a) Quanto ao GRID

O grid foi especificado de forma que o FPSO ficasse alinhado ao seu eixo Norte-Sul (que não corresponde ao geográfico), deslocado para seu lado esquerdo em função do efeito causado pela “barreira” representada pela estrutura do FPSO no deslocamento da água de produção descartada. O

alinhamento de todo o grid foi feito de forma que este eixo X (N-S) coincidisse com a direção da corrente, permitindo mais facilmente a determinação das coordenadas dos pontos onde o modelo apresenta os perfis de concentração na coluna d'água, e estendendo-se até 2000 metros adjacentes à popa do navio. Os espaçamentos dos pontos do grid foram de 30.5 metros, em ambas as direções.

Esta disposição da embarcação, além de representar a realidade do descarte e da posição do FPSO em relação ao regime local de correntes, também representa o pior caso referente a redução do efeito da descarga pela sua extensão. Caso o navio estivesse perpendicular à corrente, os efeitos da sua passagem pela parte inferior do casco causariam uma turbulência no ponto de descarte, diminuindo a profundidade de efeito da descarga.

A profundidade máxima sensibilizada pela descarga da água produzida foi especificada em rodadas sucessivas do modelo, a partir de 200 metros de profundidade, definindo-se que a sua determinação em 70 metros seria ideal para a verificação do efeito.

O esquema representativo do grid é apresentado na Figura 1 no Apêndice A.

b) Quanto à descarga da água produzida

O lançamento foi simulado como sendo feito do nível da água, sem a necessidade de correções nos valores da vazão.

c) Quanto à inclusão da concentração residual de óleo na água produzida

O modelo solicita a informação de certos parâmetros para caracterização do comportamento das gotículas de óleo misturadas à água produzida. O tamanho das gotículas foi estipulado em 200 μm , o que é condizente com diâmetros além da eficiência dos equipamentos de separação água-óleo a serem instalados no FPSO.

A sua fração volumétrica, relação do volume de óleo ao volume de efluente, foi calculada a partir da concentração residual limite permitida pela legislação e que será adotada na atividade, de 20 ppm, e da vazão média diária ao longo da produção nos 23 anos (8,375.00 m^3/dia).

d) Quanto à determinação dos parâmetros ambientais

Os valores utilizados nas simulações são representativos de condições médias sazonais características para a região do campo, apresentados no estudo ambiental.

e) Quanto às considerações sobre o arrasto

Foram necessárias adequações aos parâmetros de cálculo do arrasto causado pela geometria do FPSO, a serem utilizados pela simulação. Primeiramente, as dimensões da embarcação são bem maiores que as normalmente modeladas, o que levou à estratégia de sua representação no grid. O seu natural alinhamento no sentido de deslocamento da corrente simula uma condição de borda no lançamento da descarga, evitando uma maior dispersão horizontal nos primeiros metros. Entretanto a relação de maior penetração em profundidade na coluna d'água do que o calado operacional apresentado, permite que este bloqueio seja vencido pela interação ocorrida nas regiões mais profundas.

Outra adequação foi quanto às simulações do diâmetro característico das estruturas submersas e seu espaçamento. Para tal, o primeiro foi especificado como a metade da extensão do FPSO, ficando o segundo com um espaçamento mínimo, gerando um efeito semelhante ao real, causado pela integridade do casco.

f) Quanto a descargas simuladas de longa duração

O modelo utilizado simula a dispersão através do acompanhamento dos aglomerados individuais de cada componente. Existe um número limitante de aglomerados que ele pode utilizar em uma simulação (25.000). Por este motivo, o número de aglomerados que podem ser utilizados para representação da pluma por unidade de tempo, diminui a medida que a descarga aumenta (novas quantidade e novos aglomerados).

Isto quer dizer que descargas muito longas podem criar distribuições esparsas destes aglomerados na coluna d'água, o que pode gerar uma variabilidade significativa nas concentrações com o aumento da distância a partir do ponto de entrada da descarga no sistema.

A diluição e o espalhamento ao longo da distância do ponto de descarte são os principais produtos de interesse da simulação da água produzida. Nestes casos, a duração da descarga deverá ser definida o tempo suficiente para que a concentração no ponto mais distante de interesse chegue ao estado quasi-estacionário (EPRC, 1999).

Calculados os tempos para que a simulação não atingisse este problema de estabilidade computacional, verificou-se que a grande descarga protegida, somada ao tempo máximo de um dia para a modelagem e com um passo de integração de uma hora, afetariam os resultados do modelo, muito em função do acompanhamento das plumas do parâmetro óleo. Para otimização de sua utilização, foi analisada a possibilidade de redução do tempo de descarga para 12 horas, não causando as inconsistências computacionais observadas anteriormente. Outras análises foram feitas e observou-se que poderia ser usado o tempo total de descarga de até quatro horas, com uma hora de passo de integração, que os resultados seriam os mesmos.

4. RESULTADOS

4.1 DESCRIÇÃO DAS FIGURAS GERADAS

As análises feitas nesta seção são referentes às Figuras 2 a 8, apresentadas no Apêndice A. As Figuras 1 e 2 representam a dispersão tridimensional de duas faixas de concentração na pluma (inferior a 0.0001 ppm [10^{-4}] e 0.001 [10^{-3}] a 0.0001 [10^{-4}] ppm), sendo integradas em uma só representação na Figura 4. A orientação do grid tridimensional ocorre ao longo da direção predominante da corrente no local (200°).

