

# Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o Poço Gávea, Bacia de Campos







**ASA SOUTH AMERICA**

**Rua Purpurina, 155, cj 95**

**Vila Madalena – São Paulo –SP**

**CEP 05435-030**



**Av. Treze de Maio, 13 - 15º Andar**

**Centro - Rio de Janeiro, RJ**

**CEP 20003-900**

## **MODELAGEM DO TRANSPORTE E DISPERSÃO DE ÓLEO NO MAR PARA O POÇO GÁVEA, BACIA DE CAMPOS**

Equipe Técnica **ASA SOUTH AMERICA:**

ANA CAROLINA DA ROCHA LAMMARDO

(Nº IBAMA : 325047)

CAMILA CANTAGALLO DEVIDS

(Nº IBAMA : 2393636)

**Revisão 01**

**Agosto / 2008**



[illegible]



## **ÍNDICE GERAL**

I	INTRODUÇÃO .....	I-1
II	MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO .....	II-1
	II.1 PONTOS DE RISCO E VOLUME .....	II-1
	II.2 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO UTILIZADO .....	II-1
	II.3 CRITÉRIO DE PARADA ADOTADO NAS SIMULAÇÕES.....	II-2
	II.4 RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS.....	II-3
III	RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS .....	III-1
IV	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	IV-1
V	BIBLIOGRAFIA .....	V-1
	ANEXO A.....	A-1





## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Coordenadas (SAD 69) do ponto de risco que representa o Poço Gávea, localizado na Bacia de Campos.....	II-1
<b>Tabela 2</b> - Características do óleo.....	II-2
<b>Tabela 3</b> - Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrames do óleo para o Poço Gávea. ....	II-3



## LISTA DE FIGURAS

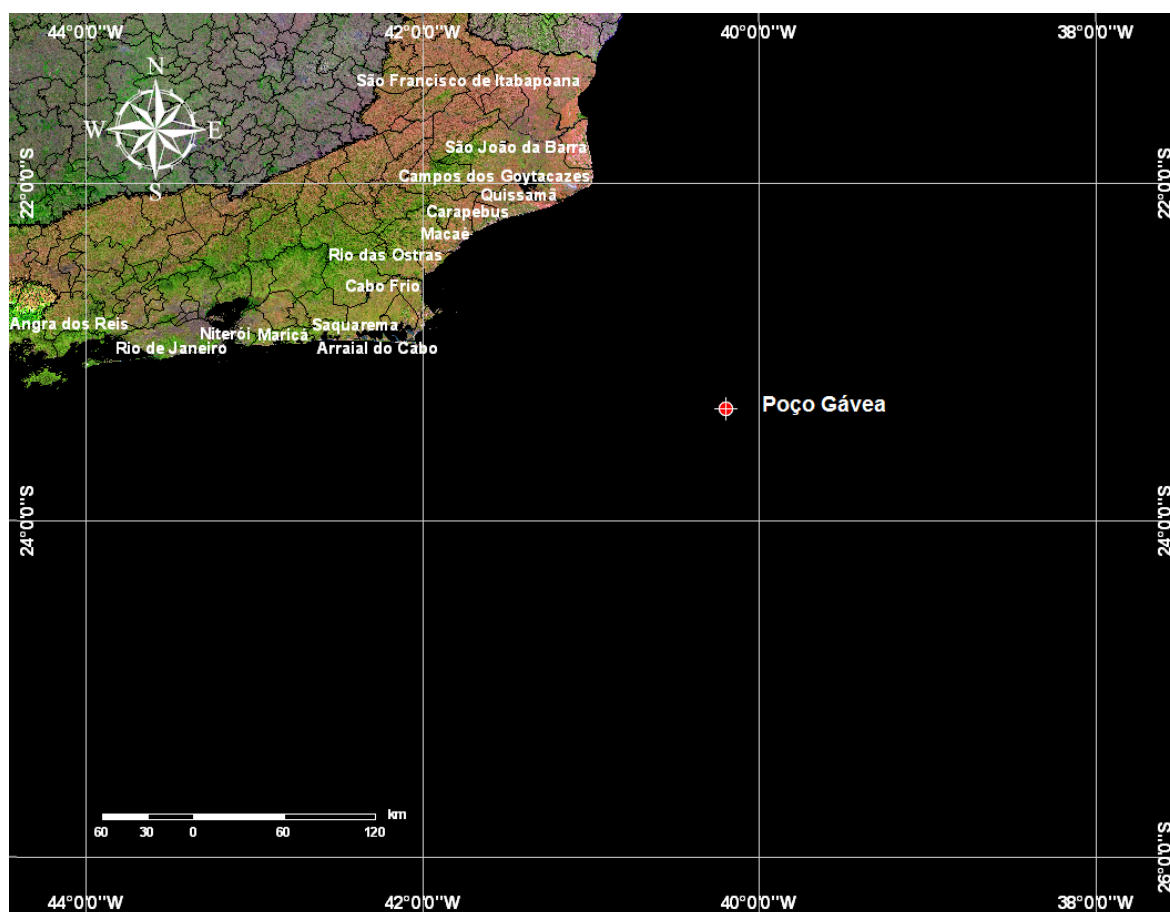
- Figura 1** - Localização do ponto de risco (Poço Gávea) na Bacia de Campos..... I-1
- Figura 2** - Cenário GÁVEA\_VER\_PC\_60D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação. .... III-2
- Figura 3** - Cenário GÁVEA\_VER\_PC\_60D. Contornos de tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação. .... III-3
- Figura 4** - Cenário GÁVEA\_INV\_PC\_60D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação. .... III-4
- Figura 5** - Cenário GÁVEA\_INV\_PC\_60D. Contornos de tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação. .... III-5



