



Relatório Técnico [rev.00]

## Resposta ao Parecer Técnico nº 106/17

Bloco FZA-M-59 | Bacia da Foz do Amazonas

---

/

Preparado para: BP Energy do Brasil

Preparado por: Prooceano

Revisado por: BP Energy do Brasil.

19 de fevereiro de 2018

### **Prooceano**

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

[www.prooceano.com.br](http://www.prooceano.com.br)

© PROOCEANO 2018

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.



## Controle de revisão

---

### Revisão nº 01

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

## Sumário

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Questionamentos .....</b>	<b>12</b>
2.1. ANEXO B - Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo .....	12
2.2. ANEXO C - Modelagem de Cascalho e Fluido Aderido.....	67
<b>3. Referências bibliográficas .....</b>	<b>71</b>

## Índice das imagens

Figura 1: Localização da estação maregráfica da FEMAR de Ponta dos Índios – AP (ponto preto), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. O ponto de grade em amarelo é o ponto de grade do ROMS usado nas comparações. ....	13
Figura 2: Localização da estação maregráfica da FEMAR de Ilha das Pacas – PA (ponto preto), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. O ponto de grade em amarelo é o ponto de grade do ROMS usado nas comparações. ....	14
Figura 3: Localização das estações maregráficas da FEMAR da Ilha dos Irmãos – MA e Mangunça – MA (pontos pretos), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. Os pontos de grade em amarelo são os pontos de grade do ROMS usados nas comparações. ....	15
Figura 4: Localização da estação maregráfica da FEMAR da Plataforma Penrod – Oceânica (ponto preto), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. O ponto de grade em amarelo é o ponto de grade do ROMS usado nas comparações.....	16
Figura 5: Campo médio de TSM obtido do OSTIA (esquerda) e do modelo ROMS (direita) para o período de verão.....	18
Figura 6: Campo médio de TSM obtido do OSTIA (esquerdo) e do modelo ROMS (direita) para o período de inverno.....	19
Figura 7: Campos médios de salinidade para o período chuvoso – janeiro a junho - (em cima) e seco – julho a dezembro - (embaixo).....	21
Figura 8: Campos médios de salinidade para o período chuvoso – janeiro a junho- (esquerda) e seco –julho a dezembro- (direita). Retirado de Ffield (2005).....	22
Figura 9: Mapas de médias mensais do coeficiente de absorção de luz pela matéria orgânica dissolvida estimados pelos dados do SeaWiFS versão 4. Retirado de Hu et al. (2004)...	23
Figura 10: Grade da Reanálise I do NCEP utilizado para os gráficos do tipo stickplot para cada derivador.....	25
Figura 11: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 1. ....	26

Figura 12: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 2. ....	27
Figura 13: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 3. ....	28
Figura 14: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 4. ....	29
Figura 15: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 5. ....	30
Figura 16: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 6. ....	31
Figura 17: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 7. ....	32
Figura 18: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 8. ....	33
Figura 19: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 9. ....	34
Figura 20: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 10. ....	35
Figura 21: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 11. ....	36
Figura 22: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 12. ....	37
Figura 23: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 13. ....	38
Figura 24: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 14. ....	39
Figura 25: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 15. ....	40
Figura 26: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 16. ....	41

Figura 27: Gráfico do tipo <i>stickplot</i> para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 17. ....	42
Figura 28: Ponto de grade do ROMS (amarelo) a partir do qual foram extraídos os resultados para comparação com os fundeios WOCE (pontos vermelhos).....	44
Figura 29: Diagrama esquemático das correntes superficiais e subsuperficiais do Oceano Atlântico Tropical. Fonte: Neto (2005). ....	45
Figura 30: Campo médio de circulação para o mês de setembro. ....	46
Figura 31: Ponto utilizado para extrair os resultados do modelo (ROMS).....	47
Figura 32: Perfil vertical velocidade e direção para o período entre fevereiro e maio (acima) e entre junho e janeiro (abaixo) para o ponto 44,5°W e 6°N. ....	48
Figura 33: Localização dos fundeios FZA2000 e FZA3000 (pontos vermelhos), utilizados para análise de correntes na área do bloco FZA-M-59. ....	52
Figura 34: Perfis de corrente médios do modelo hidrodinâmico (esquerda) e do fundeiro (direita), para o período chuvoso (acima) e seco (abaixo) para o ponto FZA2000.....	53
Figura 35: Perfis de corrente médios do modelo hidrodinâmico (esquerda) e do fundeiro (direita), para o período chuvoso (acima) e seco (abaixo) no ponto FZA3000.....	54
Figura 36: Perfis de intensidade de corrente para os pontos FZA2000 (acima) e FZA3000 (abaixo) para os períodos chuvoso (esquerda) e seco (direita). Os dados do modelo estão em vermelho e os do fundeiro estão em azul. ....	55
Figura 37: Rosas de corrente superficial no ponto FZA2000 para os dados do modelo (acima) e do fundeiro (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita). ....	56
Figura 38: Rosas de corrente na profundidade de 1500 metros no ponto FZA2000 para os dados do modelo (acima) e do fundeiro (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).....	57
Figura 39: Rosas de corrente superficial no ponto FZA3000 para os dados do modelo (acima) e do fundeiro (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita). ....	58
Figura 40: Rosas de corrente a 2000 metros de profundidade no ponto FZA3000 para os dados do modelo (acima) e do fundeiro (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita). ....	59

Figura 41: Perfil vertical da probabilidade máxima de presença de óleo em longitude para vazamento de <i>blowout</i> no bloco FZA-M-59 no período de inverno. ....	62
Figura 42: Perfil vertical da probabilidade máxima de presença de óleo em longitude para vazamento de <i>blowout</i> no bloco FZA-M-59 no período de verão. ....	63
Figura 43: Localização do bloco FZA-M-59 e seu ponto modelado (em verde) e os blocos FZA-M-86 e FZA-M-125/FZA-M-127 e seus pontos modelados (em azul). Em vermelho estão as distâncias entre eles. ....	66
Figura 44: Localização do bloco FZA-M-59, o ponto modelado, os tipo de fundos descritos em Moura et al. (2016) e a menor distância entre eles. ....	67
Figura 45: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 500, 1.000 e 3.000 metros, para o período representativo do cenário de verão, do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço. ....	69
Figura 46: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão. ....	70
Figura 47: Mapa com a localização do Bloco FZA-M-59, do Poço Morpho – ponto de descarte de cascalho – e o sistema recifal da região, abrangendo esponjas, estruturas, 50% carbonato e rodolitos. ....	71



## Índice das tabelas

---

Tabela 1: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA2000 para a superfície. ....	56
Tabela 2: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA2000 para a profundidade de 1500 metros. ....	57
Tabela 3: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA3000 para a superfície. ....	58
Tabela 4: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA3000 para a profundidade de 2000 metros. ....	59
Tabela 5: Distâncias mínimas em relação à costa para os cenários em que não houve toque na costa. Resultados em superfície e coluna d'água. ....	61

## Equipe técnica

---

**Nome: André Luis Santi Coimbra de Oliveira**

---

Registro no Conselho de Classe: -

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5967357

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem Hidrodinâmica

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Felipe Lobo Mendes Soares**

---

Registro no Conselho de Classe: -

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3811578

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem Hidrodinâmica

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Henery Ferreira Garção**

---

Registro no Conselho de Classe: -

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3790998

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem de Dispersão de Óleo

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Livia Sant'Angelo Mariano**

---

Registro no Conselho de Classe: -

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 6005736

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem de Dispersão de Óleo

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

---

**Nome: Flávia Pozzi Pimentel**

---

Registro no Conselho de Classe: -

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 2473071

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem de Dispersão de Óleo

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Marcelo Montenegro Cabral**

---

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

# 1. Introdução

Este documento visa responder aos questionamentos do Parecer Técnico nº 106/2017 de 06 de novembro de 2017 acerca do ANEXO B - Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo e ANEXO C - Modelagem de Cascalho e Fluido Aderido referentes a revisão 00 do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima de Poços no Bloco FZA-M-59, Bacia da Foz do Amazonas.

## 2. Questionamentos

### 2.1. ANEXO B - Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo

#### 2.1.1 Questão 1

*“Em decorrência da similaridade que há entre os Processos n° 02022.000327/14-62 e n° 02022.000336/14-53, e entre os EIAs apresentados pelas Empresas Total e BP, é impossível e improdutivo que não haja comparações com o intuito de para aprimorar a análise e sanar eventuais dúvidas.*

*No âmbito do Processo n° 02022.000327/14-62 , foi apresentado um estudo similar ao que está sendo analisado no momento, tal qual como se esperava. Por tanto, apenas as considerações feitas no pareceres anteriores com característica de informação complementar, referentes ao estudo do processo n° 02022.000327/14-62, serão replicadas neste parecer, respeitando suas peculiaridades. Isto porque, considera-se que estas informações são importantes para posteriores consultas ao estudo e devem constar no documento de cada empresa. Considerações feitas anteriormente caracterizadas apenas como dúvidas ou esclarecimentos serão considerados sanados para o estudo presente, e quaisquer assuntos relacionados às tais dúvidas levarão em consideração as respostas já recebidas.*

*No item que trata sobre a avaliação do modelo foram utilizadas estações maregráficas da FEMAR para a condição de contorno maré. **Apresentar os pontos de grade do modelo hidrodinâmico escolhidos para as comparações com as estações, apresentados em figura na qual seja possível visualizar a estação maregráfica e o ponto de grade escolhido.***

**Resposta:**

Para atender à solicitação, da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Figura 1 a Figura 4**Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentadas, em detalhe, as localizações das estações maregráficas e dos pontos de grade do modelo ROMS utilizados para comparação. Nota-se que os pontos exatos das estações costeiras são representados como pontos de terra pelo modelo hidrodinâmico, sendo utilizados os pontos de água mais próximos a cada estação para comparação da maré.



Figura 1: Localização da estação maregráfica da FEMAR de Ponta dos Índios – AP (ponto preto), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. O ponto de grade em amarelo é o ponto de grade do ROMS usado nas comparações.

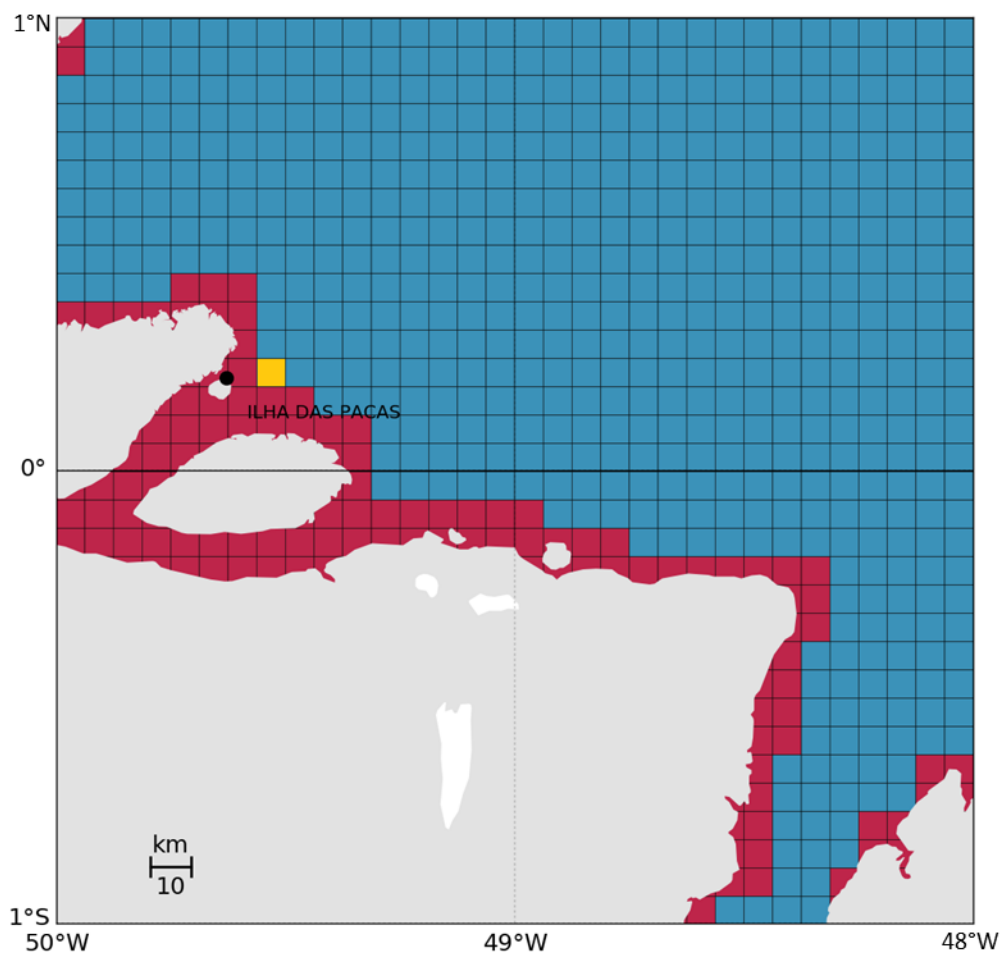


Figura 2: Localização da estação maregráfica da FEMAR de Ilha das Pacas – PA (ponto preto), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. O ponto de grade em amarelo é o ponto de grade do ROMS usado nas comparações.

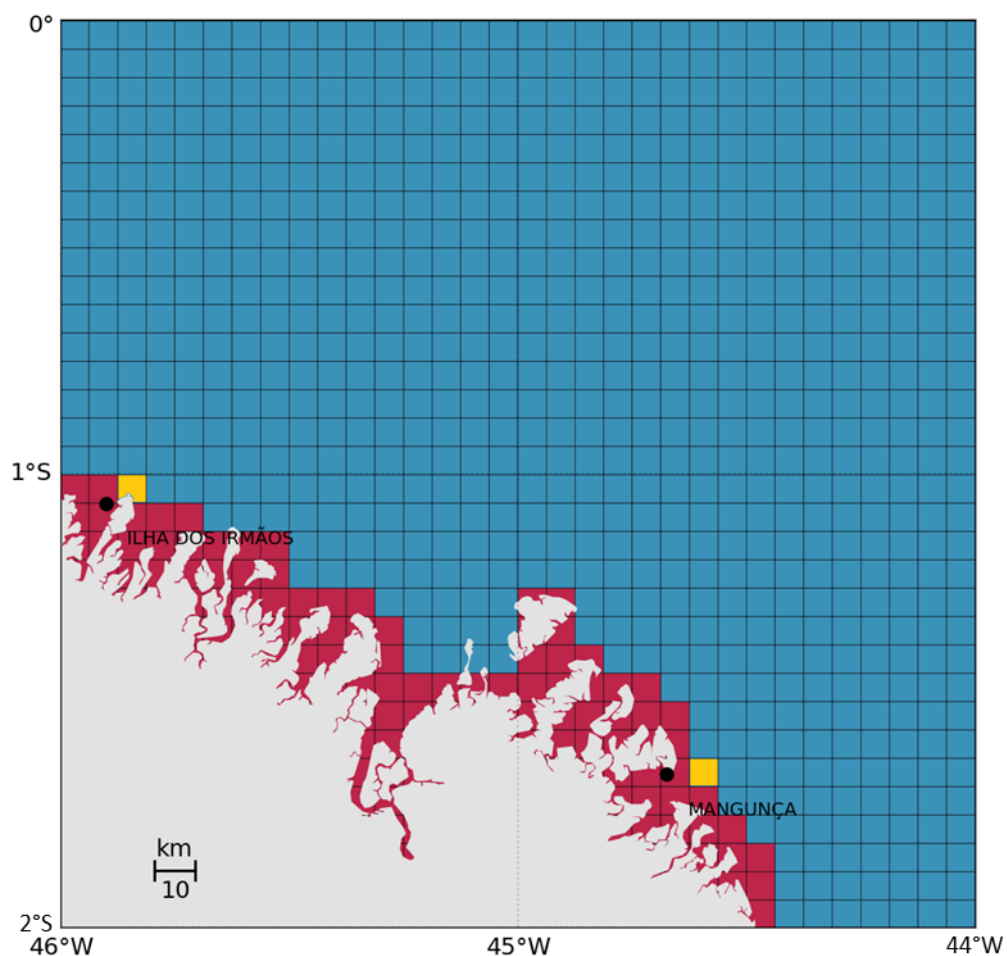


Figura 3: Localização das estações maregráficas da FEMAR da Ilha dos Irmãos – MA e Mangunça – MA (pontos pretos), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. Os pontos de grade em amarelo são os pontos de grade do ROMS usados nas comparações.

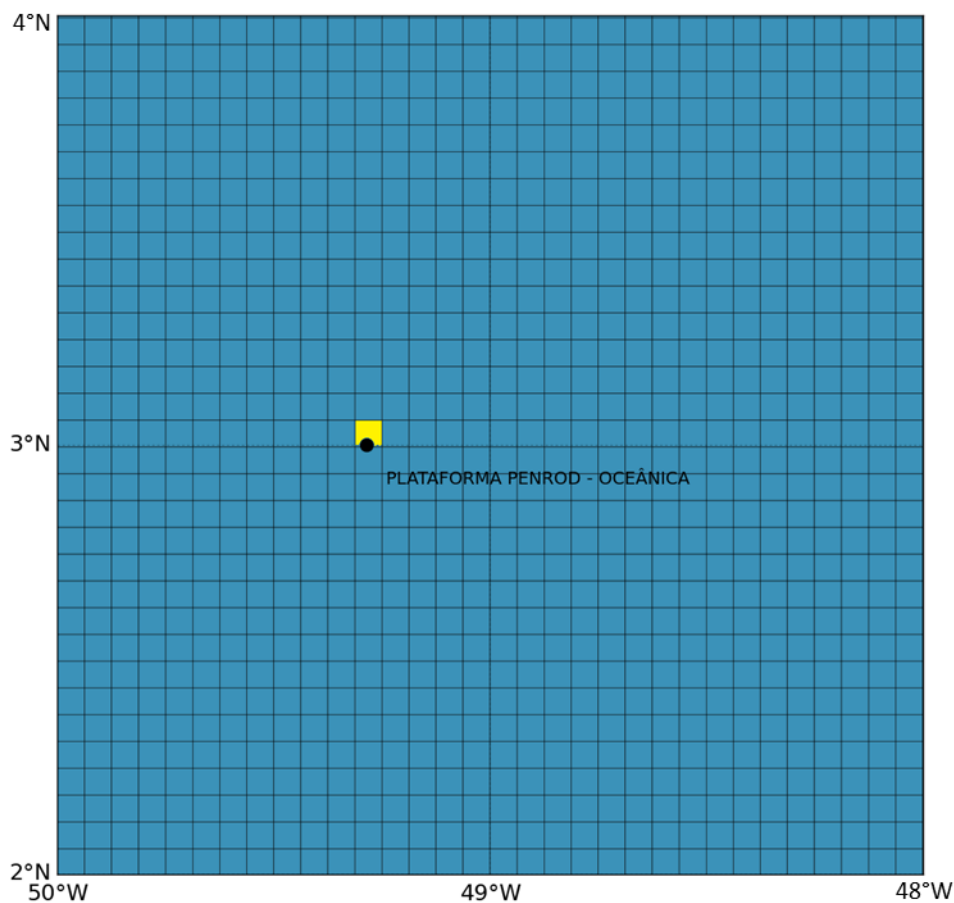


Figura 4: Localização da estação maregráfica da FEMAR da Plataforma Penrod – Oceânica (ponto preto), utilizada na avaliação da representação da maré no modelo, sobreposta à grade hidrodinâmica. O ponto de grade em amarelo é o ponto de grade do ROMS usado nas comparações.

### 2.1.2 Questão 2

*“Com relação à Temperatura da Superfície do Mar, solicita-se a apresentação dos campos médios de TSM obtidos do OSTIA e do ROMS para os dois períodos sazonais, e também tecer comentários a respeito da necessidade de “possíveis ajustes necessários nos parâmetros de difusão do modelo”, conforme dito no estudo.”*

**Resposta:**

De acordo com a solicitação, foram elaboradas as médias sazonais da Temperatura da Superfície do Mar obtidas pelo modelo ROMS e comparadas com as médias calculadas com os dados do OSTIA (Figura 5 e Figura 6).



A comparação sazonal mostra que os resultados do ROMS têm padrão e valores de temperatura coerentes com os dados do OSTIA. Desta forma, entende-se que ajustes na difusão do modelo realmente não seriam o principal motivo ou solução para as diferenças de temperatura observadas.

A colocação feita acerca de ajustes nos parâmetros de difusão do modelo não foi correta. Ajustes no coeficiente de difusão de traçadores poderiam aumentar/diminuir a mistura, e provocar diminuição dos gradientes observados. Entretanto, essas alterações não são lineares, fazendo com que a calibração do modelo através destes parâmetros não seja viável, ou a mais adequada.

Em relação à advecção de correntes na distribuição espacial da temperatura, ressalta-se que os padrões de TSM verificados nas médias sazonais mostram uma boa representação das frentes associadas à CNB. As comparações de correntes feitas ao longo do estudo também demonstram que estas foram bem representadas pelo modelo hidrodinâmico.

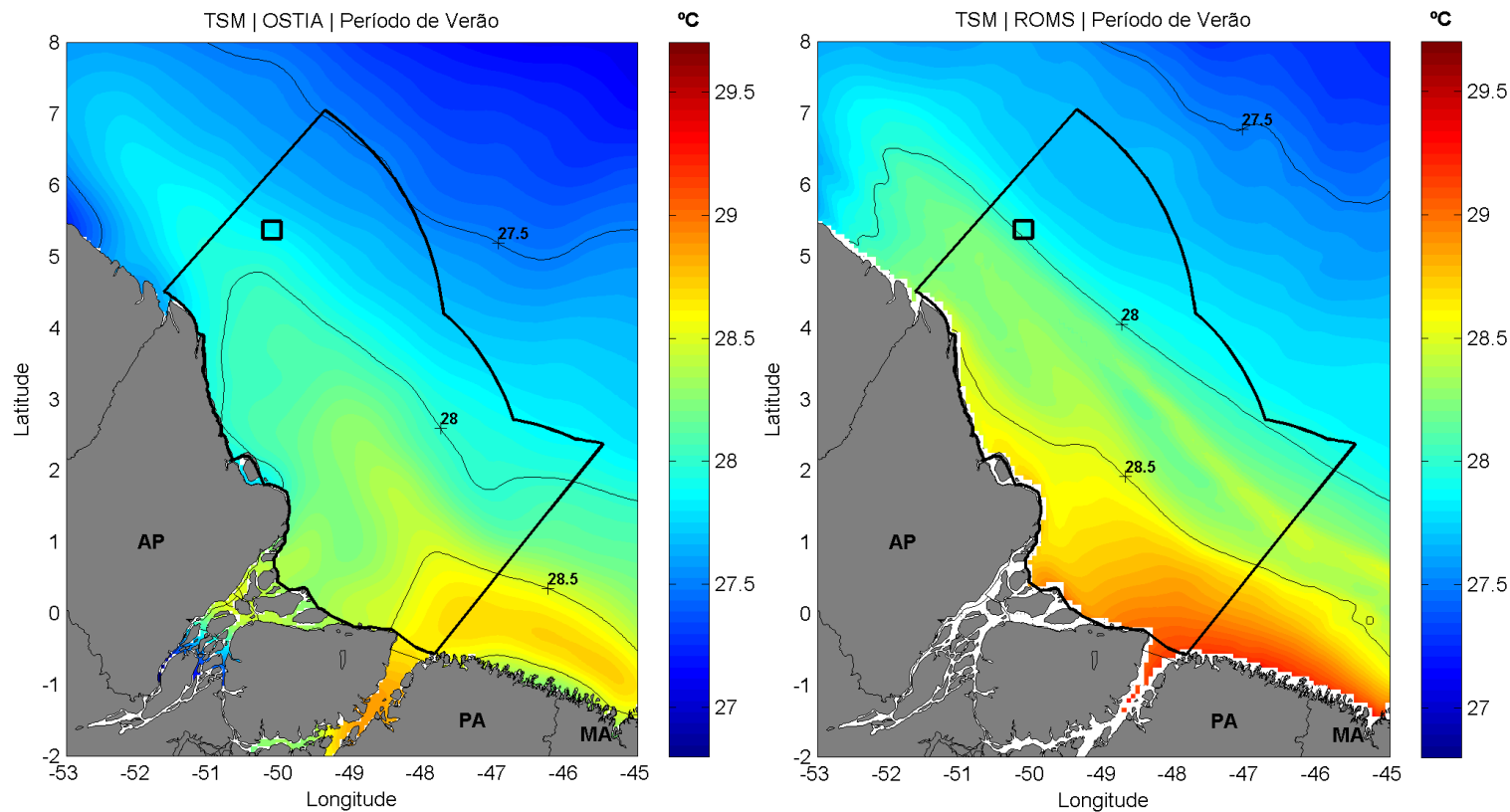


Figura 5: Campo médio de TSM obtido do OSTIA (esquerda) e do modelo ROMS (direita) para o período de verão.

