



Relatório Técnico [rev.00]

Esclarecimentos complementares à 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.

29 de junho 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

© 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

1. Introdução	7
2. Esclarecimentos	7
2.1. II.8 Anexos - Modelagem de dispersão de óleo.....	7
2.2. II.8 Anexos - Modelagem na rota de embarcação	13
3. Referências bibliográficas	37

Índice das imagens

Figura 1: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de <i>blowout</i> de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-59 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).	9
Figura 2: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de <i>blowout</i> de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-59 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).	10
Figura 3: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e considerando 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco do bloco FZA-M-59. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.	11
Figura 4: Localizações dos fundeios M1, M2 e M3.	15
Figura 5: Localizações dos pontos de grade utilizados nas comparações. Em vermelho estão os fundeios e em amarelo os pontos de grade do ROMS.	16
Figura 6: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M1 extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.	18
Figura 7: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M2 extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.	19
Figura 8: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M3 extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.	20
Figura 9: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M1 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	21
Figura 10: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M2 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	22

Figura 11: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M3 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	22
Figura 12: Campo médio de circulação para o mês de janeiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (acima) e variável (abaixo).	24
Figura 13: Campo médio de circulação para o mês de fevereiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (acima) e variável (abaixo).	25
Figura 14: Campo médio de circulação para o mês de março obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	26
Figura 15: Campo médio de circulação para o mês de abril obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	27
Figura 16: Campo médio de circulação para o mês de maio obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	28
Figura 17: Campo médio de circulação para o mês de junho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	29
Figura 18: Campo médio de circulação para o mês de julho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	30
Figura 19: Campo médio de circulação para o mês de agosto obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	31
Figura 20: Campo médio de circulação para o mês de setembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	32
Figura 21: Campo médio de circulação para o mês de outubro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	33
Figura 22: Campo médio de circulação para o mês de novembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	34
Figura 23: Campo médio de circulação para o mês de dezembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	35

Índice das tabelas

Tabela 1: Valores comparativos obtidos nas simulações para a região dos recifes biogênicos baseados no mapeamento de Moura <i>et al.</i> (2016) e nas Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007), considerando ausência e a presença de sedimentos suspensos em ambos os pontos de risco.	12
Tabela 2: Tabela de estatística básica e percentis (50%, 75% e 90%) calculados para os fundeios M1, M2 e M3 e seus pontos correspondentes nas modelagens com rugosidade uniforme (ROMS 1) e com rugosidade variável (ROMS 2). Na tabela: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	21

1. Introdução

Este documento visa sanar eventuais dúvidas ainda remanescentes após a análise do documento de resposta ao Parecer Técnico nº 106/2017-COEXP/CGMAC/DILIC02022.000 quanto às modelagens hidrodinâmica e de dispersão de óleo que subsidiam o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Atividade de Perfuração Marítima de Poços no Bloco FZA-M-59, Bacia da Foz do Amazonas, operada pela BP Energy do Brasil ("BP") (Processo no 02022.000336/14-53).

Em virtude do entendimento de que algumas questões referentes aos modelos hidrodinâmico e de dispersão de óleo utilizados na Bacia da Foz do Amazonas estarem sendo feitas dentro do processo da empresa Total E&P do Brasil ("Total"), além da similaridade entre os dois processos e entre os EIAs apresentados pelas empresas, as explanações aqui apresentadas se baseiam em questionamentos endereçados àquela empresa por meio do Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC, no âmbito do Processo nº 02022.000327/14-62. Os aprofundamentos apresentados a seguir, contudo, limitam-se àqueles que a BP interpreta como cabíveis ao seu processo de licenciamento.

2. Esclarecimentos

2.1. II.8 Anexos - Modelagem de dispersão de óleo

2.1.1 Quanto ao comportamento do modelo de dispersão de óleo na representação de diferentes concentrações de sedimentos suspensos na coluna d'água.

A seguir são apresentados os resultados obtidos na modelagem numérica do transporte de óleo no mar considerando concentração de sedimentos suspensos a partir do ponto de risco localizado no bloco FZA-M-59. Para tal, foi considerado o cenário hipotético de pior caso requerido na legislação, de um vazamento contínuo por trinta dias e mais 30 dias sem contenção ou ações de resposta, com montante de óleo de 46.742 m³ (294.000 bbl), a partir do fundo.

Destaca-se que estas simulações têm carácter estritamente elucidativo, com o objetivo de avaliar a sensibilidade do modelo a mudanças na concentração de sedimentos em suspensão. Assim sendo, os resultados apresentados não devem ser entendidos como aplicáveis a outros itens do EIA.

Simulações probabilísticas

Para a obtenção dos resultados probabilísticos foram realizadas, para o ponto de risco, 300 diferentes simulações em cada período (verão e inverno), considerando uma concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão. Esse valor de concentração foi escolhido a fim de proporcionar ao IBAMA uma analogia com a simulação que apresentou a maior área de fundo impactada por óleo nos ensaios feitos pela empresa TOTAL em atendimento ao Parecer Técnico nº 58/17. Além disso, este valor de concentração pode ser considerado conservador em relação aos que foram encontrados no *baseline* realizado na região do bloco FZA-M-59, menores que 3 mg/l (10x menor).

Para comparação entre a atual simulação e a simulação original (ausência de sedimentos suspensos), foram avaliados, para cada cenário, (i) a abrangência da área com probabilidade de presença de óleo no fundo (Figura 1 e Figura 2), (ii) histogramas de diferenças entre os cenários simulados (Figura 3) e (iii) os valores de presença de óleo nos recifes biogênicos baseados no mapeamento de Moura *et al.* (2016) acrescido com os shapes das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007) (Tabela 1). Para os histogramas foram calculados os pontos que apresentaram probabilidade em alguma simulação, *i.e.*, se o valor de 0% de probabilidade fosse encontrado em um ponto nos dois casos simulados, este era desconsiderado do cálculo.

Para avaliar a presença de óleo no fundo oceânico foi utilizado o mesmo procedimento utilizado no estudo de modelagem de dispersão de óleo original (rev00): o cruzamento dos mapas de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água em diversas profundidades com o mapa de batimetria utilizado no estudo. Esse procedimento é feito uma vez que o modelo OSCAR no seu modo probabilístico, não faz o mapeamento na grade dos pontos em que há chegada de óleo no fundo oceânico.

É importante observar que existe uma diferença entre este procedimento e a especificação de um limiar de concentração de óleo nos sedimentos, em que, enquanto a concentração de óleo nos sedimentos leva em consideração um efeito cumulativo de adsorção de óleo, o critério utilizado no mapa de probabilidade leva em consideração apenas o fato do óleo "tocar" no fundo oceânico com concentrações superiores a 20 ppb (limiar de concentração de óleo na coluna d'água).

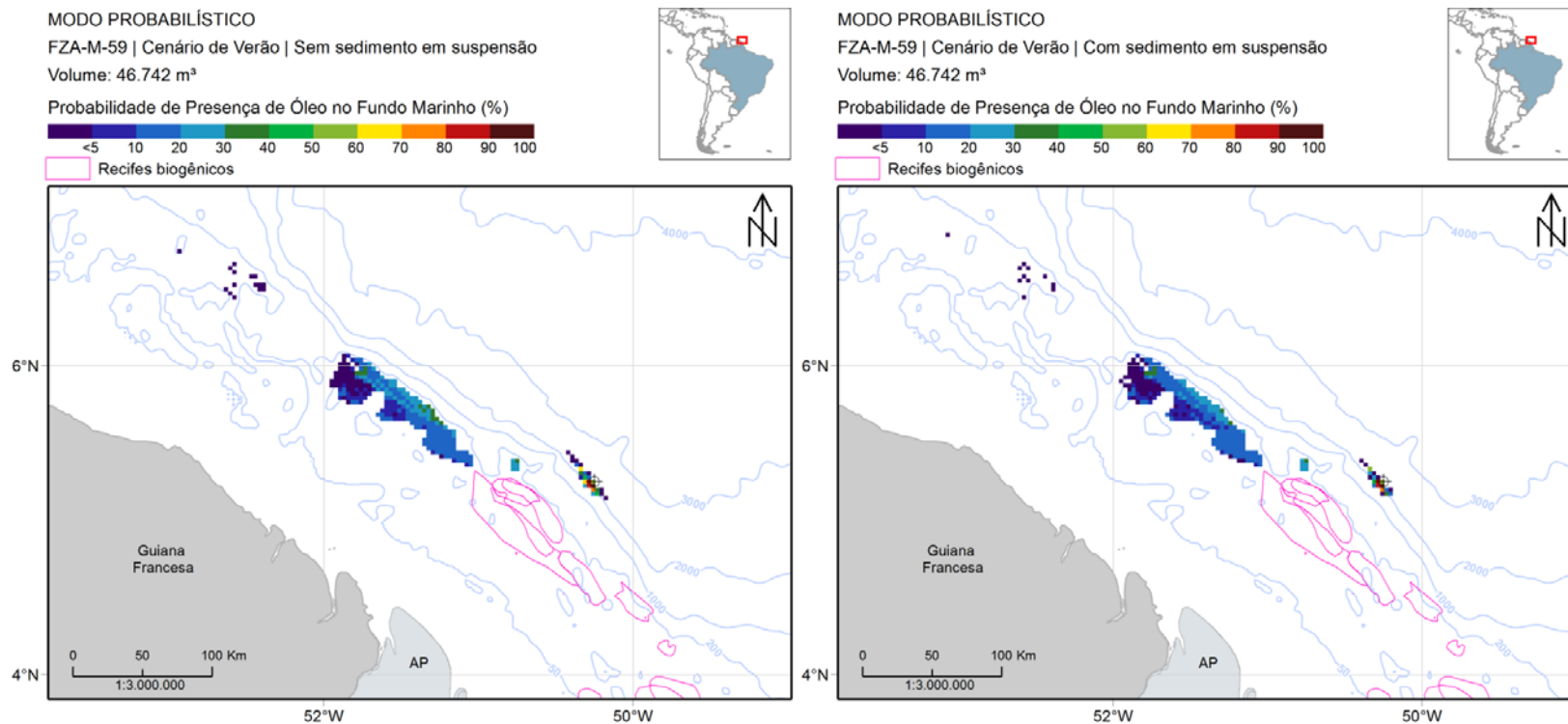


Figura 1: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-59 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

