



ANEXO B – MODELAGEM DE DISPERSÃO DO ÓLEO



SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	RESULTADOS	5
2.1.	Resultados da Modelagem de Óleo – integrada para os Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127	5
2.2.	Resultados da Modelagem de Óleo Diesel	11
3.	CONSIDERAÇÕES	14
	REFERÊNCIAS	15

1. Introdução

Este anexo apresenta, de forma sucinta, os resultados das modelagens numéricas de transporte de óleo no mar para cenários acidentais que podem ser originados pela atividade de perfuração marítima da Total nos Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127, na Bacia da Foz do Amazonas.

Deve-se ressaltar que foram realizados dois relatórios de modelagens, considerando acidentes com óleo em quatro pontos de vazamento (no Bloco FZA-M-86, entre os Blocos FZA-M-125 e FZA-M-127, entre os Blocos FZA-M-57, FZA-M-86 e FZA-M-88, e entre os Blocos FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127) e com óleo diesel em um ponto na rota das embarcações destinadas para operações offshore. Maiores detalhes sobre as simulações realizadas podem ser encontrados, respectivamente, em “Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo – Bacia da Foz do Amazonas – Resultados integrados” e “Modelagem Hidrodinâmica Costeira e Dispersão de Óleo Diesel”, estudos elaborados pela Prooceano.

As localizações dos pontos de vazamento de óleo e dos Blocos da Total são apresentadas na **Figura 1**. A **Tabela 1** apresenta as coordenadas de tais pontos.

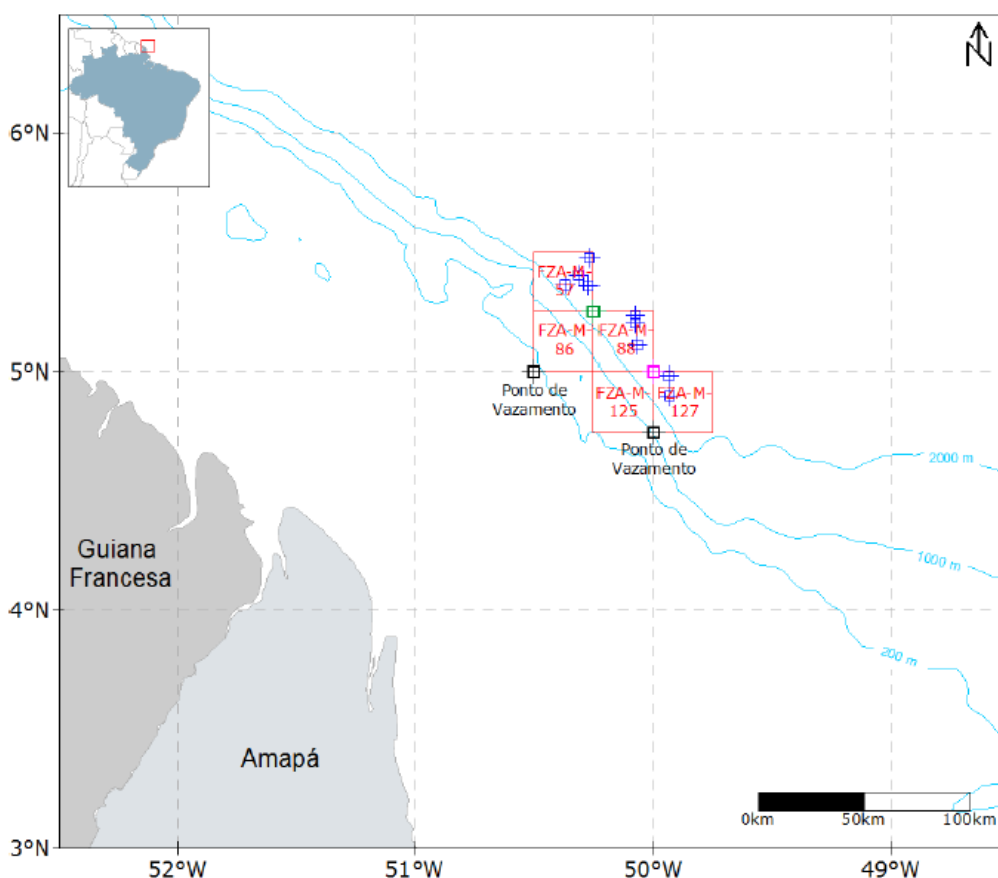


Figura 1: Localização dos pontos de vazamento de óleo (em preto, magenta e verde) e dos Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127.

Fonte: PROOCEANO, 2015.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de vazamento de óleo simulados (Datum: SIRGAS 2000)

Ponto de vazamento	Latitude	Longitude
FZA-M-86	04° 59' 58,8872" S	50° 30' 01,6069" O
FZA-M-125 e FZA-M-127	04° 44' 58,8813" S	50° 0' 1,59" O
FZA-M-57, FZA-M-86 e FZA-M-88	05° 14' 58,895" S	50° 15' 1,601" O
FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127	04° 59' 58,89" S	50° 0' 1,58" O

A localização do ponto de vazamento de óleo diesel e a rota das embarcações dedicadas às operações *offshore* são apresentadas na **Figura 2**. A coordenada deste ponto de vazamento é apresentada na **Tabela 2**.

