

# Modelagem do Descarte de Cascalho e Fluidos de Perfuração no Bloco BM-S-40, Bacia de Santos



E&P

Revisão 00  
Jun/2006



**PETROBRAS**



# **Modelagem do Descarte de Cascalho e Fluidos de Perfuração no Bloco BM-S-40, Bacia de Santos**

Revisão 00

Junho / 2006



**E&P**







## ÍNDICE GERAL

RESUMO .....	1
I INTRODUÇÃO .....	I-1
I.1 ÁREA DE ESTUDO .....	I-1
I.1.1 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DA REGIÃO .....	I-2
I.1.2 PADRÕES DE CIRCULAÇÃO NA REGIÃO .....	I-6
II MODELO HIDRODINÂMICO .....	II-1
II.1 DESCRIÇÃO DO PRINCETON OCEAN MODEL .....	II-1
II.1.1 EQUAÇÕES BÁSICAS .....	II-2
II.2 DISCRETIZAÇÃO DO DOMÍNIO E FORÇANTES .....	II-5
II.2.1 BATIMETRIA .....	II-5
II.2.2 ESTRUTURA TERMOHALINA .....	II-7
II.2.3 VENTOS .....	II-8
II.2.4 MARÉS .....	II-8
III MODELAGEM DO DESCARTE DE CASCALHO E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO .....	III-1
III.1 MODELO MUDMAP .....	III-1
III.1.1 ASPECTOS TEÓRICOS .....	III-2
III.2 DADOS DE ENTRADA .....	III-3
III.2.1 CAMPO DE CORRENTES .....	III-3
III.2.2 CAMPO TERMOHALINO .....	III-6
III.3 CENÁRIOS DE DESCARTE DE PARTÍCULAS .....	III-8
III.3.1 PONTO DE DESCARTE .....	III-8
III.3.2 ESPECIFICAÇÕES DOS PROCESSOS DE PERFURAÇÃO E DESCARTE .....	III-8
III.3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CASCALHO E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO .....	III-9
III.3.4 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS .....	III-11
IV RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES .....	IV-1
IV.1 FASE I .....	IV-2
IV.2 FASE II .....	IV-3
IV.3 FASE III .....	IV-5

---

IV.4 FLUIDO EXCEDENTE .....	IV-9
IV.5 FASE IV .....	IV-10
IV.6 FASE V .....	IV-13
IV.7 DESCARTE TOTAL .....	IV-17
V CONCLUSÕES.....	V-1
VI BIBLIOGRAFIA .....	VI-1
VII EQUIPE TÉCNICA.....	VII-1

## TABELAS

<b>TABELA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Tabela III.2.2-1</b> - Perfil médio de densidade para a região do Poço H, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.	III-7
<b>Tabela III.3.3-1</b> - Especificações do descarte de cascalho e fluidos de perfuração para o Poço H, Bloco BM-S-40.	III-10
<b>Tabela III.3.4-1</b> - Cenários elaborados para o estudo de cascalho e fluidos de perfuração na Bacia de Santos, para o Poço H localizado no Bloco BM-S-40.	III-11
<b>Tabela IV-1</b> - Máxima espessura depositada e área coberta por sedimentos com espessuras maiores que 1 mm para o Poço H, Bloco BM-S-40.	IV-1
<b>Tabela V-1</b> - Resumo dos resultados das simulações de todas as fases de perfuração do Poço H, localizado no Bloco BM-S-40.	V-2

## FIGURAS

FIGURA	PÁG.
<b>Figura I.1-1</b> - Localização do ponto de descarte de cascalho e fluidos de perfuração, no Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.	I-2
<b>Figura I.1.1-1</b> - Médias de 12 anos (1990 - 2001) do vento a 10 m no período de verão (janeiro a março).	I-3
<b>Figura I.1.1-2</b> - Médias de 12 anos (1990 - 2001) do vento a 10 m no período de inverno (junho a agosto).	I-3
<b>Figura I.1.1-3</b> - Campo de vento e pressão atmosférica obtidos das reanálises do NCEP para o dia 1 <sup>o</sup> de junho de 2003 (situação de bom tempo).	I-4
<b>Figura I.1.1-4</b> - Campo de vento e pressão atmosférica obtidos das reanálises do NCEP para o dia 15 de junho de 2003, às 18GMT (deslocamento de um sistema frontal).	I-5
<b>Figura I.1.2-1</b> - Representação da circulação no oceano Atlântico Sul, indicando as seguintes correntes oceânicas: Corrente Circumpolar (CC), Corrente do Atlântico Sul (CAS), Corrente de Benguela (BE), Corrente de Angola (CA), Corrente Sul Equatorial (CSE), Corrente do Brasil (CB) e Corrente das Malvinas (CM). Adaptado de Tomczak & Godfrey (1994).	I-6
<b>Figura I.1.2-2</b> - Média climatológica da velocidade baroclínica calculada pelo OCCAM.	I-8
<b>Figura I.1.2-3</b> - Diagrama <i>stick plot</i> dos vetores de corrente no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE, medidos a 230 m de profundidade, entre 10 e 26 de novembro de 1992, dt=2h.	I-9
<b>Figura I.1.2-4</b> - Espectro de amplitudes (m/s) da corrente registrada no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE, medida a 230 m de profundidade, entre 10 e 26 de novembro de 1992, dt=2h.	I-9
<b>Figura II.2.1-1</b> - Grade computacional do modelo hidrodinâmico e projeção da batimetria, com foco na região da Bacia de Santos.	II-6
<b>Figura II.2.2-1</b> - Campos de temperatura e salinidade projetados na grade do modelo hidrodinâmico.	II-7
<b>Figura II.2.3-1</b> - Campo de vento NCEP projetado na grade do modelo hidrodinâmico.	II-8
<b>Figura II.2.4-1</b> - Mapa cotidal, com as isolinhas de fase sobrepostas à amplitude de maré, projetado na grade do modelo hidrodinâmico.	II-9

FIGURA	PÁG.
<b>Figura III.2.1-1</b> - <i>Stick plots</i> de correntes obtidas do modelo hidrodinâmico que caracterizam a superfície, três camadas intermediárias e o fundo para o mês de janeiro, que caracteriza o período de verão, do Poço H, Bloco BM-S-40.	III-4
<b>Figura III.2.1-2</b> - <i>Stick plots</i> de correntes obtidas do modelo hidrodinâmico que caracterizam a superfície, três camadas intermediárias e o fundo para o mês de julho, que caracteriza o período de inverno, do Poço H, Bloco BM-S-40.	III-5
<b>Figura III.2.2-1</b> - Secção vertical de densidade ( $\text{kg/m}^3$ ) ao longo de $27,3^\circ\text{S}$ , na região do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos, no período de verão. Dados provenientes do Atlas do WOCE.	III-6
<b>Figura III.2.2-2</b> - Secção vertical de densidade ( $\text{kg/m}^3$ ) ao longo de $27,3^\circ\text{S}$ , na região do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos, no período de inverno. Dados provenientes do Atlas do WOCE.	III-7
<b>Figura IV.1-1</b> - Cenário PH_FI_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase I (diâmetro de 36", sem <i>riser</i> ), no período de verão.	IV-2
<b>Figura IV.1-2</b> - Cenário PH_FI_INV. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase I (diâmetro de 36", sem <i>riser</i> ), no período de inverno.	IV-3
<b>Figura IV.2-1</b> - Cenário PH_FII_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase II (diâmetro de 26", sem <i>riser</i> ), no período de verão.	IV-4
<b>Figura IV.2-2</b> - Cenário PH_FII_INV. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase II (diâmetro de 26", sem <i>riser</i> ), no período de inverno.	IV-5
<b>Figura IV.3-1</b> - Cenário PH_FIII_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase III (diâmetro de 17½", sem <i>riser</i> ), no período de verão.	IV-6
<b>Figura IV.3-2</b> - Detalhe da figura IV.3-1.	IV-7
<b>Figura IV.3-3</b> - Cenário PH_FIII_INV. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase III (diâmetro de 17½", sem <i>riser</i> ), no período de inverno.	IV-8

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura IV.3-4</b> - Detalhe da figura IV.3-3.	IV-9
<b>Figura IV.5-1</b> - Cenário PH_FIV_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase IV (diâmetro de 12¼", sem <i>riser</i> ), no período de verão.	IV-10
<b>Figura IV.5-2</b> - Detalhe da figura IV.5-1.	IV-11
<b>Figura IV.5-3</b> - Cenário PH_FIV_INV. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase IV (diâmetro de 12¼", sem <i>riser</i> ), no período de inverno.	IV-12
<b>Figura IV.5-4</b> - Detalhe da figura IV.5-3.	IV-13
<b>Figura IV.6-1</b> - Cenário PH_FV_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase V (diâmetro de 8½", sem <i>riser</i> ), no período de verão.	IV-14
<b>Figura IV.6-2</b> - Detalhe da figura IV.6-1.	IV-15
<b>Figura IV.6-3</b> - Cenário PH_FV_INV. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase V (diâmetro de 8½", sem <i>riser</i> ), no período de inverno.	IV-16
<b>Figura IV.6-4</b> - Detalhe da figura IV.5-3.	IV-17
<b>Figura IV.7-1</b> - Área de abrangência e espessuras médias calculadas para o descarte de partículas ao final das operações de descarte (todas as fases) do Poço H, Bloco BM-S-40, no período de verão.	IV-18
<b>Figura IV.7-2</b> - Área de abrangência e espessuras médias calculadas para o descarte de partículas ao final das operações de descarte (todas as fases) do Poço H, Bloco BM-S-40, no período de inverno.	IV-19

## RESUMO

O modelo MUDMAP da **Applied Science Associates, Inc (ASA)** foi utilizado para estudar o transporte, dispersão e deposição do cascalho e fluidos de perfuração no assoalho oceânico, decorrentes das atividades de perfuração do Poço H, localizado no Bloco BM-S-40, na Bacia de Santos.

As condições meteorológicas e oceanográficas da região onde se localiza a Bacia de Santos mostram que, sobre a plataforma, o padrão de circulação predominante está relacionado ao campo de vento e à maré, com eventuais intrusões da Corrente do Brasil (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.

O campo de correntes utilizado pelo MUDMAP foi obtido a partir dos resultados de um modelo hidrodinâmico de meso-escala, implementado pela **ASA** na costa sul-sudeste do Brasil.

Foram conduzidas simulações do descarte de material, utilizando valores médios de granulometria associados ao diâmetro dos poços. A realização em separado das simulações das fases de perfuração, sem e com *riser*, permitiu concluir que as maiores pilhas de cascalho sobre o assoalho oceânico estão associadas às fases de descarte sem *riser*. Os resultados obtidos para as fases com *riser* mostram espessuras inferiores. De maneira geral, considerando toda a operação, as maiores espessuras concentraram-se nas proximidades (fases sem *riser*) e a sudoeste (fases com *riser*) do ponto de descarte, sendo que em 99% da área afetada as espessuras foram inferiores a 20 cm. Considerando espessuras iguais ou superiores a 1 mm, a área de influência total do material descartado foi de 123.503 m<sup>2</sup> no verão e 129.607 m<sup>2</sup> no inverno.



## I INTRODUÇÃO

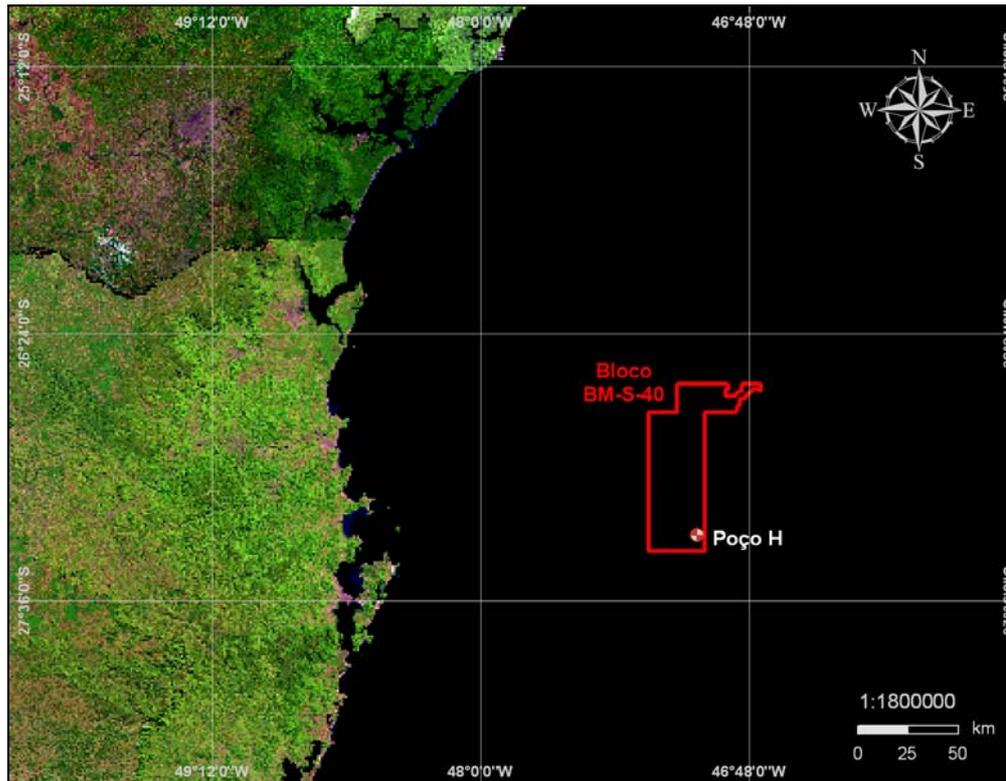
Com o objetivo de dar suporte a PETROBRAS no desenvolvimento de Estudos Ambientais na Bacia de Santos, apresenta-se este trabalho de modelagem computacional da distribuição espacial (área de influência e espessura) de cascalho e fluidos de perfuração no Poço H, localizado na Bacia de Santos, no Bloco BM-S-40. Essa avaliação foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos computacionais conhecido como MUDMAP, desenvolvido pela **Applied Science Associates (ASA), Inc.**

A caracterização dos padrões de circulação e transporte na região foi obtida a partir de resultados de um modelo de meso-escala desenvolvido pela equipe da **ASA SOUTH AMERICA**, baseado no *Princeton Ocean Model* (POM).

O Capítulo I discute o propósito do estudo e fornece informações sobre a área de estudo. O Capítulo II descreve o modelo hidrodinâmico. O Capítulo III descreve o modelo MUDMAP utilizado na modelagem de descarte de partículas, os cenários simulados, suas características e os dados de entrada. Os resultados das simulações são apresentados no Capítulo IV. Por fim, no Capítulo V são apresentadas as conclusões do presente estudo.

### I.1 ÁREA DE ESTUDO

A figura I.1-1 apresenta a localização do Poço H, no Bloco BM-S-40, Bacia de Santos, onde foram feitas as simulações de descarte de cascalho e fluidos de perfuração.



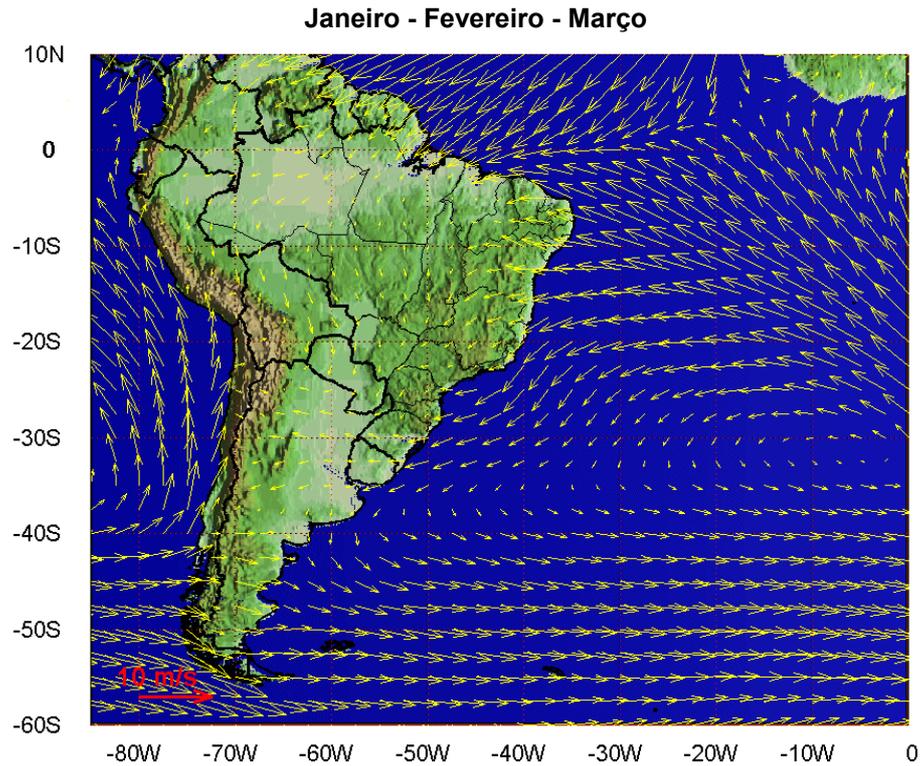
**Figura I.1-1** - Localização do ponto de descarte de cascalho e fluidos de perfuração, no Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.

### **I.1.1 Características Meteorológicas da Região**

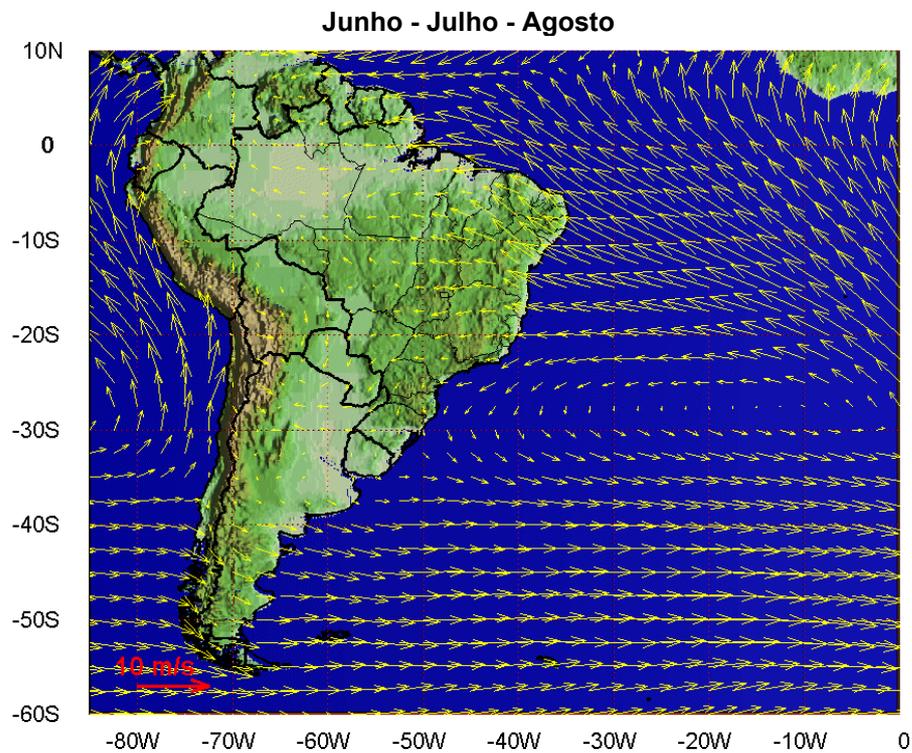
Para a região da Bacia de Santos, o padrão característico das condições meteorológicas é dominado pelo Anticiclone (semi-fixo) do Atlântico Sul (AAS), também denominado de Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), e pelo Anticiclone Polar Móvel (APM).

A variabilidade sazonal do padrão de ventos na Bacia de Santos, devido ao deslocamento da ASAS, é caracterizado pelo predomínio de ventos de leste-nordeste no verão e ventos de norte-nordeste no inverno. Este padrão é ilustrado nas figuras I.1.1-1 e I.1.1-2, que apresentam o comportamento sazonal da circulação atmosférica obtida através da média de 12 anos (1990 – 2001) das reanálises do modelo de circulação geral do NCEP e NCAR<sup>1</sup>. Nessa análise foram utilizados dados de vento na altura de 10 m. Observa-se a mudança do posicionamento sazonal da ASAS e o padrão de ventos gerados por esse sistema.