## I INTRODUÇÃO

Com o objetivo de dar suporte a HABTEC/REPSOL no desenvolvimento de Estudos Ambientais na Bacia de Campos, apresenta-se este trabalho de revisão da modelagem computacional da trajetória e intemperismo de óleo, decorrente de um potencial acidente com derramamento de petróleo no Poço Gávea, localizado no Bloco BM-C-33 (Figura 1).

O presente trabalho apresenta uma revisão do estudo realizado pela **ASA** em fevereiro de 2007 (ASA, 2007), devido alterações no volume de *blowout* dos cenários de pior caso (redução de volume) e densidade do óleo (aumento da densidade) utilizados na modelagem anterior.



**Figura 1** - Localização do ponto de risco (Poço Gávea) na Bacia de Campos.

As modelagens foram conduzidas através da utilização de um sistema de modelos conhecido como OILMAP, desenvolvido pela **Applied Science Associates (ASA), Inc.** A **ASA** tem mais de 20 anos de experiência com utilização de ferramentas computacionais para estudos de impacto ambiental causados por acidentes com petróleo.

Para a modelagem de transporte da mancha de óleo foram utilizados campos de vento elaborados a partir de dados do modelo global de Reanálise NCEP/NCAR<sup>1</sup>. O NCEP disponibiliza um conjunto de resultados provenientes de aproximadamente 30 anos de análises globais de campos atmosféricos para suprir as necessidades de pesquisa na área de clima, sendo um conjunto de dados dos mais confiáveis disponíveis.

A caracterização dos padrões de circulação na região foi realizada a partir de resultados de um modelo desenvolvido pela equipe da **ASA SOUTH AMERICA**, baseado no *Princeton Ocean Model* (POM), para simular as condições na plataforma continental, e resultados do *Parallel Ocean Climate Model* (POCM) para simular as condições no talude continental e oceano profundo.

As informações detalhadas a respeito da caracterização ambiental da área de estudo, modelagem hidrodinâmica, modelagem de derrame de óleo (descrição do OILMAP, dados de entrada), entre outros, foram apresentadas em ASA (2007).

---

<sup>1</sup> National Centers for Environmental Prediction do National Center for Atmospheric Research.

## II MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

Na modelagem de derrame de óleo foi utilizado o modelo OILMAP, desenvolvido pela **ASA**. Este modelo é uma ferramenta utilizada para o acompanhamento e previsão do deslocamento e intemperismo (*trajectory and fates*) de qualquer tipo de óleo derramado em acidentes com petróleo.

### II.1 PONTOS DE RISCO E VOLUME

As coordenadas do ponto de risco foram especificadas pela HABTEC/REPSOL conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1** - Coordenadas (SAD 69) do ponto de risco que representa o Poço Gávea, localizado na Bacia de Campos.

PONTO DE RISCO	LATITUDE	LONGITUDE	LÂMINA D'ÁGUA (m)
Poço Gávea	23°20'02,65"S	40°11'38,46"W	2.715

Fonte: HABTEC/Repsol.

No presente trabalho de revisão de modelagem, o volume de pior caso utilizado foi de 34.350 m<sup>3</sup>, definido como o volume resultante da perda de controle do poço por 30 dias (Anexo A). Nas simulações de pior caso, o derrame de todo o volume foi considerado contínuo ao longo de 30 dias.