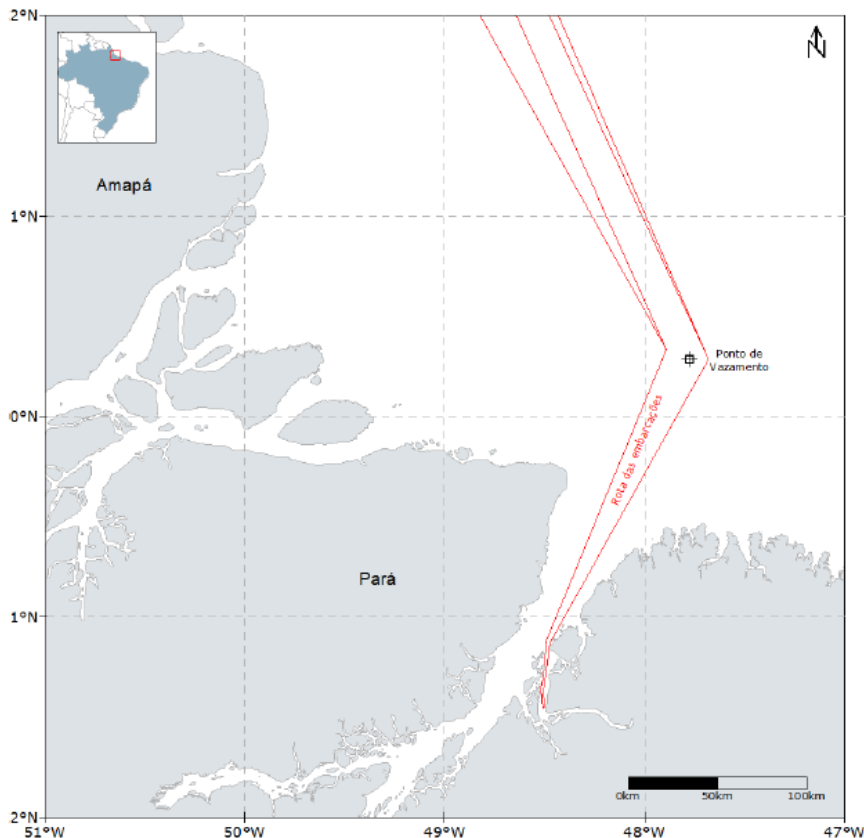


Figura 2: Localização do ponto de vazamento de óleo diesel e rota das embarcações destinadas às operações *offshore*.

Fonte: PROCEANO, 2017.

Tabela 2: Coordenada do ponto de vazamento de óleo diesel simulado (Datum: SIRGAS 2000)

Ponto de vazamento	Latitude	Longitude
Ponto de vazamento de óleo diesel	47° 46' 35,13" S	0° 17' 9,94" O

Destaca-se que a escolha dos pontos de vazamento feita pela Prooceano teve o objetivo de que as modelagens realizadas fossem conservadoras e representassem de maneira mais abrangente vazamentos de óleo que possam ocorrer nos Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127.

As características meteoceanográficas da região onde os Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127 estão localizados e que foram consideradas para as modelagens estão brevemente descritas abaixo.

- **Ventos:**

Com relação aos ventos predominantes na região do bloco, há informações sobre as frequências de ocorrência conjunta de direção e força dos ventos na região onde são identificadas duas condições sazonais para a área da Bacia da Foz do Amazonas. O período de verão, que abrange os meses de dezembro a junho, caracteriza-se por maior frequência e incidência de ventos no primeiro quadrante, com ventos predominantes do Nordeste (NE) e do Leste-Nordeste (ENE). No inverno, entre os meses de março e agosto, há predominância de ventos no terceiro quadrante, do Leste-Sudeste (ESE) e Leste (E).

- **Correntes:**

Os dados atuais mostram que a região é influenciada principalmente pela Corrente Norte do Brasil, com velocidades médias de aproximadamente 1,0 a 1,5 m/s, sob a Foz do Amazonas, e preferiu as direções NW e NNW. A região também está sujeita à variabilidade espacial e temporal dos vórtices.

- **Marés:**

As marés na região da Bacia de Foz do Amazonas são misturadas, predominantemente semi-diurnas, com amplitudes médias de marés de primavera em torno de 2,0 m e quadratura de amplitude média de aproximadamente 1,2 m.

- **Descarga fluvial:**

O rio Amazonas apresenta vazão média de aproximadamente $1,5 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{s}$, com máxima vazão nos meses de maio e junho ($2,4 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{s}$), e mínima nos meses de outubro e novembro ($8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$). Já o rio Pará apresenta vazão média de $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$, com vazão máxima no mês de abril ($2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$) e mínima de julho a novembro (aproximadamente $5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$).

- **Pluma do Amazonas:**

A hidrografia da plataforma continental Amazônica é dominada por uma pluma superficial de água salobra formada pela mistura da água doce do rio Amazonas com a água salgada oceânica. A estrutura do campo de salinidade é a de uma clássica cunha salina estuarina, porém com particularidade de não ser confinada ao canal do rio. Além do movimento oscilatório perpendicular à costa gerado pela maré, a pluma do Amazonas também apresenta movimento paralelo à costa, associado à circulação de plataforma, podendo se estender por centenas de quilômetros para noroeste.

As características dos óleos utilizados nas simulações dos pontos de vazamento na Bacia da Foz do Amazonas são apresentadas na **Tabela 3**.

Tabela 3: Resumo das características dos óleos simulados.

Parâmetro	Óleo (Bloco FZA-M-86 e entre blocos FZA-M-125 e FZA-M-127)	Óleo Diesel (Rota das embarcações)
API	27°	36,4°
Densidade	0,893 g/cm ³	0,843 g/cm ³
Viscosidade dinâmica (13°C)	27 cP	3,9 cP

2. Resultados

2.1. Resultados da Modelagem de Óleo integrada para os Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127

Foram realizadas 300 modelagens de transporte de óleo considerando três cenários potenciais de incidentes – pequeno (08 m^3), médio (200 m^3) e pior caso (46.742 m^3), seguindo os requerimentos da Resolução CONAMA 398 de 2008, e dois períodos – verão (de dezembro a junho) e inverno (julho a novembro). Ressalta-se que as modelagens para descargas pequena e média consideraram vazamento instantâneo e 30 dias de simulação, enquanto para descarga de pior caso foi considerado vazamento contínuo por 30 dias e 60 dias de simulação.

A integração das simulações foi feita considerando o pior resultado dentre os obtidos para cada membro da integração, ou seja, a maior probabilidade, o menor tempo mínimo, a maior massa máxima na costa e a maior extensão de costa atingida.

Para os casos de descargas pequena e média, não há potencial de impacto na costa para ambos os cenários sazonais, como pode ser observado nas **Figura 3 a Figura 6** (08 m^3) e **Figura 7 a Figura 12** (200 m^3).