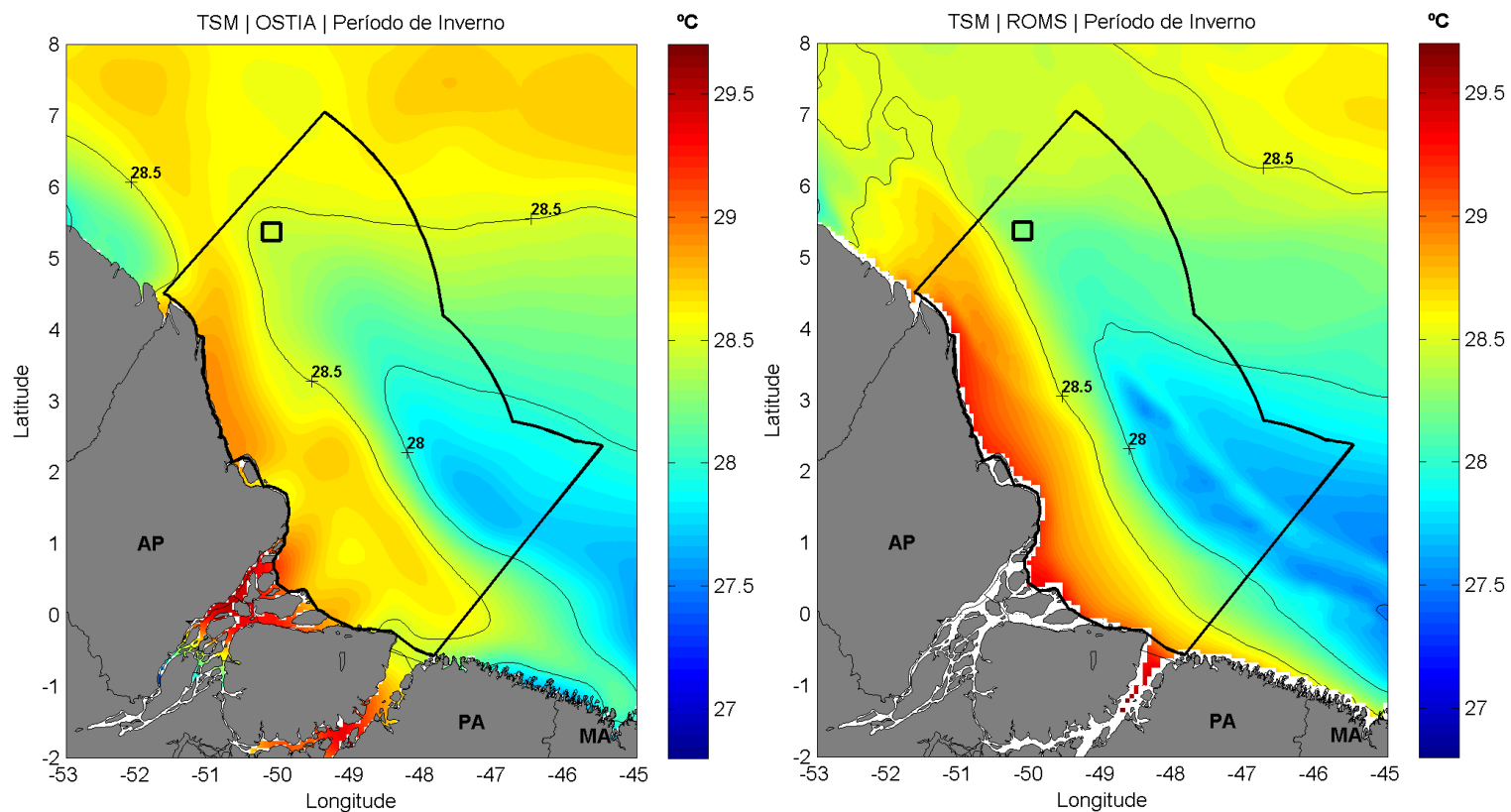


Figura 6: Campo médio de TSM obtido do OSTIA (esquerdo) e do modelo ROMS (direita) para o período de inverno.

### 2.1.3 Questão 3

*“Solicita-se a ampliação da discussão a respeito da Pluma do Rio Amazonas e do comportamento do modelo na representação da pluma para os diferentes períodos sazonais.”*

**Resposta:**

O Rio Amazonas apresenta descargas fluviais entre aproximadamente 80.000 e 250.000 m<sup>3</sup>/s de água doce na plataforma continental (OLTMAN, 1968 *apud* GEYER *et al.*, 1991). Calléde *et al.* (1996) analisou os dados da estação de Óbidos (1°56'S e 55°30' W), obtendo a vazão mínima de 75.000 m<sup>3</sup>/s e a máxima histórica de 371.000 m<sup>3</sup>/s, sendo o valor médio de 169.000 m<sup>3</sup>/s. Esse valor médio é o mesmo utilizado por Dai & Trenberth (2002) para essa estação, que estimaram a vazão dos 921 maiores rios do mundo e os resultados são utilizados no modelo global MyOcean.

A pluma resultante dessa descarga se estende por centenas de quilômetros em direção ao oceano e para NW ao longo da costa (GIBBS, 1970 *apud* GEYER *et al.*, 1991), onde são verificados a formação de bancos de lama provenientes da deposição dos sedimentos carregados junto ao escoamento (GENSAC *et al.* 2016). A estrutura da pluma do Rio Amazonas é influenciada por uma variedade de processos físicos presentes na plataforma continental Amazônica, como a CNB (FLAGG *et al.*, 1986 *apud* NIKIEMA *et al.*, 2006), os ventos alísios (HELLERMAN, 1983) e as fortes correntes de maré (GIBBS, 1982 *apud* NIKIEMA *et al.*, 2006). Destaca-se que o fator com maior influência na conformação da pluma é o fluxo da CNB (CHERUBIN; RICHARDSON, 2007), onde sua retroflexão ocasiona dispersão máxima.

Entre 1°S e 5°N, a pluma alcança uma distância perpendicular à costa que varia entre 80 e 200 km. Nos períodos de cheia (entre março e maio), esse alcance pode atingir até 500 km devido à alta descarga do rio, combinada com a ação dos ventos (LENTZ, 1995).

Já Nikiema *et al.* (2006) indicam que a pluma do Rio Amazonas tem sua deriva forçada, principalmente, pela circulação de plataforma, com a pluma sendo transportada para NW e mais ou menos confinada ao longo da costa, de acordo com a intensidade das correntes costeiras. Exemplos desse comportamento podem ser verificados nas médias mensais de salinidade para o período chuvoso (janeiro a junho) e seco (julho a dezembro), calculadas a partir dos resultados do ROMS para o ano de 2013 (Figura 7).

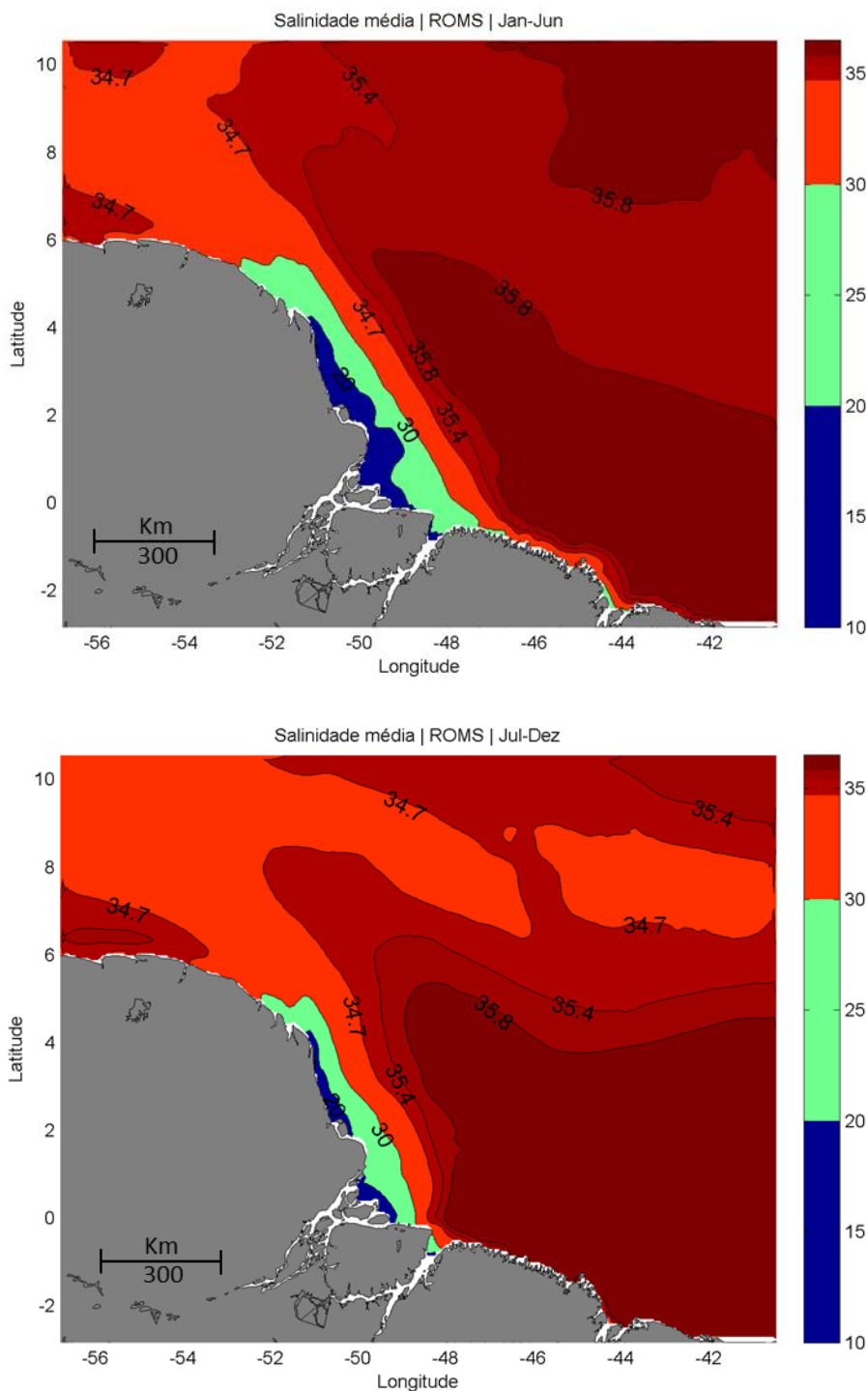


Figura 7: Campos médios de salinidade para o período chuvoso – janeiro a junho - (em cima) e seco – julho a dezembro - (embaixo).

Nota-se que a pluma de baixa salinidade associada à descarga do Rio Amazonas é transportada para NW devido à circulação de plataforma. No período chuvoso, a extensão da pluma é maior devido ao aumento da vazão do rio e no período seco, quando a retroflexão da CNB ocorre com mais constância e intensidade, a influência da pluma na salinidade superficial se estende para leste. Este resultado está em concordância com o observado por Ffield (2005) (Figura 8). Em suas conclusões, Ffield (2005) pondera que como as águas da pluma do Amazonas são menos densas (mais quentes e menos salinas) que a água carregada pela CNB, a variabilidade sazonal de sua posição pode influenciar a dinâmica superficial da região da CNB nas diferentes estações.

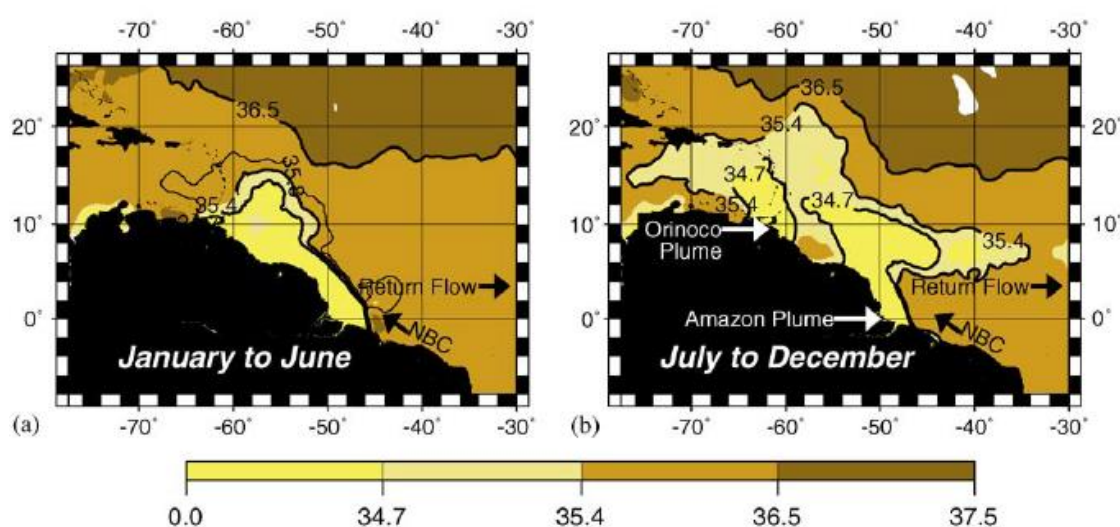
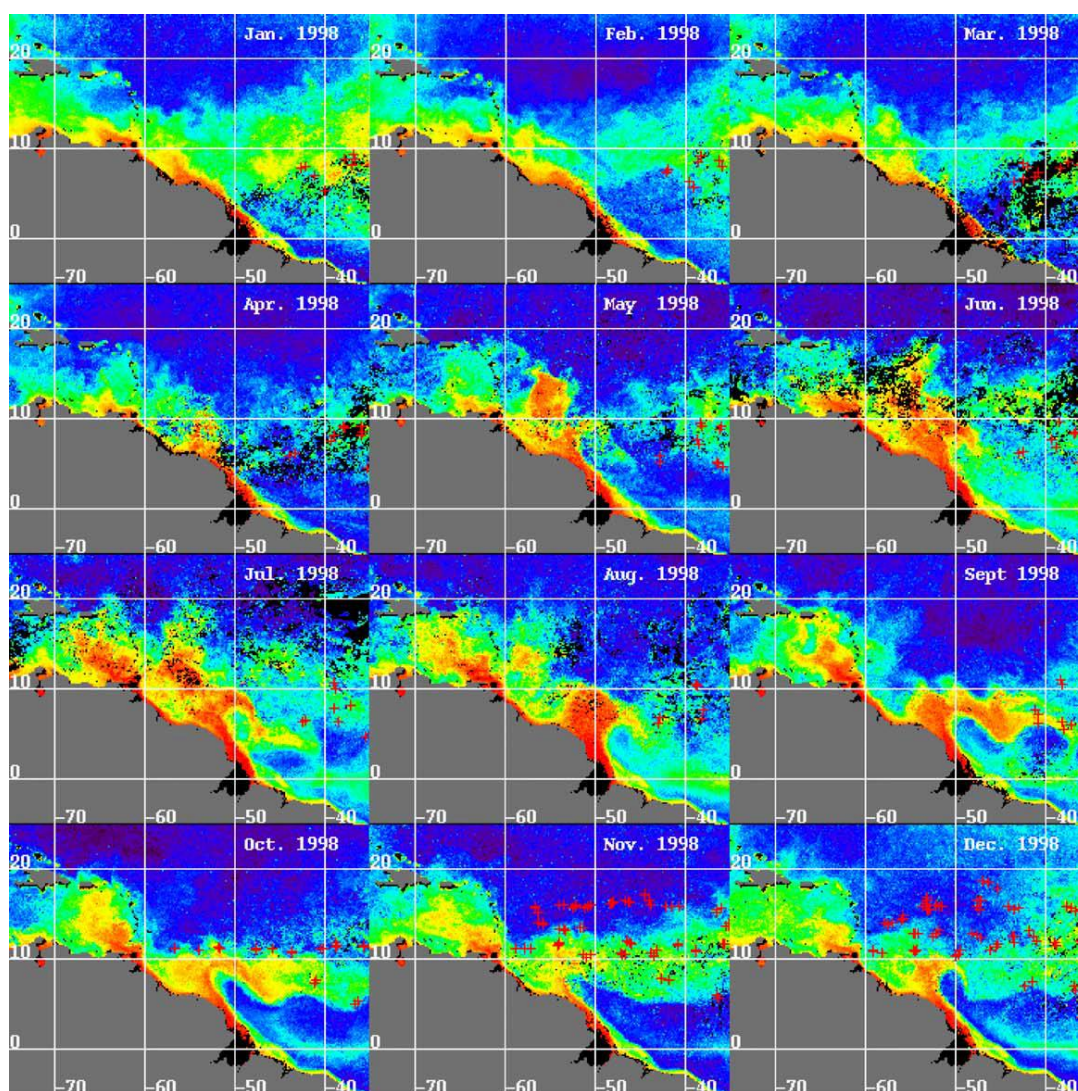


Figura 8: Campos médios de salinidade para o período chuvoso – janeiro a junho- (esquerda) e seco –julho a dezembro- (direita). Retirado de Ffield (2005).

Em outro estudo, Hu *et al.* (2004) apresentam mapas de médias mensais do coeficiente de absorção de luz pela matéria orgânica dissolvida (CDOM) estimados a partir de dados satelitais de Chl-a do SeaWiFIS (*Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor*) para o ano de 1998. As imagens de CDOM ilustram o padrão de ciclo sazonal da pluma do Amazonas, corroborando o padrão já observado nos exemplos acima.

Durante todo o ano, a pluma do Amazonas é presente na região costeira desde a foz deste rio até países vizinhos a noroeste; porém nota-se claramente a influência da retroflexão da CNB a partir de junho até dezembro, advectando esta pluma para regiões oceânicas. Os meses de agosto a outubro são os mais representativos do período seco, com muita influência da retroflexão, e os meses de fevereiro a abril, do período chuvoso, com pouca influência da retroflexão.





**CDOM Absorption Coefficient (400 nm, m<sup>-1</sup>)**

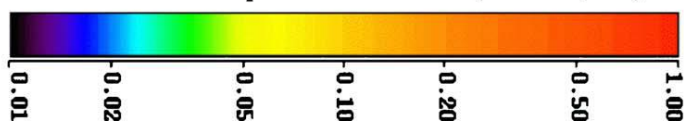


Figura 9: Mapas de médias mensais do coeficiente de absorção de luz pela matéria orgânica dissolvida estimados pelos dados do SeaWiFS versão 4. Retirado de Hu et al. (2004).

#### 2.1.4 Questão 4

*“Apresentar gráficos do tipo stickplots de correntes e ventos ao longo do tempo nos quais os derivadores permaneceram no domínio de modelagem. E ainda, localizar no mapa os pontos de grade dos quais foram extraídos os dados utilizados para a comparação com cada derivador.”*

**Resposta:**

As condições meteorológicas e oceanográficas nos períodos para os quais foram apresentados os derivadores são variáveis tanto no tempo, quanto no espaço, o que dificulta uma apresentação condensada das informações. Deve-se considerar que o tempo de permanência dos derivadores no domínio de modelagem variou de poucos dias até mais de 5 meses, e que as trajetórias percorridas variaram de algumas centenas de quilômetros a toda extensão do domínio. Sendo assim, ao longo destes períodos derivando ocorreram, na realidade, um conjunto de condições meteorológicas e oceanográficas que determinaram a trajetória dos derivadores.

Os *stickplots* de corrente foram elaborados com os dados dos dezessete derivadores utilizados e os *stickplots* de vento foram elaborados obtendo-se os valores de velocidade do vento da Reanálise I do NCEP nos pontos de grade e nos tempos mais próximos aos dos dados de corrente. Ou seja, para cada posição do derivador no espaço e no tempo, foi obtido um valor de vento no ponto de grade e no tempo mais próximo, e assim construiu-se a série para o *stickplot* de vento para cada derivador.

Desta forma, a localização dos pontos de grade utilizados para a comparação com cada derivador é variável para cada instante de comparação e apresentação de cada ponto utilizado do NCEP não traria benefícios para a análise. A grade da Reanálise I do NCEP utilizada é a mesma utilizada no modelo hidrodinâmico e no modelo de dispersão de óleo (Figura 10).



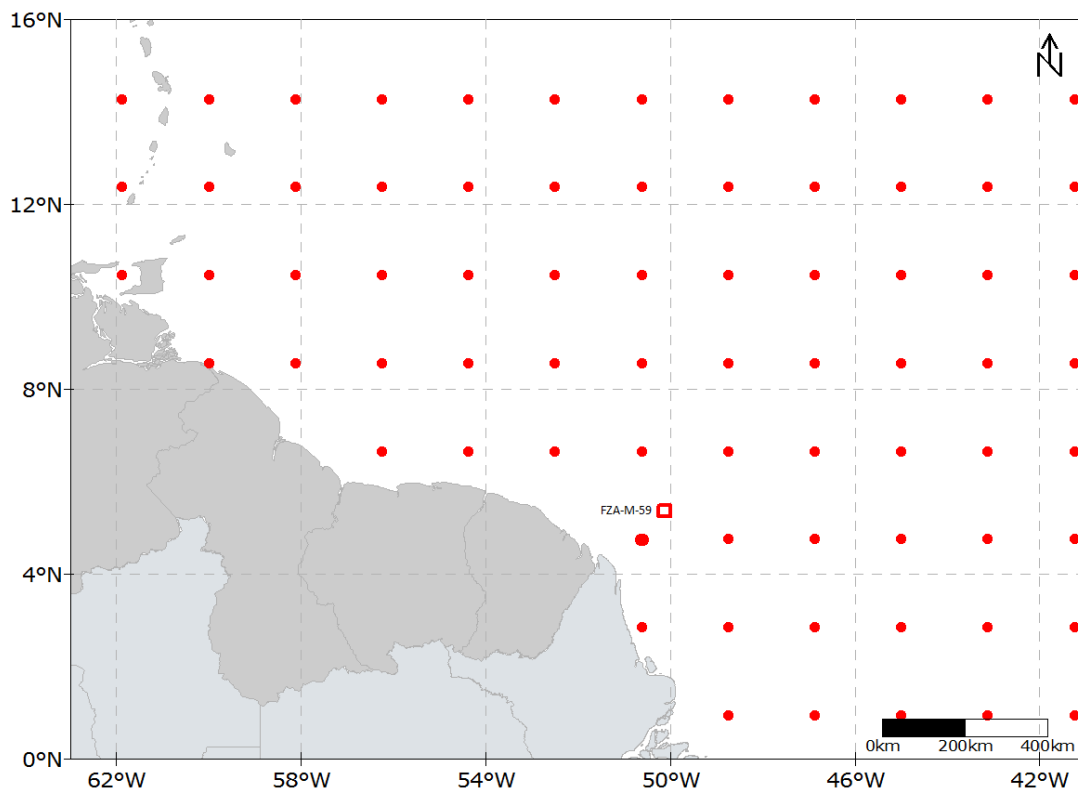


Figura 10: Grade da Reanálise I do NCEP utilizado para os gráficos do tipo stickplot para cada derivador.