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



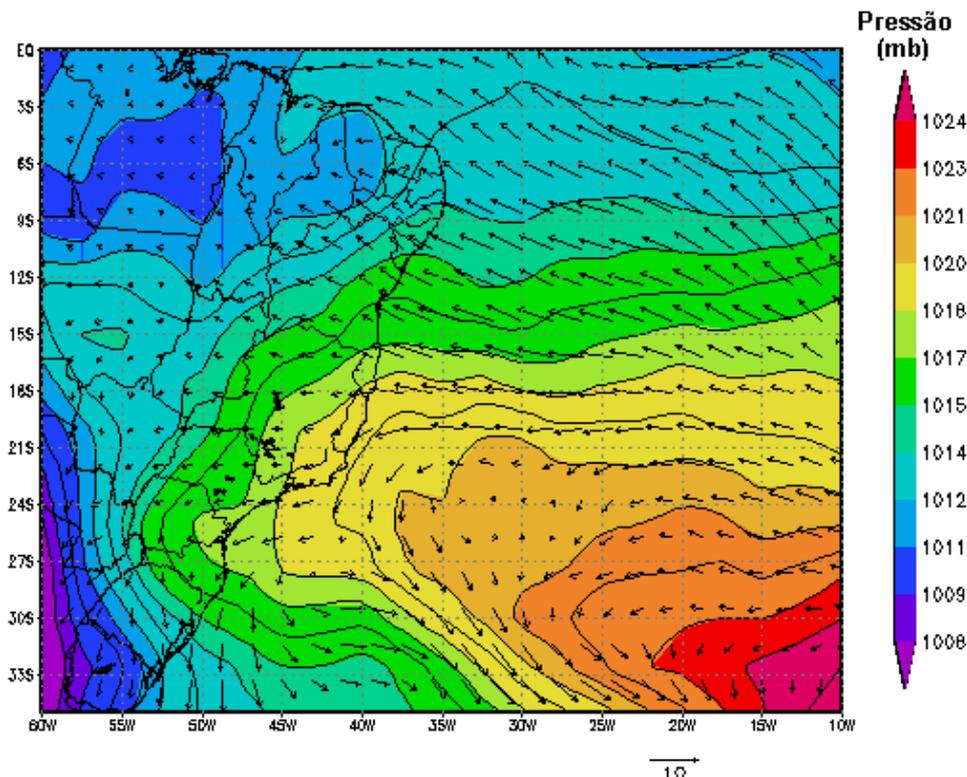
**Figura I.1.1-1** - Médias de 12 anos (1990 - 2001) do vento a 10 m no período de verão (janeiro a março).



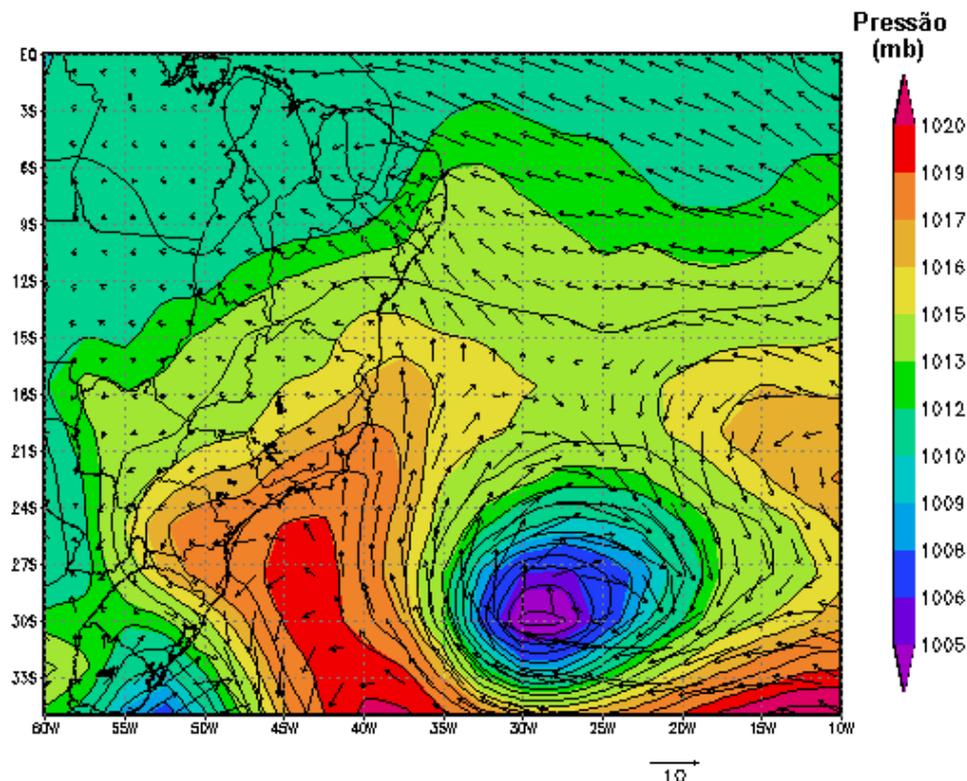
**Figura I.1.1-2** - Médias de 12 anos (1990 - 2001) do vento a 10 m no período de inverno (junho a agosto).

Periodicamente, a situação de bom tempo induzida pelo AAS, caracterizada por ventos moderados vindos de nordeste, é perturbada pelo deslocamento de sistemas frontais forçados pelo APM. Estes sistemas frontais formam-se, geralmente, sobre o Oceano Pacífico Sul, dirigem-se para leste até encontrarem os Andes, e, entre 40 e 20°S, seguem no sentido sudoeste-nordeste ao longo da costa leste sul americana. As Figuras I.1.1-3 e I.1.1-4 ilustram instantâneos do vento NCEP/NCAR a 10 m para a América do Sul, em situação de bom tempo e de deslocamento de um sistema frontal, respectivamente.

Os sistemas frontais atuam durante o ano todo sobre todo o Atlântico Sul, com frequências maiores nas latitudes mais altas e menores nas latitudes mais baixas. As perturbações geradas são essenciais para a determinação das variabilidades intra-anuais na superfície oceânica.



**Figura I.1.1-3** - Campo de vento e pressão atmosférica obtidos das reanálises do NCEP para o dia 1º de junho de 2003 (situação de bom tempo).



**Figura I.1.1-4** - Campo de vento e pressão atmosférica obtidos das reanálises do NCEP para o dia 15 de junho de 2003, às 18GMT (deslocamento de um sistema frontal).

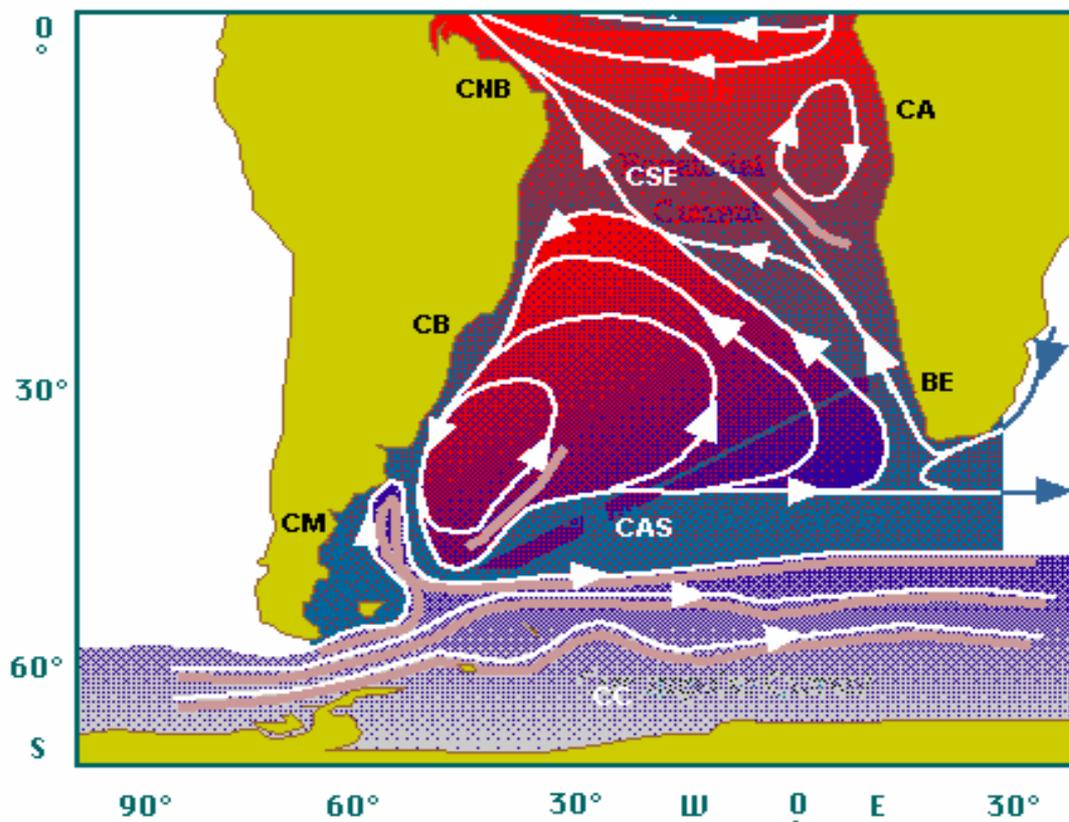
De acordo com a estatística de sistemas frontais que atuaram no litoral do Brasil entre os anos de 1975 a 1984 e 1987 a 1995, apresentada pelo Boletim de Monitoramento e Análise Climática (Climanálise, 1996), a média mensal desses sistemas atuando sobre a costa sudeste brasileira é de quatro sistemas nos meses de verão e sete sistemas nos meses de inverno.

O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A intensificação ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas sobre o continente. Algumas regiões do Brasil, tais como as Regiões Sul e Sudeste são regiões frontogenéticas, *i.e.* as frentes podem se formar ou se intensificar nessas regiões (Satyamurty & Mattos, 1989).

Em meso e micro escalas, a variabilidade meteorológica induzida pelas brisas marinhas e terrestres também é significativa, principalmente nos padrões dinâmicos da circulação observada sobre a plataforma continental.

## I.1.2 Padrões de Circulação na Região

A figura I.1.2-1 ilustra o Giro Sub-Tropical do Atlântico Sul. Pode-se identificar uma corrente de contorno oeste para sul, a Corrente do Brasil (CB), a qual se separa da costa na região da confluência com a Corrente das Malvinas (CM). A partir deste ponto, a CB, composta com a CM, afasta-se da costa e flui para leste como a Corrente do Atlântico Sul (CAS). O giro no Atlântico é complementado pela Corrente de Benguela (BE) e Corrente Sul Equatorial (CSE), fechando o circuito com a CB para sul, e a Corrente Norte do Brasil (CNB) para Noroeste.



**Figura I.1.2-1** - Representação da circulação no oceano Atlântico Sul, indicando as seguintes correntes oceânicas: Corrente Circumpolar (CC), Corrente do Atlântico Sul (CAS), Corrente de Benguela (BE), Corrente de Angola (CA), Corrente Sul Equatorial (CSE), Corrente do Brasil (CB) e Corrente das Malvinas (CM). Adaptado de Tomczak & Godfrey (1994).

A circulação oceânica na região da Bacia de Santos é determinada por forçantes variadas, que se sobrepõem de modo diferenciado, dependendo de fatores morfológicos e dinâmicos da área. Sobre a plataforma há amplificação natural do sinal de maré e intensificação dos padrões meteorológicos locais, *i.e.* brisa marinha e efeitos orográficos no vento. Sobreposto a estes sinais existe a presença energética da passagem de frentes e a influência da CB. Em região de oceano profundo, a composição da passagem de frentes e do fluxo determinado pela CB é preponderante.

As primeiras medições diretas da CB foram feitas por Evans & Signorini (1985), nas latitudes de 20°30'S e 23°S, as quais apresentaram um fluxo confinado aos primeiros 400 m de profundidade, com uma contra-corrente no sentido norte, abaixo destes 400 m iniciais. Na parte norte da área, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é para 180°, variando para 220° na região de Cabo Frio. Esta mudança afeta significativamente a CB, induzindo à formação de vórtices e meandros. Este meandramento da CB foi capturado por Signorini (1978), em sua análise de topografia dinâmica, e por Miranda & Castro (1979) em suas observações hidrográficas na região adjacente à Cabo Frio (23° S), ao longo de duas secções meridionais.

O volume estimado transportado pela CB na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22°S é de  $5,5 \pm 2,6$  Sv (Lima, 1997). Algumas regiões sobre o talude continental podem apresentar velocidades de correntes maiores que 1,0 m/s (Castro & Miranda, 1998).

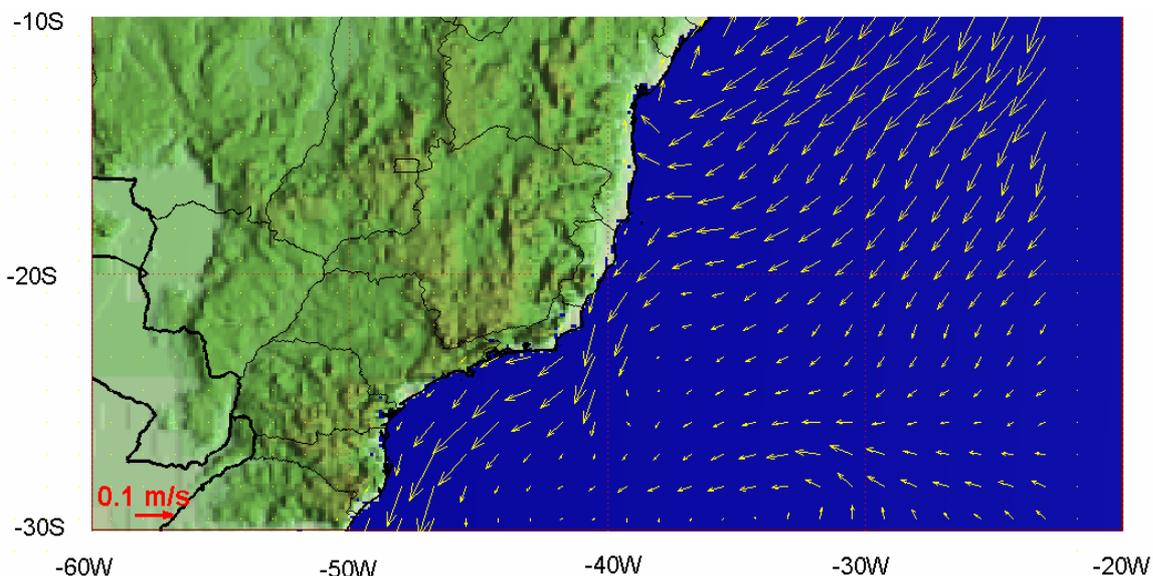
Parte significativa do fluxo da CB passa através dos canais dos Bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um deles flui afastado da costa, além da isóbata de 3.000 m (Stramma *et al.*, 1990), enquanto o outro flui seguindo a linha de quebra da plataforma (Signorini, 1978).

A corrente que flui para sudoeste durante o verão é reforçada pelos ventos que provêm principalmente de nordeste nessa estação devido à influência da ASAS. Outra consequência do predomínio dos ventos de NE é a ressurgência de águas frias (Água Central do Atlântico Sul – ACAS) em regiões costeiras. Esses eventos são muito comuns na região de Cabo Frio. No inverno, entretanto, a alta incidência de sistemas frontais induz a ocorrência de correntes com direção nordeste nas porções interna e média da plataforma (Castro & Miranda, 1998).

Vários modelos numéricos globais reproduzem o sistema de correntes em larga escala nesta região. O processo de *warm up* do modelo hidrodinâmico utilizado neste trabalho foi baseado nos resultados de uma simulação de 14 anos do modelo OCCAM<sup>2</sup>, disponibilizados pela Universidade de Southampton.

O OCCAM foi elaborado com base no MOM do GFDL<sup>3</sup>, incluindo uma superfície livre e esquemas de advecção melhorados. A grade, para o Oceano Atlântico Sul, é regular ( $\frac{1}{4}$  de grau), com 36 níveis (variando de 20 m de espessura, próximo à superfície, a 255 m em 5.500 m de profundidade). Este modelo foi inicializado com médias anuais de temperatura e salinidade do LEVITUS<sup>4</sup>, forçado na superfície com dados de vento do ECMWF<sup>5</sup> (médias mensais) e relaxado para os campos sazonais de temperatura e salinidade do LEVITUS.

A figura I.1.2-2 ilustra uma média climatológica da velocidade baroclínica calculada pelo OCCAM. Nota-se o ramo sul da Corrente Sul Equatorial atingindo a costa do Brasil em torno de 15°S, bifurcando-se e originando a CNB, fluindo para norte, e a CB, fluindo para sul.



**Figura I.1.2-2 - Média climatológica da velocidade baroclínica calculada pelo OCCAM.**

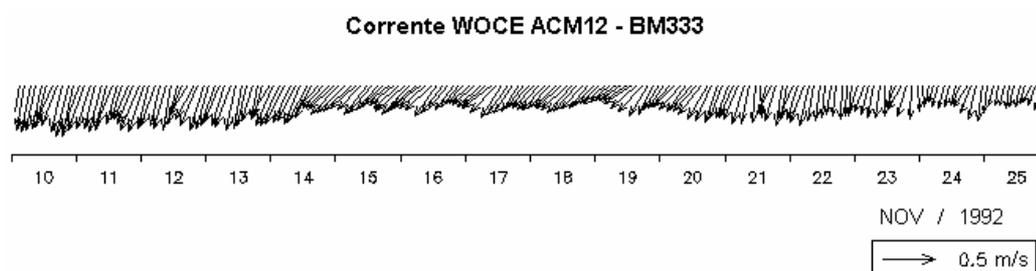
<sup>2</sup> Ocean Circulation and Climate Advanced Modelling Project - Southampton Oceanography Centre.

<sup>3</sup> Modular Ocean Model - Global Fluid Dynamics Laboratory.

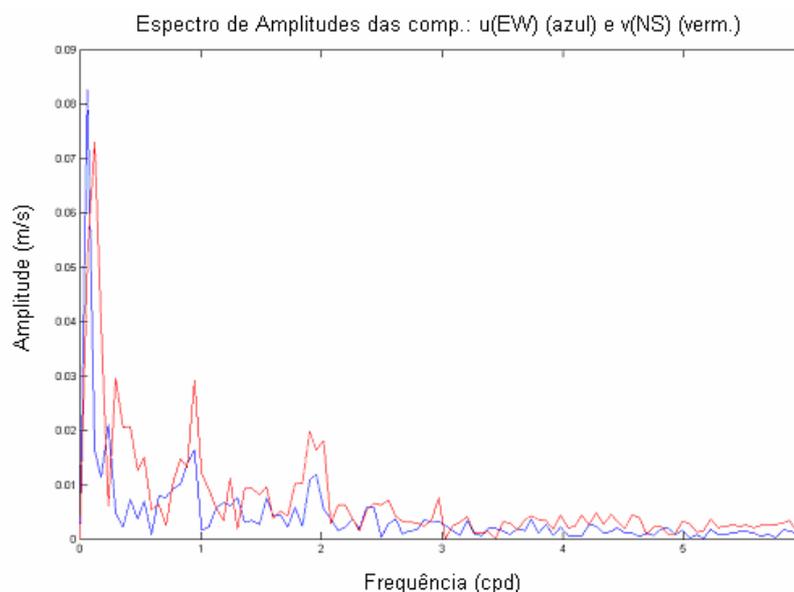
<sup>4</sup> <http://ingrid.ldgo.columbia.edu/SOURCES/.LEVITUS94>.

<sup>5</sup> European Centre for Medium-range Weather Forecast.

Dados provenientes do fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE<sup>6</sup>, medidos na Bacia de Santos, na região do talude (27,9020°S/46,7040°W, profundidade local de cerca de 1.200 m), a 230 m de profundidade, mostraram predominância de correntes nos quadrantes SW e S, com um sinal associado à maré diurna e variações de baixa frequência, não havendo, contudo, a reversão do sentido predominante do fluxo, indicando a presença da CB, dominando a direção da corrente. A figura I.1.2-3 apresenta o diagrama *stick plot* da série temporal da corrente para o período compreendido entre 10 e 26 de novembro de 1992 e a figura I.1.2-4, o espectro de amplitudes correspondente.



**Figura I.1.2-3 - Diagrama *stick plot* dos vetores de corrente no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE, medidos a 230 m de profundidade, entre 10 e 26 de novembro de 1992,  $dt=2h$ .**



**Figura I.1.2-4 - Espectro de amplitudes (m/s) da corrente registrada no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE, medida a 230 m de profundidade, entre 10 e 26 de novembro de 1992,  $dt=2h$ .**

<sup>6</sup> World Ocean Circulation Experiment.



## II MODELO HIDRODINÂMICO

Nesta etapa do trabalho descreve-se o modelo hidrodinâmico e sua implementação na Bacia de Santos, com o intuito de reproduzir a dinâmica local e, conseqüentemente, o campo base de correntes necessário para a finalização do estudo proposto. Foi utilizado um modelo baseado no POM (Blumberg & Mellor, 1987), implementado na área pelo grupo de modelagem da **ASA SOUTH AMERICA**.

O modelo utiliza como forçantes, marés do CSR3, campos tridimensionais de ventos das reanálises dos modelos meteorológicos NCEP e campo termohalino tratado a partir dos resultados do OCCAM. Nas bordas abertas são também utilizadas condições datadas do OCCAM para elevação, velocidade barotrópica, temperatura e salinidade.

Este modelo, já apresentado a PETROBRAS (ASA, 2005), foi validado nas regiões das Bacias de Campos e Santos, apresentando bons coeficientes de ajuste, de 8 a 10% para marés e de 15 a 24% para as componentes do campo de correntes. Estes resultados, entretanto, são específicos para um dado período e determinados pelo atual nível de conhecimento na área de estudo. A extrapolação desses resultados no espaço e no tempo é sempre possível, sendo esta uma das vantagens da utilização de ferramentas numéricas. No entanto, é recomendável manter margens de segurança suficientes na análise dos resultados.

### II.1 DESCRIÇÃO DO PRINCETON OCEAN MODEL

O modelo utilizado tem estrutura tridimensional, não linear, com as equações hidrodinâmicas sob as aproximações de Boussinesq e hidrostática. Este modelo permite também a utilização de grades curvilíneas, de coordenadas  $\sigma$  na vertical e a resolução das camadas turbulentas de superfície e de fundo, por meio de um submodelo de fechamento turbulento de 2ª ordem.