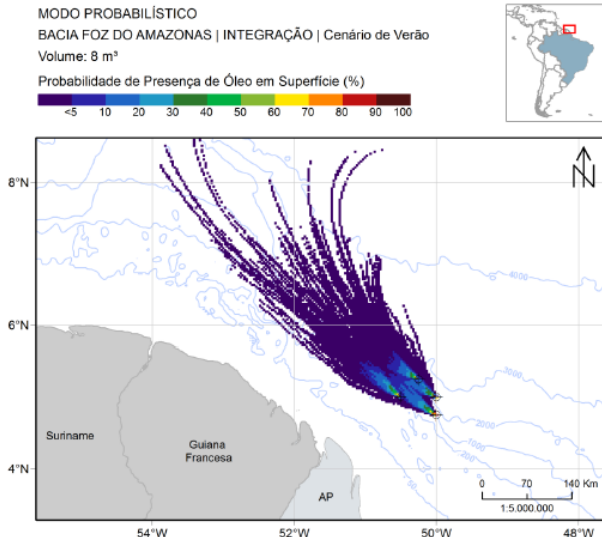


Figura 3: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 08 m^3 considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de verão.

Fonte: PROCEANO, 2015.

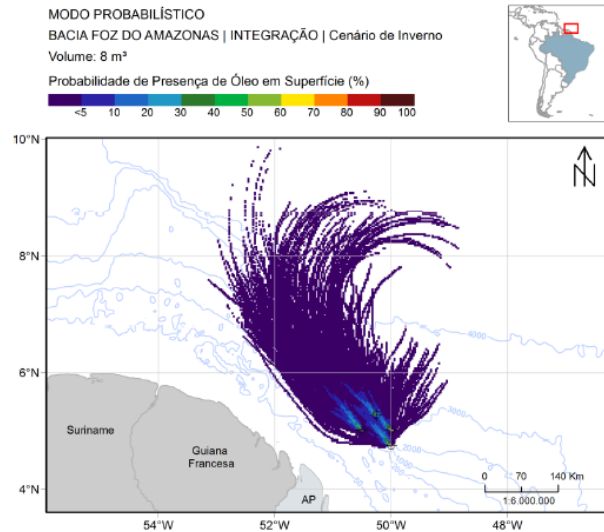


Figura 4: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 08 m^3 considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de inverno.

Fonte: PROCEANO, 2015.

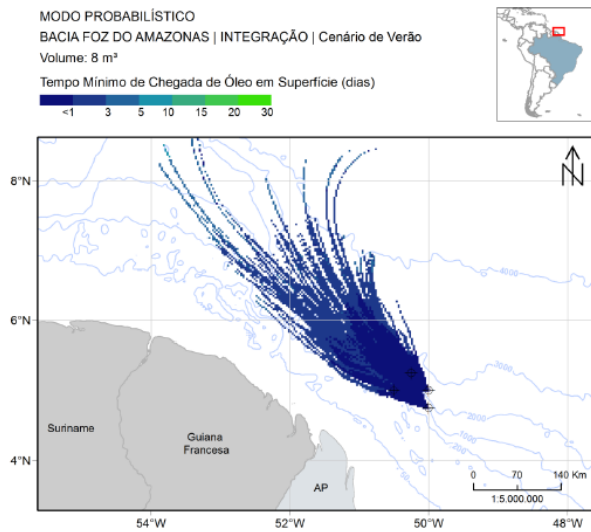


Figura 5: Mapa do tempo mínimo da chegada de óleo em superfície para descarga de 08 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de verão.

Fonte: PROCEANO, 2015.

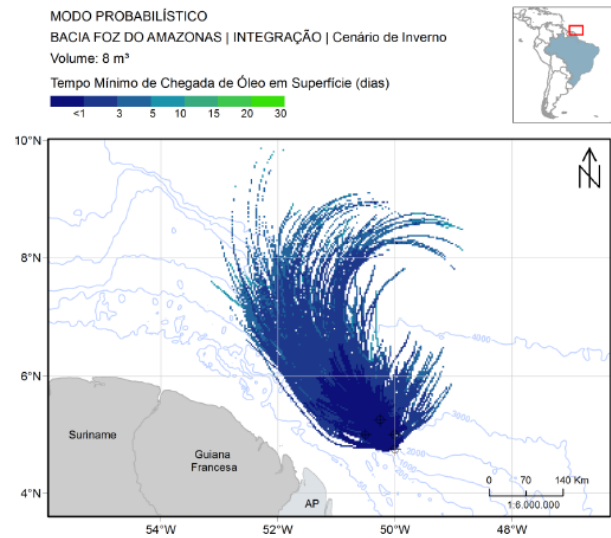


Figura 6: Mapa do tempo mínimo da chegada de óleo em superfície para descarga de 08 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de inverno.

Fonte: PROCEANO, 2015.

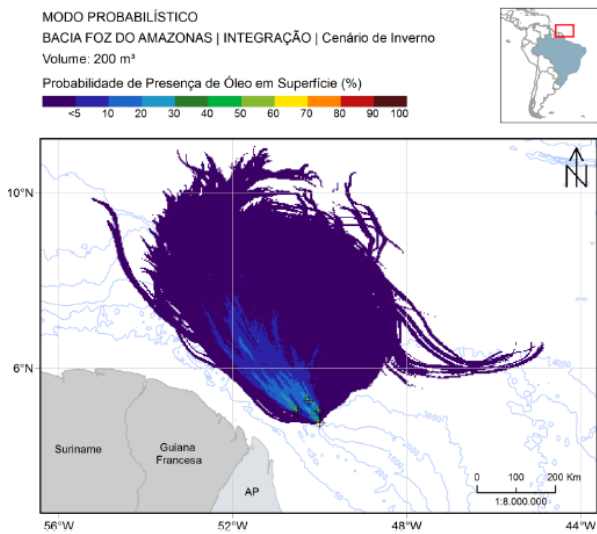


Figura 7: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 200 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de verão.

Fonte: PROCEANO, 2015.

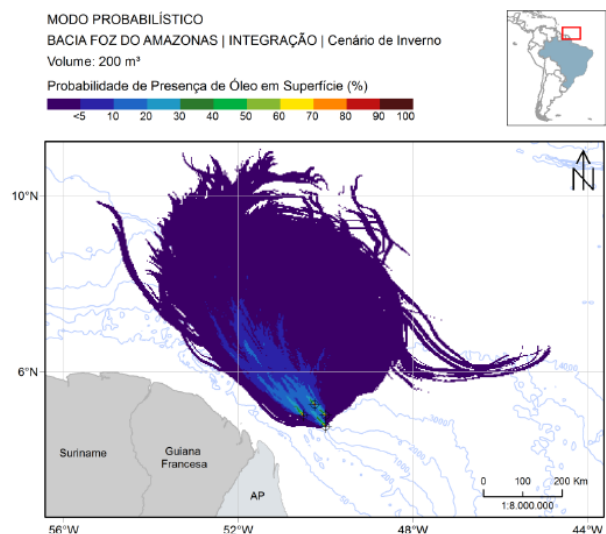


Figura 8: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 200 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de inverno.