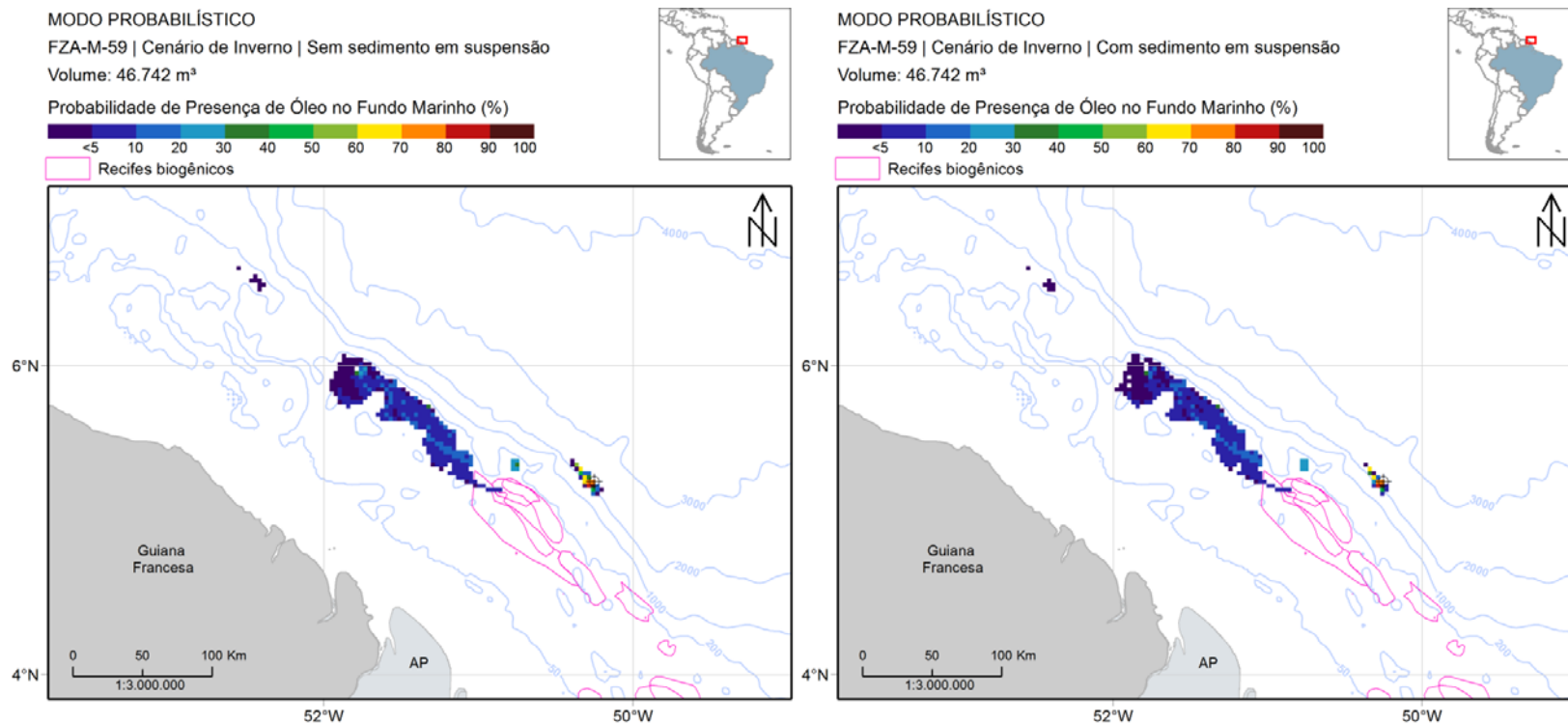


Figura 2: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-59 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

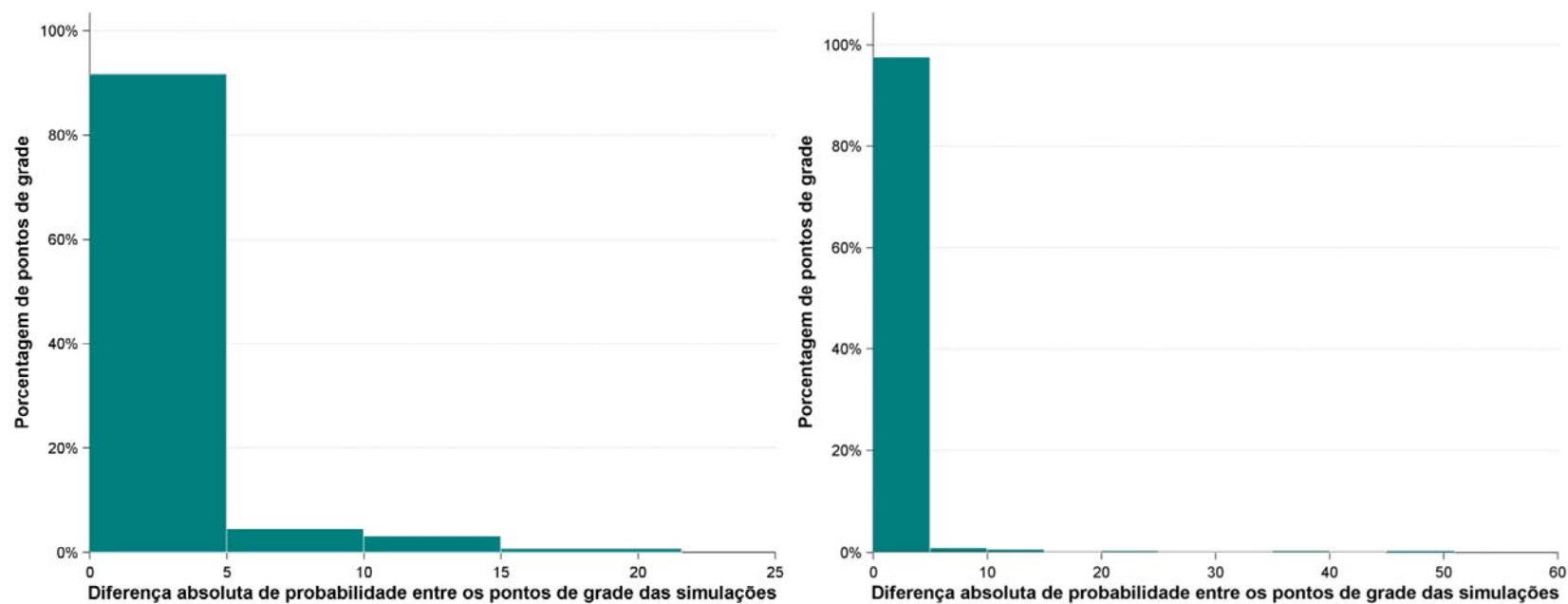


Figura 3: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e considerando 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco do bloco FZA-M-59. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.

Tabela 1: Valores comparativos obtidos nas simulações para a região dos recifes biogênicos baseados no mapeamento de Moura *et al.* (2016) e nas Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007), considerando ausência e a presença de sedimentos suspensos em ambos os pontos de risco.

Ponto de risco	Concentração de sedimento em suspensão	Verão				Inverno			
		Concentração máxima (ppb)	Probabilidade máxima (%)	Concentração máxima (ppb) no ponto de probabilidade máxima	Porcentagem da área mapeada dos recifes biogênicos com probabilidade (%)	Concentração máxima (ppb)	Probabilidade máxima (%)	Concentração máxima (ppb) no ponto de probabilidade máxima	Porcentagem da área mapeada dos recifes biogênicos com probabilidade (%)
FZA-M-59	0	-	-	-	-	44,74	8,33	44,74	0,12
	30	-	-	-	-	45,32	8,33	45,32	0,10

Análise dos resultados das simulações probabilísticas

De forma qualitativa, as figuras mostram que não houve alteração no padrão de ocorrência de óleo no fundo marinho quando se considerou a concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão quando comparadas àquelas simulações originais, em que não foi considerada esta presença de sedimentos suspensos. Essa ausência de alteração no padrão de probabilidade é ratificada pelos histogramas de diferenças entre os mapas de probabilidade, onde se observa que a maior parte das diferenças absolutas está próxima de 0%, em especial no cenário de inverno. No cenário de verão observa-se que alguns pontos de grade apresentaram maiores diferenças, no entanto, de maneira geral, foram inferiores a 5%.

Vale destacar, porém, que os efeitos da variação da concentração de sedimentos em suspensão devem ser vistos com cautela, uma vez que existe ainda uma grande lacuna de conhecimento na modelagem do fenômeno de adsorção de óleo em material particulado e posterior deposição no fundo oceânico. Neste quesito, assumiu-se uma imprecisão na representação do fenômeno pelo modelo e buscou-se uma maximização desse processo pelo uso de valores exagerados de concentração de sedimentos em suspensão (maiores que os observados na campanha de *baseline*, < 3 mg/l).

No caso da região dos recifes biogênicos baseados no mapeamento de Moura *et al.* (2016) e nas Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007), praticamente não há alterações nas quatro variáveis avaliadas. Observou-se um leve aumento nos valores de concentrações máximas e uma leve diminuição na área mapeada dos recifes biogênicos com probabilidade de toque. Destaca-se novamente que a concentração de sedimentos utilizada (30mg/l) já é bem superior à observada na região do bloco, conforme dados obtidos no *baseline* realizado na região (< 3 mg/l).

2.2. II.8 Anexos - Modelagem na rota de embarcação

2.2.1 Quanto à localização dos pontos de grade do ROMs utilizados na comparação com os pontos M1, M2 e M3 de fundeios do Projeto AmasSeds.

Cenários acidentais de afundamento de embarcação de apoio com vazamento de óleo/produtos químicos no trajeto entre a locação do poço e a base de apoio em terra foram incorporados ao EIA da BP por meio de revisões apresentadas em resposta ao Parecer Técnico nº 106/2017.

Para tanto, a empresa utilizou resultados da Revisão 01 do Relatório Técnico de Modelagem Hidrodinâmica Costeira e Dispersão de Óleo Diesel protocolado pela empresa Total na data de 30 de janeiro de 2018, em documento de resposta ao Parecer Técnico Nº 58/2017 emitido pelo IBAMA no âmbito do Processo nº 02022.000327/2014-62.

A fim de subsidiar uma avaliação da representatividade no ROMS das correntes na região mais costeira, o referido Relatório Técnico apresentou uma série de comparações entre parâmetros de correntes e ventos observados em três fundeios do projeto AmasSeds (M1, M2 e M3) e pontos de grade do ROMS (páginas 62 a 71). Por meio do Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC, o IBAMA, buscando aprofundar sua análise em relação à avaliação proposta, solicitou um mapa contendo os pontos de ROMS utilizados nas comparações.