Da Figura 11 a Figura 27 são apresentados gráficos do tipo *stickplots* de correntes e ventos ao longo do tempo nos quais os derivadores permaneceram no domínio de modelagem.

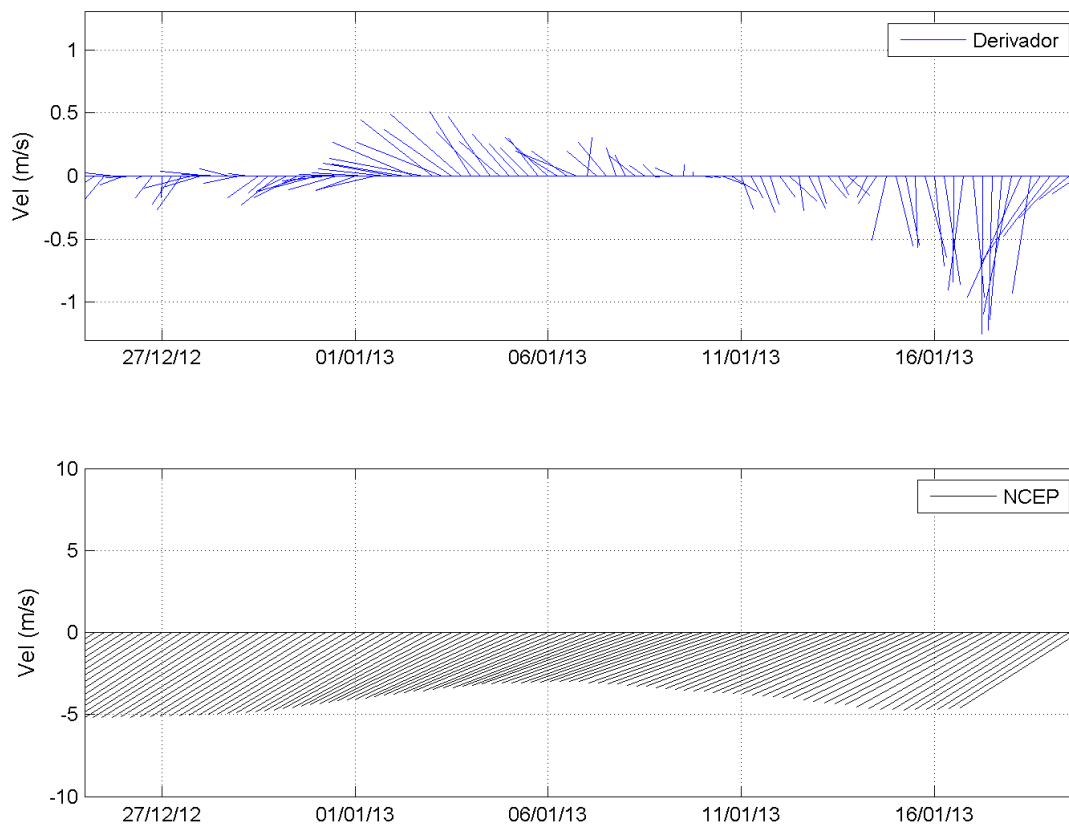


Figura 11: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 1.

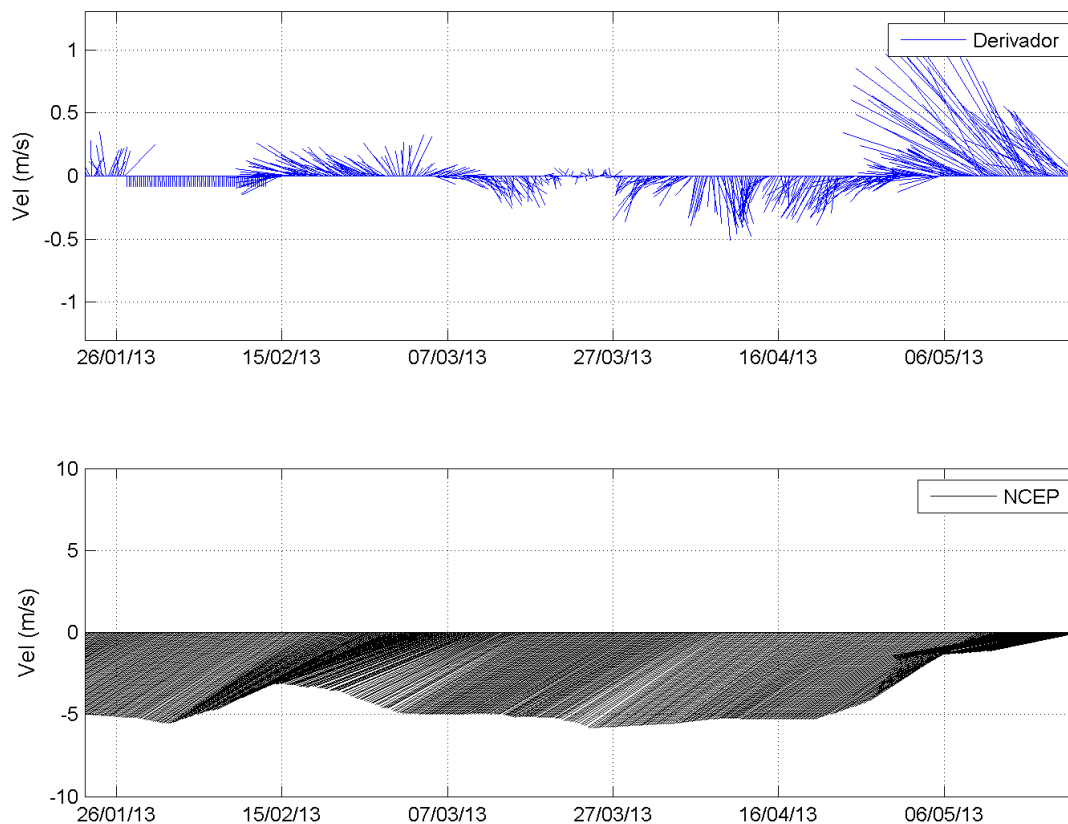


Figura 12: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 2.

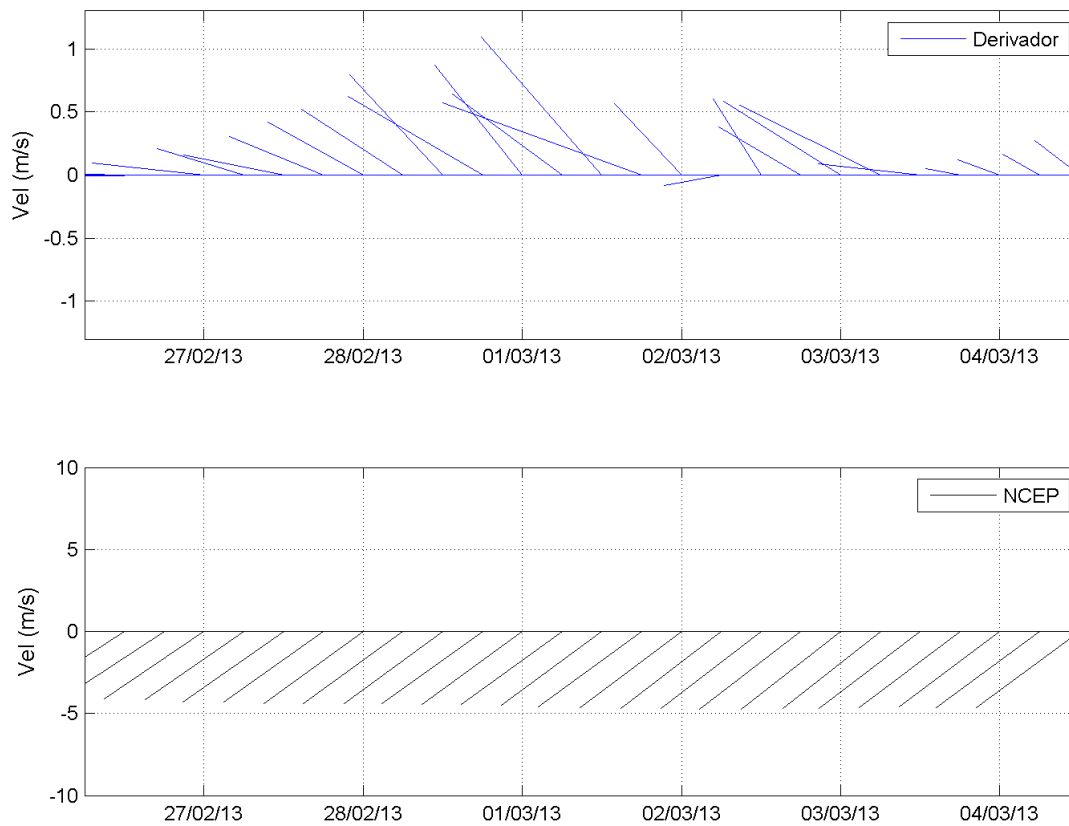


Figura 13: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 3.

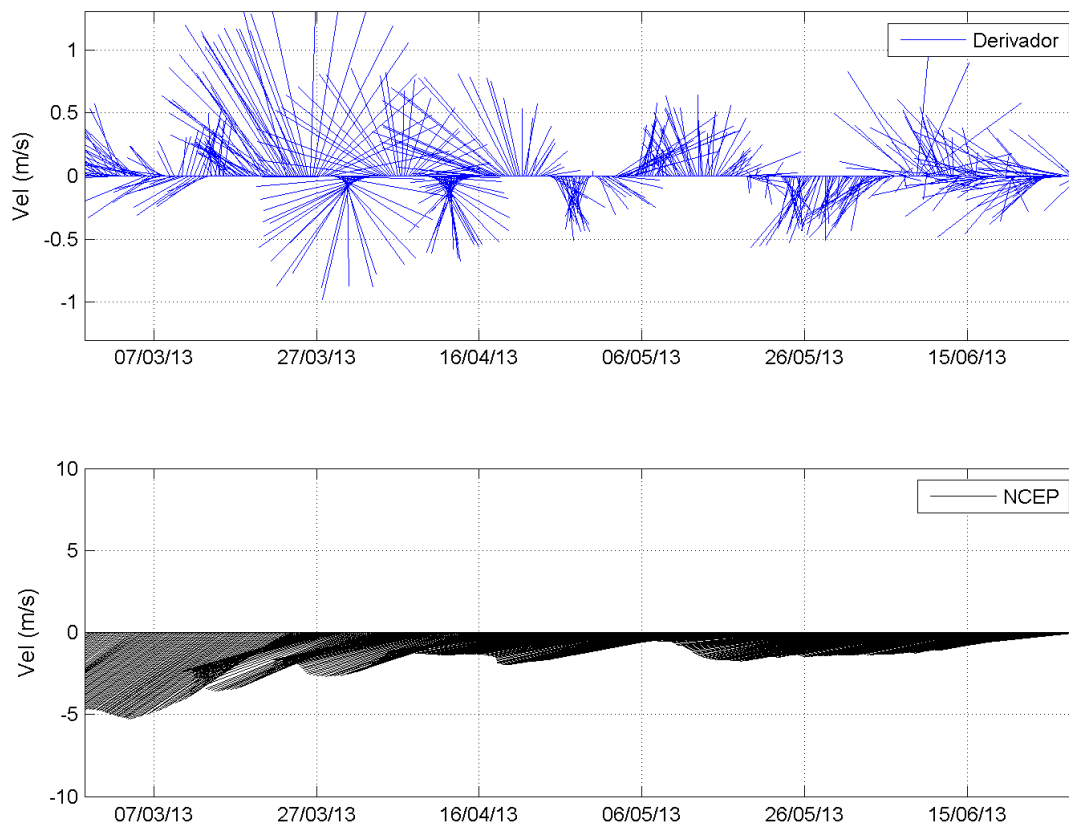


Figura 14: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 4.

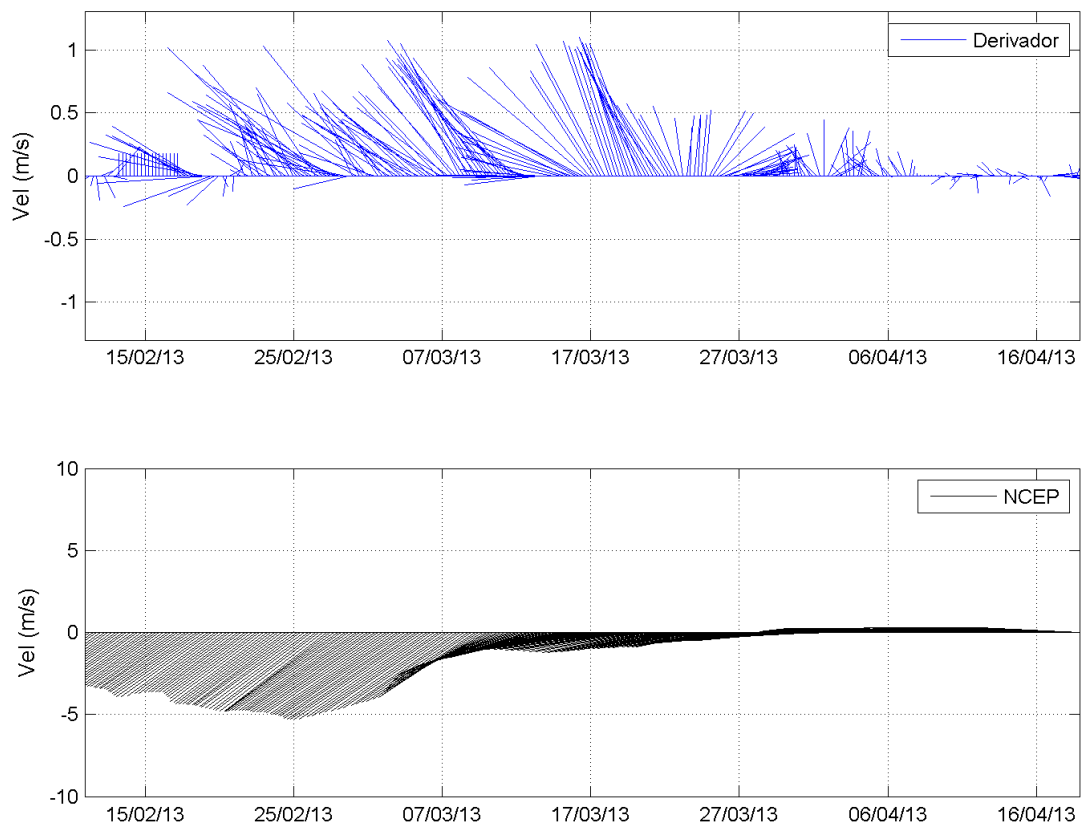


Figura 15: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 5.

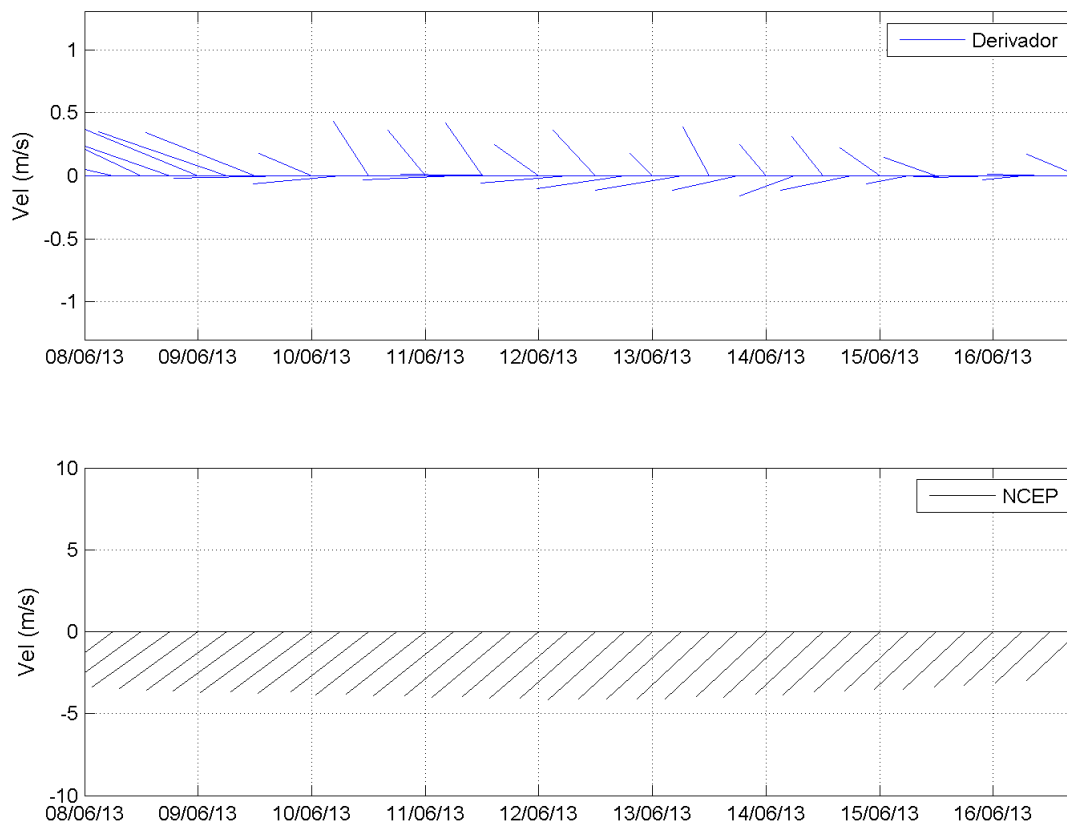


Figura 16: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 6.

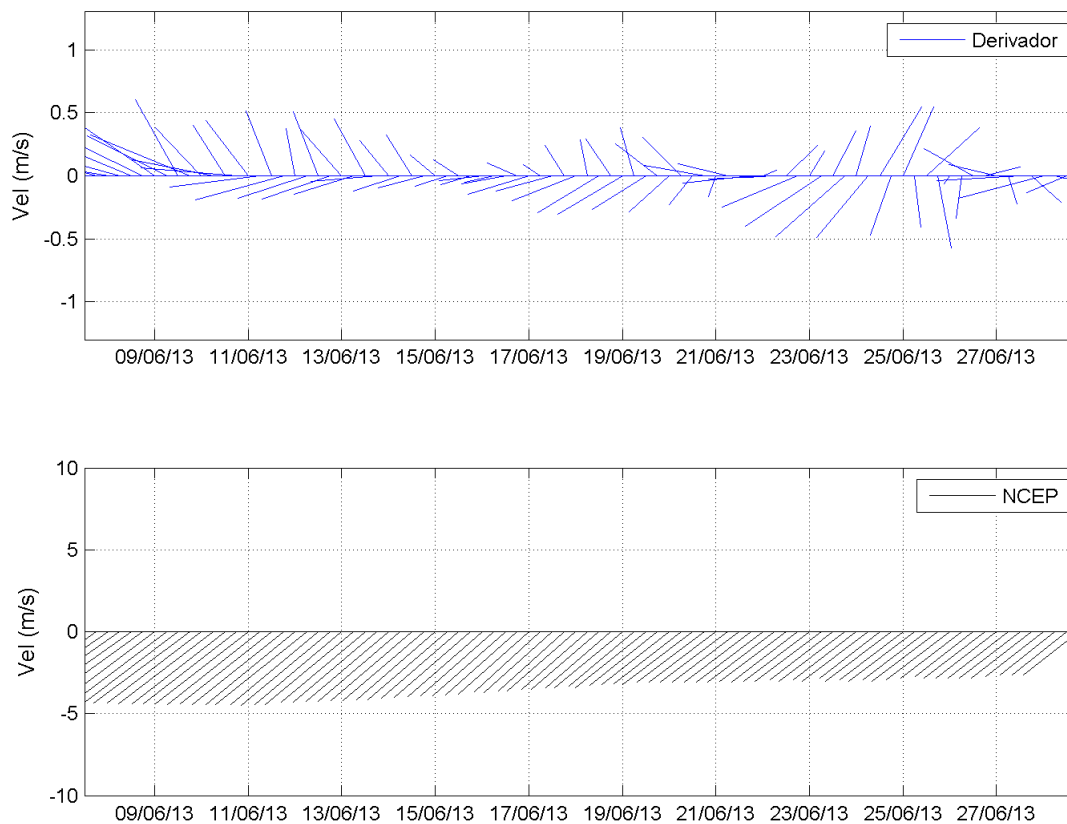


Figura 17: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 7.



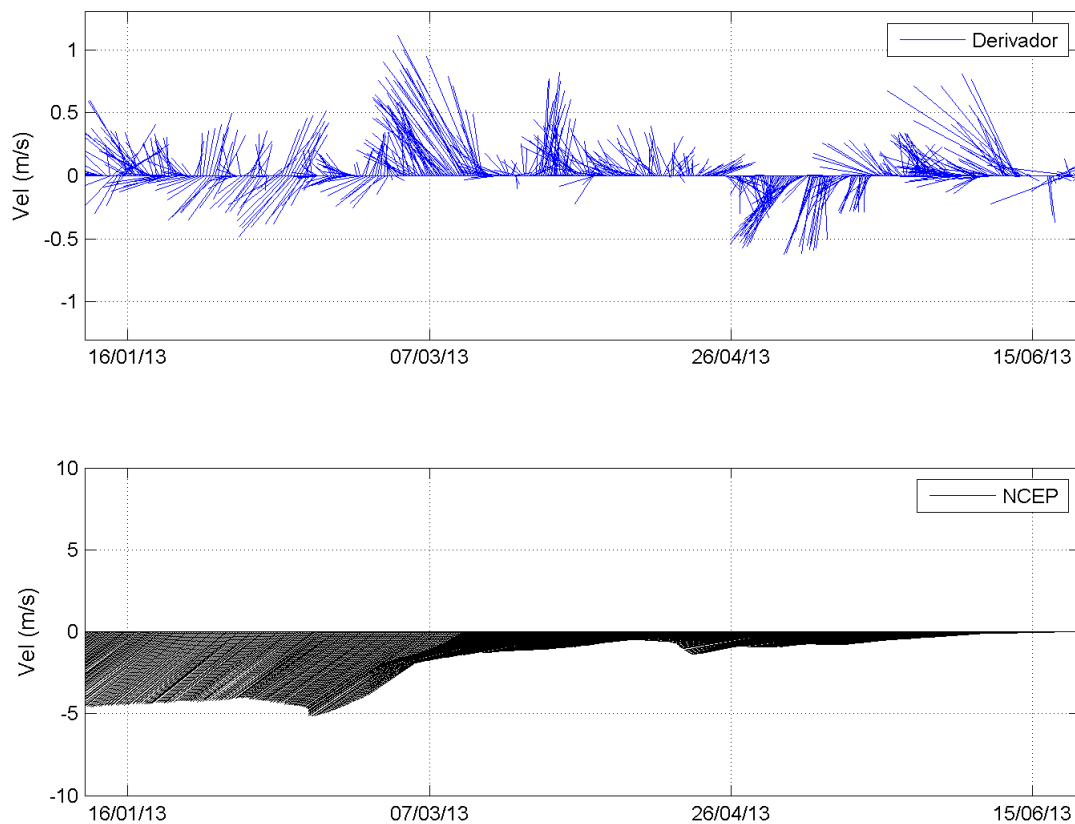


Figura 18: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 8.

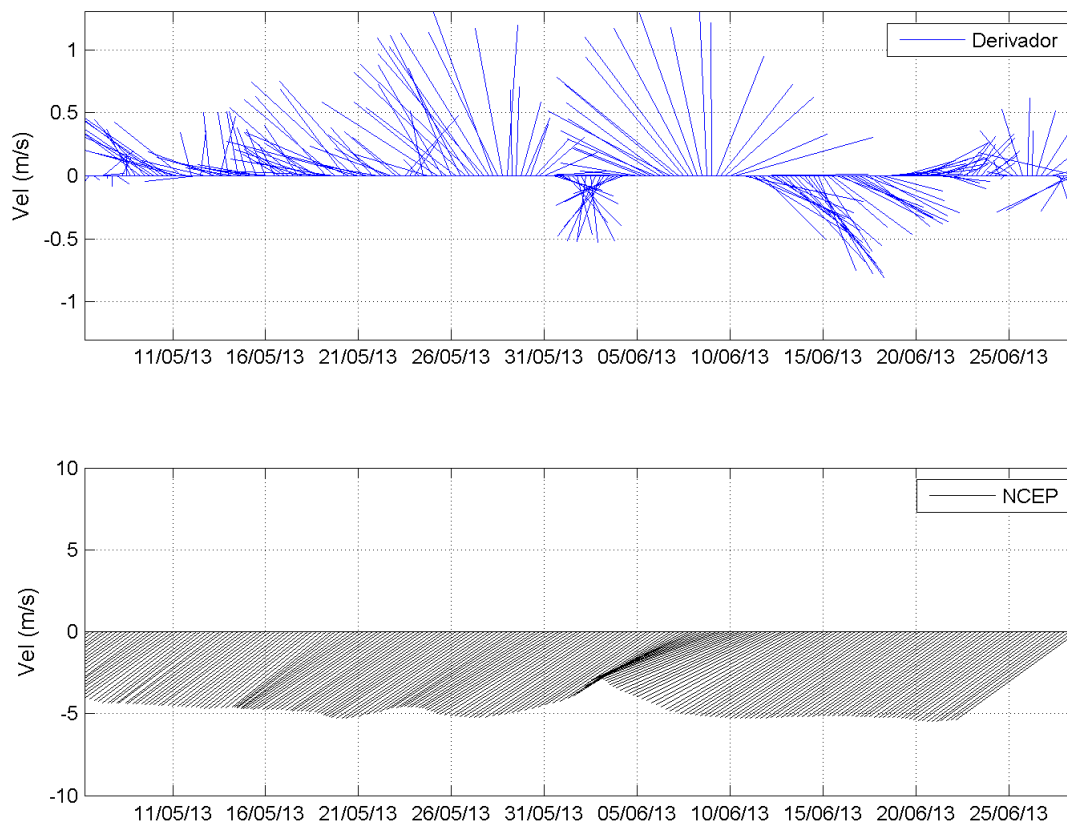


Figura 19: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 9.

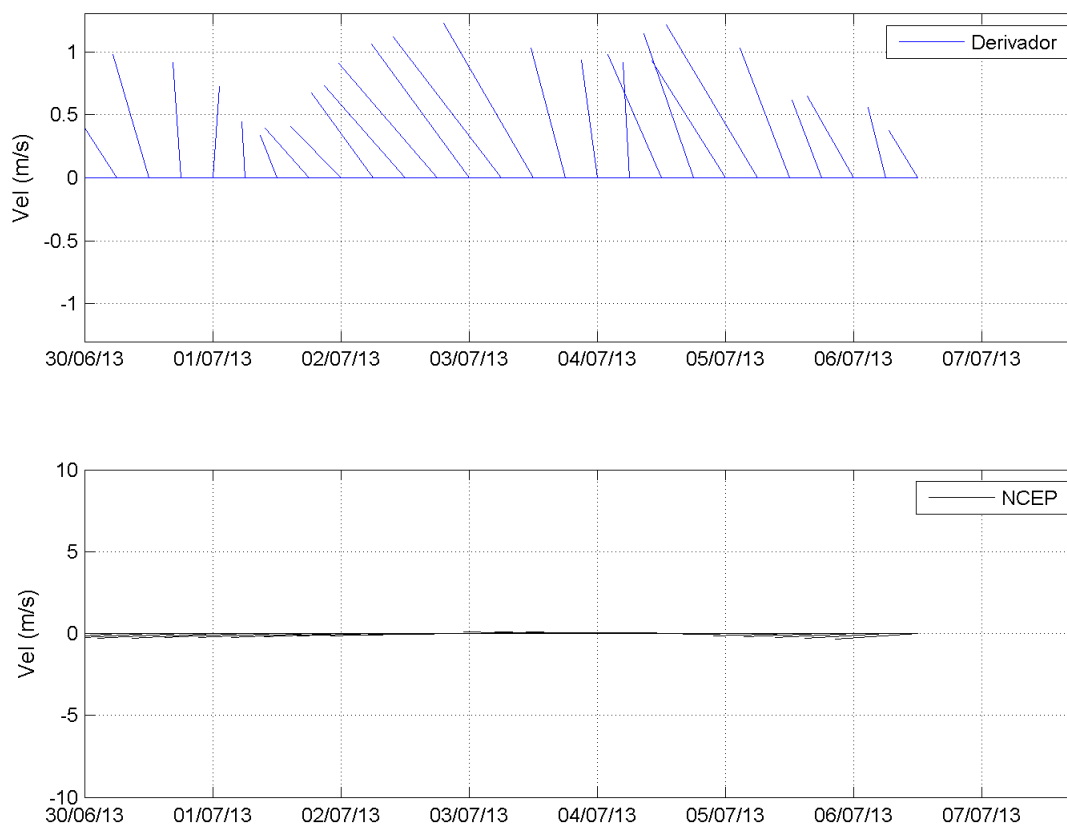


Figura 20: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 10.

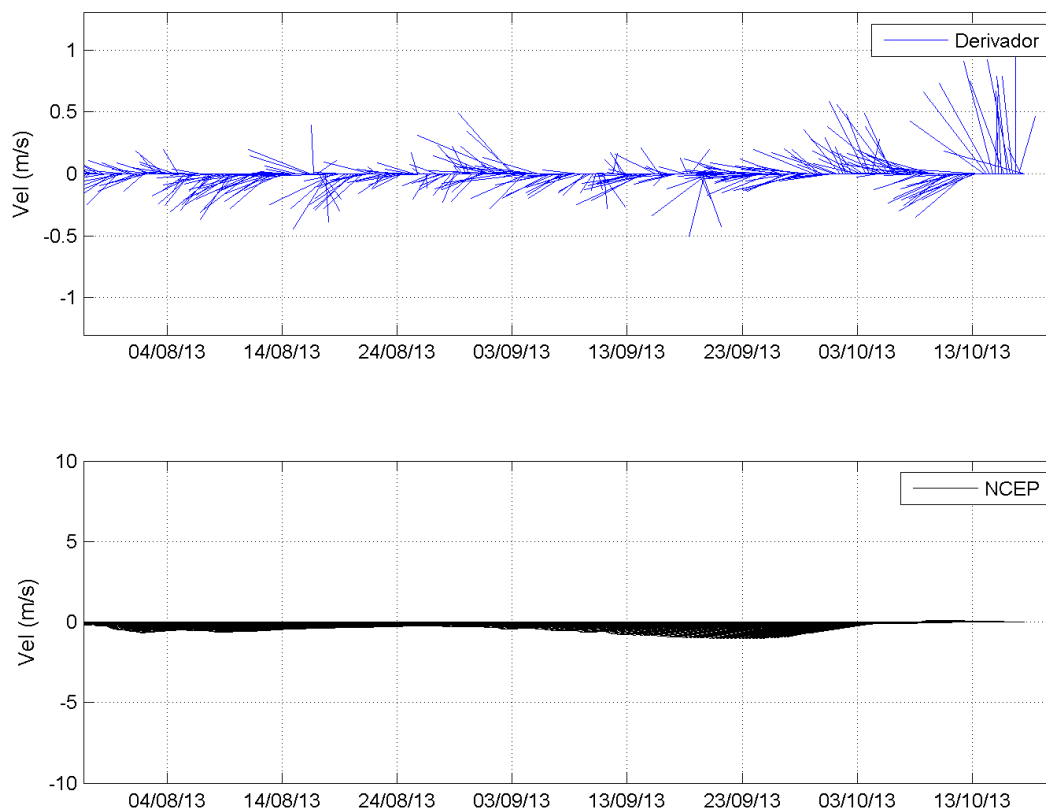


Figura 21: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 11.

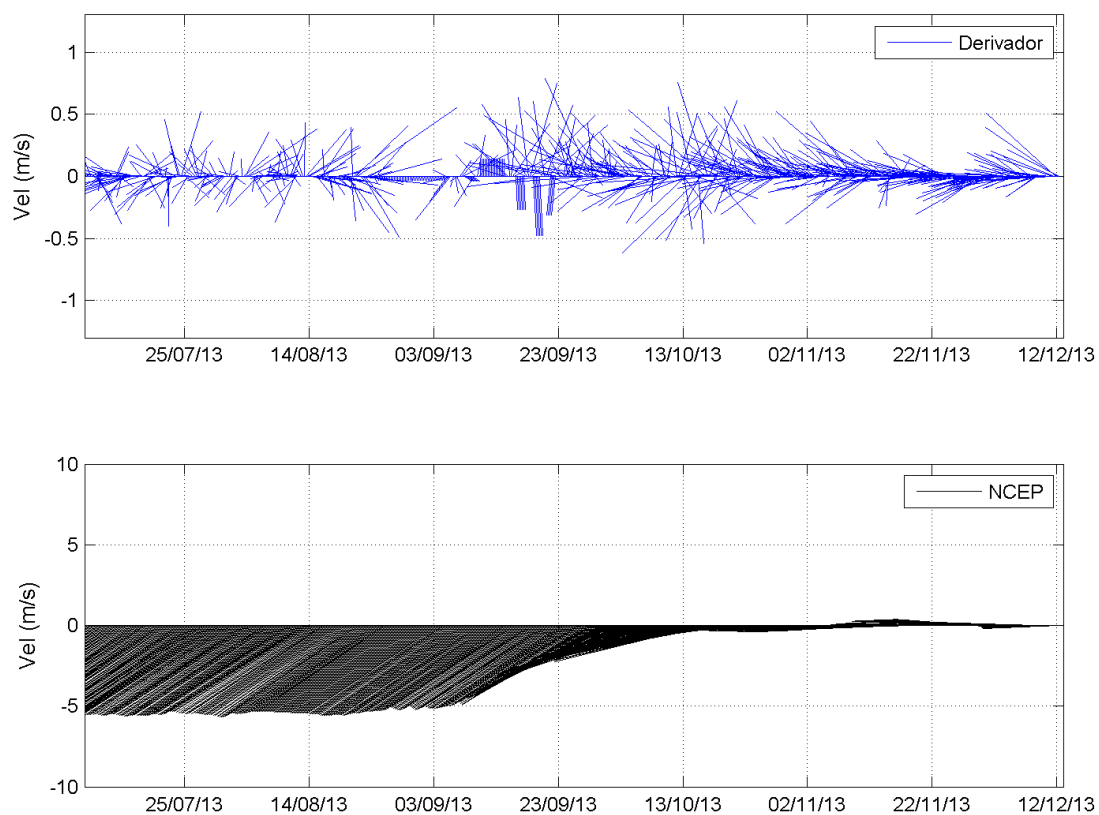


Figura 22: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 12.

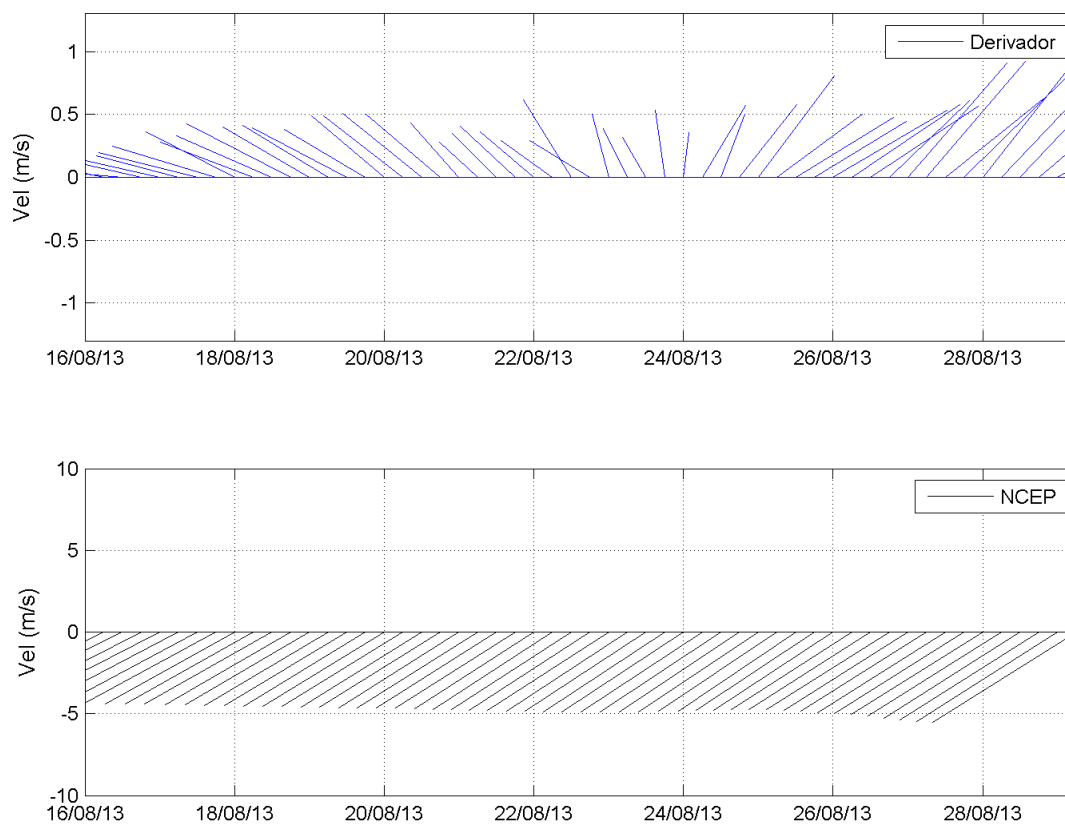


Figura 23: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 13.

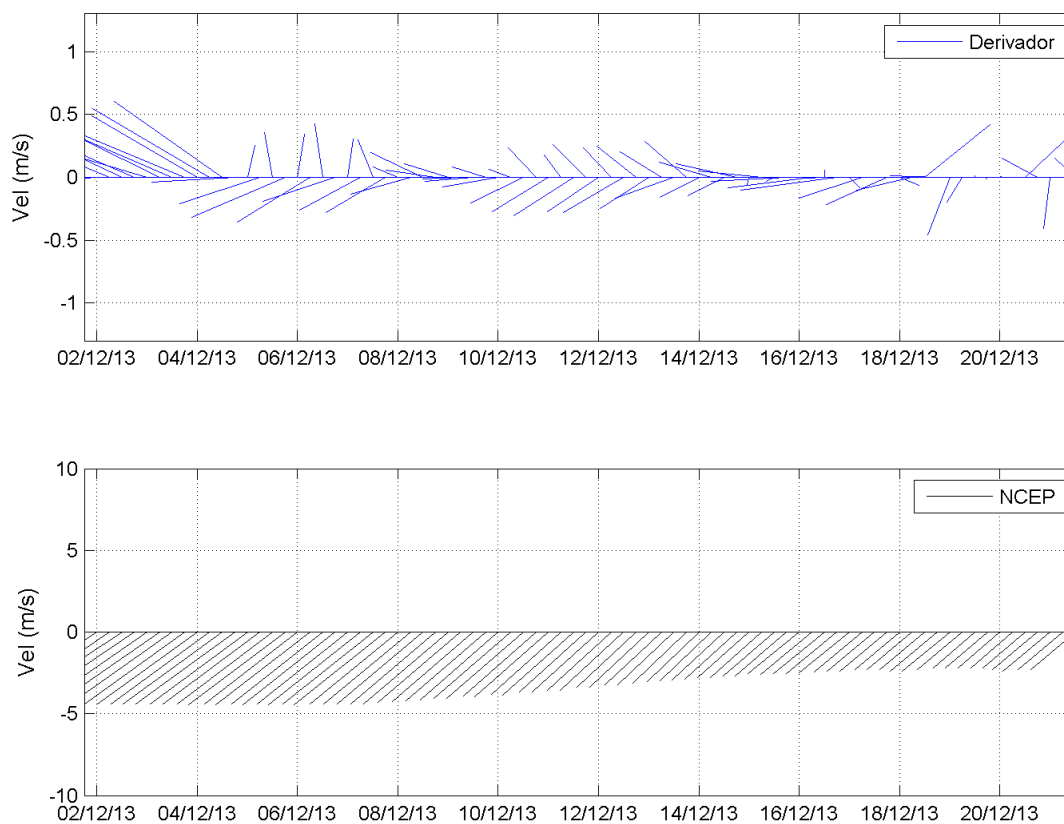


Figura 24: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 14.

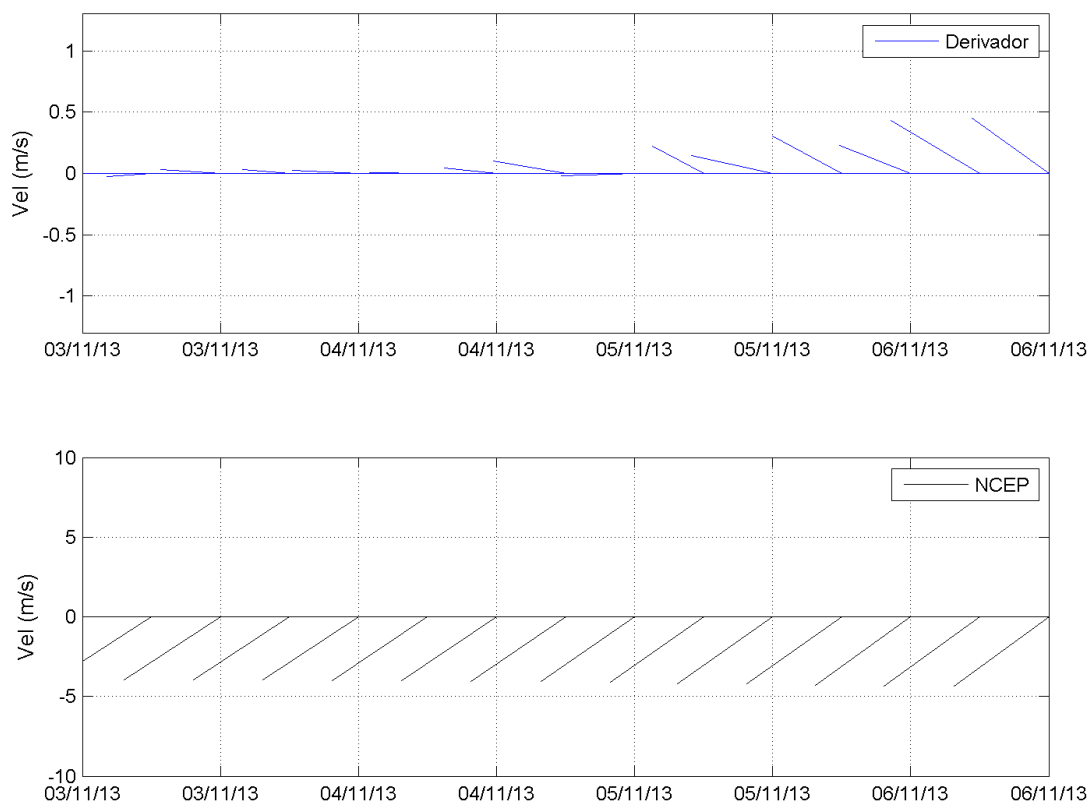


Figura 25: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 15.



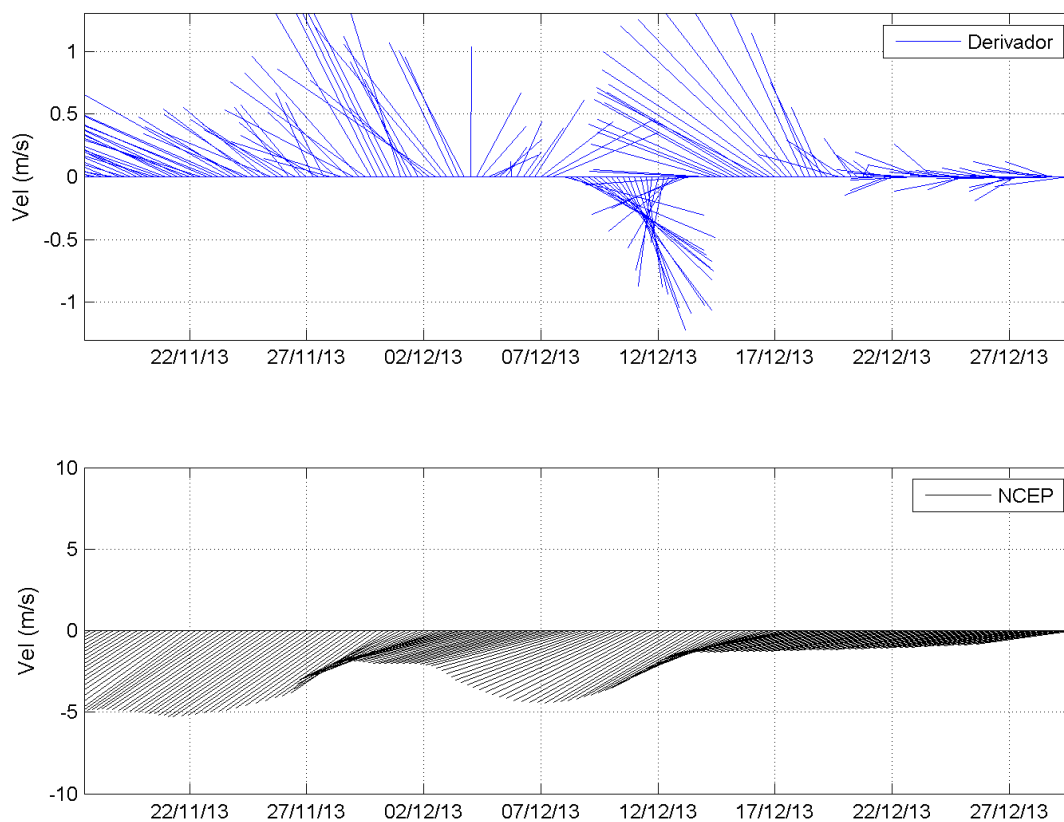


Figura 26: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 16.

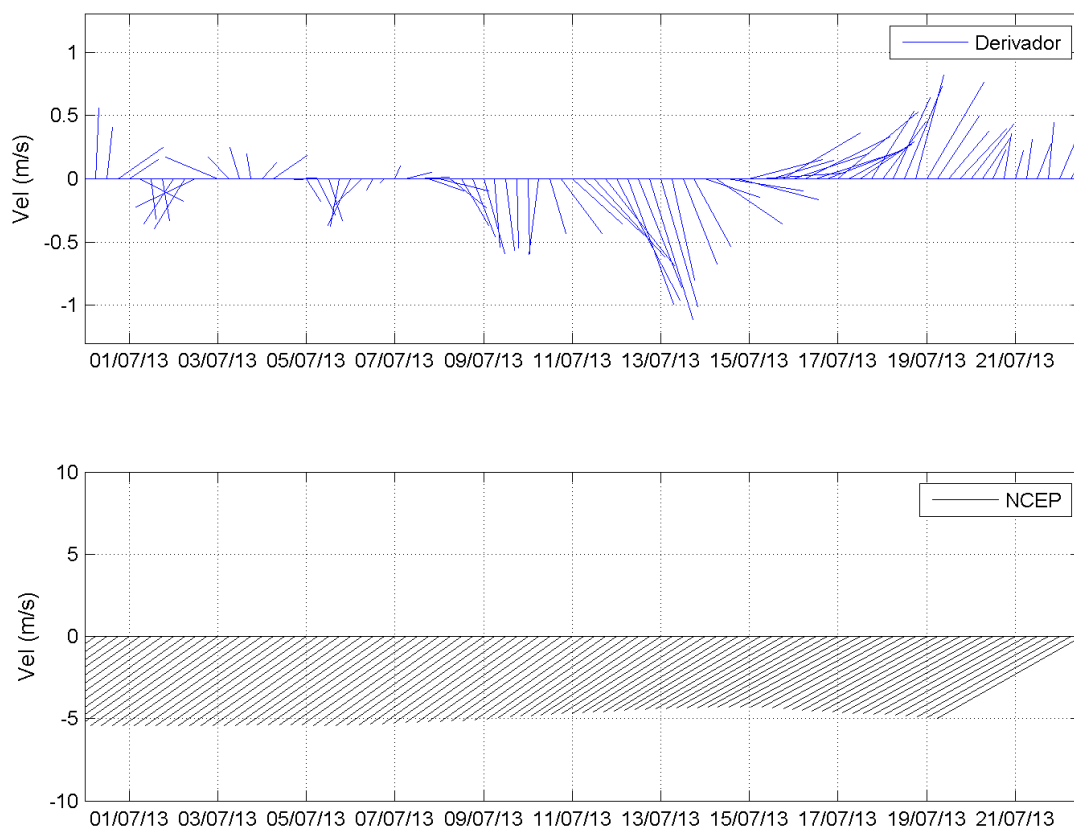


Figura 27: Gráfico do tipo *stickplot* para corrente (painel superior) e vento (painel inferior) ao longo da trajetória do derivador 17.

De uma forma geral são observadas correntes mais variáveis do que os ventos, que permanecem de leste e nordeste ao longo de praticamente todo o tempo de todas as trajetórias. Isso se deve ao fato de que há maior variabilidade nas correntes nesta região, que embora sejam influenciadas pelo vento, apresentam padrões de circulação e feições de mesoescala independentes deste. Por exemplo, ao entrarem na região de retroflexão da CNB, observa-se uma grande variabilidade direcional das correntes ao longo das trajetórias. Esta variabilidade não se reflete no vento, que se mantém quase que constante na região.

Embora sejam observadas variações nos ventos simultaneamente a variações de corrente, destaca-se que em muitos casos essas variações são espaciais, devido à mudança de posição do derivador, e não devido às variações temporais no vento, implicando em alterações nas correntes. Em suma, quando os derivadores variam sua posição são submetidos a ventos em

locais distintos. Assim, variações nas direções e intensidades dos ventos devem ser interpretadas como variações espaço-temporais, e não como uma simples série temporal.

### 2.1.5 Questão 5

*“Mostrar no mapa o ponto de grade do ROMS para o qual foi elaborado o perfil vertical de correntes utilizado para a comparação com os dados dos fundeios do WOCE.”*

**Resposta:**

Para atender à solicitação, o mapa da Figura 28 foi gerado com os pontos dos fundeios WOCE utilizados (pontos vermelhos) e o ponto de grade ROMS do qual os resultados foram retirados.

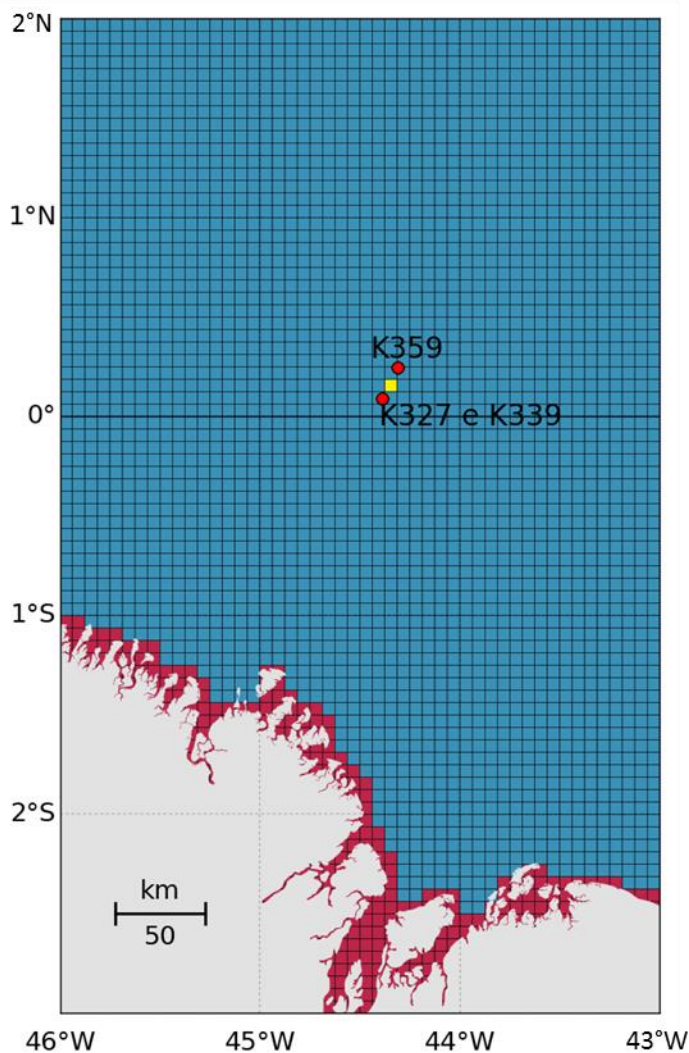


Figura 28: Ponto de grade do ROMS (amarelo) a partir do qual foram extraídos os resultados para comparação com os fundeios WOCE (pontos vermelhos).

### 2.1.6 Questão 6

*“Devido ao posicionamento dos fundeios do WOCE apresentados, estes não mostram a Contra Corrente Norte Equatorial. Solicita-se a ampliação a respeito da Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE), e a apresentação de uma figura com o perfil vertical de um ponto da grade do ROMS que demonstre que este está representando a CCNE.”*

**Resposta:**

A Contracorrente Norte Equatorial (CCNE) é um dos principais componentes da circulação no Atlântico Tropical, que flui para leste geralmente entre 3°N e 10°N. A CCNE é limitada ao norte pela Corrente Norte Equatorial (CNE), que flui para oeste, e ao sul pelo ramo norte da Corrente Sul Equatorial (CSE). A posição da CCNE coincide com as zonas de águas mais quentes do Atlântico e tem sido identificada como uma fonte de águas ricas em oxigênio fornecidas para a zona de mínimo oxigênio do Atlântico Norte tropical (HORMANN *et al.*, 2012).

A CCNE é formada a partir da retroflexão da Corrente Norte do Brasil (CNB), que ocorre entre aproximadamente 6° e 7°N, principalmente durante os meses de junho a janeiro (JOHNS *et al.*, 1998). Entre fevereiro e maio, há um enfraquecimento da CCNE, que passa a ser um fluxo menos intenso para leste. A velocidade média da CCNE é de aproximadamente 0,4 m/s, sendo ligeiramente mais intensas (0,5 m/s) no inverno do hemisfério norte (FRATANTONI, 2000).

Nas partes mais a oeste da corrente, próximas à zona de retroflexão da CNB, as velocidades podem ser de até 1,5 m/s e se estender até 350 m de profundidade. O sistema de correntes descrito acima é exemplificado na Figura 29.

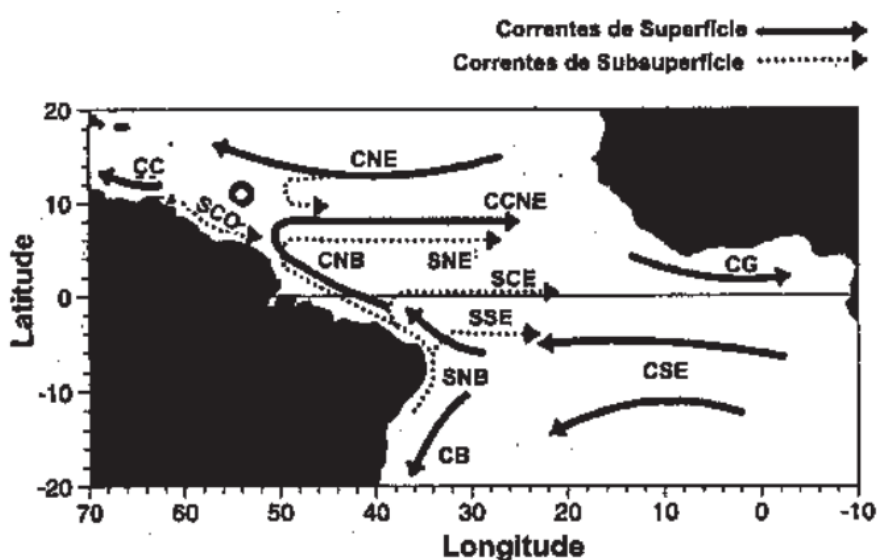


Figura 29: Diagrama esquemático das correntes superficiais e subsuperficiais do Oceano Atlântico Tropical. Fonte: Neto (2005).

Nos mapas de resultados do modelo hidrodinâmico apresentados no estudo ambiental de “Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo no bloco FZA-M-59, Bacia da Foz do Amazonas” (por exemplo, Figura 30), pode-se ver claramente a CCNE em superfície, alimentada pela retroflexão da CNB e fluindo para leste, entre as latitudes 3° e 10°, e com um fluxo mais intenso e definido entre os meses de junho a janeiro, como descrito pela literatura.

De forma a atender a solicitação, elaborou-se perfis verticais médio com os resultados do ROMS para um ponto de grade localizado em 6°N e 44,5°W (Figura 31). Os perfis verticais de velocidade e direção para o período entre fevereiro e maio (menor presença da CCNE) e entre junho e janeiro (maior presença da CCNE) são apresentados na Figura 32.

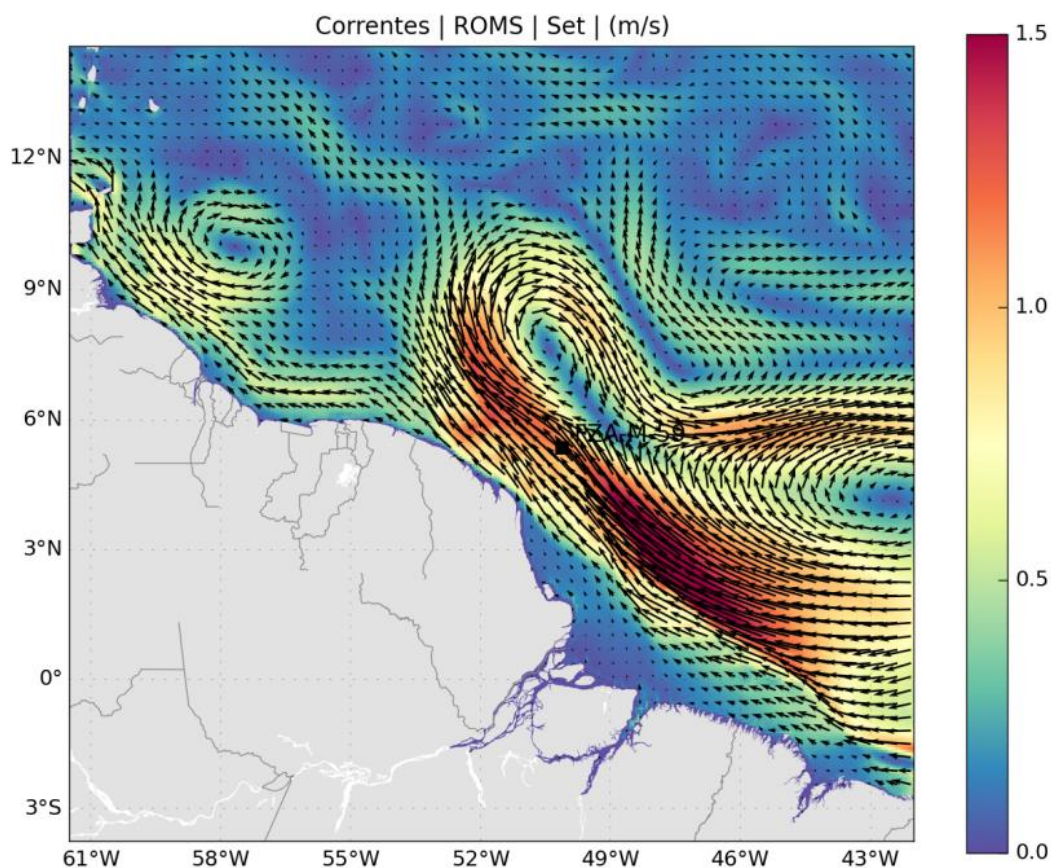


Figura 30: Campo médio de circulação para o mês de setembro.



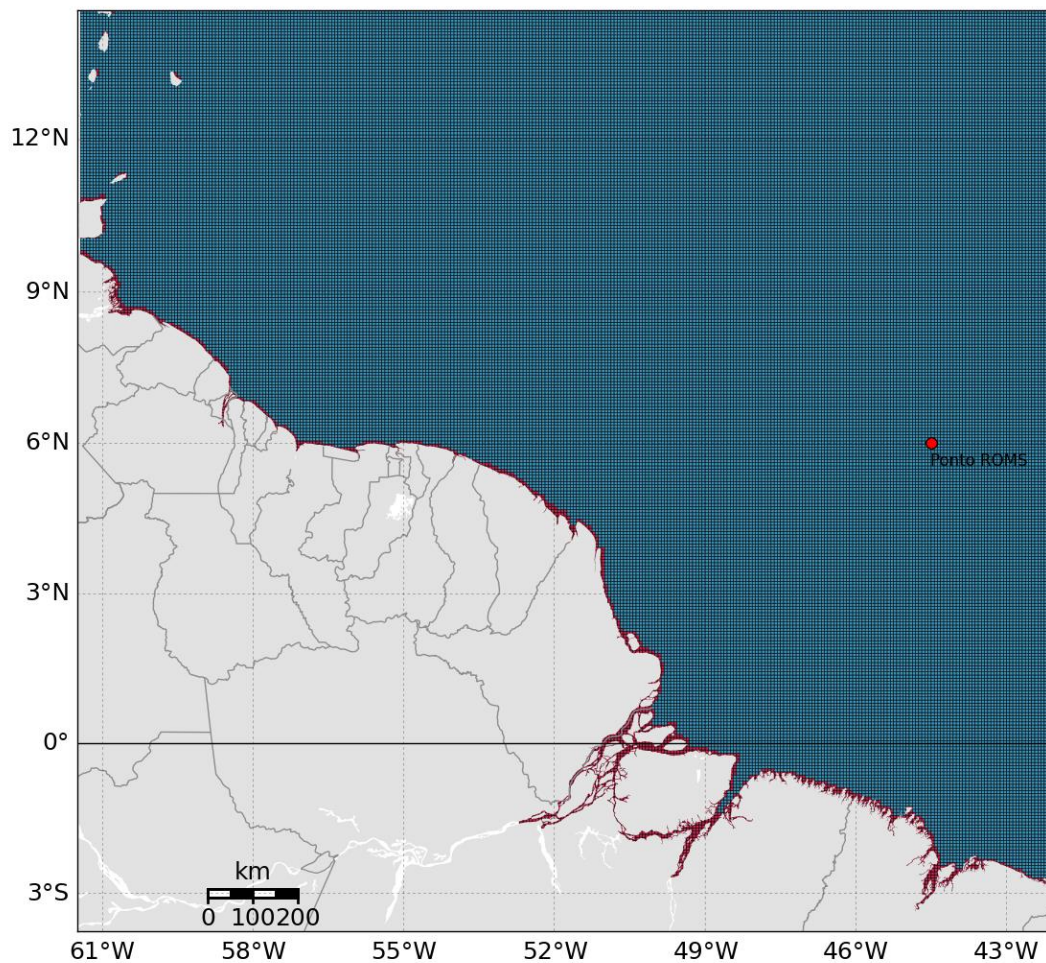


Figura 31: Ponto utilizado para extrair os resultados do modelo (ROMS).

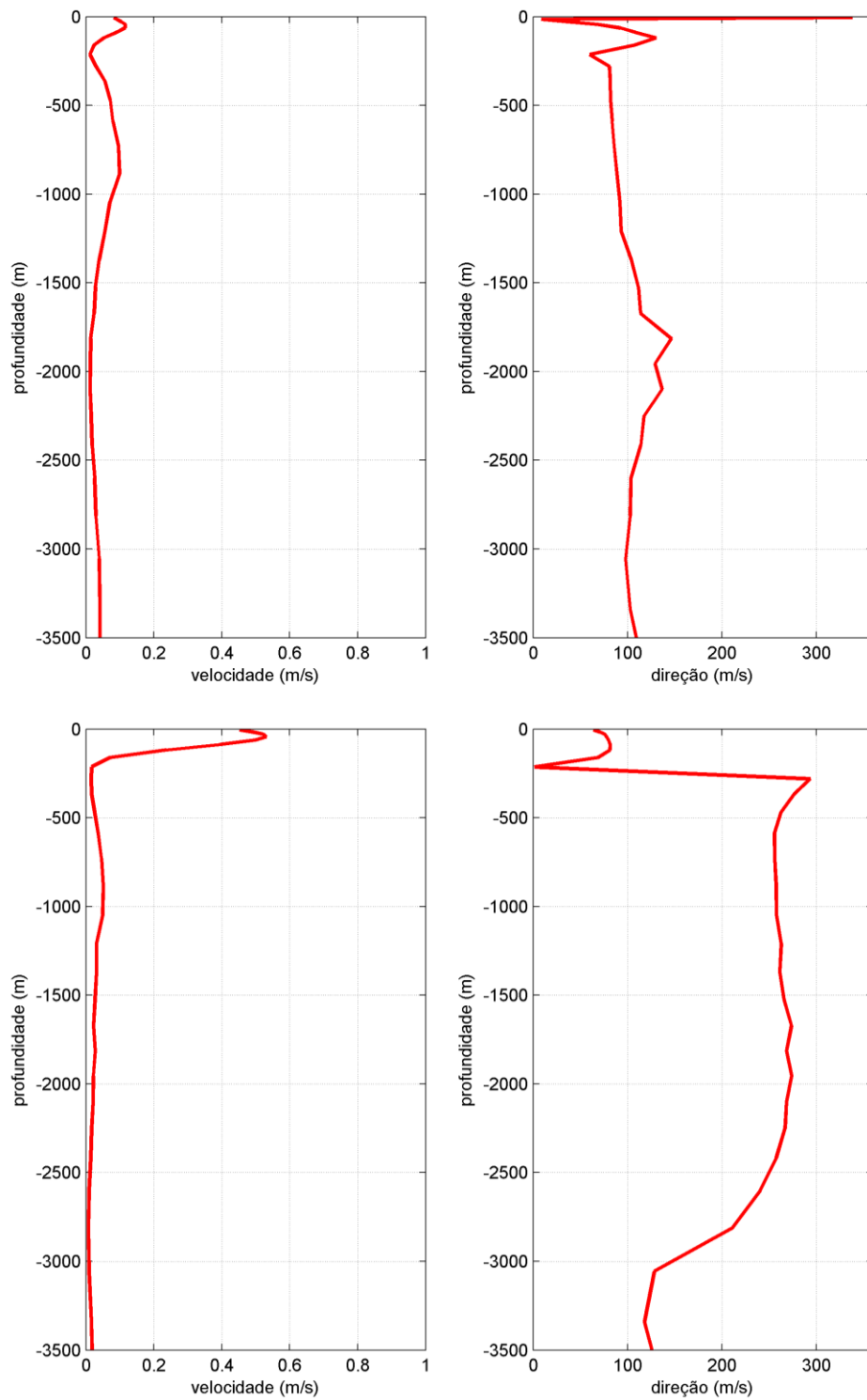


Figura 32: Perfil vertical velocidade e direção para o período entre fevereiro e maio (acima) e entre junho e janeiro (abaixo) para o ponto 44,5°W e 6°N.



Conforme pode ser observado, no ponto utilizado do modelo, a CCNE encontra-se mais definida no período entre junho e janeiro, com intensidade de aproximadamente de 0,5 m/s, fluindo para leste e se estendendo até aproximadamente 250 metros de profundidade. No período entre fevereiro e maio as correntes em toda a extensão do perfil são bem fracas (aproximadamente 0,1 m/s) com direção leste. Esse comportamento é o mesmo descrito na literatura e demonstra a capacidade do modelo em representar propriamente essa feição.

### 2.1.7 Questão 7

*“Conforme esclarecido no documento Resposta ao Parecer Técnico n° 055/17, no âmbito do Processo 02022.000327/14-62 , a Modelagem Hidrodinâmica foi elaborada para cinco anos, 2009-2013, sendo que havia cinco anos de dados de vento e apenas um ano de dados de correntes, referente a 2013, que foram replicadas para o período total da modelagem. Uma alternativa para solucionar este problema seria reduzir o período da modelagem hidrodinâmica para um ano apenas, o ano de 2013. Por outro lado, a modelagem de óleo, conseqüentemente, mostraria um resultado qualitativamente inferior de cenários de deriva do óleo, e resultados com intervalo menor de tempo, a cada 14,6 horas. No entanto, ao considerar que as correntes no local não variam representativamente em curtos espaços de tempo, e que a modelagem como hoje está configurada apresenta resultados num intervalo de 3,04 dias, reduzir o período de modelagem não representaria nenhum ganho para o caso.*

*O cenário ideal seria dispor de dados de ventos e correntes para o período total de 5 anos, para o qual a modelagem hidrodinâmica mostraria melhor a variabilidade interanual das correntes e uma melhor combinação de cenários probabilísticos. Porém, entende-se que há uma limitação na oferta de dados de corrente para o período total, como exposto em reunião.*

*Reforça-se a orientação de aumentar os esforços para o levantamento de dados meteorológicos e oceanográficos na região com o intuito de aprimorar os modelos hidrodinâmicos para futuros estudos.*

***Solicita-se o envio de uma justificativa formal para o não uso de cinco anos de dados de correntes no modelo hidrodinâmico.”***

#### **Resposta:**

A utilização de bases hidrodinâmicas de um ano em processos de licenciamento de atividades de óleo e gás tem sido prática usual, e a Prooceano sempre objetivou a elaboração mais detalhada das bases hidrodinâmicas, contribuindo assim para o processo de avaliação e

construção de bases cada vez mais realistas e apropriadas para as modelagens de dispersão de óleo e outros descartes no mar.

No estudo de fenômenos oceânicos, o espectro de frequências dos processos oceanográficos e atmosféricos sobre o Atlântico é largo, englobando a variabilidade intrasazonal, interanual e interdecadal das correntes oceânicas e do campo de temperatura das camadas superiores do mar (NOBRE, 2011). Neste contexto, é necessário que a modelagem atenda premissas específicas, principalmente requisitos básicos mínimos relativos a sua grade: i) que apresente domínio suficiente para que o óleo não saia de seus limites (ou que caso saia, que seja com valores de probabilidades muito baixos); e ii) ter resolução espacial e resolução temporal capazes de resolver feições e fenômenos de diferentes escalas.

Deve-se ter em mente as dimensões do domínio de modelagem, que nos casos dos estudos de dispersão de óleo em questão pode facilmente chegar a centenas de quilômetros de distância, o que torna a elaboração de uma base hidrodinâmica de maior resolução e maior extensão temporal uma tarefa extremamente laboriosa.

De fato, não se pode simplesmente contrapor-se a idéia que quanto maior a extensão temporal da base, maior será a representatividade dos resultados probabilísticos. No entanto, são necessárias delimitações a esta extensão temporal, pois é necessário balancear o esforço computacional de resolução com a representação de fenômenos das diferentes escalas em seus resultados, como por exemplo, fenômenos de escala diurna (marés) junto com outros de escalas interanuais e até interdecadais.

Outro aspecto está relacionado à validação desta base, garantindo que seus resultados estão representando, de forma mínima esperada, os principais fenômenos e feições que se desejam modelar em todo o período. O espectro de dados disponibilizados deve ser grande o suficiente para que esta validação ocorra, entendendo que este processo demanda tempo proporcional ao volume destes dados.

Assim, como é de conhecimento desta Coordenação, entendendo a complexidade processual e as demandas, tanto computacionais (máquinas capazes de processar o modelo definido em sua resolução), quanto de dados e de tempo para o desenvolvimento de uma base de maior extensão temporal, algumas empresas do Setor de Óleo e Gás estão procurando viabilizar a contratação de um grupo de especialistas que gere este produto, utilizando-se de uma gama de dados existentes, de vários anos. Neste contexto, ressalta-se que o conhecimento advindo das análises das variabilidades anuais da região e a garantia de representatividade dos resultados da base é que determinarão qual o período mínimo que esta terá, não estando atrelada a um objetivo pré-fixado (como 5 anos).

Assim sendo, a BP Energy optou por usar a base apresentada neste processo de licenciamento, que procurou através da combinação de mais quatro anos de dados da base de ventos, aumentar o universo amostral das possíveis diferentes trajetórias das derivas de manchas de óleo, para além daquelas que poderiam ser obtidas nas análises probabilísticas com a base hidrodinâmica validada de 1 ano (e seus dados de ventos associados).

É válido ressaltar que os resultados que foram mostrados, mesmo que para somente o ano de 2013, nos diz que o modelo numérico é capaz de reproduzir confiavelmente a circulação oceânica e costeira da região em estudo, com as principais feições representadas, em suas variações sazonais, infra-sazonais e algumas, até diurnas. Este entendimento está corroborado, também, pela comparação dos resultados modelados de correntes superficiais com as medições obtidas a partir de dados coletados através de derivadores oceânicos do GDP (*Global Drifter Program*), ao longo de 21 anos (de agosto de 1997 a setembro de 2013), conforme demonstrado no processo 02022.000327/14-62, e na análise preliminar comparativa com os dados ao longo da coluna d'água de dois fundeios de águas profundas, recém coletados na região do bloco FZA-M-59, conforme apresentado a seguir.

O fundeio FZA2000, localizado em 5,10° N e 50,18° W está posicionado próximo da isóbata de 2.000 m, enquanto o fundeio FZA3000, de coordenadas 5,30°N e 49,95° W localiza-se próximo da isóbata de 3.000 m (Figura 33). Ambos os fundeios mediram correntes ao longo de toda coluna d'água entre setembro de 2016 e setembro de 2017 com a seguinte configuração: dois equipamentos do tipo ADCPs (*Acoustic Doppler Current Profiler*) com frequências de 300 kHz e 75 kHz medindo as camadas mais superficiais, e uma sequência de correntômetros distribuídos na coluna em profundidades padrões definidas, posicionados em maior profundidade (8 correntômetros no FZA2000 e 12 correntômetros no FZA3000).

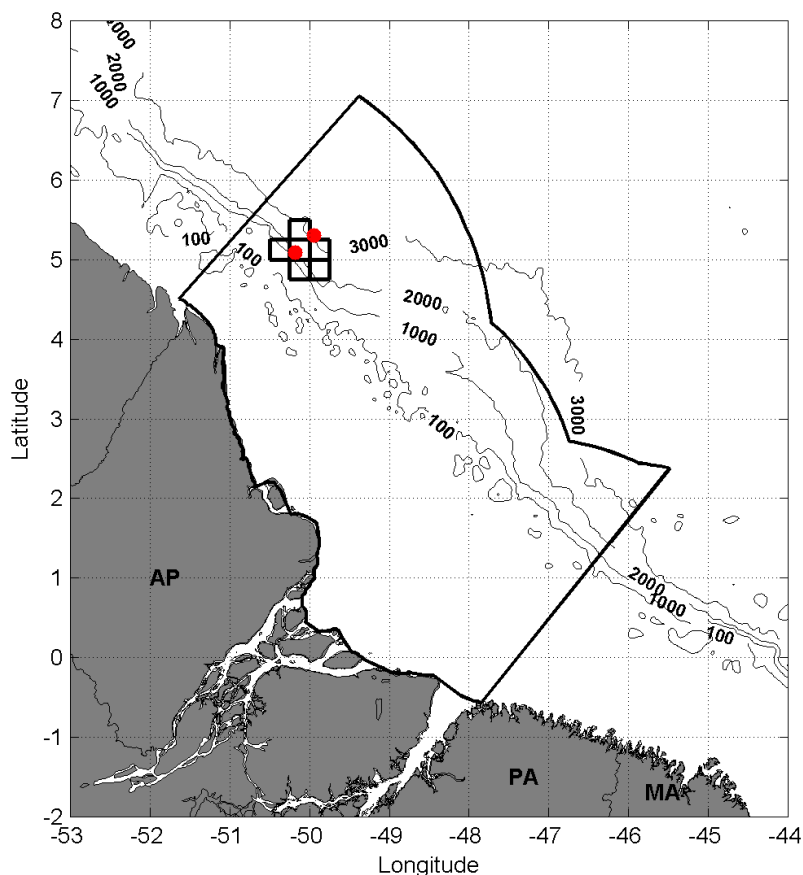


Figura 33: Localização dos fundeios FZA2000 e FZA3000 (pontos vermelhos), utilizados para análise de correntes na área do bloco FZA-M-59.

Esses dados medidos pelos fundeios foram comparados com os dados da modelagem hidrodinâmica apresentado neste estudo ambiental, realizado em 2015. Para essa comparação foi analisado o ponto de grade do modelo mais próximo das coordenadas dos fundeios, sendo que a modelagem hidrodinâmica é referente ao ano de 2013.

Conforme pode ser observado nas Figura 34 e Figura 35, os dados medidos e modelados apresentaram o mesmo padrão tridimensional médio para ambas as estações, indicando a capacidade do modelo em representar a inversão de correntes em profundidade, característica da região. Nota-se um núcleo de corrente na camada superficial (até 1 m/s, entre 0 e 200m) associado à direção NW e outro núcleo de corrente (até 0,2 m/s) entre 800 e 1800 m no ponto do FZA2000 e entre 1000 e 2500 no ponto do FZA3000 associado à direção SE.

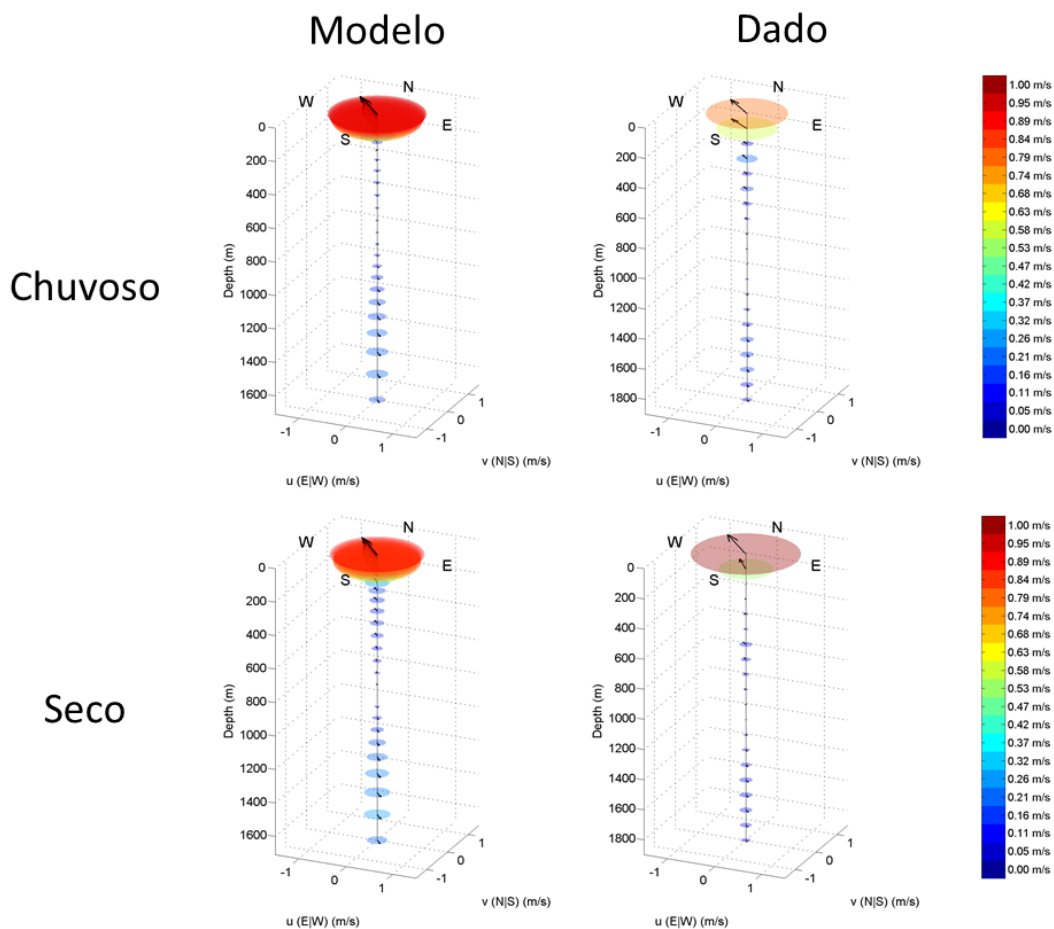


Figura 34: Perfis de corrente médios do modelo hidrodinâmico (esquerda) e do fundeio (direita), para o período chuvoso (acima) e seco (abaixo) para o ponto FZA2000.

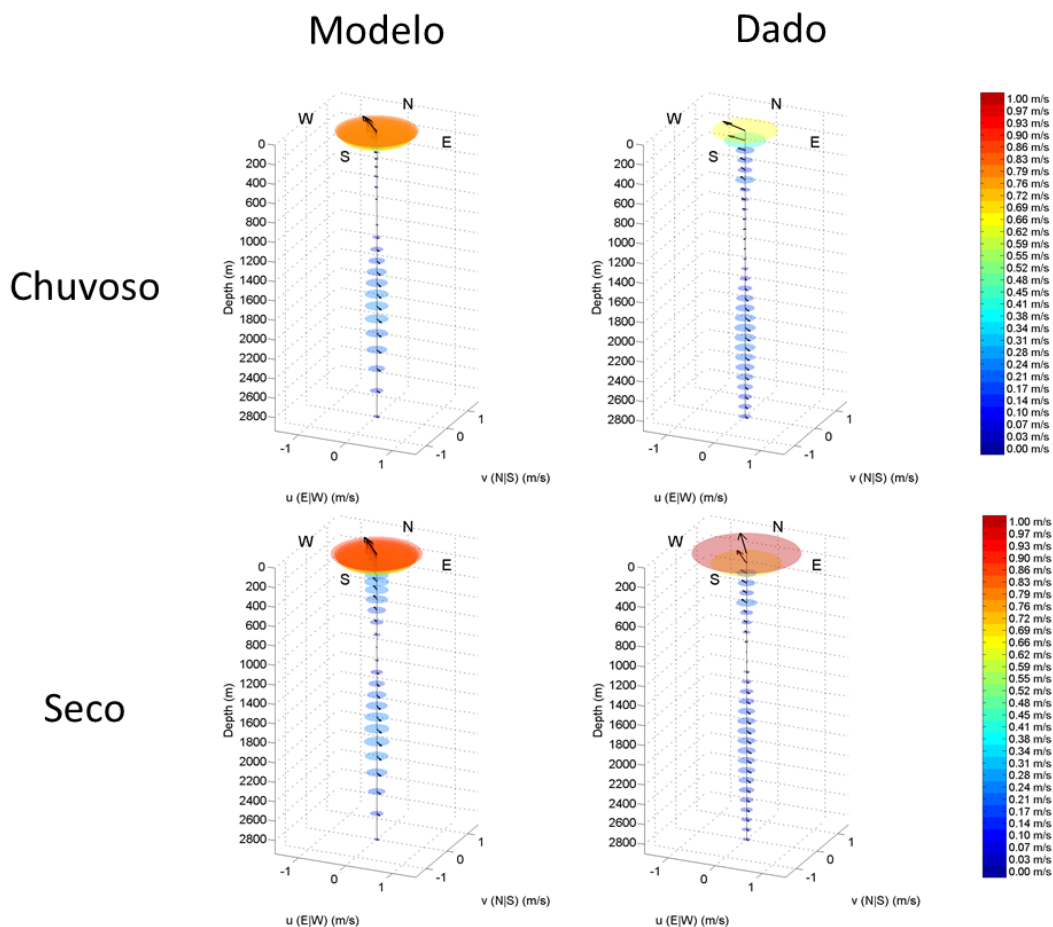


Figura 35: Perfis de corrente médios do modelo hidrodinâmico (esquerda) e do fundeio (direita), para o período chuvoso (acima) e seco (abaixo) no ponto FZA3000.

De forma a analisar com mais detalhes, foram escolhidas duas profundidades para cada fundeio, representativas dos dois principais núcleos de correntes, com base nos perfis de intensidade de corrente (Figura 36). Para ambos os fundeios, o núcleo de maior intensidade foi representado pela camada mais superficial. Para representar o núcleo da contra corrente em profundidade, foi escolhida o nível de 1500 metros no ponto FZA2000 e de 2000 metros no ponto FZA3000.

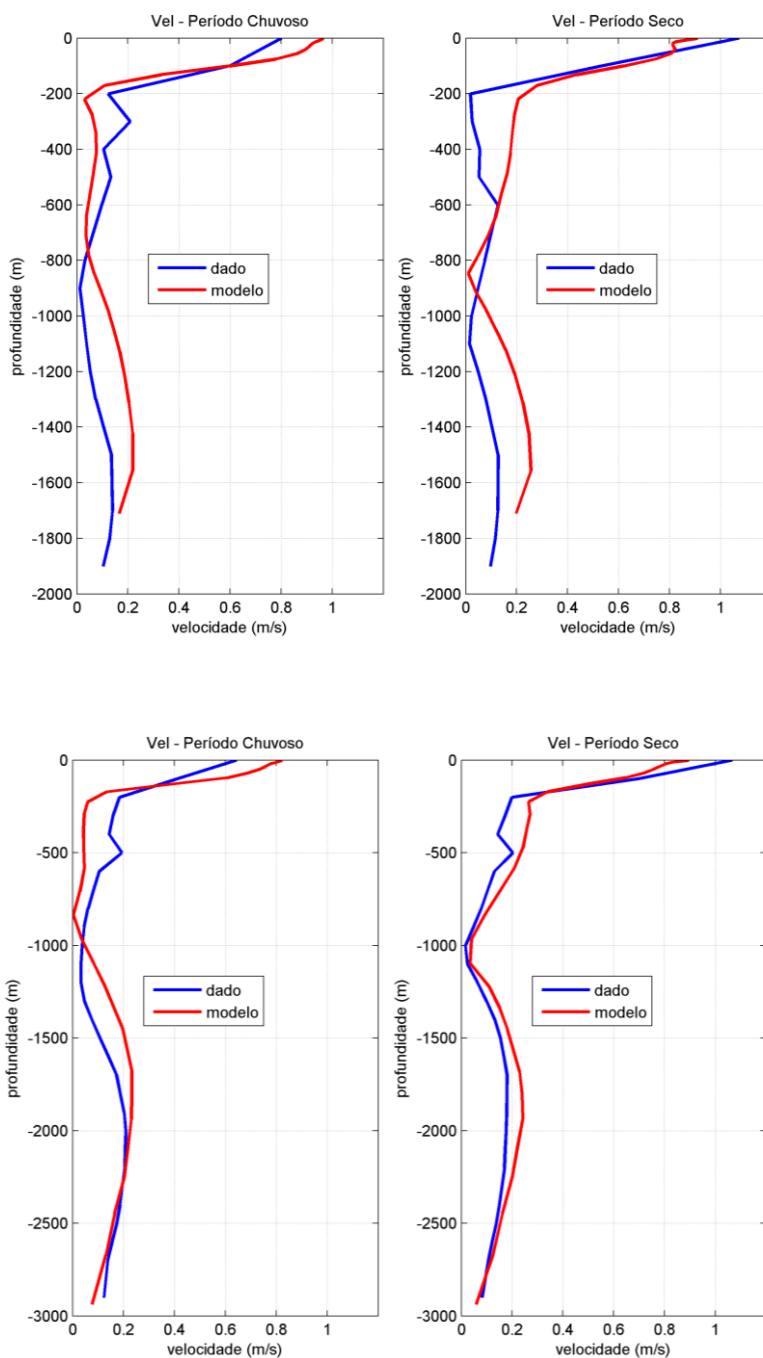


Figura 36: Perfis de intensidade de corrente para os pontos FZA2000 (acima) e FZA3000 (abaixo) para os períodos chuvoso (esquerda) e seco (direita). Os dados do modelo estão em vermelho e os do fundo em azul.

A seguir, apresentam-se as rosas de corrente para o ponto FZA2000 em superfície (Figura 37) e a 1500 metros (Figura 38), assim como a estatística básica da intensidade de corrente nas mesmas profundidades (Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente).

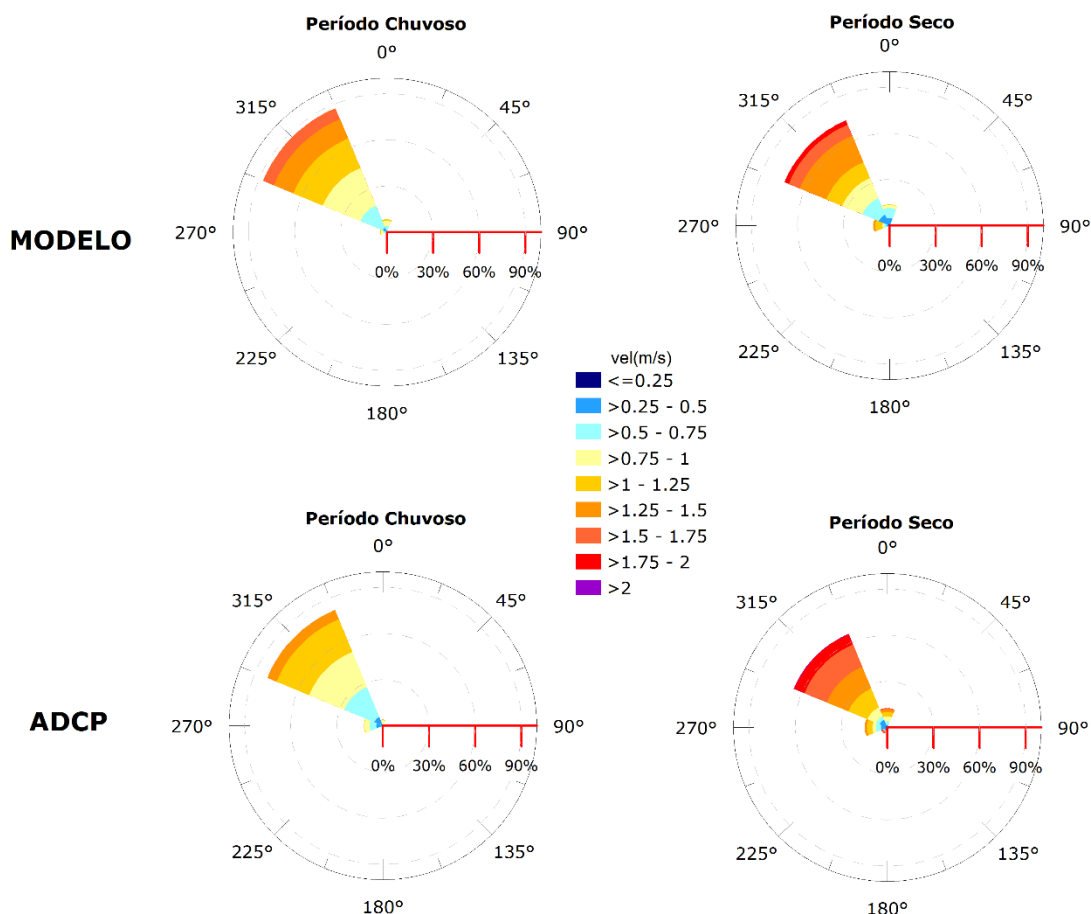


Figura 37: Rosas de corrente superficial no ponto FZA2000 para os dados do modelo (acima) e do fundeio (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).

Tabela 1: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA2000 para a superfície.

Estação	Fonte	Mínima	Media	Maxima	Desvio Padrão
Chuvoso	Fundeio	0,03	0,84	1,65	0,28
	Modelo	0,25	0,98	1,74	0,31
Seco	Fundeio	0,00	1,12	2,12	0,48
	Modelo	0,01	0,97	1,93	0,42



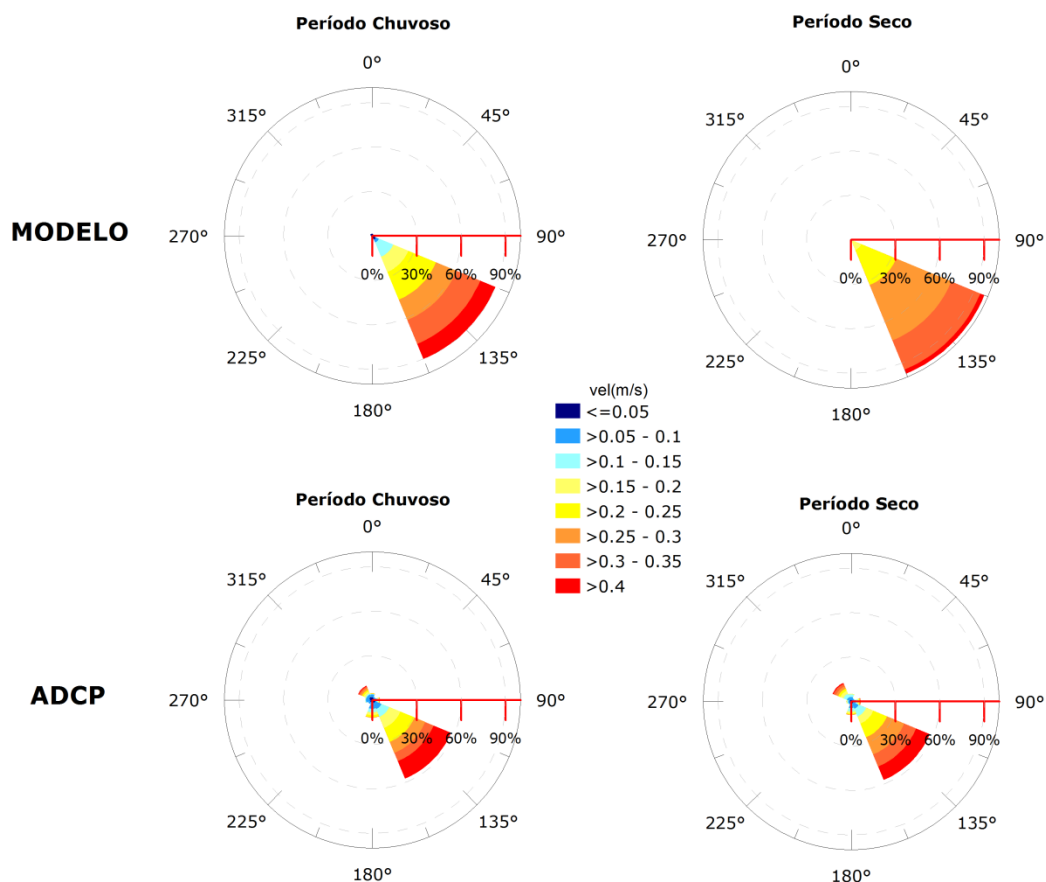


Figura 38: Rosas de corrente na profundidade de 1500 metros no ponto FZA2000 para os dados do modelo (acima) e do fundeio (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).

Tabela 2: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA2000 para a profundidade de 1500 metros.

Estação	Fonte	Mínima	Media	Maxima	Desvio Padrão
Chuvoso	Fundeio	0,00	0,19	0,60	0,12
	Modelo	0,00	0,22	0,43	0,11
Seco	Fundeio	0,00	0,20	0,59	0,12
	Modelo	0,00	0,26	0,39	0,06

Na sequência, apresentam-se as rosas de corrente para o ponto FZA3000 em superfície (Figura 39) e a 2000 metros (Figura 40), assim como a estatística básica da intensidade de corrente nas mesmas profundidades (Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente).

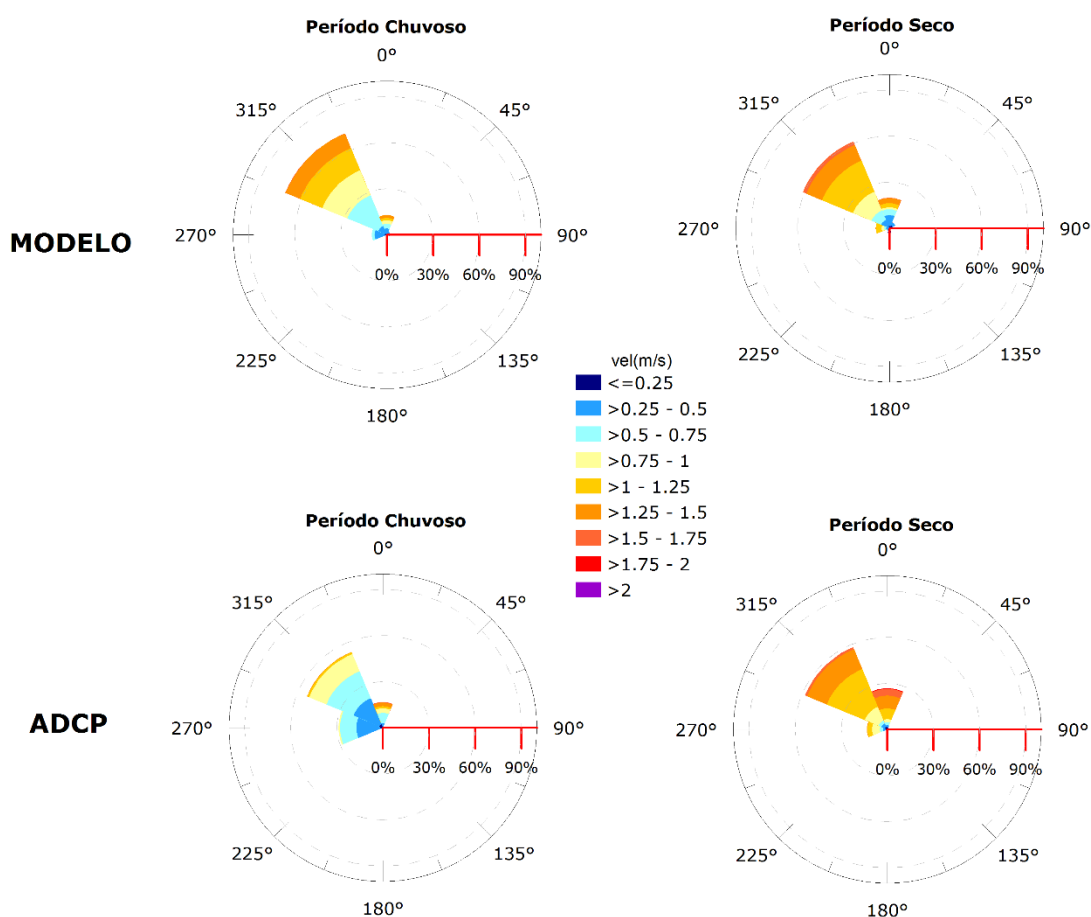


Figura 39: Rosas de corrente superficial no ponto FZA3000 para os dados do modelo (acima) e do fundeio (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).

Tabela 3: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA3000 para a superfície.

Estação	Fonte	Mínima	Media	Máxima	Desvio Padrão
Chuvoso	Fundeio	0,01	0,59	1,65	0,26
	Modelo	0,02	0,79	1,53	0,34
Seco	Fundeio	0,00	1,05	1,94	0,37
	Modelo	0,01	0,85	1,73	0,41

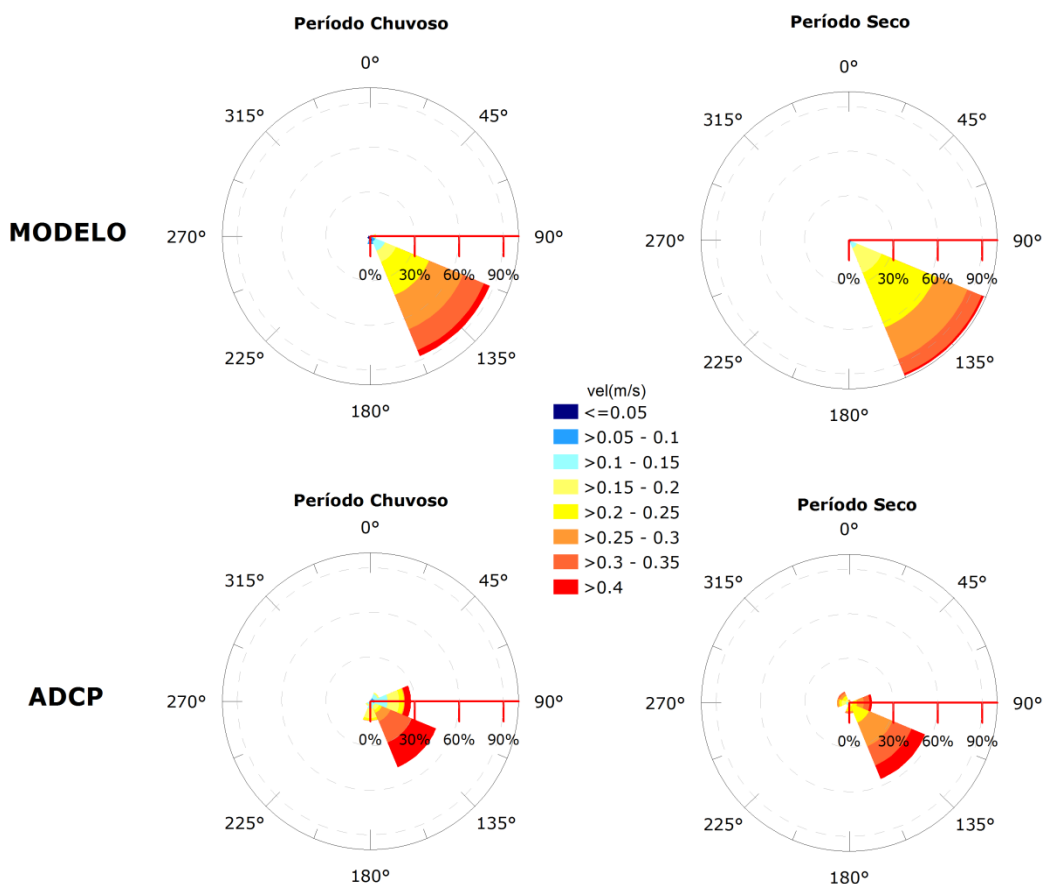


Figura 40: Rosas de corrente a 2000 metros de profundidade no ponto FZA3000 para os dados do modelo (acima) e do fundeio (abaixo) no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).

Tabela 4: Estatística básica para os dados do fundeio e do modelo no ponto FZA3000 para a profundidade de 2000 metros.

Estação	Fonte	Mínima	Media	Maxima	Desvio Padrão
Chuvoso	Fundeio	0,00	0,24	0,56	0,12
	Modelo	0,00	0,22	0,38	0,09
Seco	Fundeio	0,07	0,27	0,51	0,07
	Modelo	0,01	0,23	0,37	0,06

Os dados evidenciam que para ambos os pontos analisados a corrente superficial associada à direção NW é mais intensa no período seco enquanto a contra corrente em profundidade é mais intensa no período chuvoso, em um padrão coerentemente representado pelo modelo hidrodinâmico.

As intensidades médias e máximas medidas pelo fundeio são bem representadas pela modelagem em todas as profundidades e períodos analisados. A intensidade mínima verificada nos dados do modelo no período chuvoso em superfície para o ponto FZA2000 foi maior do que a medida pelo fundeio, o que pode ser visto como uma condição mais conservadora e está relacionada à posição da CNB neste período do ano de 2013. É importante ressaltar que os dados apresentam uma ótima cobertura temporal (>80%) para todos os períodos analisados, exceto para período chuvoso no ponto FZA3000 em superfície, onde os dados apresentaram falhas e cobrem apenas 64% do tempo, o que pode explicar a menor intensidade quando comparada com o outro fundeio em superfície e com os dados do modelo. Esta menor cobertura foi associada aos problemas que ocorreram relativos a desconexão da parte superior da linha de fundeio em função de cortes gerados por estruturas de pesca de arrasto (*long line*).

Ainda que o modelo represente o ano de 2013 e os fundeios o ano de 2016/2017, conclui-se que a modelagem hidrodinâmica na região do bloco FZA-M-59 apresenta grande coerência com os dados medidos em toda a coluna d'água, aumentando a confiabilidade nesta base.

Considerando esta avaliação com dados recentemente coletados e todas as avaliações previamente apresentadas, acreditamos que os resultados das simulações de transporte possuem confiabilidade e são apropriados a este contexto de licenciamento ambiental.

### 2.1.8 Questão 8

*“Solicita-se a apresentação do arquivo de saída do modelo de óleo, que contenha data e hora da simulação, massa e volume de óleo presente na água e distância da costa (na coluna e na superfície) para ambos os cenários, além dos respectivos balanços de massa.”*

**Resposta:**

Com relação aos arquivos solicitados, entende-se a necessidade destas informações para cada uma das 300 simulações determinísticas que compõem cada um dos dois cenários sazonais de cada um dos três volumes simulados no modo probabilístico, sendo um total de 1800 simulações.

Para tanto são enviadas em anexo, em arquivos tipo .log, os dados de saída do modelo, que contém a data e hora de cada simulação, e o balanço de massa ao final do tempo de simulação de cada cenário (30 dias para o vazamento de 8 m<sup>3</sup> e 200 m<sup>3</sup>, e 60 dias para o vazamento de pior caso). Nestes arquivos está discriminada a quantidade de óleo que, ao final do tempo de simulação, ficou na superfície, disperso na coluna d'água, aderido na costa, que foi evaporado,

que foi biodegradado e que saiu fora da grade do modelo/ou foi sedimentado (para este último, não é possível fazer uma distinção do que saiu da grade ou foi sedimentado no modo probabilístico - é uma limitação do modelo).

Com relação à distância da costa, tanto dos resultados em superfície quanto na coluna d'água, infelizmente não é possível obter esta informação individualmente para cada uma das 300 simulações que compõem cada cenário do modo probabilístico. Nem todas as informações individuais de cada simulação ficam armazenadas nos arquivos de saída deste modo. Para avaliar a distância da costa de uma simulação individualmente, seria necessário visualizá-la separadamente e, para isso, seria necessário que todas elas fossem rodadas no modo determinístico, uma de cada vez. No entanto, o que se pode ter é o resultado integrado destas simulações, que foram apresentadas no estudo de modelagem de dispersão de óleo no modo probabilístico. A seguir são exibidas as distâncias mínimas dos resultados de probabilidade de óleo em superfície e coluna d'água em relação à costa (considerando todas as simulações) para os cenários em que não houve toque de óleo na costa.

Tabela 5: Distâncias mínimas em relação à costa para os cenários em que não houve toque na costa. Resultados em superfície e coluna d'água.

Volume	Cenário	Superfície		Coluna d'água	
		Distância mínima (km)	Localidade	Distância mínima (km)	Localidade
8 m <sup>3</sup>	Verão	108,7	Guiana Francesa	-	-
	Inverno	102,7	Oiapoque (AP)	-	-
200 m <sup>3</sup>	Verão	101,1	Guiana Francesa	122,8	Guiana Francesa
	Inverno	86,6	Guiana Francesa	97,7	Guiana Francesa
46.742 m <sup>3</sup>	Inverno	< 3	São Vicente e Granadinas, Barbados e Trinidad e Tobago	< 3	Barbados

### 2.1.9 Questão 9

*“Apresentar o perfil vertical das simulações probabilísticas de vazamento de óleo de fundo.”*

**Resposta:**

São apresentados a seguir, nas Figura 41 e Figura 42, os perfis verticais de probabilidade para os vazamentos de *blowout* para cada cenário sazonal (inverno e verão, respectivamente). O

resultado na coluna d'água representa a integração dos valores de probabilidade de presença de óleo ao longo da longitude, isto é, é apresentado o maior valor de probabilidade em cada ponto de grade relativo à longitude e a profundidade.

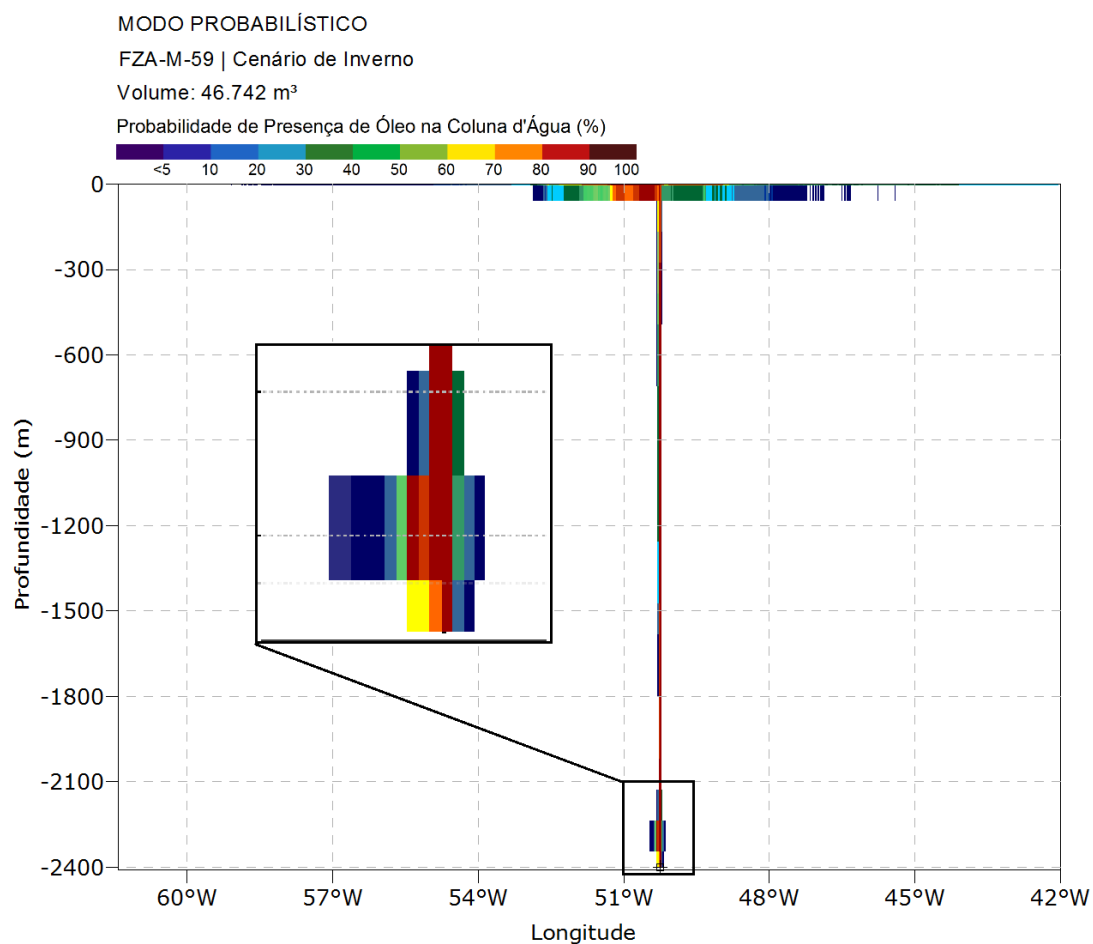


Figura 41: Perfil vertical da probabilidade máxima de presença de óleo em longitude para vazamento de *blowout* no bloco FZA-M-59 no período de inverno.

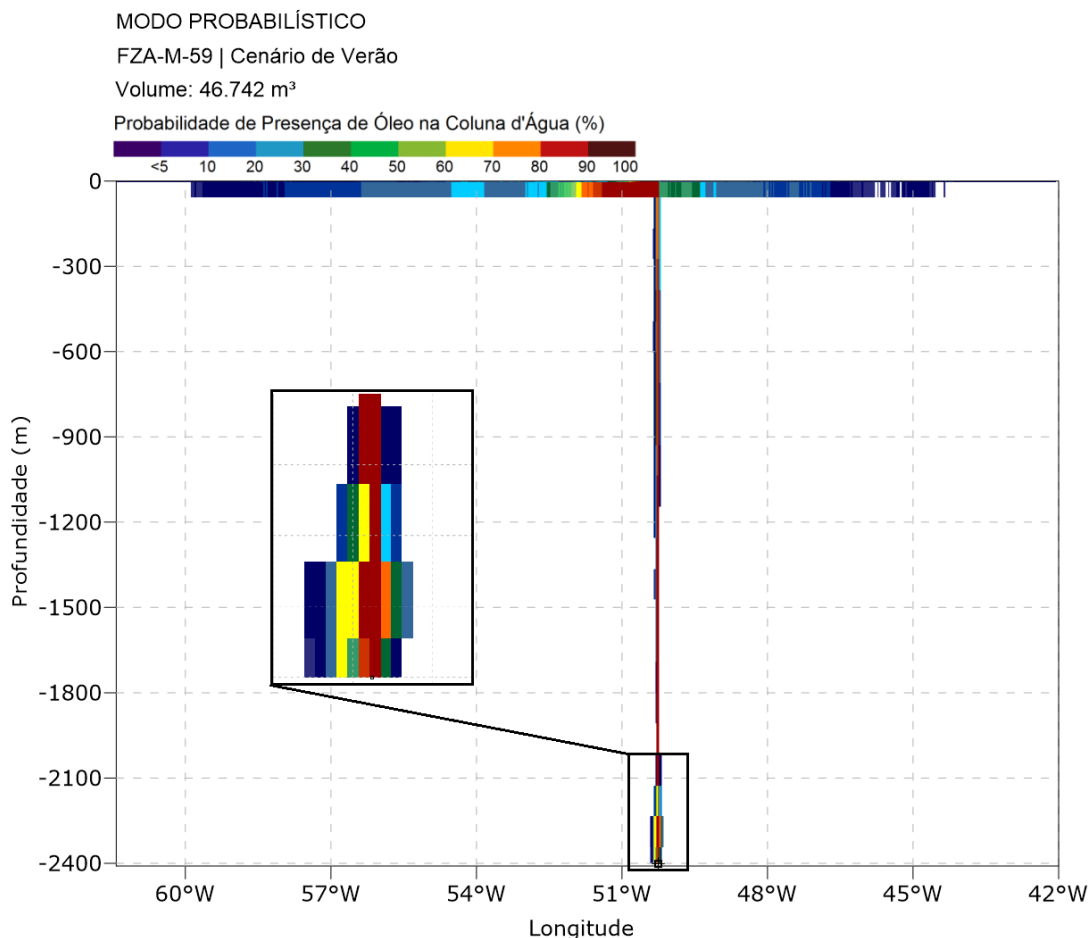


Figura 42: Perfil vertical da probabilidade máxima de presença de óleo em longitude para vazamento de *blowout* no bloco FZA-M-59 no período de verão.

Em relação à probabilidade de óleo na coluna d'água, observa-se que valores de concentração de óleo acima de 20 ppb (limiar utilizado nas simulações e justificado no item 3.1.2 Estratégias de Modelagem do relatório) são observados ao longo de toda a coluna d'água como uma coluna vertical centrada próxima à coordenada do ponto de vazamento, desde o fundo até as camadas mais superficiais. Nestas camadas, com profundidades menores que 100 m, é onde se observa um maior espalhamento e maior distribuição espacial horizontal do óleo em subsuperfície. Probabilidades acima de 80% nestas camadas se restringem a uma distância máxima de aproximadamente 1,5° do ponto de vazamento em direção noroeste.

Como pode ser observado nos perfis apresentados e corroborados pelos mapas em planta de probabilidade máxima de óleo ao longo de toda coluna d'água (Figuras 112 e 122 do relatório enviado), observa-se no cenário de verão um maior espalhamento longitudinal do óleo em quando comparado com o cenário de inverno. Este comportamento se baseia na maior

intensidade das correntes e direção predominante para noroeste no período de verão e presença da retroflexão da CNB e meandros no período de inverno, que leva o óleo a se deslocar para leste.

Próximo ao ponto de vazamento, em uma lâmina d'água de 300 metros a partir do fundo, também se observa um espalhamento horizontal nos dois cenários simulados, devido a maior dispersão do óleo nesta região. Este não é tão expressivo quanto o observado próximo às camadas mais superficiais, mas é maior do que o observado ao longo de todo o restante da coluna d'água.

### 2.1.10 Questão 10

*“Comparando-se o Estudo de Impacto Ambiental Rev 00 encaminhado pela Empresa Total, no âmbito do processo n° 02022.000327/14-62 , com o estudo em análise, observar-se que os volumes de óleo utilizados para os cenários de Blow Out em ambos os casos é o mesmo, de 46.742 m<sup>3</sup> (294.000 bbl), assim como as características do óleo, a base hidrodinâmica utilizada também é a mesma, assim como os critérios de avaliação do modelo de óleo. As estações da FEMAR utilizadas para avaliar a maré no modelo foram as mesmas; o período extraído do OSTIA para a comparação da Temperatura da Superfície do Mar foi o mesmo; para a estrutura vertical de temperatura e salinidade foram utilizados os dados da climatologia WOA13 do mesmo ponto de grade nos dois casos; correntes superficiais e de profundidade foram avaliadas com os mesmos fundeios e derivadores. Assim, como as estratégias de modelagem. As forçantes utilizadas em ambos os modelos também foram as mesmas. Ou seja, os estudos são bem parecidos.*

*A Empresa Total executou a modelagem de dispersão de óleo para dois pontos diferentes, sendo um mais raso e mais próximo da costa, FZA-86 e outro um pouco mais distante e profundo, entre os blocos FZA-125 e FZA-127. Já a Empresa BP executou a modelagem para apenas um ponto no bloco FZA-59, mais próximo do ponto modelado entre os blocos FZA-125 e FZA-127 da Total. Todavia foram observados padrões um pouco distintos nas de probabilidades de presença de óleo na superfície, de óleo na coluna d'água e nos sedimentos, além de diferenças nos balanços de massa, em alguns cenários de vazamento de superfície de 8m<sup>3</sup> e 200 m<sup>3</sup>. As diferenças encontradas nos resultados para volume de Blow Out podem ser explicadas pelas diferenças de profundidade entre os pontos modelados nos estudos da Empresa BP e Total. **Solicita-se que seja feita a discussão a respeito das diferenças entre os resultados.**”*



### **Resposta:**

Como exposto nos comentários que antecedem a solicitação, os pontos considerados como aqueles onde presumidamente os riscos poderiam ser considerados maiores em cada relatório de modelagem de dispersão de óleo de cada processo estão posicionados em locais distintos, procurando exemplificar, para cada bloco, o comportamento de óleo mais extremo esperado em caso de vazamento (Figura 43). Como pode ser visto, os pontos do processo da empresa Total distam 39 km (FZA-M-86) e 62 km (FZA-M-125/FZA-M-127) do ponto da empresa BP.

Em conformidade com exposto neste Parecer Técnico, as diferenças entre os resultados probabilísticos são pequenas (*“padrões um pouco distintos”*) uma vez que foram consideradas as mesmas premissas e dados de entrada para ambos os processos. Porém, as diferenças nas posições de vazamento que foram consideradas em cada modelagem são suficientes para gerar as diferenças nos resultados. Mais do que a distância entre as posições de vazamento, é importante a análise da sua lâmina d’água (profundidade) e de sua posição relativa à principal feição hidrodinâmica local, ou seja, a CNB. Isto também corrobora a representatividade da base hidrodinâmica, que reproduz as peculiaridades da hidrodinâmica nas diferentes províncias.

Enquanto o ponto do FZA-M-59 está localizado em uma lâmina d’água de quase 2.500 m (sopé do talude), os pontos da empresa TOTAL estão em lâminas mais rasas, inferior a 200 m para o ponto do bloco FZA-M-86 (início de quebra de plataforma continental) e a cerca de 1.500 m para o ponto do bloco FZA-M-125/FZA-M-127 (no talude continental).

Desta forma, o ponto do FZA-M-59 encontra-se no centro da influência da CNB na parcela mais superficial da coluna d’água (0 a 200 m, aproximadamente), com intensidade média de 1 m/s, porém apresentando máximos de até 2 m/s e direção NW. Entre 800 e 2500 m a corrente sofre uma inversão, passando para SE, com intensidade média de 0,2 m/s e máxima em torno de 0,6 m/s. As menores intensidades são encontradas junto ao fundo e na interface entre as duas correntes com sentidos opostos.

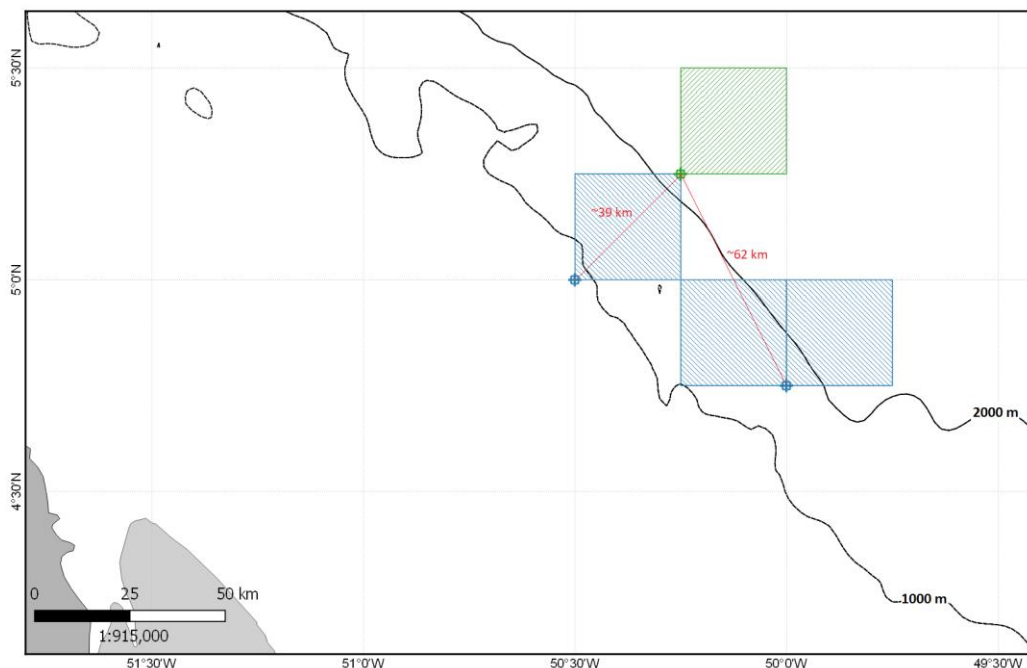


Figura 43: Localização do bloco FZA-M-59 e seu ponto modelado (em verde) e os blocos FZA-M-86 e FZA-M-125/FZA-M-127 e seus pontos modelados (em azul). Em vermelho estão as distâncias entre eles.

### 2.1.11 Questão 11

*“Solicita-se a apresentação em um mapa com a localização do ponto simulado e a área onde se encontra o sistema recifal da região, mostrando a distância que existe entre os dois pontos.”*

**Resposta:**

A seguir é apresentado o mapa com a localização do ponto utilizado na modelagem considerado no estudo para o bloco FZA-M-59 e os diferentes tipos de fundo descritos no estudo de Moura *et al.* (2016). Como pode ser visualmente comprovado, o ponto escolhido é aquele que apresenta menor distância a este sistema.

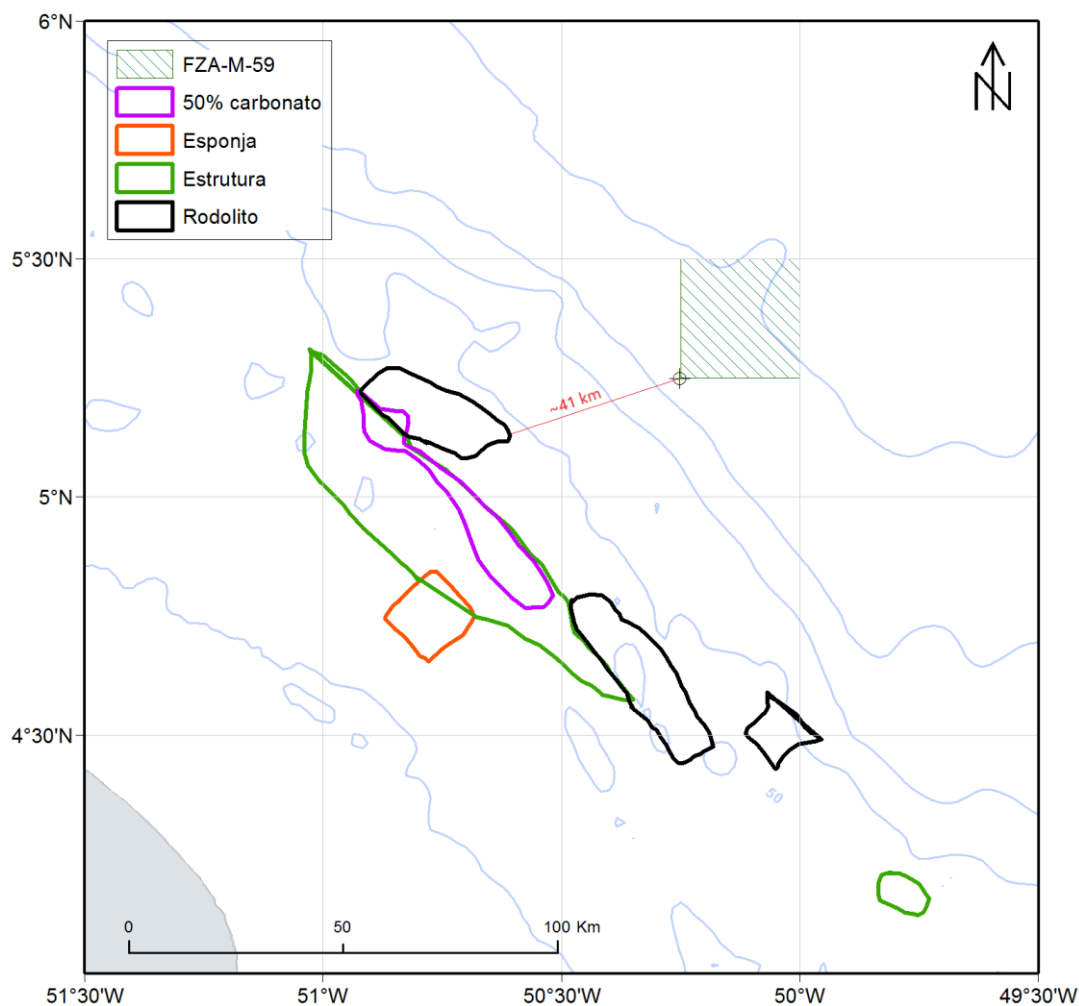


Figura 44: Localização do bloco FZA-M-59, o ponto modelado, os tipo de fundos descritos em Moura et al. (2016) e a menor distância entre eles.

## 2.2. ANEXO C - Modelagem de Cascalho e Fluido Aderido

### 2.2.1 Questão 1

*“Este trabalho conta com uma peculiaridade por apresentar as simulações probabilísticas para o comportamento do cascalho ao ser descartado nas perfurações. Essa nova configuração enriqueceu a discussão sobre o assunto.*

*As simulações foram feitas para cinquenta e cinco dias, considerando o período de simulação e o tempo necessário para o material de depositar no fundo. Este período é suficiente para que*

*haja a deposição de 98,55% do material descartado, de acordo com o apresentado no estudo. Esse período foi considerado satisfatório.*

*Os resultados encontrados nas simulações probabilísticas apresentaram comportamentos esperados considerando o padrão de correntes de fundo. É possível observar que para o cenário de verão, há probabilidades de pilhas de deposição para noroeste, em virtude das correntes mais superficiais de sudeste. Provavelmente, o material mais fino fica em suspensão até se depositar acompanhando correntes menos profundas. **Solicitam-se comentários a respeito dos resultados.***

**Resposta:**

O estudo referente ao Poço Mangaba, apresentado neste processo de licenciamento, foi substituído pelo estudo de modelagem do Poço Morpho (vide **Anexo A**, na sequência desse documento de respostas). Os resultados destes dois estudos foram similares. Esta resposta foi, portanto, adaptada para os novos resultados (obtidos pelo descarte do Poço Morpho).

A probabilidade de presença de deposição à noroeste do ponto de descarte é baixa, inferior a 30%, configurando ainda classes de espessuras inferiores a 10 mm. As rosas de correntes para este cenário de verão (Figura 8 do Relatório de Modelagem) são rerepresentadas a seguir, na Figura 45**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, bem como a figura com a probabilidade de deposição de cascalhos para o verão (Figura 14 do Relatório de Modelagem) – Figura 46**Erro! Fonte de referência não encontrada.** O material acumulado à noroeste do ponto de descarte é caracterizado pela porção mais fina do material descartado em superfície – descartado com *riser* – e que sofreu influência das correntes de noroeste ao longo da coluna d'água. Como apresentado nas rosas de correntes a seguir (Figura 45**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), a corrente de noroeste é intensa na superfície (> 1,5 m/s) e está presente ainda na rosa de correntes representativa de 1.000 m de profundidade, porém com intensidade bem inferior (< 0,2 m/s).

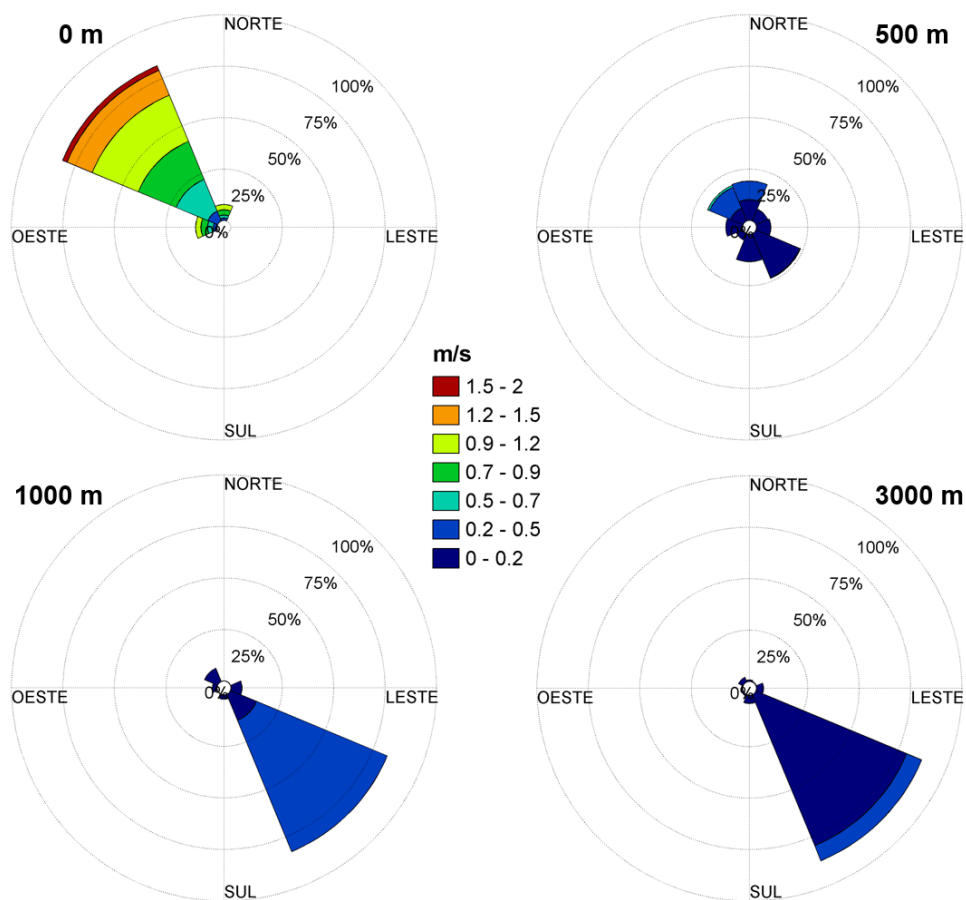


Figura 45: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 500, 1.000 e 3.000 metros, para o período representativo do cenário de verão, do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço.

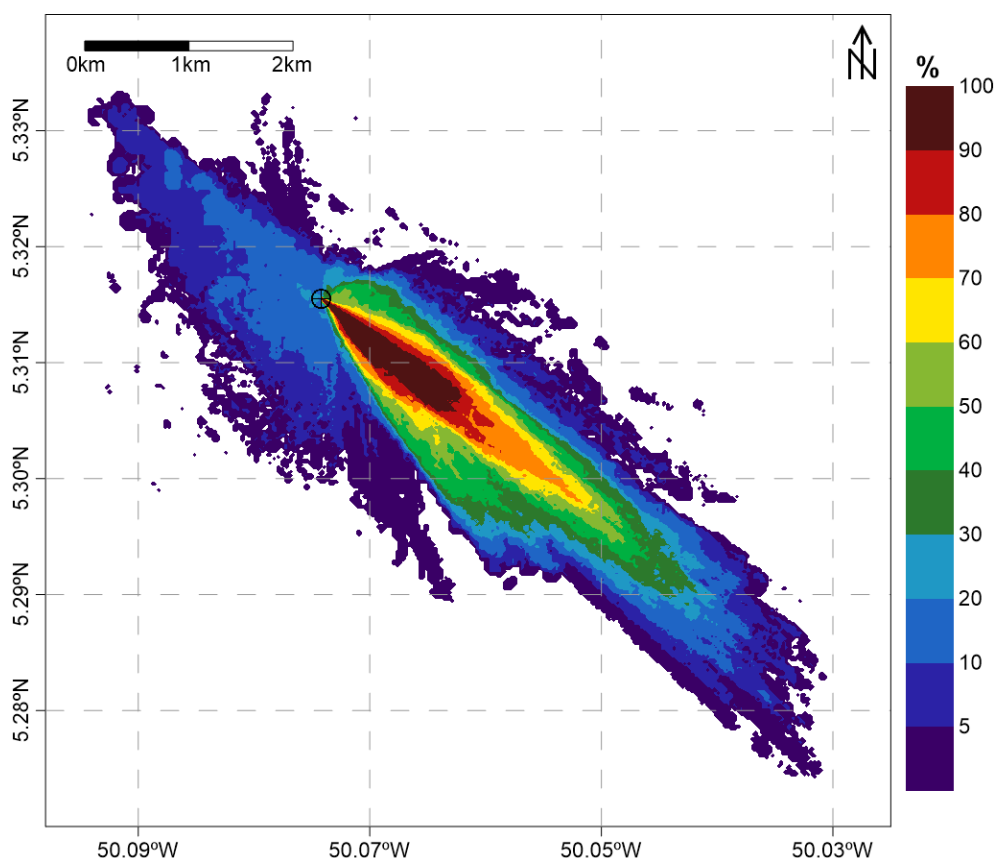


Figura 46: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão.

## 2.2.2 Questão 2

*“Solicita-se a apresentação em um mapa com a localização do ponto simulado e a área onde se encontra o sistema recifal da região, mostrando a distância que existe entre os dois pontos.”*

### Resposta:

O mapa solicitado é apresentado na Figura 47. Da mesma forma como descrito na resposta anterior, este mapa foi adaptado para os resultados do descarte no Poço Morpho. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** menor distância entre o Poço Morpho – local de descarte – e o sistema recifal é de aproximadamente 62 km. Em vermelho, é apresentada a área de probabilidade de presença de espessuras acima de 0,01 mm (limiar mais restritivo considerado) para os cenários sazonais de verão e inverno.

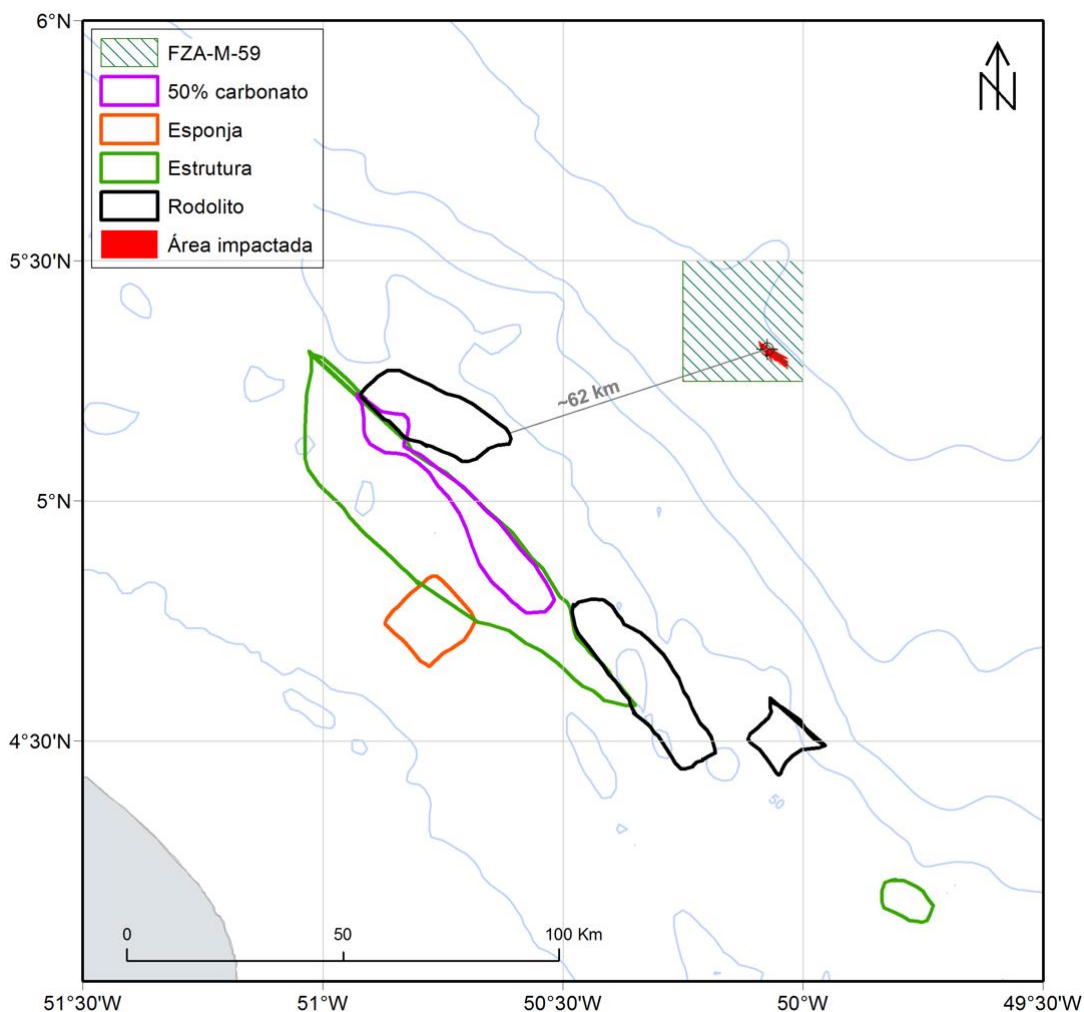


Figura 47: Mapa com a localização do Bloco FZA-M-59, do Poço Morpho – ponto de descarte de cascalho – e o sistema recifal da região, abrangendo esponjas, estruturas, 50% carbonato e rodólitos.

### 3. Referências bibliográficas

CALLÉDE, J.; GUYOT, J.; GUIMARÃES, V. S.; OLIVEIRA, E.; PANTOJA FILIZOLA, N. 1996. As descargas do rio Amazonas em Óbidos. HIBAM: Hidrologia da Bacia Amazônica. DNAEE-CGRH / CNPq.

- CHÉRUBIN, M. L.; RICHARDSON L. P.. Caribbean current variability and the influence of the Amazon and Orinoco freshwater plumes. *Deep-Sea Research I* 54 (2007). 1451-1473. 2007.
- DAI, A. AND TRENBERTH, K. E.: Estimates of freshwater discharge from continents: latitudinal and seasonal variations, *J. Hydrometeorol.*, 3, 660–687, 2002.
- FFIELD, A. 2005. North Brazil current rings viewed by TRMM Microwave Imager SST and the influence of the Amazon Plume. *Deep-Sea Research*, I 52, pp. 137-160.
- FRATANTONI, D. M., W. E. JOHNS, T. L. TOWNSEND, and H. E. HULBURT (2000), Low-latitude circulation and mass transport pathways in a model of the tropical Atlantic Ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, 30, 1944–1966.
- GENSAC E.; MARTINEZ J.; VANTREPOTTE V.; ANTHONY E.J..Seasonal and inter-annual dynamics of suspended sediment at the mouth of the Amazon river: The role of continental and oceanic forcing, and implications for coastal geomorphology and mud bank formation. *Continental Shelf Research*. 118(2016) 49-62. 2016.
- GEYER, W.R.; BEARDSLEY, R.C.; CANDELA, J.; CASTRO, B.M.; LEHECKIS, R.V.; LENTZ, S.J.; LIMEBURNER, R.; MIRANDA, L.B.; TROWBRIDGE, J.H., 1991. The Physical Oceanography of the Amazon Outflow. *Oceanography*, (April), pp. 8-14.
- HELLERMAN, S., ROSENSTEIN, M., 1983. Normal monthly wind stress over the World Ocean with error estimates. *J. Phys. Oceanogr.*, 13, pp. 1093-1104.
- HORMANN, V. LUMPKIN, R. FOLTZ, R. G. 2012. Interannual North Equatorial Countercurrent variability and its relation to tropical Atlantic climate modes. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 117. 2012.
- JOHNS, W.E., LEE, T.N., BEARDSLEY, R.C., CANDELA, J., LIMEBURNER, R., CASTRO, B., 1998. Annual cycle and variability of the North Brazil Current. *Journal of Physics and Oceanography* 28, 103–128.
- LENTZ, S.J. AND LIMEBURNER, R., 1995. The Amazon River Plume during AMASSEDS: Spatial characteristics and salinity variability. *Journal of Geophysical Research*, v. 100, n. C2, pp. 2355-2375.
- MOURA R. L.; AMADO-FILHO G. M.; MORAES F.C.; BRASILEIRO P. S.; SALOMON P. S.; MAHIQUES M. M.; BASTOS A. C.; ALMEIDA M. G.; SILVA J. M. JR.; ARAUJO B. F.; BRITO F. P.; RANGEL T. P.; OLIVEIRA B. C.; BAHIA R. G.; PARANHOS R. P.; DIAS R.



J.; SIEGLE E.; FIGUEIREDO A. G. JR.; PEREIRA R. C.; LEAL C. V.; HAJDU E.; ASP N. E.; GREGORACCI G. B.; NEUMANN-LEITÃO S.; YAGER P. L.; FRANCINI-FILHO R. B.; FRÓES A.; CAMPEÃO M.; SILVA B. S.; MOREIRA A. P.; OLIVEIRA L.; SOARES A. C.; ARAUJO L.; OLIVEIRA N. L.; TEIXEIRA J. B.; VALLE R. A.; THOMPSON C. C.; REZENDE C.E.; THOMPSON F. L. An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances*. 2016;2(4):e1501252. doi:10.1126/sciadv.1501252.

NETO D. F. U., 2005. Dinâmica da Contra-corrente Norte Equatorial na Região Oeste do Oceano Atlântico Tropical. Tese (Doutor em Ciências), IOUSP/USP, São Paulo.

NIKIEMA, O., DEVENON, JL., BAKLOUTI, M., 2006. Numerical modeling of the Amazon River plume. *Continental Shelf Research*, v. 27, pp. 873-899.