### II.2 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO UTILIZADO

A Tabela 2 apresenta as propriedades físico-químicas do óleo considerado nas simulações probabilísticas, segundo informações fornecidas pela HABTEC/REPSOL (Anexo A) e provenientes do banco de dados da **ASA**. Salienta-se que a densidade deste é maior que a do trabalho original apresentado em ASA (2007).

**Tabela 2 - Características do óleo.**

PARÂMETRO	VALOR
Densidade	0,876 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidade dinâmica a 25°C	0,551 cP
Tensão interfacial	16,3 din/cm
Conteúdo máximo de água	30 %
Ponto de ebulição inicial	403,3 K
Gradiente da curva de evaporação	445,7
Constante de evaporação A	10,4
Constante de evaporação B	13,4

### II.3 CRITÉRIO DE PARADA ADOTADO NAS SIMULAÇÕES

Segundo critérios de finalização de simulações de óleo no mar estabelecidos pelo IBAMA<sup>2</sup> (IBAMA/ANP, 2002), as simulações devem ser interrompidas caso sejam satisfeitas quaisquer das três condições abaixo apresentadas:

- A) Não existe óleo no mar com espessura superior ao valor mínimo de  $3 \times 10^{-7} \text{m}$ ;
- B) Todo o óleo do vazamento remanescente no mar atinge a costa;
- C) O tempo de simulação completa 30 dias\* após o final do vazamento.

\*ou seja, no caso de *blowout* de 30 dias, as simulações terão no máximo 60 dias.

Com base nessas condições foi utilizado, como critério de parada das simulações o tempo de 30 dias após o final do vazamento. Assim, as simulações com volume de pior caso (*blowout* de poço por 30 dias) foram de 60 dias. Além deste critério de parada propriamente dito, foi adotado o corte de espessuras inferiores a 300 nm nas simulações e apresentações de resultados.

A associação do critério de parada adotado (30 dias após o final do vazamento) com o corte de espessuras (300 nm) satisfaz duas das condições freqüentemente solicitadas pelo IBAMA, e apresentadas acima. Salienta-se que,

<sup>2</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.



quando a mancha atinge a espessura de 300 nm (independente do instante de tempo), o modelo OILMAP considera como se não houvesse passado óleo naquela determinada região.

## II.4 RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS

As simulações para a determinação da dispersão de óleo foram realizadas utilizando-se o modelo OILMAP no modo probabilístico. Neste modo é considerada a variabilidade das forçantes ambientais, assim as simulações de comportamento da pluma são realizadas através da variação das condições meteorológicas e oceanográficas, divididas em duas condições principais correspondendo aos períodos de verão e inverno. Para que se pudesse incorporar a variabilidade dessas forçantes foi realizada com o modelo OILMAP uma série de 350 simulações em cada cenário probabilístico. A Tabela 3 apresenta os cenários simulados neste estudo para o Poço Gávea.

**Tabela 3** - Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrames do óleo para o Poço Gávea.

CENÁRIOS	VOLUME (m <sup>3</sup> )	ESTAÇÃO DO ANO	DURAÇÃO DO DERRAME	DURAÇÃO DA SIMULAÇÃO
GAVEA_VER_PC_60D	34.350	Verão	30 dias	60 dias
GAVEA_INV_PC_60D	34.350	Inverno	30 dias	60 dias