No sistema de coordenadas  $\sigma$ , a coordenada  $z$  é escalonada de acordo com a profundidade da coluna d'água local, conforme mostra a equação abaixo, onde  $D$  é a profundidade local,  $\eta$  a elevação da superfície e  $H$  a profundidade média local:

$$\sigma = \frac{z - \eta}{D} \quad (\text{II.1-1})$$

onde

$$D(x, y, t) = H(x, y) + \eta(x, y, t)$$

O modelo inclui um submodelo de fechamento turbulento, para o cálculo dos coeficientes de mistura turbulenta vertical. O fechamento turbulento de 2ª ordem utiliza os resultados das equações da energia cinética turbulenta e da escala de comprimento de turbulência, no cálculo dos coeficientes cinemáticos de viscosidade e de difusão turbulenta de calor e sal na vertical (Mellor & Yamada, 1982). Esses cálculos são efetuados com base em relações empíricas, que utilizam constantes estabelecidas em experimentos de laboratório e em observações de campo. Com o fechamento turbulento de 2ª ordem, o modelo reproduz de maneira mais realística as camadas de Ekman, de superfície e de fundo.

Além dos aspectos específicos acima mencionados, o modelo adota soluções largamente utilizadas na literatura, como gradeamento do tipo C de *Arakawa* e métodos de integração diferentes na horizontal e na vertical – integração horizontal e temporal explícita e vertical implícita. Por meio desses procedimentos, elimina-se a restrição temporal na vertical, permitindo o uso de maior resolução nas camadas de Ekman de superfície e de fundo.

O modelo apresenta uma superfície livre e dois intervalos de tempo distintos, um para o modo de oscilação externo e outro para o interno. O modo externo (barotrópico) usa um intervalo de tempo menor, baseado na condição de estabilidade computacional de Courant-Friedrichs-Levy (CFL). O modo interno (baroclínico) usa um intervalo de tempo mais longo (*splitting mode*).

### II.1.1 Equações Básicas

O modelo hidrodinâmico aqui descrito é baseado em uma formulação tridimensional prognóstica com aproximação hidrostática. As variáveis potencialmente prognósticas são: as três componentes da velocidade ( $u$ ,  $v$  e  $w$ ),

a temperatura ( $T$ ), a salinidade ( $S$ ), a energia cinética turbulenta ( $q^2/2$ ), a escala turbulenta ( $l$ ), e a elevação da superfície ( $\eta$ ).

O conjunto de equações básicas utilizadas no código é descrito abaixo. Consideremos um sistema de coordenadas cartesianas ortogonais, com  $x$  crescendo para Leste,  $y$  para Norte e  $z$  para cima, no qual as coordenadas horizontais (*i.e.*,  $x, y$ ) referem-se ao espaço computacional. A superfície livre está localizada em  $z = \eta(x, y, t)$  e o fundo em  $z = -H(x, y)$ . Neste sistema as equações de conservação e a equação de estado são escritas como:

Equação da continuidade:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \quad (\text{II.1.1-1})$$

Equação de Reynolds para conservação da quantidade de movimento:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + W \frac{\partial U}{\partial z} - fV = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial U}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( 2A_M \frac{\partial U}{\partial x} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left[ A_M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] \end{aligned} \quad (\text{II.1.1-2})$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + W \frac{\partial V}{\partial z} + fU = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial V}{\partial z} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left[ A_M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left( 2A_M \frac{\partial V}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (\text{II.1.1-3})$$

$$\rho g = -\frac{\partial P}{\partial z} \quad (\text{II.1.1-4})$$

Conservação de Temperatura Potencial:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + U \frac{\partial \Theta}{\partial x} + V \frac{\partial \Theta}{\partial y} + W \frac{\partial \Theta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F(H) \quad (\text{II.1.1-5})$$

Conservação de Salinidade:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + U \frac{\partial S}{\partial x} + V \frac{\partial S}{\partial y} + W \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_s \quad (\text{II.1.1-6})$$

Equação de Estado:

$$\rho = \rho(S, \Theta, P) \quad (\text{II.1.1-7})$$

Equação da Energia Cinética Turbulenta:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^2}{\partial t} + U \frac{\partial q^2}{\partial x} + V \frac{\partial q^2}{\partial y} + W \frac{\partial q^2}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_q \frac{\partial q^2}{\partial z} \right) + 2K_M \left[ \left( \frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] \\ + \frac{2g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{2q^3}{B_1 l} + F_{q^2} \end{aligned} \quad (\text{II.1.1-8})$$

Equação da Turbulência em Macro Escala:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (q^2 l) + U \frac{\partial}{\partial x} (q^2 l) + V \frac{\partial}{\partial y} (q^2 l) + W \frac{\partial}{\partial z} (2q^2 l) = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K_q \frac{\partial}{\partial z} (q^2 l) \right] \\ + l E_1 K_M \left[ \left( \frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] + \frac{l E_1 g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{q^3}{B_1} \tilde{W} + F_{q^2 l} \end{aligned} \quad (\text{II.1.1-9})$$

sendo,

$$F_{q^2, q^2 l} = \frac{\partial}{\partial x} \left( A_H \frac{\partial q^2, q^2 l}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( A_H \frac{\partial q^2, q^2 l}{\partial y} \right) \quad (\text{II.1.1-10})$$

$$(L)^{-1} \equiv (\eta - z)^{-1} + (H + z)^{-1} \quad (\text{II.1.1-11})$$

$$\tilde{W} \equiv 1 + E_2 \left( \frac{l}{kL} \right)^2 \quad (\text{II.1.1-12})$$

onde

$U, V, W$  = componentes do vetor velocidade (m/s);

$F$  = parâmetro de Coriolis ( $s^{-1}$ );

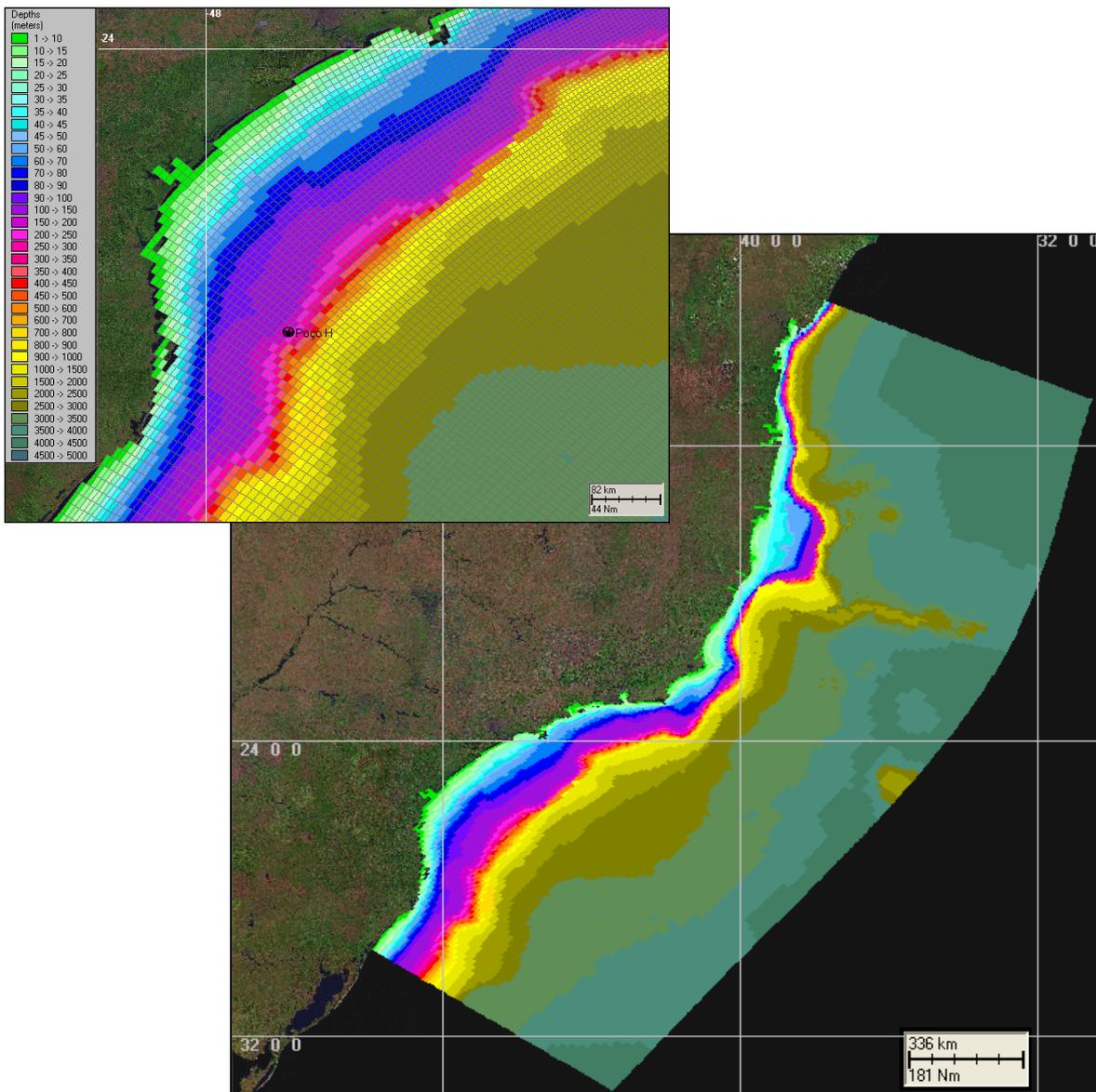
$\rho_0$  = densidade de referência ( $kg/m^3$ );

$\rho$	=	densidade <i>in situ</i> (kg/m <sup>3</sup> );
$P$	=	pressão (N/m <sup>2</sup> );
$K_M$	=	coeficiente cinemático vertical de viscosidade turbulenta (m <sup>2</sup> /s);
$K_H$	=	coeficiente cinemático vertical de difusão turbulenta de calor e sal (m <sup>2</sup> /s);
$g$	=	aceleração da gravidade (m/s <sup>2</sup> );
$\Theta$	=	temperatura potencial (°C);
$S$	=	salinidade (PSU);
$A_M$	=	coeficiente cinemático horizontal de viscosidade turbulenta (m <sup>2</sup> /s);
$A_H$	=	coeficiente cinemático horizontal de difusão turbulenta de calor sal (m <sup>2</sup> /s);
$q^2 / 2$	=	energia cinética turbulenta;
$L$	=	escala característica de comprimento para o movimento turbulento;
$\tilde{W}$	=	função proximidade-do-contorno;
$K$	=	constante de von Karman (k=0,4);
$F_{q^2, q^2l}$	=	termos horizontais de mistura para $q^2$ e $q^2l$ .

## II.2 DISCRETIZAÇÃO DO DOMÍNIO E FORÇANTES

### II.2.1 Batimetria

A grade geral implementada representa um compromisso entre os objetivos do projeto de modelagem final e a descrição dos processos hidrodinâmicos necessariamente definidos para a região de interesse, bem como entre os recursos computacionais e o tempo de processamento necessário. Uma grade final de meso-escala com dimensões de 100x300 pontos foi implementada sobre toda a região com resolução média máxima de 3 km na área de foco, e está ilustrada na figura II.2.1-1. Nessa grade foram utilizadas 20 camadas sigma para a definição da estrutura vertical da região. Os resultados obtidos nas simulações são comparados com dados observacionais de elevação e correntes, medidos na zona costeira da área de interesse.



**Figura II.2.1-1** - Grade computacional do modelo hidrodinâmico e projeção da batimetria, com foco na região da Bacia de Santos.

Para a região da plataforma, os dados de profundidade foram obtidos através da digitalização dos valores batimétricos das cartas náuticas da DHN<sup>7</sup>, números 70, 1.100, 1.131, 1.400, 1.420, 1.700, 1.800, 1.820 e 1.824. Para a representação topográfica da região do talude e planície abissal foi também utilizada a base de dados batimétricos extraída do ETOPO 2 obtido no NGDC<sup>8</sup>, reamostradas para

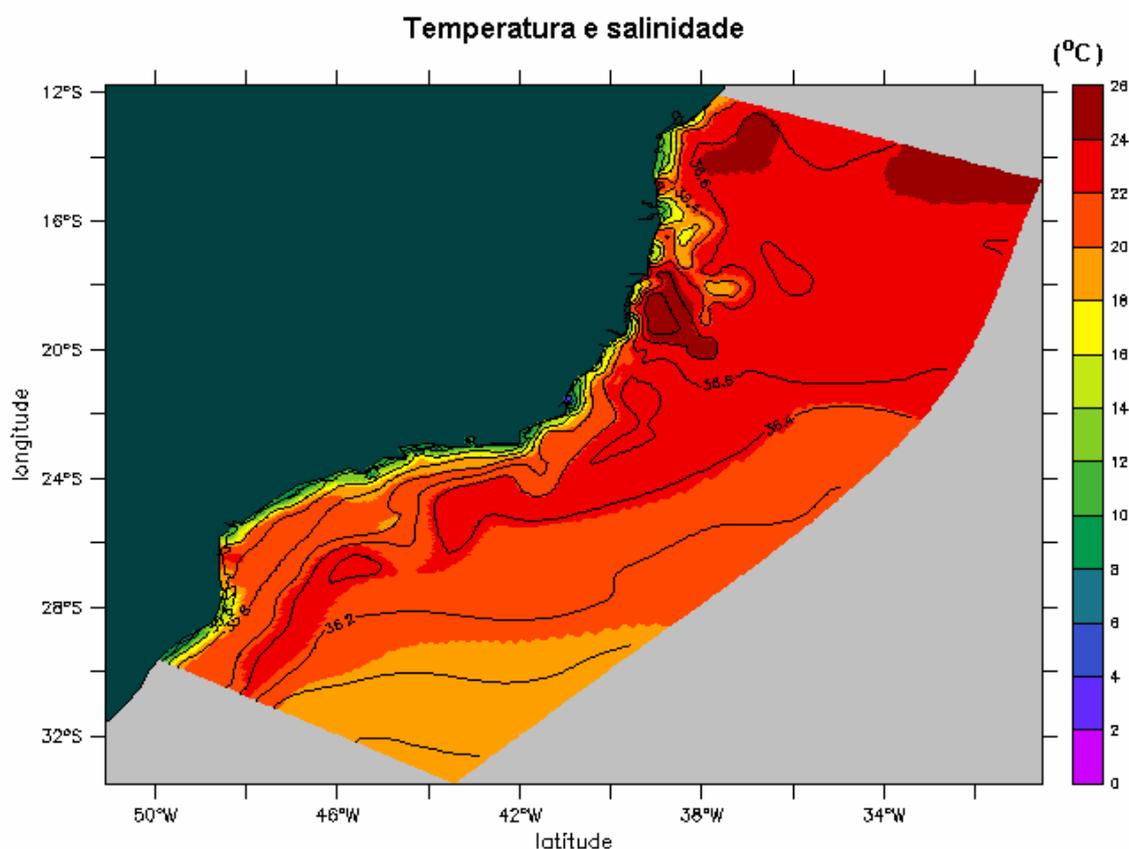
<sup>7</sup> Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha.

<sup>8</sup> National Geophysical Data Center da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

um espaçamento de 10'. Visando o ajuste fino da batimetria à linha de costa e as camadas de sistemas de informações geográficas (SIG) utilizadas pelos modelos matemáticos implementados na região, foram utilizadas também informações provenientes de imagens de satélite, complementando a base de dados batimétricos da **ASA SOUTH AMERICA** na área. Os resultados finais da discretização da área e projeção da batimetria estão ilustrados na figura II.2.1-1.

## II.2.2 Estrutura Termohalina

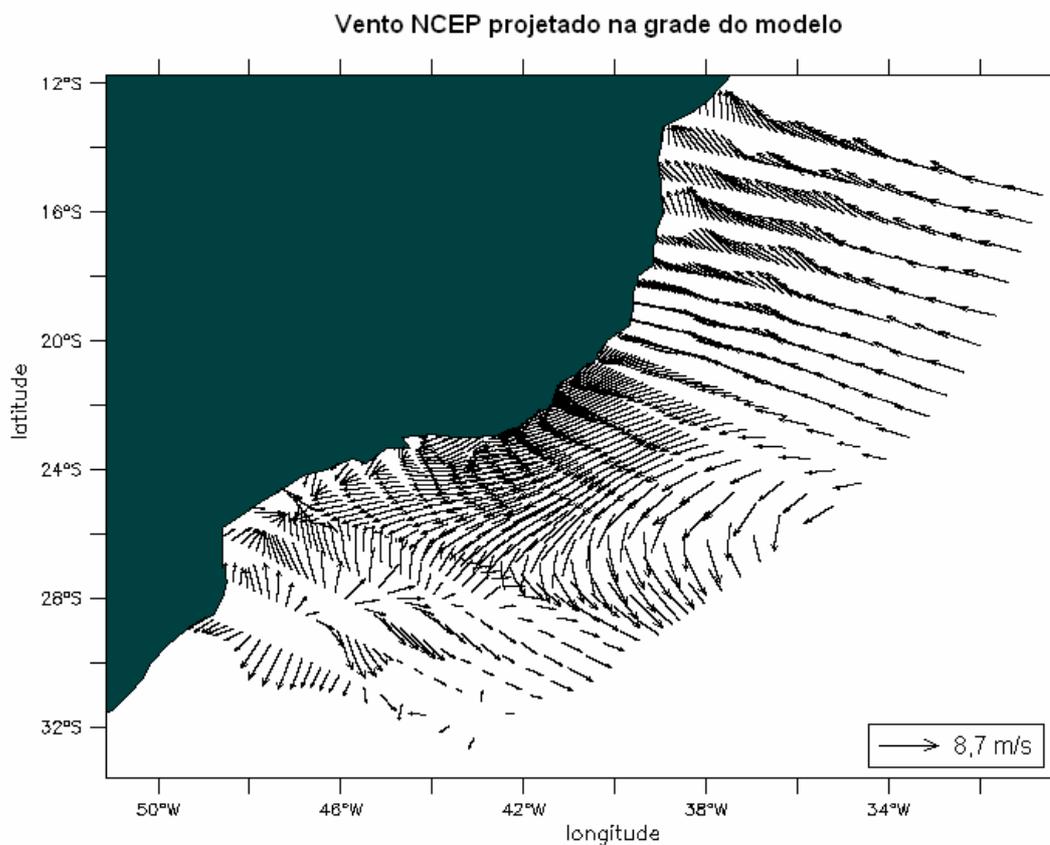
Os campos de temperatura e salinidade, utilizados para inicialização do campo baroclínico do POM foram obtidos a partir de resultados do OCCAM. A figura II.2.2-1 ilustra estes campos, projetados na grade do modelo.



**Figura II.2.2-1** - Campos de temperatura e salinidade projetados na grade do modelo hidrodinâmico.

### II.2.3 Ventos

O campo de vento utilizado como forçante foi extraído das reanálises do modelo de circulação geral do NCEP para as simulações de calibração e de longo período. A figura II.2.3-1 ilustra um instante deste campo de vento, já projetado na grade do modelo.



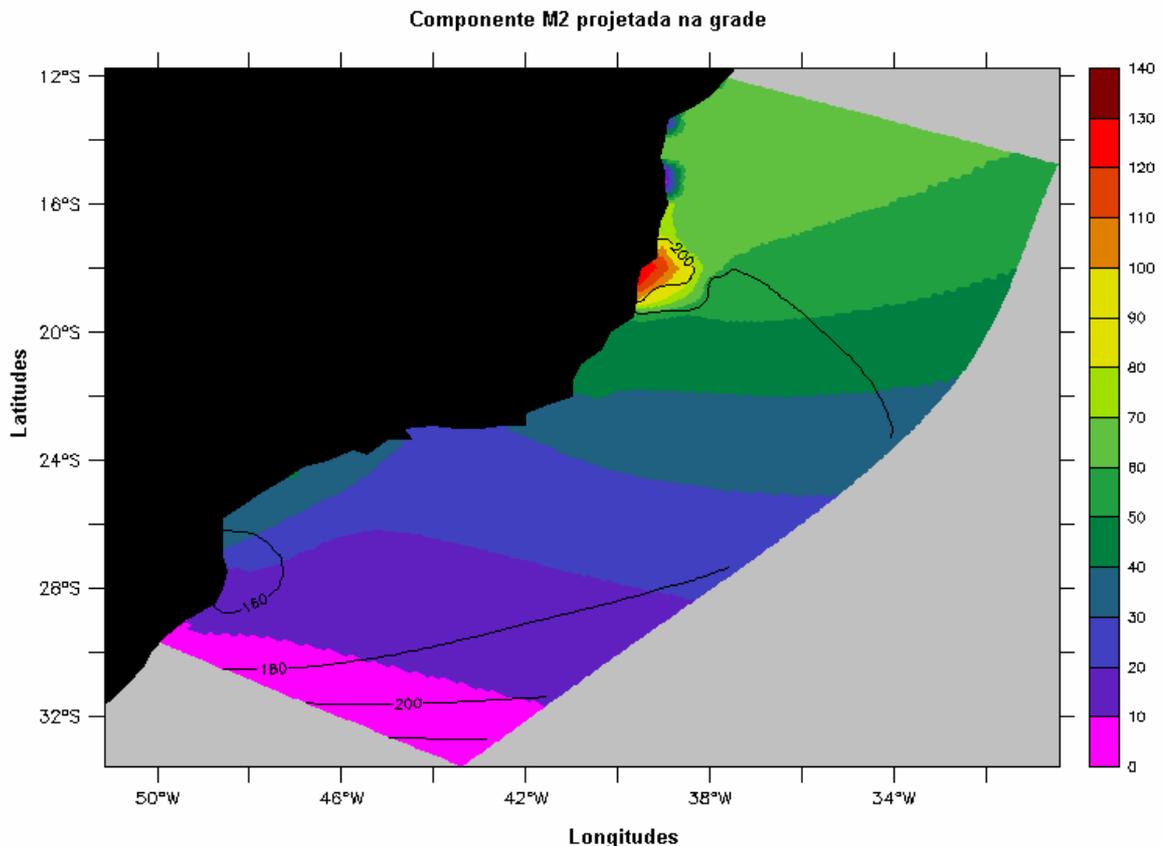
**Figura II.2.3-1** - Campo de vento NCEP projetado na grade do modelo hidrodinâmico.