Complementando as informações ora apresentadas, na tentativa de assim se promover o melhor entendimento dos dados que subsidiaram a modelagem utilizada no EIA da BP, são apresentadas as localizações dos fundeios M1, M2 e M3 e dos respectivos pontos de grade do modelo hidrodinâmico usados nas comparações (Figura 4 e Figura 5).

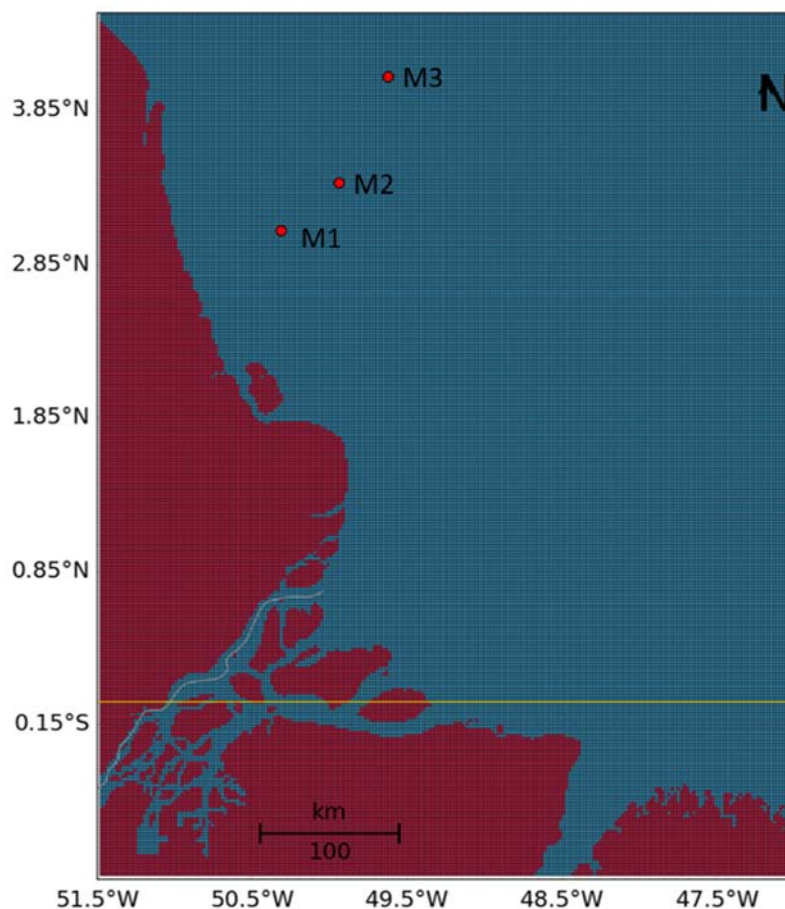


Figura 4: Localizações dos fundeios M1, M2 e M3

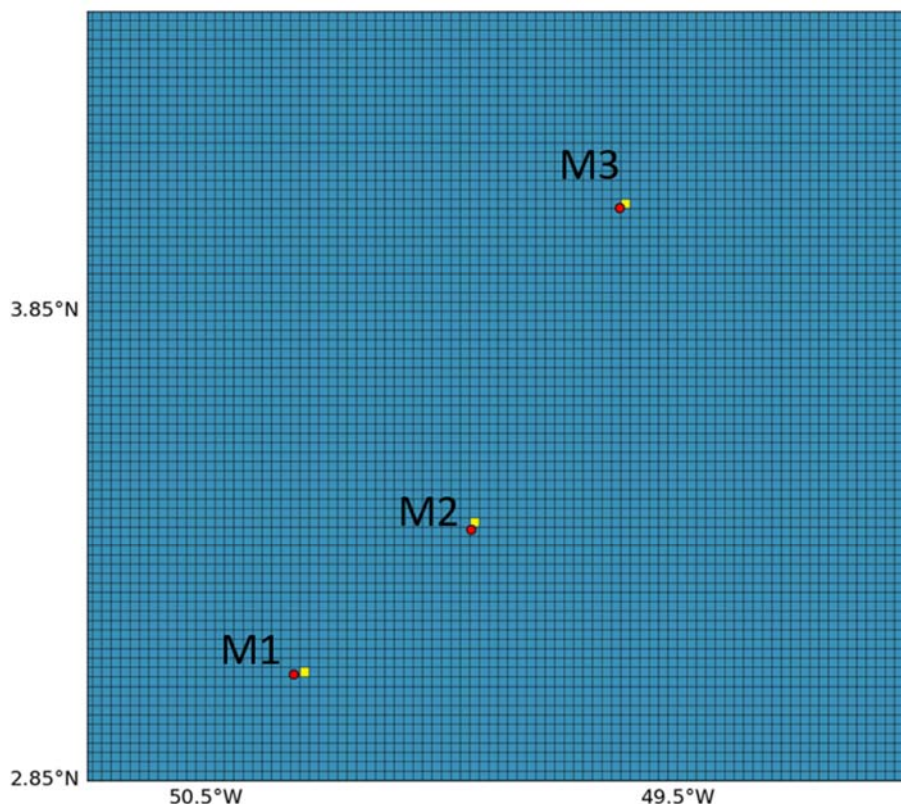


Figura 5: Localizações dos pontos de grade utilizados nas comparações. Em vermelho estão os fundeios e em amarelo os pontos de grade do ROMS.

2.2.2 Quanto às diferenças apresentadas nas bases hidrodinâmicas considerando diferentes coeficientes de rugosidade do fundo.

O modelo hidrodinâmico desenvolvido na Revisão 01 do Relatório Técnico de Modelagem Hidrodinâmica Costeira e Dispersão de Óleo Diesel, utilizada em subsídio ao EIA da BP, considera um coeficiente de rugosidade variável, enquanto a versão original do modelo, apresentada ao IBAMA pela empresa Total em estágio anterior do seu Processo nº 02022.000327/14-62 (Revisão 00 do Relatório Técnico de Modelagem Hidrodinâmica Costeira e Dispersão de Óleo Diesel, protocolado em março de 2017, em documento de resposta ao Parecer Técnico nº 02022.000055/2017-43 UAL/IBAMA), considerava um coeficiente de rugosidade homogêneo. A mudança foi motivada por solicitação do IBAMA, manifestada à Total por meio do Parecer Técnico nº 58/2017.

A fim de possibilitar um melhor entendimento quanto às variáveis do modelo no que diz respeito ao coeficiente de rugosidade, e assim dirimir eventuais dúvidas que por ventura tenham surgido por ocasião das diferenças apresentadas na comparação das duas versões, apresenta-se a seguir uma análise destas pelas séries temporais das componentes paralelas e perpendiculares dos pontos M1, M2 e M3 do ROMS.

Para comparação inicial, são apresentadas as séries temporais das componentes de velocidade obtidas nas modelagens desenvolvidas, tanto com o coeficiente de rugosidade homogêneo como com coeficiente de rugosidade variável (Figura 6 a Figura 8).

As séries demonstram que as mudanças na rugosidade praticamente não alteraram o padrão direcional das correntes nos pontos analisados (M1, M2 e M3), já que ambas seguem o mesmo comportamento. Entretanto, ao se analisar as intensidades das correntes, observa-se que a mudança da abordagem na rugosidade resultou algumas alterações nas velocidades.

Nas séries das componentes de velocidade para o ponto M1 (Figura 6) nota-se o predomínio do sinal de maré. As séries extraídas demonstram amplitudes e fases sempre muito próximas, com um aumento nas velocidades para o modelo que considera a rugosidade variável.

Nos pontos M2 (Figura 7) e M3 (Figura 8), localizados em porções mais externas da plataforma continental, a influência da maré diminui. Oscilações de mais baixa frequência, referentes a influência da CNB na plataforma continental externa da Bacia da Foz do Amazonas passam a ser mais importantes. Essas oscilações foram representadas de forma bastante próxima pelas modelagens com rugosidade homogênea e com rugosidade variável.

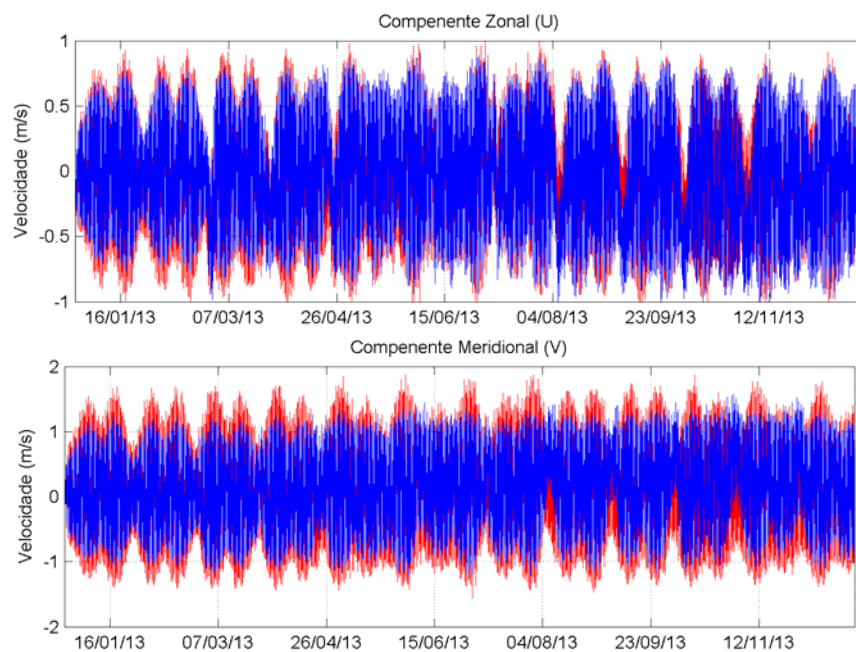


Figura 6: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M1 extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.