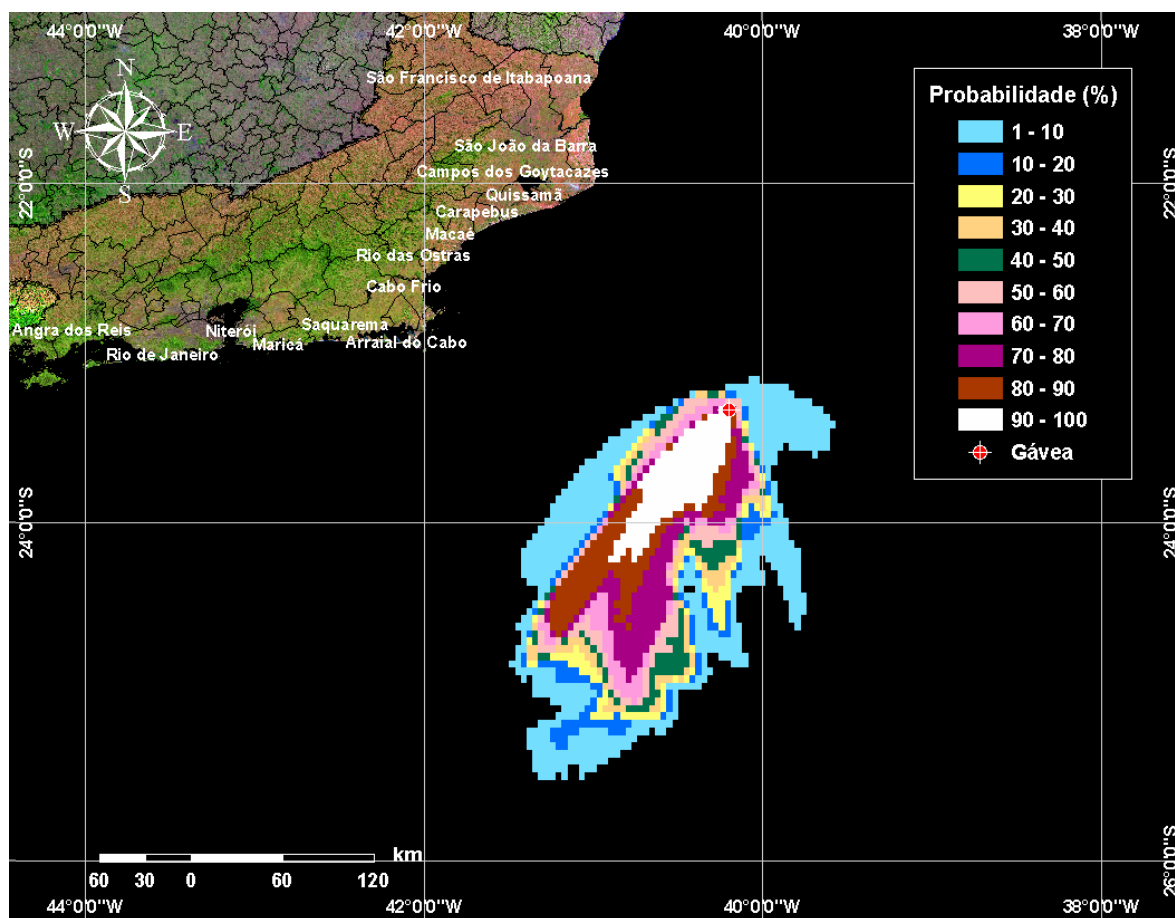


### **III RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS**

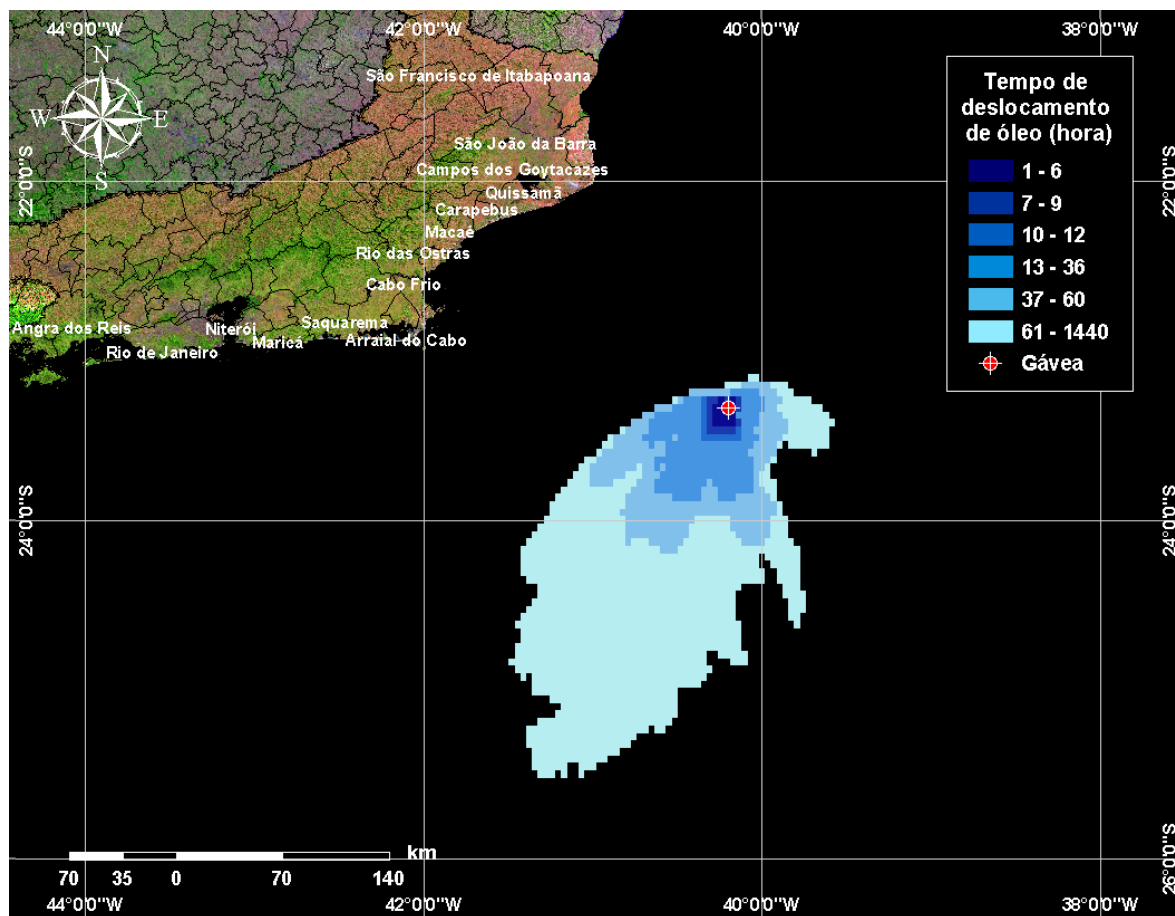
O modelo OILMAP foi utilizado para simular os cenários descritos no Item II.4 e produzir as curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da área de estudo.