Fonte: PROCEANO, 2015.

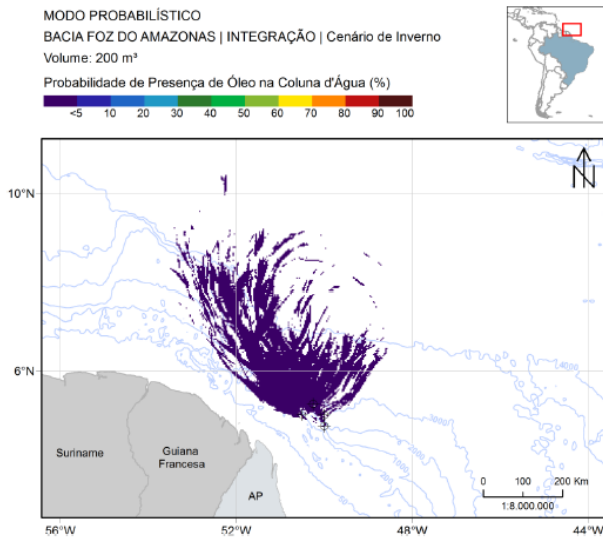


Figura 9: Mapa da probabilidade de presença de óleo na coluna d'água para descarga de 200 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de verão.

Fonte: PROCEANO, 2015.

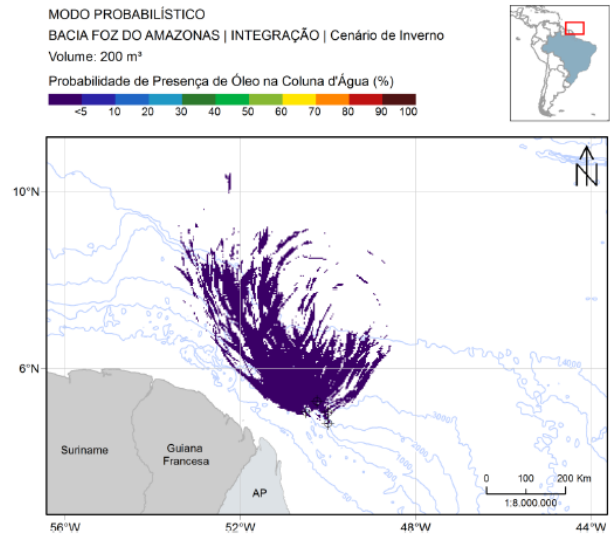


Figura 10: Mapa da probabilidade de presença de óleo na coluna d'água para descarga de 200 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de inverno.

Fonte: PROCEANO, 2015.

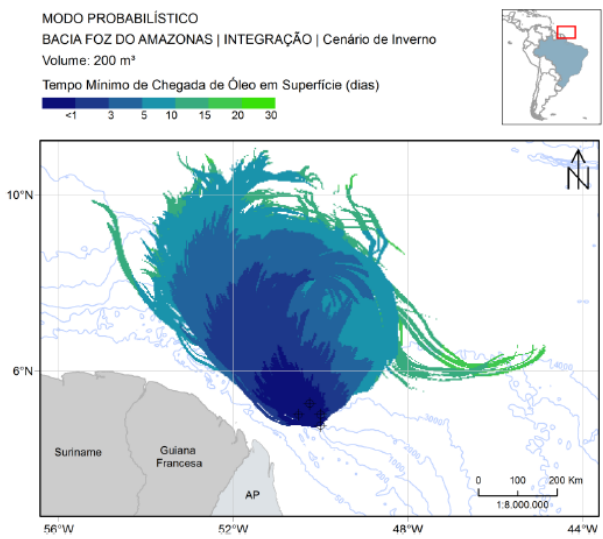


Figura 11: Mapa do tempo mínimo da chegada de óleo em superfície para descarga de 200 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de verão.

Fonte: PROCEANO, 2015.

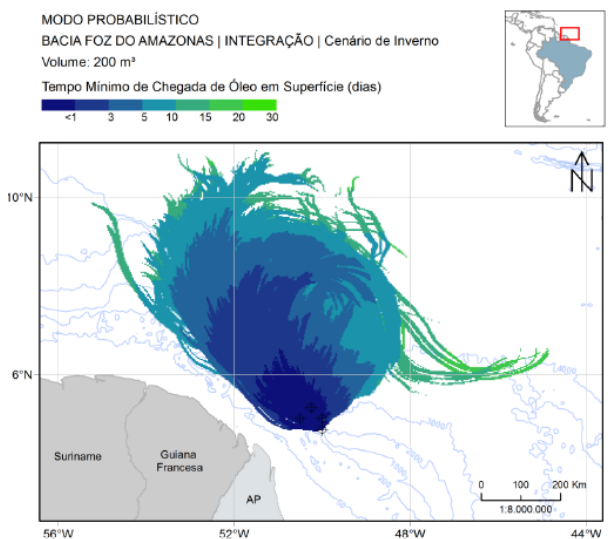


Figura 12: Mapa do tempo mínimo da chegada de óleo em superfície para descarga de 200 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de inverno.

Fonte: PROCEANO, 2015.

Os resultados para cenário de pior caso (46.742 m³) para a integração dos pontos de vazamento nos Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127 são apresentados na **Tabela 4**, na **Figura 13** a **Figura 19** (cenário de verão) e **Figura 14** a **Figura 20** (cenário de inverno).

Tabela 4: Resumo dos resultados integrados para modelagem de pior caso (46.742 m³).