### II.2.4 Marés

Embora usadas somente nos contornos abertos (não se ativou o potencial de maré neste domínio, devido à relativamente pequena escala para o fenômeno), o campo de harmônicos utilizado como forçante para o POM é proveniente do

CSR3<sup>9</sup>. Este campo foi projetado em toda a grade, de tal forma a permitir focalizações automáticas em áreas de interesse (redução eventual do domínio).

Conforme ilustrado na figura II.2.4-1, foram utilizados campos com variação espacial de amplitude e fase das componentes de maré mais significativas na região, com energia superior a 10% da energia da  $M_2$ , no caso, as diurnas e semi-diurnas.



**Figura II.2.4-1 - Mapa cotidal, com as isolinhas de fase sobrepostas à amplitude de maré, projetado na grade do modelo hidrodinâmico.**

<sup>9</sup> Modelo global de maré do *Center for Space Research* da Universidade do Texas.



### **III MODELAGEM DO DESCARTE DE CASCALHO E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO**

A modelagem de cascalho foi realizada utilizando-se o modelo MUDMAP, desenvolvido pela **ASA**, constituído por um sistema de modelos computacionais para a previsão do transporte, dispersão e deposição de cascalhos e fluidos de perfuração e dispersão de águas de produção (ASA, 2000; Spaulding *et al.*, 1994; Spaulding, 1994).

#### **III.1 MODELO MUDMAP**

O modelo MUDMAP é composto por uma série de componentes integrados. O modelo de descarte em si simula o movimento e a distribuição de materiais descartados no ambiente (na superfície e coluna d'água e no assoalho oceânico). Para efetuar esses cálculos, o modelo baseia-se em dados ambientais como correntes e propriedades de densidade da coluna d'água, dados geográficos como proximidade da linha de costa e parâmetros físicos que definem as propriedades do material descartado, além de informações sobre o processo de descarte (volume, duração, etc.).

As espessuras médias de material depositado são calculadas em função das partículas acumuladas no assoalho oceânico e da área onde estas estão distribuídas. No cálculo das espessuras, leva-se em consideração a massa total de sedimento presente em cada célula da grade, a área da célula, a porosidade e a densidade do material descartado.

O sistema é controlado através de uma interface gráfica (baseada em uma escala de cores), que consiste em: (1) um sistema integrado de modelos computacionais, de forma a permitir a interação entre os modelos de dispersão no campo próximo e no campo afastado, (2) um sistema de informação geográfica, (3) ferramentas de gerenciamento de informações ambientais para fornecer os dados de entrada dos modelos e (4) uma interface para visualização dos resultados.

### III.1.1 Aspectos Teóricos

As equações que governam o modelo (conservação de massa, quantidade de movimento, empuxo e fluxo de partículas sólidas) são formuladas utilizando-se a teoria integral de pluma e, então, resolvidas com a técnica de integração numérica Runge Kutta.

O MUDMAP é baseado na formulação originalmente desenvolvida por Koh & Chang (1973) e estendida pelos trabalhos de Brandsma & Sauer (1983), conhecido como modelo OOC, para os estágios 1 e 2 do movimento da pluma. No campo afastado (difusão passiva) é empregado o método lagrangiano de trajetória de partículas utilizado no sistema de modelagem de derrames de óleo OILMAP (ASA, 1999). O modelo fornece a dinâmica da pluma, a distribuição das concentrações no campo próximo, a concentração e os padrões de deposição no fundo no campo afastado.

O sistema MUDMAP utiliza três estágios independentes, mas integrados, para a simulação do transporte e dispersão dos materiais descartados. A independência é necessária devido às diferentes escalas de tempo do processo de diluição da pluma entre os estágios. Dessa forma, os estágios são:

- **Estágio 1 - convectivo dinâmico descendente/ascendente:** simula a diluição e o espalhamento iniciais do material na vizinhança imediata do local de despejo. O material descende se for mais denso que a água no ponto de descarte e ascende se a densidade for menor que a da água;
- **Estágio 2 - colapso dinâmico:** estima o crescimento e diluição da pluma e como esta impacta a superfície ou o fundo, ou se mantém aprisionada por um forte gradiente de densidade na coluna d'água;
- **Estágio 3 – dispersivo (campo afastado):** onde o modelo simula o transporte e dispersão do material devido às correntes locais e campos de turbulência.

## **III.2 DADOS DE ENTRADA**

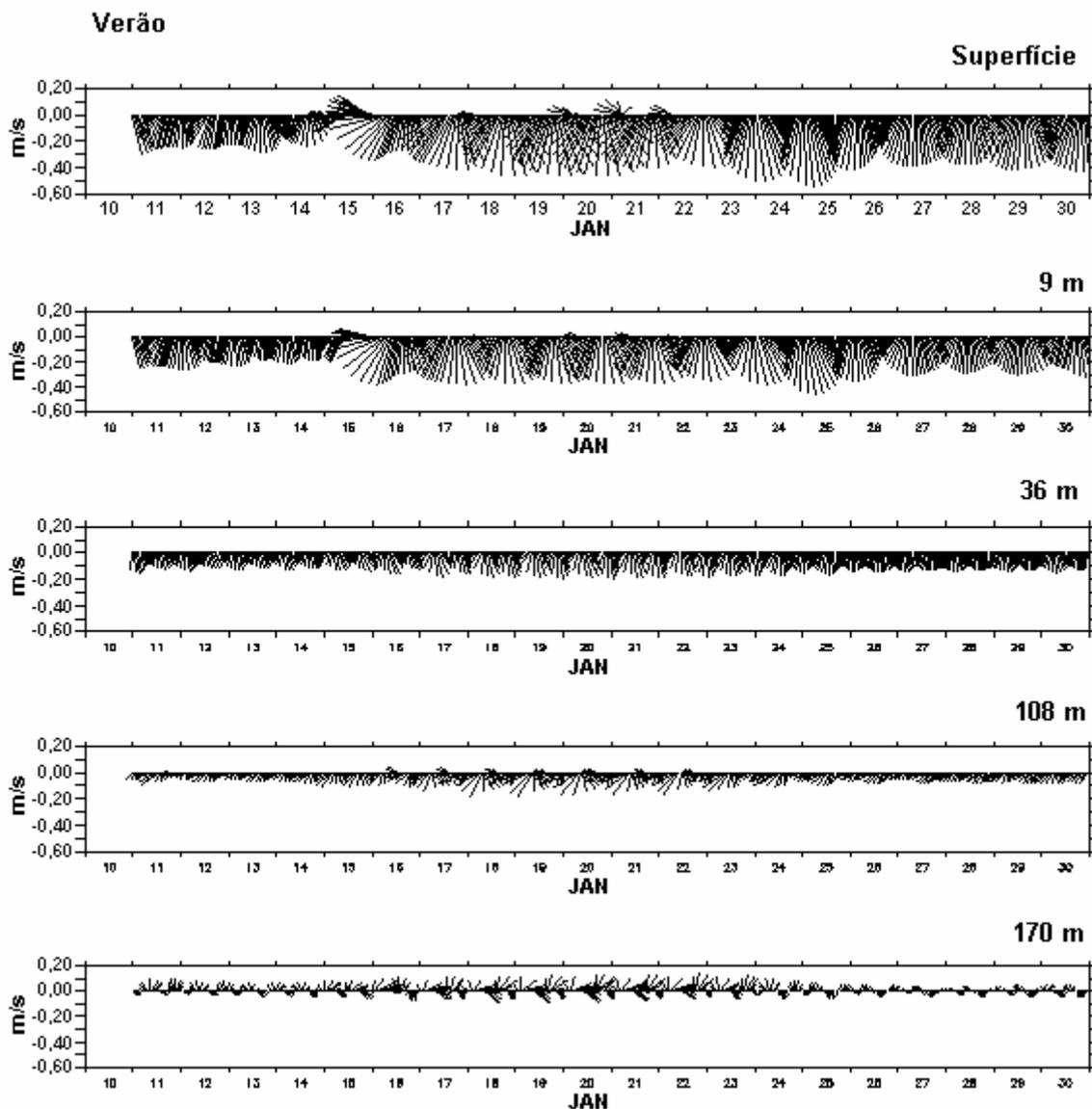
Inicialmente, para a elaboração dos cenários de descarte de cascalho e fluidos de perfuração na Bacia de Campos, foi definida a área de estudo para os pontos de descarte.

Nessa área, foi estabelecida uma grade computacional (*i.e.* campo de correntes) e definido o campo termohalino, fundamental para o cálculo das velocidades de deposição das partículas descartadas.

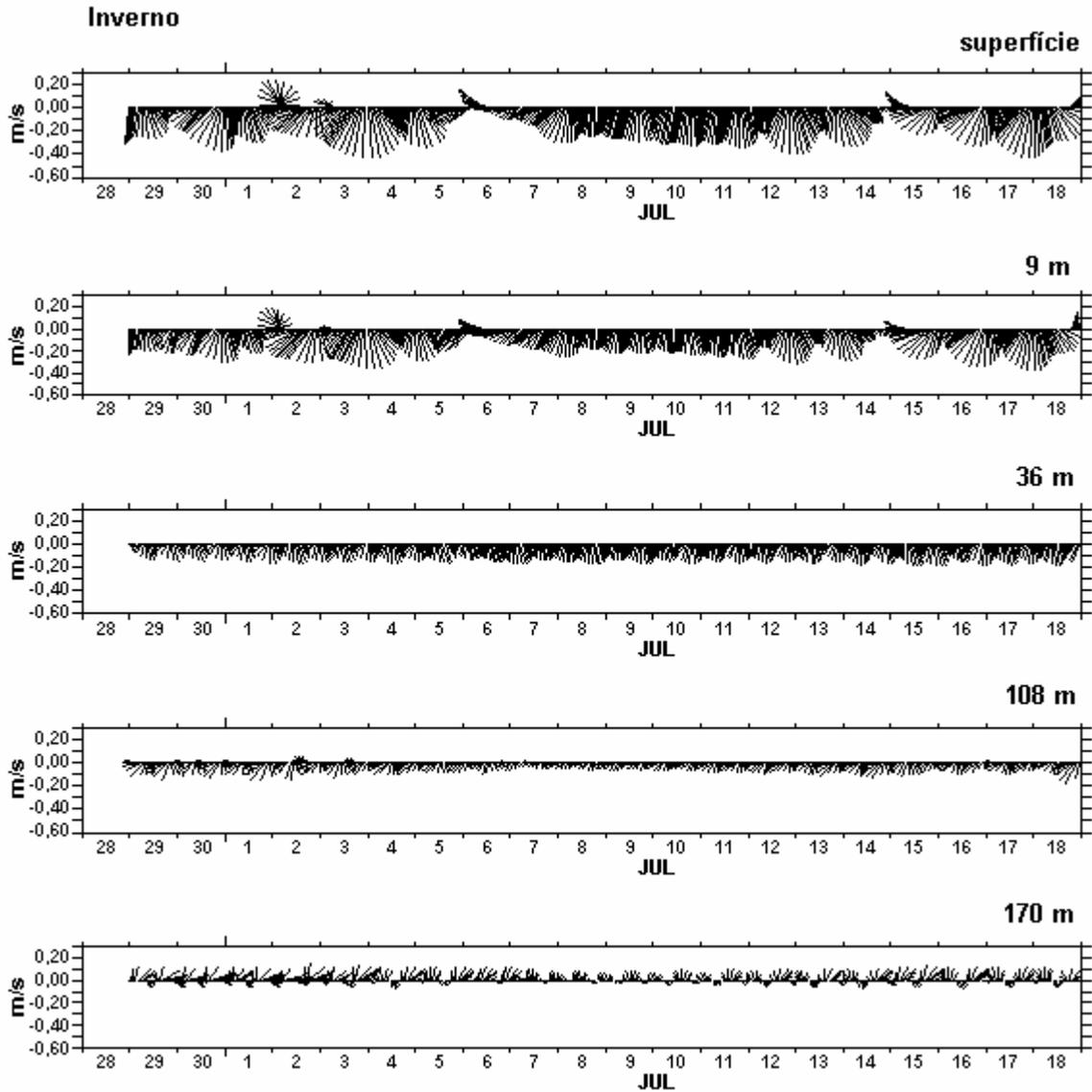
### **III.2.1 Campo de Correntes**

O campo de correntes utilizado foi obtido a partir dos resultados do modelo hidrodinâmico descrito no Capítulo II.

Nas figuras III.2.1-1 e III.2.1-2 são apresentados os *stick plots* das correntes que caracterizam as camadas de superfície, três camadas intermediárias e a camada de fundo do modelo hidrodinâmico, para os períodos característicos de verão e inverno, respectivamente.



**Figura III.2.1-1** - Stick plots de correntes obtidas do modelo hidrodinâmico que caracterizam a superfície, três camadas intermediárias e o fundo para o mês de janeiro, que caracteriza o período de verão, do Poço H, Bloco BM-S-40.

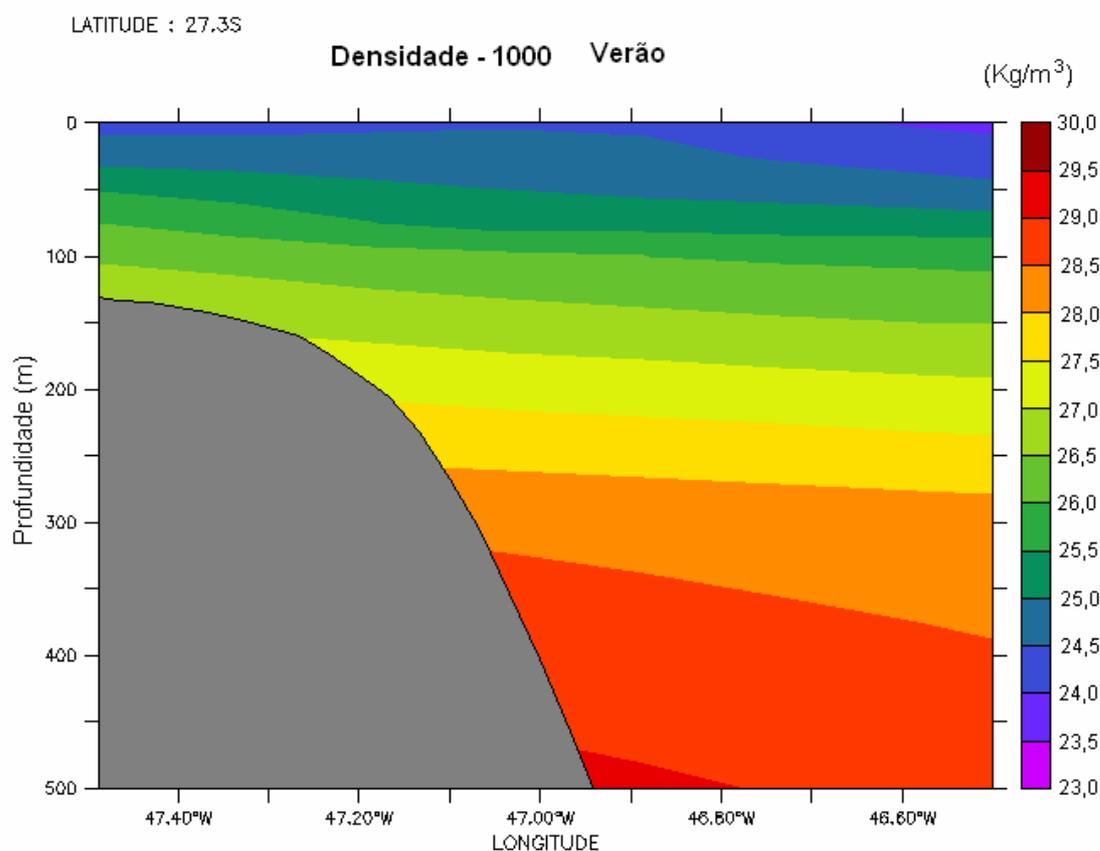


**Figura III.2.1-2** - Stick plots de correntes obtidas do modelo hidrodinâmico que caracterizam a superfície, três camadas intermediárias e o fundo para o mês de julho, que caracteriza o período de inverno, do Poço H, Bloco BM-S-40.

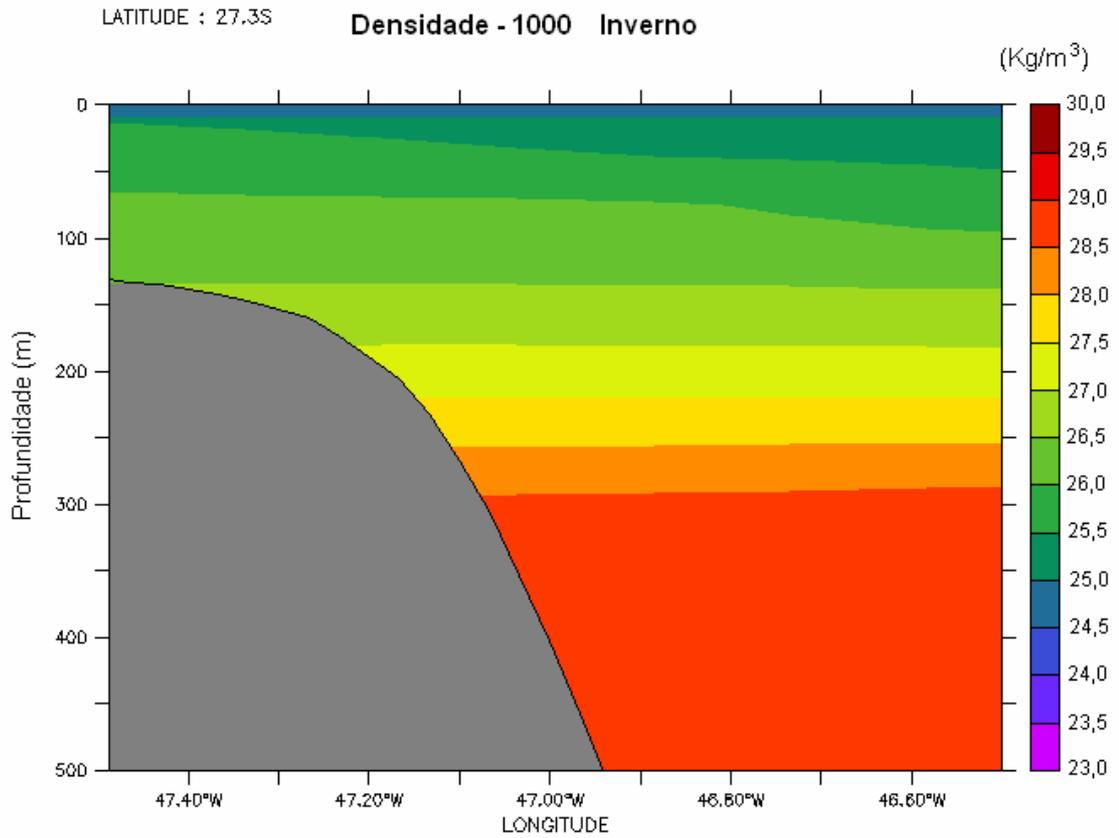
### III.2.2 Campo Termohalino

Os dados de densidade são utilizados pelo MUDMAP para o cálculo da velocidade de deposição das partículas. Sendo possível e, desde que as séries temporais possuam significado estatístico, prioriza-se a utilização de dados para este cálculo, buscando considerar uma estrutura de densidade o mais próxima da realidade possível.

As figuras III.2.2-1 e III.2.2-2 apresentam secções verticais ao longo de 27,3°S do campo de densidade médio calculado para os períodos de verão e inverno, respectivamente, com base em dados de temperatura e salinidade obtidos do Atlas Eletrônico dos dados do WOCE. Estes dados foram analisados, filtrados e interpolados no espaço. A tabela III.2.2-1 apresenta os perfis de densidade obtidos para a região do Poço H, Bloco BM-S-40, utilizados como dados de entrada no MUDMAP.



**Figura III.2.2-1** - Secção vertical de densidade (kg/m<sup>3</sup>) ao longo de 27,3°S, na região do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos, no período de verão. Dados provenientes do Atlas do WOCE.



**Figura III.2.2-2** - Secção vertical de densidade (kg/m<sup>3</sup>) ao longo de 27,3°S, na região do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos, no período de inverno. Dados provenientes do Atlas do WOCE.

**Tabela III.2.2-1** - Perfil médio de densidade para a região do Poço H, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.

PROFUNDIDADE (m)	DENSIDADE (kg/m <sup>3</sup> )	
	VERÃO	INVERNO
0	1.024,4	1.025,3
10	1.024,6	1.025,3
25	1.024,7	1.025,4
50	1.025,0	1.025,6
75	1.025,3	1.026,1
100	1.026,1	1.026,1
200	1.027,3	1.027,2

### **III.3 CENÁRIOS DE DESCARTE DE PARTÍCULAS**

Os cenários simulados foram definidos de forma a abranger as condições características dos períodos de verão e inverno na região onde se localiza o Bloco BM-S-40. As informações que definem os cenários de descarte são: ponto de descarte, período de simulação, informações sobre o processo de descarte e propriedades do material descartado.