As Figuras 2 a 5 apresentam os contornos de probabilidade da presença de óleo na água e os contornos de tempo do deslocamento do óleo na água, para os cenários de acidentes no Poço Gávea, ocorrendo durante os meses de verão e inverno. Não são apresentadas figuras de probabilidade de toque na costa uma vez que, em nenhuma das simulações, não houve registro de chegada de óleo na costa com espessura igual ou superior a 0,0003 mm.

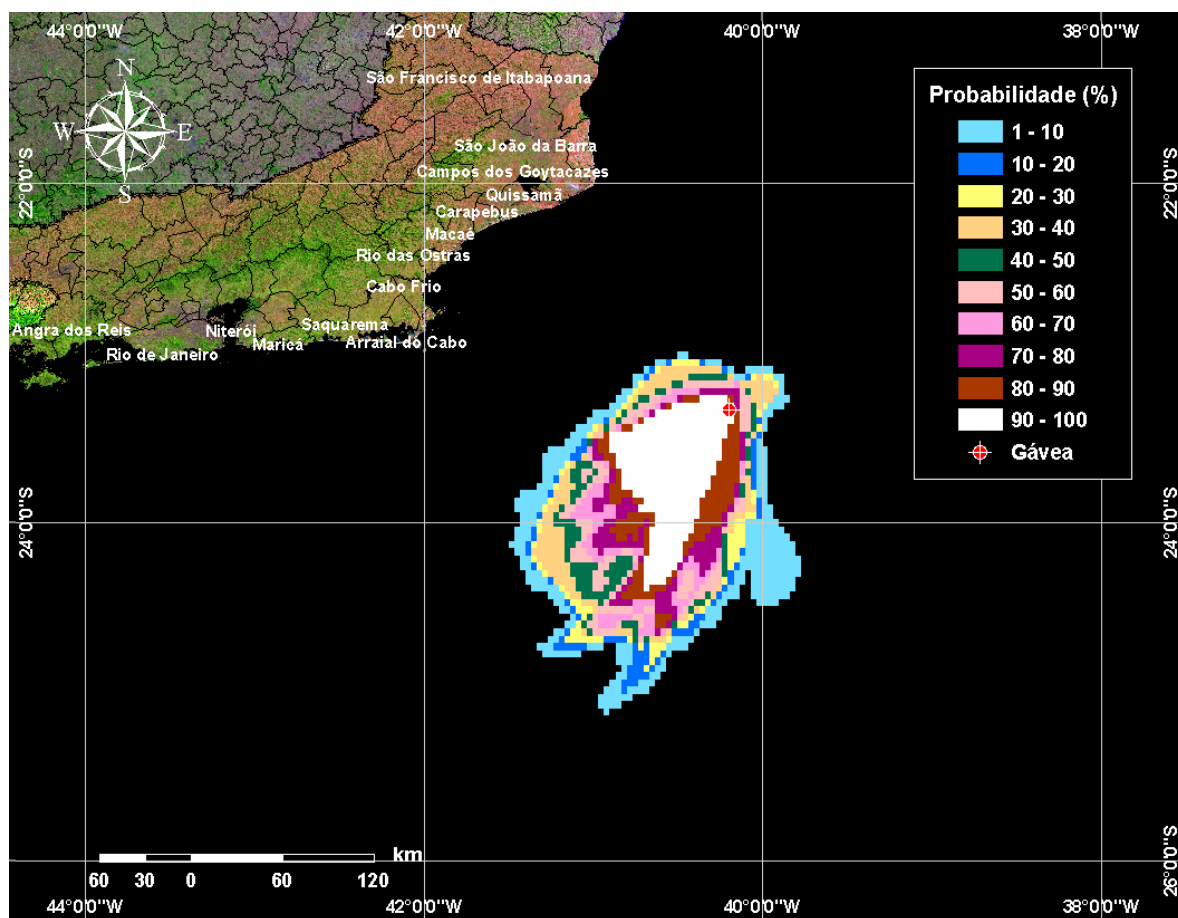
Cabe aqui ressaltar que todas as simulações realizadas não levam em conta as ações provenientes de Planos de Contingência e Planos de Ações Emergenciais, e que em todas as ilustrações de contornos de probabilidade de óleo na água, o valor correspondente ao limite superior dos intervalos da escala de cores está incluído na classe. Assim, por exemplo, no intervalo de probabilidade de 10-20% estão incluídas as probabilidades superiores a 10% e menores ou iguais a 20%.