País	Probabilidade de toque na costa (%)		Menor de toque na costa (dias)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Martinica	0,3	-	52,93	-
Santa Lúcia	30,6	0,3	22,47	57,08
São Vicente e Granadinas	40,2	1,7	21,11	40,42
Barbados	11,0	9,7	23,79	34,83
Trinidad e Tobago	62,1	19,3	16,30	30,86
Venezuela	3,7	-	17,28	-
Guiana	9,3	-	18,33	-

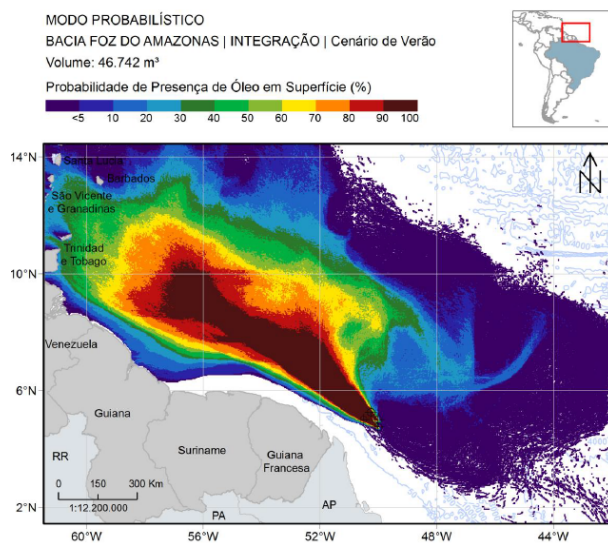


Figura 13: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de verão.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

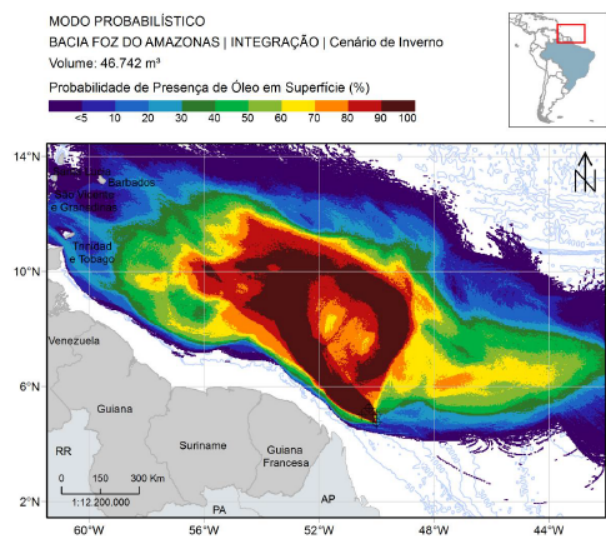


Figura 14: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de inverno.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

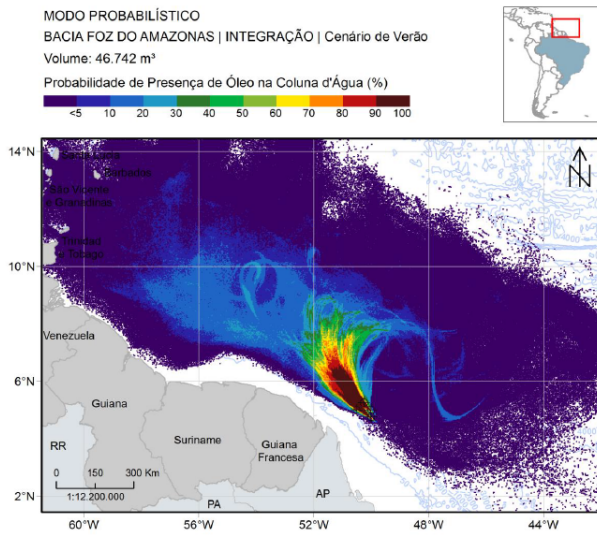


Figura 15: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de verão.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

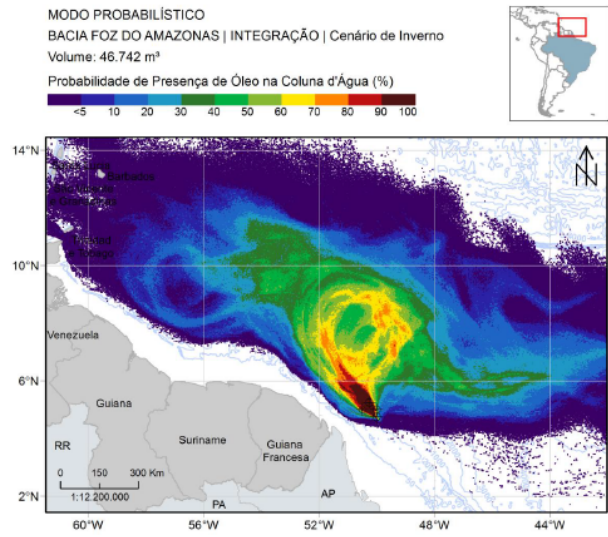


Figura 16: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento – cenário de inverno.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

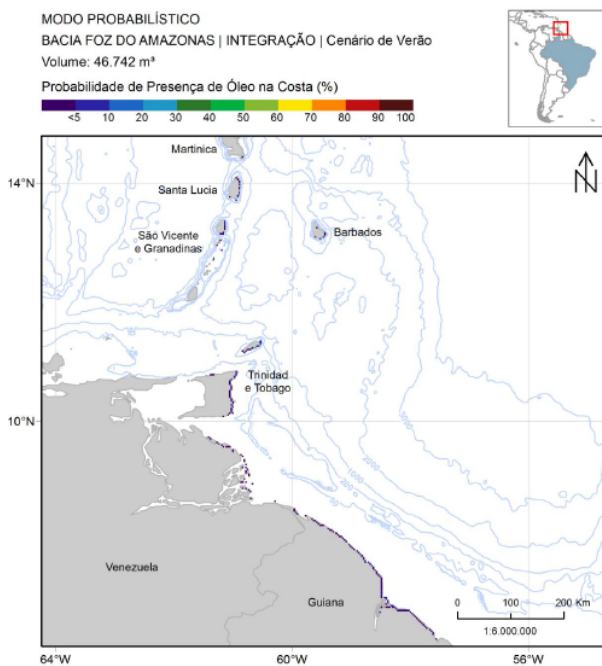


Figura 17: Mapa de probabilidade da presença de óleo na costa para descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento - cenário de verão.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