#### **III.3.1 Ponto de Descarte**

As simulações do descarte de partículas foram realizadas na região da Bacia de Santos, a partir do Poço H (figura I.1-1), cujas coordenadas foram especificadas pela PETROBRAS como 27°18'15,39"S e 47°01'52,73"W (WGS 84). Este poço está localizado no Bloco BM-S-40, em local com lâmina d'água de 175 m.

#### **III.3.2 Especificações dos Processos de Perfuração e Descarte**

O processo de perfuração é dividido em duas etapas: sem *riser* e com *riser*. Até a instalação do *riser*, não existe retorno de cascalhos para a sonda e todo o material retirado do poço é descartado no fundo do mar, depositando-se próximo à cabeça de poço. A perfuração com *riser* corresponde à etapa com retorno de fluido de perfuração e cascalho para a superfície, sendo o descarte realizado na superfície do mar.

Para a perfuração do Poço H será utilizada a sonda SS-54 ou SS-39. O processo de perfuração será composto por 5 fases distintas: Fases I e II sem *riser*, e Fases III, IV e V com *riser*.

O início da perfuração se dá com um poço de diâmetro 36" e intervalo de 55 m, com a utilização de água do mar e fluido de perfuração convencional. Na Fase II inicia-se a perfuração com o poço de 26" de diâmetro, utilizando água do mar e o fluido convencional, com um intervalo de 945 m.

Na Fase III se dá a perfuração com um poço de 17½”, com um intervalo de 2.910 m, utilizando o fluido de perfuração salgado tratado com polímero catiônico. A perfuração das Fases IV e V se dá com a utilização do fluido de perfuração BR-MUL (sintético). Na Fase IV o diâmetro do poço é de 12¼” e o intervalo de 1.350 m, já na Fase V a perfuração se dá com um poço de 8½” de diâmetro e intervalo de 290 m.

Nas fases de perfuração sem *riser* serão descartados cascalhos e fluido em conjunto. Na Fase III será descartado cascalho com 20% de fluido aderido e, ao final desta fase, haverá descarte do fluido catiônico excedente na própria locação. É importante ressaltar que será utilizado fluido sintético nas Fases IV e V e que será descartado cascalho com 6,9% de fluido aderido.

### **III.3.3 Caracterização do Cascalho e Fluidos de Perfuração**

A tabela III.3.3-1 apresenta os volumes e a caracterização do cascalho e fluidos de perfuração descartados no Poço H, segundo informações fornecidas pela PETROBRAS e provenientes do banco de dados da [ASA](#). Vale ressaltar que apenas o fluido tipo BR-MUL, utilizado nas Fases IV e V das perfurações, é um fluido de base não aquosa.

As velocidades de deposição das partículas foram calculadas segundo os pressupostos em Dyer (1986), Lima & Luz (2001) e Luz & Lima (2001). Nesses cálculos são considerados o tamanho das partículas, a densidade do material, a densidade do meio onde este será descartado, além da viscosidade dinâmica da água.

Tabela III.3.3-1 - Especificações do descarte de cascalho e fluidos de perfuração para o Poço H, Bloco BM-S-40.

FASE	DIÂMETRO POÇO	INTERV. DA FASE (m)	DURAÇÃO DO DESCARTE (horas)	PROF. DO DESCARTE (m)	MATERIAIS	TIPO DE FLUIDO	VOLUME EFETIVAMENTE DESCARTADO (m <sup>3</sup> )	DENS. MÉDIA (kg/m <sup>3</sup> )	CONSTITUINTES SÓLIDOS	DENS. DOS SÓLIDOS (kg/m <sup>3</sup> )	CONC. DE SÓLIDOS NO FLUIDO (kg/m <sup>3</sup> )	TAMANHO MÉDIO DA PARTÍCULA (mm)	MASSA PERCENTUAL (%)	VEL. DE DEPOSIÇÃO (cm/s)
I	36"	55	5	2,5 m acima do fundo do mar	cascalho	-	36	2.600	-	-	-	1,0 – 6,5	54	44,1503
												6,5 – 12,5	40	77,0548
												12,5 – 18,0	5	95,8191
												> 18,0	1	104,2689
					fluido	Convencional	96	1.040	Bentonita	2.250	71,5	0,001 – 0,01	50	0,0015
											0,01 – 0,07	50	0,0793	
II	26"	945	48	2,5 m acima do fundo do mar	cascalho	-	264	2.600	-	-	-	1,27	10	15,8109
												8,89	50	73,2773
												12,70	40	87,5831
					fluido	Convencional	509	1.040	Bentonita	2.250	71,5	0,001 – 0,01	50	0,0015
III	17½"	2.910	192	3 m abaixo da superfície do mar	cascalho	-	575	2.600	-	-	-	2,54	10	39,2062
												6,35	50	61,9904
												10,16	40	78,4124
					fluido	Catiônico	261	1.140	Baritina	4.200	630,2	0,001 – 0,01	50	0,0045
					946 (excedente)*	0,01 – 0,07	50					0,2233		
IV	12¼"	1.350	72	3 m abaixo da superfície do mar	cascalho	-	116	2.600	-	-	-	2,54	10	39,2062
												6,35	50	61,9904
												10,16	40	78,4124
					fluido	Sintético	16	1.320	Baritina	4.200	691,1	0,001 – 0,01	50	0,0045
V	8½"	290	96	3 m abaixo da superfície do mar	cascalho	-	12	2.600	-	-	-	1,27	10	16,1523
												6,35	50	61,9904
												10,16	40	78,4124
					fluido	Sintético	1,6	1.320	Baritina	4.200	691,1	0,001 – 0,01	50	0,0045

\* Nas simulações do fluido excedente foram considerados descartes instantâneos.

### III.3.4 Descrição dos Cenários

A tabela III.3.4-1 apresenta os cenários elaborados para as simulações de descarte de cascalho e fluidos de perfuração selecionados para caracterizar as operações de perfuração realizadas na Bacia de Santos. Ao todo, foram simulados 12 cenários contemplando: **1 ponto de descarte**, **5 fases de perfuração** (sem e com riser) e **2 condições sazonais** (verão e inverno).

A terminologia utilizada para a identificação dos cenários é a seguinte:

- PH identifica o Poço H;
- FI, FII, FIII, FIV e FV indicam as fases de perfuração/descarte;
- EXCE indica o descarte de fluido excedente ao final da Fase III;
- VER e INV identificam os períodos de verão e inverno, respectivamente.

**Tabela III.3.4-1 - Cenários elaborados para o estudo de cascalho e fluidos de perfuração na Bacia de Santos, para o Poço H localizado no Bloco BM-S-40.**

CENÁRIOS	CAMPOS	
	VERÃO	INVERNO
FASE I	PH_FI_VER	PH_FI_INV
FASE II	PH_FII_VER	PH_FII_INV
FASE III	PH_FIII_VER	PH_FIII_INV
FASE III - EXCEDENTE	PH_FIII_EXCE_VER	PH_FIII_EXCE_INV
FASE IV	PH_FIV_VER	PH_FIV_INV
FASE V	PH_FV_VER	PH_FV_INV



## IV RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

O modelo MUDMAP foi utilizado para simular os cenários descritos no item III.3.4 e fornecer informações sobre a distribuição espacial do cascalho e fluidos descartados durante as operações de perfuração na Bacia de Santos. A tabela IV-1 fornece as características da deposição de material calculadas pelo MUDMAP para o ponto simulado. A tabela lista a área coberta por depósitos de sedimento com espessuras maiores que 1 mm, a extensão horizontal máxima do ponto de descarte até o contorno da mesma espessura e a espessura máxima depositada nessa região.

O critério de corte em 1 mm foi definido em função da metodologia de cálculo de espessura adotada pelo modelo. Como descrito no item III.1, a espessura é função da massa de sedimentos, área depositada, porosidade e densidade das partículas descartadas. Desta forma, como o volume de material descartado é pequeno em relação à profundidade local e área de deposição, o cálculo de espessuras médias não permite uma resolução significativa para valores inferiores a 1 mm.

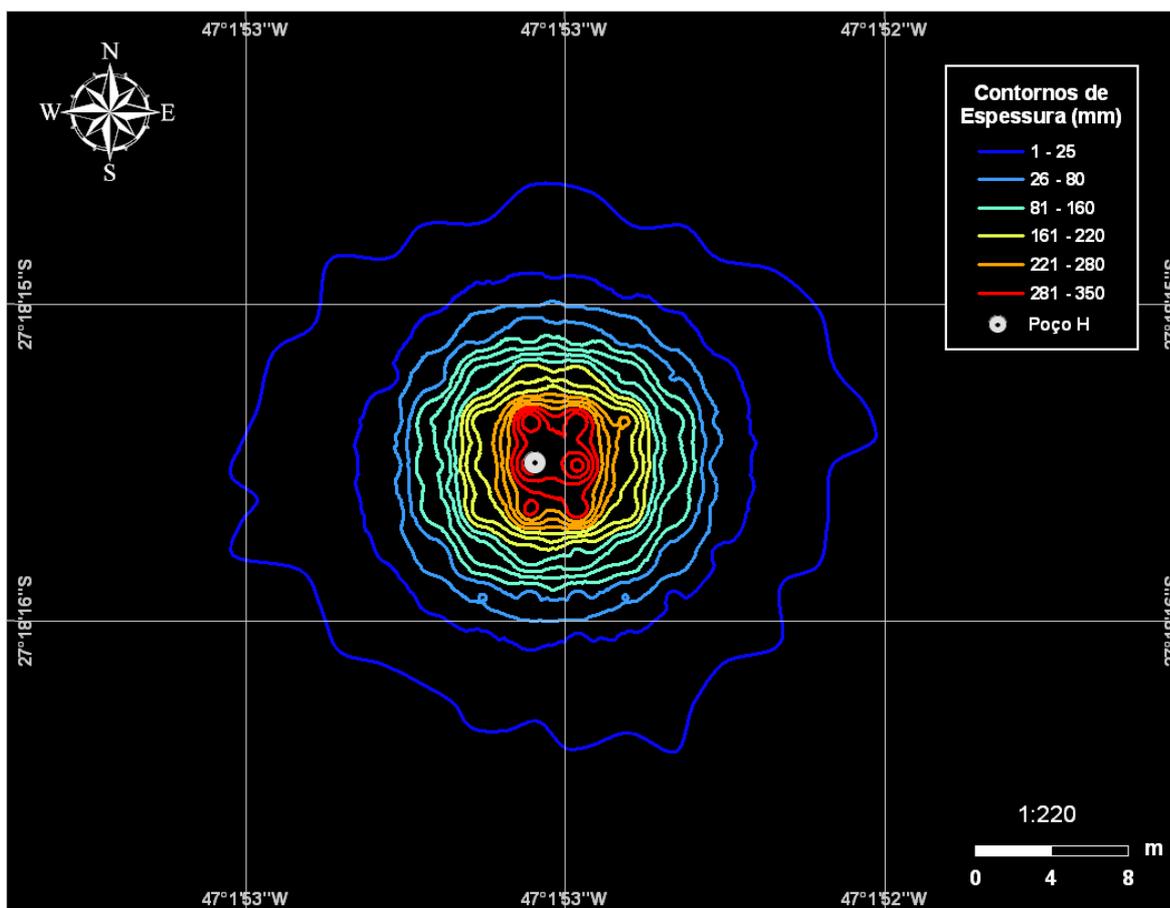
**Tabela IV-1 - Máxima espessura depositada e área coberta por sedimentos com espessuras maiores que 1 mm para o Poço H, Bloco BM-S-40.**

FASE	ÁREA (m <sup>2</sup> ) COBERTA POR ESPESSURAS ≥ 1 mm		EXTENSÃO MÁXIMA HORIZONTAL (m) A PARTIR DO DE DESCARTE ATÉ O CONTORNO DE 1 mm		ESPESSURA MÁXIMA DEPOSITADA (mm)	
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
I	613	580	16 (SSE)	16 (S)	350,00	370,00
II	1.407	1.361	25 (SE)	25 (NE)	2.870,00	3.020,00
III	119.170	114.873	321 (SSE)	266 (SSE)	314,00	398,00
III EXCEDENTE	—	—	—	—	0,22	0,25
IV	109.572	125.912	297 (SE)	287 (SSE)	94,00	62,0
V	22.372	22.725	152 (SSE)	133 (SW)	2,80	3,10
<b>TOTAL</b>	<b>123.503</b>	<b>129.607</b>	<b>321 (SSE)</b>	<b>287 (SSE)</b>	<b>3.145,00</b>	<b>3.364,00</b>

A seguir, são apresentados graficamente os resultados obtidos nas simulações com o MUDMAP. Para facilitar a compreensão dos resultados, são apresentadas as distribuições espaciais do cascalho e fluidos de perfuração ao final de cada fase e ao final das operações de descarte para cada uma das condições sazonais simuladas.

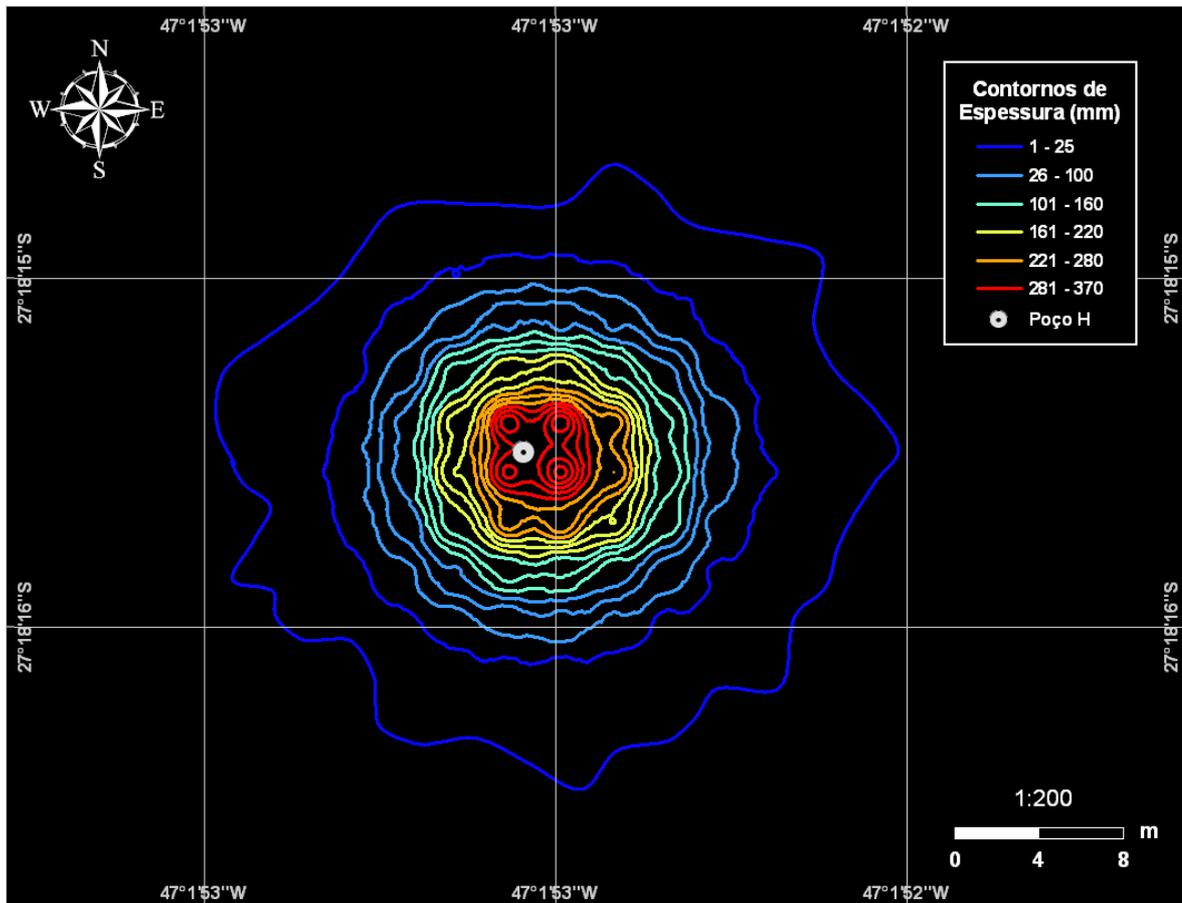
## IV.1 FASE I

A figura IV.1-1 apresenta os resultados da simulação para a Fase I (sem riser) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de verão. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 35 cm e a área de deposição está distribuída em 613 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se nas proximidades do ponto de descarte.



**Figura IV.1-1** - Cenário PH\_FI\_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase I (diâmetro de 36", sem riser), no período de verão.

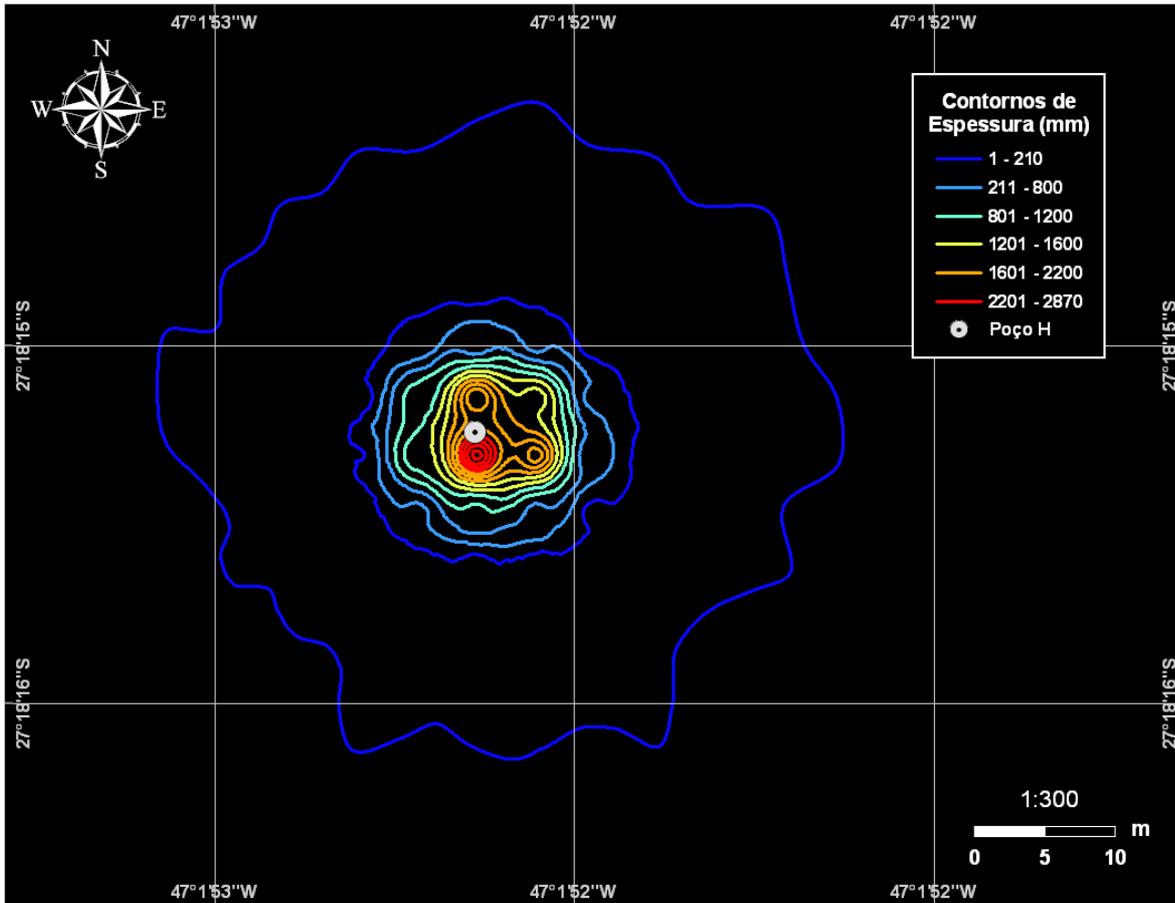
A figura IV.1-2 apresenta os resultados da simulação para a Fase I (sem riser) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de inverno. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 37 cm e a área de deposição está distribuída em 580 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se nas proximidades do ponto de descarte.



**Figura IV.1-2 - Cenário PH\_FI\_INV.** Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase I (diâmetro de 36", sem riser), no período de inverno.