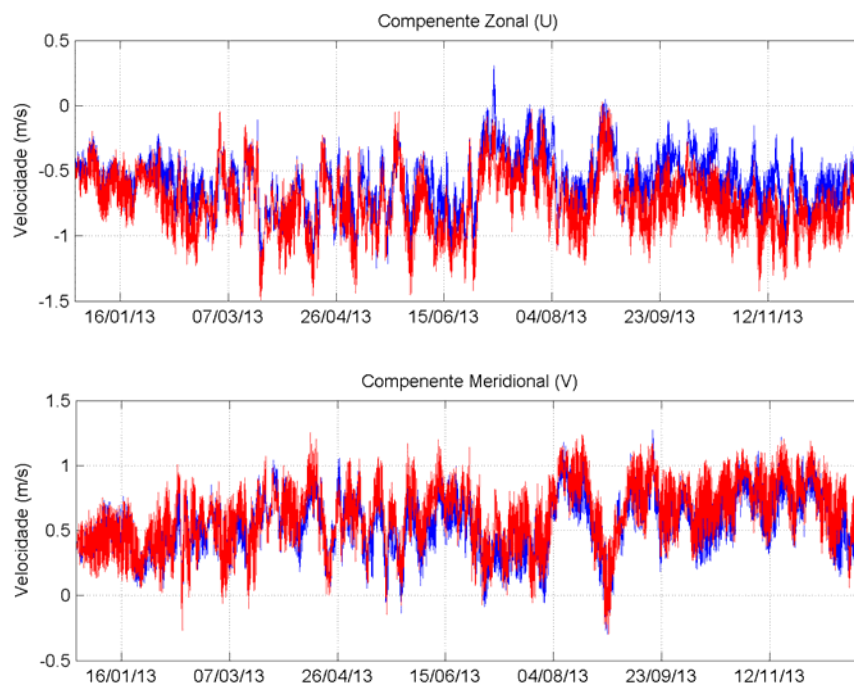


Figura 7: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M2 extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.

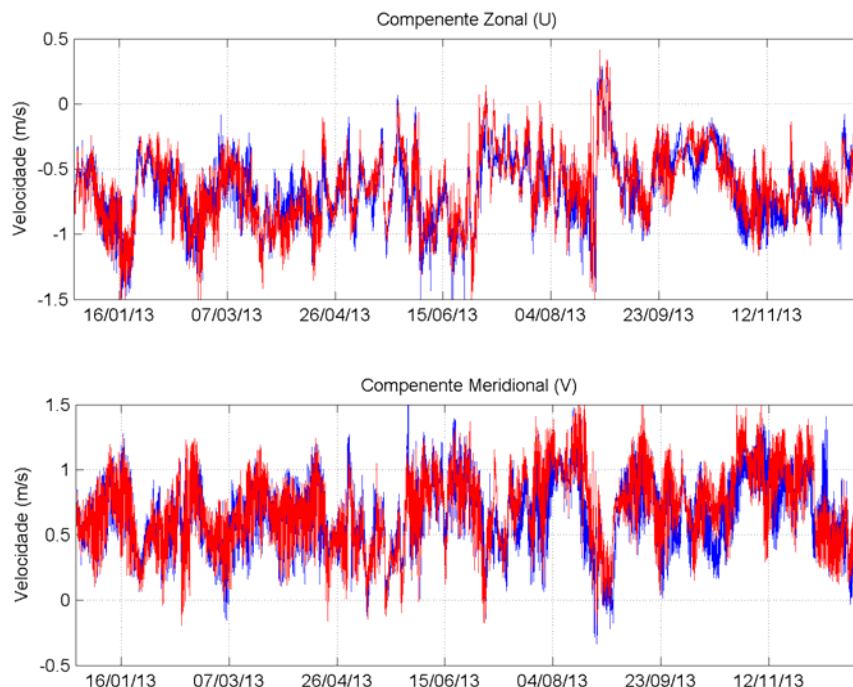


Figura 8: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M3 extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.

A Tabela 1 apresenta a estatística básica de velocidade para os fundeios M1, M2 e M3, bem como para os pontos correspondentes do ROMS nas duas modelagens (ROMS 1 – rugosidade uniforme e ROMS 2 – rugosidade variável). Para facilitar a comparação, estes mesmos dados são apresentados na forma de gráficos da Figura 9 a Figura 11.

Para os pontos M1 e M2, houve um aumento nas velocidades na modelagem com a rugosidade variável (ROMS 2). Já para o fundeio M3, a diferença entre os resultados foi maior, com redução das velocidades na modelagem com rugosidade variável, o que aproximou mais o resultado do modelo com as observações (Figura 11).

Tabela 2: Tabela de estatística básica e percentis (50%, 75% e 90%) calculados para os fundeios M1, M2 e M3 e seus pontos correspondentes nas modelagens com rugosidade uniforme (ROMS 1) e com rugosidade variável (ROMS 2). Na tabela: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

	Min (m/s)	Média (m/s)	Max (m/s)	DP (m/s)	P50 (m/s)	P75 (m/s)	P90 (m/s)
M1	0,024	0,810	1,913	0,367	0,808	1,068	1,304
ROMS 1	0,001	0,793	1,670	0,391	0,819	1,113	1,312
ROMS 2	0,002	0,888	2,229	0,451	0,911	1,249	1,481
M2	0,019	0,806	1,804	0,359	0,782	1,061	1,298
ROMS 1	0,178	0,840	1,451	0,234	0,839	1,017	1,145
ROMS 2	0,247	1,013	1,646	0,260	1,030	1,208	1,348
M3	0,257	0,724	1,285	0,161	0,695	0,818	0,961
ROMS 1	0,035	0,973	1,886	0,290	0,967	1,192	1,357
ROMS 2	0,006	0,592	1,247	0,192	0,612	0,731	0,826

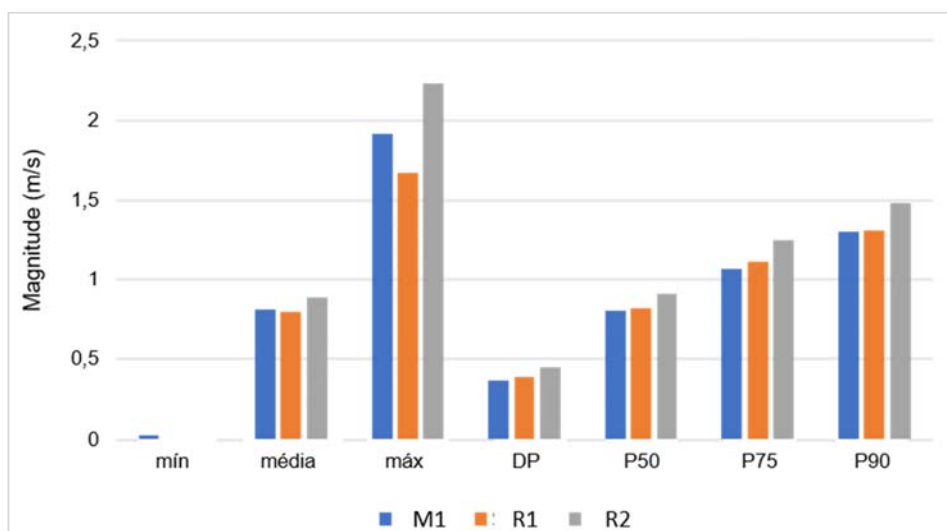


Figura 9: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M1 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

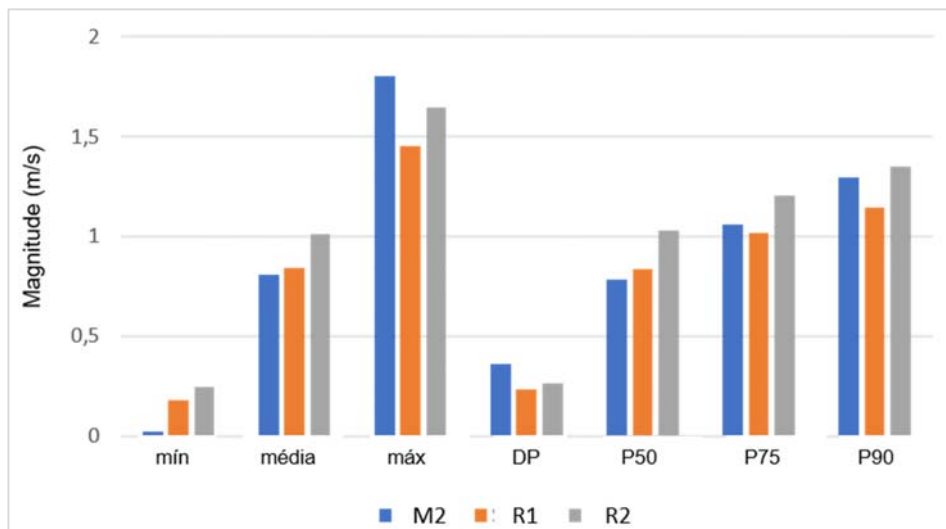


Figura 10: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M2 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

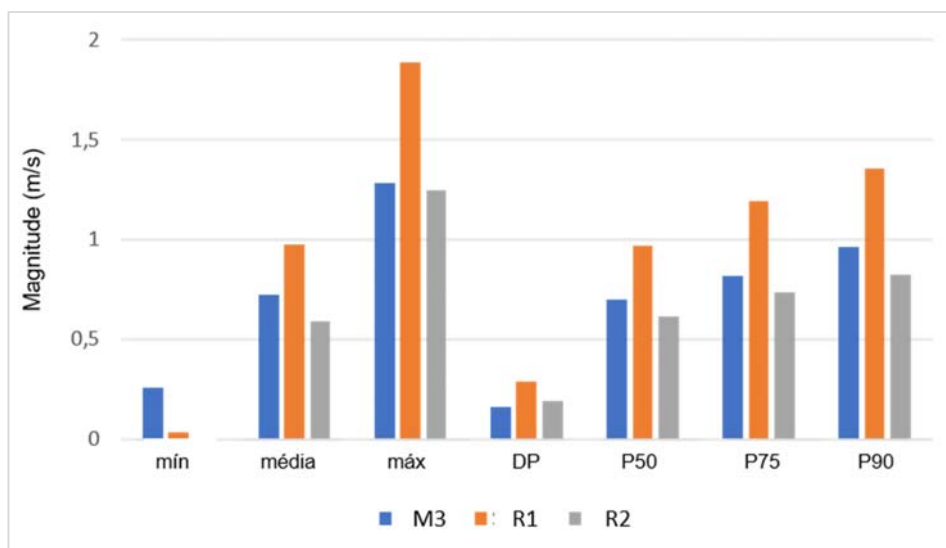


Figura 11: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M3 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

O padrão de circulação ao longo de todo o domínio de modelagem foi pouco alterado, como demonstrado pelos campos médios mensais de correntes superficiais obtidos para as modelagens com rugosidade homogênea e variável (Figura 12 e Figura 23).