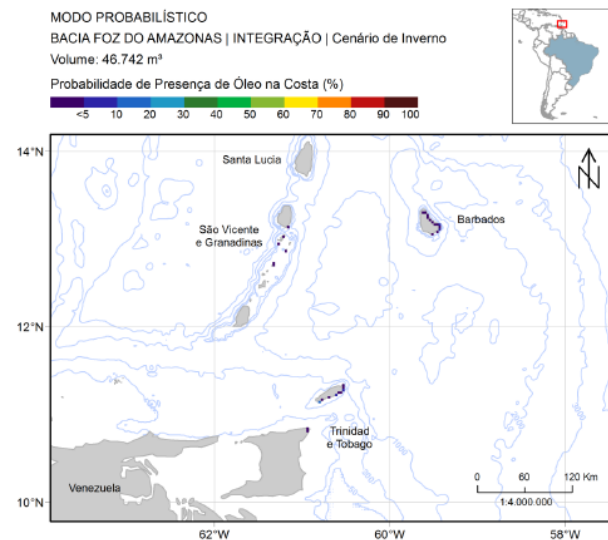


Figura 18: Mapa de probabilidade da presença de óleo na costa para descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento - cenário de inverno.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

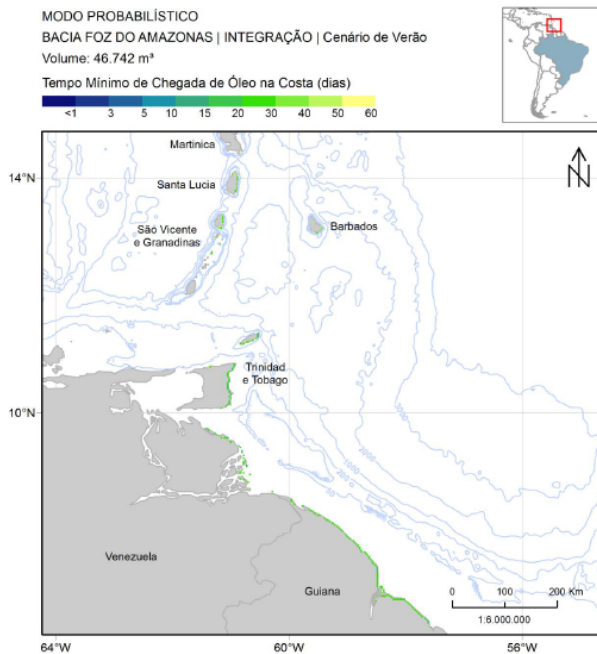


Figura 19: Mapa do tempo mínimo de chegada de óleo na costa para descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento - cenário de verão.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

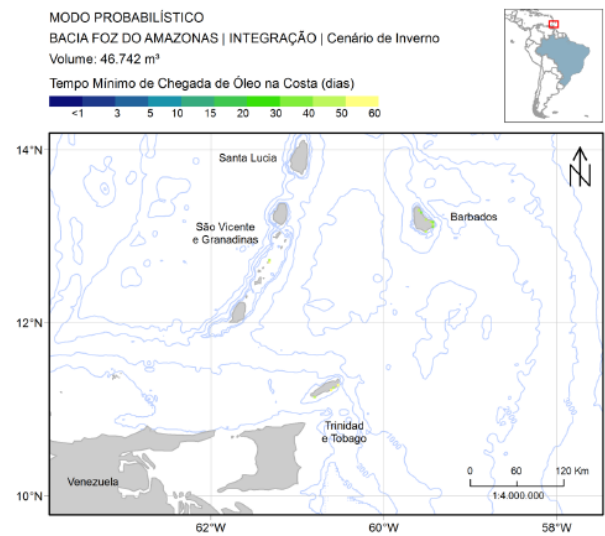


Figura 20: Mapa do tempo mínimo de chegada de óleo na costa para descarga de 46.742 m³ considerando a integração dos pontos de vazamento - cenário de inverno.
 Fonte: PROOCEANO, 2015.

O país com maior probabilidade e menor tempo de toque de óleo na costa para a descarga de pior caso é destacado na **Tabela 5**.

Tabela 5: País com maior probabilidade e menor tempo de toque de óleo na costa.

País	Probabilidade de toque de óleo na costa (%)		Tempo de toque de óleo na costa (dias e horas)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Trinidad e Tobago	62,1	19,3	16 d 7 h	30 d 21 h

2.2. Resultados da Modelagem de Óleo Diesel

Foram realizadas 600 simulações de deriva de óleo diesel para vazamento de 900 m³, atendendo os requerimentos item Anexo II.8.2.2 (Modelagem de Dispersão de Óleo) do Parecer Técnico nº 219/2016 de 03 de maio de 2016 do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos FZA-M-57, 86, 88, 125 e 127, Bacia da Foz do Amazonas. As simulações foram realizadas considerando eventos de vazamentos contínuos de 12 horas em superfície, dois períodos – verão (de dezembro a junho) e inverno (julho a novembro), e tiveram acompanhamento por 30 dias.

Os resultados para o cenário de verão e inverno podem ser vistos na **Figura 21 a Figura 26**.

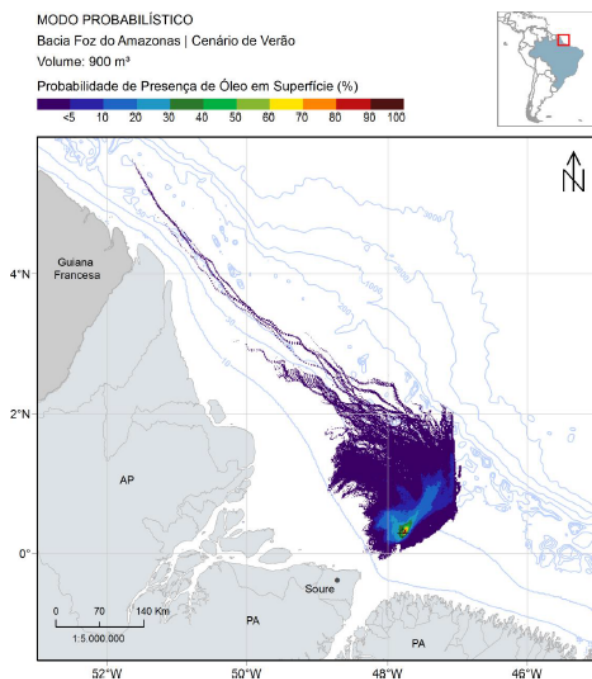


Figura 21: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações – cenário de verão.
Fonte: PROOCEANO, 2017.