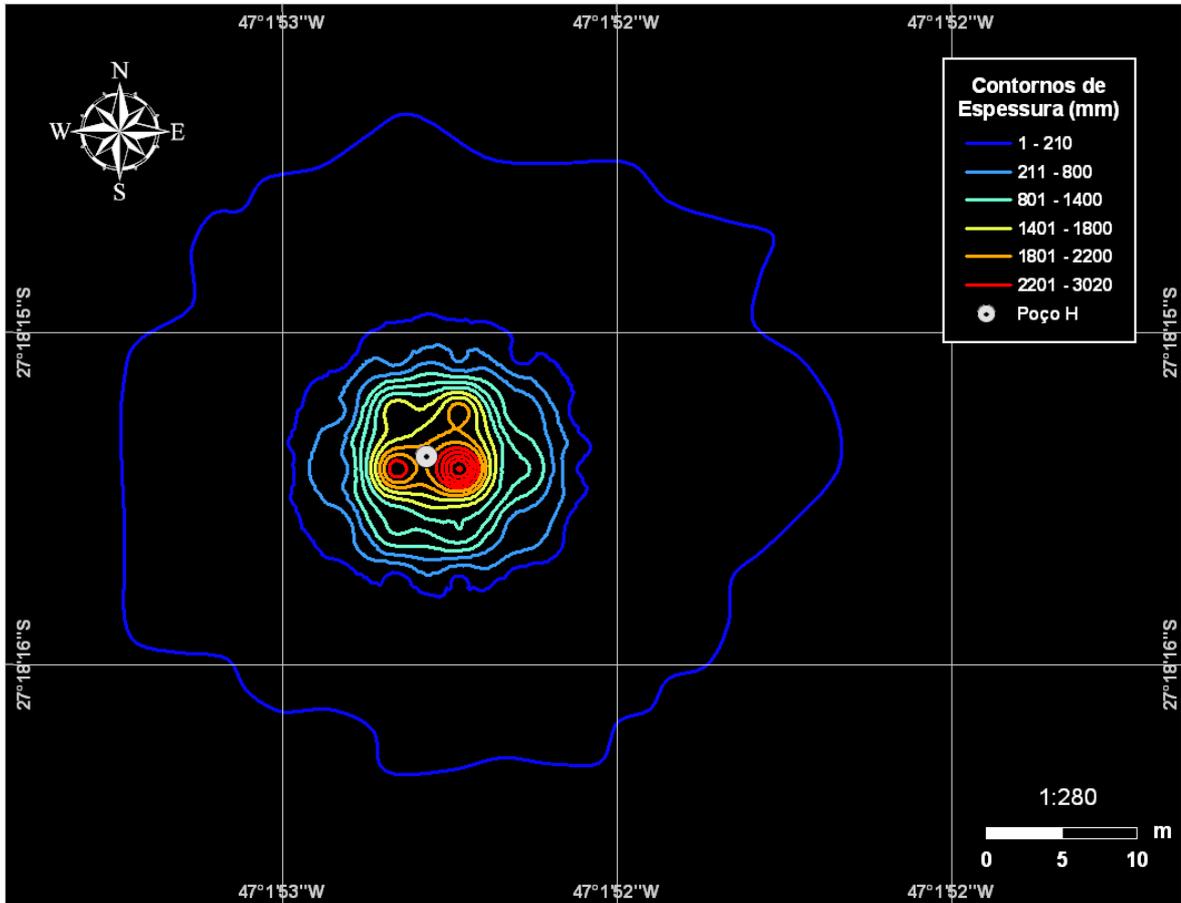
## IV.2 FASE II

A figura IV.2-1 apresenta os resultados da simulação para a Fase II (sem riser) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de verão. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 287 cm e a área de deposição está distribuída em 1.407 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se nas proximidades do ponto de descarte.



**Figura IV.2-1** - Cenário PH\_FII\_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase II (diâmetro de 26", sem riser), no período de verão.

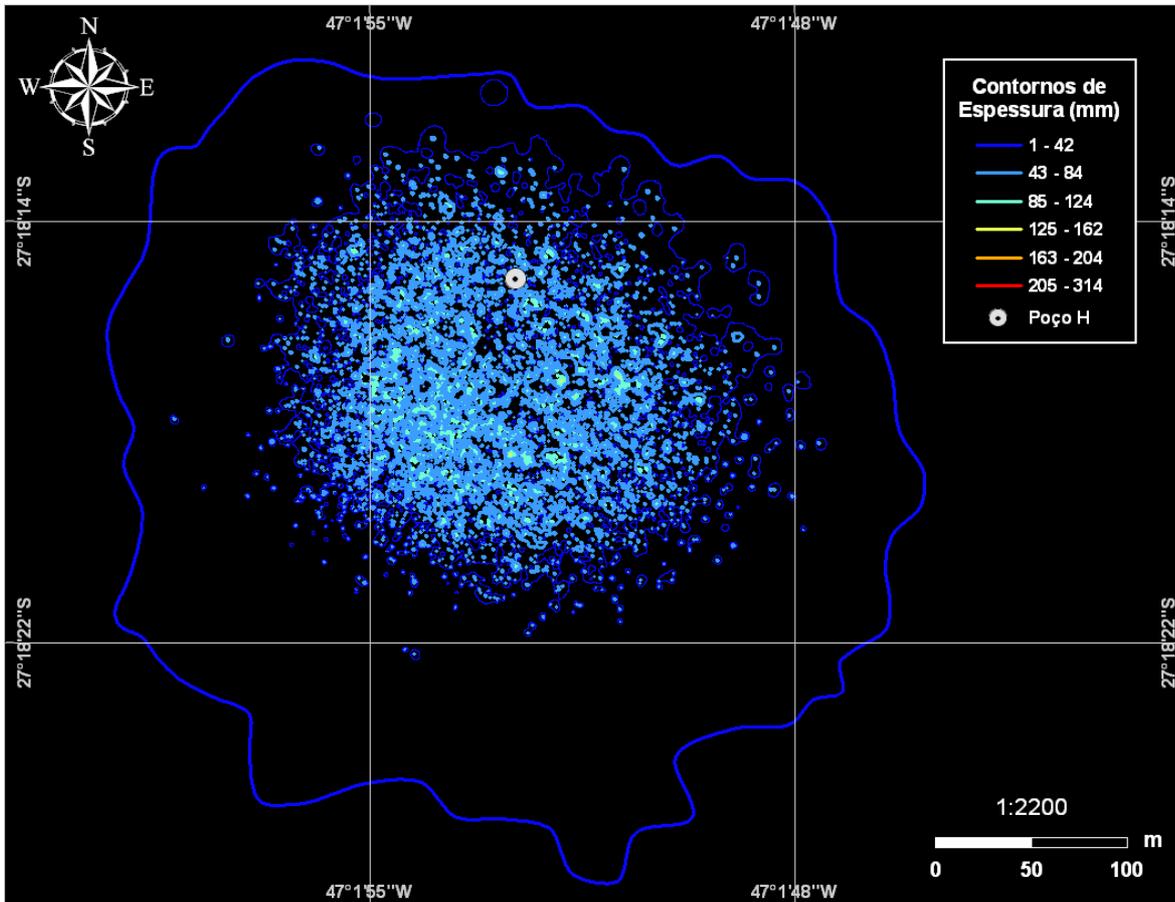
A figura IV.2-2 apresenta os resultados da simulação para a Fase II (sem riser) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de inverno. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 302cm e a área de deposição está distribuída em 1.361 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se nas proximidades do ponto de descarte.



**Figura IV.2-2** - Cenário PH\_FII\_INV. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase II (diâmetro de 26", sem riser), no período de inverno.

### IV.3 FASE III

As figuras IV.3-1 e IV.3-2 apresentam os resultados da simulação para a Fase III (com *riser*) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de verão. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 31,4 cm e a área de deposição está distribuída em 119.170 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se, em média, a 68 m a sul-sudoeste do ponto de descarte.



**Figura IV.3-1** - Cenário PH\_FIII\_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase III (diâmetro de 17½", sem riser), no período de verão.

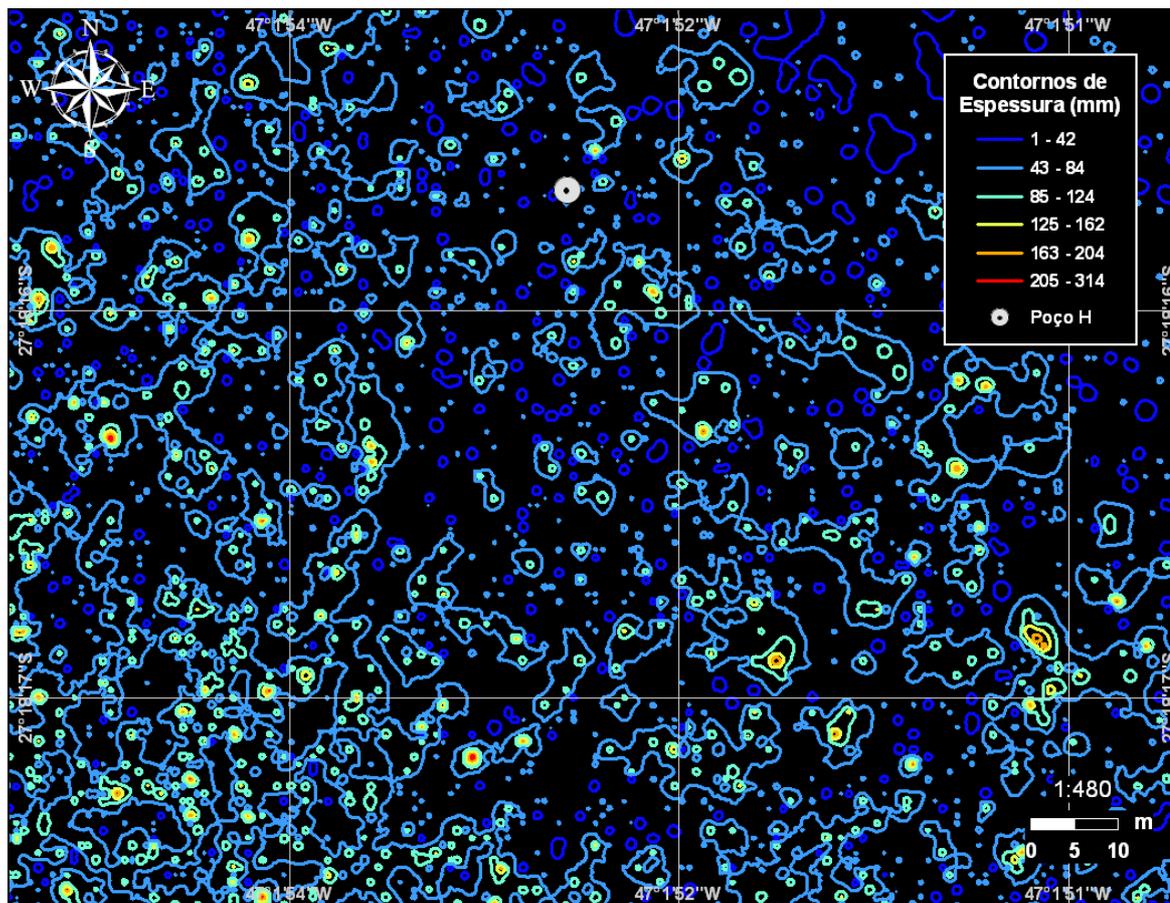
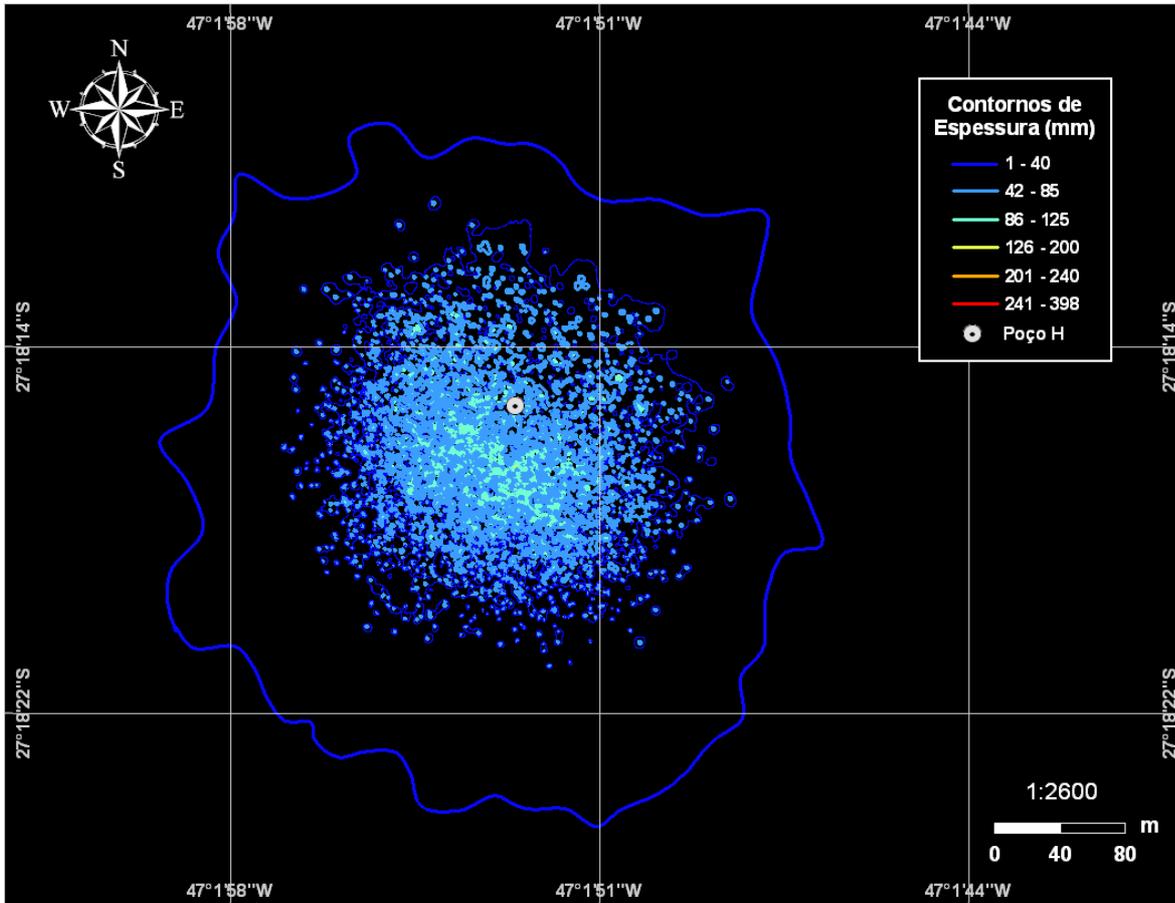


Figura IV.3-2 - Detalhe da figura IV.3-1.

As figuras IV.3-3 e IV.3-4 apresentam os resultados da simulação para a Fase III (com *riser*) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de inverno. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 39,8 cm e a área de deposição está distribuída em 114.873 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se, em média, a 30 m a sudoeste do ponto de descarte.



**Figura IV.3-3 - Cenário PH\_FIII\_INV.** Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase III (diâmetro de 17½", sem riser), no período de inverno.

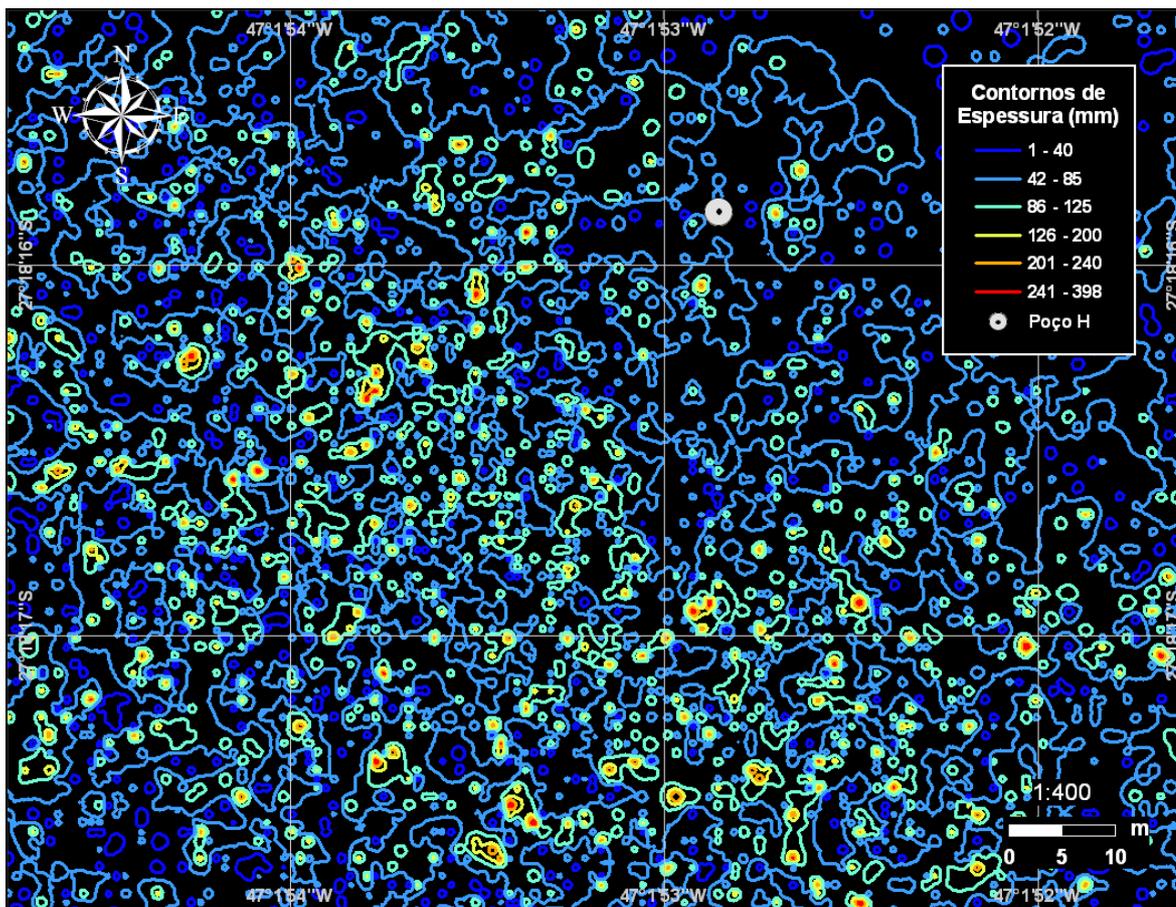


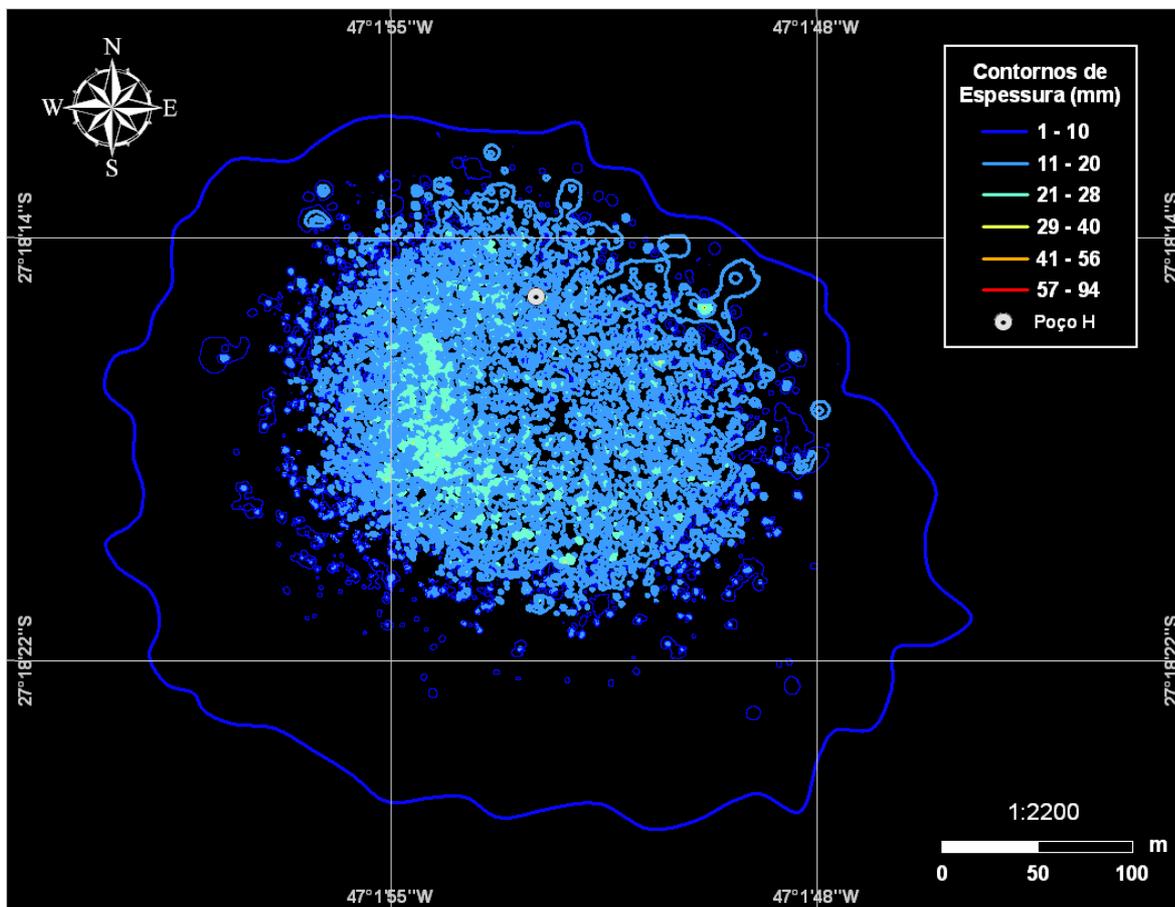
Figura IV.3-4 - Detalhe da figura IV.3-3.

#### IV.4 FLUIDO EXCEDENTE

Ao final da Fase III será descartado fluido catiônico excedente na própria locação. Como os descartes do fluido excedente apresentaram espessuras inferiores a 1 mm, tanto no verão como no inverno, não são apresentadas figuras ilustrativas para estes casos. As maiores espessuras calculadas foram de 0,22 mm no verão e 0,25 mm no inverno. Salienta-se que as maiores espessuras concentraram-se, em média, 6,5 km (verão) e 4,5 km (inverno) a sudoeste do ponto de descarte.