O padrão de circulação e posicionamento da CNB permanece quase inalterado. A pluma do Amazonas se comporta de forma semelhante, com deslocamento para a direção *offshore* e para oeste. Nota-se que na modelagem que considera a rugosidade variável, os campos de velocidade na foz do rio Amazonas são um pouco mais turbulentos. Este é um efeito esperado, uma vez que a rugosidade é um dos principais parâmetros que afetam as características da propagação da onda de maré em áreas rasas. Efeito semelhante já foi observado em trabalhos prévios desenvolvidos na área de estudo (GABIOUX et al 2005, PIATAM-OCEANO, 2008, VILELA, 2011, MOLINAS 2014).

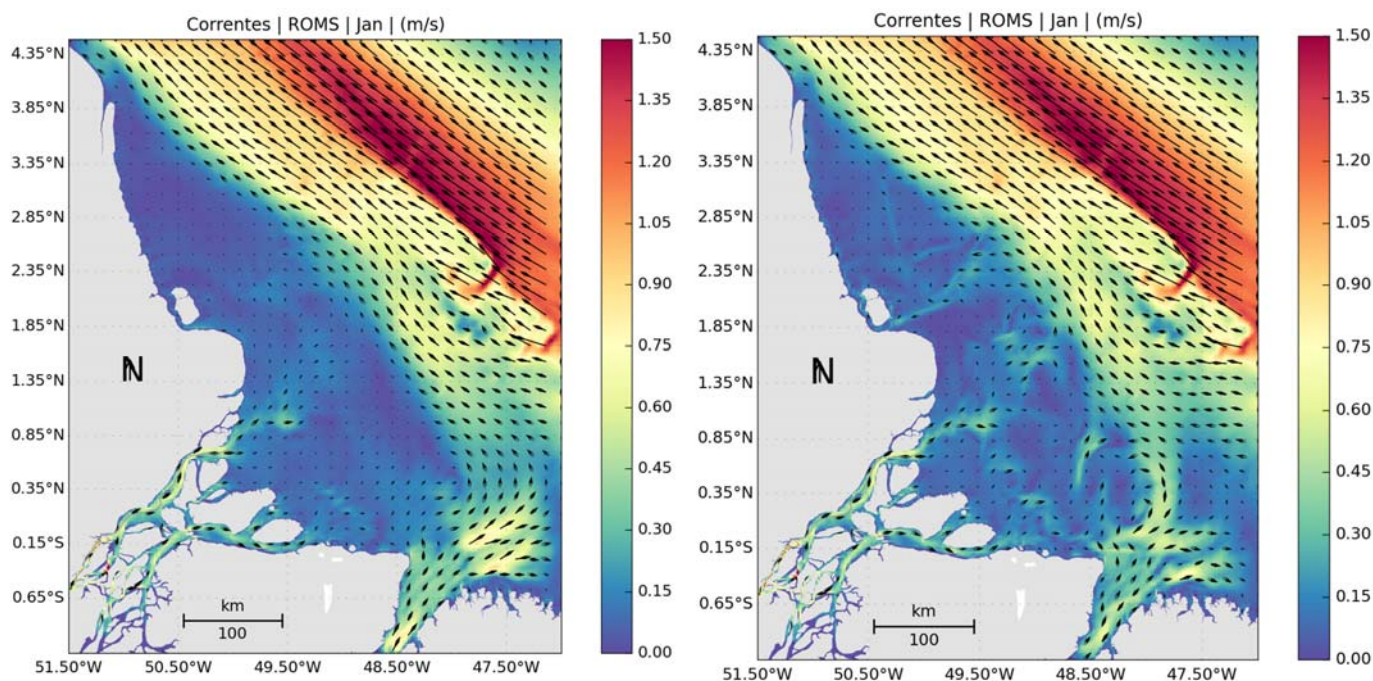


Figura 12: Campo médio de circulação para o mês de janeiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (acima) e variável (abaixo).

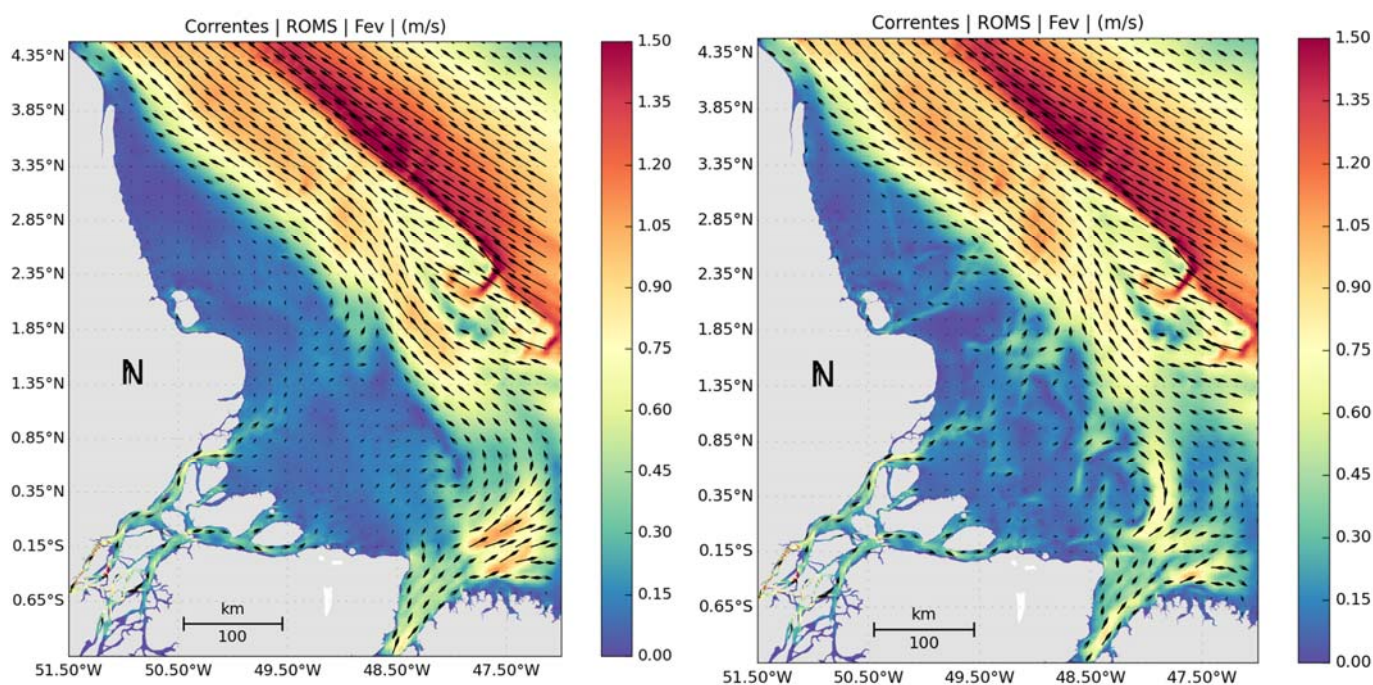


Figura 13: Campo médio de circulação para o mês de fevereiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (acima) e variável (abaixo).

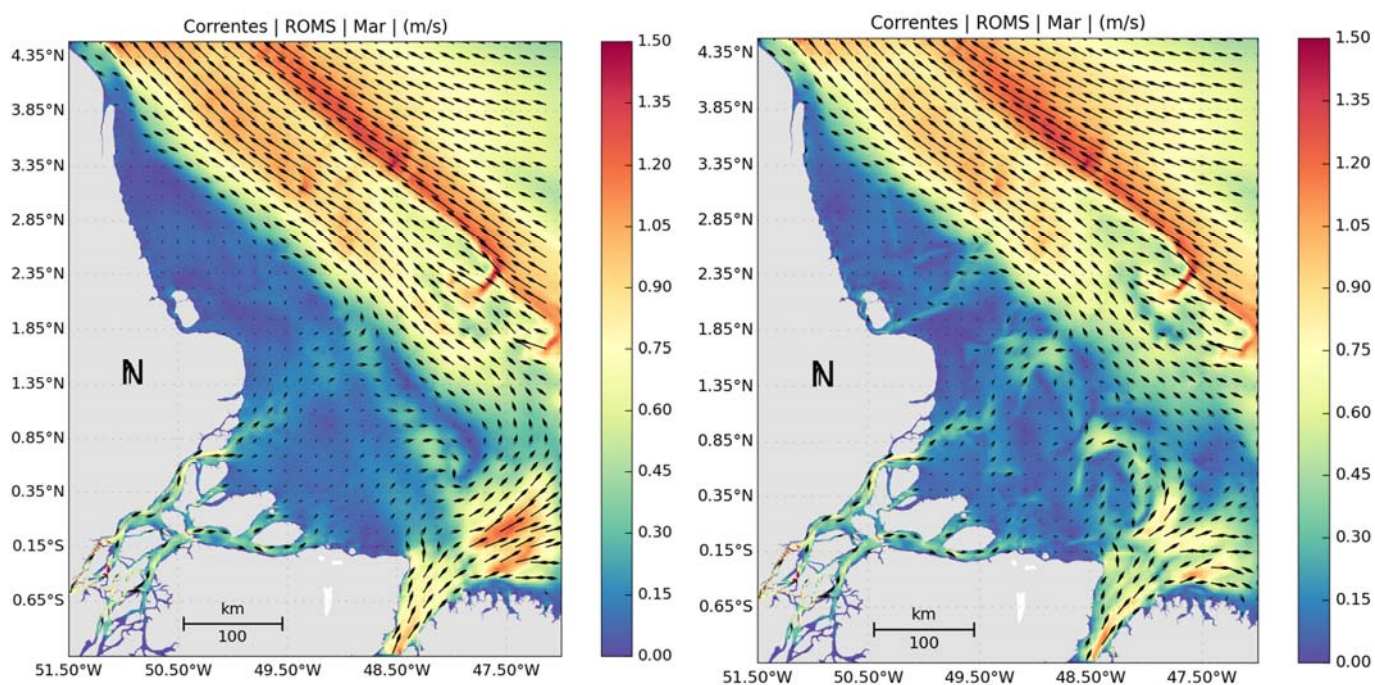


Figura 14: Campo médio de circulação para o mês de março obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