As figuras 5, 6 e 7, representam três planos horizontais de concentrações de óleo, de 0 a 3 m, 9 a 12 m e 27 a 30 m. Em todas elas, as concentrações são expressas em valores de logaritmo, a fim de permitir uma visualização do fenômeno ocorrido. A Figura 8, apresenta o perfil ao longo da distância de afastamento do ponto de descarga, e a Figura 9, o decaimento da concentração de óleo com este afastamento.

4.2 LEITURA GERAL DOS PRODUTOS DA SIMULAÇÃO

Após meio dia de lançamento, o óleo atinge a distância limite do grid com concentrações de centésimo de ppm, navegando entre 5m (16 ft) e 30m (98 ft), aflorando a primeira vez a 1250m (4100 ft) do FPSO, com valores de concentração de 10^{-4} ppm. O grande volume do efluente da pluma causa um comportamento mais concentrado entre 5 e 15 metros, ao longo de toda a sua dispersão longitudinal de afastamento. Nesta faixa são encontrados os maiores valores de concentração do óleo residual. Conforme visto na Figura 9, a concentração máxima é encontrada no ponto de lançamento, com valor de 0,010972 ppm, sendo este valor função da diluição inicial da concentração do lançamento na fase de jato. Após 30 metros de afastamento, a concentração já decresce para 0,0025 ppm.

Nas Figuras dos planos apresentados (5, 6 e 7, referentes a 0m, 10 m e 30 m, respectivamente), podemos notar uma rápida diluição da concentração, sendo que da primeira até a última, os valores já se encontram na ordem de centésimos de milésimos de ppm. Pode-se notar uma concentração dos valores em um afastamento lateral de 40 metros e longitudinal de 800 metros do FPSO P-43, com um rápido decaimento em ambas as direções a partir daí. Também ao longo do perfil, pode ser notada a clara diminuição das concentrações dos valores até a faixa de 30 metros de profundidade. Em todos os casos foi utilizada a escala logarítmica da concentração, a fim de poder ser apresentada uma idéia do comportamento visual do fenômeno.

Quanto ao espalhamento horizontal, a abertura máxima da dispersão da pluma foi de 400 metros para valores de concentração inferiores à 0.0001 ppm (Figura 2). Para valores de concentração na faixa de 10^{-3} a 10^{-4} , este afastamento foi de 170 metros (Figura 3), ficando as maiores concentrações restritas a 40 metros de afastamento lateral (Figura 4). Após 1700 metros de afastamento longitudinal do FPSO, as concentrações já apresentam valores insignificantes até para a representação logarítmica, podendo ser aí definido o limite extremo do efeito do descarte do efluente.

Analisando o comportamento físico de integração da descarga com o mar, nota-se que existe uma penetração até 30,5 m (100 ft) de profundidade, contudo com efeitos superficiais horizontais sensíveis já no segundo quadrado modelado (30.5 m de

afastamento [100 ft]) – Figura 9. Este efeito espalha-se por toda a extensão do grid, chegando ao seu final com valores absolutamente desprezíveis, com diluições da ordem de 150.000 vezes, a qualquer hora em que sejam verificadas as concentrações no final da pluma (estado estacionário).

Nos planos horizontais, os valores de concentração decaem até o fator de 10^{-4} na superfície, com expansão lateral de 400 m (1315 ft). O óleo mostra um movimento sempre acoplado à água produzida, todo dentro do fluido, não se separando em uma trajetória distinta. Sua concentração vai de cerca de 20 ppm iniciais (21 pelos cálculos realizados de fração volumétrica) até 2.2×10^{-5} ppm.

A análise combinada das Figuras 8 e 9, mostra a concentração da pluma de dispersão dos 5 aos 20 metros de profundidade ao longo dos primeiros 200 metros de afastamento. Depois, com a ação de flutuabilidade do óleo, este concentra-se na faixa de 10 a 15 metros de profundidade, indo de 200 a 1.100 metros de distância da fonte (FPSO P-43). Depois desta faixa, até os 1.700 metros de afastamento, o óleo já extremamente diluído em função da mistura completa do efluente, apresenta resíduos uniformes ao longo do perfil. Após os 1.700 metros de afastamento do FPSO, nenhum efeito é verificado, com concentrações residuais desprezíveis de óleo.

Em suma, conclui-se que a pluma não existe fisicamente além dos 30 metros de profundidade e que os fatores de decaimento desta concentração pela diluição realizada pelo mar ao longo da direção da corrente já não são sensíveis após 800 metros de afastamento (Figura 9). A invasão da água do mar no efluente da água produzida é responsável pelo rápido decaimento da sua concentração.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEVRON Overseas Petroleum, 1997. Health, Safety and Environmental Guidelines: Pollution Prevention. Project HSE Information, MODEC. 109 pp.

EPRC (Exxon Production Research Company), 1999. Offshore Operators Committee Mud and Produced Water Discharge Model – Report and User Guide. Brandsma, M.G. and Smith, J.P., December, New Orleans, Louisiana, USA. 320 pp.

GESAMP, 1993. Impact of Oil and Related Chemicals and Wastes on the Marine Environment. GESAMP Reports and Studies, 50. London. 180pp.

THOMAS, J.E.; Triggia, A. A.; Correia, C.A.; Verotti Filho, C.; Xavier, J.A.D.; Machado, J.C.V.; Paula, J.L.; De Rossi, N.C.M.; Pitombo, N.E.S.; Gouvea, P.C.V.M.; Carvalho, R.S. & Barragan, R.V., 2001. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Thomas, J.E. (eds.) Ed. Interciência. PETROBRAS / Rio de Janeiro.

APÊNDICE A – Figuras resultantes da simulação

APÊNDICE B – Parte do arquivo de resultado da simulação, fornecido pelo programa OOC-PC.