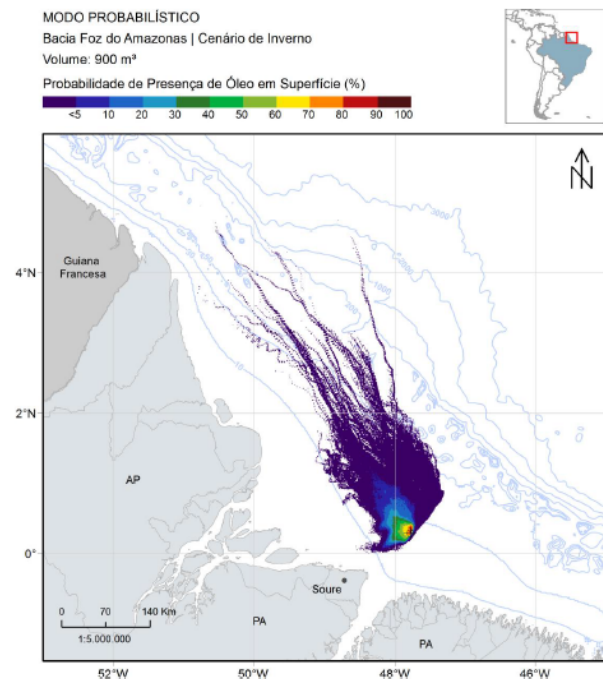


Figura 22: Mapa da probabilidade de presença de óleo em superfície para descarga de 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações – cenário de inverno.
Fonte: PROOCEANO, 2017.

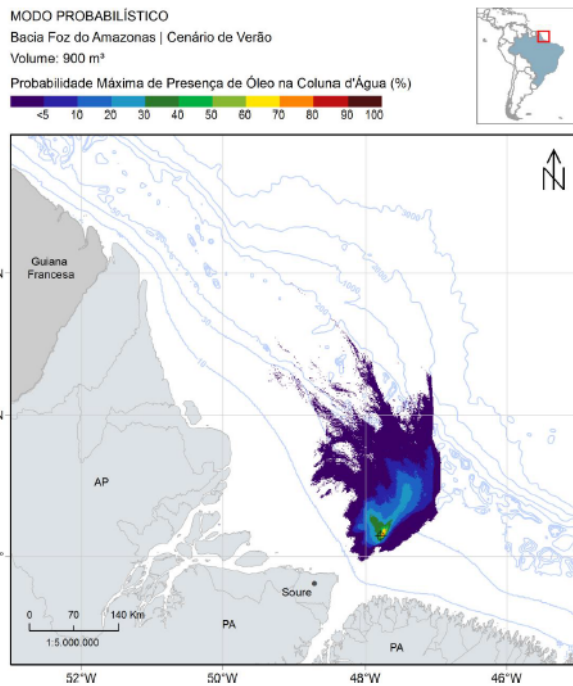


Figura 23: Mapa da probabilidade de presença de óleo na coluna d'água para descarga de 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações – cenário de verão.
 Fonte: PROOCEANO, 2017.

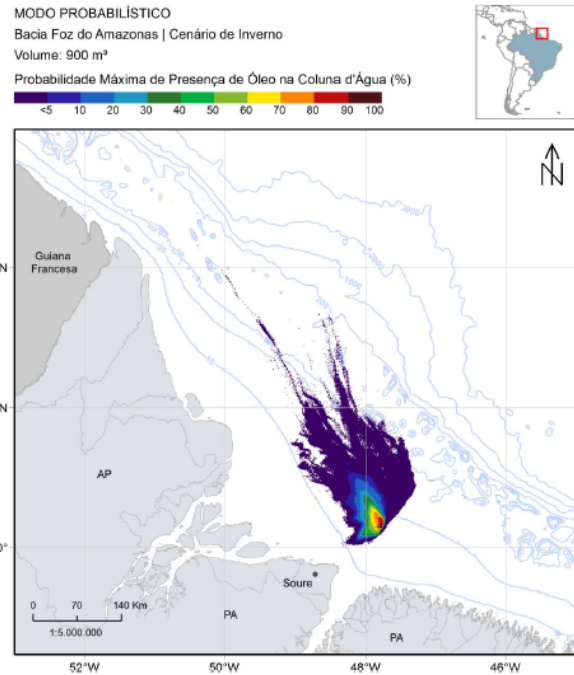


Figura 24: Mapa da probabilidade de presença de óleo na coluna d'água para descarga de 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações – cenário de inverno.
 Fonte: PROOCEANO, 2017.

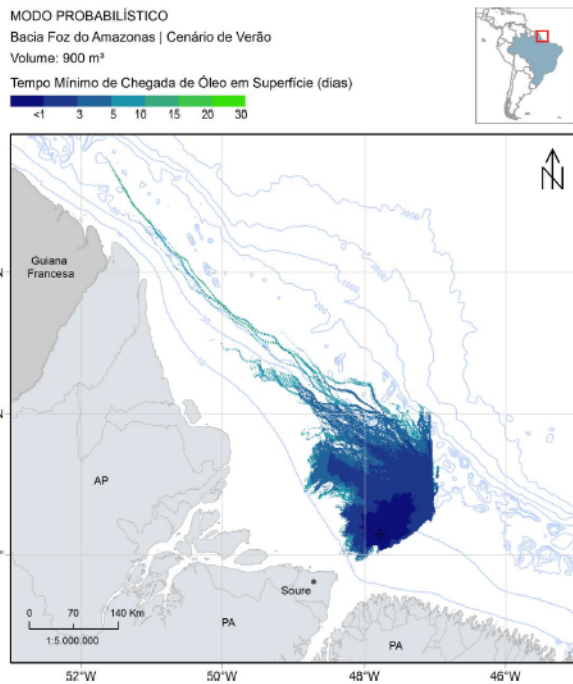


Figura 25: Mapa do tempo mínimo da chegada de óleo em superfície para descarga de 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações – cenário de verão.
 Fonte: PROOCEANO, 2017.