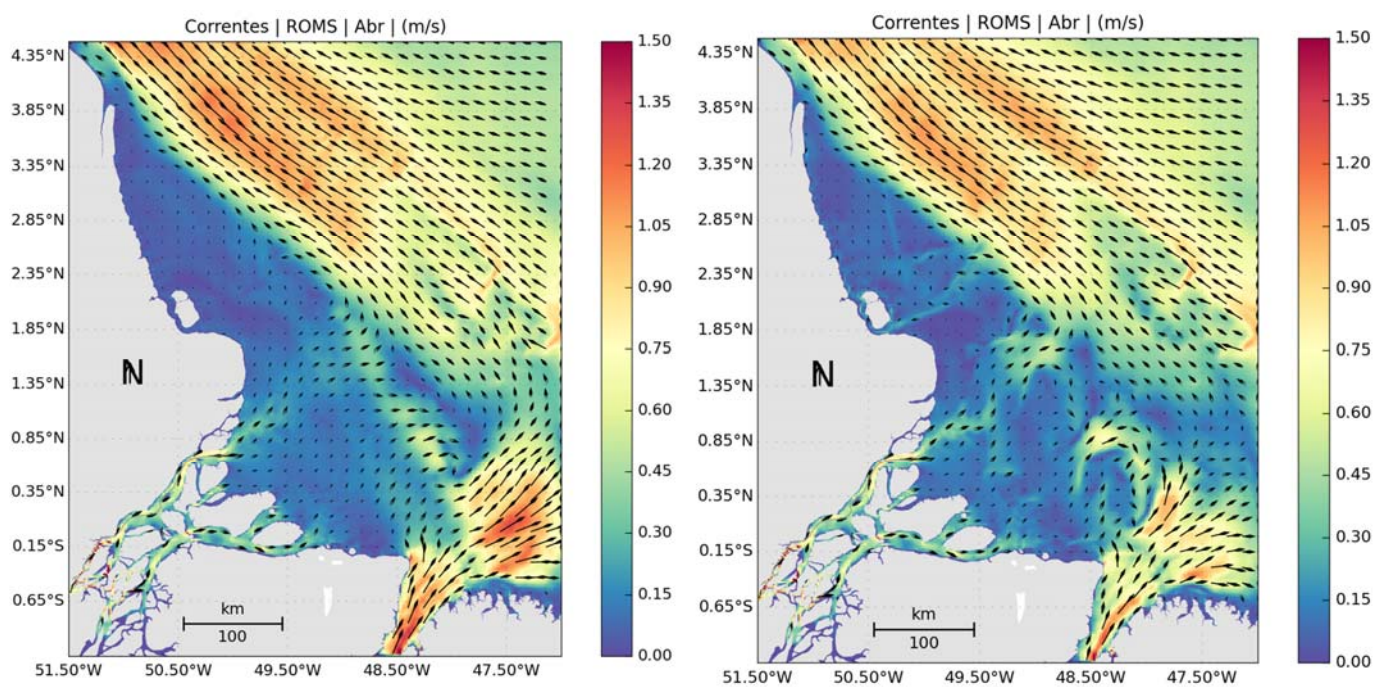


Figura 15: Campo médio de circulação para o mês de abril obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

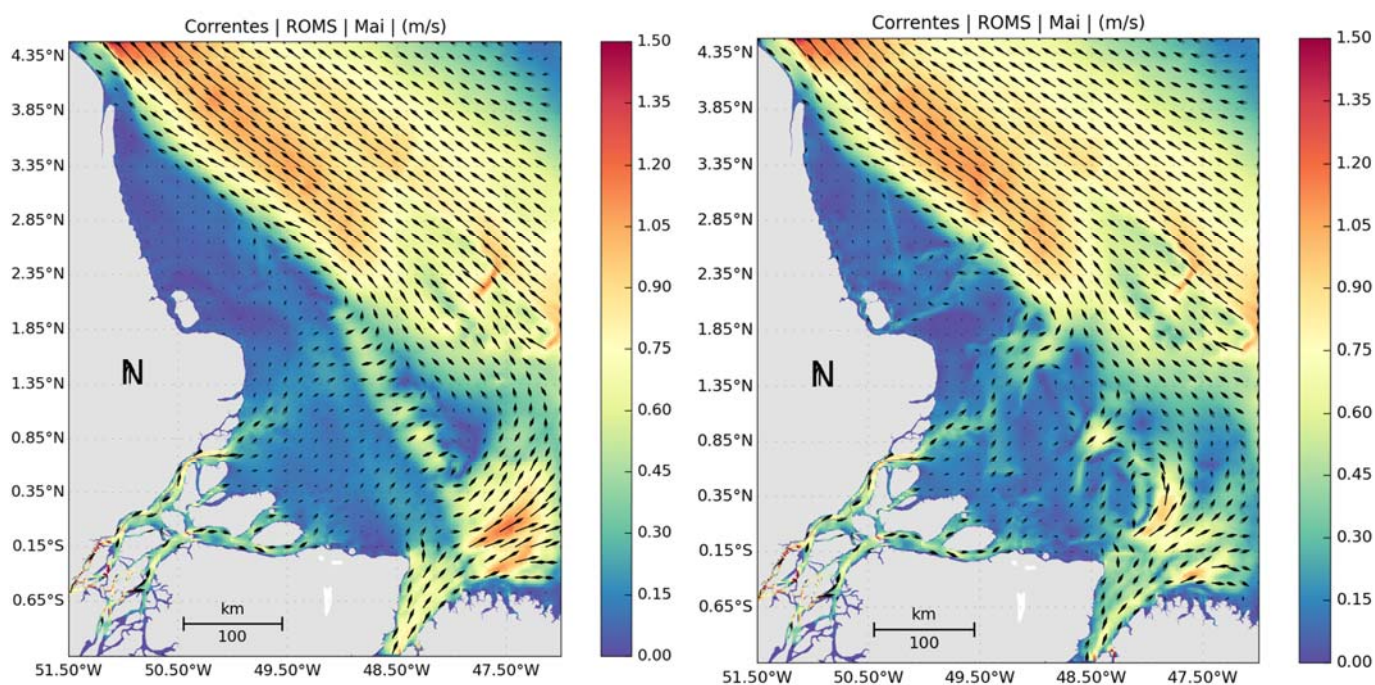


Figura 16: Campo médio de circulação para o mês de maio obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

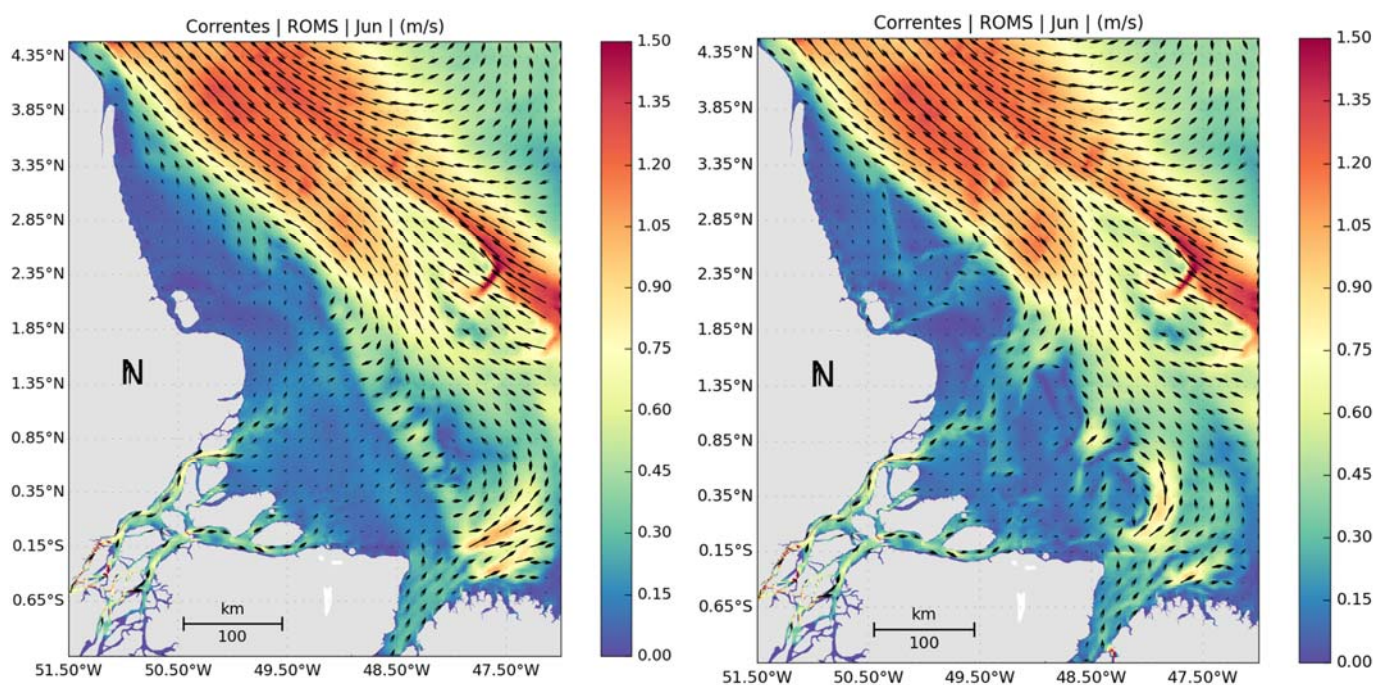


Figura 17: Campo médio de circulação para o mês de junho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