## IV.5 FASE IV

As figuras IV.5-1 e IV.5-2 apresentam os resultados da simulação para a Fase IV (com *riser*) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de verão. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 9,4 cm e a área de deposição está distribuída em 109.572 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se, em média, a 90 m a sudoeste do ponto de descarte.



**Figura IV.5-1** - Cenário PH\_FIV\_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase IV (diâmetro de 12¼", sem riser), no período de verão.

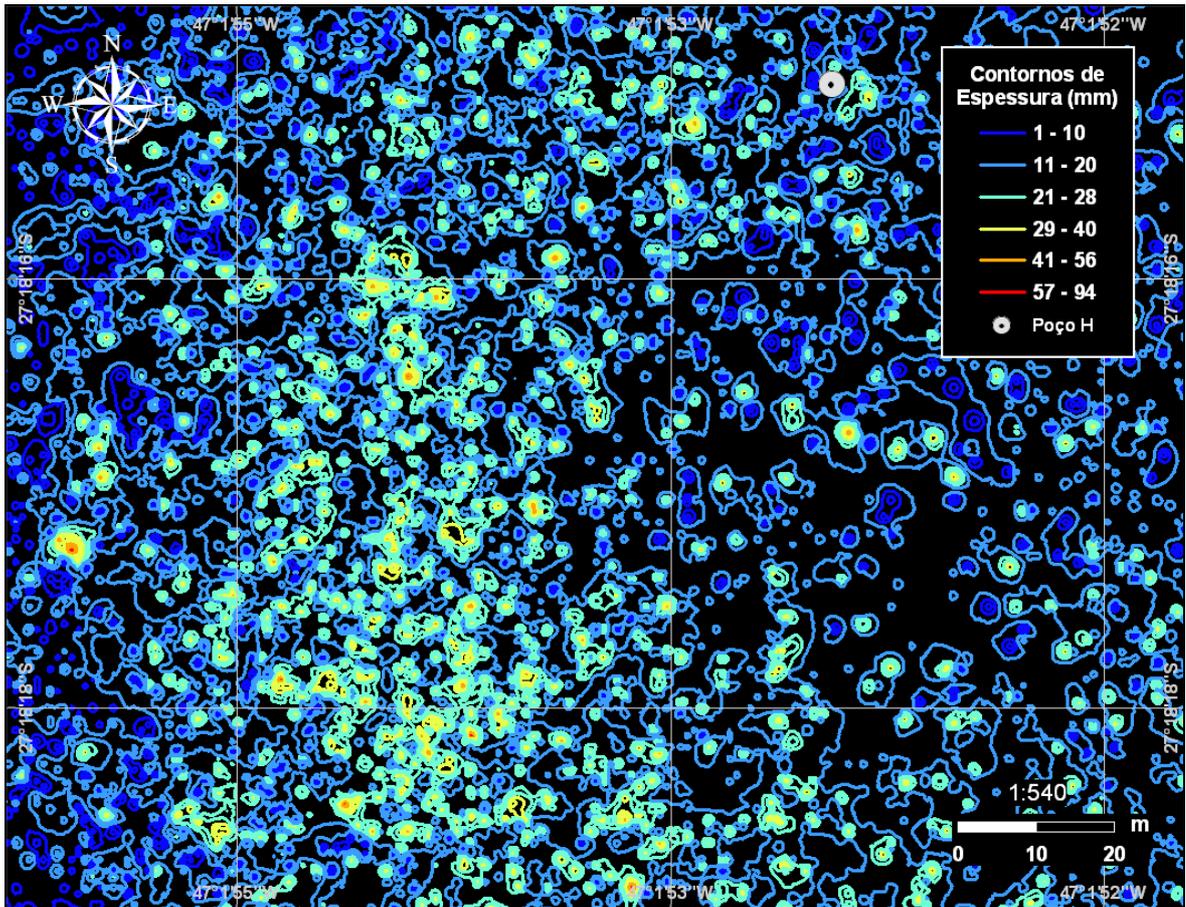
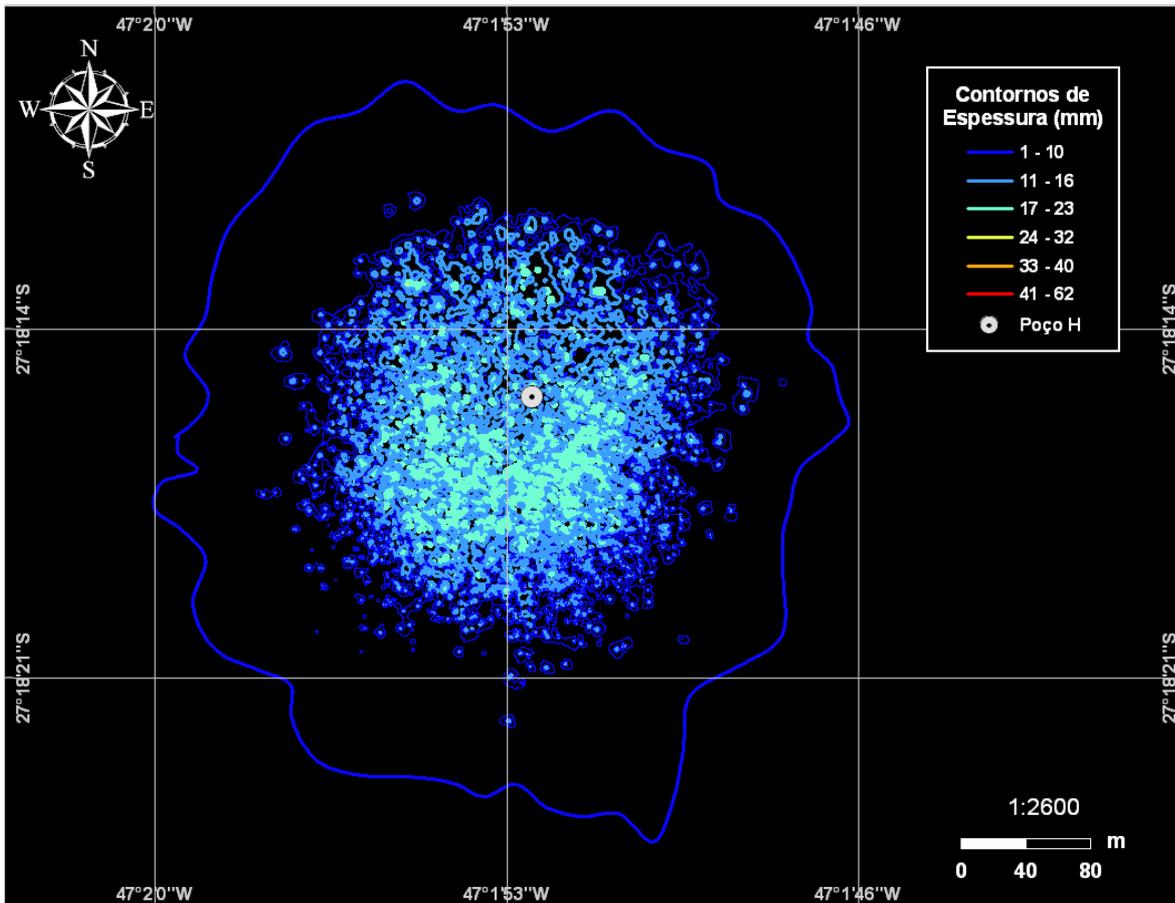


Figura IV.5-2 - Detalhe da figura IV.5-1.

As figuras IV.5-3 e IV.5-4 apresentam os resultados da simulação para a Fase IV (com *riser*) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de inverno. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 6,2 cm e a área de deposição está distribuída em 125.912 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se, em média, a 60 m ao sul do ponto de descarte.



**Figura IV.5-3 - Cenário PH\_FIV\_INV.** Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase IV (diâmetro de 12¼", sem riser), no período de inverno.

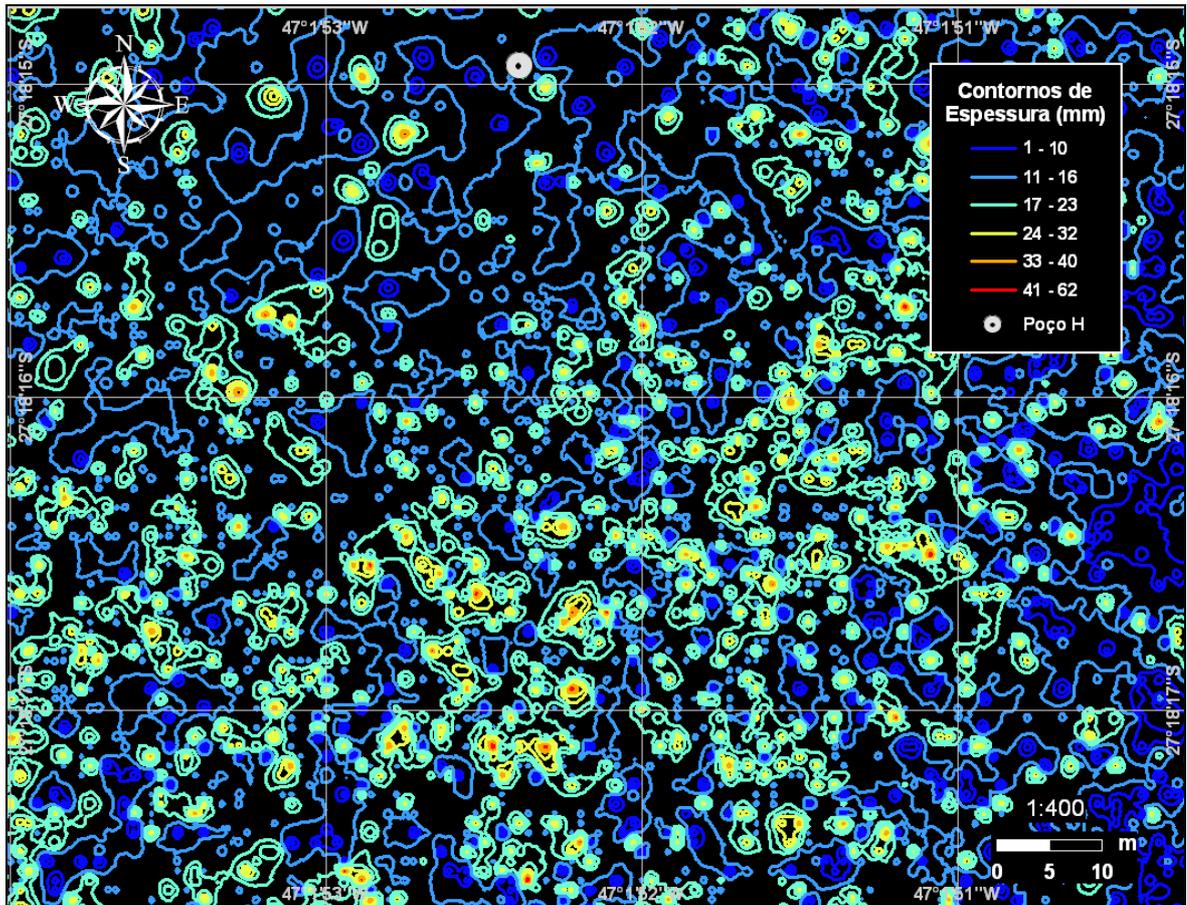
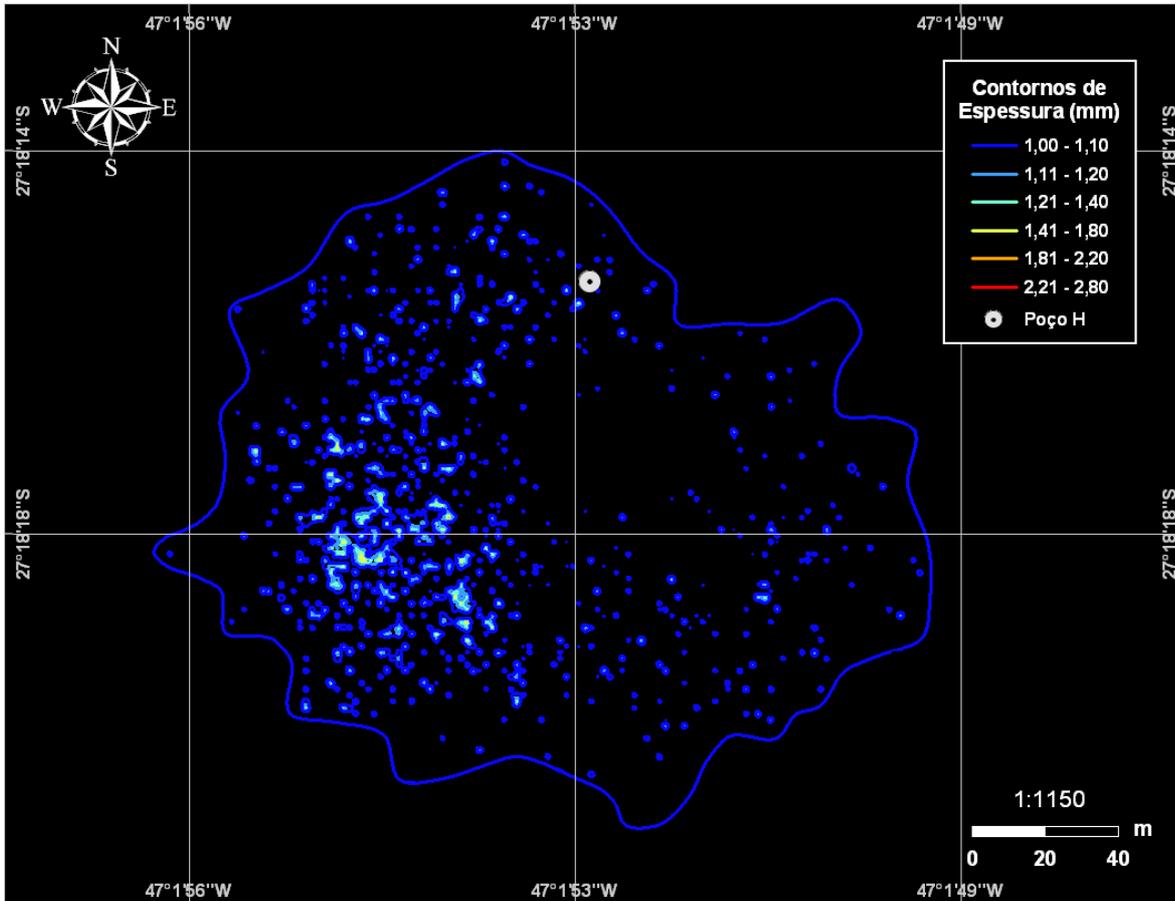


Figura IV.5-4 - Detalhe da figura IV.5-3.

## IV.6 FASE V

As figuras IV.6-1 e IV.6-2 apresentam os resultados da simulação para a Fase V (com *riser*) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de verão. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 2,8 mm e a área de deposição está distribuída em 22.372 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se, em média, a 82 m a sudoeste do ponto de descarte.



**Figura IV.6-1** - Cenário PH\_FV\_VER. Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase V (diâmetro de 8½", sem riser), no período de verão.

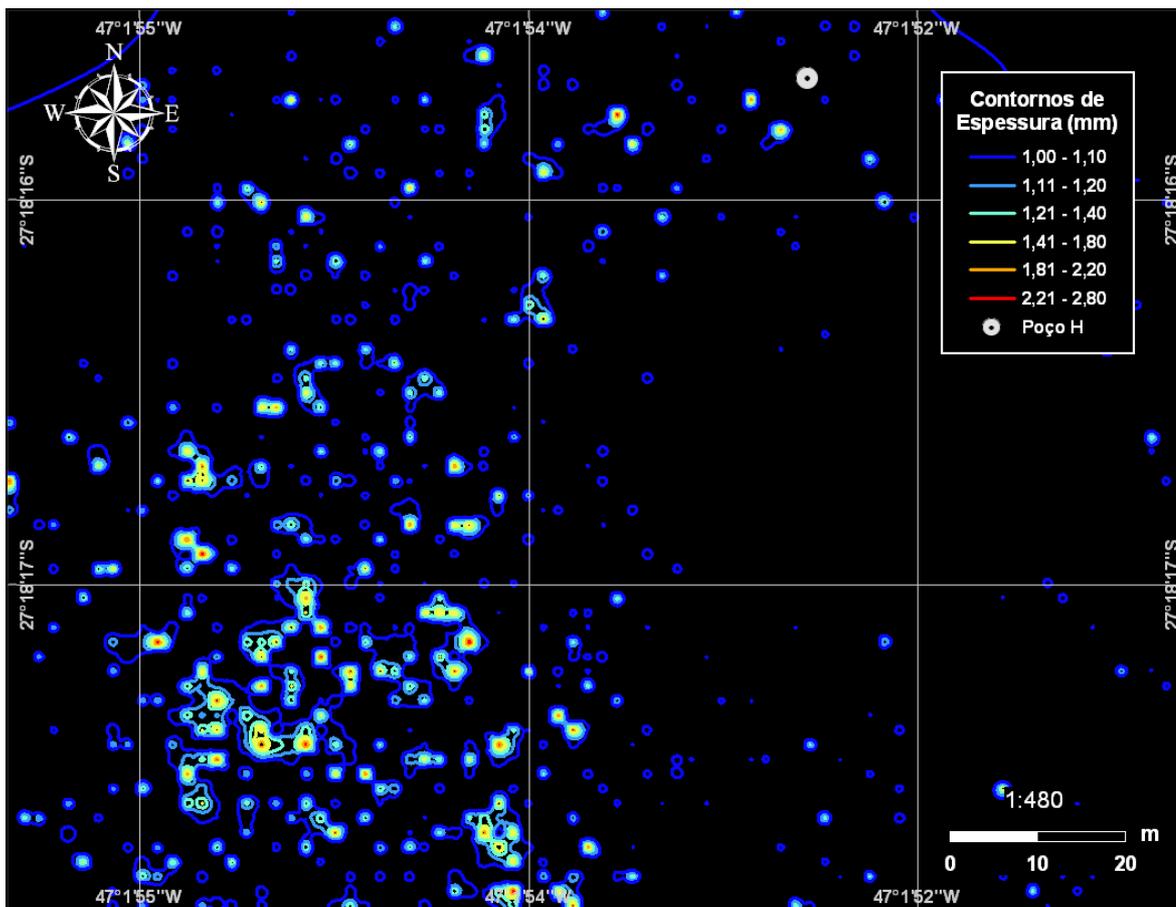
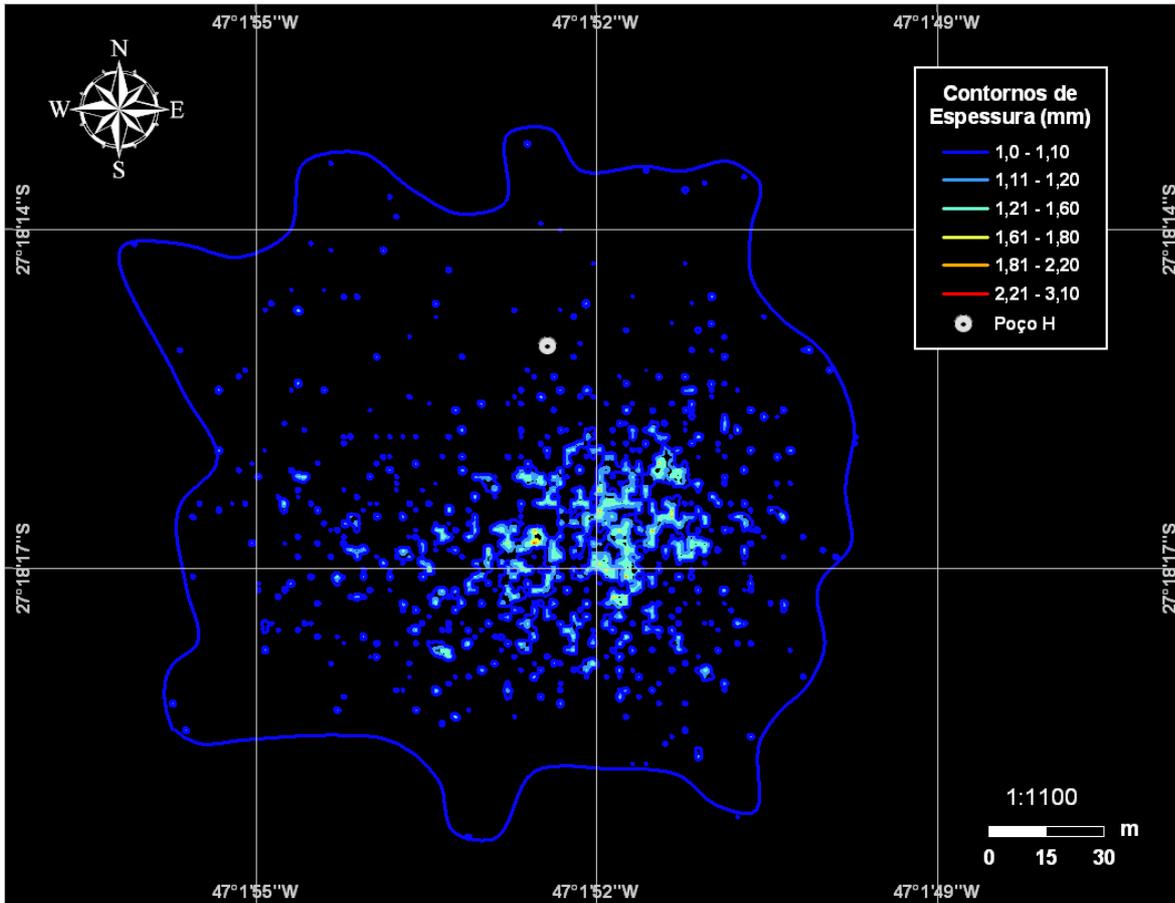


Figura IV.6-2 - Detalhe da figura IV.6-1.