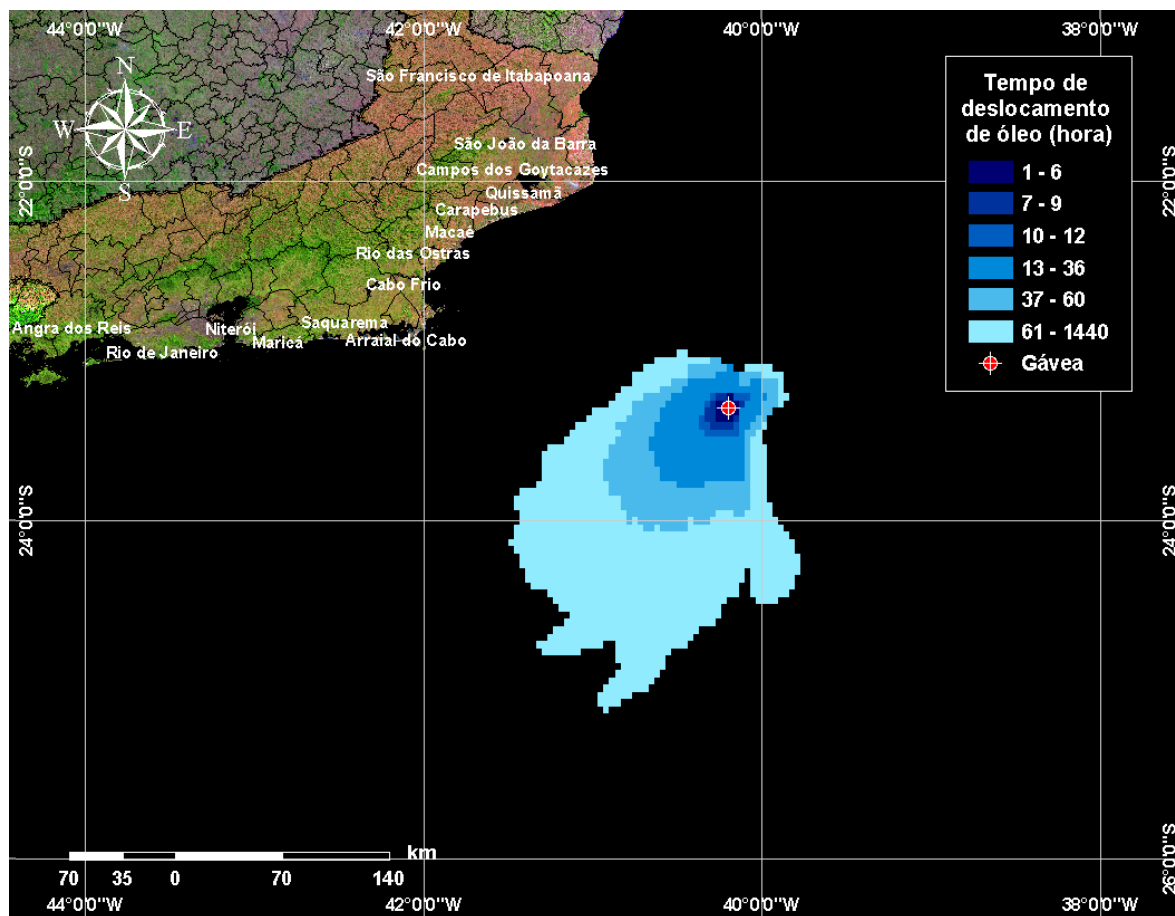
**Figura 2** - Cenário GÁVEA\_VER\_PC\_60D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação.