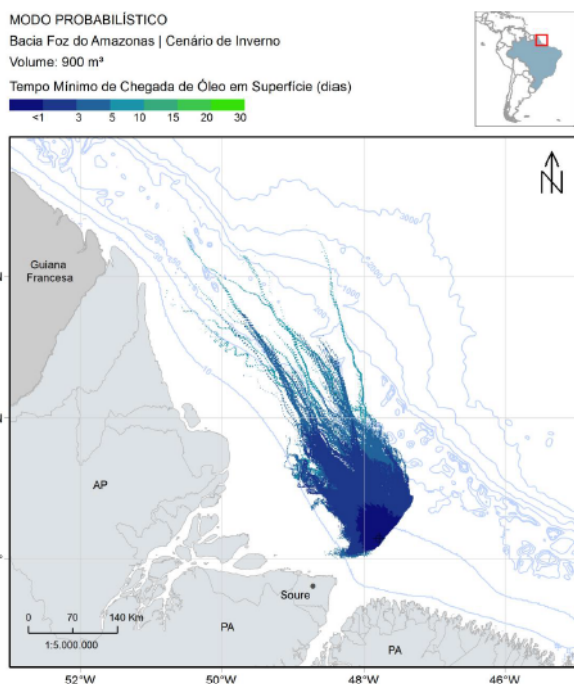


Figura 26: Mapa do tempo mínimo da chegada de óleo em superfície para descarga de 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações – cenário de inverno.
 Fonte: PROOCEANO, 2017.

Como pode ser observado, tanto para o cenário de verão quanto para o inverno não há potencial toque de óleo na costa, sendo a menor distância alcançada de 33 km (no verão) e 27km (inverno) ambas para o município de Soure – PA.

Em relação aos processos de intemperismo, observa-se que a retirada de óleo da superfície ocorreu principalmente através da evaporação, seguido pela degradação e pela sedimentação. A dispersão na coluna d'água em todas as simulações foi inferior a 1% (**Figura 27 e Figura 28**).

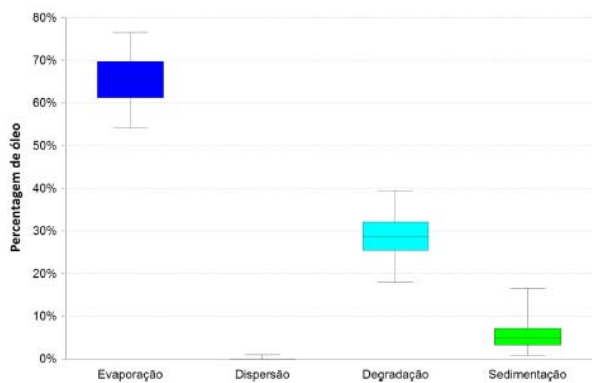


Figura 27: Balanço de massa para simulações de descarga 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações - cenário de verão.
Fonte: PROCEANO, 2017.

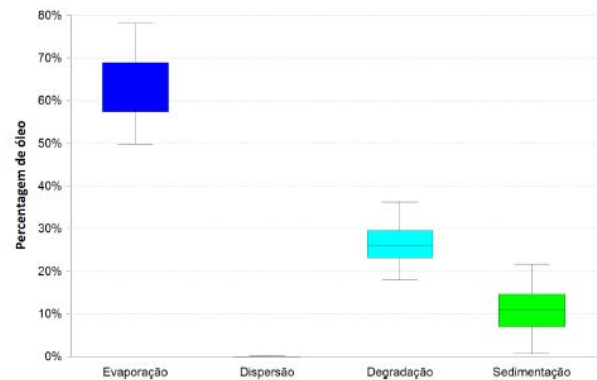


Figura 28: Balanço de massa para simulações de descarga 900 m³ de óleo diesel na rota das embarcações - cenário de inverno.
Fonte: PROCEANO, 2017.



3. Considerações

Como foi possível observar, não há probabilidade de toque de óleo na costa para as descargas pequena, média e de 900 m³ de óleo diesel para ambos os cenários simulados (verão e inverno). Em relação às descargas de pior caso (46.472 m³), os territórios com probabilidade de ser atingidos em ambos os cenários são estrangeiros, não havendo probabilidade de toque na costa do Brasil.

No cenário de verão, para a integração dos pontos de vazamento nos Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127, há possibilidade de toque na costa de Martinica, Santa Lúcia, São Vicente e Granadinas, Barbados, Trinidad e Tobago, Venezuela e Guiana, com probabilidade máxima de 62,1% em Trinidad e Tobago. No inverno, Santa Lúcia, São Vicente e Granadinas, Barbados e Trinidad e Tobago apresentaram probabilidade de toque de óleo na costa, com máxima de 19,3% no último local. Os tempos mínimos de toque de óleo na costa foram de 16,3 dias no verão e de 30,86 dias no inverno, ambos em Trinidad e Tobago.

Ressalta-se que os resultados completos das simulações de transporte de óleo realizadas para a atividade de perfuração marítima nos Blocos FZA-M-57, FZA-M-86, FZA-M-88, FZA-M-125 e FZA-M-127 da Total podem ser encontrados nos documentos “Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo - Bacia da Foz do Amazonas – Resultados Integrados” e “Modelagem Hidrodinâmica Costeira e Dispersão de Óleo Diesel - Atividade de Perfuração Marítima - Blocos FZA-M-57, 86, 88, 125 e 127 - Bacia da Foz do Amazonas”.



Referências

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Parecer Técnico nº 219/2016 do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos FZA-M-57, 86, 88, 125 e 127, Bacia da Foz do Amazonas.** Rio de Janeiro, 03 de maio de 2016.

PROOCEANO. Relatório Técnico [rev.00]. **Modelagem Hidrodinâmica e Dispersão de Óleo** - Bacia da Foz do Amazonas – Resultados integrados. Rio de Janeiro, 27 de julho de 2015.

PROOCEANO. Relatório Técnico [rev.00]. **Modelagem Hidrodinâmica Costeira e Dispersão de Óleo Diesel** - Atividade de Perfuração Marítima | Blocos FZA-M-57, 86, 88, 125 e 127 | Bacia da Foz do Amazonas. Rio de Janeiro, 09 de janeiro de 2017.