As figuras IV.6-3 e IV.6-4 apresentam os resultados da simulação para a Fase V (com riser) do descarte de partículas do Poço H, Bloco BM-S-40, em condição de inverno. Observa-se que a espessura máxima depositada foi de 3,1 mm e a área de deposição está distribuída em 22.725 m<sup>2</sup>. As maiores espessuras concentram-se, em média, a 54 m a sudoeste do ponto de descarte.



**Figura IV.6-3 - Cenário PH\_FV\_INV.** Área de abrangência e contornos de espessuras médias calculadas para o descarte de partículas do Poço H, ao final da Fase V (diâmetro de 8½", sem riser), no período de inverno.

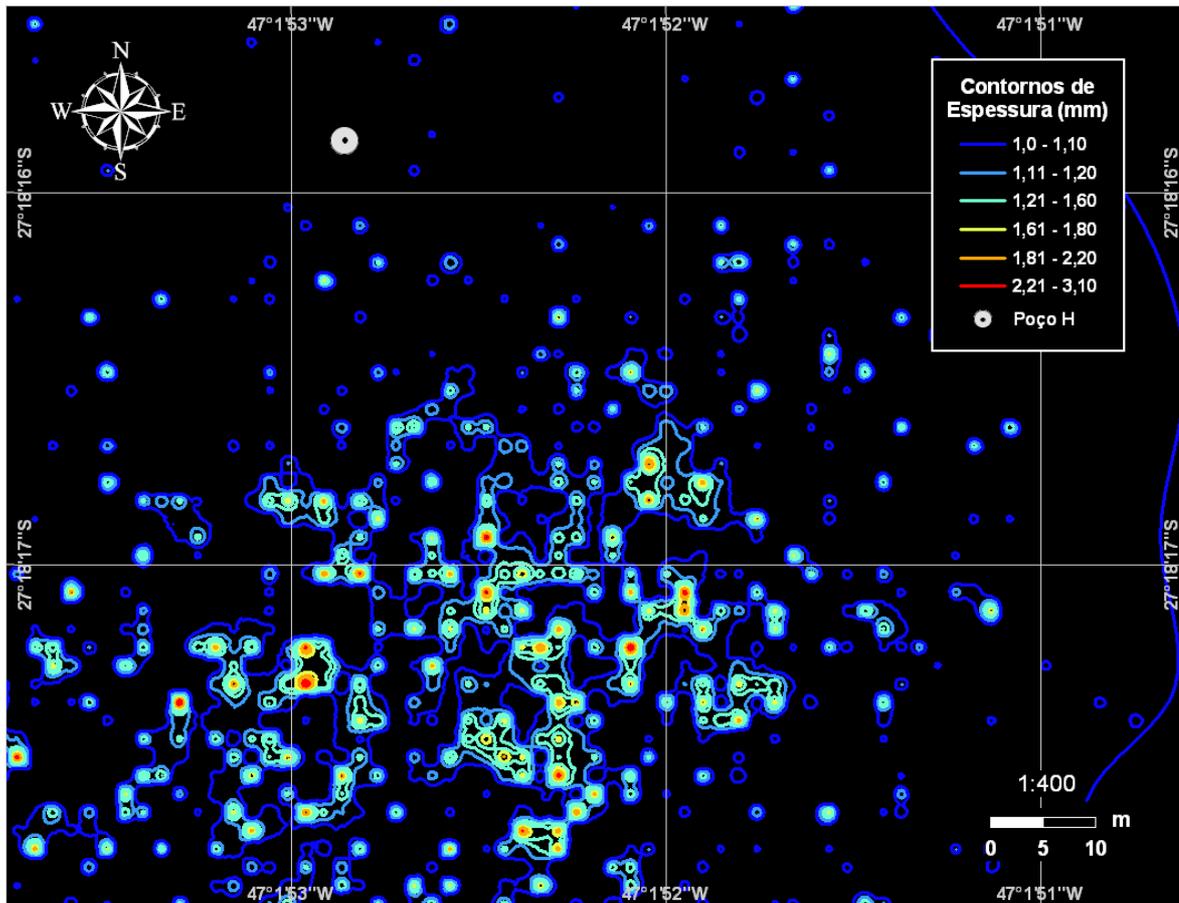
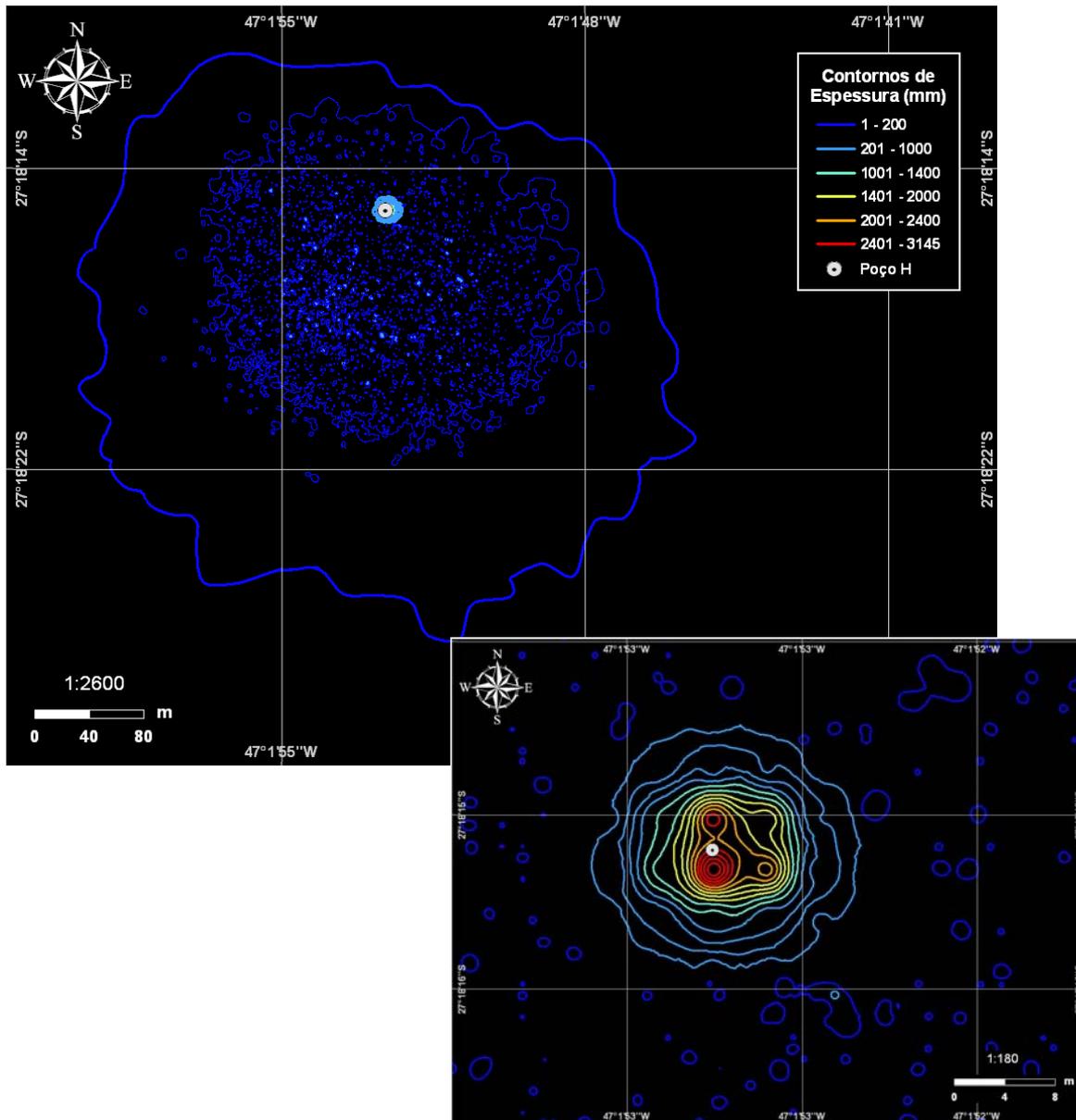


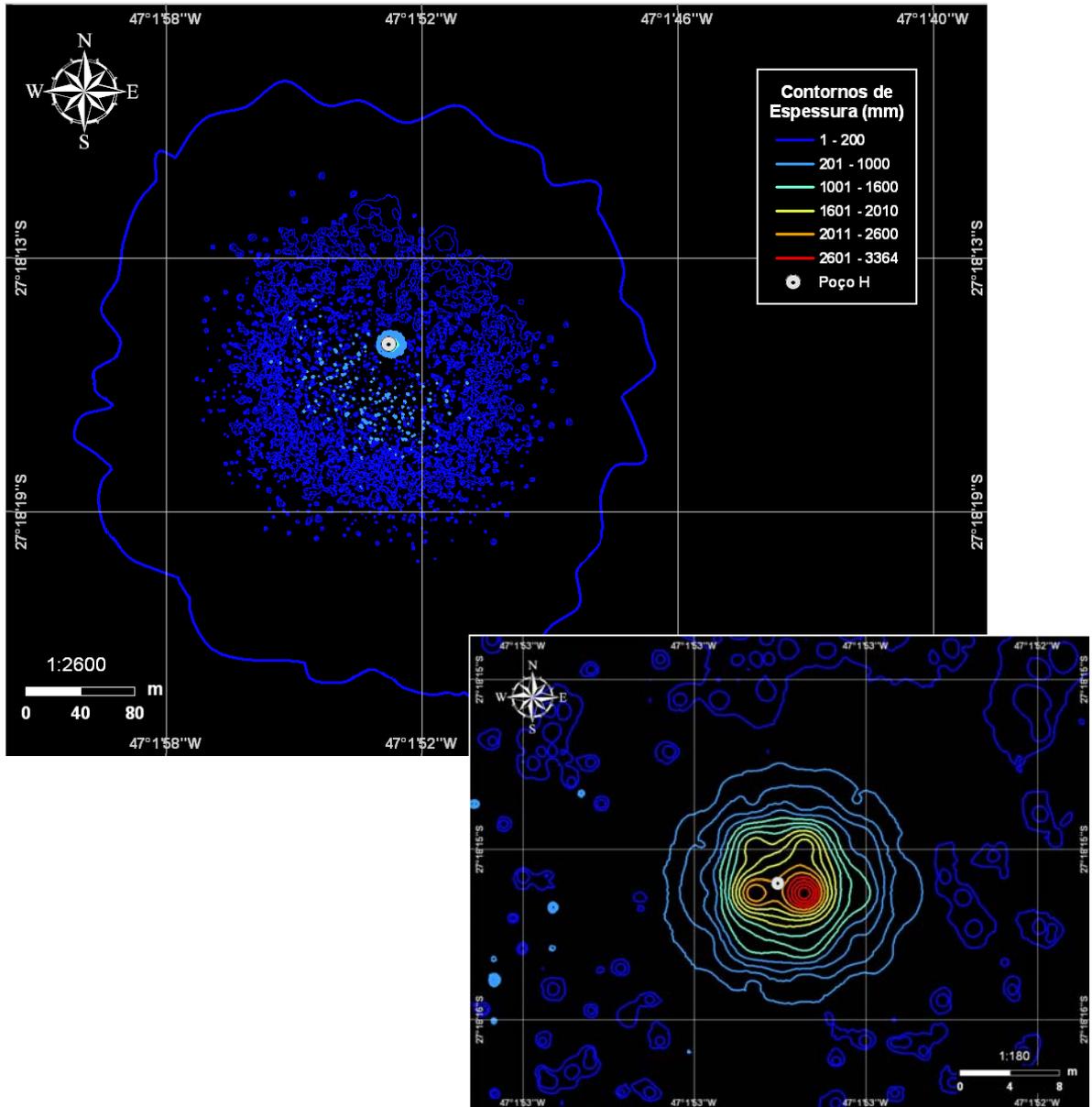
Figura IV.6-4 - Detalhe da figura IV.5-3.

## IV.7 DESCARTE TOTAL

As figuras IV.7-1 e IV.7-2 apresentam as áreas de abrangência e espessuras previstas ao final de toda a operação de descarte de partículas no Poço H, Bloco BM-S-40, nos períodos de verão e inverno, respectivamente. Os maiores valores de espessura, 314,5 cm no verão e 336,4 cm no inverno, estão concentrados nas proximidades do ponto de descarte (detalhe). No verão, a área total de abrangência do material descartado é de, aproximadamente, 123.503 m<sup>2</sup>, sendo que grande parte da mesma (~123.227 m<sup>2</sup>) apresenta espessuras inferiores a 20 cm. No inverno, a área total é de, aproximadamente, 129.607 m<sup>2</sup>, sendo que grande parte da mesma (~129.336 m<sup>2</sup>) apresenta espessuras inferiores a 20 cm.



**Figura IV.7-1** - Área de abrangência e espessuras médias calculadas para o descarte de partículas ao final das operações de descarte (todas as fases) do Poço H, Bloco BM-S-40, no período de verão.



**Figura IV.7-2 - Área de abrangência e espessuras médias calculadas para o descarte de partículas ao final das operações de descarte (todas as fases) do Poço H, Bloco BM-S-40, no período de inverno.**



## V CONCLUSÕES

O MUDMAP foi utilizado para simular a deposição de cascalho e fluidos provenientes do descarte das operações de perfuração na Bacia de Santos.

A realização em separado das simulações sem e com *riser* permitiu concluir que a maior influência sobre o assoalho oceânico é consequência do descarte sem *riser*, onde o acúmulo de material é maior, alcançando espessuras de até 302 cm (Fase II no inverno). Já os resultados obtidos para as fases com *riser* mostraram espessuras de partículas no fundo inferiores, com no máximo 39,8 cm (Fase III no inverno). Tal resultado se deve ao fato do descarte das fases com *riser* ser efetuado próximo à superfície do mar (*i.e.* maior tempo sob a ação das correntes na coluna d'água).

Os resultados das simulações, considerando as fases de deposição sem *riser*, apresentaram uma distribuição mais uniforme, principalmente em função da menor intensidade das correntes de fundo nessa região. Em ambas as fases sem *riser* (I e II), as partículas apresentaram uma tendência de maior deposição nas proximidades do ponto de descarte. Na Fase II as espessuras depositadas são maiores que na Fase I, devido ao maior volume de cascalhos descartados na Fase II.

Os resultados das simulações, considerando as fases de deposição com *riser*, apresentaram uma tendência de maior deposição a sudoeste do ponto de descarte. Na Fase III as espessuras depositadas são maiores que nas outras fases com *riser*, em função do maior volume de cascalhos descartados na mesma.

A tabela V-1 resume os resultados finais, considerando o processo ao final de toda a operação, para o poço estudado. Como pode ser observado, nas fases sem *riser* o acúmulo preferencial das partículas se deu nas proximidades do ponto de descarte. Já nas fases com *riser*, a direção preferencial de acúmulo de partículas ocorreu nas direções sul e sudoeste, coerente com as correntes predominantes na superfície (figuras III.2.1-1 e figura III.2.1-2). De maneira geral, as maiores espessuras foram observadas nas proximidades do ponto de descarte nas fases sem *riser* e a sul e sudoeste nas fases com *riser*.

**Tabela V-1 - Resumo dos resultados das simulações de todas as fases de perfuração do Poço H, localizado no Bloco BM-S-40.**

POÇO	CONDIÇÃO SAZONAL	FASES	ESPESSURA MÁXIMA (cm)	DIREÇÃO PREFERENCIAL DE ACÚMULO DA ESPESSURA MÁXIMA
H	VERÃO	sem riser	35,00 (Fase I)	proximidades do ponto de descarte
		sem riser	287,00 (Fase II)	proximidades do ponto de descarte
		com riser	31,40 (Fase III)	SSW
		com riser	9,40 (Fase IV)	SW
		com riser	0,28 (Fase V)	SW
	INVERNO	sem riser	37,00 (Fase I)	proximidades do ponto de descarte
		sem riser	302,00 (Fase II)	proximidades do ponto de descarte
		com riser	39,80 (Fase III)	SW
		com riser	6,20 (Fase IV)	S
		com riser	0,31 (Fase V)	SW

Para o Poço H modelado, as maiores espessuras calculadas foram de 314,5 cm no verão e 336,4 cm no inverno. Considerando espessuras iguais ou superiores a 1 mm, a área de influência total do material descartado foi de 123.503 m<sup>2</sup> no verão e 129.607 m<sup>2</sup> no inverno. Salienta-se que, tanto no verão quanto no inverno, 99% da área afetada as espessuras foram inferiores a 20 cm.

## VI BIBLIOGRAFIA

ASA (APPLIED SCIENCE ASSOCIATES, Inc.), 1999. OILMAP Technical and User's Manuals, Narragansett, RI.

ASA (APPLIED SCIENCE ASSOCIATES, Inc.), 2000. User's Manuals for MUDMAP, Version 3.5, Narragansett, RI.

ASA (APPLIED SCIENCE ASSOCIATES SOUTH AMERICA), 2005. Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para a Área Geográfica da Bacia de Campos (Base 4.2).

BLUMBERG, A.F. & MELLOR, G.L., 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In: N.S. Heaps (Ed.), **Coastal and Estuarine Sciences 4: Three-dimensional Coastal Ocean Models**. American Geophysical Union, pp. 1-16.

BRANDSMA, M.G. & SAUER, T.C., 1983. The OOC model: Prediction of short term fate of drilling mud in ocean. Part I: Model description, Part II: Model results. **Proceedings of Workshop on an Evaluation of Effluent Dispersion and Fate Models for OCS Plataforms**, Santa Barbara, California, February 7-10.

CASTRO FILHO, B.M.C. & MIRANDA, L.B., 1998. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 40° N and 34° S. **The Sea**. John Wiley & Sons, Inc. 11: p. 209-251.

CLIMANÁLISE, 1996. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Edição comemorativa de 10 anos. Outubro.

DYER, K.R., 1986. **Coastal and estuarine sediment dynamics**. John Wiley & Sons Ltd.

EVANS, D.L. & SIGNORINI, S.R., 1985. Vertical structure of the Brazil Current. **Nature**, 315, p. 48-50.

KOH, R.C.Y. & CHANG, Y.C., 1973. Mathematical modeling for barged ocean disposal of waste. Environmental Protection Agency Technology Series EPA 660/2-73-029, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

LIMA, J.A.M., 1997. Oceanic Circulation on the Brazilian Shelf Break and Continental Slope at 22°S. Tese de doutorado. University of New South Wales, Austrália.

LIMA, R.M.F. & LUZ, J.A.M., 2001. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. **Rev. Esc. Minas**, vol. 54, nº 2: p.155-159. ISSN 0370-4467.

LUZ, J.A.M. & LIMA, R.M.F., 2001. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Regime turbulento e intermediário. **Rev. Esc. Minas**, vol. 54, nº 3: p. 215-218. ISSN 0370-4467.

MELLOR, G.L. & YAMADA, T., 1982. Development of a turbulence closure models for geophysical fluid problems. **Rev. Geophys. Space Phys.**, 20, nº 4, 851-875.

OLIVEIRA, A.S., 1986. Interações entre Sistemas Frontais na América do Sul e Convecção na Amazônia. INPE-4008-TDL/239.

SATYAMURTI, P. & MATTOS, L.F., 1989. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. **Mon.Wea. Rev.**, 118:410-520.

SIGNORINI, S. S., 1978. On the Circulation and volume transport of the Brazil Current between Cape of São Tomé and Guanabara Bay. **Deep Sea Res.**, 25, p. 481-490.3.

SPAULDING, M.L., ISAJI, T. & HOWLETT, E., 1994. MUDMAP: A model to predict the transport and dispersion of drill muds and production water. Applied Science Associates, Inc, Narragansett, RI.

SPAULDING, M.L., 1994. MUDMAP: A numerical model to predict drill fluid and production water dispersion, Offshore, Houston, Texas, March 1993. Applied Science Associates, Inc, Narragansett, RI.

STRAMMA, L.; IKEDA, Y. & PETERSEN, R.G., 1990. Geostrophic transport in the Brazil Current region, **Deep-Sea. Res.**, 37(12): p. 1875-1886.



## VII EQUIPE TÉCNICA

### *Equipe da Empresa Consultora Applied Science Consultoria Ltda.*

<b>Profissional</b>	Ana Carolina da Rocha
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	325047
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	TODAS
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Andrea Gallo Xavier
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	58617
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	TODAS
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Carlos Eduardo Simão
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	434226
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	IV
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Daniel Constantino Zacharias
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	638533
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	I e II
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Eduardo Yassuda
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	060.184.738.5
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	94066
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	TODAS
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Erika Naomi de Souza Tominaga
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	980855
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	IV
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	José Edson Pereira
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	326336
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	I e II
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Maria Regina Fonseca Guimarães
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	434231
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	I e II
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Marco Antônio Corrêa
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda.
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	434236
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	I e II
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Maurício Person Lammardo
<b>Empresa</b>	ASA Consultoria Ltda.
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	000.000.000-0
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	272165
<b>Responsável pela(s) Capítulo (s)</b>	IV
<b>Assinatura</b>	