**Figura 3** - Cenário GÁVEA\_VER\_PC\_60D. Contornos de tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação.



**Figura 4** - Cenário GÁVEA\_INV\_PC\_60D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação.



**Figura 5** - Cenário GÁVEA\_INV\_PC\_60D. Contornos de tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no Poço Gávea, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 34.350 m<sup>3</sup> ao longo de 30 dias, após 60 dias de simulação.





## **IV CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste relatório é apresentado uma revisão dos cenários de pior caso realizados para a determinação da trajetória e intemperismo de um potencial acidente com petróleo na Bacia de Campos, a partir do Poço Gávea.

Foram realizadas simulações de cenários probabilísticos considerando-se somente a classe de derrame de pior caso, com 35.340 m<sup>3</sup> derramados ao longo de 30 dias, correspondendo à perda de controle do poço por 30 dias.

Como critério de parada das simulações o tempo de 30 dias após o final do vazamento. Assim, as simulações com volume de pior caso (*blowout* de poço por 30 dias) foram de 60 dias. Além deste critério de parada propriamente dito, foi adotado o corte de espessuras inferiores a 300 nm nas simulações e apresentações de resultados.

Os resultados da modelagem revelaram uma forte correlação entre a trajetória de uma mancha simulada e o padrão de circulação na região. As condições meteorológicas e oceanográficas da Bacia de Campos mostram que, sobre a plataforma, o padrão de circulação predominante está relacionado ao campo de vento e à maré, com eventuais intrusões da CB. A partir do talude, e em oceano profundo, os mesmos padrões são observados, mas com predomínio sensível de correntes médias superficiais para sul-sudoeste, relacionadas à presença da CB.

Os resultados das simulações mostraram que, para um potencial derramamento de óleo no Poço Gávea, considerando o volume de pior caso (*blowout* de 30 dias) e espessuras iguais ou maiores que 300 nm, não há probabilidade de toque na linha de costa tanto em nenhuma das condições sazonais simuladas.

Em comparação com os resultados da modelagem realizada com maior volume de pior caso (61.468 m<sup>3</sup>) e óleo com menor densidade (0,825 g/cm<sup>3</sup>), apresentados em ASA (2007), observa-se uma pequena redução na área total com probabilidade de ocorrência de óleo, tanto no verão quanto no inverno.



---

## **V BIBLIOGRAFIA**

**ASA (APPLIED SCIENCE ASSOCIATES SOUTH AMERICA), 2007.** Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o Poço Gávea, Bacia de Campos. Relatório Técnico (fevereiro de 2007). 95pp.

**IBAMA/ANP (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Agência Nacional do Petróleo), 2002.** Workshop Diretrizes Técnicas para Modelagem do Derramamento de Óleo no Mar.



## ***ANEXO A***

### ***ESTUDO DE SURGÊNCIA DO POÇO GÁVEA***

## Informe sobre a modelagem, Gávea.

Foram realizadas modelagens do poço Gávea na situação de perda de controle do mesmo, com o objetivo de quantificar o volume de vazado no período de um mês.

Foi utilizada a Análise Nodal para simular as condições do poço descritas anteriormente e calcular as curvas de levantamento vertical (VLP's) utilizando o software Prosper, e se estabeleceram as mesmas condições para simular o desenvolvimento do reservatório durante o período de 30 dias, simulado. A ferramenta informática pertence a Petroleum Expert na versão IPM 5.4

A modelagem, esta dirigida com os seguintes parâmetros gerais: fluido Oil&Water, modelo Black Oil, fluindo por coluna de produção e anular nas condições de pressão THP atmosféricas, simulando perda de controle na cabeça.

RESUMO DADOS	
Fluído	Óleo
Método PVT:	Black Oil
Separador:	Etapa única
Viscosidade da água:	Correlação Padrão
Viscosidade do modelo:	Fluido Newtoniano
Tipo de escoamento:	Coluna de produção e anular
Tipo de poço:	Produtor
Levantamento artificial:	não
Estimativa:	Pressão e Temperatura ( <i>offshore</i> )
Modelo de temperatura:	Aproximação média
Range:	Todo Sistema
Completação	Open Hole
Tipo de entrada de fluido:	Simples
Gás cone:	Não
Gravel Pack:	Não

As correlações PVT com as que caracterizam o fluido para as categorias de pressão e temperatura das diferentes etapas da modelagem:

DADOS DE PVT MÉTODO BLACK OIL	
Fluído de Reservatório	Água e óleo
Separador	Etapa única
Dissolvido GOR:	50 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Densidade do Óleo	876,161 (kg/m <sup>3</sup> )
Densidade do Gás	0.83219 (kg/m <sup>3</sup> )
Salinidade da água	0,12 (kg/kg)
H <sub>2</sub> S:	0 (%)
CO <sub>2</sub> :	0 (%)
N <sub>2</sub> :	0 (%)
Pb, Rs, Bo Correlação:	Glaser
Correlação viscosidade do óleo	Beal <i>et al.</i>

A seguir será detalhado as características e potencial do reservatório, geometria e desenho do poço produtor, principais parâmetros utilizados nas mesmas, assim como os resultados finais.

INCLINAÇÃO DO POÇO			
MD (m)	TVD (m)	Afastamento (m)	Ângulo (graus)
0	0	0	0
6000	6000	0	0

EQUIPAMENTO DE FUNDO						
	MD	Coluna de Produção			Revestimento	
		Diâmetro interno	Rugosidade	Diâmetro externo	Diâmetro interno	Rugosidade
Nome	(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Cabeça de poço	0					
Riser	2675	10.16	0.001524			
Arvore de Natal Molhada	5100					
Coluna de Produção	6000	10.16	0.001524	11.43	50.8	0.001524

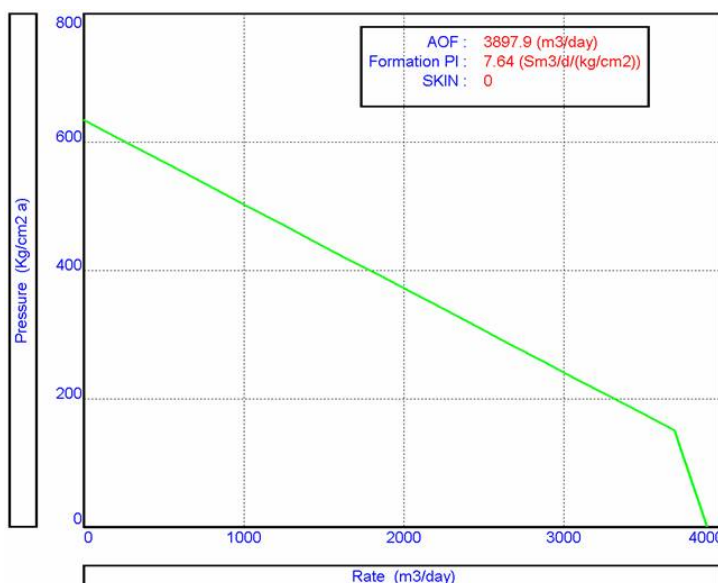
GRADIENTE GEOTÉRMICO	
Profundidade Medida	Temperatura
(m)	(°C)
0	20
2675	5
6000	100

DADOS DE RENDIMENTO DE ENTRADA DE FLUXO	
Pressão Reservatório	633.823 (kg/cm <sup>2</sup> )
Temperatura do Reservatório	100 (°C)
Corte de água	0 (%)
Total GOR	50 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Permeabilidade do Reservatório	0,05 (darcy)
Espessura do Reservatório	35 (m)
Dano	0
Área de drenagem	500000 (m <sup>2</sup> )
Fator Dietz Shape	30,99
Raio do Buraco	22,25 (cm)

Os resultados apresentam uma IP do poço de **7,64 m<sup>3</sup>/d/(kg/cm<sup>2</sup>)**

As curvas VLP calculadas com Prosper definem o seguinte gráfico, onde podemos observar também a IPR calculada:





O resultado da produção com as características descritas anteriormente determina os seguintes resultados volumétricos:

Liquid Rate	1145.2	m3/day
Gas Rate	57.265	1000m3/d
Oil Rate	1145.2	m3/day
Water Rate	0	m3/day
Bottom Hole Pressure	483.86	Kg/cm2 a
Wellhead Pressure	203.13	Kg/cm2 a
Wellhead Temperature	49.01	deg C
First Node Temperature	19.25	deg C

No caso a produção fosse descontrolada durante um período de 30 dias, obteríamos um volume total de **34,350** m3 de oil.