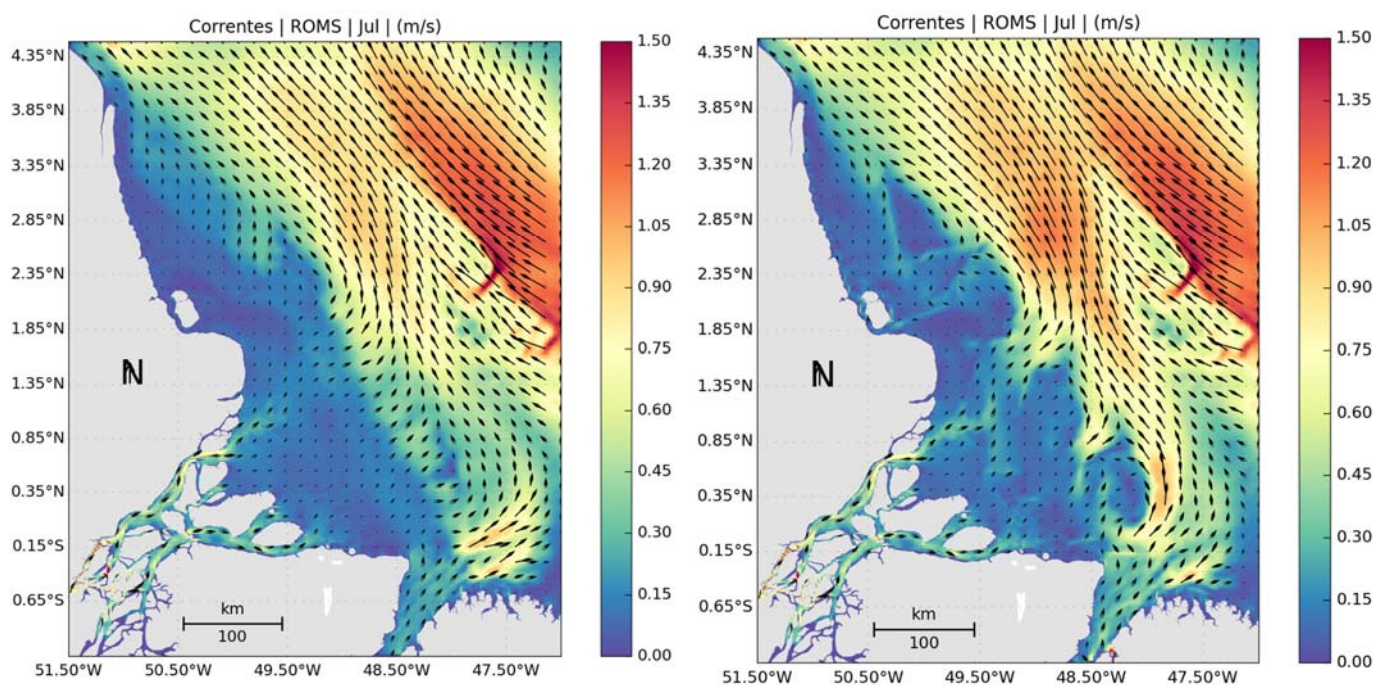


Figura 18: Campo médio de circulação para o mês de julho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

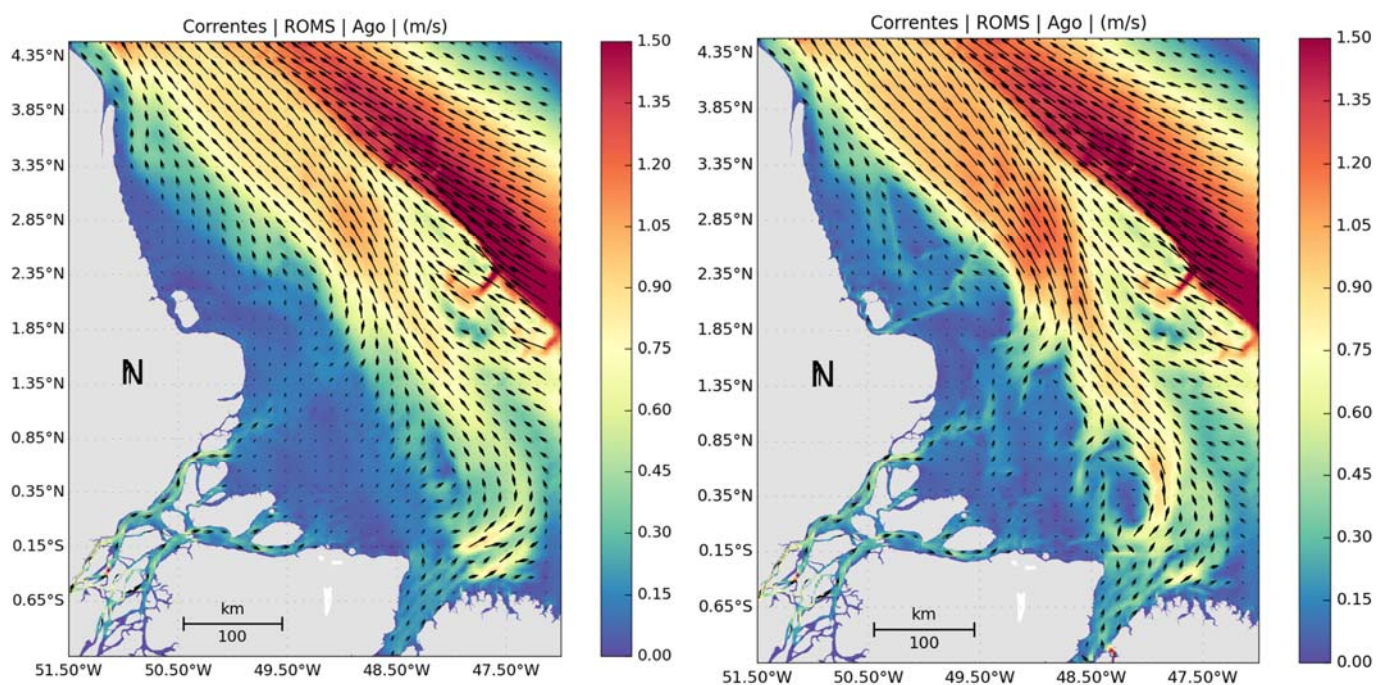


Figura 19: Campo médio de circulação para o mês de agosto obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

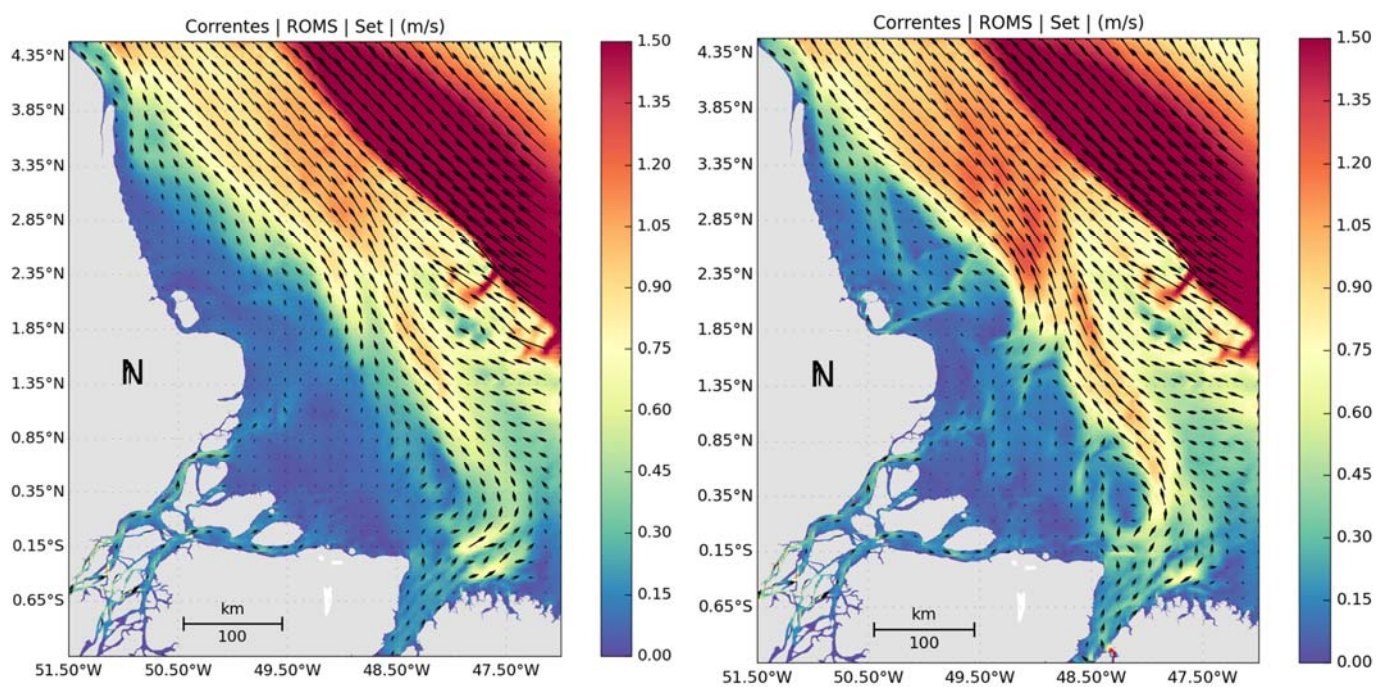


Figura 20: Campo médio de circulação para o mês de setembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

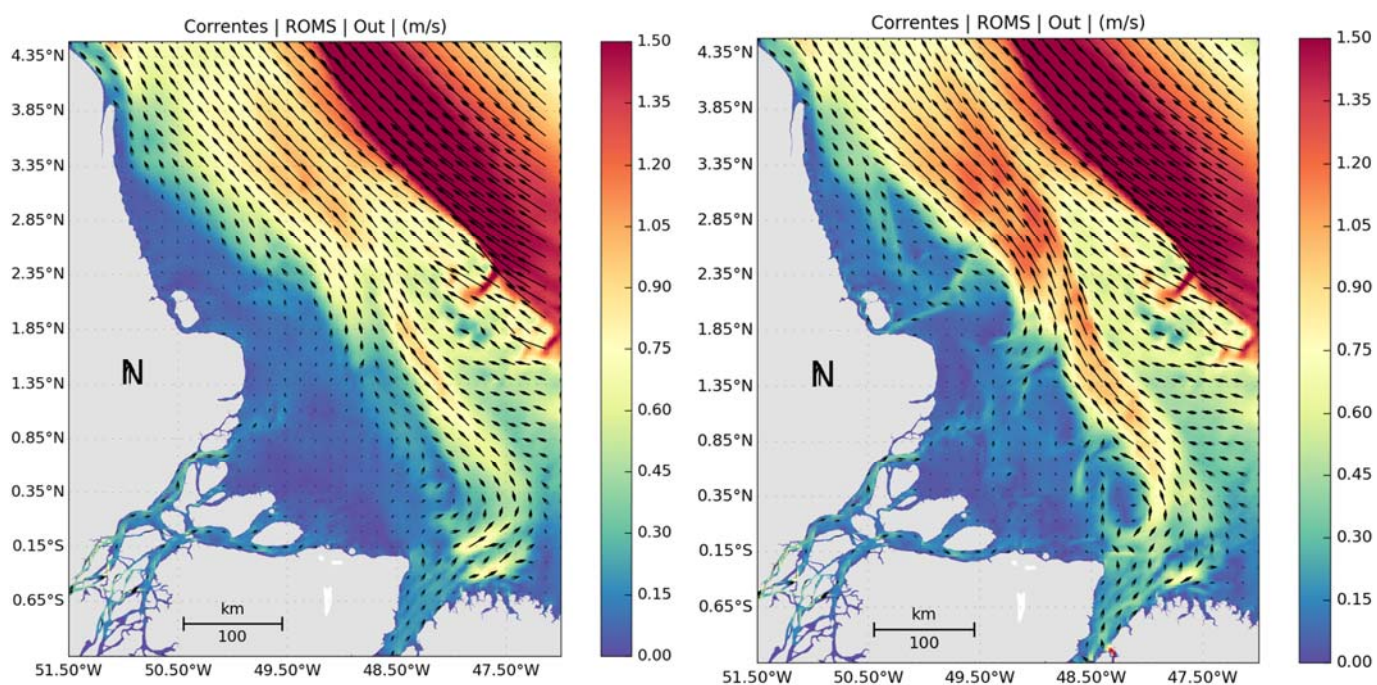


Figura 21: Campo médio de circulação para o mês de outubro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

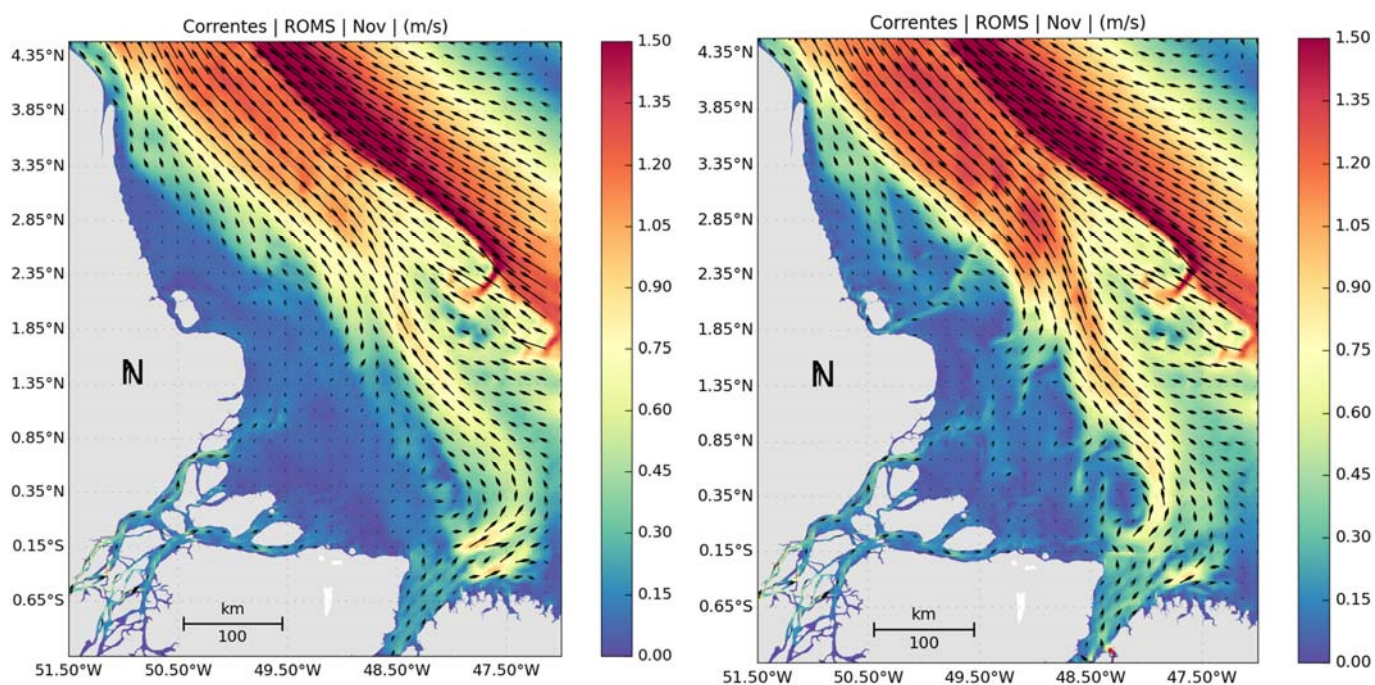


Figura 22: Campo médio de circulação para o mês de novembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

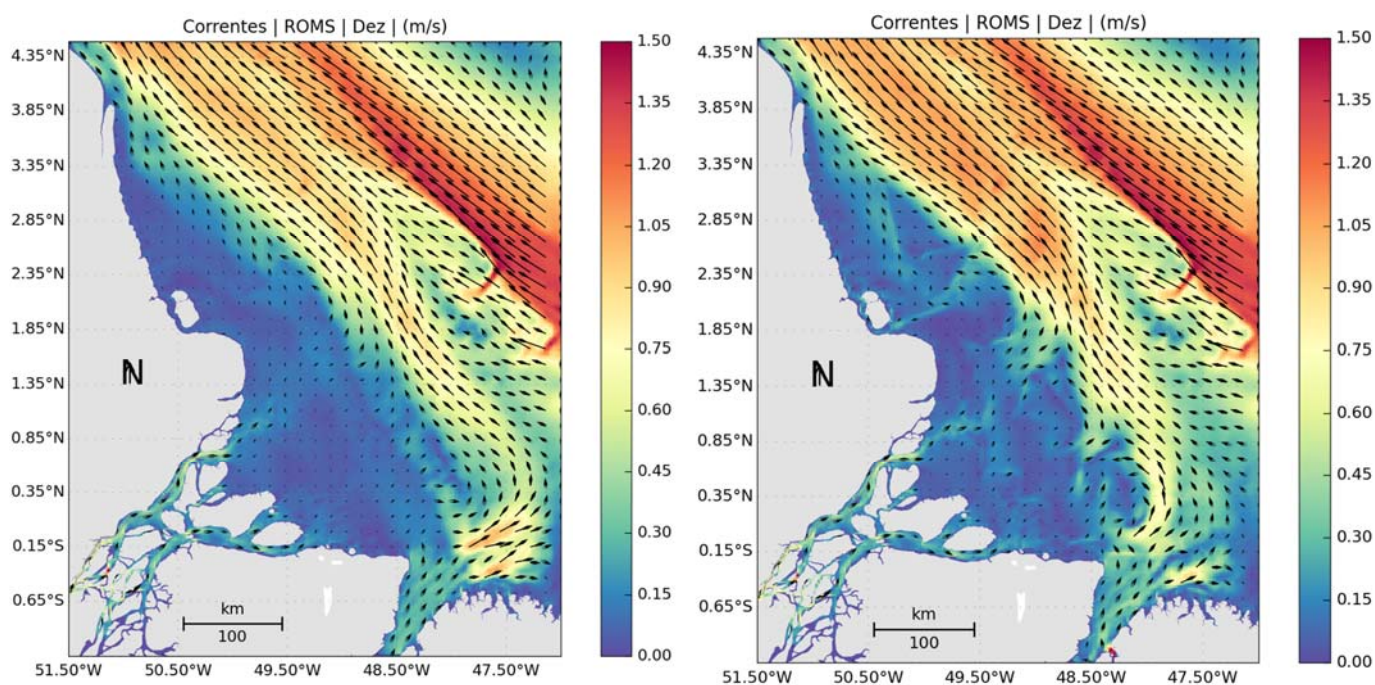


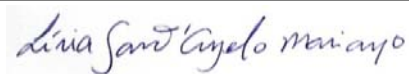
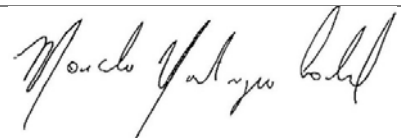
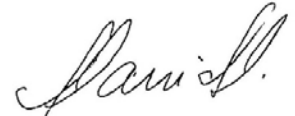
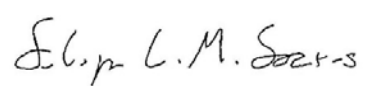


Figura 23: Campo médio de circulação para o mês de dezembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

Em resumo, observou-se que a modelagem considerando a rugosidade variável gerou um padrão de circulação bastante próximo ao da modelagem anterior, com rugosidade homogênea. Entretanto, notou-se um aumento da turbulência na região da pluma do rio Amazonas, e amplificação das velocidades associadas às correntes dominadas por maré. Esta amplificação das velocidades de maré já era esperada. O efeito da amplitude da rugosidade de fundo sobre o escoamento se dá na camada limite de fundo – quanto menor a rugosidade, menor o atrito e, consequentemente, a atenuação das correntes.

EQUIPE TÉCNICA

NOME FORMAÇÃO PROFISSIONAL EMPRESA	REGISTRO DE CLASSE	REGISTRO MMA/IBAMA	ASSINATURA
Henery Ferreira Garção Oceanógrafo/UFES M. Sc. Engenharia Ambiental/UFES Prooceano	<i>Não aplicável</i>	3790998	
Júlio Augusto de Castro Pellegrini Oceanógrafo/UERJ D. Sc. Meio Ambiente PPG-MA /UERJ Prooceano	<i>Não aplicável</i>	210325	
Lívia Sant'Angelo Mariano Oceanógrafa/UERJ Prooceano	<i>Não aplicável</i>	6005736	
Marcelo Montenegro Cabral Engenheiro Civil/UFPE D. Sc. Engenharia Oceânica COPPE/UFRJ Prooceano	<i>CREA/RJ 2010110225</i>	5621594	
Flávia Pozzi Pimentel Oceanógrafa/UFES M.Sc. Engenharia Oceânica COPPE/UFRJ Prooceano	<i>Não Aplicável</i>	2473071	
Nome: Felipe Lobo Mendes Soares Oceanógrafa/UERJ M. Sc. Engenharia Civil COPPE/UFRJ Prooceano	<i>Não Aplicável</i>	3811578	

3. Referências bibliográficas

- GABIOUX M, VINZON S, PAIVA, A.M., 2005. *Tidal propagation over fluid mud layers on Amazon shelf*. Continental Shelf Research 25: 113-125
- MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2007. *Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira – Zona Marinha*. 102 p.
- 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.
- VILELA, C.P.X., 2011, *Influência da hidrodinâmica sobre os processos de acumulação de sedimentos finos no estuário do rio Amazonas*, DSc Thesis, Coastal and Oceanographic Engineering Program, Federal University of Rio de Janeiro, 87 p.
- MOLINAS, E. 2014. *Dinâmica da frente salina e residuais de velocidade na plataforma continental interna amazônica*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro,