



Plano de Emergência Individual - PEI Frade

PRI002-SSO-DTE-PLN-0005



DOCUMENTO TÉCNICO

Aplicação	Área	Tipo	Sub-tipo	Siglas	Código
CORP	SSO	Documento Técnico	Plano	DTE-PLN	PRI002-SSO-DTE-PLN-0005

CONTROLE DE REVISÃO					
VERSÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTOR(A)	REVISOR(A)	APROVADOR(A)
00	21/08/2019	Original PetroRio	Fernanda Othero	Adelci Almeida	Bruna Rustichelli
01	29/04/2020	Revisão segundo os Pareceres Técnicos IBAMA 408/2019; 40/2020 e 136/2020	Fernanda Othero	Jefferson Soares	Adelci Almeida
02	01/08/2020	Revisão segundo o Parecer Técnico IBAMA 296/2020	Fernanda Othero	Gustavo Xavier	Adelci Almeida
03	30/04/2021	Atendimento ao Parecer Técnico 488/2020 COPROD/CGMAC/DILIC (substituição da modelagem de 2020 pela de 2013)	Gustavo Xavier	Adelci Almeida	Adelci Almeida
04	14/12/2021	Modelagem numérica hidrodinâmica e de dispersão de óleo para o Campo de Frade (Rev. 2021) conforme aprovação concedida por meio do OFÍCIO nº 214/2021/COEXP/CGMAC/DILIC que encaminhou o PAR 110/2021 COEXP/CGMAC/DILIC	Leandro Alves	Fernanda Othero	Marcelo Santux
05	05/08/2022	Alteração Nomenclatura, capa e controle de revisão; Alteração no item II.6 e Quadro 8 dos voos de helicóptero para o Aeroporto de Campos dos Goytacazes;	Gilberto Mourão	Leandro Bassi	Carlos Leal
06	19/01/2024	<u>Inclusão das atividades no Campo de Wahoo;</u> <u>Inclusão do cenário de Pior Caso de Wahoo;</u>	<u>Gilberto Mourão</u>	<u>Jefferson Silva</u>	<u>Renan Carvalho</u>

ÍNDICE

I.	Introdução.....	5
I.1.	Tabela de Correlação.....	5
II.	Identificação das Instalações	7
II.1.	Dados da Instalação.....	7
II.2.	Empresa operadora das instalações	7
II.3.	Representante legal das instalações	8
II.4.	Coordenador de Ações de Resposta.....	8
II.5.	Localização em coordenadas geográficas e situação.....	9
II.6.	Descrição dos acessos à instalação	10
III.	Cenários Acidentais.....	10
III.1.	Introdução – Características da Instalação e Principais Operações Realizadas	10
III.2.	Identificação dos Riscos por Fonte	15
III.3.	Hipóteses Acidentais	16
III.3.1.	Descarga de Pior Caso	18
III.4.	Análise de Vulnerabilidade	19
IV.	Informação e Procedimentos para Resposta	19
IV.1.	Estrutura Organizacional de Resposta – EOR	19
	Responsabilidades Comuns.....	25
IV.1.2.	Tempo Máximo Estimado de Mobilização	26
IV.1.3.	Medidas de Segurança e Proibições para Atuação da EOR.....	26
IV.2.	Sistema de Alerta de Derramamento de Óleo	26
IV.2.1.	Da Unidade Marítima.....	26
IV.2.2.	Fora da Unidade Marítima.....	27
IV.3.	Comunicação do Incidente	29
IV.3.1.	Interna à Unidade Marítima	29
IV.3.2.	À Estrutura Organizacional de Resposta do PEVO-PRIO.....	30
IV.3.3.	Aos Órgãos Governamentais	31
IV.4.	Equipamentos e Materiais de Resposta.....	31
IV.5.	Procedimentos Operacionais de Resposta.....	32
IV.5.1.	Procedimento para Interrupção da descarga de óleo.....	32
IV.5.2.	Procedimento para Contenção e Recolhimento do Óleo Derramado	32
IV.5.3.	Procedimento Deslocamento dos recursos.....	33
IV.5.4.	Procedimento para Coleta e Disposição dos Resíduos Gerados	33
IV.5.5.	Procedimentos apresentados no PEVO-PRIO	33
V.	Encerramento das Operações	34
V.1.	Critérios para decisão quanto ao encerramento das operações	34
V.2.	Procedimentos para desmobilização do pessoal, equipamentos e materiais empregados nas ações de resposta	34
V.2.1.	Procedimentos para definição de ações suplementares	34
VI.	Treinamento de Pessoal e Exercício de Resposta	35
VI.1.	Treinamento de Pessoal	35



VI.2.	Exercícios de Resposta.....	37
VII.	Responsáveis Técnicos	37
VII.1.	Responsáveis Técnicos pela Elaboração do Plano	37
VII.2.	Responsáveis Técnicos pela Implementação do Plano	37
VIII.	Referências Bibliográficas.....	38

ANEXOS

Anexo I – Plantas de arranjo, planos de capacidade e desenho esquemático do topside da FPSO Frade com o fluxograma detalhado de processo do FPSO Frade

Anexo IIA – Modelagem de Óleo de Frade

Anexo IIB – Modelagem de Óleo de Wahoo

Anexo III – Formulário ICS 201

Anexo IV-III – Formulário de Comunicação Externa

Anexo V-IV – Telefones Úteis

Anexo VI-V – Localização dos kits SOPEP a bordo da Unidade Marítima

I. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o Plano de Emergência Individual – PEI Consolidado para Incidentes de Poluição por Óleo originados durante as atividades de produção da unidade FPSO Frade, no Campo de Frade, na Bacia de Campos, cujo responsável legal é a Prio.

O FPSO Frade, recebe toda a produção dos poços do campo, processa e armazena o óleo para ser transferido para um navio aliviador. O excedente da produção de gás natural, que não é utilizado como matriz energética na própria FPSO é escoado através de gasoduto para o Campo de Roncador.

Para o projeto Wahoo, serão previstos 4 novos poços produtores, sendo que o escoamento para o FPSO Frade se dará através de 2 linhas rígidas para o escoamento da produção. O maior comprimento de linha é de 30 km tendo como referência a distância entre o manifold de interligação dos poços e o PLET (do inglês Pipeline End Termination; terminação da linha de produção rígida). Do PLET saem as linhas flexíveis até o FPSO Frade - 2 Risers de Produção de 9" à serem conectados ao TopSide do Turret ("Hang-Off") nos slots disponíveis.

Este Plano foi elaborado com base nos requisitos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 398, de 2008 e considera os incidentes de poluição por óleo cujas consequências fiquem restritas à Unidade Marítima. De forma complementar, aqueles incidentes que ultrapassem os limites e capacidade de resposta da Unidade Marítima são tratados no documento "Plano de Emergência para Vazamento de Óleo da Prio – PEVO-PRIO".

Assim, enquanto o PEI apresenta as ações de resposta para incidentes a bordo da Unidade Marítima, o PEVO-PRIO apresenta as ações e procedimentos de resposta complementares, que são adotados fora dos limites das instalações (no mar ou em terra), onde a Unidade Marítima não tem condições de atuar ou coordenar atuação.

I.1. TABELA DE CORRELAÇÃO

Conforme o Art. 5º, inciso § 2º da Resolução CONAMA nº 398, de 11.06.2008, a seguir estão as tabelas de correspondência entre a estrutura estabelecida nos Anexos I, II e III da referida resolução e este Plano de Emergência Individual.

Quadro 1 - Tabela de correspondência entre a estrutura do documento e o Anexo I da Resolução CONAMA 398/08

Anexo I da Resolução CONAMA nº 398/08	Plano de Emergência Individual – PEI Consolidado
1. Identificação da instalação	Item II
2. Cenários acidentais	Item III
3. Informações e procedimentos para resposta	Item IV
3.1. Sistemas de alerta de derramamento de óleo	Item IV.2
3.2. Comunicação do incidente	Item IV.3

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada à Área de Controle de Documentos.



3.3. Estrutura organizacional de resposta	Item IV.1
---	-----------

Anexo I da Resolução CONAMA nº 398/08	Plano de Emergência Individual – PEI Consolidado
3.4. Equipamentos e materiais de resposta	Item IV.4
3.5. Procedimentos operacionais de resposta	Item IV.5
3.5.1. Procedimentos para interrupção da descarga de óleo	Item IV.5.1
3.5.2. Procedimentos para contenção do derramamento de óleo	Item IV.5.2
3.5.3. Procedimentos para proteção de áreas vulneráveis	PEVO-PRIO
3.5.4. Procedimentos para monitoramento da mancha de óleo derramado	PEVO-PRIO
3.5.5. Procedimentos para recolhimento do óleo derramado	Item IV.5.2
3.5.6. Procedimentos para dispersão mecânica e química do óleo derramado	PEVO-PRIO
3.5.7. Procedimentos para limpeza das áreas atingidas	PEVO-PRIO
3.5.8. Procedimentos para coleta e disposição dos resíduos gerados	Item IV.5.4
3.5.9. Procedimentos para deslocamento dos recursos	Item IV.5.3
3.5.10. Procedimentos para obtenção e atualização de informações relevantes	PEVO-PRIO
3.5.11. Procedimentos para registro das ações de resposta	PEVO-PRIO
3.5.12. Procedimentos para proteção das populações	PEVO-PRIO
3.5.13. Procedimentos para proteção da fauna	PEVO-PRIO
4. Encerramento das operações	Item V
5. Mapas, cartas náuticas, plantas, desenhos e fotografias	Anexo IV
6. Anexos	

Quadro 2 - Tabela de correspondência entre a estrutura do documento e o Anexo II da Resolução CONAMA 398/08

Anexo II da Resolução CONAMA nº 398/08	Plano de Emergência Individual – PEI Consolidado
1. Introdução	Item III.1
2. Identificação e avaliação dos riscos	Item III.1
2.1. Identificação dos riscos por fonte	Item III.2
2.2. Hipóteses acidentais	Item III.3
2.2.1. Descarga de pior caso	Item III.3.1
3. Análise de vulnerabilidade	Anexo II PEVO-PRIO
4. Treinamento de pessoal e exercícios de resposta	Item VI

Anexo II da Resolução CONAMA nº 398/08	Plano de Emergência Individual – PEI Consolidado
5. Referências bibliográficas	Item VIII
6. Responsáveis técnicos pela elaboração do Plano de Emergência Individual	Item VII.1
7. Responsáveis técnicos pela execução do Plano de Emergência Individual	Item VII.2

Quadro 3 - Tabela de correspondência entre a estrutura do documento e o Anexo III da Resolução CONAMA 398/08

Anexo III da Resolução CONAMA nº 398/08	Plano de Emergência Individual – PEI Consolidado
1. Dimensionamento da capacidade de resposta	PEVO-PRIO
2. Capacidade de resposta	PEVO-PRIO
3. Recursos materiais para plataformas	Item IV.4

II. IDENTIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES

II.1. DADOS DA INSTALAÇÃO

Quadro 4 - Dados das Instalações: FPSO Frade

TIPO DE INSTALAÇÃO:	Embarcação tipo FPSO
NOME:	FPSO Frade
ANO DE CONSTRUÇÃO:	1980
LÂMINA D'ÁGUA DE OPERAÇÃO	1.082 m
TELEFONE:	(21) 3721-2457 e (22) 2106-4965 (OIM) (21) 3721-2463 e (22) 2106-4962 (Radio Room)

II.2. EMPRESA OPERADORA DAS INSTALAÇÕES

Quadro 5 - Informações da empresa operadora das instalações

NOME:	PETRO RIO JAGUAR PETRÓLEO LTDA.
ENDEREÇO:	End.: Praia de Botafogo, nº 370 – 13º Andar Botafogo - RJ CEP: 22250-040
CNPJ:	02.031.413/0001-69

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

INSCRIÇÃO ESTADUAL:	3320583550-1
INSCRIÇÃO MUNICIPAL:	390.154-8
TELEFONE:	+55 (21) 3721-3800
FAX:	+55 (21) 3721-3891

II.3. REPRESENTANTE LEGAL DAS INSTALAÇÕES

Quadro 6 - Dados do representante legal da instalação

NOME:	Francisco Francilmar
ENDEREÇO:	End.: Praia de Botafogo, nº 370 – 1º Andar Botafogo - RJ CEP: 22250-040
TELEFONE:	(21) 3721-3802
FAX:	(21) 3721-3891

II.4. COORDENADOR DE AÇÕES DE RESPOSTA

A Estrutura Organizacional de Resposta para atender a incidentes ocorridos nas atividades do Campo de Frade é baseada no *Incident Command System* (ICS) e respeita a divisão da resposta em duas fases: Resposta Inicial ou Fase Reativa e Resposta Continuada ou Fase Proativa.

A Resposta Inicial ou Fase Reativa é, na grande maioria dos eventos, atendida pelas TRTs (*Tactical Response Teams*, ou Equipe de Resposta Tática), já a Fase Proativa é atendida pelo IMT (*Incident Management Team*, ou Equipe de Gestão de Emergências). (**Figura 1**)

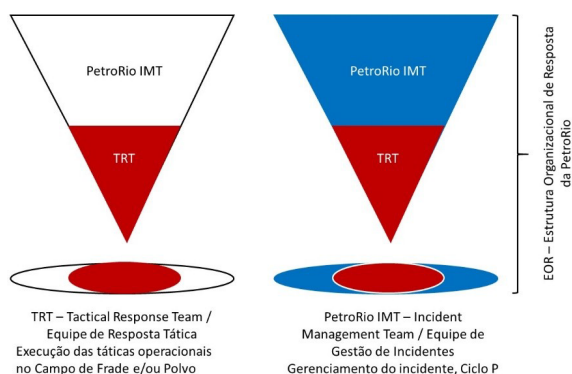


Figura 1 - Estrutura Organizacional de Resposta – EOR da Prio Simplificada

A bordo das Unidades Marítimas a estrutura inicial da TRT é comandada pelo *On-Scene Commander* (O/SC, ou Diretor do Ramo de Resposta Local), que coordena diretamente as divisões / brigadas de bordo. A primeira transferência de comando acontece do On-Scene Commander para o Comandante do Incidente Local (OIM). A listagem dos indivíduos qualificados para assumir as funções da TRT a bordo está disponível nas respectivas Unidades Marítimas.

Em incidentes cujas consequências ultrapassem os limites da Unidade Marítima, a função de Comandante do Incidente é exercida conforme descrito no PEVO-PRIO (Item IV. Informações e Procedimento para Resposta).

II.5. LOCALIZAÇÃO EM COORDENADAS GEOGRÁFICAS E SITUAÇÃO

A FPSO Frade atua no Campo de Frade, ao norte da Baía de Campos, a oeste do Campo de Roncador, à aproximadamente 115 km de Cabo de São Tomé (município de Campos dos Goytacazes-RJ), em profundidade que varia de aproximadamente 1.050 m à 1.300 m de lâmina d'água. A localização do Campo de Frade e suas distâncias até a costa, tomando como referência as Cidades de Rio de Janeiro e Vitória e o ponto mais próximo da costa em linha reta, são apresentadas na **Figura 2**, a seguir.

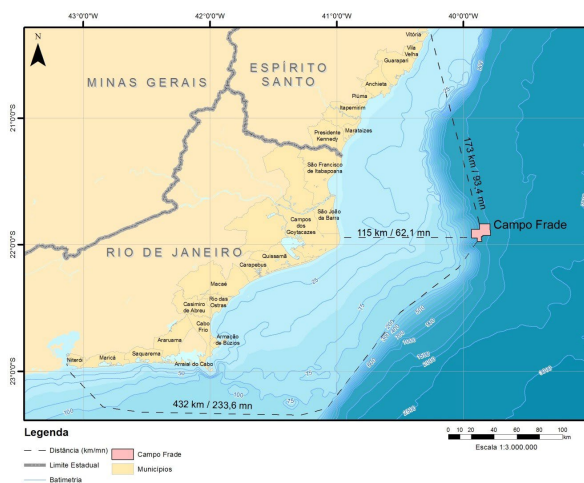


Figura 2 – Localização do Campo de Frade.

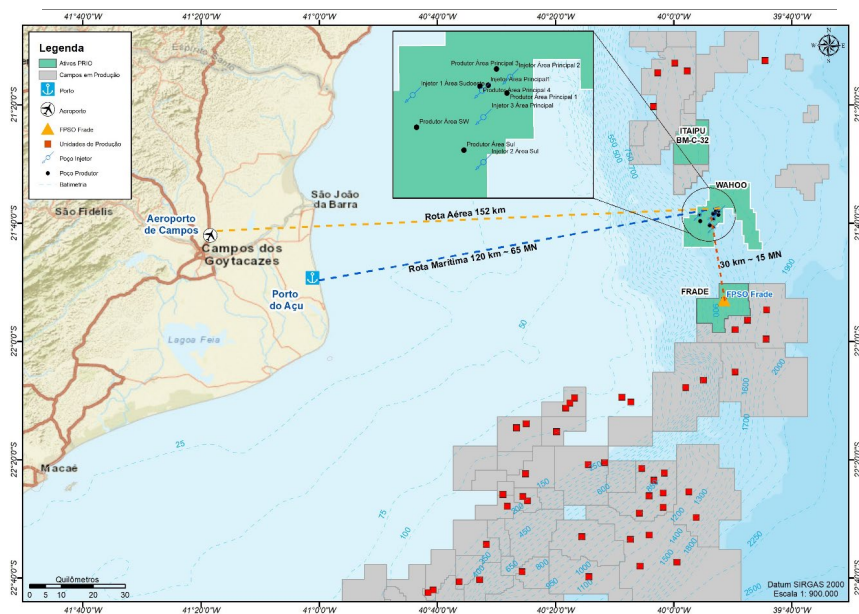


Figura 3 – Localização do Campo de Wahoo

As coordenadas da FPSO Frade são descritas no **Quadro 7**.

Quadro 7 – Coordenadas Geográficas do FPSO Frade.

UNIDADE	LATITUDE	LONGITUDE	N (M)	E (M)
FPSO Frade	21° 53' 08" S	39° 51' 18" W	7.579.595	4.116.732

Referência das Coordenadas - Datum: Sirgas 2000, MC:-39.

II.6. DESCRIÇÃO DOS ACESSOS À INSTALAÇÃO

O acesso, em condições normais de operação, à FPSO Frade é feito por meio de embarcações que partem da base de apoio em São João da Barra / RJ (Porto do Açu) e através de helicópteros a partir do aeroporto de Campos / RJ.

O Porto do Açu é utilizado como base de apoio marítimo da atividade. Sua distância para a plataforma ~~fixa~~ é de aproximadamente ~~130-118~~ km (~~6379~~ milhas náuticas), trecho que pode ser navegado em cerca de ~~6 horas e vinte minutos~~ ~~sete horas~~ (considerando uma velocidade de 10 nós).

Os helicópteros partem do Aeroporto de Campos dos Goytacazes, situado à Estr. Brejo Grande - Parque Aeroporto, Campos dos Goytacazes – RJ. O tempo de voo entre o Aeroporto e a unidade é estimado em 60 minutos

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

O acesso à plataforma FPSO Frade são resumidos no **Quadro 8**.

Quadro 8 - Distâncias e tempos estimados de deslocamento para acesso à instalação.

Via	Instalação	Localização	Distância média	Tempo estimado de deslocamento
Marítima	Porto do Açu	São João da Barra - RJ	118 120 km	6h 23 0min a 10 nós
Marítima	Nitshore/Brasco	Niterói - RJ	407 km 398 km	24-21h 30 minhoras a 10 nós
Aérea	Aeroporto de Campos dos Goytacazes	Campos - RJ	160-152 km	1h

III. CENÁRIOS ACIDENTAIS

III.1. INTRODUÇÃO - CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO E PRINCIPAIS OPERAÇÕES REALIZADAS

Os fluidos dos poços são encaminhados através de linhas individuais a uma Unidade Flutuante de Produção, Armazenamento e Transferência – FPSO. O FPSO Frade está localizado em lâminad'água de 1.082 m. A unidade não tem orientação específica, uma vez que está atracada em um sistema interno de ancoramento *turret/swivel*, com giro permitido de 360°, em função da direção dominante dos ventos e das correntes marítimas.

O *turret* é constituído de uma estrutura em torre tipo tubulão com rolamentos, instalada no casco da FPSO e fixada ao fundo do mar por um sistema de cabos e amarras, que permite queo navio gire, mantendo-se alinhado às forças de vento e correntes, e através do qual os *risers* de produção, exportação, injeção e umbilicais eletro-hidráulicos são interligados a FPSO.

O sistema de produção a bordo do FPSO inclui diversos processos, utilidades e instalações (principais e auxiliares), entre os quais se destacam:

- Sistemas de processamento primário: tratamento e separação trifásica de óleo, água e gás natural extraídos dos fluidos do poço de produção. os fluidos do poço que foram artificialmente extraídos por elevação com gás dos poços (*gas lift*) são recebidos através dos *risers* que chegam ao *turret* da FPSO, e são direcionados para as instalações de produção ou de teste, via *manifolds* específicos;
- Recuperação secundária do reservatório (captação, tratamento e injeção de água do mar);
- Utilidades de apoio (água industrial, energia elétrica, produção de calor, combustível, tratamento de efluentes, entre outros);
 - o Água industrial: extraída do sistema de injeção de água, sendo um de seus principais usos alimentar as unidades de osmose reversa utilizadas para fornecer água doce para lavagem de óleo cru
 - o Energia elétrica: geradores elétricos acionados por turbinas capazes de utilizar dois

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

tipos de combustível para geração de energia elétrica (gás e óleo). A geração de energia é equipada com quatro geradores, normalmente acionados por gás combustível com 25% de capacidade. Na partida, esses geradores serão acionados por diesel.

o Produção de calor: a FPSO não possui caldeiras de vapor, na área do topside foi instalado um sistema de recuperação de calor do tipo circuito fechado com inibidor de corrosão. Estas unidades recuperam o calor da exaustão das turbinas a gás dos geradores e geram calor suficiente para satisfazer as demandas do processo da FPSO, exceto para o aquecedor do TEG (trietilenoglicol, para desidratação do gás), aquecedor de gás produzido e aquecedor suplementar de gás combustível de alta pressão, que dispõe de aquecedores elétricos.

- Armazenamento: o óleo cru processado é armazenado nos tanques de carga da FPSO, que possui capacidade de armazenamento para 1,5 milhões de barris. Estes tanques possuem interligação feita através de dutos de transferência, sendo operados pelo controle de lastro da FPSO, a fim de garantir sua estabilidade. Durante a armazenagem é utilizado um sistema de inertização com pressurização por nitrogênio (N₂), a fim de minimizar a geração de atmosfera explosiva, rica em voláteis. As pequenas quantidades, ainda assim geradas (em função da movimentação do óleo pelo balanço do mar), serão recolhidas por sistema de vents, que escoam para pontos de emissão controlados.

- Escoamento da produção: o *offloading* é realizado através de um navio tanque aliviador, que se posiciona próximo à popa da FPSO, onde se encontra o mangote de transferência de óleo. São utilizadas unidades de apoio durante a operação, ficando uma ligada através do cabo de âncora ao aliviador, para ajudá-lo a manter a posição e o afastamento da FPSO (necessário à segurança da operação); e outra em tarefas de passagem de cabos e do mangote entre a FPSO e o navio tanque aliviador. A operação de *offloading* tem duração variável, sendo função do volume a ser transferido e da vazão utilizada. As pressões de bombeamento são constantemente verificadas durante o processo, em função de sua correspondência direta com a quantidade de produto transferido de modo a se detectar possíveis vazamentos e interromper o bombeamento. Dentro do mangote, no início da transferência, encontra-se apenas água. Ao conectar a FPSO ao navio tanque aliviador, o mangote é pressurizado e inicia-se o bombeio do óleo da primeira para a segunda embarcação.

o A água do mangote é armazenada no tanque de água oleosa do aliviador e quando começa a chegar o óleo a esta embarcação, o fluxo é direcionado para os tanques de armazenamento.

o Ao final da transferência, novamente é bombeada água para manutenção da pressão de operação. Quando é verificada a chegada de água no recebimento pelo aliviador, o fluxo é novamente direcionado para o tanque de água oleosa e a transferência interrompida. Desta forma, o mangote fora de operação possui somente água em seu interior, e nenhum efluente passado por ele é descartado ao mar, preservando a qualidade ambiental local.

A separação água/óleo compreende um processo de desidratação e dessalinização do óleo em dois estágios, onde a água e o óleo cru recuperam o calor gasto no processo, através da troca de calor da água do desidratador pelos fluidos a montante do Separador de Produção e de um Trocador de Óleo. O óleo cru para exportação é adicionalmente resfriado com água do mar em um trocador, antes de ser

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

armazenado nos tanques do casco da FPSO, para evitar que a temperatura máxima especificada seja excedida.

O óleo armazenado é transferido para navios tanques aliviadores. Esses navios recebem periodicamente a produção armazenada no FPSO e a transportam para processamento em unidades terrestres.

O gás produzido no Campo de Frade é coletado no sistema de compressão e utilizado como matriz energética na FPSO Frade e para o sistema de gás lift de apoio à produção, seu excedente é escoado através de um gasoduto localizado a SW do campo de Frade com de cerca de 44 km de tubulação rígida de 10" até o ponto de conexão com a tubulação de exportação do gás produzido no Campo de Roncador.

O gás coletado em cada estágio de separação é comprimido, resfriado e desidratado para fornecer o suprimento de gás a ser utilizado como combustível, para o sistema de gás lift e para exportação.

O processo de condicionamento dos gases da FPSO inclui dois conjuntos de compressores de gás natural com três estágios em operação, e um terceiro conjunto de compressão também de três estágios, em caráter de reserva (*stand-by*), para comprimir adicionalmente o gás de reinjeção. Para fins de elevação com gás, a pressão de recalque de projeto do terceiro estágio é de 21.000 kPag, e caso haja necessidade de reinjeção do gás na formação, haverá um quarto estágio de compressão a uma pressão de recalque de 31.000 kPag.

O Tratamento do Gás Ácido com DGA (diglicolamina) para remoção de CO₂ e H₂S, está localizado após o primeiro estágio da compressão do gás de processo. A DGA foi selecionada devido à baixa especificação de CO₂ para o gás de injeção. Além disso, os sistemas normais de amina tendem a ser seletivos para H₂S e a passar através do CO₂. Ao tratar toda a corrente de gás, o conteúdo de CO₂, inclusive no gás utilizado para o auxílio da elevação da produção (*gas lift*), será reduzido para menos de 2%.

Uma vez tratado, o gás do *gas lift* mistura-se ao gás produzido, reduzindo efetivamente o teor de CO₂ do gás que retorna às instalações na planta de tratamento (topside) da FPSO a pouco mais de 4%. Após o contato com o DGA existente no sistema de tratamento de gás ácido, o conteúdo de CO₂ deste gás diminui para cerca de 0,25% por volume.

A desidratação do gás é realizada em um sistema de desidratação TEG (trietilenoglicol) convencional, localizado a jusante do segundo estágio da compressão do gás de processo.

O FPSO Frade conta ainda com sistema de injeção de água do mar tratada e desaerada e reinjeção de toda a água de produção para recuperação secundária no Campo de Frade do reservatório. No entanto, não está mais sendo considerada a reinjeção de água produzida por motivos técnicos e operacionais. A água produzida nas atividades de produção do Campo de Frade é monitorada e descartada no mar dentro dos limites estabelecidos por lei.

A unidade de produção, armazenamento e transbordo (FPSO – Floating Production, Storage and Offloading) é constituída por um navio-tanque convertido, de 269.000 ton. O casco da FPSO será do tamanho de um navio petroleiro de grande porte, com capacidades mínimas de 240.00m³ para armazenamento, 24.000 m³ para processamento de fluidos, e 990.000 m³ para processamento diário

de gás, e 106 MMscf para compressão de gás por dia, além das instalações de injeção de água. O sistema de transferência da FPSO possui capacidade de aproximadamente 6.400 m³ por hora (40.000 barris por hora). A FPSO está ancorada onde a profundidade média da água no local é de 1.080 m.

As dimensões principais do FPSO Frade são:

- Comprimento total: 337,06 m
- Boca: 54,50 m
- Calado: 27,00 m

O **Quadro 9** resume as capacidades de processamento da FPSO Frade.

Quadro 9 – Capacidade de Processamento e Armazenamento da FPSO.

DISCRIMINAÇÃO	VOLUMES
Capacidade de produção de óleo	15.900 m ³ /dia
Capacidade de produção de água	20.700 m ³ /dia
Capacidade de produção total de líquido	23.800 m ³ /dia
Capacidade de produção de gás	1.002.000 m ³ /dia
Capacidade de produção de gás lift	1.800.000 m ³ /dia
Capacidade de injeção de água	23.900 m ³ /dia
Capacidade de estoque de óleo cru	1.500.000 bbl

O **Quadro 10** traz outras características técnicas das linhas de produção e injeção.

Quadro 10 – Linhas submarinas e escoamento

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	TIPO	COMPRIMENTO	DIÂMETRO	CONDIÇÃO OPERACIONAL (SUPERFÍCIE)	REVESTIMENTO	ISOLAMENTO
Campo de Frade						
Produção	Flex	3500m	6"	3050 psi	Aço	1"
Gás Lift	Flex	3500m	4"	3500 psi	Aço	--
Injeção de Água	Flex	3500m	8"	4000 psi	Aço	--
Campo de Wahoo						
Produção 1#	Flex	35000m	9"	1860 kPa g	Aço	1"

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, À direita: 0 cm

Tabela formatada

Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, Recuo: À esquerda: 0 cm, Primeira linha: 0 cm, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, Recuo: À esquerda: 0 cm, Primeira linha: 0 cm, À direita: 0 cm

Tabela formatada

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Centralizado, À direita: 0 cm

Produção 2#	Flex	35000m	9"	1860 kPa g	Aço	1"
Injeção de Água	Flex	35000m	12"	4000 psi	Aço	--
Gás Lift	Flex	35000m	9"	1860 kPa g	Aço	1"

Formatado: Centralizado, Recuo: À esquerda: 0 cm,
Primeira linha: 0 cm, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, Recuo: À esquerda: 0 cm,
Primeira linha: 0 cm, À direita: 0 cm

Formatado: Centralizado, À direita: 0 cm

As plantas de arranjo e o plano de capacidade do FPSO Frade são apresentadas no **Anexo I**. Neste mesmo anexo está localizada o desenho esquemático do *topside* da FPSO Frade com o fluxograma detalhado de processo.

III.2. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS POR FONTE

Os **Quadros 11 a 13** indicam as fontes potenciais de derramamento de óleo, associadas às atividades de produção no Campo de Frade e Campo de Wahoo. A identificação das fontes foi feita com base na análise de risco apresentadas nos respectivos Estudos de Impacto Ambiental.

Quadro 11 – Tanques de armazenamento do FPSO Frade e das embarcações envolvidas.

IDENTIFICAÇÃO DO TANQUE	TIPO DE TANQUE	TIPO DE ÓLEO ESTOCADO	CAPACIDADE MÁXIMA DE ESTOCAGEM (M³) (*)	CAPACIDADE DE CONTENÇÃO SECUNDÁRIA	DATA E CAUSA DE INCIDENTES ANTERIORES
FPSO FRADE					
Tanques de óleo cru	Inertizado	Óleo cru 18,7º API (**)	295.939,25	Casco duplo nos tanques: Estibordo: 2 e 3 Bombordo: 5 e 6	Sem registro
Tanques slop e offspec	Atmosférico	Água oleosa	35.620,53	---	Sem registro
Tanques de combustível	Atmosférico	Óleo diesel marítimo	6.535,99	---	Sem registro
Tanques de óleo lubrificante	Atmosférico	Óleo lubrificante	125,35	---	Sem registro
EMBARCAÇÕES					
Tanques da embarcação de apoio	Atmosférico	Diesel Combustível	500 m3	Não existente	Sem registro

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

Tanques da embarcação de emergência	Atmosférico	Diesel Combustível	500 m3	Não existente	Sem registro
-------------------------------------	-------------	--------------------	--------	---------------	--------------

* Somatório do volume de todos os tanques a bordo de uma mesma categoria.

** Valor calculado a partir de amostras de óleos produzidos no Campo de Frade.

Quadro 12 - Operações de carga e descarga.

TIPO DE OPERAÇÃO	TIPO DE ÓLEO TRANSFERIDO	VAZÃO MÁXIMA DE TRANSFERÊNCIA (M³/H)	DATA E CAUSA DE INCIDENTES ANTERIORES
Transferência de óleo cru de FPSO Frade para navio tanque aliviador (offloading)	Óleo cru 18,7° API	7.950	25/10/2011: Derramamento de 42 litros de água oleosa durante teste de pressão do mangote de transferência

Quadro 13 - Outras fontes potenciais de derramamento.

TIPO DE FONTE	TIPO DE ÓLEO TRANSFERIDO	VAZÃO MÁXIMA ENVOLVIDA (M³/H)	DATA E CAUSA DE INCIDENTES ANTERIORES
Linhas de produção (flowline e riser) Frade	Óleo cru 18,7° API	198,8 (30.000 bopd)	Sem ocorrência
Linhas de produção (flowline e riser) Wahoo	Óleo cru 29,3° API	15.899	Sem ocorrência
Exsudação no leito marinho no Campo de Frade	Óleo cru 18,7° API	20 (*)	9/11/2011: Vazamento após o rompimento da rocha abaixo da sapata do revestimento de 13 3/8" durante a perfuração do poço 9-FR-50DP-RJS ("MUP1") resultando em fraturas geológicas, por meio das quais ocorreu a migração do óleo até fissuras no leito submarino.

* Vazão estimada a partir dos relatórios de acompanhamento do acidente de novembro de 2011.

III.3. HIPÓTESES ACIDENTAIS

Foram consideradas as Hipóteses Acidentais cuja classificação de severidade das consequências é crítica ou catastrófica, na análise de riscos, conforme apresentado no **Quadro 14**, a seguir.

Quadro 14 – Hipóteses acidentais.

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

HIPÓTESES 2, 3, 9, 17, 18, 19 E 22 (Frade)	<p>Derramamento a partir dos tanques de armazenamento do FPSO Frade</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de óleo derramado: Óleo cru, água oleosa, óleo diesel marítimo, óleo lubrificante Regime do derramamento: Instantâneo ou contínuo Volume do derramamento (quantidade máxima): 338.221,12 m³ (somatório da capacidade de todos os tanques que podem armazenar óleo a bordo do FPSO, incluindo água oleosa) Possibilidade de o óleo atingir a área externa à instalação: Sim
HIPÓTESES 10, 11 E 12 (ATIVIDADE: APOIO)	<p>Derramamento a partir dos tanques de armazenamento das embarcações de apoio</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de óleo derramado: Óleo diesel marítimo Regime do derramamento: Instantâneo ou contínuo Volume do derramamento (quantidade máxima): 500 m³ (volume máximo de diesel da embarcação de apoio) Possibilidade de o óleo atingir a área externa à instalação: Sim
HIPÓTESE 7 (Frade)	<p>Derramamento durante transferência de óleo diesel das embarcações de apoio para o FPSO Frade</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de óleo derramado: Óleo diesel marítimo Regime do derramamento: Contínuo Volume do derramamento (quantidade máxima): 3 m³ (considerando a vazão da bomba e um tempo de 2 minutos para detecção e interrupção do derramamento) Possibilidade de o óleo atingir a área externa à instalação: Sim
HIPÓTESE 11 (Frade)	<p>Derramamento durante transferência de óleo cru do FPSO Frade para navio tanque aliviador (<i>offloading</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de óleo derramado: Óleo cru 18,7º API Regime do derramamento: Contínuo Volume do derramamento (quantidade máxima): 265 m³ (considerando a vazão da bomba e um tempo de 2 minutos para detecção e interrupção do derramamento) Possibilidade de o óleo atingir a área externa à instalação: Sim
HIPÓTESES 4, 5 E 21	<p>Derramamento a partir das linhas de produção</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de óleo derramado: Óleo cru 18,7º API Regime do derramamento: Contínuo Volume do derramamento (quantidade máxima): 22,1 m³ (considerando um tempo de 10 minutos para detecção do derramamento e fechamento do poço) + 91,2 m³ (volume de óleo contido na linha; Ø 6", extensão 5.000 m) = total de 113,3 m³ Possibilidade de o óleo atingir a área externa à instalação: Sim

Tabela formatada

<p>HIPÓTESE 23 (Frade)</p>	<p>Derramamento devido a exsudação no leito marinho</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de produto derramado: Óleo cru 18,7º API Regime do derramamento: Contínuo Volume do derramamento (quantidade máxima): 381,6 m³ (para fins desta estimativa, foi assumido o valor correspondente ao volume derramado estimado no acidente de novembro de 2011: 2.400 barris) Possibilidade de o óleo atingir a área externa à instalação: Sim
<p>Cenário 1, 2 e 3 (Wahoo)</p>	<p><u>Vazamento de óleo cru / gás devido à perda de controle do poço (blowout) durante o processo de perfuração no poço em função de fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço (kick); falha de operação do BOP (Blowout Preventer) e dos dispositivos auxiliares; falha operacional/ humana nos procedimentos de retomada do controle ou fechamento do poço; ou peso de fluido de perfuração insuficiente.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>Tipo de óleo derramado: Óleo Cru</u> <u>Regime do derramamento: Contínuo</u> <u>Volume do derramamento: até 71.544 m³</u> <p><u>Detalhamento: Para a determinação do volume máximo de óleo cru / gás liberado devido à ocorrência de blowout durante as operações de perfuração foi considerada a liberação de óleo durante trinta dias a uma vazão de 2.384,8 m³/dia, resultando em um volume final de 71.544 m³.</u></p>

Com relação às condições meteoceanográficas na região do Campo de Frade, os ventos de quadrante NNE são predominantes no período de verão, enquanto os quadrantes N e NE também são representativos. No período de inverno observa-se uma maior dispersão no espectro de direções do vento. Apesar da predominância de ventos de NNE, dados, nota-se ocorrências mais significativas de ventos de quadrante E e S. Nota-se neste período também a maior frequência de ocorrência de ventos com intensidade acima de 12 m/s.

Com relação à análise de ondas para a região, tem-se que para a situação de bom tempo, com ventos de NE, as ondas mais frequentes têm altura entre 0,5 a 1 m e períodos na faixa de 4 a 5 segundos. As maiores alturas individuais de ondas têm valores entre 5 e 6 m com períodos entre 6 e 9 segundos, respectivamente. Nas situações extremas, caracterizadas como mau tempo, com ventos de SW, cerca de 40% das ondas observadas têm alturas entre 1 e 2 m.

A circulação oceânica na Bacia de Campos é determinada pela composição da passagem de frentes e do fluxo estabelecido pela Corrente do Brasil, preponderante na região. Algumas regiões sobre o talude continental podem apresentar velocidades de corrente superiores a 1,0 m/s.

A distribuição superficial de temperatura da água do mar, na área mais distante da costa na Bacia de Campos, no período de verão, varia entre 22 e 28 °C. Para o período de inverno, varia entre 18 e 24 °C.

III.3.1. Descarga de Pior Caso

Os volumes teóricos do derramamento correspondente à descarga de pior caso foram calculados tomando-se por base o cenário: o volume total de estocagem de óleo no FPSO, estimado em 258.304,99

m³. No campo de Frade o volume de pior caso é o volume de estocagem de óleo no FPSO.

Para o cálculo de do volume de pior caso tem-se:

- Soma da capacidade máxima dos tanques de estocagem de óleo (exceto água oleosa) do FPSO = 302.600,59 m³
 - Considerando o limite operacional de 85%, a capacidade máxima operacional é: $0,85 \times 302.600,59 = 257.210,50 \text{ m}^3$
- Volume das linhas de produção = 1.094,49 m³, considerando:
 - número de linhas: 12
 - extensão média das linhas: 5.000 m
 - diâmetro das linhas: 6"

III.4. ANÁLISE DE VULNERABILIDADE

A Análise de Vulnerabilidade visa identificar a probabilidade e o tipo de área que pode ser atingida em caso de incidente com derramamento de óleo no mar. A referida análise foi efetuada com base nos resultados da modelagem de transporte e dispersão de óleo, e é apresentada no **Anexo II do PEVO-PRIO**, considera a hipótese acidental e o volume correspondente à descarga de pior caso do Campo de Frade, isto é, o afundamento do FPSO Frade. As modelagens das atividades de Frade/[Wahoo](#) estão dispostas no **Anexo IIA** – Modelagem de Óleo de Frade_Rev Fev/2021), [e no Anexo IIB – Modelagem de Óleo de Wahoo_Rev Jan/2024](#), bem como é feita a análise integrando os shapes probabilísticos de pior caso dos campos cobertos pelo PEVO.

A Análise de Vulnerabilidade Integrada considera os resultados máximos da probabilidade e mínimos de tempo de toque, por município. No **Anexo II do PEVO PRIO** também são apresentados os Mapas com o Resultado Integrado dos Volumes de Pior Caso nos Períodos Outono-Inverno (março a agosto) e Primavera-Verão (setembro a fevereiro).

IV. INFORMAÇÃO E PROCEDIMENTOS PARA RESPOSTA

IV.1. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE RESPOSTA – EOR

A Estrutura Organizacional de Resposta se divide em:

- Equipe para atender a incidentes ocorridos dentro dos limites das unidades marítimas – TRT (Tactical Response Team ou Equipe de Resposta Tática)
- Equipe para atender a incidentes que extrapolem a capacidade de coordenação da equipe das unidades marítimas – IMT (*Incident Management Team* ou Equipe de Gestão de Emergências).

Este documento apresenta a descrição da TRT destinada a atender incidentes ocorridos dentro dos limites das unidades marítimas. A IMT destinada a atender incidentes que extrapolem a capacidade de coordenação das unidades marítimas é descrita no [Plano de Emergência para Vazamento de Óleo](#)

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

(PEVO-PRIO). A organização, a gestão e a definição das atribuições e responsabilidades das funções da EOR seguem os preceitos do Sistema de Gestão de Emergências, baseado no *Incident Command System* (ICS).

O Comandante do Incidente Local (OIM) decidirá pelo escalonamento da estrutura de resposta, após avaliação inicial ou a transferência do comando para a IMT descrita no PEVO-PRIO. Esta transferência de comando é realizada na forma de um “briefing do incidente” e documentada através do formulário ICS 201 [do Sistema de Gestão de Emergências \(Anexo III\)](#).

A **Figura 3** apresenta a composição básica da TRT das unidades marítimas em cenários acidentais com vazamento de óleo. Os **Quadros 15 a 17** apresentam as atribuições e responsabilidades e qualificação técnica das funções que compõem a EOR básica.

Os membros da Estrutura Organizacional de Reposta estão qualificados para exercer as funções para as quais estão designados e estão treinados. A evidência destes treinamentos permanece a bordo da Unidade Marítima.

A composição da estrutura organizacional de resposta da Unidade Marítima, é variável em função das escalas de trabalho.



Notas:

1. A nomenclatura de On-Scene Commander é frequentemente utilizada no começo da resposta inicial, da mobilização dos recursos disponíveis no local. Uma vez que ocorra a transferência de comando para o Comandante do Incidente local (OIM) a pessoa nesta posição assume a posição de Diretor de Ramo.
2. A seta representa a transferência de comando. Neste momento o OIM assume a posição de Comandante do Incidente local.

Figura 3 – Composição básica da Estrutura Organizacional de Resposta das unidades marítimas em cenários acidentais com vazamento de óleo

Quadro 15 – Principais atribuições e responsabilidades e capacitação técnica do Comandante do Incidente local

COMANDANTE DO INCIDENTE LOCAL
A principal atribuição do Comandante do Incidente local é o gerenciamento das operações de resposta a emergência de forma segura, eficiente e efetiva.

Suas responsabilidades englobam:

- Estabelecer as prioridades e os objetivos para a resposta
- Avaliar em conjunto com o Oficial de Segurança os riscos de segurança e saúde às pessoas envolvidas e implantar medidas mitigadoras
- Seguir as diretrizes dispostas no Procedimento de Gestão de Emergências da Prio eneste Plano de Emergência para Vazamento de Óleo – PEVO
- Solicitar sobrevoo por equipe treinada para avaliação da mancha e coordenação das operações contenção e recolhimento do óleo e/ou dispersão mecânica
- Solicitar coordenador treinado a bordo para auxiliar nas ações de resposta no mar
- Obter informações sobre as condições atuais meteo-oceanográficas para suporte as estratégias de resposta e à modelagem de dispersão e deslocamento da mancha
- Confirmar a lista de equipamentos de resposta disponíveis a bordo da UM e da embarcação de prontidão no Campo e se será necessária ativação de recursos adicionais
- Determinar a realização de contenção e recolhimento do óleo derramado em conformidade com os procedimentos descritos neste documento;
- Determinar a realização de dispersão mecânica em conformidade com os procedimentos descritos neste documento
- Preencher o Formulário de Comunicação Inicial do Incidente
- Auxiliar na comunicação as agências com o fornecimento de informações ao IMT. Caso o IMT não seja ativado, mas seja requerida esta comunicação, será utilizada a estrutura funcional da empresa
- Aprovar o Formulário ICS 201 – Relatório Inicial do Incidente
- Assegurar suporte e recursos às ações de resposta em curso
- Decidir pela transição da Fase Reativa para a Fase Proativa, quando aplicável.

Capacitação Técnica (treinamentos):

- Processo de Gestão de Emergências Prio
- Plano de Emergência Individual e Plano de Emergência para Vazamento de Óleo
- ICS 100
- ICS 200

Quadro 16 - Principais atribuições, responsabilidades e capacitação técnica do Diretor do Ramo de Resposta Local (On-Scene Commander – O/SC) – Função a bordo da Unidade Marítima

DIRETOR DO RAMO DE RESPOSTA LOCAL

Sua principal atribuição é coordenar e avaliar a atuação das Divisões (ou Brigadas) sob sua responsabilidade, de forma a auxiliar na segurança de tripulação de bordo (brigadistas erestante da tripulação) e no controle da fonte, assegurar que o incidente não tomará proporções maiores, como fogo e explosão, efetuar a limpeza do produto vazado contido na UM, fazer a adequada disposição dos resíduos gerados e sinalizar ao OIM a necessidade de mobilização de recursos adicionais (reposição de itens do KIT SOPEP, recursos para as brigada, embarcação de prontidão, recursos de contenção e recolhimento de óleo no mar, técnicos especializados, sobrevoos, etc.) e fazer a transferência de comando.

É de responsabilidade do OIM, já na posição de Comandante do Incidente local, fazer, após a avaliação feita em conjunto com o O/SC, a ativação deste PEVO em incidentes envolvendo descargas pequenas de óleo vazado para o mar, coordenando a atuação da embarcação de prontidão no Campo.

Em incidentes mais complexos, considerando descarga média ou de pior caso de óleo, durante a fase reativa as atribuições inicialmente exercidas pelo O/SC podem ser divididas em basicamente entre três outras funções: Diretor do Ramo de Resposta Local, Diretor do Ramo de Recolhimento e Diretor do Ramo de Proteção a Fauna.

O O/SC poderá ocupar a posição de Diretor do Ramo de Resposta Local, de forma a garantir a continuidade das ações, que englobam os Grupos de Busca e Salvamento a bordo (no caso de incidentes que envolvam feridos ou trabalhadores abrigados em locais distintos do ponto de encontro), Evacuação, Controle da Fonte a bordo, Combate a Incêndio, Médica, HAZMAT (Hazardous Materials – Produtos Químicos Perigosos).

As posições de Diretor do Ramo de Recolhimento e Diretor do Ramo de Proteção a Fauna passam a

serem ocupadas por dois técnicos capacitado e englobam, por exemplo, os Grupos de Contenção e Recolhimento, Monitoramento, Dispersão Mecânica e Proteção ao Meio Ambiente.

Suas responsabilidades englobam:

- Conduzir a avaliação inicial do incidente – identificação do local, fonte, possíveis áreas afetadas, possível escalonamento
- Ativar os recursos primários de resposta (Divisões / Forças Tarefas / Brigadas)
- Conduzir a reunião de avaliação inicial do incidente com as Divisões / Forças Tarefas / Brigadas e distribuir as ações
- Alinhar todas as ações com o Oficial de Segurança designado e mantê-lo informado
- Coordenar o controle de acesso as áreas afetadas (Hot, Warm & Cold Zones) e procedimento de descontaminação dos brigadistas com o Oficial de Segurança
- Acompanhar as ações das Divisões / Forças Tarefas / Brigadas e verificar a efetividade e suficiência das ações realizadas
- Reportar todos os incidentes ocorridos durante as ações de resposta e condições inseguras ao Oficial de Segurança
- Sinalizar a previsão de controle da fonte, bem como as ações necessárias
- Providenciar a disposição dos resíduos gerados pelas ações de limpeza a bordo da Unidade Marítima (UM)
- Auxiliar o time de produção e ou carga na estimativa do volume vazado contido na UM e/ou para o mar com base nas características do incidente (vazão de bomba, diâmetro de mangotes, volume em tanques, tempo transcorrido até interrupção da fonte, etc.)

Capacitação Técnica (treinamentos):

- Processo de Gestão de Emergências Prio
- Plano de Emergência Individual e Plano de Emergência para Vazamento de Óleo
- ICS 100
- ICS 200

Quadro 17 – Principais atribuições e responsabilidades do Líder da Equipe de Controle da Fonte – Atribuições, Responsabilidades e Capacitação Técnica.**DIVISÃO / BRIGADA DE COMBATE A VAZAMENTOS****Atribuições e Responsabilidades:**

Organizar as pessoas sob seu comando em recursos simples, forças-tarefa e equipes de intervenção, conforme a necessidade

- Executar e coordenar as ações para interrupção da descarga
- Designar ações, recursos, objetivos, medidas de segurança e métodos de comunicação para as pessoas sob seu comando (briefing operacional)
- Avaliar os riscos de segurança e saúde pertinentes às pessoas sob seu comando, pessoas nas imediações e instalações na execução das ações de resposta sob sua coordenação
- Solicitar ao comando qualquer apoio adicional necessário para a resposta

Capacitação Técnica:

- Processo de Gestão de Emergências Prio
- Plano de Emergência Individual e Plano de Emergência para Vazamento de Óleo

IV.1.1. Responsabilidades Comuns

O **Quadro 18** apresenta as responsabilidades comuns que devem ser contempladas por qualquer pessoa acionada para integrar a Estrutura Organizacional de Resposta (EOR) da Prio, seja para atuar na execução das ações táticas ou no seu planejamento.

Quadro 18 – Atribuições e responsabilidades comuns dos membros da Estrutura Organizacional de Resposta da Prio.**RESPONSABILIDADES COMUNS DOS MEMBROS DA EOR**

<ul style="list-style-type: none"> • Rever a documentação de ICS e ler as atribuições, responsabilidades e limites de competência de sua função assim que acionado. • Check-in no posto de comando ou local designado pelo Comandante do Incidente ou seu superior no momento do acionamento • Participar de reunião inicial ou obter briefing inicial sobre o incidente • Conhecer e respeitar as orientações de segurança. • Reportar condições inseguras ao seu superior direto ou ao Oficial de Segurança • Garantir que tem em mãos toda a documentação necessária: planos, procedimento, formulários ICS (incluindo o ICS214a – Log Individual), etc. • Solicitar recursos (humanos e materiais) necessários para sua atuação, quando aplicável • Seguir as diretrizes dispostas no Procedimento de Gestão de Emergências da Prio eneste Plano de Emergência Individual. • Responsabilizar-se por suas ações e de seus subordinados, quando aplicável • Manter-se informado e informar status das ações de resposta, garantindo uma comunicação integrada da equipe • Manter o seu superior informado em relação ao andamento das ações sob sua responsabilidade, assessorando-o na tomada de decisões • Manter registro das ações de resposta referentes ao seu nível de atuação • Preparar Um relatório de transição verbal ou para transferencia de comando /passagem de serviço, sempre que aplicável • Participar de reuniões quando for convocado • Usar texto claro, fatos e terminologia do ICS em todas as comunicações • Responder as diretrizes de desmobilização e repassa-las a seus subordinados, quando aplicável
<p>Capacitação Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Processo de Gestão de Emergências Prio • Plano de Emergência Individual e Plano de Emergência para Vazamento de Óleo

IV.1.2. Tempo Máximo Estimado de Mobilização

As equipes envolvidas na resposta inicial nas Unidades Marítimas atuam em turno de revezamento e em sobreaviso, sendo mobilizadas imediatamente em caso de emergência.

IV.1.3. Medidas de Segurança e Proibições para Atuação da EOR

Visto que emergências se caracterizam por seu ambiente de pressão e estresse, a avaliação dos riscos de segurança operacional associados as ações de resposta, tal como a definição de medidas de segurança, configuram-se como atividade essencial e prioritária pela Estrutura Organizacional de Resposta.

Nenhuma resposta operacional deverá ser iniciada sem prévia observação, por profissional de segurança capacitado, dos riscos envolvidos no cenário acidental (e.g.: possíveis fontes energizadas ou

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

de ignição; atmosfera tóxica, outros).

Além disso, a depender do cenário accidental, deverão ser prontamente paralisadas todas as operações da unidade envolvida no incidente, estando as mesmas proibidas até que haja controle da emergência.

A liberação para retomada das atividades só ocorrerá quando formalmente comunicada pelo responsável maior da resposta a emergência (o Comandante do Incidente – IC).

IV.2. SISTEMA DE ALERTA DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO

IV.2.1. Da Unidade Marítima

IV.2.1.1. Alerta Visual

A equipe de operação das Unidades Marítimas tem como atribuição a inspeção e supervisão dos sistemas e equipamentos e a observação do mar em torno da instalação com o objetivo de detectar possíveis vazamentos de óleo. Caso seja verificado algum vazamento, o observador deve informar a CCR – *Central Control Room* (sala de controle) da Unidade Marítima.

Adicionalmente, todas as demais pessoas são orientadas a informar à sala de controle sobre qualquer indício de derramamento de óleo.

IV.2.1.2. Alerta por instrumentos

Todas as informações de pressão, temperatura, vazão, nível, posição de válvulas (aberta/fechada) referentes aos vasos, separadores, tanques, linhas de transferência, bombas e tubulações são obtidas por meio de instrumentos instalados no campo e enviadas para o sistema supervisório da Unidade Marítima, sendo visualizadas na CCR. A comparação instantânea entre as variáveis medidas e os limites pré-estabelecidos permite identificar possíveis vazamentos e a ação imediata de controle e comunicação do incidente.

IV.2.2. Fora da Unidade Marítima

O sistema de alerta fora das Unidades Marítimas, para identificação de incidentes de poluição por óleo é composto:

- Pelas informações repassadas pelos tripulantes de outras Unidades Marítimas no entorno
- Pelas informações repassadas pelos tripulantes das aeronaves a serviço da Prio ou de outras empresas
- Pelas informações repassadas pelos tripulantes das embarcações a serviço da Prio ou de outras empresas
- Pela análise das informações do sistema de detecção e monitoramento automático de mancha de óleo, composto por radar OSD (Oil Spill Detection) e câmeras (luz visível e infra-vermelho) disposto a bordo das embarcações de prontidão e apoio que prestam serviço para Prio

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada à Área de Controle de Documentos.

- Pela análise de imagens de satélite (RADARSAT-2) adquiridas mensalmente: seis imagens mensais, sem dia fixo

Os comandantes de embarcações e aeronaves, a serviço da Prio, estão orientados a comunicar qualquer anomalia na superfície do mar à sala de rádio da Unidade Marítima Prio mais próxima do evento anormal. Essa informação é transmitida pelo operador da sala de rádio ao OIM.

A embarcação de prontidão no Campo de Frade, realiza, uma vez por dia, uma ronda pelos limites do Campo, visando certificar-se de que não existem afloramentos de óleo na superfície. Caso seja identificado óleo em superfície, o comandante da embarcação informa imediatamente a FPSO Frade.

Para monitoramento das estruturas submarinas de contenção, instaladas no leito marinho, são realizadas inspeções periódicas por embarcação especializada, equipada com ROV – *Remote Operated Vehicle*, em português, veículo operado remotamente (informação disposta no **Anexo III do PEVO-PRIO**). Caso seja identificada qualquer anomalia, o comandante da embarcação informa imediatamente a FPSO Frade.

Havendo a confirmação de uma anomalia, ou uma suspeita de difícil confirmação, a informação é transmitida pelo OIM ao Comandante do Incidente do PEVO-PRIO, por meio da Central de Emergência.

IV.2.2.1. TCMS – Tactical Collaboration Management System

A ferramenta TCMS está instalada a bordo da FPSO Frade e das embarcações que compõe a frota da empresa., sendo que:

- FPSO Frade: radar OSD, duas câmeras de luz visível e infra-vermelho e estação de trabalho do TCMS
- Embarcação da frota: radar OSD, uma câmera de luz visível e infra-vermelho e estação de trabalho do TCMS

As informações fornecidas pelo sistema serão monitoradas 24x7 em tempo real pelo centro de operações da instalado em empresa com time treinado e capacitado e também pelo IMT Prio através da estação de trabalho instalada no escritório.

Em caso de incidente envolvendo vazamento de óleo no mar, um técnico especializado na ferramenta será solicitado para integrar a IMT Prio e auxiliar na Seção de Operações.

IV.2.2.2. Imagens de satélite

Para o monitoramento de manchas de óleo por imagem de satélite, a Prio possui contrato de serviço de prontidão emergencial com empresa técnica capacitada.

As imagens são adquiridas pelo satélite RADARSAT-2 (opera na Banda C, com a maioria das imagens com polarização dupla VV+VH e resolução radiométrica de 16 bit), são tratadas e, posteriormente, analisadas estrategicamente pelo IMT da Prio.

IV.3. COMUNICAÇÃO DO INCIDENTE

IV.3.1. Interna à Unidade Marítima

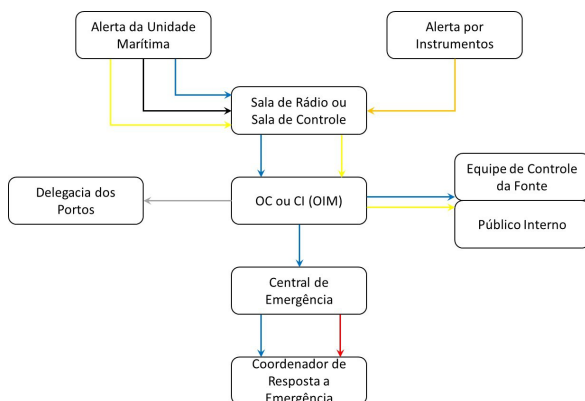
Qualquer incidente de vazamento de óleo deve ser informado ao *On-Scene Commander* (O/SC) ou Comandante do Incidente local (CI) pelo(s) operadores de rádio ou operador(es) da sala de controle.

O pessoal embarcado na Unidade Marítima é informado da ocorrência de incidente de poluição por óleo através do acionamento do alarme geral de emergência (sinal sonoro intermitente).

Dependendo das características e da magnitude do incidente, o *On-Scene Commander* (O/SC) ou Comandante do Incidente local (CI) pode optar por alertar a tripulação, ou parte dela, através do sistema de comunicação pública (*intercom*) ou por telefone, sem o acionamento do alarme geral. O conteúdo da mensagem pelo sistema de comunicação pública deve ter o conteúdo abaixo (modelo):

“ATENÇÃO! ESTAMOS EM EMERGÊNCIA DEVIDO A INCIDENTE DE POLUIÇÃO POR ÓLEO OCORRIDO NO (citar o local). EQUIPES DE CONTROLE DE FONTE E DE CONTROLE DE IMPACTOS DIRIJAM-SE AOS SEUS POSTOS. PESSOAL NÃO ENVOLVIDO NO CONTROLE AFASTE-SE DO LOCALE PERMANEÇA EM LOCAL SEGURO”.

A Figura 4 apresenta o fluxograma de comunicações interno a Unidade Marítima.



	TELEFONE DE EMERGÊNCIA	E-MAIL	
	TRANSCCEPTOR PORTÁTIL	TELEFONE	
	SINAL DIGITAL DE DADOS	INTERCOM	

Figura 4 – Fluxograma comunicação interno a unidade marítima.

IV.3.2. À Estrutura Organizacional de Resposta do PEVO-PRIO

A comunicação inicial do incidente à Estrutura Organizacional de Resposta do PEVO-PRIO é feita imediatamente por meio da **Central de Emergência, pelo telefone (21) 3550-5800, (21) 99999-8787 ou 0800 718 8800**. Esta comunicação deve ser, se possível, confirmada via e-mail utilizando o formulário do **Anexo IV**.

A comunicação inicial deve conter, se possível:

1. Origem da comunicação;
2. Nome da pessoa que está informando;
3. Data e hora estimadas do incidente ou da primeira observação;
4. Tipo e volume estimado de produto derramado a bordo e no mar;
5. Descrição do incidente e a causa provável;
6. Situação atual da descarga do óleo (se já foi interrompida ou não);
7. Ações iniciais que foram tomadas;
8. Condições de vento (sentido e intensidade) e mar (incluindo sentido e Intensidade da corrente);
9. Necessidade de acionamento do PEVO-PRIO.

A Central de Emergência comunica o incidente ao Coordenador de Emergência, que, de comum acordo com o Comandante do Incidente local (OIM), pode ativar o Comandante do Incidente (No geral, o Gerente do Ativo ou outro gerente sênior de iguais capacidade técnica). As comunicações aos demais membros da Estrutura Organizacional de Resposta - EOR são descritas no PEVO-PRIO.

IV.3.3. Aos Órgãos Governamentais

A comunicação às instituições oficiais (a princípio IBAMA, ANP e DPC) é atribuição do Comandante do Incidente do ativo, com o auxílio do Chefe da Seção de Planejamento, exceto a comunicação inicial a DPC – Diretoria de Portos e Costa (Marinha) das UMS contratadas, que neste caso é de responsabilidade da empresa responsável. Caso o IMT não seja ativado, mas seja requerida esta comunicação, são utilizados os recursos do time de Sustentabilidade, dentro da estrutura funcional da empresa.

As seguintes instituições devem ser comunicadas imediatamente qualquer que seja o volume derramado, a qualquer hora do dia ou da noite e em qualquer dia da semana, por meio do canal apropriado, podendo ser webpage, telefone e/ou e-mail:

- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA – prioritariamente via SIEMA
- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – via prioritariamente SISO
- Delegacia da Capitania dos Portos – prioritariamente via e-mail ou telefone

Os formulários utilizados para a comunicação aos órgãos governamentais são apresentados no **Anexo IV**. O **Anexo V** apresenta a relação de telefones úteis para a realização das comunicações aos Órgãos Governamentais.

IV.4. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS DE RESPOSTA

As unidades marítimas estão equipadas com materiais de resposta a bordo que compõem kits SOPEP e que se destinam à utilização em incidentes (pequenos derramamentos operacionais) na área física da unidade.

O **Anexo VI** apresenta o descritivo e a localização dos kits SOPEP a bordo da Unidade Marítima, FPSO Frade.

Equipamentos e materiais de resposta para incidentes que ultrapassem os limites das unidades marítimas, bem como o memorial de cálculo do seu dimensionamento, estão descritos no PEVO-PRIO.

IV.5. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DE RESPOSTA

IV.5.1. Procedimento para Interrupção da descarga de óleo

O **Quadro 19** apresenta os procedimentos de interrupção da descarga de óleo.

Quadro 19 – Procedimentos de interrupção da descarga de óleo.

HIPÓTESES ACIDENTAIS	PROCEDIMENTO OPERACIONAL
Derramamento apartir dos tanques de armazenamento	Equipe de controle da fonte providencia a transferência do óleo para tanque não avariado. Equipe de controle da fonte providencia o reparo do tanque avariado.
Derramamento durante transferência de óleo diesel das embarcações de apoio para a unidade	Equipe de controle da fonte solicita a embarcação para que interrompa o bombeio Equipe de controle da fonte fecha as válvulas nas linhas de envio e de recebimento de óleo diesel e solicita a embarcação para que realize o mesmo. Equipe de controle de impactos recolhe o mangote de transferência e faz sua drenagem para tanque.
Derramamento durante transferência de óleo cru do FPSO Frade para navio tanque aliviador (offloading)	Equipe de controle de fonte desliga a bomba de transferência de óleo cru. Equipe de controle de fonte fecha as válvulas SDV de isolamento do mangote de transferência. Equipe de controle de impactos recolhe o mangote de transferência e faz sua drenagem para tanque.

Derramamento a partir das linhas de produção	<p>Equipe de controle de fonte fecha as válvulas de isolamento da linha na árvore de natal (PMV, PWV e PSDVD) e no FPSO.</p> <p>No caso de falha na válvula da árvore de natal, equipe de controle de fonte fecha a válvula no fundo do poço (SCSSV).</p>
--	---

IV.5.2. Procedimento para Contenção e Recolhimento do Óleo Derramado

A contenção do óleo derramado na Unidade Marítima é realizada pela Equipe de Controle de Impactos. Deverá ser feita utilizando barreiras, mantas absorventes, areia e/ou estopa. Após a contenção, o óleo deverá ser recolhido utilizando-se pás ou outro meio apropriado para o estado do resíduo e seu armazenamento deverá ser feito em tambores de 200 litros para posterior disposição final atendendo a legislação aplicável. O material necessário para a realização das ações está disponível nos kits SOPEP das instalações.

Os procedimentos para contenção e recolhimento do óleo derramado que ultrapassem os limites das unidades marítimas está descrito no PEVO-PRIO.

IV.5.3. Procedimento Deslocamento dos recursos

O deslocamento dos recursos é realizado pela própria Divisão / Brigada de Combate a Vazamentos podendo ter auxílio de membros das demais divisões / brigadas ou da tripulação de forma manual, por carrinho, guinchos, guindastes etc. Toda movimentação de cargas deve passar por avaliação de risco da tarefa.

IV.5.4. Procedimento para Coleta e Disposição dos Resíduos Gerados

A Equipe de Controle de Impacto realizará as seguintes ações:

- Identificar os tambores, com indicação do conteúdo;
- Providenciar o armazenamento temporário dos tambores a bordo da Unidade Marítima em local seco, coberto, sobre pallets e identificado;
- Providenciar o desembarque dos tambores.

O transporte e a disposição final dos resíduos serão realizados conforme procedimentos estabelecidos no Projeto de Controle da Poluição.

IV.5.5. Procedimentos apresentados no PEVO-PRIO

- Procedimento para contenção do derramamento do óleo (além dos limites da unidade marítima)
- Procedimento para recolhimento do óleo derramado (além dos limites das unidades marítimas)
- Procedimento para proteção de áreas vulneráveis;

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

- Plano para monitoramento de mancha de óleo derramado;
- Procedimento para dispersão mecânica e química do óleo derramado;
- Procedimento para limpeza de áreas atingidas (além dos limites das unidades marítimas)
- Procedimento para coleta e disposição de resíduos gerados (além das unidades marítimas);
- Procedimento para deslocamento de recursos (além dos limites das unidades marítimas);
- Procedimento para obtenção e atualização de informações relevantes;
- Procedimentos para registro das ações de resposta;
- Proteção para proteção das populações; e
- Procedimento para proteção da fauna.

V. ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES

V.1. CRITÉRIOS PARA DECISÃO QUANTO AO ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES

Somente o Comandante do Incidente local ou o *On-Scene Commander*, mas com aprovação do OIM, a tem autoridade para determinar o encerramento das ações de resposta a bordo das unidades marítimas. Dentre os critérios possíveis estão o encerramento do derramamento e a transferência dos resíduos recolhidos para o local de armazenamento previsto.

O encerramento das ações de resposta em incidentes que ultrapassem os limites das unidades marítimas é de responsabilidade do Comando descrito no PEVO-PRIO.

V.2. PROCEDIMENTOS PARA DESMOBILIZAÇÃO DO PESSOAL, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS EMPREGADOS NAS AÇÕES DE RESPOSTA

A desmobilização do pessoal envolvido nas operações de resposta será orientada pelo Comandante do Incidente local ou o *On-Scene Commander*, mas com aprovação do OIM, sendo, também, prevista a limpeza / descontaminação dos equipamentos e materiais utilizados. O descarte de equipamentos e materiais contaminados, caso necessário, deverá ocorrer conforme o procedimento para coleta e disposição de resíduos gerados.

Tais procedimentos serão executados após a decisão pelo encerramento das ações de resposta.

V.2.1. Procedimentos para definição de ações suplementares

O Comandante do Incidente local ou o *On-Scene Commander*, mas com aprovação do OIM, convoca os integrantes das equipes para avaliação de desempenho e da efetividade das ações de resposta à emergência a bordo. No prazo de até 20 dias após o término das ações de resposta deverá ser elaborado um relatório final de desempenho do PEI com foco nestas ações. Com base em tal relatório deverá ser avaliada a necessidade de revisão do PEI.

O relatório final de desempenho do PEI deve conter os seguintes itens:

- Descrição do evento acidental;
- Recursos humanos e materiais utilizados na resposta;
- Descrição das ações de resposta, desde a confirmação do vazamento até a desmobilização dos recursos, devendo ser apresentada a sua cronologia;
- Pontos fortes identificados;
- Oportunidades de melhorias identificadas com respectivo Plano de Ação para implementação;
- Registro fotográfico do evento acidental e sua resposta.

VI. TREINAMENTO DE PESSOAL E EXERCÍCIO DE RESPOSTA

VI.1. TREINAMENTO DE PESSOAL

Os **Quadros 20 a 22** apresentam o conteúdo programático e a carga horária para o treinamento das pessoas que integram a EOR deste PEI.

Em caso de substituição, o novo integrante só assumirá sua função após ter realizado este treinamento.

Quadro 20 – Conteúdo Programático do treinamento no PEI.

TREINAMENTO NO PLANO DE EMERGÊNCIA INDIVIDUAL – PEI	
Objetivo	Levar ao conhecimento dos integrantes da Coordenação no Local da Emergência as responsabilidades e procedimentos a serem desencadeados imediatamente após um incidente de poluição por óleo.
Pré-requisito	Nenhum
Carga Horária	1 h
Reciclagem	Anual ou quando da revisão do Plano de Emergência Individual
Conteúdo Programático	
Procedimentos de alerta; Procedimentos de comunicação do incidente; Acionamento da EOR; Procedimentos operacionais de resposta: Interrupção da descarga de óleo; Contenção e recolhimento do óleo derramado – Kit SOPEP; Coleta e disposição dos resíduos gerados; Registro das ações de resposta; Encerramento das Ações de Resposta a bordo; Principais ações de resposta (noções) e sua influência para a Unidade Exercícios de resposta	

Quadro 21 – Conteúdo programático do treinamento ICS 100.

TREINAMENTO ICS 100	
Objetivo	Introduzir os conceitos do ICS.
Pré-requisito	Nenhum
Carga Horária	2 h
Reciclagem	Não aplicável
Conteúdo Programático	
Histórico do ICS	
Características e princípios do ICS e Estrutura Organizacional do ICS	

Quadro 22 – Conteúdo programático do treinamento ICS 200.

TREINAMENTO ICS 200	
Objetivo	Explicar o uso do ICS na resposta inicial
Pré-requisito	ICS 100
Carga Horária	4 h
Reciclagem	Não aplicável
Conteúdo Programático	
Comando: Comandante do Incidente e Comando Unificado	
Processo de delegação de autoridade	
Gestão por objetivos	
Planos de resposta	
Estrutura do ICS: Equipe de Comando e Equipe de Gestão	
Ferramentas do ICS (Nomenclatura, formulários, organização modular e flexível)	
Descrição dos briefings e reuniões	
Procedimentos de transferência de comando	
Uso do ICS na gestão de um incidente	

VI.2. EXERCÍCIOS DE RESPOSTA

A bordo das unidades marítimas são realizados exercícios de resposta a cada 6 meses, podendo ser exercícios de comunicação, de planejamento, de mobilização de recursos ou completos.

Os exercícios de resposta poderão contemplar um ou mais dos procedimentos previstos neste PEI. Para o planejamento e coordenação do exercício deverá ser designado um Coordenador do Simulado. Ao final do exercício, o coordenador do simulado deverá elaborar um relatório contemplando os seguintes itens:

- Objetivo;
- Cenário acidental simulado;
- Recursos humanos e materiais utilizados;
- Procedimento(s) de resposta simulado(s);
- Pontos fortes identificados;
- Oportunidades de melhoria identificadas com respectivo plano de ação para implementação;
- Registro fotográfico do exercício de resposta.

VII. RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

VII.1. RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELA ELABORAÇÃO DO PLANO

Relacionamos a seguir a equipe que participou da elaboração deste documento:

NOME	EMPRESA	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF	RESPONSÁVEL PELAS SEÇÕES	ASSINATURA
Leandro Bass	Prio	6216220	Todas	

VII.2. RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO

O Responsável Técnico pela execução deste Plano é Francisco Francilmar – Diretor de Operações da Prio.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 9.966/2000, de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização

A atualização deste documento é garantida apenas através do Sistema Online. Cópia Controlada é indicada através de carimbo, do contrário, qualquer cópia em papel é considerada como exemplar Não Controlado, podendo ser consultado em situação específica. Caso este documento seja aplicado para alguma atividade, solicitar Cópia Controlada a Área de Controle de Documentos.

da poluição causada por lançamento de óleo ou outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de abril de 2000.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 398, de 11 de junho de 2008. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 de junho de 2008.

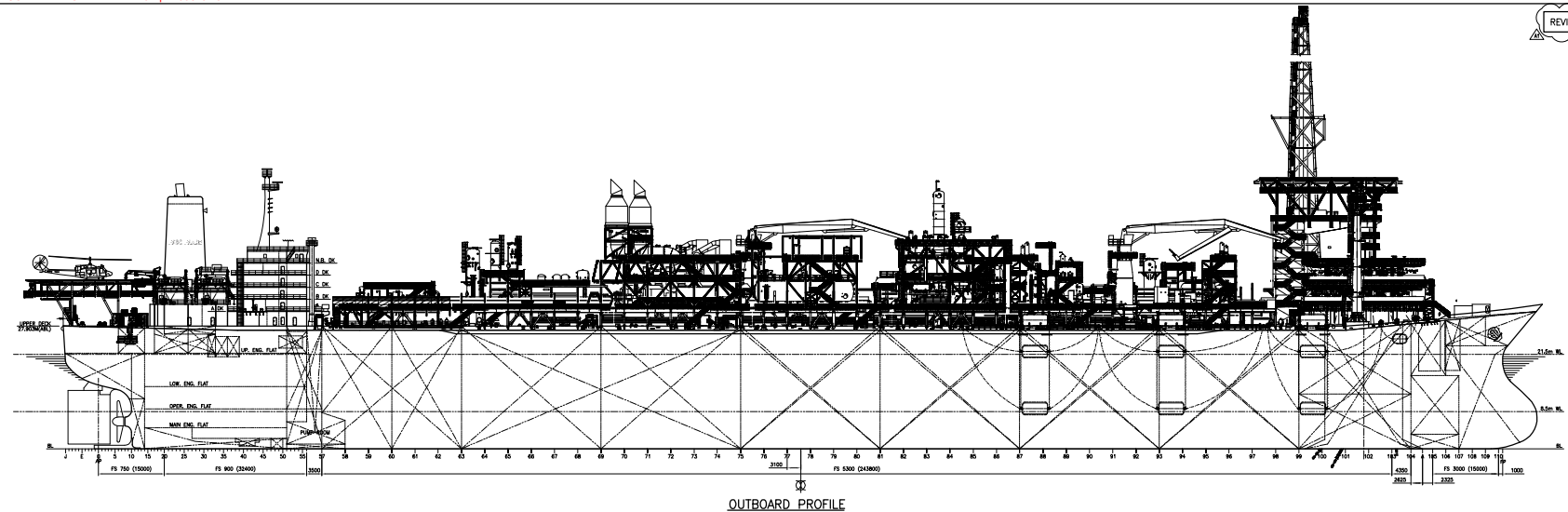
BRASIL. Resolução CONAMA nº 472, de 27 de novembro de 2015. Dispõe sobre o uso de dispersantes químicos em incidentes de poluição por óleo no mar. Publicada no **Diário Oficial da União** nº 235, de 09 de dezembro de 2015, Seção 1, páginas 117-119.

US Coast Guard, 2000 - "FIELD OPERATIONS GUIDE - INCIDENT COMMAND SYSTEM (ICS)

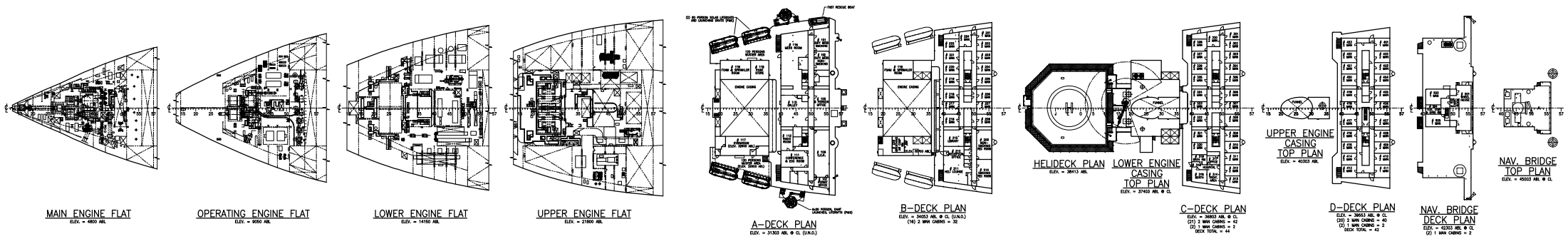
REVISED AS PER DCF-233

CLIENT	REV.	ISSUE DATE	REASON FOR ISSUE	DRAWN BY	CHECKED BY	LEAD ENGR.	E.P.M. APPROVAL
A	P1	30 JAN 07	PRELIMINARY ISSUE	DVB	M.S.	NCH	---
B	C1	03 MAR 07	APPROVAL AND COMMENTS	DVB	M.S.	NCH	PAS
C	C2	06 AUG 07	APPROVAL AND COMMENTS	DVB	ACM	MUS	PAS
D	V1	15 OCT 07	VALID FOR CONSTRUCTION	DVB	ACM	MUS	PAS
E	A1	109 APR 08	APPROVED FOR CONSTRUCTION	DVB	ACM	MUS	PAS

THE COMPLETE DESIGN HAS CHANGED AND NO REVISION CLOUDS OR DELTAS HAVE BEEN USED.



OUTBOARD PROFILE



MAIN ENGINE FLAT

OPERATING ENGINE FLAT

LOWER ENGINE FLAT

UPPER ENGINE FLAT

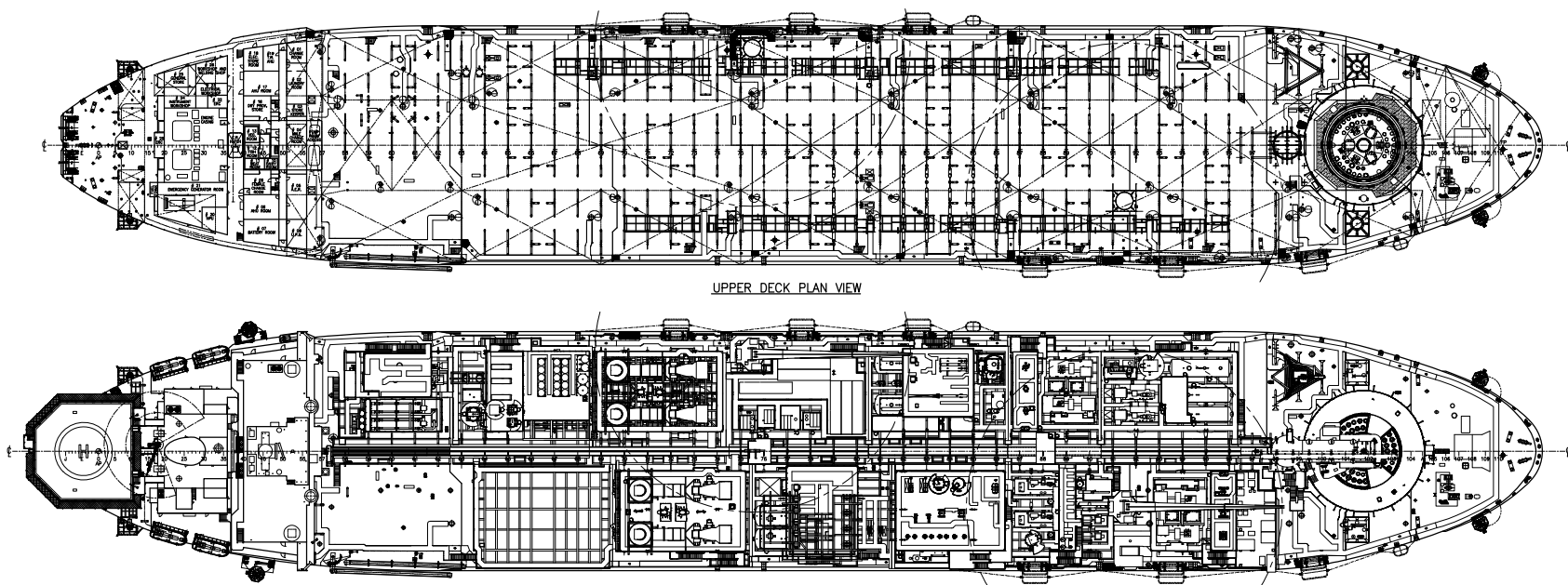
A-DECK PLAN

B-DECK PLAN

C-DECK PLAN

D-DECK PLAN

NAV. BRIDGE DECK PLAN



UPPER DECK PLAN VIEW

TOP PLAN VIEW

GENERAL NOTES

- 1. --- DENOTES 1/4" FOR STEEL PLATE.
- 2. --- DENOTES 1/4" FOR STEEL PLATE.
- 3. --- DENOTES 1/4" FOR STEEL PLATE.
- 4. --- DENOTES 1/4" FOR STEEL PLATE.

LEGEND

- 1. LENGTH OVER ALL 327.00 m.
- 2. LENGTH (B.P.) 200.00 m.
- 3. BREADTH (B.P.) 34.00 m.
- 4. DEPTH (M.D.) 27.00 m.
- 5. DRAFT (M.D.) 12.00 m.
- 6. DRAFT (M.D.) 21.00 m.
- 7. DRAFT (M.D.) 21.00 m.
- 8. DRAFT (M.D.) 21.00 m.

MAIN PARTICULARS

- 1. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 1
- 2. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 2
- 3. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 3
- 4. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 4
- 5. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 5
- 6. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 6
- 7. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 7
- 8. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 8
- 9. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 9
- 10. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 10
- 11. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 11
- 12. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 12
- 13. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 13
- 14. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 14
- 15. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 15
- 16. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 16
- 17. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 17
- 18. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 18
- 19. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 19
- 20. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 20

REFERENCE DOCUMENTS

- 1. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 1
- 2. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 2
- 3. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 3
- 4. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 4
- 5. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 5
- 6. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 6
- 7. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 7
- 8. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 8
- 9. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 9
- 10. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 10
- 11. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 11
- 12. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 12
- 13. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 13
- 14. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 14
- 15. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 15
- 16. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 16
- 17. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 17
- 18. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 18
- 19. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 19
- 20. FRA-FP-020-NA-DRG-60001-01 VESSEL, SHIP GEOMETRY & STRUCTURE, INTERFACE DRAWING 20

PROJECT PARTICULARS

Project Number: SO 17490
Drawing Title: VESSEL GENERAL ARRANGEMENT PLAN
Scale: 1:400
Drawing Date: 109 APR 08
Drawing By: DVB
Drawing Check: ACM
Drawing Lead: MUS

FRIDE FPSO

SBM-IMODCO INC.

SBM ENGINEERING

Project Number: SO 17490

Drawing Number: DNV01009

Scale: 1:400

Scale: 1:400

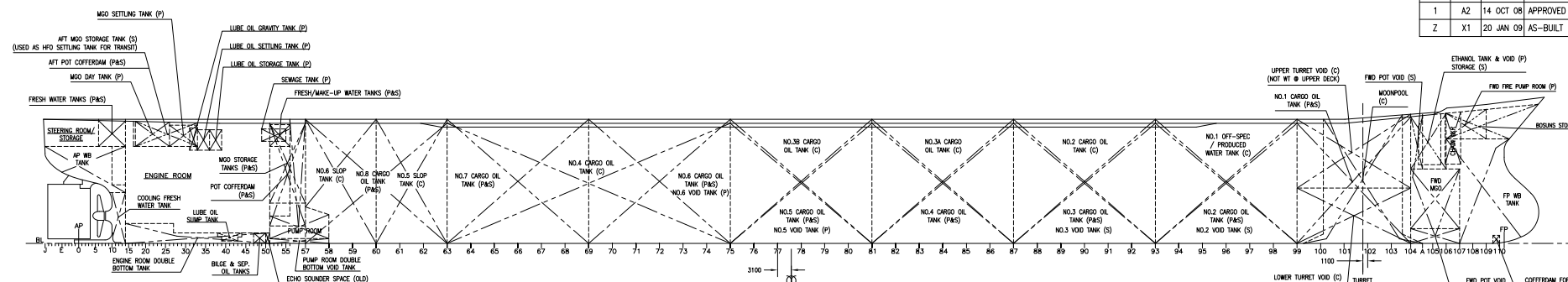
Drawing Date: 109 APR 08

Drawing Date: 109 APR 08

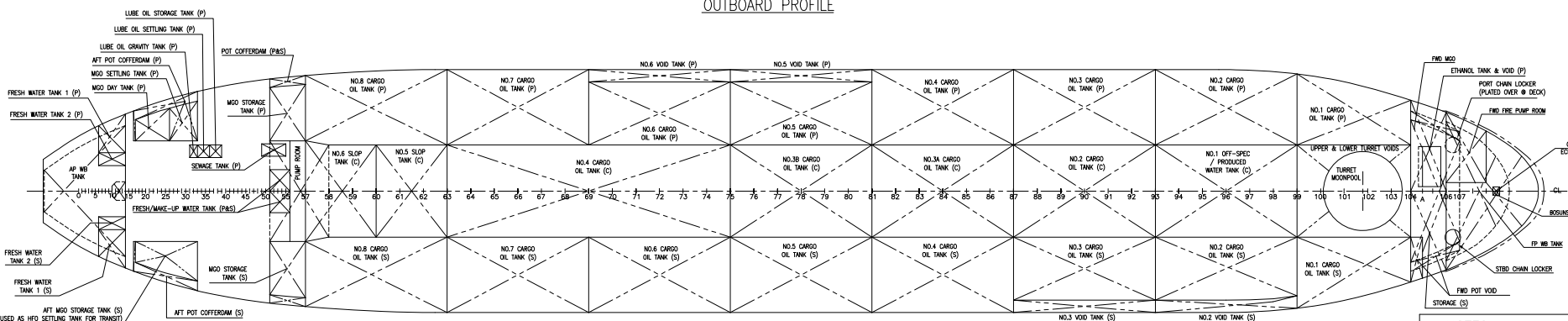
Drawing By: DVB

Drawing By: DVB

CLIENT REV.	SBM IMODCO REV.	ISSUE DATE	REASON FOR ISSUE	DRAWN BY	CHECKED BY	LEAD ENGR.	E.P.M. APPROVAL
-	P1	22 JUN 06	PRELIMINARY, FIRST ISSUE	MJS	ACM	NCH	-
A	C1	22 AUG 06	APPROVAL AND COMMENTS	MJS	ACM	NCH	PAS
B	C2	15 DEC 06	APPROVAL AND COMMENTS	MJS	ACM	NCH	PAS
C	V1	30 AUG 07	VALID FOR CONSTRUCTION	MJS	ACM	STA	PAS
D	A1	13 MAY 08	APPROVED FOR CONSTRUCTION	JAD	MJS	STA	PAS
1	A2	14 OCT 08	APPROVED FOR CONSTRUCTION	DVB	MJS	STA	PAS
Z	X1	20 JAN 09	AS-BUILT	DVB	DRR	MJS	PAS

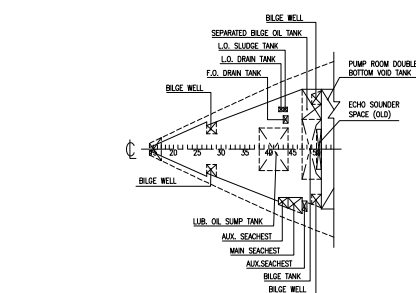


OUTBOARD PROFILE



HOLD PLAN
(BELOW UPPERDECK)

TANK CAPACITY TABLES
(SEE NOTE 3)



DOUBLE BOTTOM

INDEX:

---	NEW BULKHEAD
---	EXISTING BULKHEAD

NOTES:

1. ALL TANK VOLUMES REPORTED ARE BASED ON THE STABILITY COMPUTER MODEL. THESE WILL BE UPDATED WITH CALIBRATED VOLUMES WHEN THEY ARE AVAILABLE.
2. LOADLINE ASSIGNMENT IS PROVISIONAL PER ABS.
3. TOTAL CARGO CAPACITY IS DEPENDENT ON AVAILABLE DEADWEIGHT AT THE VESSELS LOADLINE DRAFT AND NOT ON VOLUME AVAILABLE.
4. UPDATED AS PER CALIBRATED TANK TABLES.

REFERENCES:

1. S29-1-2 "CAPACITY PLAN AND DEADWEIGHT SCALE" LU SAN

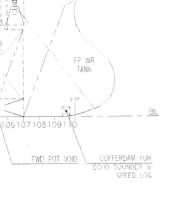


MAIN PARTICULARS:

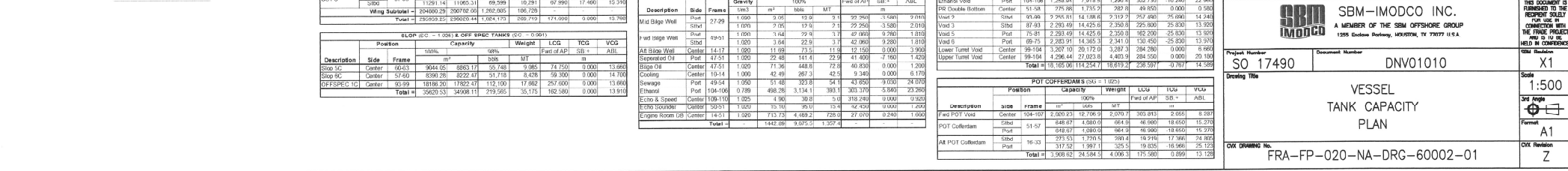
LENGTH OVER ALL - F.P.S.O.	337.06 m.
LENGTH (B.P.)	320.00 m.
BREADTH (MLD)	54.50 m.
DEPTH (MLD)	27.00 m.
DRAFT (MLD - TROPICAL)	21.546 m.
DRAFT (MLD - SUMMER)	21.106 m.

(SEE NOTE-2)

Client		Project	FRIDE FPSO
		SBM-IMODCO INC. A MEMBER OF THE SBM OFFSHORE GROUP 1255 Endrove Parkway, HOUSTON, TX 77077 U.S.A.	
Project Number	SO 17490	Document Number	DNV01010
Drawing Title	VESSEL TANK CAPACITY PLAN		
Scale	1:500		
3rd Angle			
Format	A1		
CIV DRAWING No.	FRA-FP-020-NA-DRG-60002-01		
CIV Revision	Z		


THIS DOCUMENT IS
FURNISHED TO THE
RECIPIENT SOLELY
FOR USE IN
CONNECTION WITH
THE FRIDE PROJECT
AND IS TO BE
HELD IN CONFIDENCE.

		<p>INDEX:</p> <p>----- NEW BULKHEAD</p> <p>----- EXISTING BULKHEAD</p>													
<p>NOTES:</p> <ol style="list-style-type: none"> ALL TANK VOLUMES REPORTED ARE BASED ON THE STABILITY COMPUTER MODEL. THESE WILL BE UPDATED WITH CALCULATED VOLUMES WHEN THEY ARE AVAILABLE. LOADLINE ASSIGNMENT IS PROVISIONAL PER ABS. TOTAL CARGO CAPACITY IS DEPENDENT ON AVAILABLE DEADWEIGHT AT THE VESSELS LOADLINE DRAFT AND NOT ON VOLUME AVAILABLE. UPDATED AS PER CALIBRATED TANK TABLES. 															
<p>REFERENCES:</p> <p>1 S29-1-2 "CAPACITY PLAN AND DEADWEIGHT SCALE" LU SAN</p>															
<p>MAIN PARTICULARS:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>LENGTH OVER ALL - F.P.S.A.O.</td> <td>337'06 m.</td> </tr> <tr> <td>LENGTH (B.P.)</td> <td>330.00 m.</td> </tr> <tr> <td>BREADTH (M.D.)</td> <td>34.50 m.</td> </tr> <tr> <td>DEPTH (M.D.)</td> <td>27.00 m.</td> </tr> <tr> <td>DRAFT (MILD - TROPICAL)</td> <td>21.548 m.</td> </tr> <tr> <td>DRAFT (MILD - SUMMER)</td> <td>21.106 m. } (SEE NOTE-2)</td> </tr> </table>				LENGTH OVER ALL - F.P.S.A.O.	337'06 m.	LENGTH (B.P.)	330.00 m.	BREADTH (M.D.)	34.50 m.	DEPTH (M.D.)	27.00 m.	DRAFT (MILD - TROPICAL)	21.548 m.	DRAFT (MILD - SUMMER)	21.106 m. } (SEE NOTE-2)
LENGTH OVER ALL - F.P.S.A.O.	337'06 m.														
LENGTH (B.P.)	330.00 m.														
BREADTH (M.D.)	34.50 m.														
DEPTH (M.D.)	27.00 m.														
DRAFT (MILD - TROPICAL)	21.548 m.														
DRAFT (MILD - SUMMER)	21.106 m. } (SEE NOTE-2)														
Client	 Chevron	Project	FRADE FPSO												
 SBM IMODCO A MEMBER OF THE SBM OFFSHORE GROUP 1395 Endless Parkway, HOUSTON, TX 77077 U.S.A.		THIS DOCUMENT IS FURNISHED TO THE REQUESTOR SOLELY FOR HIS USE IN CONNECTION WITH THE FINKE PROJECT AND IS TO BE HELD IN CONFIDENCE													
Project Number	Document Number		CIS Revision												
SO 17490	DNV01010		X1												
Drawing Title		Scale	Std Angle												
VESSEL TANK CAPACITY PLAN		1:500	<input checked="" type="checkbox"/> Full <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> None												
CIS DRAWING No.		CIS Revision	CIS Condition												
FRA-FP-020-NA-DRG-60002-01			Z												



Frade Topsides Schematic Drawing

Brazil Upstream

Numeração Controle do Documento (Document Control Number)	Local / Ativo/ Projeto (PC / Asset / Project)	Escopo / Classe (Scope / Project)	Sistema / Grupo Funcional (System / Functional Group)	Disciplina / Subgrupo (Discipline / Subgroup)	Tipo Documento (Document Type)	Número Sequencial (Sequential Number)	Folha Número (Sheet Number)
	BFA	TO	999	OP	AGT	00001	00
Requisitos de Revisão do Documento (Document Review Requirements)						Versão (Version)	
() __ Meses (Months)	(X) Não Necessita Revisão (No Review Required)	() Documento Crítico de Segurança Operacional (Operational Safety Critical Document)				() Português (X) English	
Classificação dos Dados (Data Classification)							
() Reservado (Classified)	() Confidencial – Acesso Restrito (Confidential – Restricted Access)		(X) Confidencial da Companhia (Company Confidential)		() Público (Public)		
Controle de Documentos (Document Control)							
<p>O conteúdo deste procedimento foi desenvolvido através de uma consulta documentada e de um processo de revisão. Quaisquer correções, comentários ou alterações recomendadas para este documento devem ser comunicadas diretamente ao Responsável pelo Documento.</p> <p>(The content of this procedure was developed through a documented consultation and review process. Corrections, comments or recommended alterations to this document should be communicated directly to the Document Sponsor.)</p>							
Revisão (Revision)				Aprovação (Approval)			
No.	Data DD/MM/AAAA (Date) DD/MM/YYYY	Preparado por (Prepared by) CAI	Revisado por (Reviewed by) CAI	Aprovado por (Approved by) CAI	Data DD/MM/AAAA (Date) DD/MM/YYYY	Assinatura (Signature)	
1.0	10/12/2014	DPEM	LHYA	TACE	12/03/2015		
2.0	28/01/2016	DPEM	LHYA	TACE	03/02/2016		

© 2013 pela Chevron Brasil. Todos os direitos reservados. All rights reserved.

Este documento contém informações de propriedade da Chevron Brasil. Qualquer uso deste documento sem autorização expressa, prévia, por escrito da Chevron Brasil e/ou suas afiliadas é proibida.

(This document contains proprietary information of Chevron Brazil. Any use of this document without express, prior, written permission from Chevron Brazil and/or its affiliates is prohibited.)

HISTÓRICO DO DOCUMENTO (*DOCUMENT HISTORY*)

Dados do Aprovador (*Approver Data*)

Número da Versão (Version Number)	Data da Aprovação DD/MM/AAAA (Approval Date) DD/MM/YYYY	CAI do Aprovador (Approver CAI)	Posição do Aprovador (Approver Position)	Nome do Aprovador (Approver Name)
1.0	12/03/2015	TACE	Lead FE	Cesar Taba
2.0	03/02/2016	TACE	Lead FE	Cesar Taba

Dados do Revisor (*Reviewer Data*)

Número da Versão (Version Number)	Data da Revisão DD/MM/AAAA (Revision Date) DD/MM/YYYY	CAI do Revisor (Reviewer CAI)	Posição do Revisor (Reviewer Position)	Nome do Revisor (Reviewer Name)
1.0	05/03/2015	LHYA	Consultant	Jonas Silva
2.0	01/02/2016	LHYA	Consultant	Jonas Silva

Histórico da Revisão (*Revision History*)

Número da Versão (Version Number)	Data da Revisão DD/MM/AAAA (Revision Date) DD/MM/YYYY	Pessoa Responsável (Person Responsible) CAI	Descrição da Revisão (Revision Description)
2.0	03/02/2016	TACE	Annual Update

LISTA DE DISTRIBUIÇÃO (*DISTRIBUTION LIST*)

A tabela a seguir fornece uma lista de nome de pessoas que receberam este procedimento.

(The following table provides a list of the people name that received this procedure.)

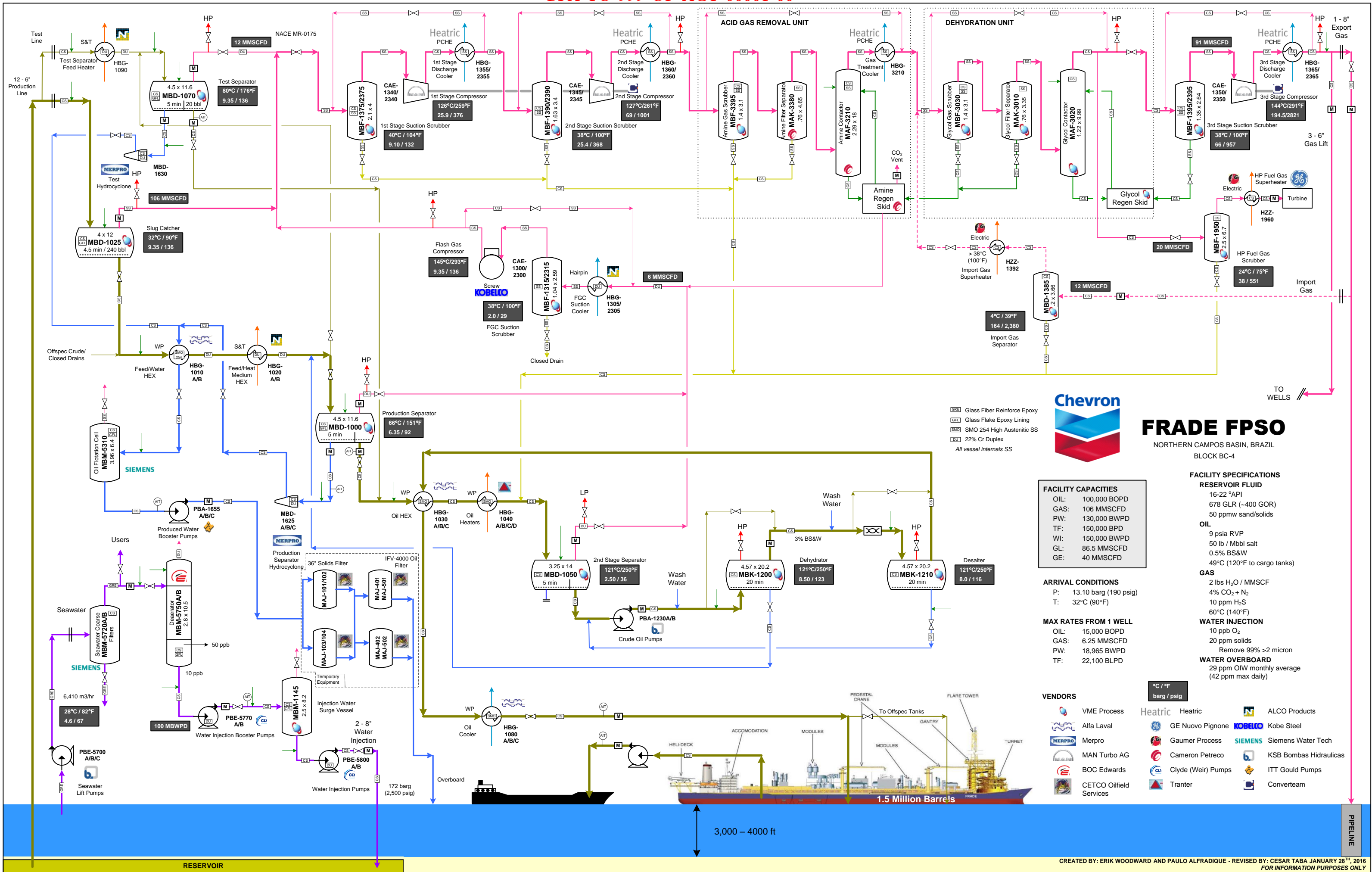
Nome (Name)	CAI	Posição (Position)

LISTA DE DOCUMENTOS (*DOCUMENT LIST*)

A tabela a seguir fornece uma lista dos documentos referenciados neste procedimento

(The following table provides a list of the documents referenced in this procedure.)

Título do Documento Citado (Title of Document Mentioned)	Nome do Arquivo com extensão e link (File Name With Extension and Link)





Modelagem de Derrames de Óleo para o Campo de Frade

Bacia de Campos

Petrório S.A.



Modelagem de Derrames de Óleo para o Campo de Frade

Bacia de Campos

20066-000-MOG-RL003-0
Fevereiro/2021

APRESENTADO PARA

APRESENTADO POR

Petrório S.A.

Rio de Janeiro – RJ
www.petroriosa.com.br

Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.

São Paulo – SP
www.tetrattech.com

Tipos de Emissão

EI – Emissão Inicial PC – Para Comentários EF – Emissão Final CA – Cancelado PI – Para Informação

Revisão	Tipo de Emissão	Descrição	Data
0	PC	Para Comentários	01/04/2020
A	PC	Para Comentários	08/04/2020
B	EI	Revisão em atendimento ao Parecer Técnico nº 238/2020-COEXP/CGMAC/DILIC	23/10/2020
0	PC	Atualização do volume da hipótese acidental de <i>blowout</i> do poço, em continuação ao Relatório Técnico 18028-0000-MOG-RL001-B, com inclusão do corte de concentrações.	05/02/2021

Responsáveis pelo Relatório

Elaborador	Verificador	Aprovador
Pedro F. M. Sarmento	Andrea Gallo Xavier	Ana Carolina Lammardo

A Tetra Tech é responsável pelo conteúdo deste relatório, incluindo: tecnologias, metodologias, especificações técnicas, desenhos, figuras, cópias, diagramas, fórmulas, modelos, amostras e fluxogramas.

A utilização deste material deverá ser compatível com o escopo do projeto/trabalho contratado, fazendo-se expressa menção ao nome da Tetra Tech como autora do estudo. Da mesma forma, quando a equipe técnica da Tetra Tech for incorporada na equipe técnica da empresa contratante, esta deverá ser mencionada, e referenciada, como: “consultores da Tetra Tech”. Qualquer dúvida ou alteração desta conduta deverá ser discutida entre o cliente e a Tetra Tech.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Geral	Modelagem de derrames de óleo no Campo de Frade, localizado na Bacia de Campos.
Objetivos	Fornecer subsídios à PETRORIO para a elaboração do Plano de Emergência Individual (PEI) do Campo de Frade, considerando quatro volumes de vazamento (pequeno, médio, pior caso para afundamento de FPSO e pior caso para <i>blowout</i> de poço).
Área de Estudo	FPSO Frade e Poço ODP4, ambos localizados no Campo de Frade, Bacia de Campos.
Método	<p>O sistema de modelos OSCAR (<i>Oil Spill Contingency and Response</i>) foi utilizado para definir a área potencialmente atingida por derrames de óleo. O campo de correntes característico dos padrões de circulação na região foi obtido a partir do modelo global MERCATOR (<i>Mercator Ocean International</i>) e o campo de ventos proveniente de dados de reanálise de modelo meteorológico CFSR (<i>Climate Forecast System Reanalysis</i>).</p> <p>As simulações foram conduzidas para um ano de base hidrodinâmica (dois períodos de seis meses – primavera/verão e outono/inverno), com o objetivo de determinar a probabilidade de presença, tempo de deslocamento e massa máxima de óleo na costa. Foram consideradas três classes de derrame, como definido na Resolução do CONAMA nº 398/08, a partir da posição do FPSO Frade: pequeno (8,0 m³), médio (200,0 m³) e pior caso (258.304,99 m³, derramados ao longo de 24 horas, correspondente ao afundamento da Unidade). Adicionalmente, para a posição do Poço ODP4, simulou-se o vazamento de pior caso de 47.700,0 m³, ao longo de 30 dias (correspondente ao <i>blowout</i> do Poço). Todos os cenários foram simulados por 30 dias após o final do vazamento, considerando a espessura mínima de 300 nm na superfície do mar.</p>
Resultados	<p>O campo de correntes tridimensional apresentou uma boa validação através da comparação com os dados de correntes superficiais medidos pela PETRORIO no local e dados de elevação da FEMAR, representando o comportamento das condições oceanográficas de forma extremamente satisfatória na região do Campo de Frade.</p> <p>Com relação à modelagem de derrame de óleo, os resultados mostraram que somente os cenário da hipótese acidental de volume pequeno não apresentaram toque de óleo na costa, considerando o corte de espessuras de 300 nm.</p> <p>Os cenários do período de outono-inverno apresentaram os resultados mais críticos para o menor tempo de toque e maior probabilidade de óleo na costa. O menor tempo de toque foi verificado na simulação da hipótese acidental de pior caso</p>

associada ao afundamento do FPSO Frade, com o primeiro toque na costa ocorrendo em 132 horas na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), enquanto a maior probabilidade de toque na costa (81,9%), também na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), foi resultado da hipótese acidental de *blowout* do poço ODP 4.

ÍNDICE

Página

1. INTRODUÇÃO.....	22
1.1. ÁREA DE ESTUDO	24
2. ANÁLISE DE DADOS	30
2.1. VENTOS.....	32
2.2. ELEVAÇÃO	34
2.3. CORRENTES	37
2.3.1. Dados Primários – Boia Meteo-Oceanográfica	37
2.3.2. Dados Derivadores GDP/NOAA - Lumpkin & Garraffo.....	49
2.4. TEMPERATURA E SALINIDADE	52
3. MODELAGEM HIDRODINÂMICA.....	55
3.1. DESCRIÇÃO DA MODELAGEM HIDRODINÂMICA	55
3.2. AVALIAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO.....	57
3.2.1. Elevação.....	58
3.2.2. Correntes.....	60
3.2.2.1. Dados Primários – Bóia Meteo-Oceanográfica.....	60
3.2.2.2. Dados Derivadores GDP/NOAA - Lumpkin & Garraffo	66
3.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
4. MODELAGEM DE TRANSPORTE E DISPERSÃO DE ÓLEO	71
4.1. DADOS DE ENTRADA	71
4.1.1. Pontos de Modelagem e Volumes de Derrame.....	73
4.1.2. Campos de Corrente	74
4.1.3. Campos de Vento	74
4.1.4. Perfil de Salinidade e Temperatura.....	74
4.1.5. Domínio Modelado e Batimetria.....	74
4.1.6. Tipos de Costa	78
4.1.7. Características dos Produtos Utilizados.....	83
4.1.8. Resumo dos Cenários Simulados	86

4.1.8.1.	Número de Simulações.....	86
4.1.8.2.	Critérios de Parada Adotados nas Simulações	87
4.2.	RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO	88
4.2.1.	Simulações Probabilísticas	89
4.2.1.1.	Simulações Probabilísticas - Volume Pequeno	91
4.2.1.2.	Simulações Probabilísticas - Volume Médio.....	98
4.2.1.3.	Simulações Probabilísticas - Volume Pior Caso – FPSO	117
4.2.1.4.	Simulações Probabilísticas - Volume Pior Caso - Poço.....	152
4.2.1.5.	Resumo dos Resultados Probabilísticos	198
4.2.2.	Simulações Determinísticas Críticas.....	201
4.2.2.1.	Simulações Determinísticas de Menor Tempo	202
4.2.2.1.1	Condições Meteorológicas e Oceanográficas – Simulações Determinísticas de Menor Tempo.....	228
4.2.2.2.	Simulações Determinísticas de Maior Massa na Costa.....	234
4.2.2.2.1	Condições Meteorológicas e Oceanográficas – Simulações Determinísticas de Maior Massa na Costa.....	260
4.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	266
5.	EQUIPE TÉCNICA.....	270
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	273

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A	Descrição do Modelo Hidrodinâmico - MERCATOR
Apêndice B	Descrição do Sistema de Modelos OSCAR
Apêndice C	Resumo dos Resultados Probabilísticos para o Toque do Óleo nas Unidades de Conservação

TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas geográficas e lâmina d'água dos pontos de modelagem.....	24
Tabela 2 – Resumo dos dados analisados e suas coordenadas geográficas.	30
Tabela 3 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 12 m, no inverno (junho a agosto) de 2016.	41
Tabela 4 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 102 m, no inverno (junho a agosto) de 2016.	41
Tabela 5 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 702 m, no inverno (junho a agosto) de 2016.	41
Tabela 6 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 10 m, na primavera (setembro a novembro) de 2017.	44
Tabela 7 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 50 m, na primavera (setembro a novembro) de 2017.	44
Tabela 8 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 100 m, na primavera (setembro a novembro) de 2017.	45
Tabela 9 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 10 m, no verão (dezembro a fevereiro) de 2017/2018.	48
Tabela 10 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 50 m, no verão (dezembro a fevereiro) de 2017/2018.	48
Tabela 11 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 100 m, no verão (dezembro a fevereiro) de 2017/2018.	48
Tabela 12 – Classificação para o índice de concordância de Willmott & Wicks.	58
Tabela 13 – Parâmetros numéricos utilizados como <i>input</i> na modelagem de óleo.	72
Tabela 14 – Características da grade <i>habitat</i>	74
Tabela 15 – Intervalos de profundidades das camadas na coluna d'água da grade habitat dos cenários de derrame de superfície.	75
Tabela 16 – Intervalos de profundidades das camadas na coluna d'água da grade habitat dos cenários de derrame de fundo.	76
Tabela 17 – Detalhamento dos ambientes agrupados no MAREM e seu respectivos ISL.	79
Tabela 18 – Classificação dos tipos de costa do MAREM nos tipos de costa disponíveis no banco de dados do modelo OSCAR.	80
Tabela 19 – Características do óleo Frade Crude Oil (FPSO).	83
Tabela 20 – Características do óleo ODP4 (poço).	83
Tabela 21 – Composição dos óleos Frade Crude Oil e ODP4 no OSCAR, gerada a partir da curva PEV de óleos similares selecionados.	84
Tabela 22 – Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrame de óleo.	86
Tabela 23 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período da primavera-verão.	94
Tabela 24 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período de outono-inverno.	97
Tabela 25 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período da primavera-verão.	107
Tabela 26 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume médio no período da primavera-verão.	107
Tabela 27 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período de outono-inverno.	115
Tabela 28 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume médio no período de outono-inverno.	116
Tabela 29 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período da primavera-verão.	128

Tabela 30 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período da primavera-verão.	129
Tabela 31 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período da primavera-verão.....	136
Tabela 32 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período de outono-inverno.....	147
Tabela 33 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período de outono-inverno.	147
Tabela 34 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de pior caso de afundamento FPSO Frade no período da primavera-verão.	152
Tabela 35 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento de <i>blowout</i> do poço ODP4 no período da primavera-verão.	166
Tabela 36 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4, no período da primavera-verão.	166
Tabela 37 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4, no período da primavera-verão.....	174
Tabela 38 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4 no período de outono-inverno.....	187
Tabela 39 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4, no período da outono-inverno.	187
Tabela 40 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4, no período da outono-inverno.....	198
Tabela 41 - Resumo dos resultados probabilísticos mais críticos para o toque do óleo na costa.	199
Tabela 42 – Menor distância do óleo em relação a costa para os cenários que não apresentaram a chegada do óleo na costa.	200
Tabela 43 – Percentual de simulações com toque e média do tempo do primeiro toque na costa para as simulações probabilísticas.	200
Tabela 44 - Resumo dos cenários determinísticos críticos analisados para a seleção do menor tempo de toque na costa.....	202
Tabela 45 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D	230
Tabela 46 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D	230
Tabela 47 - Resumo dos cenários determinísticos críticos analisados para a seleção do menor tempo de toque na costa.....	234
Tabela 48 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D	261
Tabela 49 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D	262

FIGURAS

Figura 1 – Localização dos pontos de modelagem (FPSO Frade e Poço ODP4) considerados no estudo.....	24
Figura 2 - Representação esquemática de alguns padrões dinâmicos relevantes para a circulação do Atlântico Sul.....	25
Figura 3 – Representação da circulação no Oceano Atlântico Sul, indicando as seguintes correntes oceânicas: Corrente Circumpolar (CC), Corrente do Atlântico Sul (CAS), Corrente de Benguela (BE), Corrente de Angola (CA), Corrente Sul Equatorial (CSE), Corrente do Brasil (CB) e Corrente das Malvinas (CM).....	26
Figura 4 – Padrão de circulação em grande escala dos ventos durante o período de primavera e verão na Bacia de Campos.....	28
Figura 5 – Padrão de circulação em grande escala dos ventos durante o período de outono e inverno na Bacia de Campos.....	29
Figura 6 – Localização das estações de coleta dos dados de vento, elevação e correntes.....	31
Figura 7 – Rosas direcionais dos ventos do CFSv2 representativo da climatologia do Campo de Frade (conjunto de dados de 2011 a 2019) para os períodos sazonais de Primavera-Verão (à esquerda) e Outono-Inverno (à direita).....	33
Figura 8 – Rosas direcionais dos ventos do CFSv2 no ano típico selecionado para modelagem de óleo (conjunto de dados de setembro de 2017 a agosto de 2018) para os períodos sazonais de Primavera-Verão (à esquerda) e Outono-Inverno (à direita).....	34
Figura 9 - Amplitude (cm) e fase local (°) das principais componentes harmônicas para a estação maregráfica da FEMAR Fundeio 2 Norte - Oceânica.....	35
Figura 10 - Série temporal de maré obtida através de previsão harmônica para a Estação Fundeio 2 Norte – Oceânica, entre junho de 2016 e fevereiro de 2018.....	37
Figura 11 - Stickplot da corrente nas camadas a 12 m, a 102 m e 702 m de profundidade no período de junho a agosto de 2016 (inverno).....	39
Figura 12 - Rosas direcionais de corrente em 12 metros, 102 metros e 702 metros, no período de junho a agosto (inverno) de 2016.....	40
Figura 13 - Stickplot da corrente nas camadas a 10 m, a 50 m e 100 m de profundidade no período de setembro a novembro de 2017 (primavera).....	42
Figura 14 - Rosas direcionais de corrente em 10 metros, 50 metros e 100 metros, no período de junho a agosto (inverno) de 2016.....	43
Figura 15 - Stickplot da corrente nas camadas a 10 m, a 50 m e 100 m de profundidade no período de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018 (verão).....	46
Figura 16 - Rosas direcionais de corrente em 10 metros, 50 metros e 100 metros, no período de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018 (verão).....	47
Figura 17 - Representação da população de derivadores mantidos pelo programa da NOAA, ao todo 1.267 derivadores.....	49
Figura 18 - Média da circulação próximo à superfície para o verão (dezembro a fevereiro), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).....	50
Figura 19 - Média da circulação próximo à superfície para o outono (março a maio), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).....	51
Figura 20 - Média da circulação próximo à superfície para o inverno (junho a agosto), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).....	51
Figura 21 - Média da circulação próximo à superfície para a primavera (setembro a novembro), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).....	52
Figura 22 - Localização do conjunto de dados do WOA18. Instrumentos: XBT = Batitermógrafos descartáveis; PFL = Perfiladores; OSD = Garrafas de reversão; BMT = Batitermógrafos mecânicos; e CTD = Conductivity, temperature & depth (Condutores, temperatura & profundidade).....	53

Figura 23 - Perfis de temperatura e salinidade utilizado no presente estudo para a região do ponto de modelagem.	54
Figura 24 - Grade computacional do modelo hidrodinâmico.	56
Figura 25 - Batimetria associada à grade numérica. A barra de cores lateral apresenta a profundidade local (em metros) para cada elemento de grade.	56
Figura 26 - Comparação da elevação do nível do mar (m) dos dados de previsão harmônica de maré obtida para a estação Fundeio 2 Norte – Oceânica com os resultados do modelo numérico (em vermelho), para o período compreendido entre 01/06/2016 e 31/08/2016 (inverno).	59
Figura 27 - Comparação da elevação do nível do mar (m) dos dados de previsão harmônica de maré obtida para a estação Fundeio 2 Norte – Oceânica com os resultados do modelo numérico (em vermelho), para o período compreendido entre 01/09/2017 e 30/11/2017 (primavera).	59
Figura 28 - Comparação da elevação do nível do mar (m) dos dados de previsão harmônica de maré obtida para a estação Fundeio 2 Norte – Oceânica com os resultados do modelo numérico (em vermelho), para o período compreendido entre 01/12/2017 e 27/02/2018 (verão).	60
Figura 29 - Rosa das correntes de superfície (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, para o período de inverno (junho-agosto) de 2016.	61
Figura 30 - Rosa das correntes de fundo (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, ambas para o período de inverno (junho-agosto) de 2016.	62
Figura 31 - Rosa das correntes de superfície (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, ambas para o período de primavera (setembro-novembro) de 2017.	62
Figura 32 - Rosa das correntes de superfície (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, ambas para o período de verão (dezembro-fevereiro) de 2018.	63
Figura 33 - Séries temporais das componentes de corrente (m/s) na superfície. A série temporal dos dados coletados é plotada em azul, enquanto a série temporal dos resultados da modelagem hidrodinâmica, é plotada em vermelho, ambas para o período de inverno (junho a agosto) de 2016.	64
Figura 34 - Séries temporais das componentes de corrente (m/s) na superfície. A série temporal dos dados coletados é plotada em azul, enquanto a série temporal dos resultados da modelagem hidrodinâmica, é plotada em vermelho, ambas para o período de primavera (setembro a novembro) de 2017.	65
Figura 35 - Séries temporais das componentes de corrente (m/s) na superfície. A série temporal dos dados coletados é plotada em azul, enquanto a série temporal dos resultados da modelagem hidrodinâmica, é plotada em vermelho, ambas para o período de verão (dezembro a fevereiro) de 2018.	66
Figura 36 - Média da circulação próxima à superfície para o verão (dezembro a fevereiro) a partir dos resultados dos (a) derivadores e (b) do modelo Mercator.	67
Figura 37 - Média da circulação próxima à superfície para o inverno (junho a agosto) a partir dos resultados dos (a) derivadores e (b) do modelo Mercator.	67
Figura 38 - Média sazonal da circulação próximo à superfície para o período entre 01 de setembro de 2017 a 02 de novembro de 2018, obtida a partir dos resultados do modelo numérico MERCATOR.	69
Figura 39 - Grade <i>habitat</i> utilizada na modelagem de óleo.	77
Figura 40 – Batimetria projetada na grade habitat utilizada na modelagem de óleo.	77
Figura 41 – Ambientes costeiros utilizados no OSCAR.	82
Figura 42 – Curva de destilação do óleo Grane (SINTEF) elaborada com base nos valores fornecidos pelo modelo OSCAR, óleo similar ao Frade Crude Oil.	85
Figura 43 – Curva de destilação do óleo Mandalay (BATTELLE) elaborada com base nos valores fornecidos pelo modelo OSCAR, óleo similar ao ODP4.	85
Figura 44 - Cenário FRADE_PRI-VER_8_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	92

Figura 45 - Cenário FRADE_PRI-VER_8_30D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	93
Figura 46 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período da primavera-verão, no instante final da simulação.	94
Figura 47 - Cenário FRADE_OUT-INV_8_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	95
Figura 48 - Cenário FRADE_OUT-INV_8_30D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	96
Figura 49 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período de outono-inverno, no instante final da simulação.	97
Figura 50 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	99
Figura 51 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	100
Figura 52 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	101
Figura 53 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	102
Figura 54 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D . Intervalos de probabilidade de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	103
Figura 55 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D . Intervalos de tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	104
Figura 56 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D . Massa máxima de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	105
Figura 57 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período da primavera-verão, no instante final da simulação.	106
Figura 58 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de	

Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	108
Figura 59 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	109
Figura 60 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	110
Figura 61 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	111
Figura 62 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D . Intervalos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	112
Figura 63 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D . Intervalos de tempo de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	113
Figura 64 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D . Massa máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	114
Figura 65 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período de outono-inverno, no instante final da simulação. ...	115
Figura 66 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	119
Figura 67 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	120
Figura 68 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	121
Figura 69 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 1 a 5.	122
Figura 70 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-	

verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 6.	123
Figura 71 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	124
Figura 72 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Intervalos de probabilidade de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	125
Figura 73 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Intervalos de tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	126
Figura 74 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D . Massa máxima de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	127
Figura 75 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período da primavera-verão, no instante final da simulação.	128
Figura 76 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	137
Figura 77 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	138
Figura 78 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	139
Figura 79 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 1 a 5.	140
Figura 80 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 6.	141
Figura 81 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	142
Figura 82 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Intervalos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	143

Figura 83 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Intervalos de tempo de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	144
Figura 84 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D . Massa máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	145
Figura 85 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período de outono-inverno, no instante final da simulação.	146
Figura 86 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	154
Figura 87 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	155
Figura 88 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	156
Figura 89 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 1 a 5.	157
Figura 90 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 6 a 10.	158
Figura 91 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 11 a 15.	159
Figura 92 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 16 a 20.	160
Figura 93 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 20° - ODP4) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	161
Figura 94 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Intervalos de probabilidade de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	162

Figura 95 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Intervalos de tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	163
Figura 96 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D . Massa máxima de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	164
Figura 97 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4, no período da primavera-verão, no instante final da simulação.....	165
Figura 98 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	175
Figura 99 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	176
Figura 100 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	177
Figura 101 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 1 a 5.....	178
Figura 102 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 6 a 10.....	179
Figura 103 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 11 a 15.....	180
Figura 104 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 16 a 20.....	181
Figura 105 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 20° - ODP4) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	182
Figura 106 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Intervalos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	183

Figura 107 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Intervalos de tempo de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	184
Figura 108 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D . Massa máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	185
Figura 109 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4, no período de outono-inverno, no instante final da simulação.	186
Figura 110 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D . Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	204
Figura 111 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	205
Figura 112 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	206
Figura 113 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.....	207
Figura 114 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D	207
Figura 115 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.....	208
Figura 116 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	209
Figura 117 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	210
Figura 118 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período	

da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.	211
Figura 119 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D	211
Figura 120 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	212
Figura 121 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	213
Figura 122 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	214
Figura 123 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.	215
Figura 124 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D	215
Figura 125 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D . Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	216
Figura 126 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	217
Figura 127 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	218
Figura 128 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.	219
Figura 129 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D	219
Figura 130 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D . Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com	

derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. 220

Figura 131 - Cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D**. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. 221

Figura 132 - Cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D**. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. 222

Figura 133 - Cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D**. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado. 223

Figura 134 - Balanço de massa para o cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D**. 223

Figura 135 - Cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D**. Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. 224

Figura 136 - Cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D**. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. 225

Figura 137 - Cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D**. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. 226

Figura 138 - Cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D**. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado. 227

Figura 139 - Balanço de massa para o cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D**. 227

Figura 140 - Série temporal de corrente em formato stickplot para o cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D**. 229

Figura 141 - Série temporal de vento em formato stickplot para o cenário **DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D**. 229

Figura 142 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo 25 horas após o início da simulação determinística crítica de menor tempo, volume de pior caso, no período de outono-inverno. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem. 231

Figura 143 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo 83 horas após o início da simulação (instante intermediário) determinística crítica de menor tempo, 231

volume de pior caso, no período de outono-inverno. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.	232
Figura 144 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da determinística crítica de menor tempo, volume de pior caso, no período de outono-inverno. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.	233
Figura 145 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D . Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	236
Figura 146 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	237
Figura 147 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	238
Figura 148 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.	239
Figura 149 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D	239
Figura 150 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	240
Figura 151 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	241
Figura 152 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	242
Figura 153 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.	243
Figura 154 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D	243

Figura 155 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	244
Figura 156 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	245
Figura 157 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	246
Figura 158 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.....	247
159 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D	247
Figura 160 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D . Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	248
Figura 161 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	249
Figura 162 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	250
Figura 163 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.....	251
Figura 164 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D	251
Figura 165 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D . Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	252
Figura 166 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos,	

durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	253
Figura 167 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	254
Figura 168 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.	255
Figura 169 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D	255
Figura 170 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D . Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. ...	256
Figura 171 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D . Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	257
Figura 172 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D . Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	258
Figura 173 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D . Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.	259
Figura 174 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D	259
Figura 175 –Série temporal de corrente em formato stickplot para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D	261
Figura 176 –Série temporal de vento em formato stickplot para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D	261
Figura 177 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no 36 horas após o início da simulação determinística crítica de maior massa, volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4 do período de primavera-verão. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.	263
Figura 178 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo 11 dias após o início da simulação (instante intermediário) determinística crítica de maior massa, volume de pior caso de <i>blowout</i> do poço ODP4 do período de primavera-verão. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.	264
Figura 179 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da determinística crítica de maior massa volume de pior caso	

de *blowout* do poço ODP4 do período de primavera-verão. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem. 265

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de dar suporte à PETRORIO no desenvolvimento de suas atividades de exploração e produção no Campo de Frade, localizado na Bacia de Campos, apresenta-se, neste estudo, a modelagem numérica da trajetória e intemperismo de derrames de óleo no mar a partir do FPSO Frade e Poço ODP4.

A modelagem de dispersão de óleo foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos conhecido como OSCAR¹, desenvolvido pela SINTEF². Para estudos de modelagem, como o realizado neste trabalho, são necessários: (a) o conhecimento das características geomorfológicas do local (morfologia da linha de costa e fundo oceânico), (b) campos de correntes em média e grande escalas variáveis no tempo e no espaço, (c) campos de vento variáveis no tempo e no espaço, (d) perfil de temperatura e salinidade da água do mar, e (d) caracterização físico-química do produto derramado.

O campo de ventos utilizado, variável no tempo e no espaço, foi gerado baseado em dados de reanálise do CFSRv2³ (SAHA *et al.*, 2014).

Por sua vez, o campo de correntes característico dos padrões de circulação na região utilizado na modelagem de óleo foi obtido a partir de resultados do modelo numérico global MERCATOR⁴, um modelo de previsão das condições oceânicas globais de alta resolução baseado no *grid* tripolar ORCA (MADEC & IMBARD, 1996). Os resultados do modelo hidrodinâmico foram comparados com os dados medidos, através de linha de fundeio e boia instrumentada, no Campo de Frade.

As simulações de derrame de óleo foram conduzidas para dois (02) pontos de modelagem, quatro volumes de derrame (pequeno, médio e dois volumes de pior caso) e tempo de simulação de até 30 dias após o fim do vazamento. Para a posição do FPSO Frade, foram simulados os volumes de derrame pequeno e médio, com vazamento instantâneo, e de pior caso, com vazamento ao longo de 24 horas (afundamento da unidade). Para o Poço ODP4, considerou-se apenas o derrame de

¹ *Oil Spill Contingency and Response*: "Resposta e Contingência à Derrame de Óleo".

² *Stiftelsen for Industriell og Teknisk Forskning*: "Fundação para a Pesquisa Científica e Industrial".

³ *Climate Forecast System Reanalysis Version 2*, gerado pelo *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP). Obtido em < <https://rda.ucar.edu/datasets/ds094.1/>>. Último acesso em 21 de fevereiro de 2020.

⁴ *Mercator Ocean International*, gerado disponibilizado pelo *Copernicus Marine Environment Monitoring Service*. Obtido em <http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024>. Último acesso em 21 de fevereiro de 2020.

volume de pior caso, com o vazamento ao longo de 30 dias (*blowout* do poço). Para ambos os pontos de modelagem, foram contemplado dois períodos de seis meses (primavera-verão e outono-inverno), sendo seis meses para o sorteio do instante inicial mais 30, 31 ou 60 dias de simulação, dependendo do tipo de vazamento (30 dias de simulação para os volumes pequeno e médio, 31 dias para o volume de pior caso de afundamento; 60 dias de simulação para o volume de pior caso de *blowout* de poço).

O estudo foi realizado em três etapas, sendo a primeira a análise das características meteorológicas (Capítulo 2), a segunda a modelagem hidrodinâmica para a região com a validação dos resultados (Capítulo 3) e, por fim, a execução das simulações de transporte a dispersão do óleo derramado (Capítulo 4).

Em complementação, os Apêndices A e B apresentam, respectivamente, a descrição dos modelos MERCATOR e OSCAR. O Apêndice C, por sua vez, apresenta tabelas com o resumo dos resultados das simulações probabilísticas com toque de óleo em Unidades de Conservação.

Adicionalmente, junto com a versão digital desse documento, são encaminhados os seguintes arquivos digitais: relatório em pdf, arquivos *shapefile* das simulações probabilísticas e determinísticas, ilustrações em pdf tamanho A3 (incluindo a grade *habitat*), arquivos de saída do modelo de óleo referentes aos resultados probabilísticos e determinísticos, arquivos Excel com os resultados probabilísticos por município para cada cenário simulado e de forma consolidada, arquivos Excel com os resultados probabilísticos por Unidade de Conservação, bem como animações das simulações determinísticas mais críticas.

1.1. ÁREA DE ESTUDO

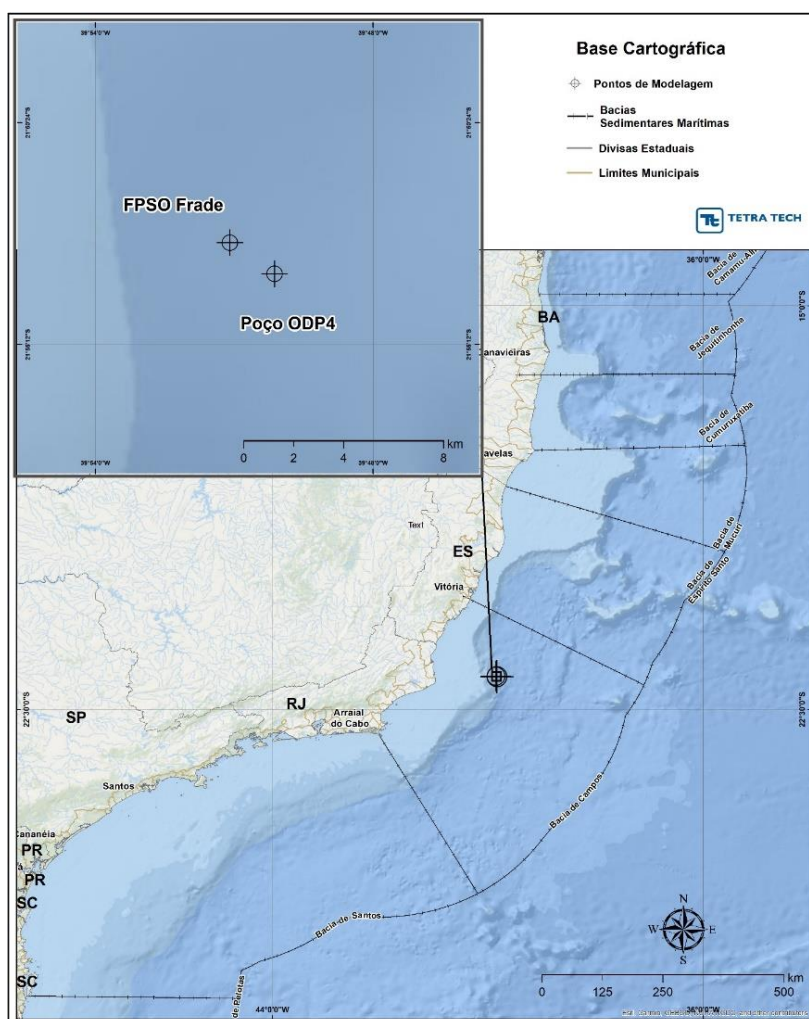
A Tabela 1 apresenta as coordenadas dos pontos de modelagem (FPSO Frade e Poço ODP4) e lâmina d'água local, com localização ilustrada na Figura 1.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas e lâmina d'água dos pontos de modelagem.

Pontos de Modelagem	Coordenadas (<i>datum</i> SIRGAS2000)		Lâmina d'Água Local (m)
	Latitude	Longitude	
FPSO Frade	21°53'0,00"S	39°51'5,50"W	1.100,0
Poço ODP4	21°53'40,06"S	39°50'07,56"W	1.050,0

Fonte: PETRORIO.

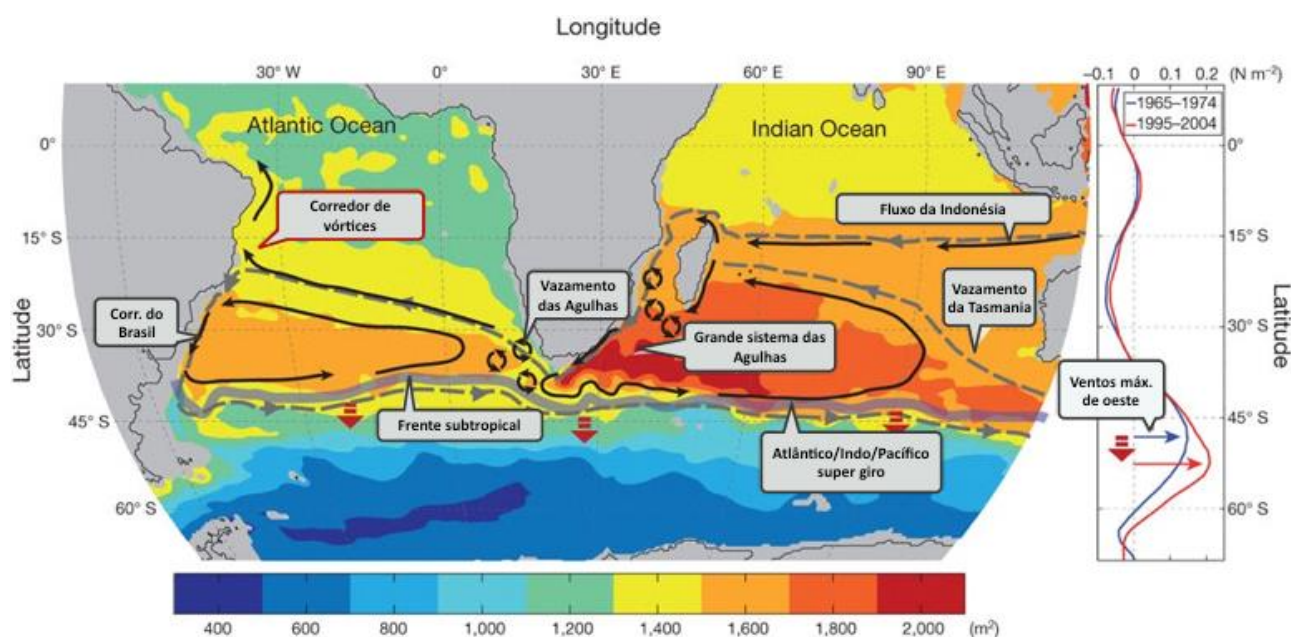
Figura 1 – Localização dos pontos de modelagem (FPSO Frade e Poço ODP4) considerados no estudo.



A seguir, são apresentadas as principais características oceanográficas e meteorológicas da área de estudo.

A região da margem sudeste do Brasil, onde está localizado o Campo de Frade, é, nas camadas superficiais do oceano, uma região de transição entre os intensos padrões de circulação subtropical/polar e equatoriais conforme o esquema geral apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Representação esquemática de alguns padrões dinâmicos relevantes para a circulação do Atlântico Sul.



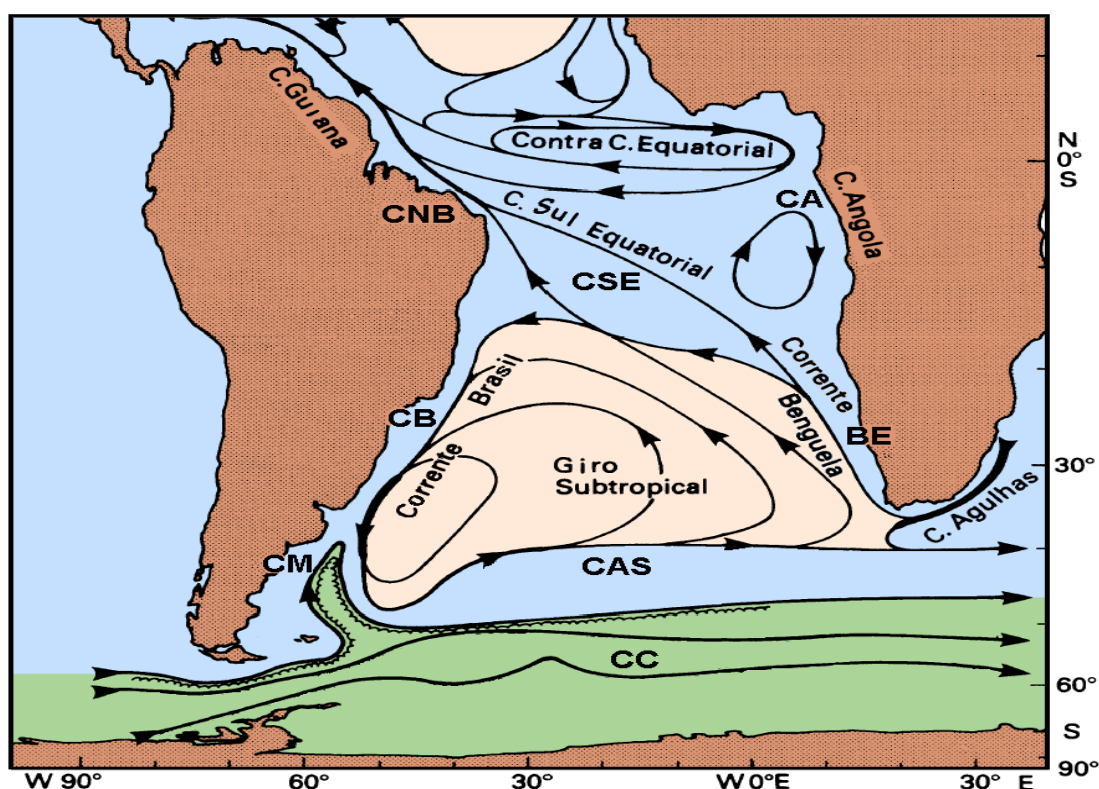
Fonte: extraído de Beal *et al.* (2011).

Em maiores profundidades e a partir do talude continental, os fluxos mecânicos e termodinâmicos têm comportamento diverso da superfície, associados às suas respectivas origens e áreas de formação (massas d'água) e observados especificamente na região como observado em Hall *et al.* (1997). Considerando os aspectos acima, a margem sudeste do Brasil é destino médio das correntes sul equatorial (CSE), em particular o ramo sul da corrente sul equatorial (CSEs), compostos também por fluxos turbulentos provenientes da região de Agulhas, também esquematizados na Figura 2.

Especificamente, no contorno oeste do Atlântico Sul, a intensidade, variabilidade e direção predominante das correntes resultam da combinação de processos que envolvem a circulação atmosférica, estrutura termohalina, topografia de fundo e orientação de linha de costa, além das instabilidades associadas as estruturas baroclinicas dos padrões médios das correntes

(FRAGOSO, 2004; MATA, 1996). Na Figura 3 amplia-se o esquema geral apresentado para que às estruturas médias advectivas do Atlântico Sul tornem-se mais evidentes. Salienta-se aqui que todos os esquemas apresentados visam ilustrar padrões médios, desconsiderando-se a proporção das intensidades entre os fluxos médios, podendo atingir duas ordens de grandeza de diferença (em Sverdrups).

Figura 3 – Representação da circulação no Oceano Atlântico Sul, indicando as seguintes correntes oceânicas: Corrente Circumpolar (CC), Corrente do Atlântico Sul (CAS), Corrente de Benguela (BE), Corrente de Angola (CA), Corrente Sul Equatorial (CSE), Corrente do Brasil (CB) e Corrente das Malvinas (CM).



Fonte: Adaptado de Tomczak & Godfrey (1994).

Considerando-se estritamente a costa sudeste do Brasil é possível, pelos esquemas apresentados, apontar a corrente do Brasil como a principal estrutura oceânica de larga escala presente na área, à superfície. O padrão médio desta corrente é sustentado pela proximidade do contorno oeste (talude continental), gradientes baroclínicos médios e a circulação atmosférica média, com ventos de Nordeste predominantes. A energia vortical da Corrente do Brasil é provida tanto externamente pelo aporte das correntes de leste, *i.e.* vazamento de Agulhas (GUERRA, 2011) quanto

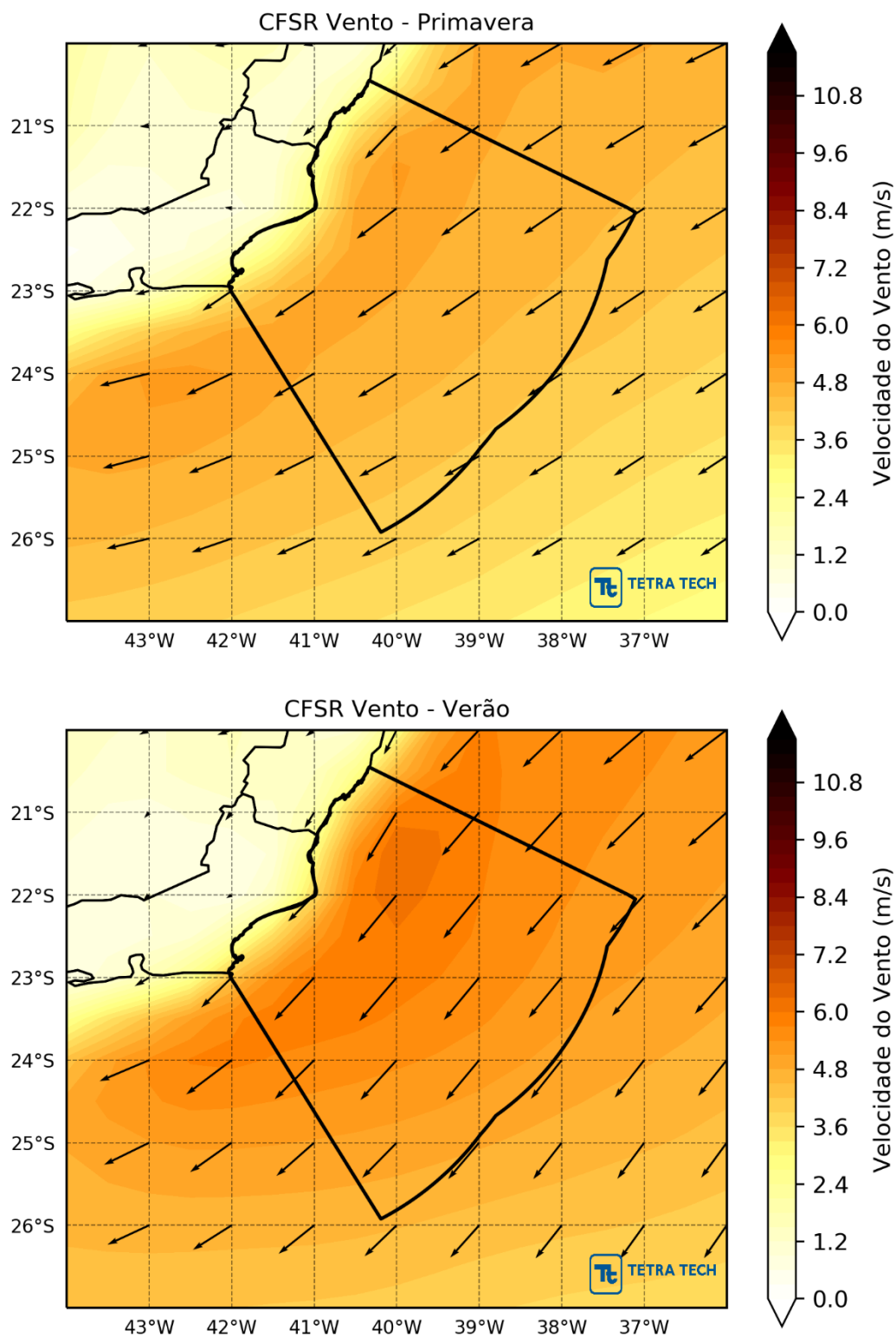
internamente, já que trata-se de um fluxo baroclínico sujeito à topografia e instabilidades baroclínicas inerentes ao fluxo Fernandes (2001 *apud* FRAGOSO, 2004).

Particularmente ao largo das bacias de Campos e Santos a estrutura vertical da circulação tem resultante média para Sul-Sudoeste na superfície. Em profundidade observa-se fluxos com resultante média para Norte-Nordeste, associáveis ao movimento das massas d'água de origens polares, como: a Água Central do Atlântico Sul - ACAS mesmo sobre a plataforma continental e associadas as intrusões costeiras da Corrente das Malvinas (MATANO & PIOLA 2010); a Água Intermediária Antártica – AIA, com fluxo médio para Nordeste observado a partir de 25°S e novamente reversões de circulação profundas, associadas aos fluxos provenientes do Atlântico Norte (APAN) e da região antártica (AABW) (STRAMMA & ENGLAND 1999; BOEBEL *et al.*, 1999).

Considerando-se a circulação sobre a plataforma continental, outro fenômeno atuante na região de interesse é a ressurgência. Este se refere ao afloramento de águas frias de camadas inferiores causado principalmente pelo afastamento de águas superficiais devido à ação do vento. A costa de Cabo Frio é a região do Brasil onde a ressurgência ocorre com maior intensidade e frequência. Isto acontece devido à conjunção de fatores de geomorfológicos e meteorológicos. O sistema atmosférico dominante na região é a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), a qual gera ventos predominantes de E/NE, paralelos à costa nesta região. Desta forma, devido ao efeito da ação da fricção do vento sobre a superfície da água e da rotação da Terra, as águas superficiais são empurradas para longe da costa, permitindo que águas mais profundas (no caso, a ACAS) aflorem.

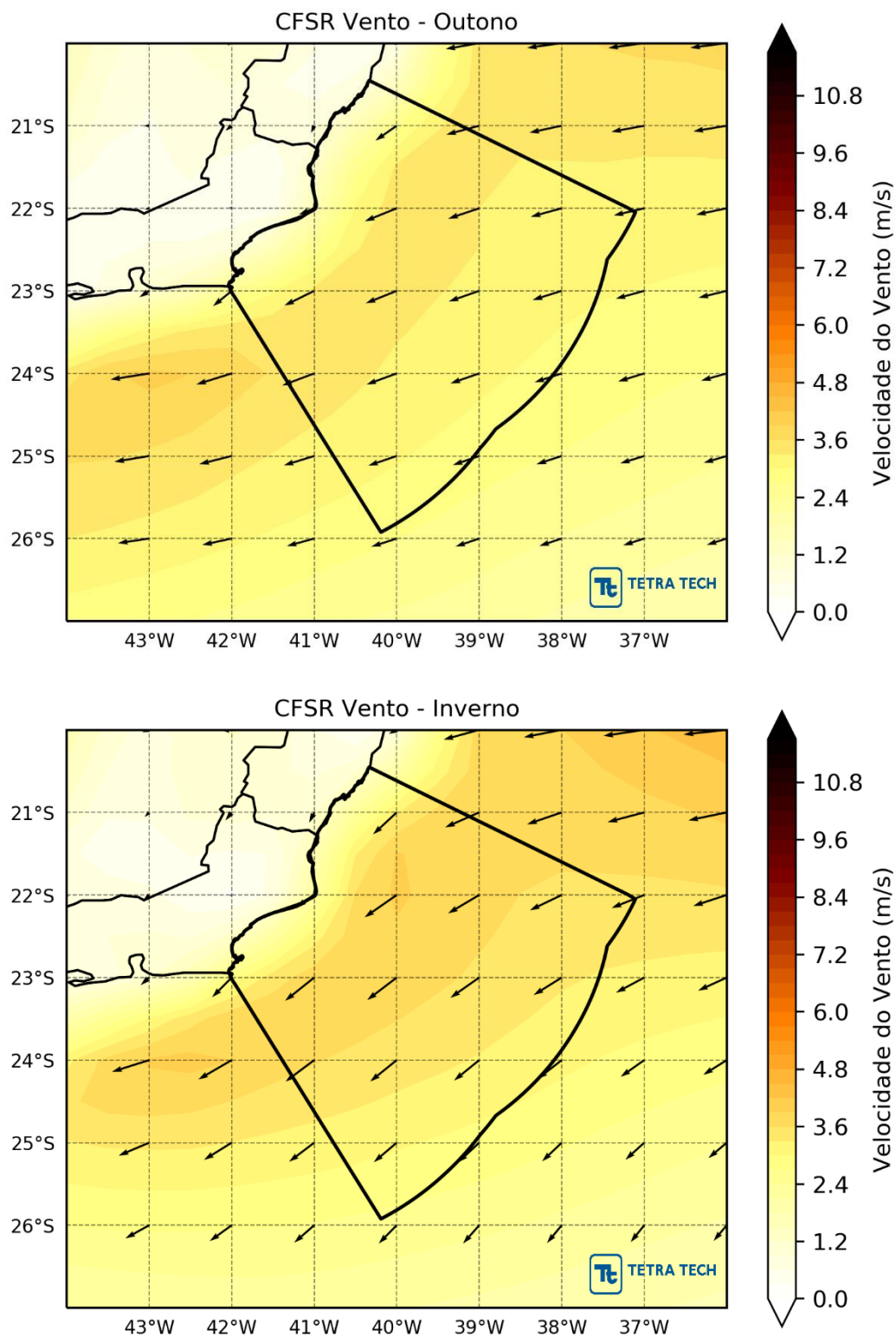
Na região da Bacia de Campos, analisando os padrões de circulação em grande escala, no período de verão observa-se ventos de quadrante E em torno da latitude 16°S e um padrão predominante de ventos de NE/NNE sobre o Atlântico Sul e costa do Sudeste Brasileiro. Já no período de inverno, são observados sobre o oceano, em latitudes abaixo de 20°S, ventos de maior intensidade de quadrante ESSE; com o aumento da latitude observa-se a deflexão do vento para os quadrantes E e NE. Este padrão sazonal, ilustrado na Figura 4 e Figura 5, acompanha o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, também, da Alta Semipermanente do Atlântico Sul (ASAS) para sul durante o verão e para norte durante o inverno do Hemisfério Sul.

Figura 4 – Padrão de circulação em grande escala dos ventos durante o período de primavera e verão na Bacia de Campos.



Fonte: CFSR/Tetra Tech.

Figura 5 – Padrão de circulação em grande escala dos ventos durante o período de outono e inverno na Bacia de Campos.



Fonte: CFSR/Tetra Tech.

2. ANÁLISE DE DADOS

Este capítulo apresenta a descrição dos principais padrões meteorológicos e oceanográficos da área de estudo com os seguintes objetivos:

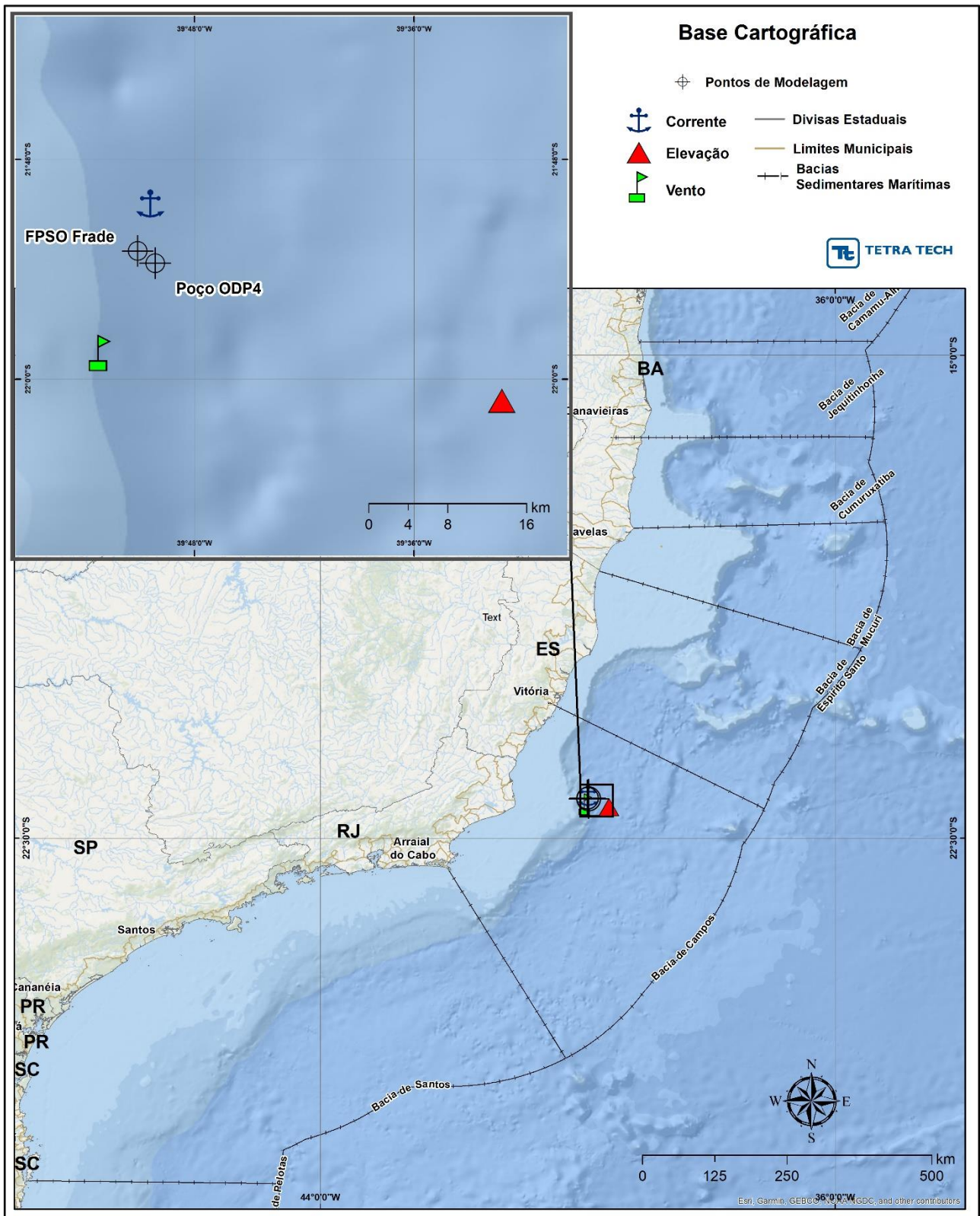
- 1) Obter informações para uma melhor compreensão e descrição da dinâmica da área; e
- 2) Auxiliar a preparação das forçantes para as modelagens, bem como para a avaliação dos resultados do modelo hidrodinâmico adotado.

As análises são baseadas em informações e dados pretéritos, bem como em dados primários coletados no Campo de Frade (Tabela 2), descritos e analisados neste capítulo, cuja localização das estações de coleta é ilustrada na Figura 6.

Tabela 2 – Resumo dos dados analisados e suas coordenadas geográficas.

Dado	Período	Fonte	Coordenadas Geográficas
Vento	01 de janeiro de 2011 e 31 de dezembro de 2019	CFSRv2	21,976°S e 39,886°W (WGS84)
Elevação	-	Fundação Estudos do Mar – FEMAR	22,02°S e 39,52°W (SIRGAS2000)
Corrente	junho/2016 a março/2017	Petrório	21°50'54,60"S e 39°51'23,40"W (SIRGAS2000)
Corrente	setembro/2017 a fevereiro/2018	Petrório	21°50'49,63"S e 39°51'26,38"W (SIRGAS2000)

OBS: a localização dos dados de derivadores é apresentada na Figura 17 (subitem 2.3.2), enquanto a dos dados de temperatura e salinidade são ilustrados na Figura 24 (item 2.4).



2.1. VENTOS

A base de dados de vento utilizada foi proveniente do produto de reanálise CFSv2 (*Climate Forecast System Reanalysis Version 2*; SAHA *et al.*, 2014), gerado pelo centro norte-americano NCEP (*National Center for Environmental Prediction*). Trata-se de um conjunto de assimilação de dados que constitui uma sólida base de dados climatológicos com cobertura global. A CFSv2 dá continuidade ao produto CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*), produzido pelo mesmo centro, a partir de janeiro de 2011 até o presente, porém incorporando upgrades nos processos de assimilação e interpolação de dados. O embasamento físico da CFSR e CFSv2 difere de outros produtos de reanálise pelo acoplamento entre o oceano e a atmosfera, por ter um modelo interativo de gelo marinho e por assimilar dados de satélites através de um esquema de interpolação estatística. Além disso, contém informações sobre variações nos níveis de dióxido de carbono, aerossóis atmosféricos e gases-traço, incluindo assim seus efeitos sobre o sistema climático terrestre. A resolução espacial fornecida pela CFSv2 é de 0,2° e temporal horária, sendo a resolução mais refinada dentre os produtos atualmente disponíveis.

A sazonalidade adotada neste estudo foi baseada tanto na definição da Organização Meteorológica Mundial (OMM) quanto na descrição do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC; DEREZYNSKI & MENEZES, 2015), definida como:

- Verão: dezembro, janeiro e fevereiro;
- Outono: março, abril e maio;
- Inverno: junho, julho e agosto;
- Primavera: setembro, outubro e novembro.

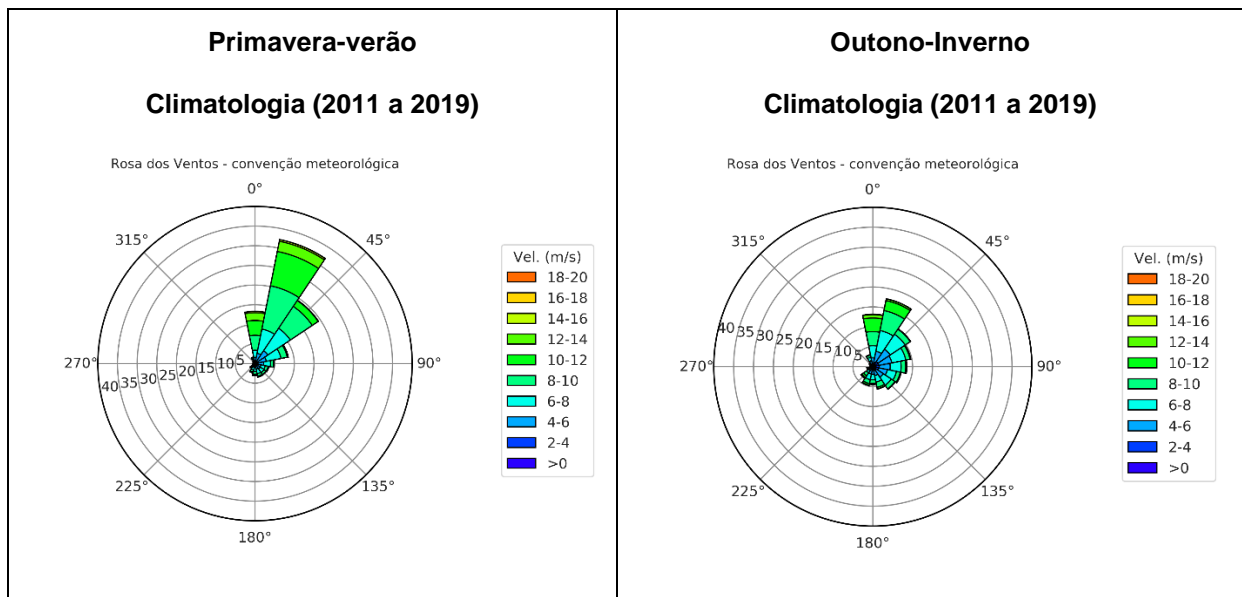
Para a modelagem de óleo são adotados campos de vento para dois períodos representativos dos padrões meteoceanográficos ao longo de um ano, sendo esses agrupados por similaridade dos padrões de circulação como: Primavera-Verão, compreendido entre setembro e fevereiro, e Outono-Inverno, entre março e agosto.

Para a escolha do período de modelagem, nesse estudo buscou-se identificar um ano com comportamento típico do padrão de ventos, com o objetivo de representar a climatologia para região do campo de Frade. Para tanto, foi realizada uma análise utilizando-se os dados de vento da base CFSv2 no período compreendido entre 01 de janeiro de 2011 e 31 de dezembro de 2019, no ponto de latitude -21,976° e longitude -39,886°, considerado representativo da área em estudo.

Desta forma, foi realizada uma comparação dos padrões da climatologia de ventos do CFSR (conjunto completo dos dados, de 2011 a 2019) e de anos individuais, a fim de verificar a representação de cada ano em relação ao padrão climatológico de velocidade e direção do vento.

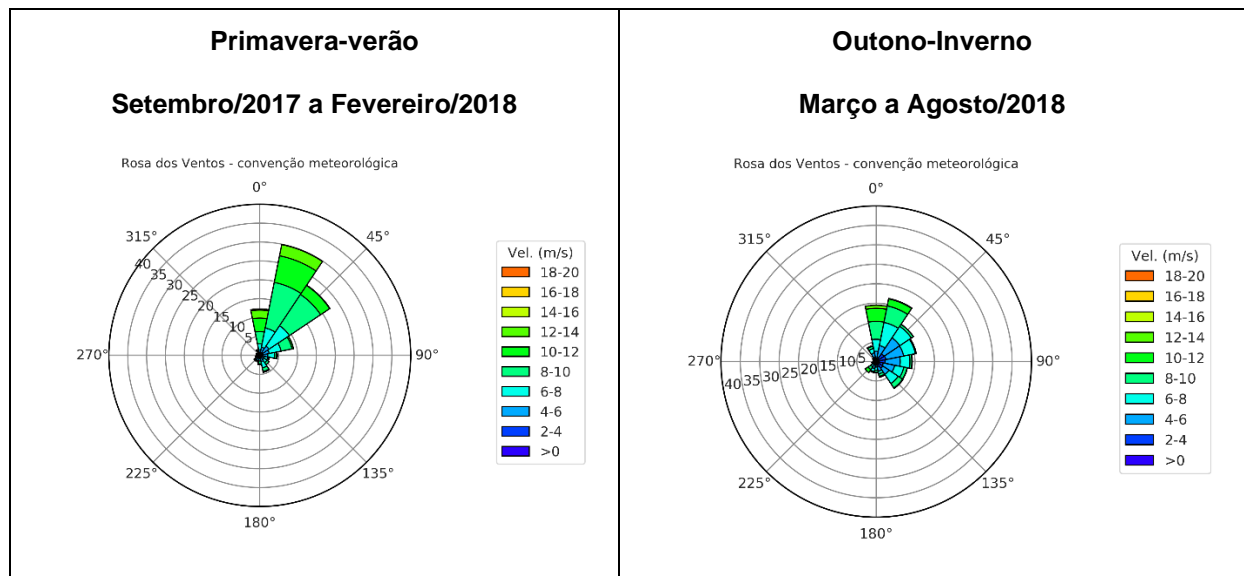
A Figura 7 apresenta as rosas dos ventos obtidas a partir do conjunto de dados climatológicos para os períodos de Primavera-Verão e Outono-Inverno. Após análise, o período compreendido entre setembro 2017 e agosto de 2018 foi selecionado como um ano típico para a modelagem de óleo, pois os padrões de vento se comportaram de forma próxima da climatologia, como pode-se observar na Figura 8.

Figura 7 – Rosas direcionais dos ventos do CFSv2 representativo da climatologia do Campo de Frade (conjunto de dados de 2011 a 2019) para os períodos sazonais de Primavera-Verão (à esquerda) e Outono-Inverno (à direita).



Fonte: Tetra Tech / CFSv2.

Figura 8 – Rosas direcionais dos ventos do CFSv2 no ano típico selecionado para modelagem de óleo (conjunto de dados de setembro de 2017 a agosto de 2018) para os períodos sazonais de Primavera-Verão (à esquerda) e Outono-Inverno (à direita).



Fonte: Tetra Tech / CFSv2.

2.2. ELEVAÇÃO

Para caracterização do comportamento da maré na área de estudo, foram utilizadas as constantes harmônicas de maré obtidas junto à Fundação Estudos do Mar – FEMAR (2000) da estação Fundeio 02 Norte – Oceânica (Figura 9).

A análise das constantes harmônicas obtidas a partir da série temporal medida indica que a componente de maré principal lunar (M2) também é a que apresenta as maiores amplitudes, com 42,00 cm. A segunda maior amplitude ocorre na componente principal solar (S2), com 19,0 cm.

Foi realizada uma classificação da maré de acordo com o Fator de Forma (F), definido pela razão entre as amplitudes das componentes diurnas e semidiurnas, conforme Defant (1961):

$$F = \frac{K_1 + O_1}{S_2 + M_2} \quad (\text{Eq.1})$$

O Fator de Forma obtido para o marégrafo da Estação Fundeio 2 Norte – Oceânica foi 0,285. Considerando o limite do Fator de Forma de 0,25 para separação dos regimes de maré semidiurna

(menor que 0,25) e maré mista (maior que 0,25), a Estação Fundeio 2 Norte apresenta regime de maré mista com predominância semidiurna e com desigualdade diurna.

Figura 9 - Amplitude (cm) e fase local ($^{\circ}$) das principais componentes harmônicas para a estação maregráfica da FEMAR Fundeio 2 Norte - Oceânica.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		FUNDEIO 2 NORTE – OCEÂNICA			
Localização :		Bacia Petrolífera de Campos - RJ			
Organ. Responsável :		PETROBRÁS / CENPES			
Latitude :		22° 02,0' S	Longitude : 39° 52,0' W		
Período Analisado :		—	Nº de Componentes : 29		
Análise Harmônica :		Metodo do Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré de Desigualdades Diurnas			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		— H — min	Nível Médio (Zo): — cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		— cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : — cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		— cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : — cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) Graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	-	-
Ssa	-	-	N ₂	6,2	104
Mm	-	-	NU ₂	2,4	090
Mf	-	-	M ₂	42,0	098
MTM	-	-	L ₂	-	-
Msf	-	-	T ₂	-	-
Q ₁	2,7	077	S ₂	19,0	111
O ₁	10,9	116	K ₂	4,6	084
M ₁	-	-	MO ₃	-	-
P ₁	2,1	169	M ₃	0,6	106
K ₁	6,5	177	MK ₃	0,4	172
J ₁	-	-	MN ₄	0,8	054
OO ₁	-	-	M ₄	1,6	091
MNS ₂	-	-	SN ₄	-	-
2N ₂	-	-	MS ₄	0,8	126
Referências de Nível: Não foram colocadas					
Obs: Maré oceânica observada de plataforma de petróleo com sensor de pressão, em lâmina d'água de 1.000 m, no período de janeiro/94 a maio/95. Não disponíveis outras informações					

Código BNDO: NC

- 171 -

Fonte: FEMAR (2000).

Dada a ausência de dados públicos disponíveis em estações maregráficas mais próximas da área de estudo, a obtenção da previsão das alturas da oscilação de maré astronômica foi realizada através do método de análise e previsão harmônica, baseada na análise de Fourier, desenvolvida por Schuremann (1958). A análise harmônica de maré é baseada na suposição de que a subida e descida da maré em uma determinada localidade pode ser expressa matematicamente pela soma de termos de séries harmônicas relacionadas com condições astronômicas. Uma função harmônica simples é uma quantidade que varia com o cosseno de um ângulo, que aumenta uniformemente com o tempo.

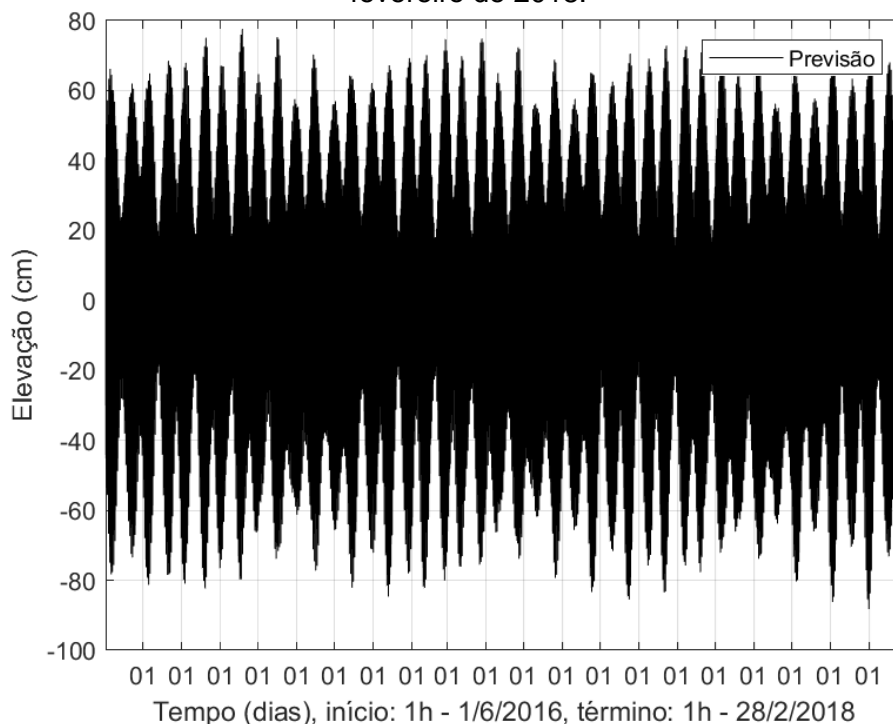
A equação $y = A \cos(at)$, onde y é a função harmônica do ângulo (at) , a é uma constante e t representa o tempo medido a partir de alguma data inicial. A equação geral para uma altura h de maré a qualquer tempo (t) pode ser escrita como:

$$h = H_0 + A \cos(at + \alpha) + B \cos(bt + \beta) + C \cos(ct + \gamma) + etc ... \quad (Eq.2)$$

No qual H_0 é a altura do nível médio do mar acima do *datum* usado; os termos com cosseno são conhecidos como constituintes ou componentes de harmônicos. Os coeficientes A , B , C etc. são as amplitudes dos constituintes, obtidos através das observações de maré em cada localidade. A expressão entre parênteses é um ângulo que varia uniformemente e seu valor é chamado de fase. Para este estudo foram realizadas análises de séries longas de maré obtidas a partir de previsão harmônica de maré para um período de aproximadamente de 2,0 anos.

A Figura 10 ilustra a série temporal obtida através de previsão harmônica para a FEMAR Fundeio 2 Norte - Oceânica, entre junho de 2016 e fevereiro de 2018.

Figura 10 - Série temporal de maré obtida através de previsão harmônica para a Estação Fundeio 2 Norte – Oceânica, entre junho de 2016 e fevereiro de 2018.



2.3. CORRENTES

2.3.1. Dados Primários – Boia Meteo-Oceanográfica

Entre os anos de 2016, 2017 e 2018, foram conduzidas campanhas de coleta de dados oceanográficos no Campo de Frade, os quais foram disponibilizados pelo contratante, representativos dos períodos de inverno, primavera e verão.

Os dados do inverno de 2016 (junho, julho e agosto) foram medidos através de uma boia meteo-oceanográfica desenvolvida pelo *Woods Hole Group*. A boia estava equipada com um perfilador de corrente (ADCP) do modelo *Nortek Aquadrop Z-Cell* (400 kHz), que fez a aquisição de dados de correntes superficiais, e um outro ADCP *Nortek Signature* (55 kHz), que mediu dados de correntes mais profundas até aproximadamente 800 metros em intervalos de 20 metros.

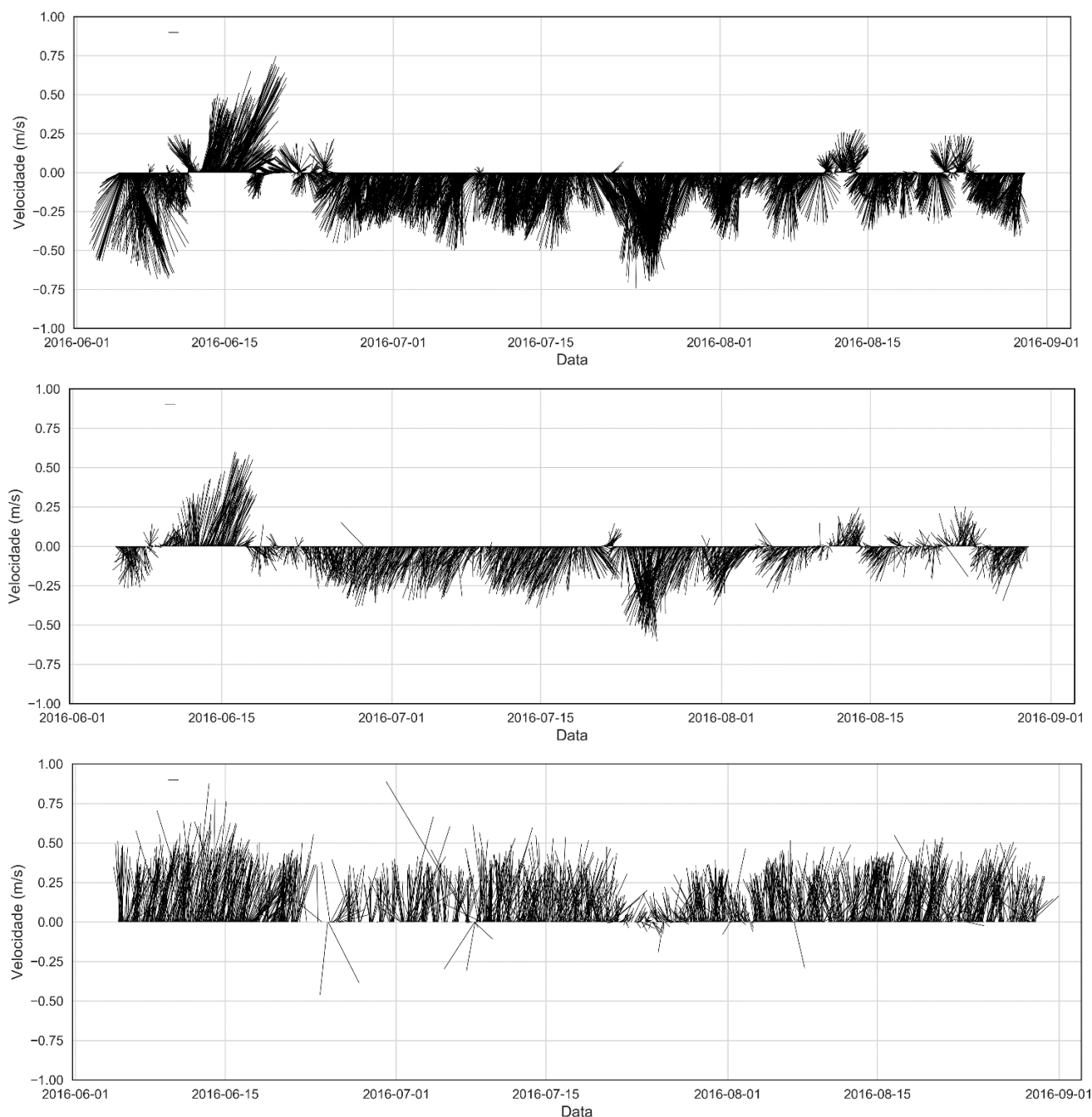
Os dados referentes à primavera de 2017 (setembro, outubro e novembro) e verão 2017/2018 (dezembro, janeiro e fevereiro) foram adquiridos através de um ADCP RDI *Workhorse* (300kHz) instalado em uma boia meteo-oceanográfica na região do Campo de Frade. Foram coletados dados em intervalos de 10 metros a partir da superfície, até 100 metros na coluna d'água.

Ambas as boias se localizavam, aproximadamente, nas coordenadas 21,84° S 39,84° W, conforme apresentado na Tabela 2.

A seguir, são apresentados os dados de corrente medidos de acordo com a sazonalidade adotada neste estudo, sendo o inverno nos meses de junho a agosto e 2016, a primavera entre setembro e novembro de 2017 e o verão nos meses de dezembro a fevereiro 2017/2018.

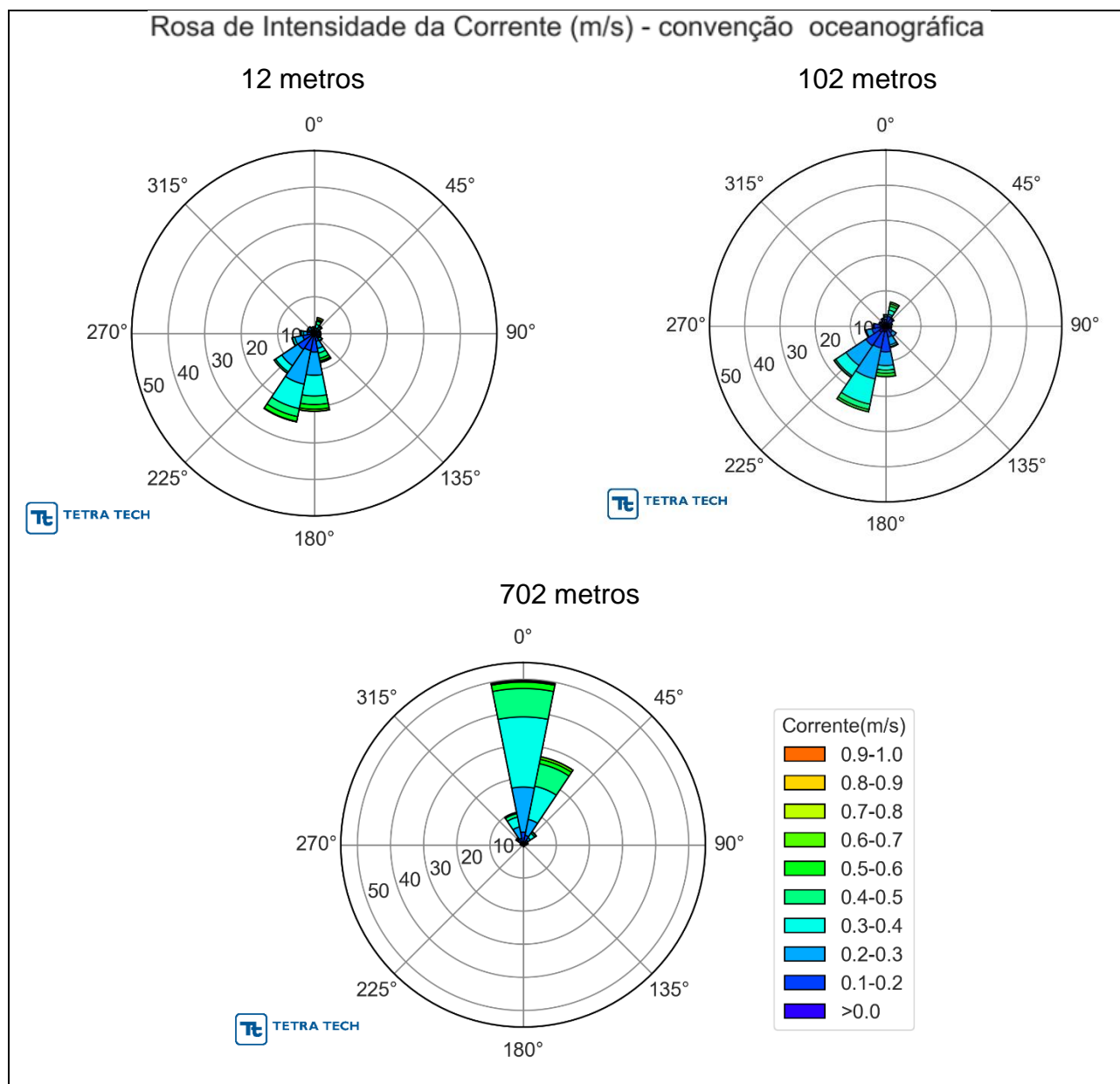
Na Figura 11 é apresentada a série temporal de intensidade e direção das correntes (*stickplot*) medidas no inverno de 2016 para as profundidades 12 metros, 102 metros e 702 metros, representativas das camadas de superfície, meio e fundo, respectivamente. Nas camadas superiores, a corrente tem a sua direção predominante para sul-sudoeste, como é esperado para as camadas superficiais da corrente do Brasil (CB), que transporta a AT e a ACAS. Na camada mais profunda, é possível observar a inversão na direção da corrente, indicando a presença da corrente de contorno oeste intermediária (CCI), que flui para N-NE e transporta a AIA nesta região (BOEBEL *et al.*, 1999; SCHIMD & GARZOLI, 2009; LEGEAIS *et al.*, 2013).

Figura 11 - Stickplot da corrente nas camadas a 12 m, a 102 m e 702 m de profundidade no período de junho a agosto de 2016 (inverno).



A Figura 12 representa as rosas direcionais de corrente durante o inverno de 2016 nas profundidades de 12 metros, 102 metros e 702 metros, respectivamente. As rosas evidenciam a predominância da corrente fluindo para sudoeste nas primeiras camadas, com velocidades predominantes entre 0,2 e 0,3 m/s, e também demonstra a inversão de direção que ocorre na camada mais profunda.

Figura 12 - Rosas direcionais de corrente em 12 metros, 102 metros e 702 metros, no período de junho a agosto (inverno) de 2016.



A Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5 apresentam diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção da corrente no inverno de 2016, nas profundidades 12 metros, 102 metros e 702 metros, respectivamente. A direção mais frequente nas duas primeiras profundidades é a SSW, com 24,73% e 24,87%, respectivamente, com velocidade predominantemente entre 0,2 e 0,3 m/s em 12 metros (31,4% das ocorrências) e entre 0,1 e 0,2 m/s na profundidade de 102 metros, com 33,5% das ocorrências. Na profundidade de 702 m, a direção predominante é N (49,62%), com velocidades entre 0,3 e 0,4 m/s em 36,5% das ocorrências, evidenciando a presença da CCI.

Tabela 3 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 12 m, no inverno (junho a agosto) de 2016.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	19	19	16	23	30	35	35	23	50	36	46	44	43	15	25	28	7,9
0,1-0,2	34	23	42	37	58	57	51	115	268	262	284	154	75	38	50	46	25,7
0,2-0,3	26	50	41	14	17	23	24	125	393	581	331	138	62	33	52	33	31,4
0,3-0,4	11	61	32	20	5	0	39	79	351	422	126	40	37	27	5	2	20,3
0,4-0,5	13	57	19	6	0	2	9	91	146	139	29	8	19	14	0	0	8,9
0,5-0,6	2	18	5	5	0	0	5	44	79	83	0	0	0	0	0	0	3,9
0,6-0,7	0	14	1	0	0	0	0	19	33	8	0	0	0	0	0	0	1,2
0,7-0,8	0	29	0	0	0	0	0	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0,7
0,8-0,9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	1,70	4,39	2,52	1,70	1,78	1,89	2,63	8,17	21,37	24,73	13,18	6,20	3,81	2,05	2,13	1,76	
Media	0,22	0,39	0,26	0,21	0,15	0,14	0,21	0,32	0,30	0,29	0,23	0,20	0,21	0,24	0,17	0,16	
Max.	0,52	0,85	0,64	0,53	0,36	0,41	0,54	0,77	0,74	0,62	0,48	0,48	0,48	0,50	0,33	0,31	

Tabela 4 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 102 m, no inverno (junho a agosto) de 2016.

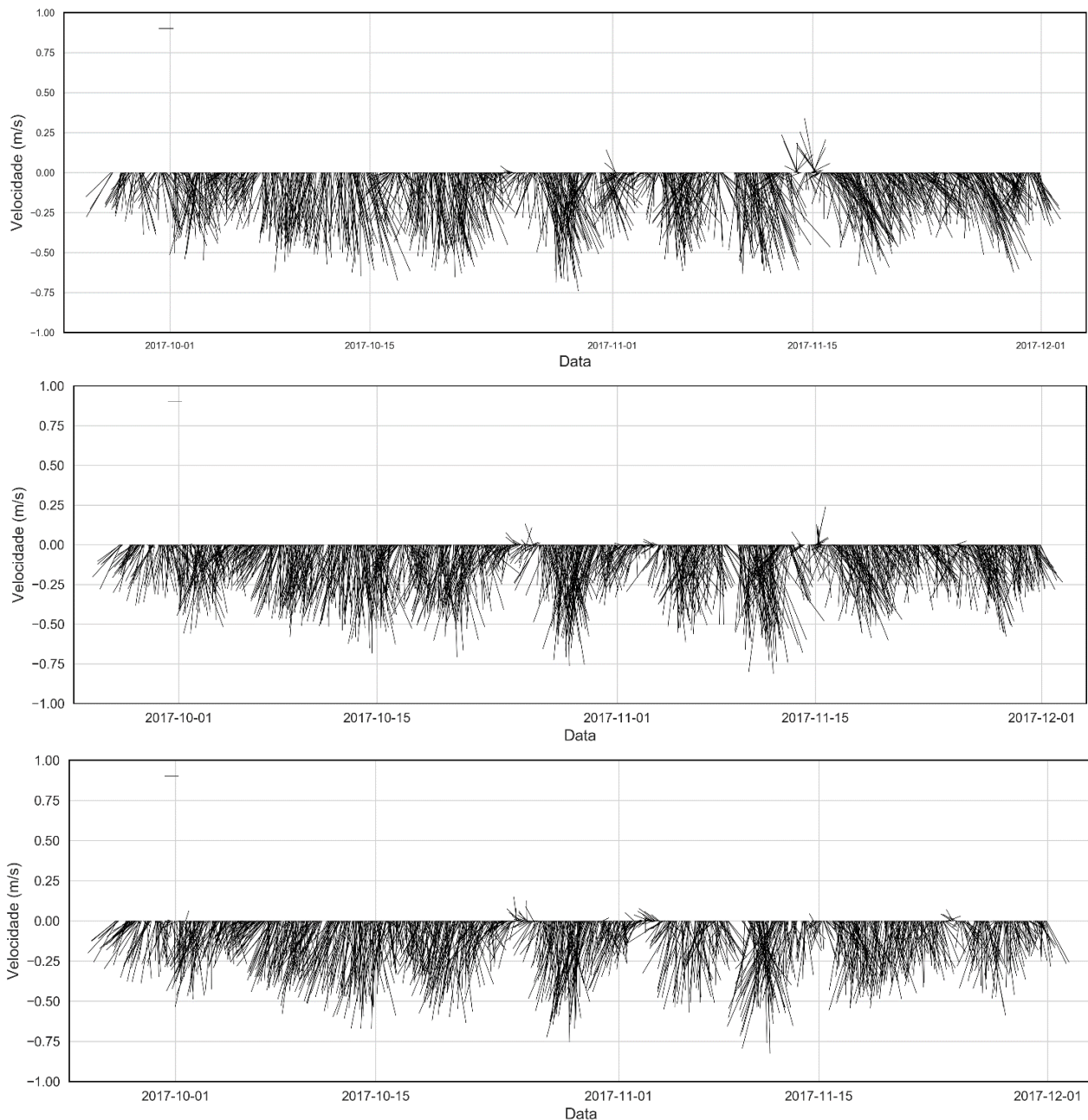
Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	15	20	16	9	12	14	18	15	31	33	44	34	32	20	12	22	16,9
0,1-0,2	24	38	34	27	21	16	30	51	120	98	95	47	35	16	19	18	33,5
0,2-0,3	14	12	6	3	0	5	25	47	80	184	139	34	4	5	2	6	27,5
0,3-0,4	10	25	0	0	0	0	0	11	26	151	72	6	0	0	0	1	14,7
0,4-0,5	2	23	1	0	0	0	0	4	19	31	10	0	0	0	0	0	4,4
0,5-0,6	1	14	0	0	0	0	0	0	19	14	2	0	0	0	0	0	2,4
0,6-0,7	0	10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,5
0,7-0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,8-0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	3,21	6,91	2,77	1,90	1,61	1,70	3,55	6,23	14,40	24,87	17,62	5,89	3,45	2,00	1,61	2,29	
Media	0,19	0,30	0,14	0,13	0,11	0,12	0,16	0,20	0,23	0,27	0,23	0,16	0,11	0,12	0,12	0,12	
Max.	0,60	0,64	0,47	0,27	0,20	0,27	0,30	0,46	0,61	0,56	0,58	0,36	0,26	0,30	0,29	0,33	

Tabela 5 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 702 m, no inverno (junho a agosto) de 2016.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	15	12	10	6	6	3	4	8	1	3	1	2	4	4	9	13	5,9
0,1-0,2	51	38	19	5	6	1	1	0	0	1	0	1	3	6	23	22	10,3
0,2-0,3	233	84	16	8	2	1	1	0	1	0	0	0	3	3	3	59	24,1
0,3-0,4	363	175	26	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	52	36,5
0,4-0,5	147	119	9	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	4	18	17,6
0,5-0,6	33	23	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3,7
0,6-0,7	6	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1,3
0,7-0,8	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,5
0,8-0,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	49,62	27,11	4,78	1,52	0,87	0,35	0,35	0,58	0,23	0,29	0,06	0,17	0,64	0,87	2,57	9,97	
Media	0,34	0,35	0,27	0,24	0,16	0,19	0,11	0,13	0,27	0,14	0,07	0,06	0,17	0,21	0,18	0,29	
Max.	0,89	0,72	0,54	0,75	0,71	0,53	0,23	0,49	0,47	0,42	0,07	0,10	0,41	0,61	0,56	1,21	

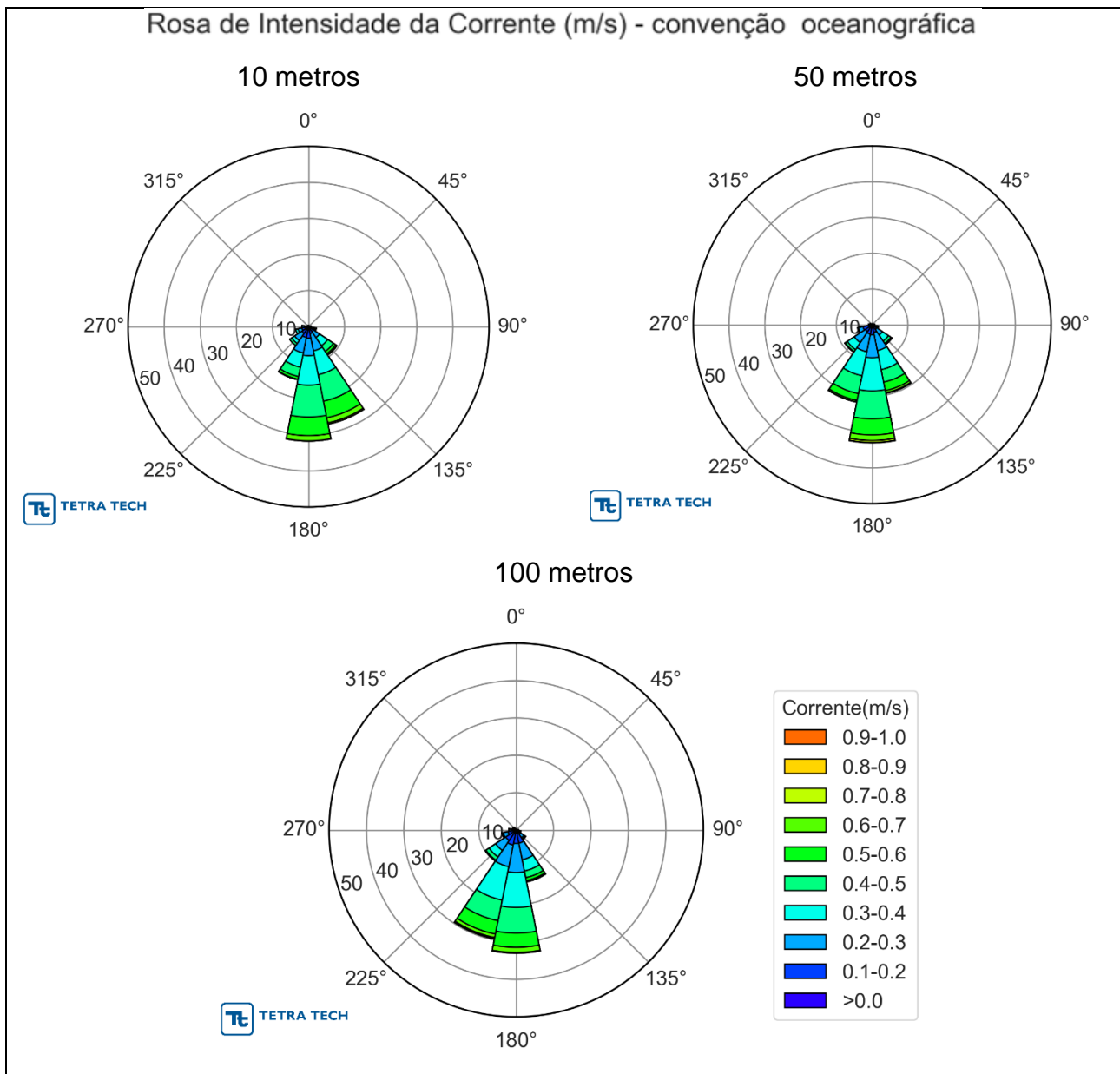
A Figura 13 apresenta a série temporal de intensidade e direção de corrente para os dados medidos na primavera de 2017. As camadas representadas são referentes às profundidades de 10 metros, 50 metros e 100 metros. Como as profundidades alcançadas pelo perfilador de corrente utilizado neste período não atingiu a camada da coluna d'água que sofre influência da CCI, não foi possível identificar a inversão da corrente em águas profundas. Pode-se observar que não são identificados altos gradientes de velocidade e direção entre as profundidades analisadas nos primeiros 100 metros.

Figura 13 - Stickplot da corrente nas camadas a 10 m, a 50 m e 100 m de profundidade no período de setembro a novembro de 2017 (primavera).



A Figura 14 representa as rosas direcionais de corrente durante a primavera de 2017 (setembro, outubro e novembro) nas profundidades 10 metros, 50 metros e 100 metros. Nas três profundidades apresentadas, o Sul é a direção predominante, sendo que em 10 metros há também uma componente forte para o sudeste, que se desloca com a profundidade, resultando em uma componente para sudoeste mais frequente em 100 metros.

Figura 14 - Rosas direcionais de corrente em 10 metros, 50 metros e 100 metros, no período de junho a agosto (inverno) de 2016.



A Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8 apresentam os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção da corrente na primavera de 2017, nas profundidades 10 metros, 50 metros e 100 metros, respectivamente. A direção Sul tem o maior número de ocorrências em todas as profundidades (31,72%, 33,00% e 32,99%, respectivamente). A 10 metros e 50 metros, as velocidades predominantes estão entre 0,3 e 0,4 m/s (24,1% e 26,7%), enquanto a 100 metros, a velocidade mais frequente diminui para 0,2-0,3 m/s (25% das ocorrências).

Tabela 6 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 10 m, na primavera (setembro a novembro) de 2017.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	0	0	0	2	1	0	4	4	7	9	3	4	3	0	0	0	2,8
0,1-0,2	1	2	0	0	0	6	17	22	35	31	26	21	14	2	2	1	13,6
0,2-0,3	0	1	1	1	4	14	27	64	64	58	32	14	7	1	2	4	22,3
0,3-0,4	1	0	0	1	3	5	36	89	108	53	13	9	0	0	0	0	24,1
0,4-0,5	0	0	0	0	1	3	25	99	117	35	9	0	0	0	0	0	21,9
0,5-0,6	0	0	0	0	0	1	10	62	68	10	0	0	0	0	0	0	11,4
0,6-0,7	0	0	0	0	0	0	5	19	19	2	0	0	0	0	0	0	3,4
0,7-0,8	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0,5
0,8-0,9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	0,15	0,23	0,08	0,30	0,68	2,20	9,46	27,55	31,72	14,99	6,28	3,63	1,82	0,23	0,30	0,38	
Media	0,27	0,19	0,22	0,17	0,26	0,28	0,34	0,40	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17	0,17	0,18	0,25	
Max.	0,35	0,23	0,22	0,32	0,45	0,53	0,82	0,73	0,76	0,63	0,48	0,39	0,27	0,23	0,25	0,29	

Tabela 7 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 50 m, na primavera (setembro a novembro) de 2017.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	0	0	0	0	1	1	2	6	8	5	6	4	3	4	1	0	2,8
0,1-0,2	4	1	0	4	3	9	21	26	33	34	28	35	8	5	3	1	14,4
0,2-0,3	0	1	0	2	4	10	28	77	96	75	55	19	4	1	0	0	25,0
0,3-0,4	0	0	0	0	2	5	30	81	138	102	35	4	0	0	0	0	26,7
0,4-0,5	0	0	0	0	0	2	12	53	116	76	10	0	0	0	0	0	18,1
0,5-0,6	0	0	0	0	1	0	4	36	67	29	3	0	0	0	0	0	9,4
0,6-0,7	0	0	0	0	0	0	1	9	23	6	0	0	0	0	0	0	2,6
0,7-0,8	0	0	0	0	0	0	1	3	8	1	0	0	0	0	0	0	0,9
0,8-0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,1
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	0,27	0,13	0,00	0,40	0,74	1,81	6,65	19,56	33,00	22,04	9,21	4,17	1,01	0,67	0,27	0,07	
Media	0,13	0,19	0,00	0,18	0,24	0,25	0,30	0,36	0,38	0,35	0,26	0,19	0,15	0,11	0,11	0,15	
Max.	0,17	0,26	0,00	0,26	0,51	0,43	0,74	0,74	0,82	0,72	0,57	0,35	0,28	0,22	0,14	0,15	

Tabela 8 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 100 m, na primavera (setembro a novembro) de 2017.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	1	1	0	0	3	3	6	6	6	6	8	4	3	4	3	2	4,1
0,1-0,2	2	0	0	1	4	12	13	43	43	50	38	26	15	7	7	1	19,1
0,2-0,3	0	0	0	1	1	2	15	62	107	81	44	18	7	3	1	0	25,0
0,3-0,4	0	0	0	0	0	0	5	42	128	125	29	3	1	0	0	0	24,3
0,4-0,5	0	0	0	0	0	0	2	25	94	77	14	2	1	0	0	0	15,7
0,5-0,6	0	0	0	0	0	0	0	11	52	50	3	0	0	0	0	0	8,5
0,6-0,7	0	0	0	0	0	0	1	4	19	13	0	0	0	0	0	0	2,7
0,7-0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0,5
0,8-0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0,1
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	0,22	0,07	0,00	0,15	0,58	1,24	3,07	14,16	32,99	29,71	9,93	3,87	1,97	1,02	0,80	0,22	
Media	0,12	0,07	0,00	0,17	0,13	0,14	0,23	0,30	0,36	0,36	0,26	0,20	0,18	0,15	0,13	0,09	
Max.	0,15	0,07	0,00	0,24	0,20	0,28	0,64	0,70	0,83	0,85	0,57	0,48	0,40	0,27	0,22	0,12	

Na Figura 15 são apresentadas as séries temporais de direção e intensidade das correntes coletadas no verão de 2017/2018 nas profundidades de 10 metros, 50 metros e 100 metros

A Figura 16 representa as rosas direcionais de corrente durante o verão de 2017/2018 nas profundidades 10 metros, 50 metros e 100 metros. Observa-se que neste período, a direção predominante na superfície (10 metros) é sudeste, diferentemente do que foi visto para a primavera. Nas camadas a 50 metros e a 100 metros, a componente principal é deslocada para sul, com uma componente secundária para sudoeste.

Figura 15 - Stickplot da corrente nas camadas a 10 m, a 50 m e 100 m de profundidade no período de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018 (verão).

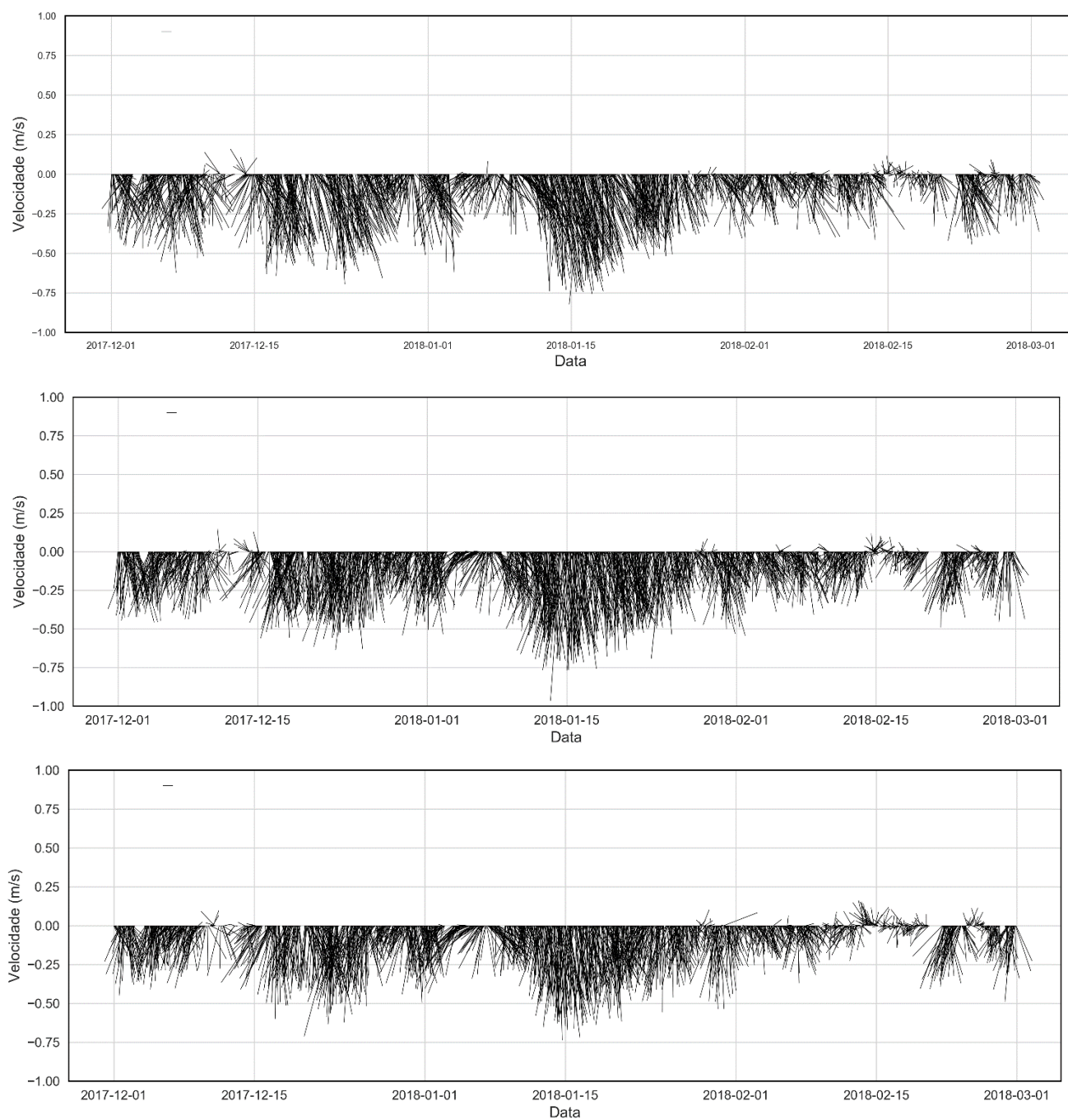
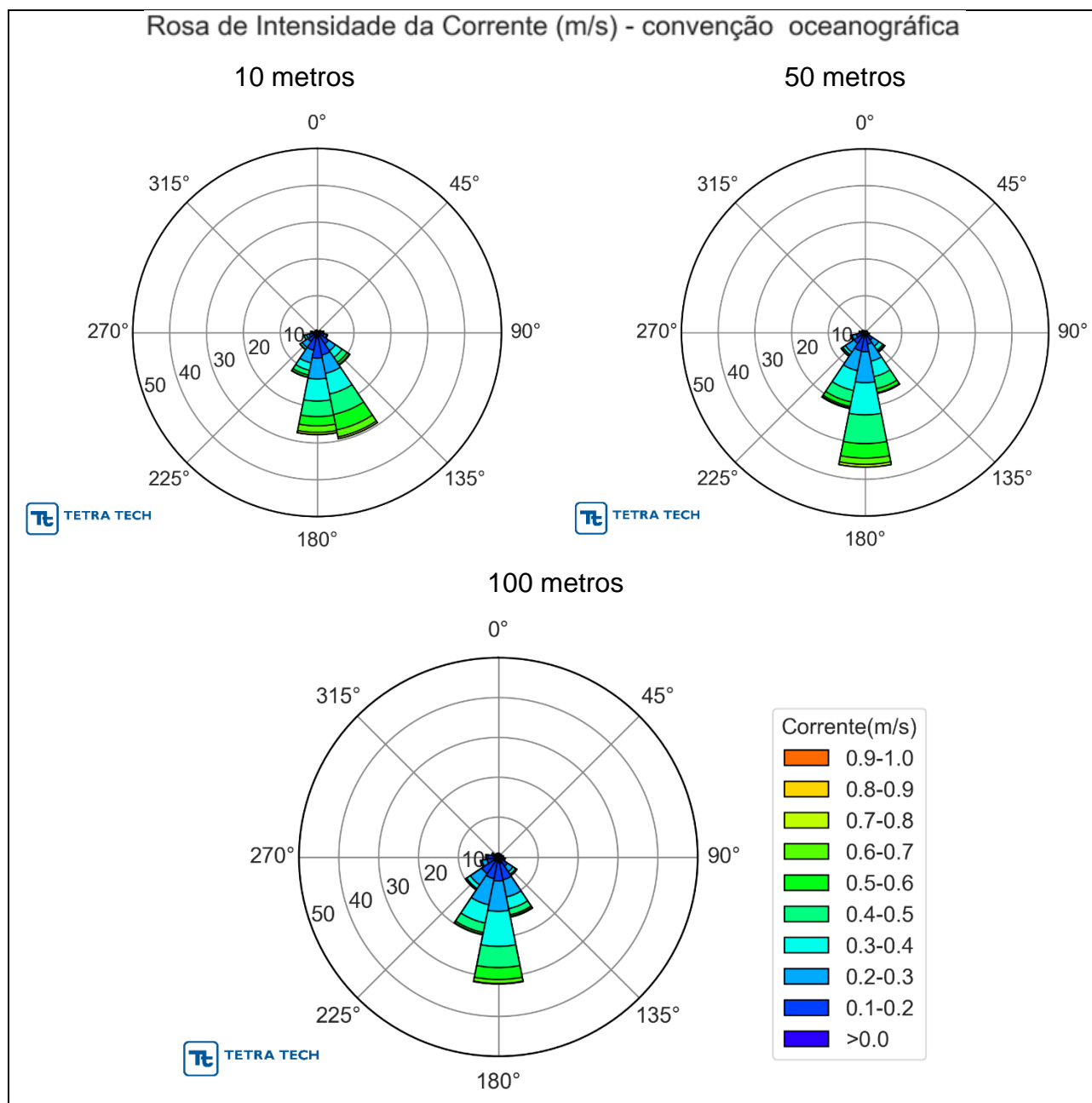


Figura 16 - Rosas direcionais de corrente em 10 metros, 50 metros e 100 metros, no período de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018 (verão).



A Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 representam o diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção da corrente no verão de 2017/2018, nas profundidades 10 metros, 50 metros e 100 metros, respectivamente. As menores velocidades entre os dados analisados são encontradas neste período (verão), como pode ser visto no diagrama de ocorrência para a profundidade de 10 metros, que mostra que as velocidades mais frequentes estão entre 0,1 e 0,2 m/s (23,6% das ocorrências) e também para a profundidade de 100 metros, onde as maiores ocorrências estão nas faixas de 0,1-0,2 m/s e 0,2-0,3 m/s (26,2% e 26,3%, respectivamente).

Tabela 9 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 10 m, no verão (dezembro a fevereiro) de 2017/2018.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	7	4	6	11	17	12	15	21	28	24	12	20	14	3	6	10	12,0
0,1-0,2	1	1	1	5	10	21	50	88	94	61	40	18	9	8	5	1	23,6
0,2-0,3	0	0	0	2	3	12	39	89	99	62	33	13	7	0	1	1	20,6
0,3-0,4	0	0	0	0	0	2	38	100	105	36	11	11	0	0	0	0	17,3
0,4-0,5	0	0	0	0	1	2	29	99	74	23	2	1	0	0	0	0	13,2
0,5-0,6	0	0	0	0	0	1	12	75	44	10	0	0	0	0	0	0	8,1
0,6-0,7	0	0	0	0	0	0	3	34	31	2	0	0	0	0	0	0	4,0
0,7-0,8	0	0	0	0	0	0	1	9	10	0	0	0	0	0	0	0	1,1
0,8-0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	0,46	0,29	0,40	1,03	1,77	2,86	10,68	29,41	27,76	12,45	5,60	3,60	1,71	0,63	0,69	0,69	
Media	0,07	0,05	0,07	0,09	0,12	0,18	0,28	0,36	0,34	0,26	0,20	0,18	0,13	0,13	0,10	0,08	
Max.	0,12	0,10	0,16	0,22	0,41	0,59	0,70	0,79	0,83	0,64	0,49	0,40	0,28	0,19	0,20	0,22	

Tabela 10 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 50 m, no verão (dezembro a fevereiro) de 2017/2018.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	3	2	3	6	5	8	15	11	15	13	18	11	5	4	9	5	6,8
0,1-0,2	3	2	6	5	5	4	33	53	87	87	52	36	17	9	2	1	20,7
0,2-0,3	0	0	1	0	2	6	39	91	164	106	55	22	9	5	1	0	25,8
0,3-0,4	0	0	0	0	1	4	25	83	170	107	16	7	1	0	0	0	21,3
0,4-0,5	0	0	0	0	0	1	8	65	152	62	8	1	0	0	0	0	15,3
0,5-0,6	0	0	0	0	0	0	5	21	77	24	2	0	0	0	0	0	6,6
0,6-0,7	0	0	0	0	0	0	0	4	33	8	1	0	0	0	0	0	2,4
0,7-0,8	0	0	0	0	0	0	1	1	14	4	0	0	0	0	0	0	1,0
0,8-0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
(%)	0,31	0,21	0,51	0,57	0,67	1,18	6,48	16,93	36,70	21,15	7,82	3,96	1,65	0,93	0,62	0,31	
Media	0,09	0,08	0,11	0,10	0,14	0,19	0,25	0,32	0,36	0,31	0,22	0,19	0,17	0,16	0,08	0,07	
Max.	0,15	0,11	0,20	0,18	0,34	0,45	0,71	0,73	0,97	0,75	0,61	0,44	0,33	0,28	0,21	0,14	

Tabela 11 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente na profundidade 100 m, no verão (dezembro a fevereiro) de 2017/2018.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	14	11	8	12	16	10	9	30	25	19	25	19	19	15	7	8	13,0
0,1-0,2	4	5	4	4	7	15	43	80	89	86	70	36	30	11	8	6	26,2
0,2-0,3	0	0	0	1	1	3	32	84	145	127	65	25	8	7	2	0	26,3
0,3-0,4	0	0	0	0	0	4	15	57	167	89	21	7	2	0	0	0	19,1
0,4-0,5	0	0	0	0	0	1	6	30	101	46	5	0	1	0	0	0	10,0
0,5-0,6	0	0	0	0	0	0	1	8	57	9	2	0	0	0	0	0	4,1
0,6-0,7	0	0	0	1	0	0	0	3	19	0	0	0	0	0	0	0	1,2
0,7-0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0,2
0,8-0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,9-1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
(%)	0,95	0,84	0,63	0,95	1,26	1,74	5,58	15,37	31,84	19,84	9,89	4,58	3,16	1,74	0,89	0,74	
Media	0,07	0,08	0,08	0,12	0,10	0,16	0,22	0,25	0,33	0,27	0,20	0,17	0,14	0,12	0,12	0,09	
Max.	0,15	0,13	0,19	0,64	0,23	0,41	0,50	0,65	0,74	0,76	0,54	0,37	0,46	0,28	0,22	0,19	

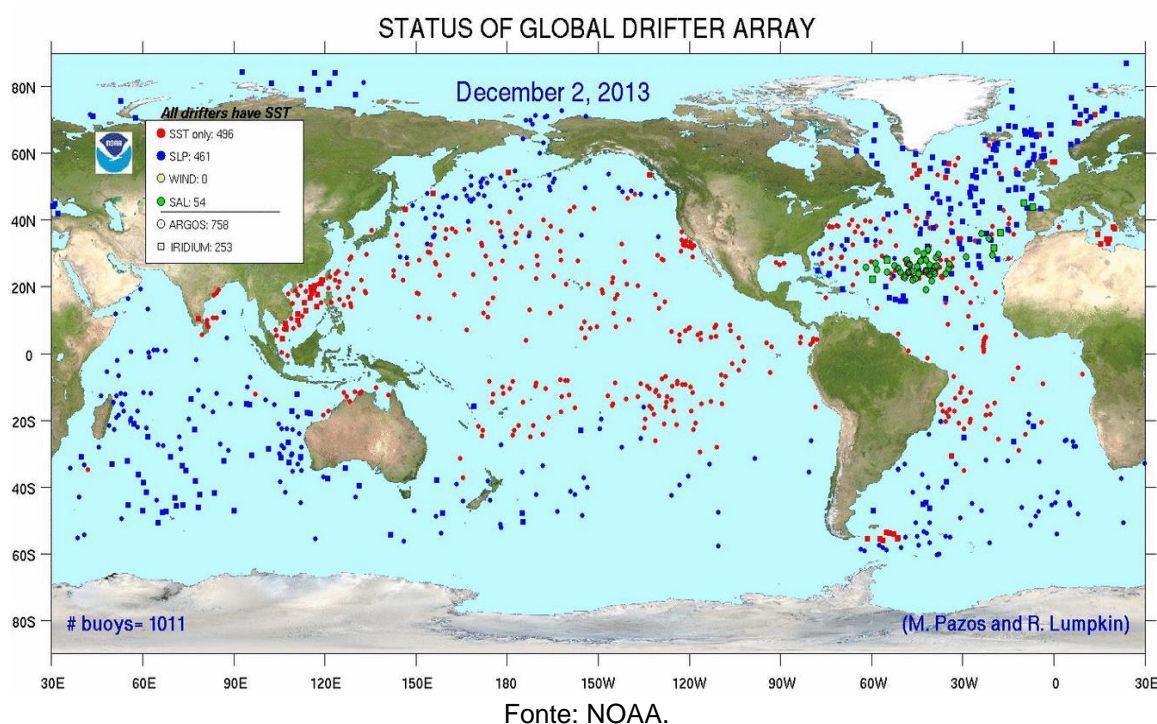
2.3.2. Dados Derivadores GDP/NOAA - Lumpkin & Garraffo

Para a representação das correntes superficiais da região foram utilizados dados de derivadores de Lumpkin & Garraffo (2005)⁵. Os dados pertencem ao Programa de Derivadores de Superfície, uma extensão do Sistema Integrado de Observação dos Oceanos da NOAA.

O Programa tem por objetivo principal manter rastreadas boias de deriva de superfície, com o intuito de proporcionar um conjunto de dados observados *in-situ* numa abrangência global. O produto ainda tem como objetivo proporcionar um sistema de processamento de dados para uso científico, previsões de curto prazo e pesquisas e monitoramento do clima.

Através dos dados fornecidos pelo programa, é possível reproduzir campos de correntes próximos à superfície, com resolução espacial de 1 grau, oriundos da decomposição dos dados de observação da circulação, registrada através de uma rede de boias de deriva rastreadas por satélite (Figura 17).

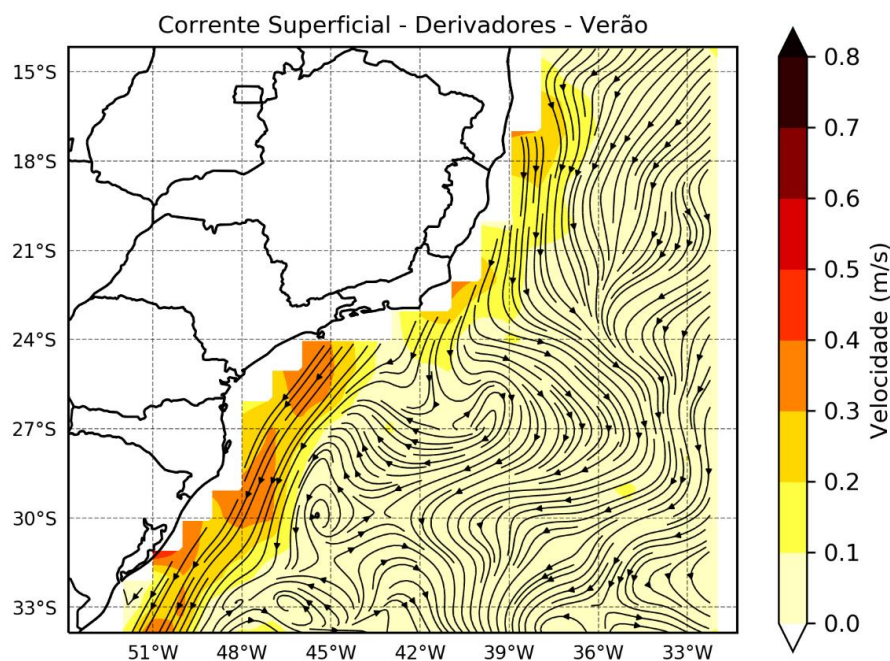
Figura 17- Representação da população de derivadores mantidos pelo programa da NOAA, ao todo 1.267 derivadores.



⁵ A drifter derived climatology of global near-surface currents – NOAA (http://www.aoml.noaa.gov/phod/dac/drifter_climatology.html). Último acesso em 10 de dezembro de 2012.

As Figura 18 até Figura 21 representam a média climatológica da circulação oceânica de superfície para cada estação do ano para a região sobre as Bacias de Campos e Santos. Tanto no verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno (junho a agosto), e primavera (setembro a novembro), é evidenciada a predominância das correntes para sul-sudoeste, marcando a presença da Corrente do Brasil (CB). Essa corrente, tem seu caminho predominante para sul seguindo a quebra da plataforma continental ao longo de todo o ano. Observa-se uma maior velocidade da CB no verão, associada ao ciclo sazonal atmosférico e à direção e intensidade dos ventos nesta estação (SILVEIRA *et al.*, 2000).

Figura 18 - Média da circulação próximo à superfície para o verão (dezembro a fevereiro), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).



Fonte: Tetra Tech.

Figura 19 - Média da circulação próximo à superfície para o outono (março a maio), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).

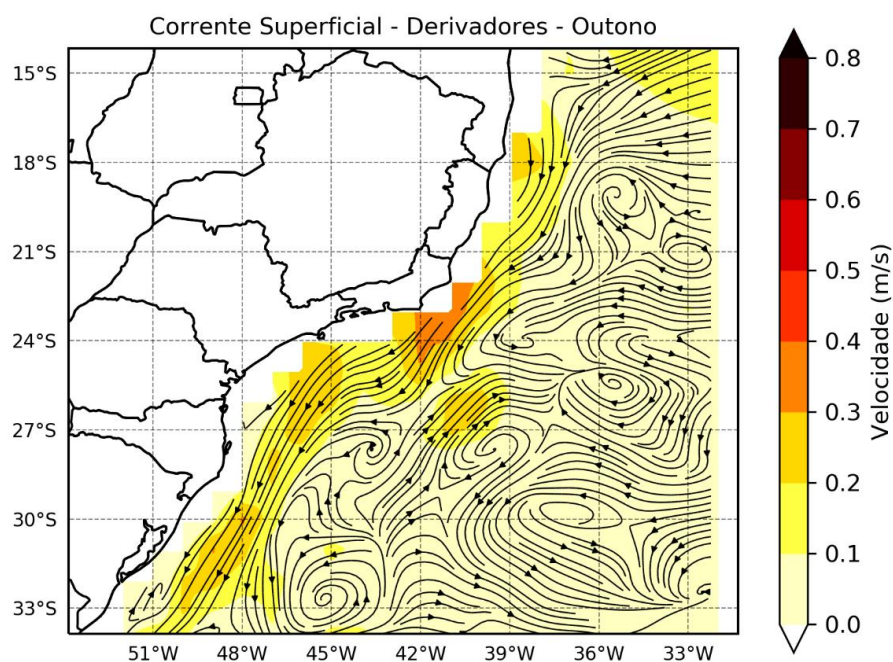


Figura 20 - Média da circulação próximo à superfície para o inverno (junho a agosto), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).

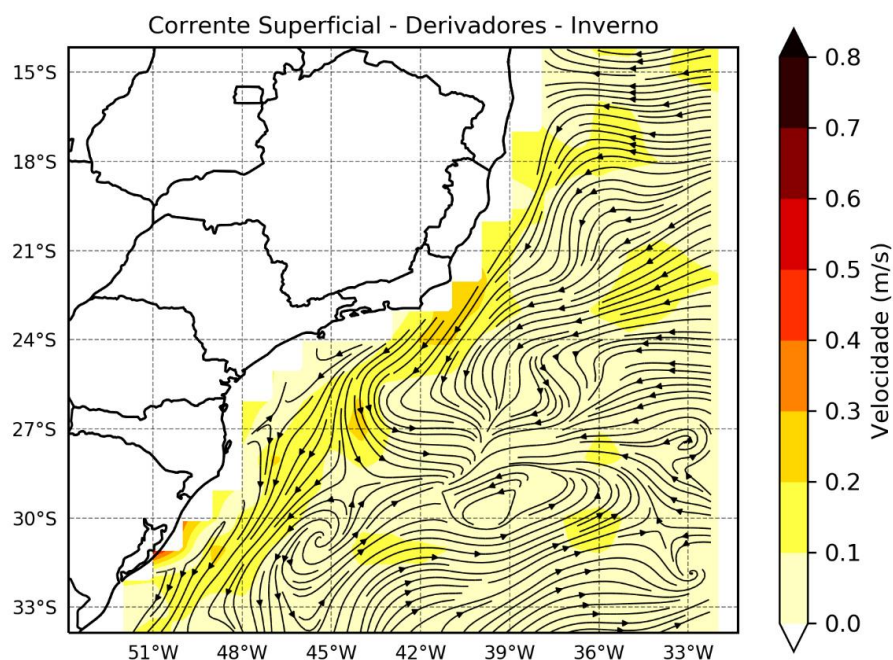
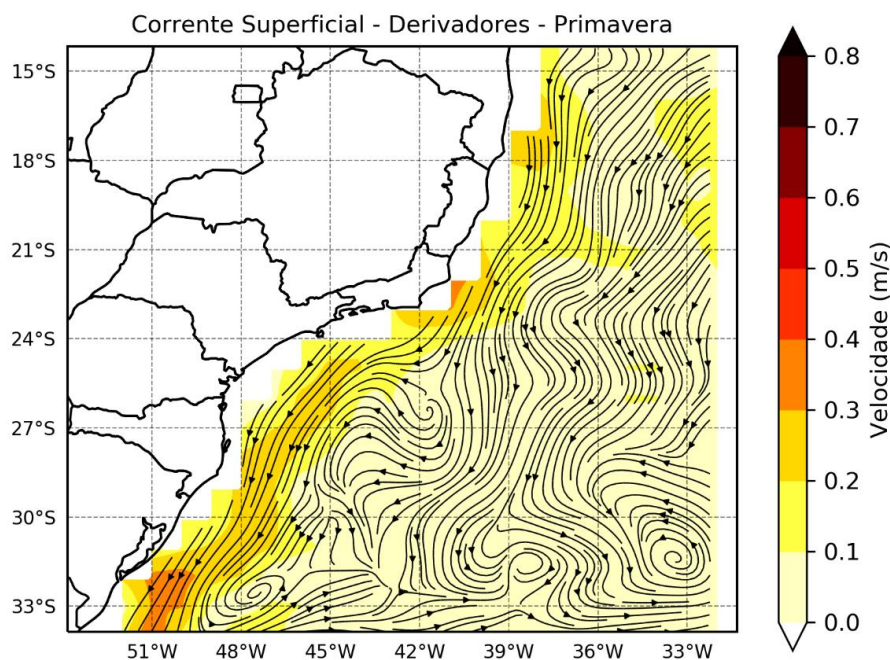


Figura 21 - Média da circulação próximo à superfície para a primavera (setembro a novembro), obtida por derivadores (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).



Fonte: Tetra Tech.

2.4. TEMPERATURA E SALINIDADE

Os dados de temperatura e salinidade utilizados na modelagem de derrame de óleo foram obtidos no Atlas Eletrônico de dados do WOA18⁶. Esta base é composta de dados coletados por diversos equipamentos de medição oceanográfica de 1893 até 2017. Os dados são compilados pelo NODC da NOAA⁷, e então interpolados com uma resolução horizontal de 1/4°, em sua versão mais recente, gerando uma composição dos resultados em uma grade espacial para todo o globo.

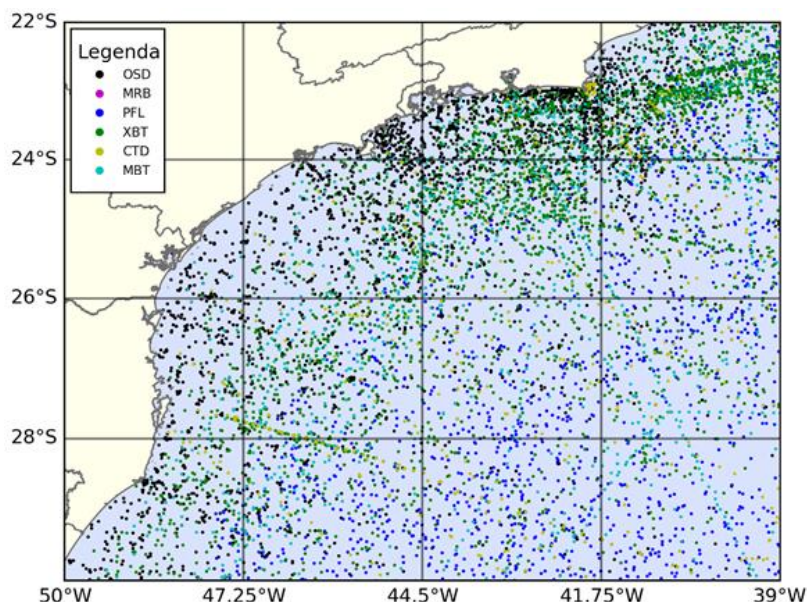
Os produtos deste processamento são mapas de temperatura e salinidade médios mensais e sazonais do oceano. Os dados de temperatura e salinidade foram extraídos para as coordenadas dos pontos de modelagem a partir da base baixada no mês de junho de 2018.

A Figura 22, a seguir, apresenta a localização geográfica da malha amostral dos principais instrumentos utilizados para a obtenção dos dados, e que compõe o Atlas Eletrônico WOA18.

⁶ *World Ocean Atlas 2018*. Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/>>. Último acesso em setembro de 2019.

⁷ *National Oceanographic Data Center (NODC) do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dos Estados Unidos.*

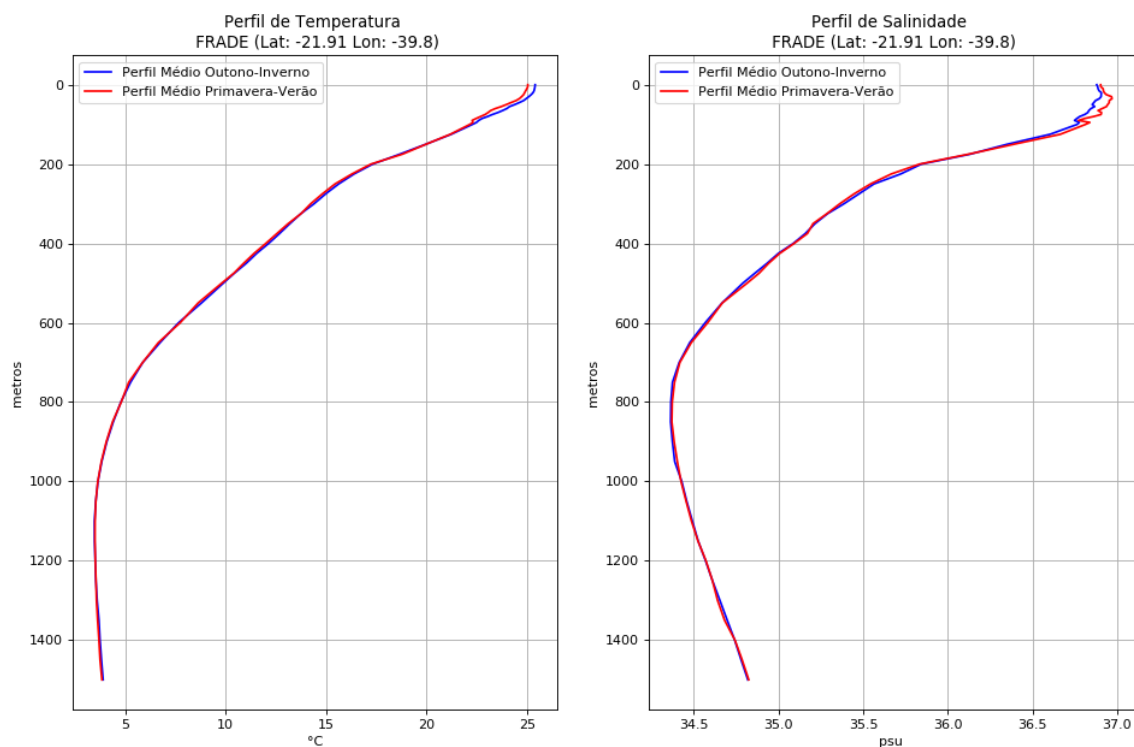
Figura 22 - Localização do conjunto de dados do WOA18. Instrumentos: XBT = Batitermógrafos descartáveis; PFL = Perfiladores; OSD = Garrafas de reversão; BMT = Batitermógrafos mecânicos; e CTD = Conductivity, temperature & depth (Condutividades, temperatura & profundidade).



Fonte: WOA18 (*World Ocean Atlas 2018*).

A partir destes campos interpolados foram extraídos os perfis de temperatura e salinidade, considerando a média dos valores para cada período de seis meses considerados nas simulações de transporte de óleo, setembro a fevereiro (PRI-VER) e março a agosto (OUT-INV), para as coordenadas mais próximas a dos pontos de modelagem. Desta forma as informações foram extraídas nas coordenadas do ponto do Atlas mais próximo das coordenadas 21°52'30"S e 39°52'30"W. Os perfis médios de temperatura de salinidade, para cada período, são apresentados na Figura 23.

Figura 23 - Perfis de temperatura e salinidade utilizado no presente estudo para a região do ponto de modelagem.



Fonte: Perfis médios extraídos dos campos interpolados do WOA13 (*World Ocean Atlas 2013*).

3. MODELAGEM HIDRODINÂMICA

Este capítulo apresenta a modelagem hidrodinâmica adotada para a área de estudo, Campo de Frade na Bacia de Campos, de forma que descreve o modelo numérico e as configurações utilizadas na modelagem, além de apresentar uma caracterização da área de estudo, com o objetivo de demonstrar a capacidade da base hidrodinâmica em representar as condições ambientais locais. Os campos hidrodinâmicos foram utilizados como base para a modelagem numérica da trajetória de derrames de óleo (Capítulo 4). A localização do Campo de Frade na Bacia de Campos, enfoque do presente estudo, é apresentada na Figura 1.

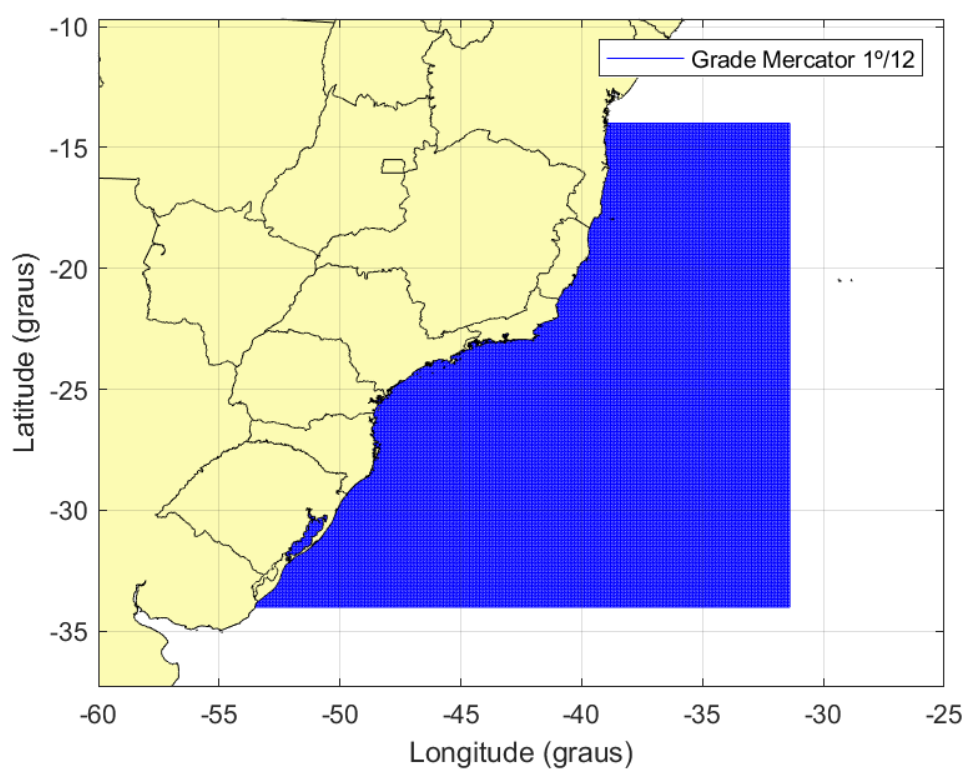
A seguir, no Item 3.1 especifica-se o modelo hidrodinâmico adotado, enquanto a avaliação do modelo, através da comparação de seus resultados com os dados de maré e correntes disponíveis, é realizada no Item 3.2. Por fim, no item 3.3 são apresentadas as considerações finais sobre a modelagem hidrodinâmica.

3.1. DESCRIÇÃO DA MODELAGEM HIDRODINÂMICA

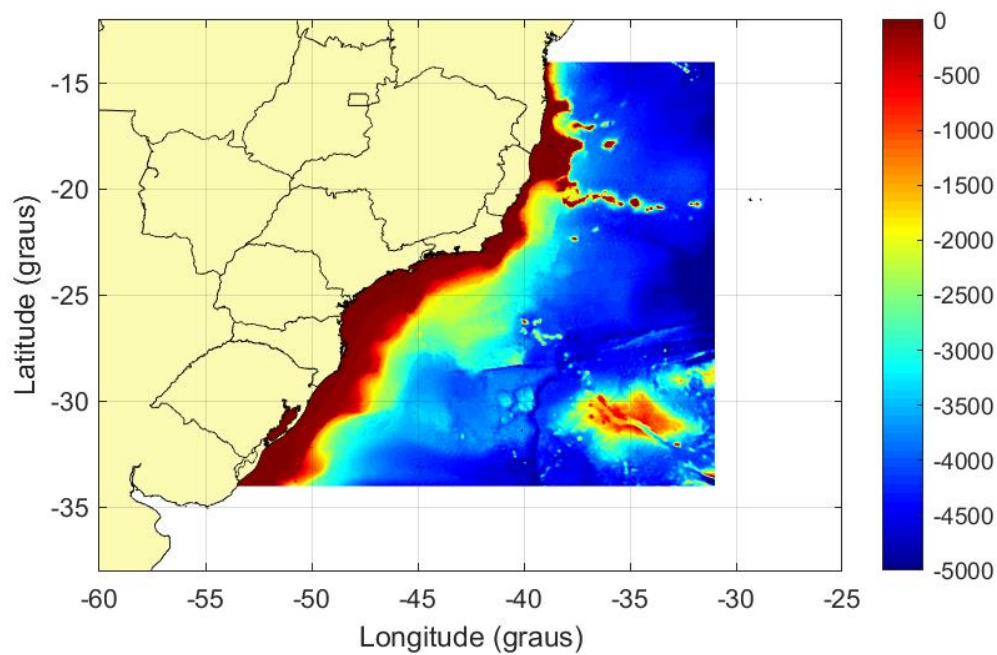
Para a caracterização dos padrões de correntes, foram utilizados os resultados do modelo de previsão MERCATOR, um modelo de previsão das condições oceânicas globais de alta resolução baseado no grid tripolar ORCA (MADEC & IMBARD, 1996), com resolução horizontal média de 7 km em latitude médias, conforme descrito no Apêndice A.

Com relação à grade representativa da área de estudo, esta possui dimensões de 271x237 pontos (Figura 24). Nessa grade foram consideradas 8 camadas para a definição da estrutura vertical da região. Os dados de profundidade foram obtidos através do ETOPO1 obtido no NGDC⁸, e os resultados finais da projeção da batimetria estão ilustrados na Figura 25.

⁸ National Geophysical Data Center da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Figura 24 - Grade computacional do modelo hidrodinâmico.

Fonte: MERCATOR.

Figura 25 - Batimetria associada à grade numérica. A barra de cores lateral apresenta a profundidade local (em metros) para cada elemento de grade.

Fonte: ETOPO1.

O período da modelagem com frequência horária compreendeu o período de 01 de setembro de 2017 a 02 de novembro de 2018, representativos de um ciclo sazonal completo. A escolha dos períodos e ano de referência foi feita com base nas análises de vento apresentadas no Item 2.1.

3.2. AVALIAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO

A metodologia utilizada fundamenta-se na avaliação da modelagem quanto à sua capacidade de reproduzir as características hidrodinâmicas das correntes na região em estudo. Com este intuito, são apresentadas comparações entre resultados da modelagem hidrodinâmica e as séries de dados coletadas na região, conforme apresentado no Item 2.2.

Para quantificar o nível de aderência dos resultados da modelagem com as observações, foram realizadas as análises de comparação propostas por: Willmott & Wicks (1980 *apud* WILLMOTT, 1982) e Cortês (2004).

O Índice de concordância (“index of agreement” - IOA) de Willmott & Wicks (1980 *apud* WILLMOTT, 1982) com a classificação de Cortês (2004) é definido por:

$$IOA = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n (dado_i - modelo_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|modelo_i - \overline{dado}| + |dado_i - \overline{dado}|)^2} \right] \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

IOA = Índice de concordância de Willmott (%);

\overline{dado} = média dos valores dos dados;

Cortês (2004) propôs a seguinte classificação para o índice de concordância de Willmott & Wicks (Tabela 12).

Tabela 12 – Classificação para o índice de concordância de Willmott & Wicks.

ICD (%)	CLASSIFICAÇÃO
> 85	Ótimo
76 a 85	Muito Bom
66 a 75	Bom
61 a 65	Mediano
51 a 60	Sufrível
41 a 50	Mau
≤ 40	Péssimo

Fonte: Cortês (2004).

3.2.1. Elevação

Para caracterizar a boa representação do comportamento da maré na modelagem numérica para a área de interesse do estudo, é apresentada a seguir a comparação obtida a partir da reconstrução das constantes harmônicas de maré obtidas junto à Fundação Estudos do Mar – FEMAR (2000) da estação Fundeio 2 Norte – Oceânica.

As Figura 26, Figura 27 e Figura 28 apresentam as séries temporais de elevação do nível do mar na estação de Fundeio 2 Norte – Oceânica, para os períodos de inverno de 2016 (junho a agosto, Figura 26), primavera de 2017 (setembro a novembro, Figura 27), e verão de 2018 (dezembro a fevereiro, Figura 28), períodos estes correspondentes com os dados de corrente medidos pela boia meteo-oceanográfica.

Em todas as comparações a série temporal referente à previsão harmônica é apresentada em azul e os resultados gerados pelo modelo numérico são apresentados em vermelho. Tais comparações geraram os índices estatísticos:

Inverno: IOA = 96%, segundo a classificação de Cortês, como “Ótimo”.

Primavera: IOA = 96%, segundo a classificação de Cortês, como “Ótimo”.

Verão: IOA = 96%, segundo a classificação de Cortês, como “Ótimo”.

Observa-se que o modelo implementado representa o comportamento da maré de forma extremamente satisfatória na área da estação Fundeio 2 Norte – Oceânica, tanto em amplitude quanto em fase.

Figura 26 - Comparação da elevação do nível do mar (m) dos dados de previsão harmônica de maré obtida para a estação Fundeio 2 Norte – Oceânica com os resultados do modelo numérico (em vermelho), para o período compreendido entre 01/06/2016 e 31/08/2016 (inverno).

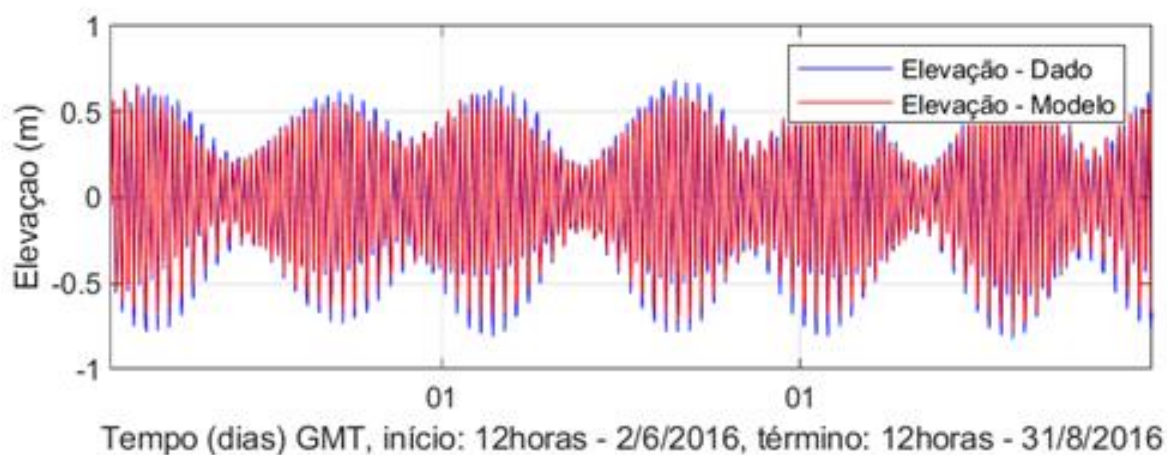


Figura 27 - Comparação da elevação do nível do mar (m) dos dados de previsão harmônica de maré obtida para a estação Fundeio 2 Norte – Oceânica com os resultados do modelo numérico (em vermelho), para o período compreendido entre 01/09/2017 e 30/11/2017 (primavera).

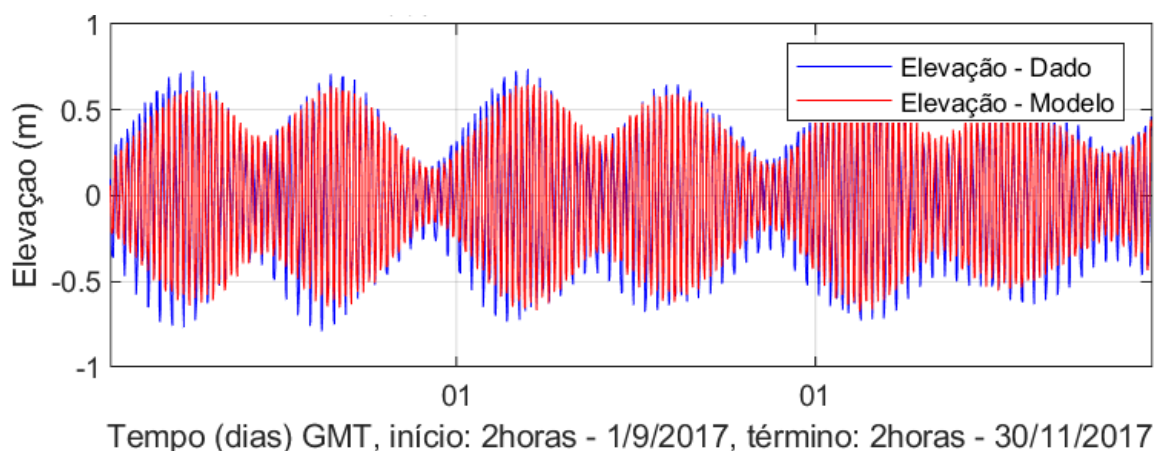
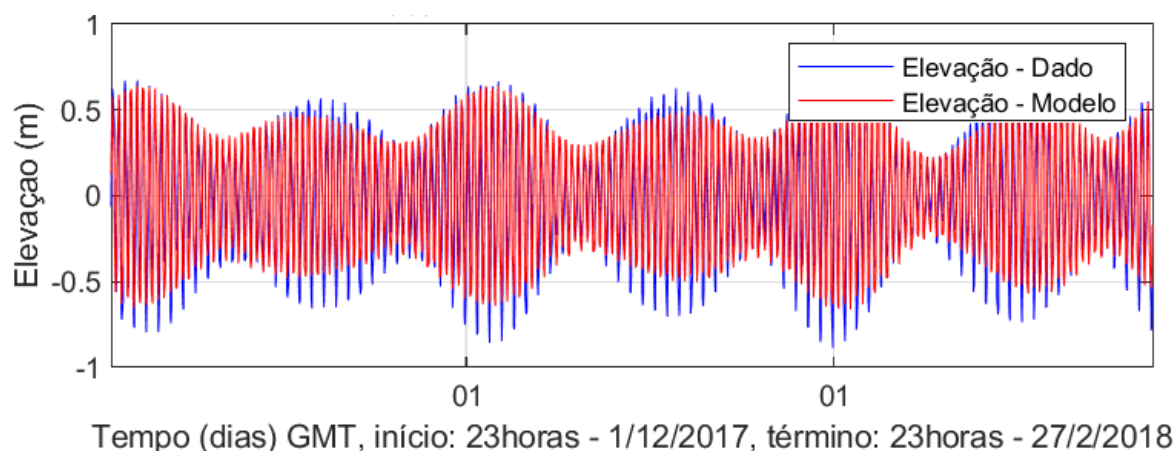


Figura 28 - Comparação da elevação do nível do mar (m) dos dados de previsão harmônica de maré obtida para a estação Fundeio 2 Norte – Oceânica com os resultados do modelo numérico (em vermelho), para o período compreendido entre 01/12/2017 e 27/02/2018 (verão).



3.2.2. Correntes

3.2.2.1. Dados Primários – Bóia Meteo-Oceanográfica

Para avaliar a capacidade da modelagem hidrodinâmica de reproduzir o comportamento dinâmico das correntes, comparou-se os resultados do modelo com os dados de correntes coletados pela bóia meteo-oceanográfica, instalada no Campo de Frade, para os períodos junho a agosto de 2016 (inverno), setembro a novembro de 2017 (primavera) e dezembro a fevereiro de 2018 (verão), disponibilizados pela contratante. Tais períodos foram selecionados em função da disponibilidade e da qualidade dos dados fornecidos.

A Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Figura 32, apresentam as comparações entre os dados medidos pela boia meteo-oceanográfica entre os anos de 2016 e 2018, que representam as condições oceanográficas características de inverno (Figura 29 – superfície e Figura 30 - fundo), primavera (Figura 31- superfície) e verão (Figura 32 - superfície) com o modelo numérico, respectivamente. O período de inverno foi o único analisado também no fundo, devido a disponibilidade de dados.

Conforme é possível observar, o modelo numérico representa de forma satisfatória o padrão de deslocamento das correntes superficiais na direção Sul-Sudoeste (inverno) e Sul-Sudeste (primavera e verão), influenciadas principalmente pelo padrão de ventos e pela orientação da costa. A frequência de correntes no sentido oposto, em todos os pontos analisados, é significativamente

menor, assim como seus valores máximos. Correntes na direção perpendicular são bem mais raras e suas intensidades são bastantes reduzidas quando comparadas às observadas na direção paralela à linha de costa.

Em profundidade (Figura 30), observa-se fluxos com resultante média para Norte-Nordeste, tanto no dado quanto no modelo, associáveis ao movimento das massas d'água de origens polares, como: a Água Central do Atlântico Sul - ACAS mesmo sobre a plataforma continental e associadas as intrusões costeiras da Corrente das Malvinas (MATANO & PIOLA, 2010); a Água Intermediária Antártica – AIA, com fluxo médio para Nordeste observado a partir de 25°S e novamente reversões de circulação profundas, associadas aos fluxos provenientes do Atlântico Norte (APAN) e da região antártica (AABW) (STRAMMA & ENGLAND 1999; BOEBEL *et al.*, 1999)

Nestas situações também é importante avaliar como se comportam os padrões médios e extremos obtidos com a modelagem, e se o modelo tem capacidade de reproduzir o comportamento dos fenômenos mais frequentes e mais energéticos observados nos dados. A análise realizada através das rosas indica que o modelo reproduz a intensidade, a direção predominante das correntes e a frequência de ocorrências para a região de estudo.

Figura 29 - Rosa das correntes de superfície (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, para o período de inverno (junho-agosto) de 2016.

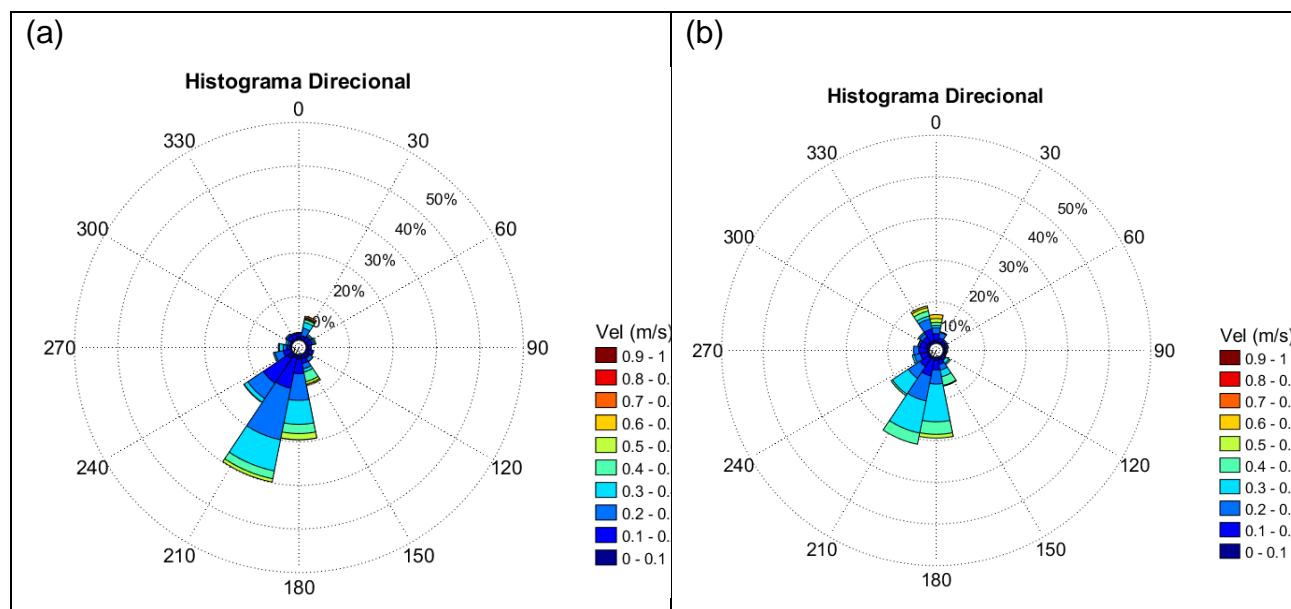


Figura 30 - Rosa das correntes de fundo (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, ambas para o período de inverno (junho-agosto) de 2016.

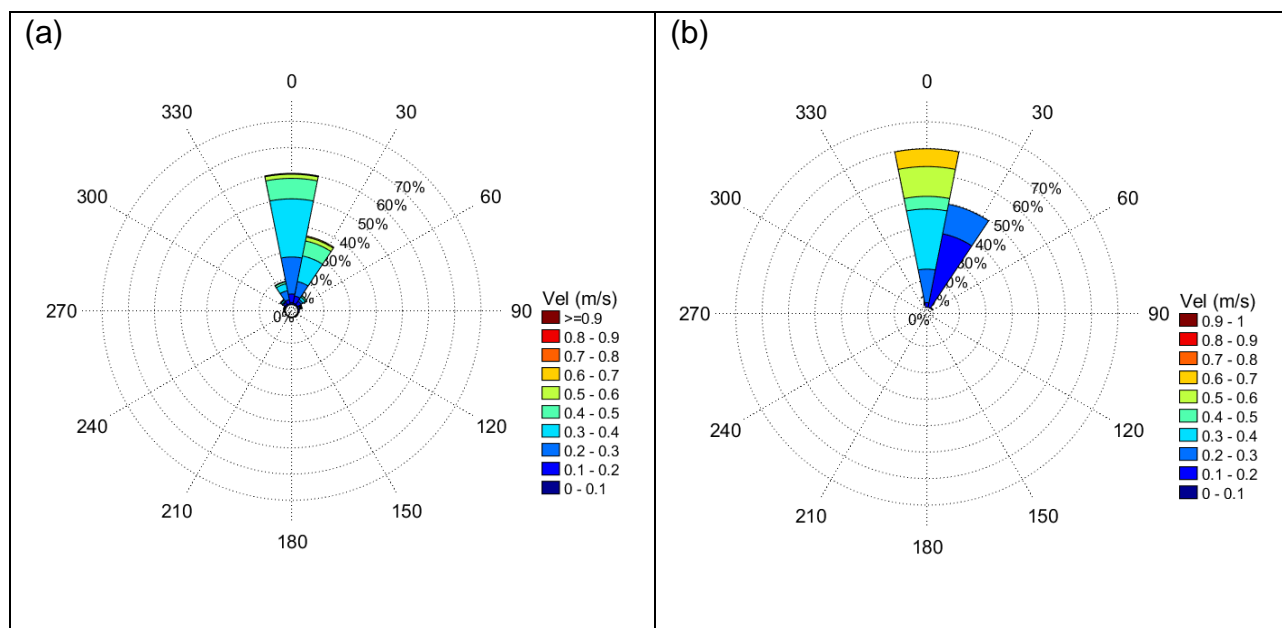


Figura 31 - Rosa das correntes de superfície (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, ambas para o período de primavera (setembro-novembro) de 2017.

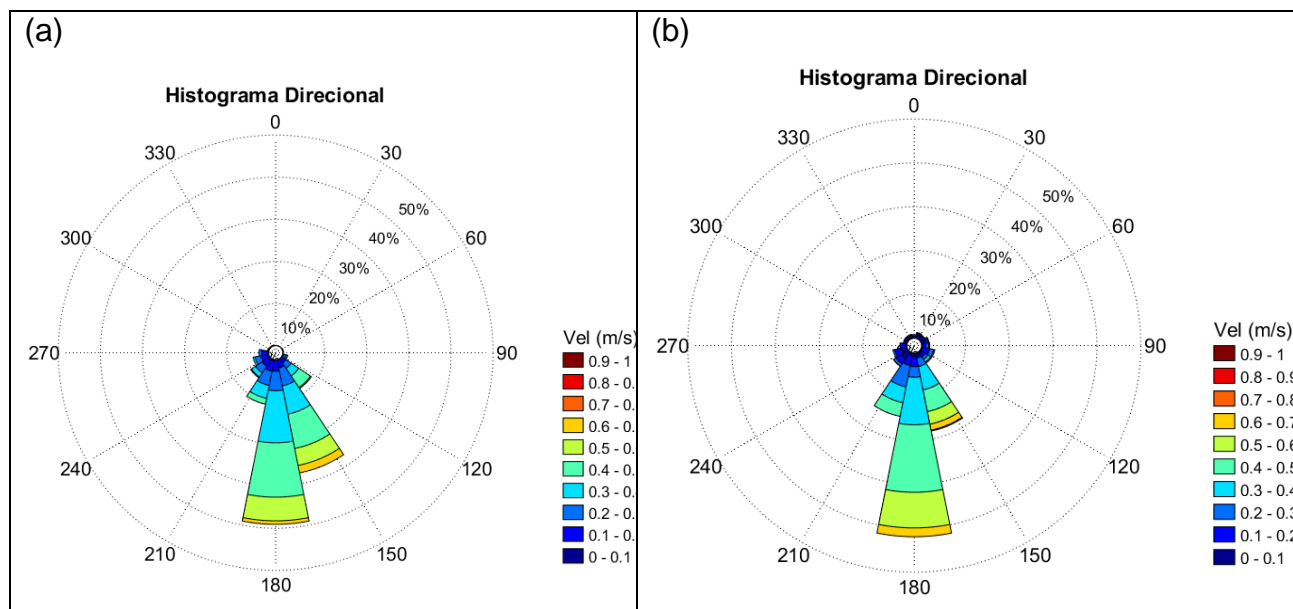
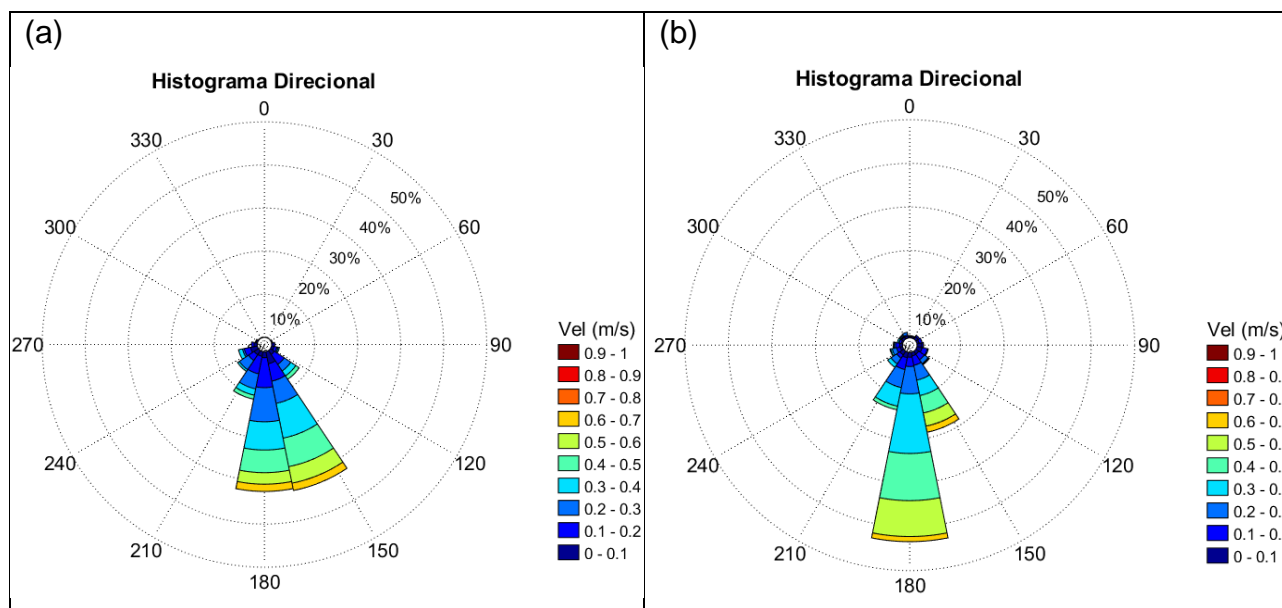


Figura 32 - Rosa das correntes de superfície (a) dados (b) resultados da modelagem hidrodinâmica, ambas para o período de verão (dezembro-fevereiro) de 2018.



Com o objetivo de caracterizar a representatividade do modelo numérico no tempo, e suas variações de intensidade e direção, estão apresentadas, a seguir, as séries temporais de corrente, tanto dos dados coletados quanto dos resultados do modelo, a partir das estações inverno (Figura 33), primavera (Figura 34) e verão (Figura 35). Os parâmetros (IOA) estimados para quantificar a comparação (dado x modelo) forneceram os seguintes resultados para a região:

Inverno: Index of agreement (Willmott & Wicks) IOA = 54% (comp. U) e 87% (comp. V). O IOA médio é igual a 71 % sendo considerado, segundo a classificação de Cortês, como “Bom”.

Primavera: Index of agreement (Willmott & Wicks) IOA = 67% (comp. U) e 79% (comp. V). O IOA médio é igual a 73 % sendo considerado, segundo a classificação de Cortês, como “Bom”.

Verão: Index of agreement (Willmott & Wicks) IOA = 63% (comp. U) e 79% (comp. V). O IOA médio é igual a 71 % sendo considerado, segundo a classificação de Cortês, como “Bom”.

A avaliação do modelo numérico através de comparação série contra série para a região e escala de abrangência do presente estudo, não é adequada para avaliar a qualidade dos resultados, uma vez que nestas condições os efeitos turbulentos e não lineares são muito intensos e de difícil reprodutibilidade. Entretanto, visando fornecer elementos quantitativos da representatividade do modelo numérico na região, foram realizadas comparações utilizando o parâmetro IOA para

quantificá-las. Os valores obtidos foram considerados “Bons”, para três conjuntos de dados pontuais disponíveis representativos dos períodos sazonais.

Figura 33 - Séries temporais das componentes de corrente (m/s) na superfície. A série temporal dos dados coletados é plotada em azul, enquanto a série temporal dos resultados da modelagem hidrodinâmica, é plotada em vermelho, ambas para o período de inverno (junho a agosto) de 2016.

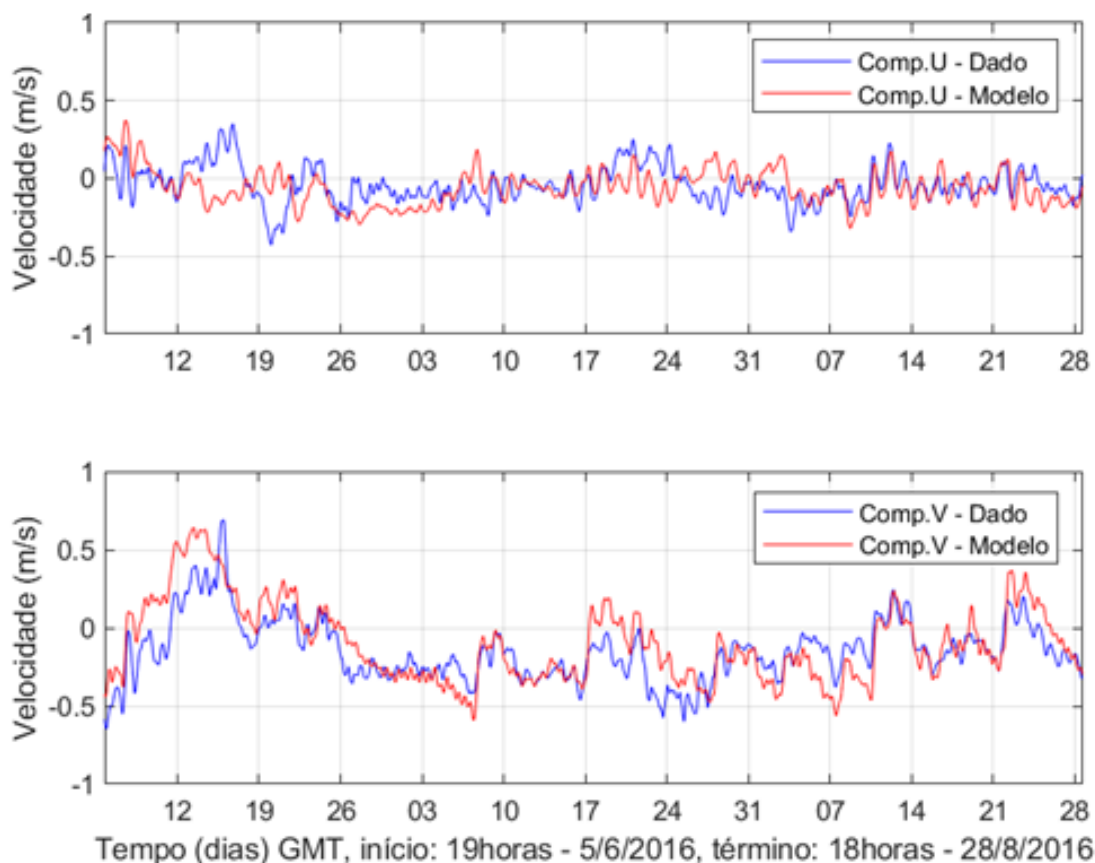


Figura 34 - Séries temporais das componentes de corrente (m/s) na superfície. A série temporal dos dados coletados é plotada em azul, enquanto a série temporal dos resultados da modelagem hidrodinâmica, é plotada em vermelho, ambas para o período de primavera (setembro a novembro) de 2017.

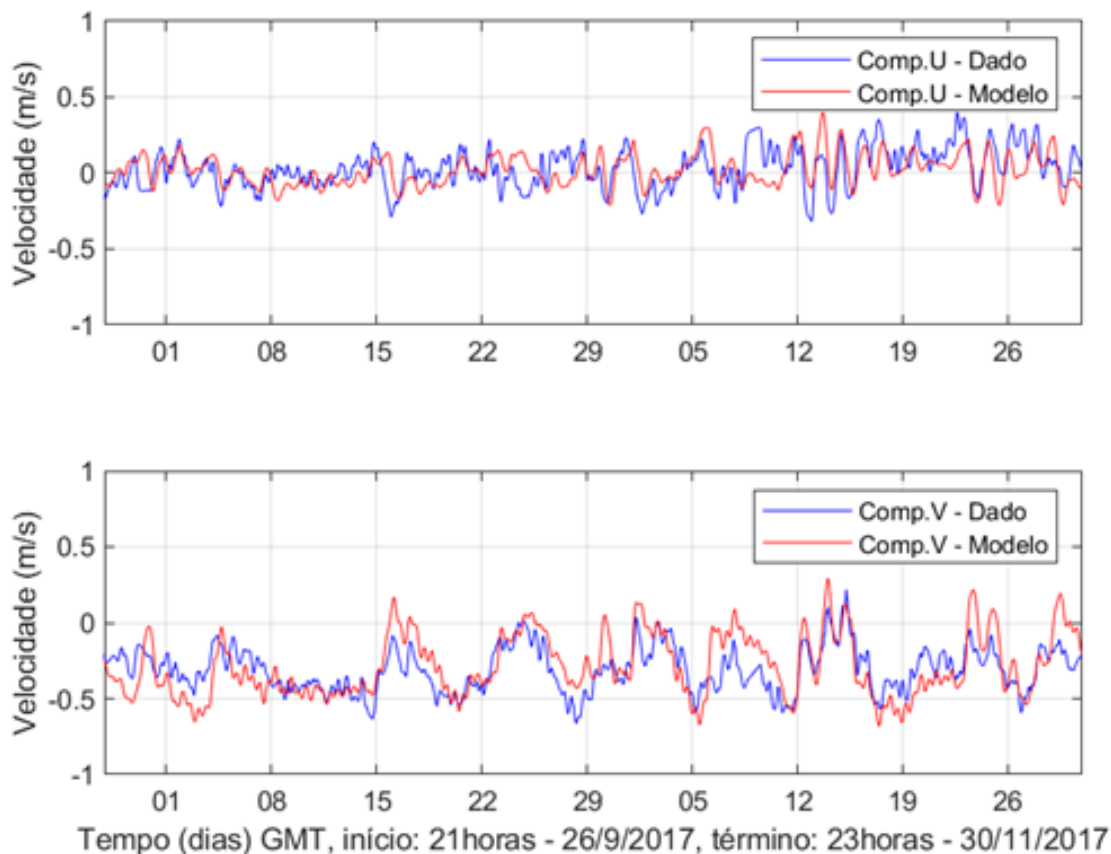
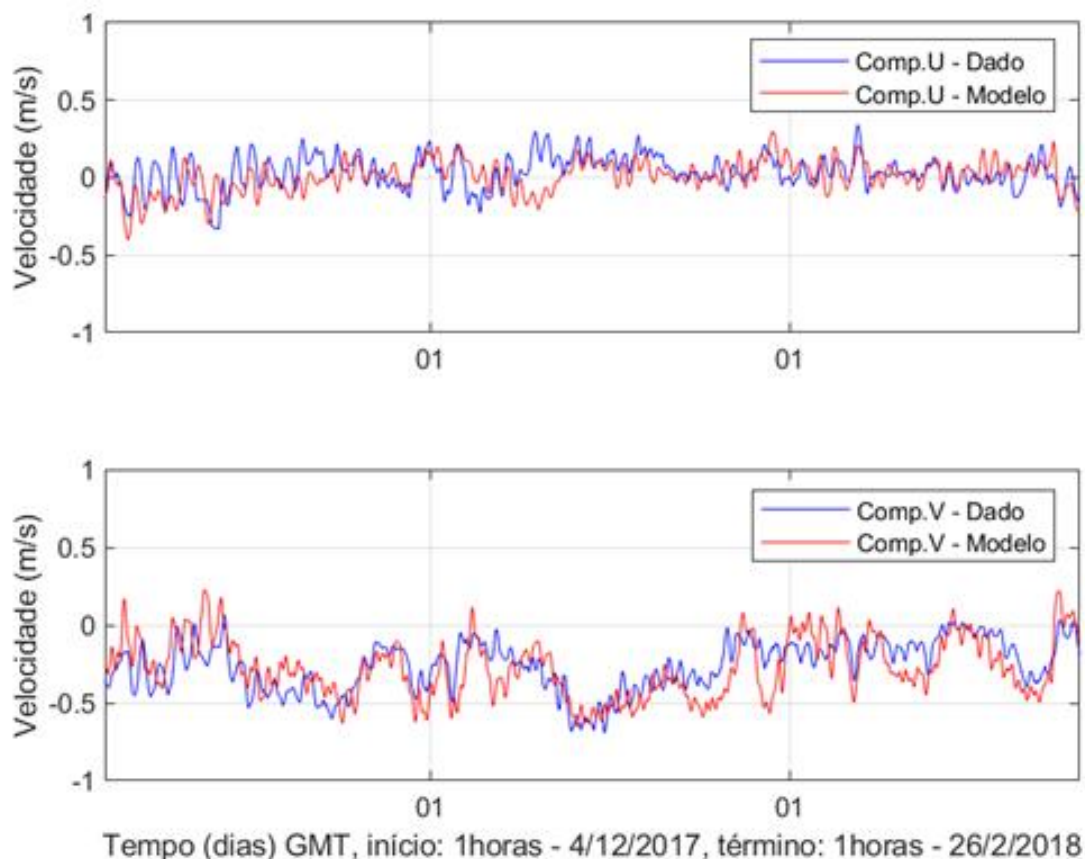


Figura 35 - Séries temporais das componentes de corrente (m/s) na superfície. A série temporal dos dados coletados é plotada em azul, enquanto a série temporal dos resultados da modelagem hidrodinâmica, é plotada em vermelho, ambas para o período de verão (dezembro a fevereiro) de 2018.



3.2.2.2. Dados Derivadores GDP/NOAA - Lumpkin & Garraffo

Os dados do modelo Mercator para o período de validação foram comparados aos dados medidos de derivadores de Lumpkin & Garraffo (2005)⁹. Uma vez que esta base de dados não gera séries temporais, foram comparados campos superficiais através de mapas superficiais considerando as temperaturas médias para os períodos de verão (dezembro a fevereiro) e inverno (junho a agosto).

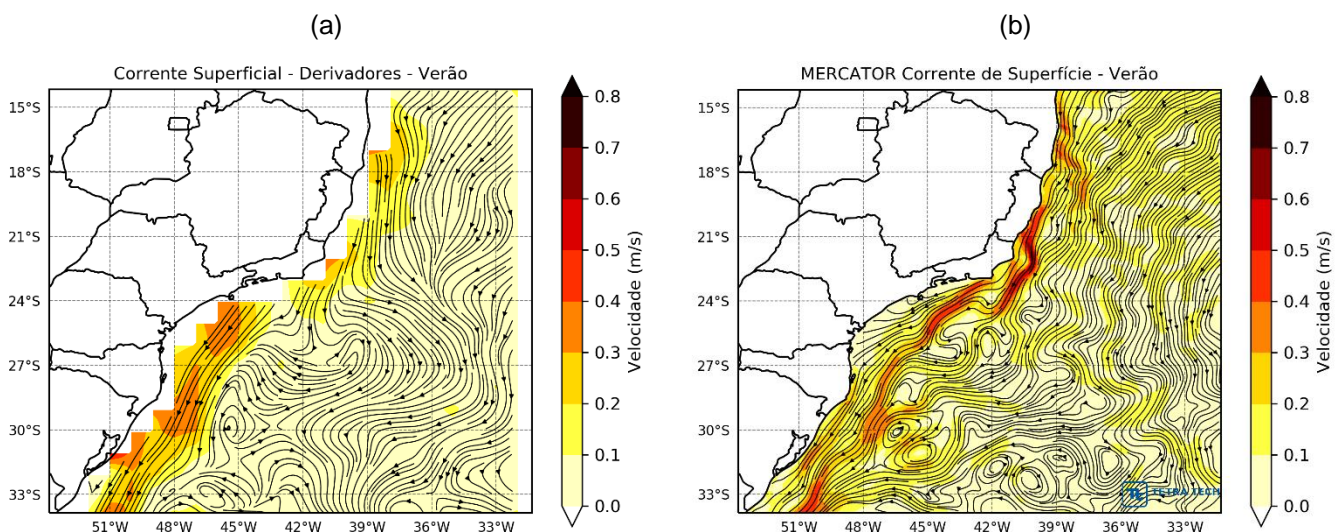
A Figura 36 ilustra os valores médios de velocidade e direção das correntes dos resultados medidos dos derivadores (a) e do modelo Mercator (b), respectivamente, para o período de verão enquanto

⁹ A drifter derived climatology of global near-surface currents – NOAA (http://www.aoml.noaa.gov/phod/dac/drifter_climatology.html). Último acesso em 10 de dezembro de 2012.

a e a Figura 37 apresenta as correntes geradas a partir das mesmas bases para o período de inverno.

Mesmo devido as diferenças de resolução temporal e espacial entre as bases de dados, é possível afirmar que o modelo reproduz a predominância das correntes para sul-sudoeste, marcando a presença da Corrente do Brasil (CB), e todos os demais fenômenos oceanográficos presentes na região próximos à superfície oriundos da decomposição dos dados de observação da circulação, registrada através de uma rede de boias de deriva rastreadas por satélite.

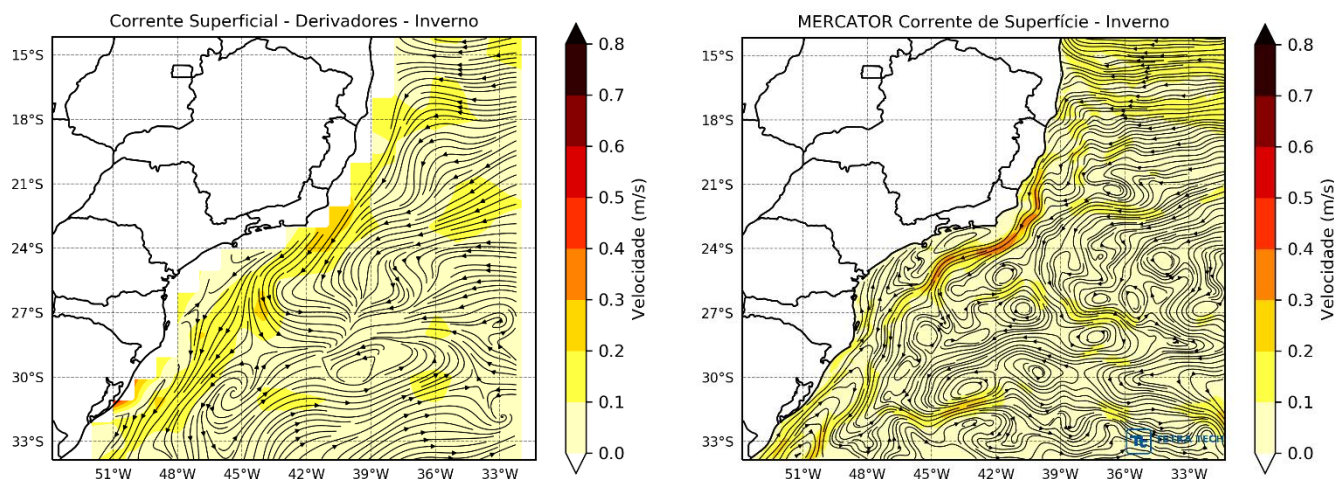
Figura 36- Média da circulação próxima à superfície para o verão (dezembro a fevereiro) a partir dos resultados dos (a) derivadores e (b) do modelo Mercator.



Fonte: Tetra Tech.

Figura 37 - Média da circulação próxima à superfície para o inverno (junho a agosto) a partir dos resultados dos (a) derivadores e (b) do modelo Mercator.

(a) (b)



Fonte: Tetra Tech.

3.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este item apresentou a modelagem hidrodinâmica adotada para a área de estudo, Campo de Frade na Bacia de Campos, de forma a descrever o modelo numérico e as configurações do modelo MERCATOR, com o objetivo de demonstrar a capacidade da base hidrodinâmica em representar as condições ambientais locais.

Visando fornecer elementos quantitativos da representatividade do modelo numérico na região, foram realizadas comparações utilizando o índice de concordância de Willmott (IOA) para quantificá-las, tanto para elevação, quanto para as correntes superficiais. Os valores obtidos foram considerados “ótimos” nas comparações realizadas a partir das séries de elevação, e “bons” para os três conjuntos de dados pontuais disponíveis, representativos dos períodos sazonais de inverno, primavera e verão.

Com isso, pode-se concluir que o modelo utilizado representou de forma satisfatória o padrão de deslocamento das correntes superficiais, influenciadas principalmente pelo padrão de ventos e pela orientação da costa, e evidenciou a Corrente do Brasil (CB) como a principal estrutura oceânica de larga escala presente na área, à superfície. Em profundidade, observou-se fluxos com resultante média para Norte-Nordeste, tanto no dado quanto no modelo, associáveis ao movimento das massas d’água de origens polares.

Com o objetivo de representar os resultados obtidos na modelagem numérica, a Figura 38 representa os campos médios sazonais (verão, outono, inverno e primavera) da circulação oceânica

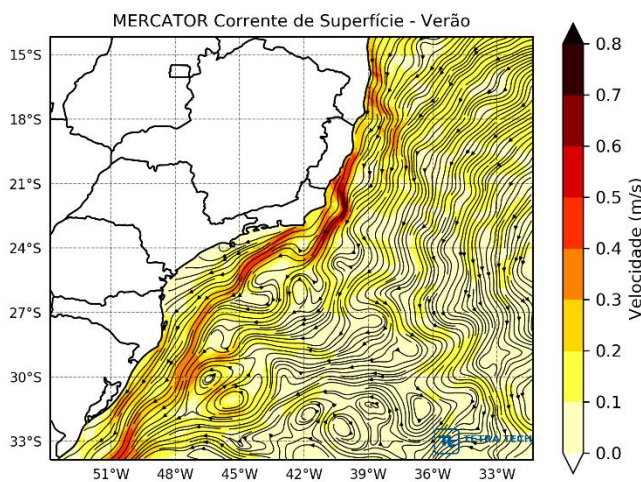
de superfície, obtidos a partir da modelagem hidrodinâmica, entre 01 de setembro de 2017 a 02 de novembro de 2018, para a região das Bacias de Campos, Santos e Pelotas.

Os resultados obtidos mostram a predominância das correntes para sul-sudoeste, marcando a presença da CB. Essa corrente tem seu caminho predominante para sul, seguindo a quebra da plataforma continental ao longo de todo o ano. Observa-se uma maior velocidade da CB associada aos períodos de verão e primavera, com menor velocidade nos períodos de outono e inverno. Tais resultados também foram observados por Silveira *et al.* (2000), e os autores relacionaram tal padrão ao ciclo sazonal atmosférico e à direção e intensidade dos ventos nestas estações.

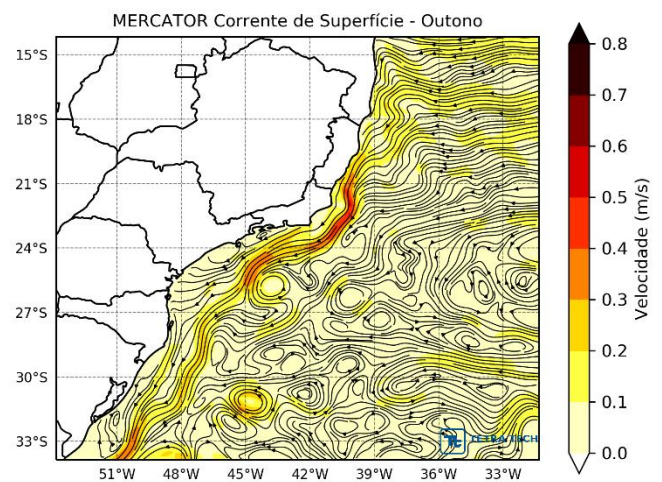
Também são evidentes instabilidades da corrente associadas ao sinal deixado nos campos médios por fenômenos de mesoescala (meandros e vórtices). Esse fato ocorre em função do maior refinamento espacial da simulação numérica.

Figura 38 - Média sazonal da circulação próximo à superfície para o período entre 01 de setembro de 2017 a 02 de novembro de 2018, obtida a partir dos resultados do modelo numérico MERCATOR.

(a) Verão

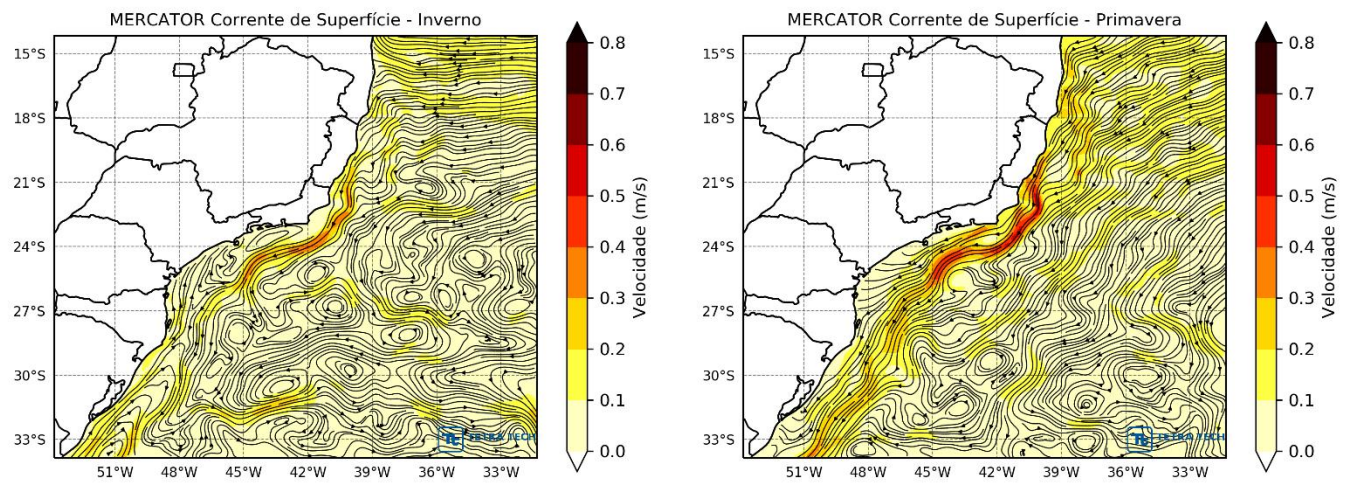


(b) Outono



(c) Inverno

(d) Primavera



Fonte: Tetra Tech.

4. MODELAGEM DE TRANSPORTE E DISPERSÃO DE ÓLEO

Na modelagem de derrame de óleo cru foi utilizado o modelo OSCAR, desenvolvido pela SINTEF, uma ferramenta que representa os principais processos de intemperismo e trajetória do óleo. A descrição detalhada deste modelo encontra-se no Apêndice B.

A partir dos resultados das simulações probabilísticas, foram selecionados os cenários determinísticos críticos utilizando como critérios o menor tempo de toque na costa e a maior massa de óleo na costa.

A seguir, o Item 4.1 informa os dados de entrada utilizados na modelagem de derrame de óleo, incluindo a descrição dos cenários acidentais simulados. Os resultados das simulações probabilísticas e determinísticas críticas são apresentados no Item 4.2. O Item 4.3 apresenta as considerações finais da modelagem de óleo.

4.1. DADOS DE ENTRADA

Os conjuntos de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário probabilístico são:

- ✓ Localização geográfica do ponto de vazamento;
- ✓ Volume/Vazão do vazamento;
- ✓ Duração da simulação;
- ✓ Tipo de óleo;
- ✓ Linha de costa;
- ✓ Batimetria;
- ✓ Grade *habitat* / tipo de ambiente (e.g., manguezais, áreas alagáveis, praias);
- ✓ Campo de corrente;
- ✓ Campo de vento;
- ✓ Temperatura da água do mar;
- ✓ Parâmetros de simulação (e.g. número de partículas, número de camadas verticais, número de simulações determinísticas que compõe cada cenário probabilístico, passo de tempo, intervalo de saída, fator de vento, entre outros).

Os resultados de cada simulação correspondem, então, a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros do modelo.

A Tabela 13 apresenta os valores dos parâmetros utilizados como dados de entrada na modelagem de derrame de óleo.

Tabela 13 – Parâmetros numéricos utilizados como *input* na modelagem de óleo.

PARÂMETROS	VALOR UTILIZADO NO MODELO (OSCAR)
Localização dos pontos de modelagem	Ver Tabela 1
Volumes de Derrame	8,0 m ³ (pequeno)
	200,0 m ³ (médio)
	258.304,99 m ³ (pior caso - afundamento do FPSO Frade)
	47.700,0 m ³ (pior caso - <i>blowout</i> do Poço ODP4)
Profundidade do local do vazamento	Superfície (0 m) – pequeno, médio e pior caso (FPSO Frade)
	1.050 m – pior caso (Poço ODP 4)
Tipo de Óleo	Ver Subitem 4.1.7
Linha de Costa e Batimetria	Ver Subitem 4.1.5
Duração do Vazamento	Instantâneo - pequeno e médio
	24 horas - pior caso (FPSO Frade)
	30 dias – pior caso (Poço ODP4)
Duração da Simulação	30 dias - pequeno e médio
	31 dias - pior caso (FPSO Frade)
	60 dias – pior caso (Poço ODP4)
Passo de Tempo	60 minutos
Intervalo de Saída (Output)	60 minutos
Número de Partículas	1.000 particulado + 1.000 dissolvido (pequeno)
	6.000 particulado + 6.000 dissolvido (médio)
	30.000 particulado + 30.000 dissolvido (pior caso – FPSO Frade e Poço ODP4)
Volume Inicial de Cada Partícula (Particulado)	0,008 m ³ (pequeno)
	0,03 m ³ (médio)
	8,61 m ³ (pior caso – FPSO Frade)
	1,59 m ³ (pior caso – Poço ODP4)
Número de Células da Grade <i>Habitat</i>	1.000.000 (1.000 no eixo X e 1.000 no eixo Y)
Número de Camadas na Vertical	Ver Subitem 4.1.4
Período da Simulação	Primavera – Verão (setembro a fevereiro)
	Outono – Inverno (março a agosto)

PARÂMETROS	VALOR UTILIZADO NO MODELO (OSCAR)	
Temperatura da água (°C)	Primavera - Verão	Outono – Inverno
	Ver Item 2.4	Ver Item 2.4
Fator de deriva do vento (%)	3,5	
Diâmetro do furo de vazamento para o <i>blowout</i> de fundo (polegadas)	4,25	

*Fonte: valores médios para a área de estudo, obtidos a partir do CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*); produto do centro norte-americano NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) com resolução espacial de 0,3° e temporal de 1 hora. Ano de 2017/2018 (mesmo ano da base hidrodinâmica).

Na modelagem foram considerados todos os processos de intemperismo descritos no Apêndice B, exceto a interação do óleo com sedimentos em suspensão (a justificativa é apresentada no mesmo anexo) e a biodegradação. Ressalta-se que o diâmetro das gotículas de óleo é calculado internamente pelo modelo OSCAR (Equação 19; Apêndice B), assim como as informações de ondas (Equações 38 e 39; Apêndice B).

A definição do número de partículas utilizadas nas simulações foi norteadas pela capacidade computacional do modelo e variação da ordem de grandeza dos volumes associados às hipóteses acidentais consideradas. Devido à grande variação dos volumes de derrame, não é possível assumir uma correlação direta entre volume derramado e número de partículas. Destaca-se que, para o cenário de maior volume de derrame (pior caso), foi utilizado o valor máximo de partículas suportado pelo modelo, ou seja, 60.000 partículas (30.000 para o particulado e 30.000 para o dissolvido).

4.1.1. Pontos de Modelagem e Volumes de Derrame

No presente estudo foram considerados dois pontos de modelagem, sendo o FPSO Frade e o Poço ODP4, ilustrados na Figura 1. As coordenadas e lâmina d'água dos mesmos foram apresentadas na Tabela 1.

Os volumes utilizados nas simulações foram definidos segundo a Resolução do CONAMA nº 398/08 (BRASIL, 2008):

- Pequeno: 8,0 m³;
- Médio: 200,0 m³;
- Pior caso (afundamento de unidade): 258.304,99 m³;
- Pior caso (*blowout* de poço por 30 dias): 47.700,0 m³ (1.590 m³/dia).

Nas simulações com volume de pior caso representativas do afundamento da unidade foi considerado o derrame do óleo ao longo de 24 horas a partir da superfície do mar, para a locação

do FPSO Frade. Nas simulações realizadas com os volumes pequeno (8,0 m³) e médio (200,0 m³), também na locação FPSO Frade e superfície, considerou-se o vazamento de todo o volume de óleo instantaneamente, ou seja, no instante inicial da simulação.

Para as simulações com volume de pior caso representativas do *blowout* de poço, foi considerado o derrame do óleo ao longo de 30 dias a partir do fundo do mar (1.050 m), para a locação do Poço ODP4.

4.1.2. Campos de Corrente

A caracterização dos padrões de circulação foi obtida a partir dos resultados do modelo numérico global MERCATOR, conforme mostra o Capítulo 3.

4.1.3. Campos de Vento

O campo de ventos utilizado na modelagem de deriva de petróleo foi determinado a partir de dados de reanálise do CFSv2 (*Climate Forecast System Reanalysis Version 2*; SAHA *et al.*, 2014), apresentados no Capítulo 2.

4.1.4. Perfil de Salinidade e Temperatura

Os perfis de temperatura e salinidade foram obtidos do Atlas Eletrônico de dados do WOA18, de acordo com a descrição do Item 2.4 (Capítulo 2).

4.1.5. Domínio Modelado e Batimetria

No presente estudo, foi utilizada a linha de costa do Projeto MAREM (IBP, 2016), o qual é detalhado no Subitem 4.1.6.

Para a representação do domínio da modelagem de óleo no OSCAR, foi definida uma grade *habitat*¹⁰ com as características apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Características da grade *habitat*.

PONTO	INFORMAÇÃO
-------	------------

¹⁰ Grade que define quais as células ou blocos correspondem à área de terra e água, com a interface definida pela linha de costa.

Número de células (x/y)	1000 /1000	
Dimensão (x/y)	2100 km / 2100 km	
Resolução Horizontal (x/y)	2,1 km / 2,1km	
Limites	Norte	15° 02' 50" S
	Sul	33° 57' 57" S
	Leste	32°36' 44" W
	Oeste	53° 24' 16" W
Extensão da Diagonal de uma célula	2,97 km	

O mapeamento realizado pelo MAREM incluiu como linha de costa segmentos relacionados a feições submersas ou parcialmente emersas como recifes de corais rasos, além de ilhas de dimensões inferiores à resolução horizontal da grade *habitat*. Para o estudo de modelagem, de maneira conservadora, segmentos com essas características foram desconsiderados na confecção da grade *habitat* a fim de não criar barreiras físicas para o transporte do óleo para o litoral dos municípios, evitando que se reduzissem as probabilidades e massas e que se aumentassem os tempos mínimos de toque na costa.

Apesar disso, eles foram considerados na apresentação dos resultados a partir do cruzamento desses segmentos com os resultados da modelagem de óleo para a superfície da água, possibilitando, assim, a visualização e quantificação da presença do óleo nos mesmos.

Na discretização da coluna d'água para os cenários com derrame a partir da superfície (volume pequeno, médio e pior caso – afundamento do FPSO Frade) foram adotadas 13 camadas, com resolução vertical de 29 m, sendo a profundidade de acompanhamento do óleo na coluna d'água limitada a 350 metros. Assim, considerando que, no OSCAR, a primeira camada na coluna d'água é limitada automaticamente em 2 m, a Tabela 15 apresenta os intervalos de profundidades das camadas adotadas nas simulações.

Para a hipótese acidental de *blowout* do poço ODP4 (derrame de fundo) foram adotadas 21 camadas com resolução vertical de 58 m, sendo a profundidade de acompanhamento do óleo na coluna d'água limitada a 1.104 metros, incluindo a profundidade do derrame (1.050 metros). A Tabela 16 apresenta os intervalos de profundidades das camadas adotadas nas simulações de *blowout*.

Tabela 15 – Intervalos de profundidades das camadas na coluna d'água da grade *habitat* dos cenários de derrame de superfície.

CAMADAS VERTICAIS	INTERVALO DE PROFUNDIDADE (m)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
1	>0,0	2
2	2	31
3	31	60
4	60	89
5	89	118
6	118	147
7	147	176
8	176	205
9	205	234
10	234	263
11	263	292
12	292	321
13	321	350

Tabela 16 – Intervalos de profundidades das camadas na coluna d'água da grade habitat dos cenários de derrame de fundo.

CAMADAS VERTICAIS	INTERVALO DE PROFUNDIDADE (m)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
1	>0,0	2
2	2	60
3	60	118
4	118	176
5	176	234
6	234	292
7	292	350
8	350	408
9	408	466
10	466	524
11	524	582
12	582	640
13	640	698
14	698	756
15	756	814
16	814	872
17	872	930
18	930	988
19	988	1.046
20	1.046	1.104

Os campos de corrente, vento e batimetria apresentam resoluções diferentes da grade *habitat*, assim a assimilação dos dados na grade *habitat* é realizada de diferentes formas. A Figura 39 apresenta o domínio da grade *habitat*.

Os campos de corrente e vento são fornecidos conforme disponibilizados nas grades do modelo MERCATOR e do NCEP, o modelo OSCAR interpola linearmente os valores de corrente e vento para a posição das partículas.

Os dados batimétricos são extraídos do ETOPO 2 obtido no NGDC¹¹, com uma discretização de metro a metro até a profundidade 0 metros; a Figura 40 apresenta a batimetria projetada na grade do modelo. Destaca-se que a resolução da base de dados ETOPO2 é de 2 minutos, ou 3,704 km. Quando as informações batimétricas são importadas na grade *habitat*, o OSCAR apresenta a opção de realizar ou não uma interpolação (linear). No caso deste estudo, optou-se pela interpolação dos dados batimétricos.

Figura 39 - Grade *habitat* utilizada na modelagem de óleo.

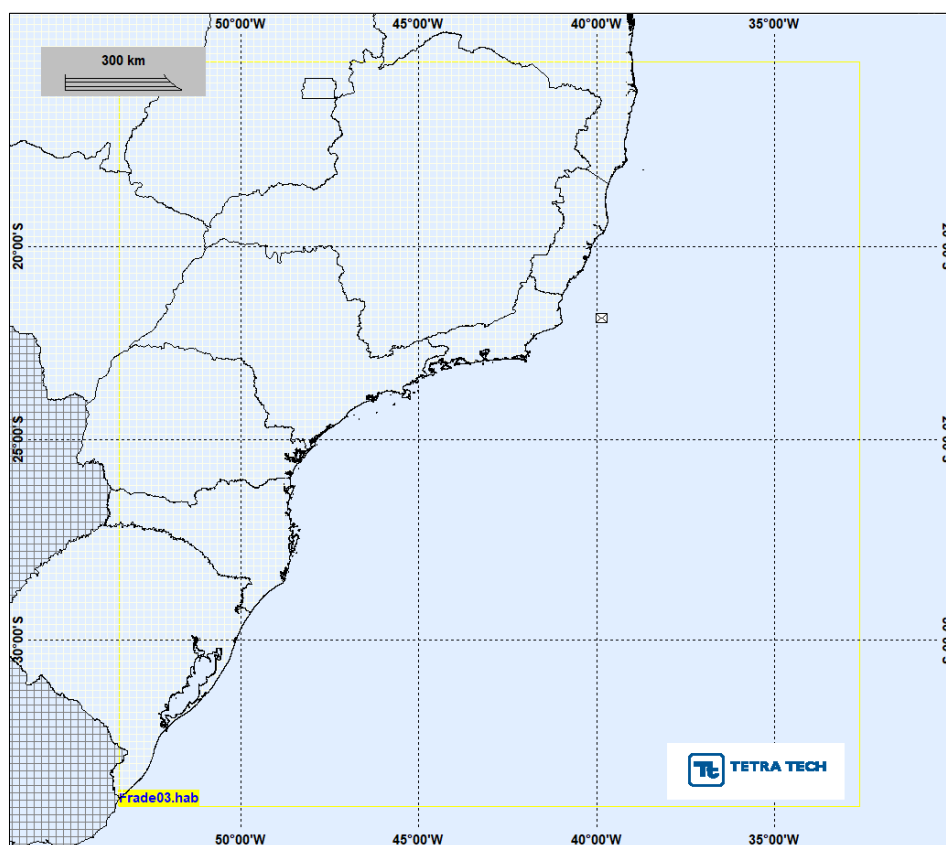
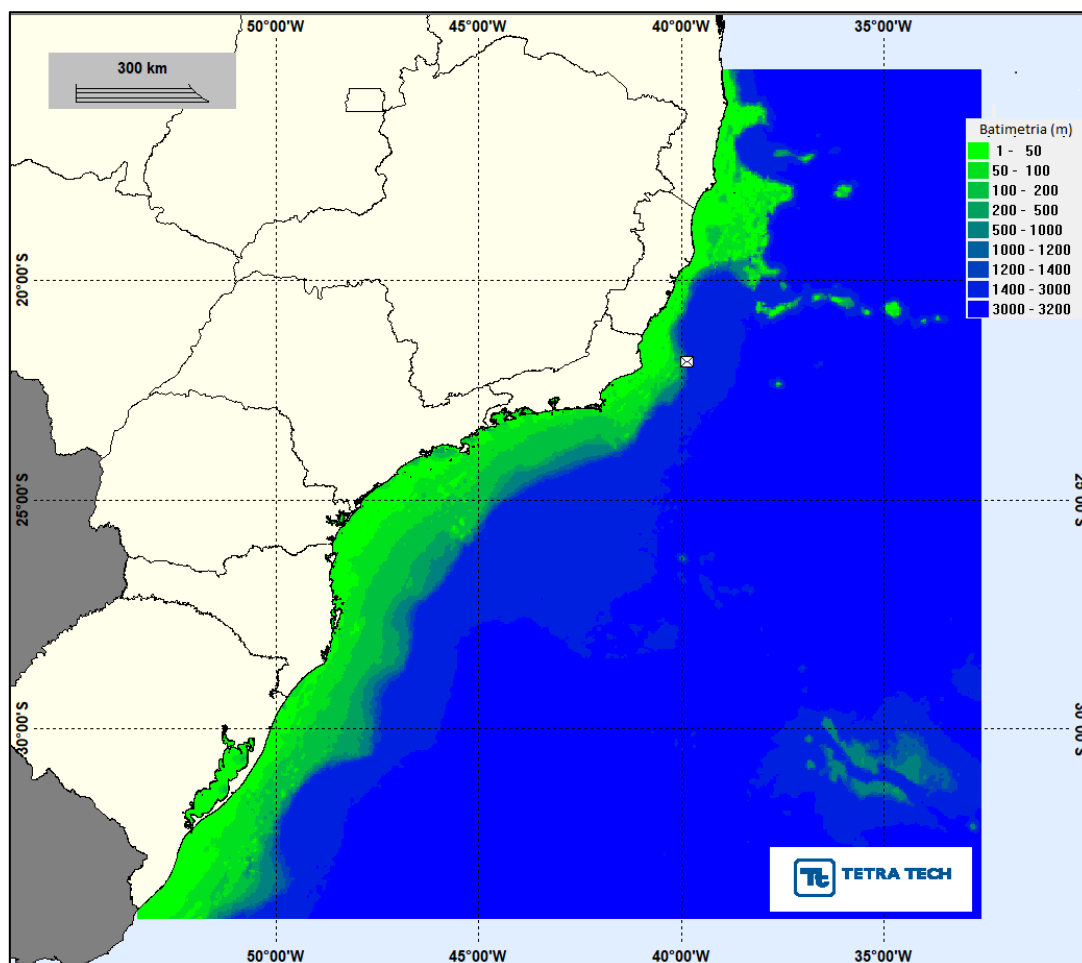


Figura 40 – Batimetria projetada na grade habitat utilizada na modelagem de óleo.

¹¹ National Geophysical Data Center da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).



4.1.6. Tipos de Costa

Para a definição dos tipos de costa utilizados na modelagem, correlacionaram-se os ambientes costeiros disponíveis no OSCAR com os ambientes classificados por Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) no Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar – MAREM (IBP, 2016).

O projeto MAREM foi executado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica (ACT) assinado entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP). Dentre os produtos resultantes do projeto, estabeleceu-se o ISL para o litoral brasileiro, que é usado como ferramenta para o planejamento e gestão de uma operação responsiva a acidentes envolvendo derramamento de óleo no mar.

Conforme apresentado na Tabela 17, o OSCAR apresenta 5 tipos básicos de ambientes costeiros: costão rochoso, praia de cascalho/seixos, praia arenosa, planície de lama e ambientes vegetados

de Inundação (manguezal). Os diferentes tipos e subtipos de costa, definem a capacidade máxima de retenção de óleo pelo ambiente. A deposição do óleo cessa quando é alcançada a capacidade de retenção do ambiente.

Tipos e subtipos de costa do modelo OSCAR:

- A. *Seaward Rocky Shore* – Costão Rochoso;
- B. *Seaward Cobble-Gravel Beach* – Praias de Seixos;
- C. *Seaward Sand Beach* – Praias Arenosas;
- D. *Seaward Fringing Mud Flat* – Planícies de Lama;
- E. *Seaward Fringing Wetland* – Ambientes Vegetados de Inundação.

Na Tabela 17 são apresentados os ambientes e seu respectivos ISL conforme o MAREM (IBP, 2016). A Tabela 18, por sua vez, mostra a seleção dos tipos de costa do modelo OSCAR com base na descrição dos ambientes do MAREM.

Tabela 17 – Detalhamento dos ambientes agrupados no MAREM e seu respectivos ISL.

ISL	DESCRIÇÃO
1	Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos; Falésias em rochas sedimentares, expostas; Estruturas artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas
2	Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos; Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.)
3	Praia dissipativa de areia média a fina, exposta; Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restingas tipo “long beach”); Escarpas e taludes íngremes
4	Praia de areia grossa; Praia intermediária de areia fina a média, exposta; Praia de areia fina a média, abrigada
5	Praia mista de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais; Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação; Recifes areníticos em franja
6	Praia de cascalho (seixos e calhaus); Costa de detritos calcários; Depósito de tálus; Enrocamentos (rip-rap, guia corrente, quebra-mar) expostos; Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas)
7	Planície de maré arenosa exposta; Terraço de baixa-mar
8	Escarpa / encosta de rocha lisa, abrigada; Escarpa / encosta de rocha não lisa, abrigada; Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados; Enrocamentos (rip-rap e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados

ISL	DESCRIÇÃO
9	Planície de maré arenosa/ lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas; Terraço de baixa-mar lamoso abrigado; Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais
10	Deltas e barras de rio vegetadas; Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas; Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado, apicum; Marismas; Manguezal (mangues frontais e mangues de estuário)

Tabela 18 – Classificação dos tipos de costa do MAREM nos tipos de costa disponíveis no banco de dados do modelo OSCAR.

ISL	AMBIENTE GRADE HABITAT OSCAR
1	<i>Seaward Rocky Shore</i>
2	<i>Seaward Rocky Shore</i>
3	<i>Seaward Sand Beach</i>
4	<i>Seaward Sand Beach</i>
5	<i>Seaward Sand Beach</i>
6	<i>Seaward Cobble-Gravel Beach</i>
7	<i>Seaward Fringing Mud Flat</i>
8	<i>Seaward Rocky Shore</i>
9	<i>Seaward Fringing Mud Flat</i>
10	<i>Seaward Fringing Wetland</i>

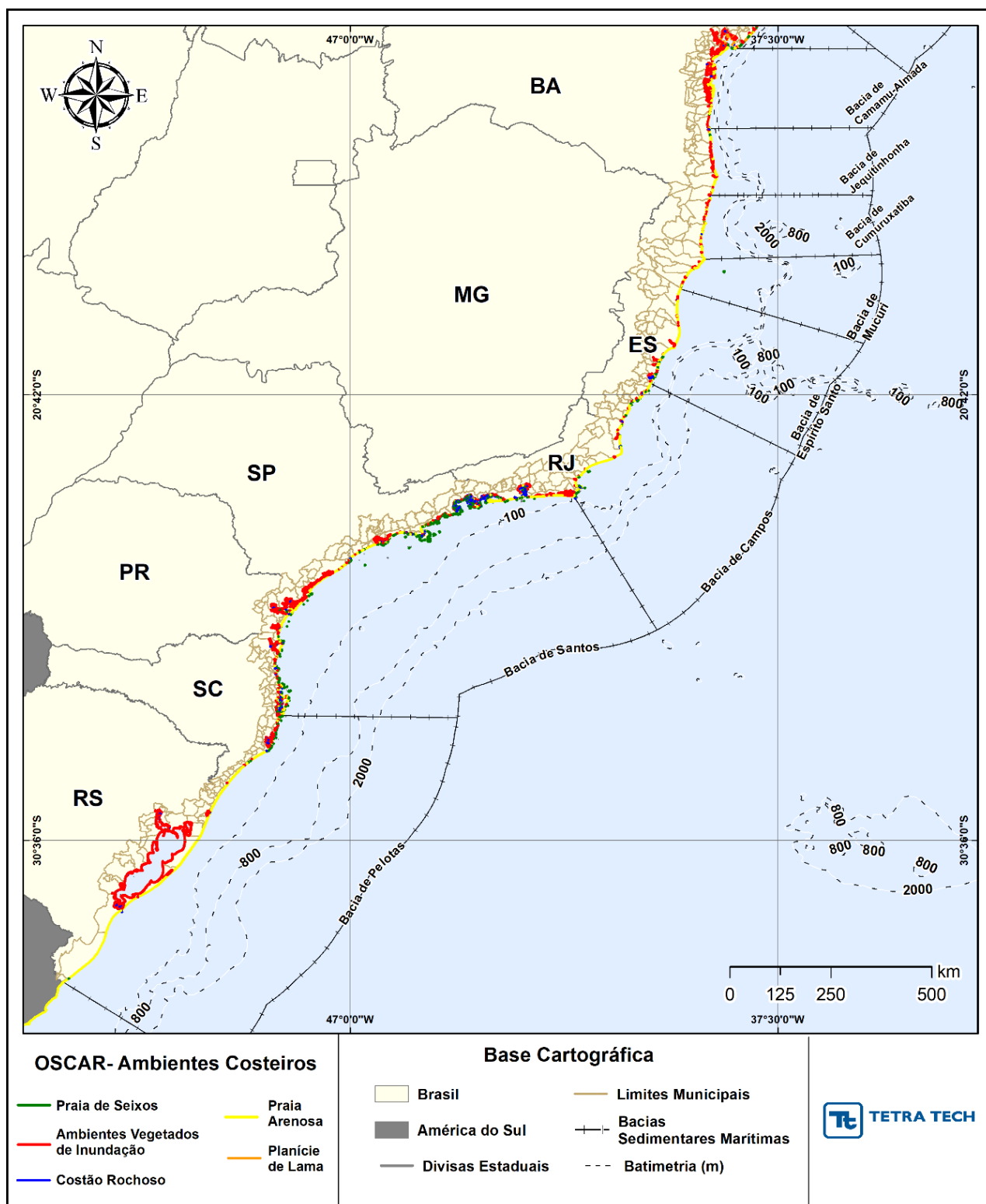
Os ambientes de rocha lisa foram classificados como Costão Rochoso (A) devido a sua propriedade de aderência ao óleo. Os ambientes de praias de seixo ou de costão altamente fragmentado, tais como enrocamentos e depósitos de tálus, possuem características de Praias de Seixos (B) devido a capacidade de retenção do óleo sofrer efeito das reentrâncias do ambiente.

No caso de ambientes sedimentares tipo praia de areia atribuiu-se a classificação Praia Arenosa (C) independentemente das características topográficas da mesma. Para os ambientes de planície de maré, atribuiu-se a classificação Planície de Lama (D) devido ao caráter deposicional destes ambientes ser predominantemente de granulometria fina em função do agente transportador/deposicional. Os ambientes de deltas, mangues e outros que são constantemente alagados e apresentam vegetação densa, foram classificados como Ambientes Vegetados de Inundação (E).

Desta forma, a atribuição do tipo de costa/ambiente para as células costeiras das grades *habitats* seguiu a classificação apresentada acima. Para a adequação dos tipos de costa à resolução das grades, quando uma célula é intersectada por mais de um tipo de ambiente costeiro, foi considerado o ambiente mais representativo na costa. Entende-se por mais representativo o ambiente que apresente a maior soma do comprimento das linhas internas à célula.

A Figura 41 apresenta o mapa com a classificação dos ambientes costeiros utilizados no OSCAR (o pdf em tamanho A3 segue nos anexos digitais).

Figura 41 – Ambientes costeiros utilizados no OSCAR.



4.1.7. Características dos Produtos Utilizados

Com base nas informações disponibilizadas pela PETRORIO (API, densidade e viscosidade) foram criados dois óleos no banco de dados do OSCAR; óleo Frade Crude Oil (FPSO) e óleo ODP4 (Poço). Estes óleos foram criados com base em produtos similares do banco de dados do OSCAR.

A Tabela 19 e a Tabela 20 apresentam as informações disponibilizadas pela PETRORIO, enquanto a Tabela 21 mostra a composição final dos óleos no banco de dados do OSCAR. Na Figura 42 e na Figura 43 são apresentadas as curvas de destilação dos respectivos óleos.

Tabela 19 – Características do óleo Frade Crude Oil (FPSO).

PARÂMETRO	VALOR	FONTE
Nome do petróleo	Frade Crude Oil	PETRORIO
Grau API	18,7	
Densidade	0,942 g/cm ³	
Viscosidade cinemática (a 25 °C)	866,2 mm ² /s	
Ponto de fluidez (°C)	-26	OSCAR

Tabela 20 – Características do óleo ODP4 (poço).

PARÂMETRO	VALOR	FONTE
Nome do petróleo	ODP4	PETRORIO
Grau API	20	
Densidade	0,933 g/cm ³	
Viscosidade cinemática (a 56 °C)	6-8 mm ² /s	
Ponto de fluidez (°C)	-40	OSCAR
Massa específica do gás (densidade do gás)*	0,65kg/Sm ³	PETRORIO
Razão Gás-Óleo (GLR) (a 1 atm)*	75 m ³ /m ³	

* informação utilizada apenas nos cenários de *blowout* de poço. Estas informações são utilizadas pelo modelo para o cálculo do campo próximo, junto com o diâmetro do furo do vazamento apresentado na Tabela 13.

Tabela 21 – Composição dos óleos Frade Crude Oil e ODP4 no OSCAR, gerada a partir da curva PEV de óleos similares selecionados.

NOME DO COMPONENTE	FRAÇÃO NO ÓLEO (%) Frade Crude Oil	FRAÇÃO NO ÓLEO (%) ODP4
C1-C4 – gases (dissolvido no óleo)	0,3526	1,137
C5 – saturados (n-iso/cyclo)	0,5627	1,8143
C6 – saturados (n-iso/cyclo)	0,3583	1,1684
Benzeno	0,0597	0,1947
C7 – saturados (n-iso/cyclo)	0,4039	1,8841
C1 – Benzeno (Tolueno) et. B	0,1352	0,5193
C8 – saturados (n-iso/cyclo)	0,5327	2,0469
C2 – Benzeno (Xilenos, usando O-Xileno)	0,1455	0,5592
C9 – saturados (n-iso/cyclo)	0,5931	2,27,88
C3 - Benzeno	1,4878	1,3767
C10 – saturados (n-/isso-/cyclo)	2,1429	3,5908
C4 e C4 Benzenos	0,0739	0,1238
C11-C12 (total saturado + aromático)	4,0104	3,8241
Fenóis (C0-C4 - alquilado)	0,0064	0,0061
Naftalenos 2 (C0-C1 - alquilado)	0,2163	0,2063
C13-C14 (total saturado + aromático)	5,1308	4,1303
Naftalenos 2 (C2-C3 - alquilado)	0,3469	4,0101
C15-C16 (saturados + aromáticos totais)	5,8308	2,6897
HPA 1 (hidrocarbonetos poliaromáticos de solubilidade média)	0,2093	0,1165
C17-C18 (saturados + aromáticos totais)	4,7663	2,6539
C19-C20 (saturados + aromáticos totais)	3,8369	2,0380
Materiais Cromatográficos Não -resolvidos	0,0834	0,0910
C21-C25 (saturados + aromáticos totais)	6,9473	7,5818
HPA 2 (hidrocarbonetos poliaromáticos de solubilidade baixa)	0,1110	0,3286
C25+ (total)	62,6557	55,5997

Figura 42 – Curva de destilação do óleo Grane (SINTEF) elaborada com base nos valores fornecidos pelo modelo OSCAR, óleo similar ao Frade Crude Oil.

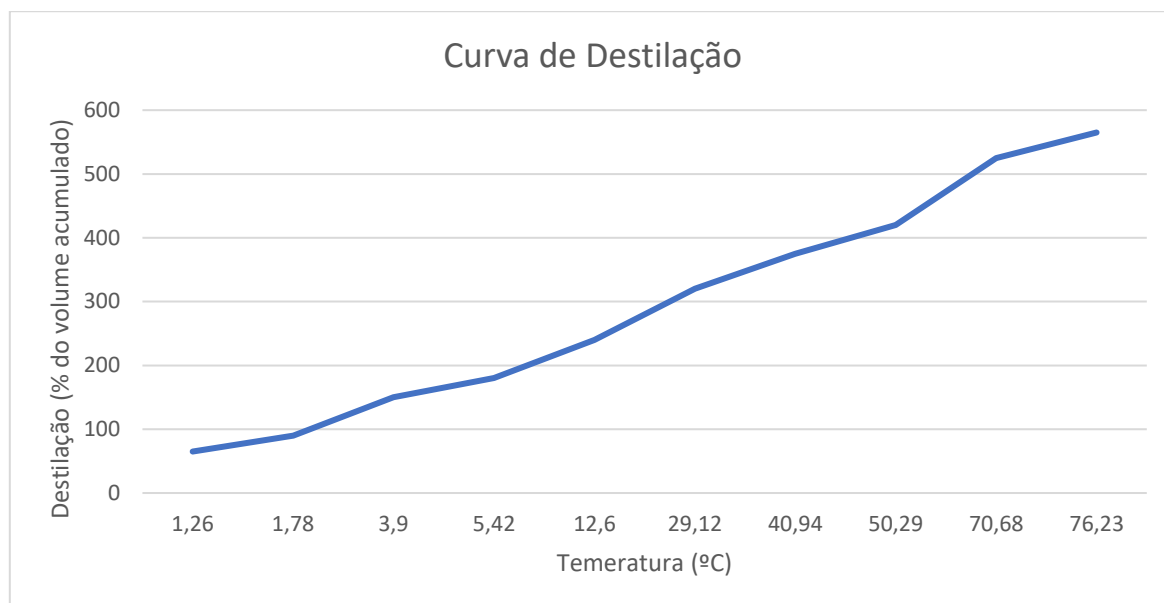
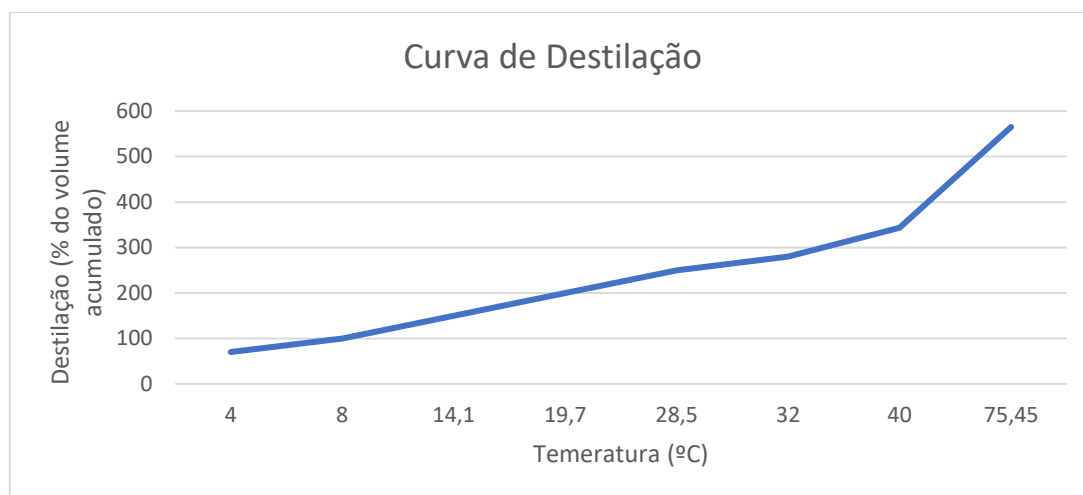


Figura 43 – Curva de destilação do óleo Mandalay (BATTELLE) elaborada com base nos valores fornecidos pelo modelo OSCAR, óleo similar ao ODP4.



4.1.8. Resumo dos Cenários Simulados

As simulações probabilísticas foram realizadas considerando dois períodos de seis meses (primavera-verão e outono-inverno), contemplando um ano de base hidrodinâmica.

A Tabela 22 apresenta um resumo dos cenários probabilísticos simulados nesse estudo.

Tabela 22 – Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrame de óleo.

CENÁRIOS	TIPO DE ÓLEO	VOLUME (m³)	DURAÇÃO DO DERRAME	TEMPO DE SIMULAÇÃO	PERÍODO DE SIMULAÇÃO
FRADE_PRI-VER_8_30D	Frade Crude Oil	8,0	Instantâneo	30 dias	Setembro a Fevereiro
FRADE_PRI-VER_200_30D		200,0			
FRADE_PRI-VER_PC_31D		258.304,99	24 horas	31 dias	
FRADE_PRI-VER_PC_60D	ODP4	47.700,0	30 dias	60 dias	
FRADE_OUT-INV_8_30D	Frade Crude Oil	8,0	Instantâneo	30 dias	Março a Agosto
FRADE_OUT-INV_200_30D		200,0			
FRADE_OUT-INV_PC_31D		258.304,99	24 horas	31 dias	
FRADE_OUT-INV_PC_60D	ODP4	47.700,0	30 dias	60 dias	

4.1.8.1. Número de Simulações

A fim de incorporar a variabilidade das forçantes meteorológicas e oceanográficas, foi realizada uma série de 1.000 simulações em cada cenário probabilístico. Os instantes iniciais de todo o conjunto de simulações determinísticas que compõem os cenários probabilísticos são definidos automaticamente pelo modelo, através da seleção das datas de início espaçadas regularmente no tempo ao longo do período definido. Desta forma, todas as simulações probabilísticas apresentam um mesmo conjunto de datas de início dos derrames e as datas de início não se repetem.

Ressalta-se que este número de simulações (1.000) corresponde a, aproximadamente, uma simulação determinística sendo iniciada a cada 4 horas (6 instantes iniciais por dia), durante todo o período. Portanto, o número de 1.000 simulações determinísticas para composição de cada cenário

probabilístico, pode ser considerado excessivo em relação ao que se observa em alguns estudos de modelagem recentes, bem como em artigos científicos.

Abascal *et al.* (2010) desenvolveram um modelo estatístico de vazamento de óleo e o validaram por meio de observações reais de manchas de óleo reportadas durante o acidente do Prestige e de trajetórias de derivadores existentes para a costa espanhola. Nesse processo, realizaram uma análise de sensibilidade para determinar o número de cenários necessários para obter resultados estatisticamente confiáveis, sendo constatado que 200 cenários proporcionaram um equilíbrio ideal entre a precisão dos resultados e do esforço computacional.

No estudo realizado por Guillena *et al.* (2004), justifica-se o número de simulações (derrames simulados iniciados a cada 1,64 dias) com base no fato de ser um número pequeno o suficiente para ser computacionalmente prático e grande o suficiente para reduzir o erro de amostragem aleatória a um nível insignificante e permitir que as mudanças na escala do tempo nos ventos fossem minimamente amostradas.

4.1.8.2. Critérios de Parada Adotados nas Simulações

O critério de parada adotado nas simulações foi o tempo de 30 dias após o final do vazamento. Nos casos de derrames com volume de pior caso, afundamento da unidade ao longo de 24 horas, a duração das simulações foi de 31 dias. Enquanto as simulações com derrames de volumes pequeno e médio (vazamento instantâneo) foram conduzidas por 30 dias. Nas simulações com volume de pior caso, *blowout* de poço, com vazamento ao longo de 30 dias, a duração das simulações foi de 60 dias, no total.

Ressalta-se que, a espessura mínima de existência de óleo em superfície adotada no presente estudo foi de 0,0003 mm, ou seja, espessuras abaixo deste valor não foram consideradas na apresentação dos resultados, exceto nos balanços de massa, uma vez que o modelo de óleo não adota corte nestes arquivos, mantendo sempre a massa original. Esta espessura mínima foi definida por representar a espessura de iridescência (*Bonn Agreement Oil Appearance Code* - BAOAC) e por estar em acordo com as sugestões da Nota Técnica no 02/2009/CGPEC/DILIC (IBAMA, 2009).

Na coluna d'água foi adotado o corte na concentração do óleo de 20 ppb, ou seja, concentrações abaixo deste valor não foram consideradas na apresentação dos resultados, exceto nos balanços de massa, como mencionado acima. Este corte foi definido com base nas considerações feitas por

Gabardo (2007), com base na toxicidade dos compostos presentes no óleo, representando diluições necessárias para que não sejam observados efeitos tóxicos adversos em descartes de água de produção.

Adicionalmente, o valor de 20 ppb é inferior a 0,1% do limite de concentração de óleos e graxas preconizado na Resolução do CONAMA nº 393/2007 (BRASIL, 2007), que determina que “o descarte de água produzida deverá obedecer a concentração média aritmética simples mensal de óleos e graxas de até 29 mg/l”.

Vale ressaltar que o valor de 20 ppb utilizado como limiar para apresentação dos resultados não está diretamente relacionado com o risco de efeitos tóxicos adversos. Apenas foi utilizado um valor que, em ordem de grandeza, permitisse o mapeamento da pluma de óleo disperso/dissolvido na coluna d’água.

4.2. RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

Neste item, são apresentados os resultados das simulações probabilísticas e determinísticas críticas para potenciais derrames de óleo a partir do FPSO Frade e Poço ODP4.

No modelo OSCAR, os resultados para o óleo na superfície da água, na coluna d’água e na costa são calculados de forma segregada. Ou seja, a partícula do óleo pode ser transferida entre cada compartimento, mesmo que a espessura esteja abaixo do valor de corte do compartimento de origem. Assim, caso uma partícula de óleo na superfície da água com valor abaixo do corte atinja a costa, o toque é computado.

Para a melhor interpretação dos resultados e coerência entre os mesmos, foi realizado um balizamento dos resultados de extensão de toque na costa (este último, tanto em resultados probabilísticos quanto em resultados determinísticos) a partir dos resultados gerados, com corte de espessuras, para a superfície da água. Desta forma, somente as regiões nas quais o óleo atingiu a costa com espessuras iguais ou superiores ao corte adotado na superfície da água são apresentadas.

Para a extensão de costa, manteve-se apenas o toque do óleo para as regiões que apresentaram probabilidade de óleo na superfície da água na célula adjacente à costa. Esta metodologia é aplicada pela Tetra Tech com o intuito de alinhar os resultados probabilísticos da superfície da água com o toque do óleo na costa, além de alinhar os resultados probabilísticos e determinísticos.

As estatísticas do toque (tempo e volume de óleo que atingiu a costa) apresentadas no relatório correspondem sempre aos valores mais críticos para a linha de costa, independentemente de o toque ter ocorrido em uma região do litoral com ou sem uma Unidade de Conservação ou área sensível. Os resultados de probabilidade de toque de óleo em Unidades de Conservação são apresentados no Apêndice C do presente relatório.

4.2.1. Simulações Probabilísticas

Este subitem apresenta os resultados das simulações probabilísticas com os intervalos de probabilidade de óleo na superfície da água e na coluna d'água, sendo que os resultados na coluna d'água são apresentados em planta, ou seja, representam a informação mais crítica de todas as células independentemente da posição da informação ao longo da coluna d'água e por camadas. São também apresentadas ilustrações de contornos de deslocamento de óleo na superfície da água, probabilidade de toque de óleo na costa, tempo de toque na costa e massa máxima de óleo na costa, além de tabelas com um resumo das informações probabilísticas.

Adicionalmente, são apresentadas figuras dos resultados de probabilidade de interação do óleo com o leito marinho, resultante do cruzamento do resultado da presença do óleo na coluna d'água (nas diversas camadas) com as cotas batimétricas utilizadas na modelagem. Destaca-se que esta informação não é um resultado direto do modelo OSCAR, sendo gerada no pós-tratamento dos resultados pela equipe da Tetra Tech em atendimento ao Termo de Referência.

Em todas as ilustrações, o valor correspondente ao limite superior dos intervalos da escala de cores está incluído na classe. Assim, por exemplo, no intervalo de probabilidade de 10-20% estão incluídas as probabilidades superiores a 10% e menores ou iguais a 20%.

O contorno de probabilidade representa a probabilidade de ocorrência de óleo ao longo do período simulado. As ilustrações dos contornos de tempo correspondem ao tempo mínimo de deslocamento de óleo na água calculado (para cada posição da grade) entre todos os cenários determinísticos que compõem o cenário probabilístico. Nessas ilustrações, são apresentados os tempos de 2, 6,

12, 36 e 60 horas após o início do derrame, selecionados de acordo com o tempo máximo para a disponibilização de recursos de contenção/limpeza no local da ocorrência da descarga especificados na Resolução do CONAMA nº 398/08 (BRASIL, 2008). Para tempos superiores a estes, foram selecionados intervalos que melhor se adequaram à visualização da evolução dos derrames na área de estudo.

Os resultados da massa máxima do óleo na costa representam o maior valor de massa identificado na costa para cada célula da grade, obtido nas 1.000 simulações determinísticas que compuseram o resultado probabilístico. Entretanto, o modelo OSCAR disponibiliza os valores de massa máxima por célula (ton./célula). Considerando que a análise desse resultado dificulta a interpretação, e que mudanças no tamanho da grade alteram o resultado, prejudicando as comparações entre diferentes trabalhos, os resultados são transformados em massa por extensão (ton./km) dividindo-se a massa da célula pela sua diagonal¹².

Para melhorar a visualização dos resultados de costa, as figuras de costa apresentadas neste relatório (massa, probabilidade e tempo) são geradas a partir da intersecção dos resultados de superfície com a linha de costa utilizada para a definição da grade *habitats*, transformando o resultado de polígono para linha.

Para os cenários que não apresentaram probabilidade de toque na costa, a menor distância dos contornos de probabilidade em relação à costa foi calculada através de uma ferramenta do OSCAR, onde é possível traçar uma linha entre o contorno de probabilidade e o ponto mais próximo à costa, obtendo o seu comprimento.

Para complementar a análise dos resultados, foram realizadas análises dos balanços de massa para os 1.000 cenários determinísticos que compuseram os cenários probabilísticos de todos os volumes simulados para todos os pontos de modelagem. Nos diagramas as linhas centrais das caixas correspondem à mediana da porcentagem de massa entre as simulações, enquanto os limites das caixas correspondem ao primeiro e terceiro quartis, as linhas correspondem aos limites dos valores englobados do intervalo de uma vez e meia o intervalo do interquartil em relação ao primeiro e terceiro quartis, e os pontos correspondem aos valores acima deste limiar (são os *outliers*).

¹² Este cálculo norteia-se no fato de o OSCAR considerar a diagonal da célula como a extensão de costa com potencial para receber o óleo. Ou seja, a extensão de costa de cada célula no OSCAR corresponde a diagonal da própria célula (valor informado na Tabela 14).

Nas análises *boxplot* não são considerados os cortes de espessura (0,0003 mm) adotados na apresentação dos resultados. Assim, para algumas simulações, pode ocorrer de haver interação com a linha de costa, porém, com espessuras inferiores ao corte adotado. Para esta análise, as parcelas do óleo não resolvidas pelo modelo (*outside* e sedimentado)¹³ são incorporadas no resultado da presença do óleo particulado na coluna d'água.

Por fim, conforme descrito no Capítulo 3, a grade do modelo hidrodinâmico apresenta resolução horizontal de, aproximadamente, 7 km, o que inviabiliza representar adequadamente regiões costeiras recortadas, tais como estuários e baías. Logo, quando são observadas probabilidades de toque no entorno dessas áreas, existe probabilidade do óleo adentrar tais regiões, uma vez que tais feições (baías, estuários, reentrâncias, etc.) têm, por vezes, dimensões inferiores à resolução da grade numérica hidrodinâmica e, portanto, não são representadas na mesma.

4.2.1.1. Simulações Probabilísticas - Volume Pequeno

Da Figura 44 até a Figura 49, são apresentados os resultados da simulação probabilística com derrame de volume pequeno (8,0 m³) para o período da primavera-verão e outono-inverno.

Verifica-se que as probabilidades de óleo na superfície do mar ocorrem somente na Bacia de Campos no período da primavera-verão e, no período de outono-inverno nas bacias de Campo e Santos, sendo que na Bacia de Santos os valores não são superiores a 10%. A direção preferencial de deslocamento do óleo na superfície da água é para o quadrante SW, em decorrência dos ventos dominantes de N e NE e do fluxo da Corrente do Brasil na região.

O maior valor de probabilidade identificado ocorreu próximo ao ponto de modelagem, ou seja, na Bacia de Campo, sendo de 97,9% (primavera-verão) e 89,7% (outono-inverno).

Não foi observado a probabilidade de o óleo atingir a costa, considerando o corte de espessuras, em ambos os períodos. A menor distância do óleo em relação a costa foi de 41,2 km da Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ) no período da primavera-verão e, 31,5 km de Campos dos Goytacazes no período de outono-inverno. Também não foram identificadas probabilidades de óleo na coluna d'água para valores de concentração total superior ao limite de corte (20 ppb).

¹³ Segundo o manual do OSCAR, nas simulações probabilísticas o processo de sedimentação não é considerado para evitar tempos de computação excessivamente grandes.

Figura 44 - Cenário FRADE_PRI-VER_8_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

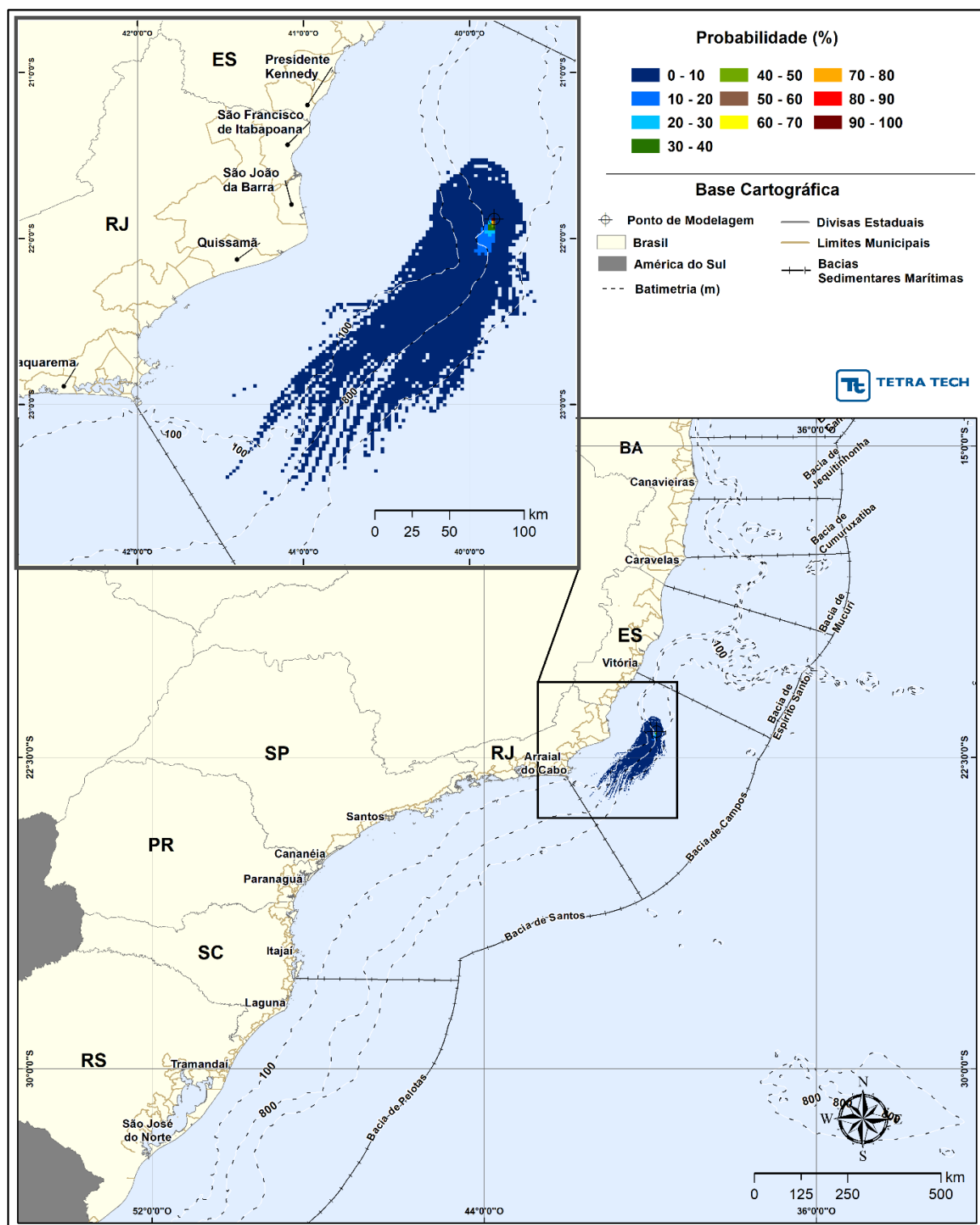
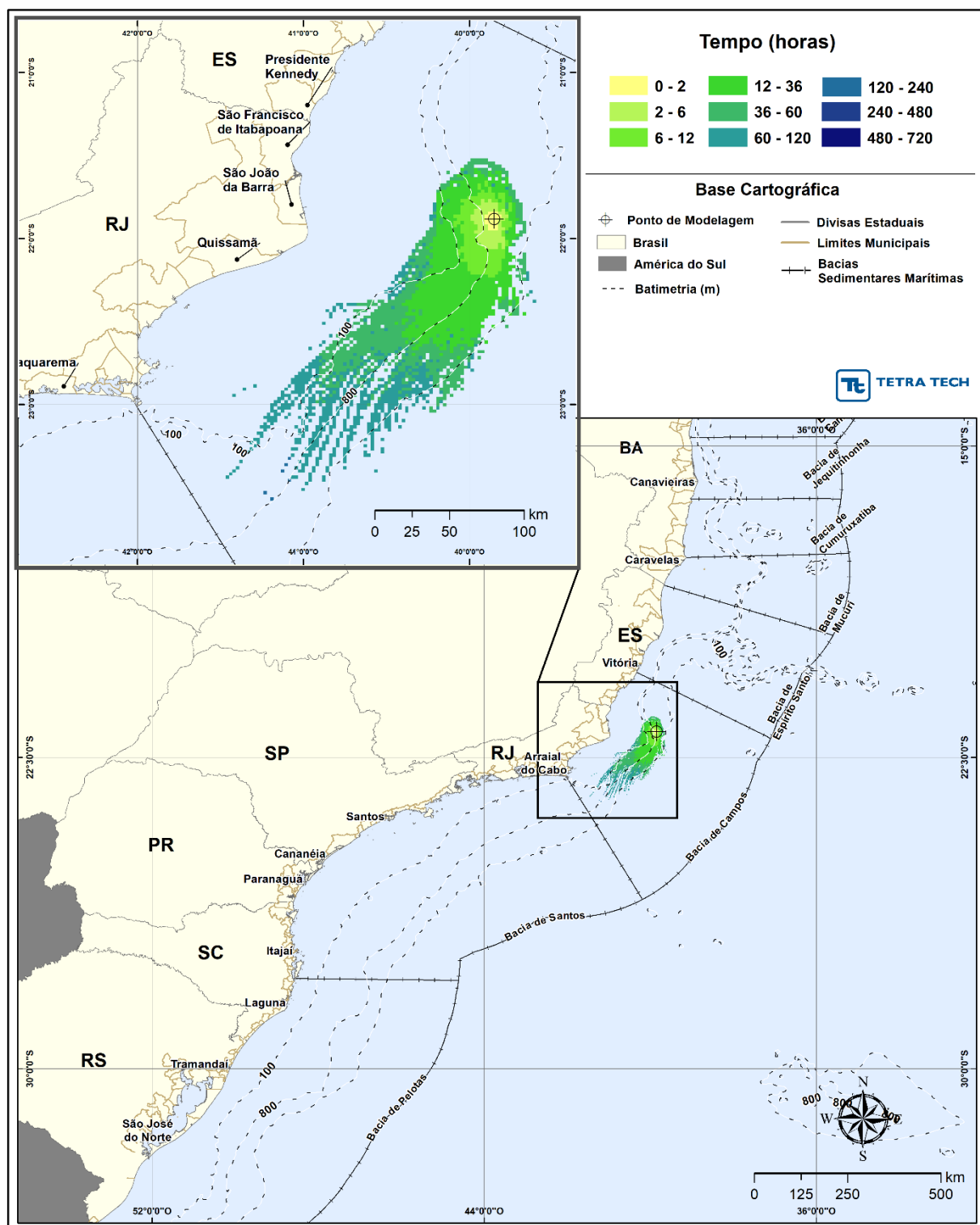


Figura 45 - Cenário FRADE_PRI-VER_8_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período da primavera-verão.

Observa-se que o entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) e a evaporação são os principais processos que contribuem para a retirada do óleo da superfície da água, o que corresponde, em média, a 82,2 % de todo o volume derramado. Ao final da simulação, a presença do óleo na superfície da água é, em média, de 16,97%.

Figura 46 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período da primavera-verão, no instante final da simulação.

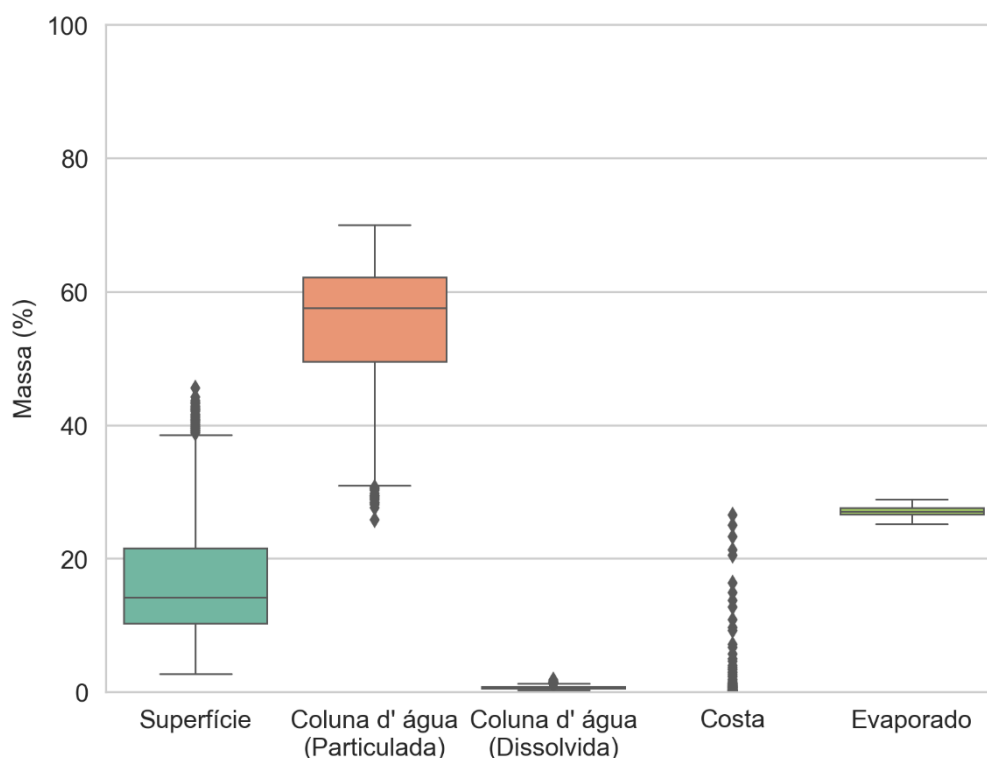


Tabela 23 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período da primavera-verão.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	2,73	25,84	0,30	0,00	25,16
Médio	16,97	54,90	0,69	0,31	27,13
Máximo	45,60	70,00	1,78	26,57	28,90

Figura 47 - Cenário FRADE_OUT-INV_8_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

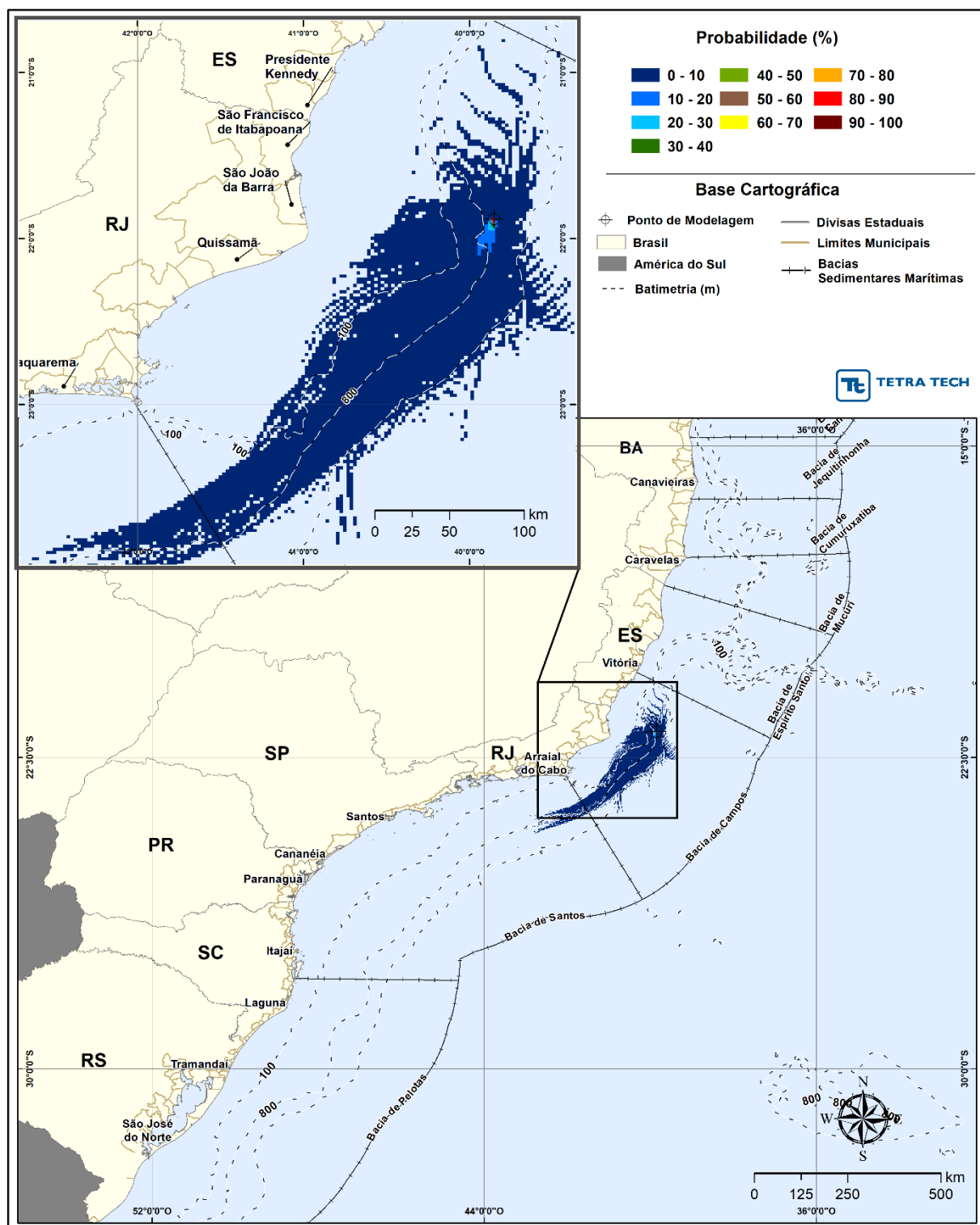
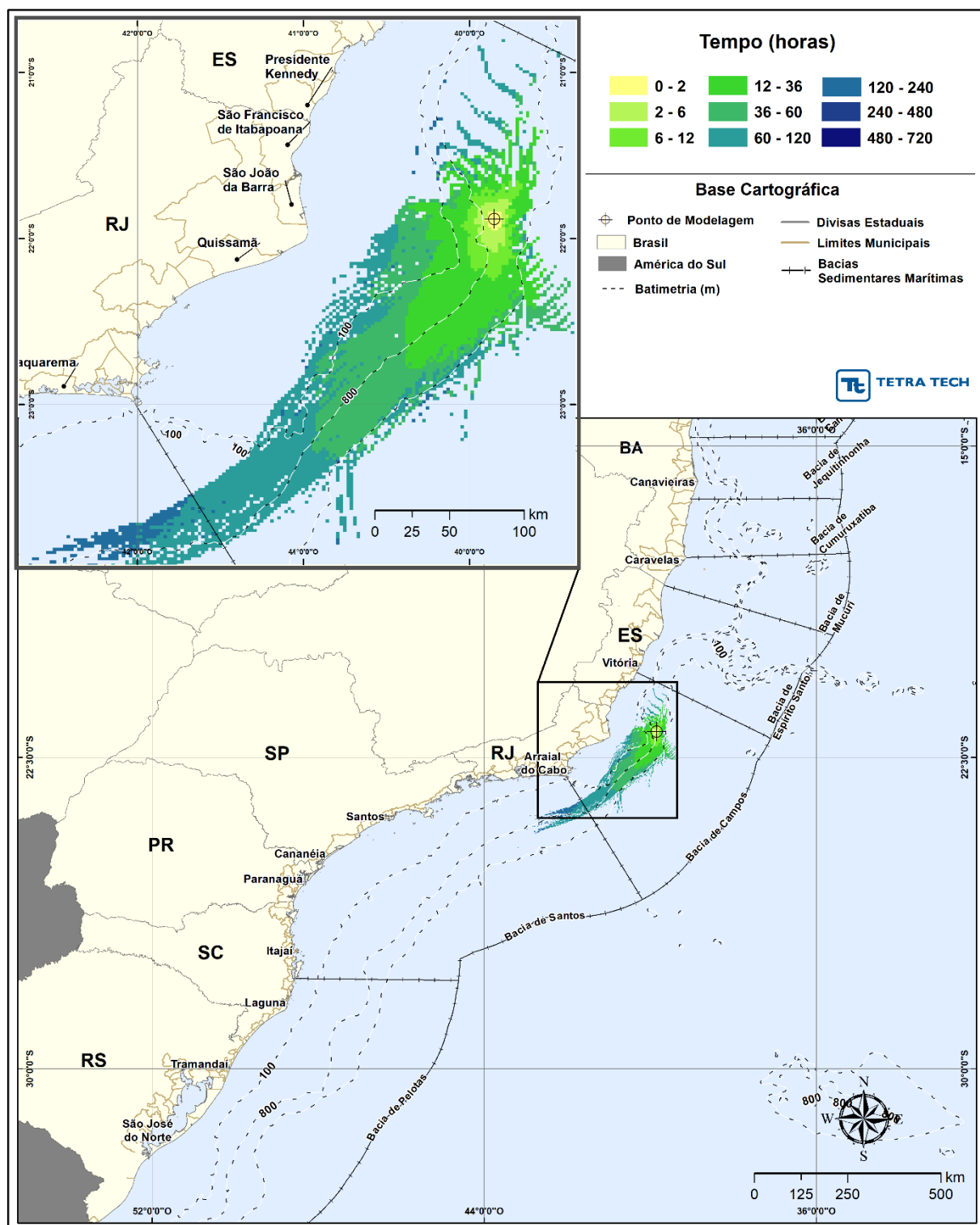


Figura 48 - Cenário FRADE_OUT-INV_8_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período de outono-inverno.

Observa-se, novamente, que o entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) e a evaporação são os principais processos que contribuem para a retirada do óleo da superfície da água, o que corresponde, em média, a 83,05 % de todo o volume derramado. Ao final da simulação, a presença do óleo na superfície da água é, em média, de 17,06%.

Figura 49 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período de outono-inverno, no instante final da simulação.

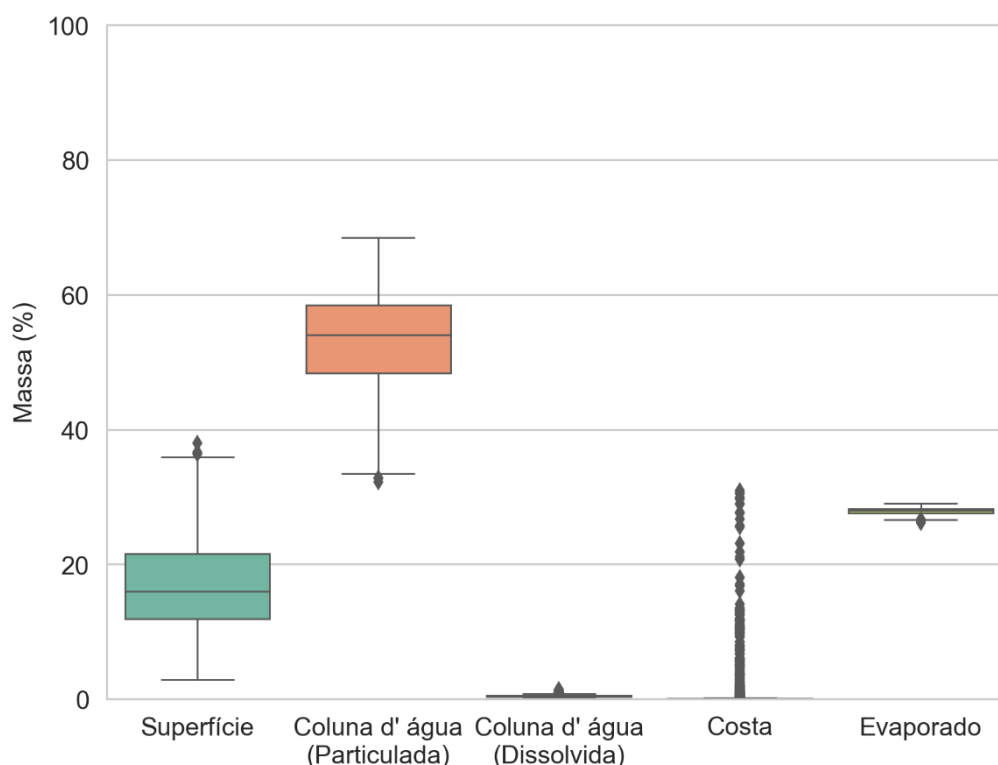


Tabela 24 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume pequeno no período de outono-inverno.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	2,91	32,20	0,26	0,00	26,16
Médio	17,06	53,15	0,50	1,39	27,90
Máximo	37,95	68,46	1,45	30,94	29,05

4.2.1.2. Simulações Probabilísticas - Volume Médio

Da Figura 50 até a Figura 65, são apresentados os resultados da simulação probabilística com derrame de volume médio (200,0 m³) para o período da primavera-verão e outono-inverno.

A partir do resultado da simulação, verifica-se a probabilidade de presença de óleo na superfície da água nas bacias de Campos, Santos em ambos os períodos, sendo que no outono-inverno também ocorrem probabilidades na Bacia do Espírito Santo. A direção preferencial de deslocamento do óleo na superfície da água é para o quadrante SW.

Somente na Bacia de Campos foi verificada probabilidade superior a 10%, sendo os maiores valores de probabilidade localizados próximo ao ponto de vazamento, nos dois períodos considerados.

O toque do óleo na costa ocorreu, no litoral do Estado do Rio de Janeiro em ambos os períodos, com uma extensão de 71 km no período da primavera-verão e 110,9 km no outono-inverno. A maior probabilidade de toque foi de 4,1 % (primavera-verão) e 24,2 % (outono-inverno), sempre na Ilha Cabo frio (Arraial do cabo, RJ)

Com relação ao óleo na coluna d'água, verifica-se a presença do óleo ao longo das duas primeiras camadas, até 31 m de profundidade, em ambos os períodos. As duas camadas apresentam padrão de deslocamento similar ao da superfície. Não foi observada a presença de óleo no leito oceânico, em ambos os períodos.

Figura 50 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

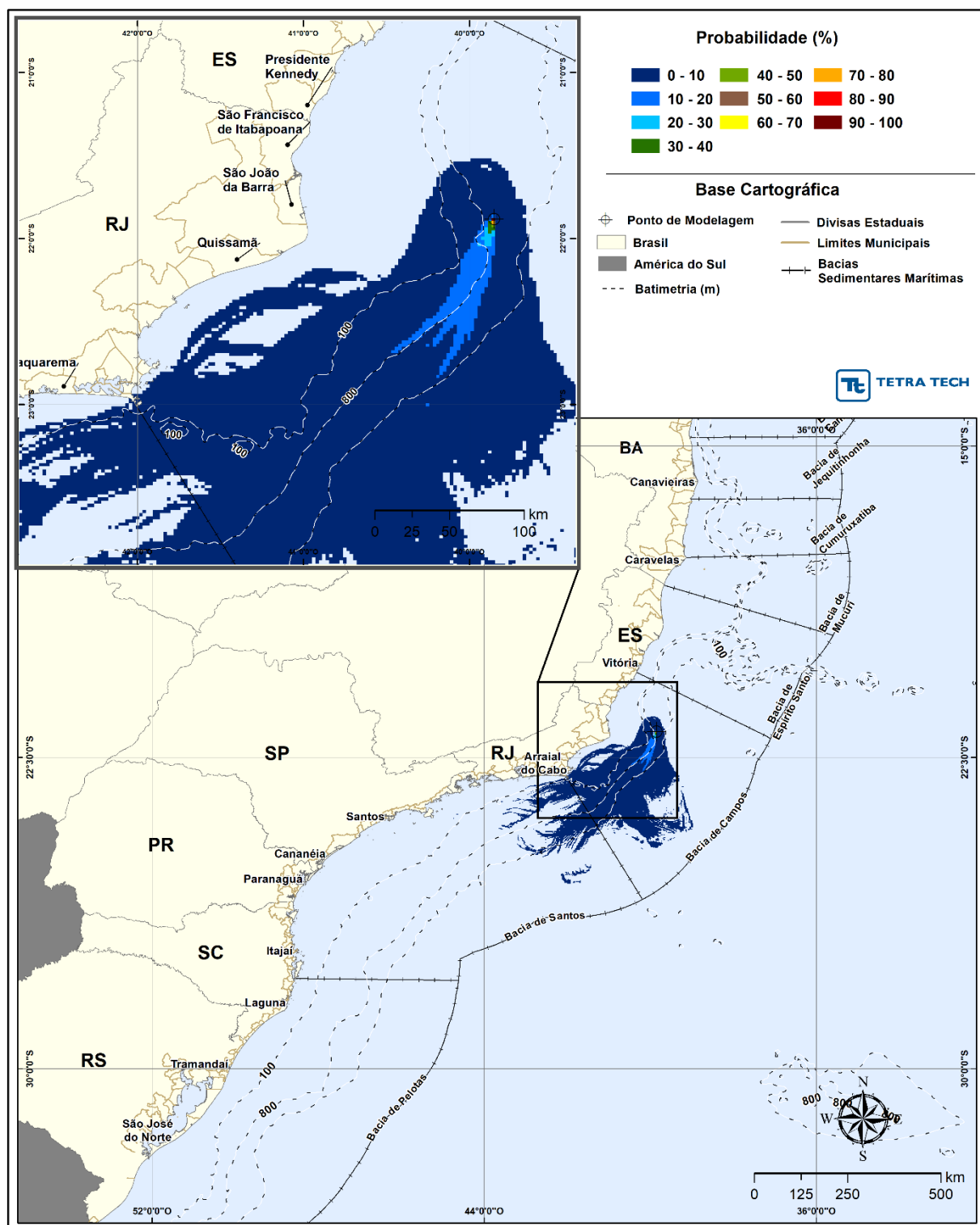


Figura 51 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

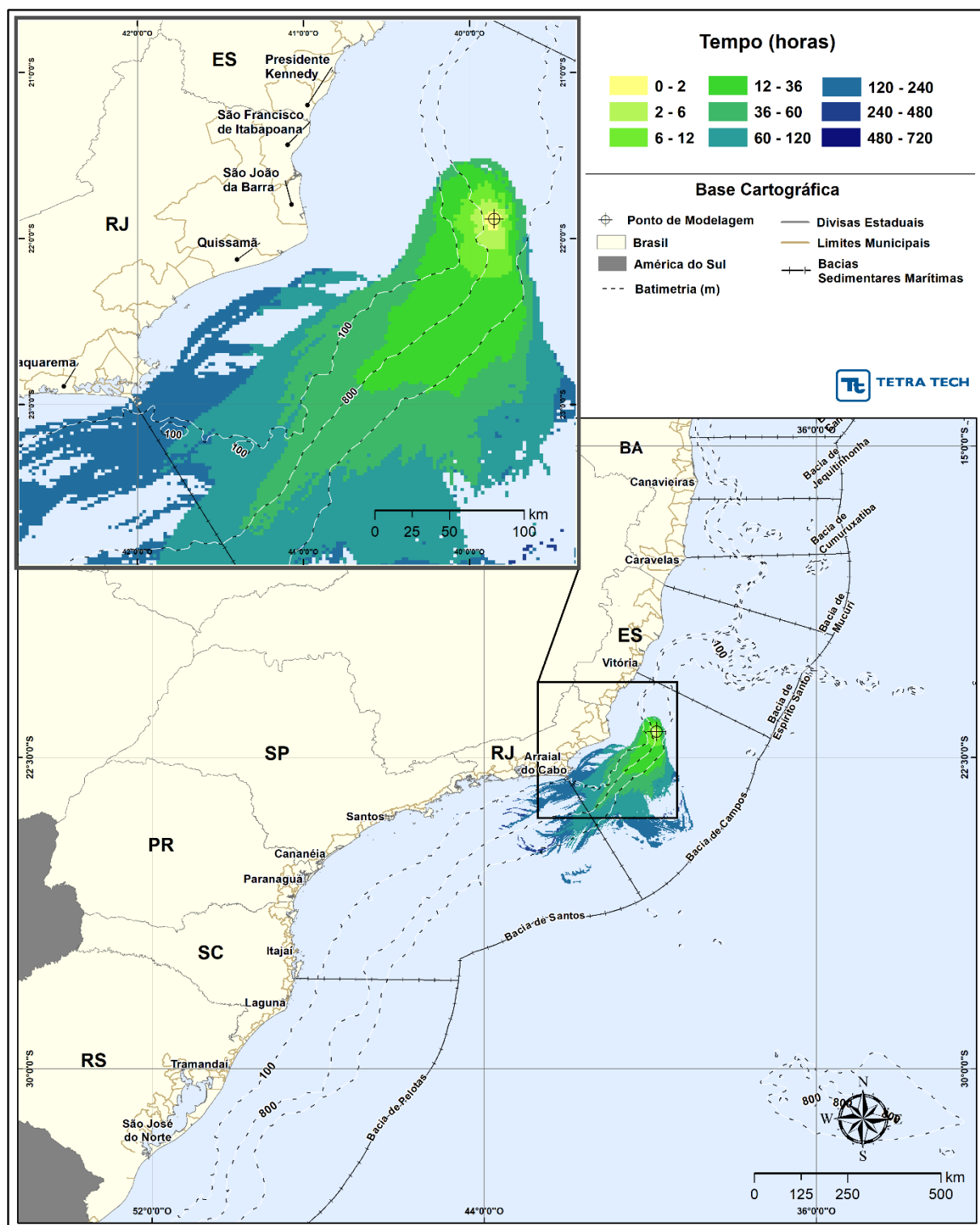


Figura 52 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

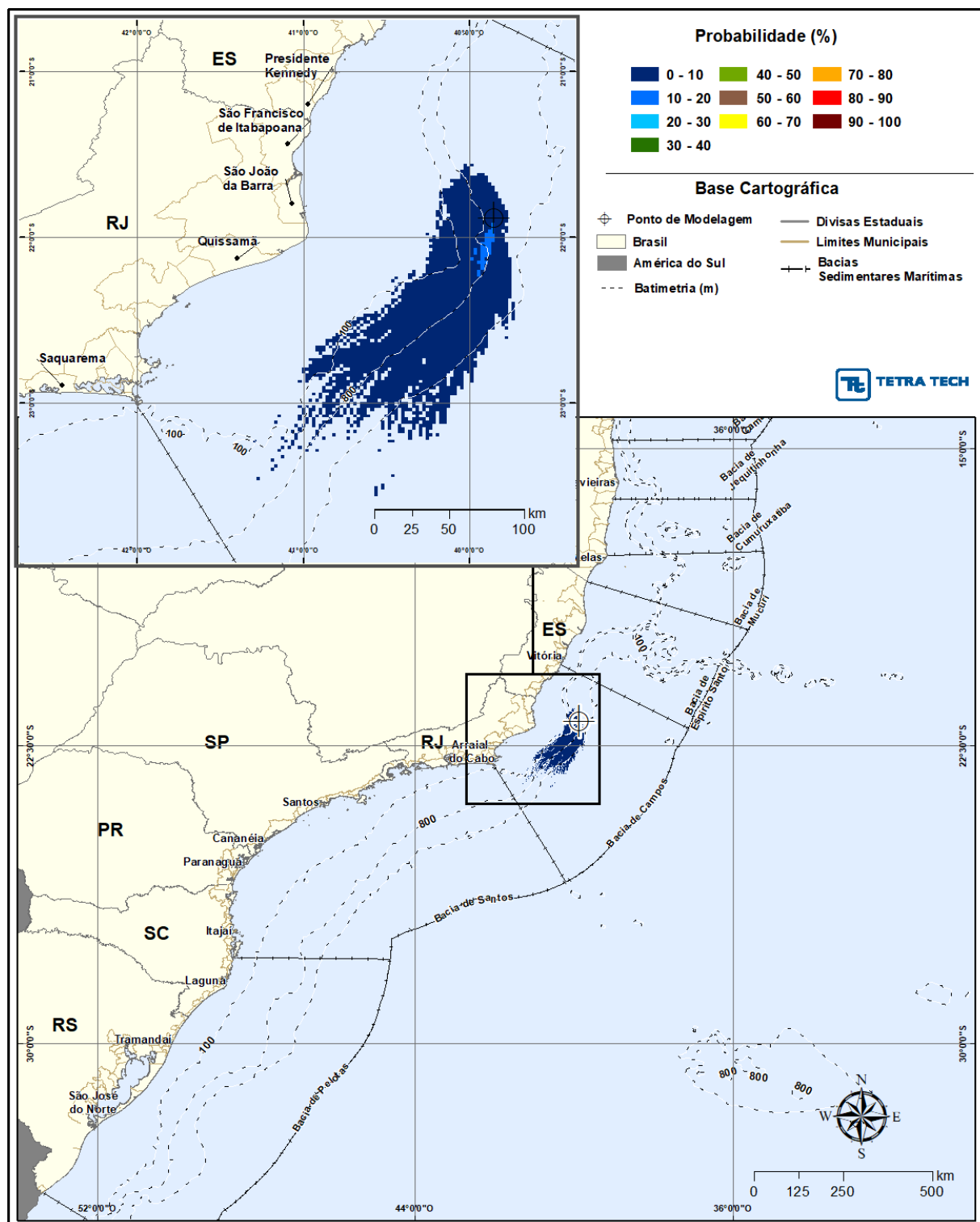


Figura 53 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

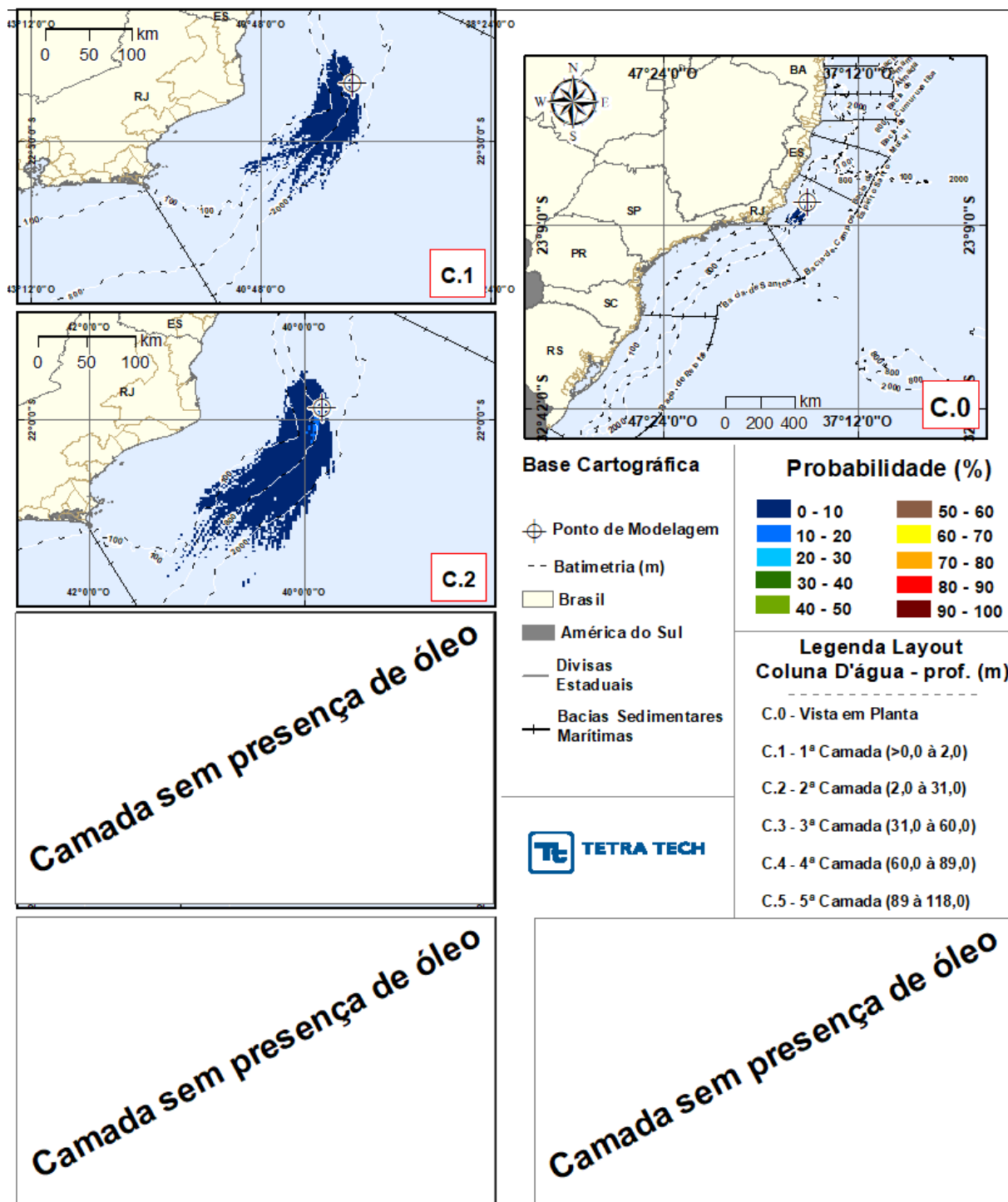


Figura 54 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D. Intervalos de probabilidade de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

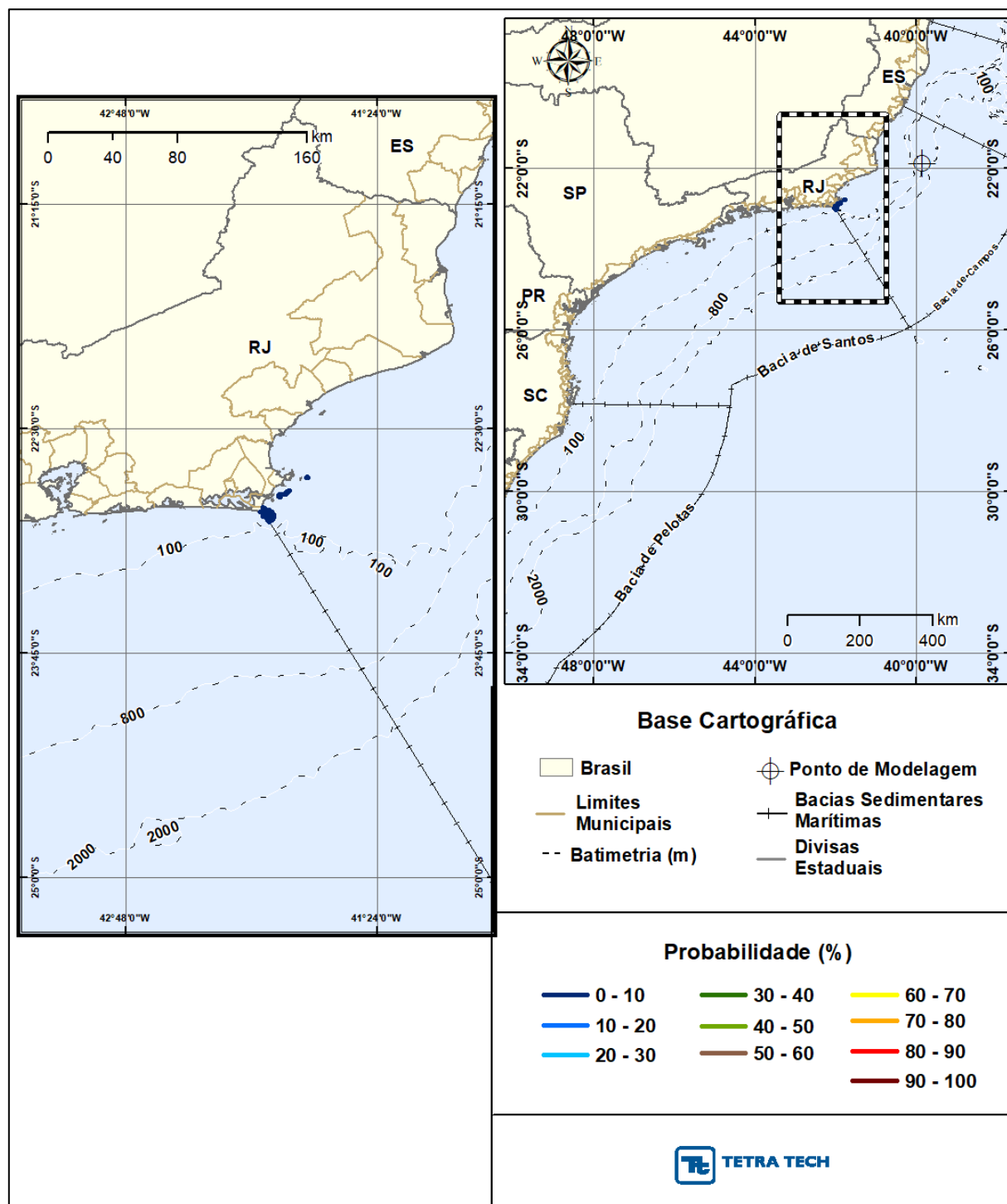


Figura 55 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D. Intervalos de tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

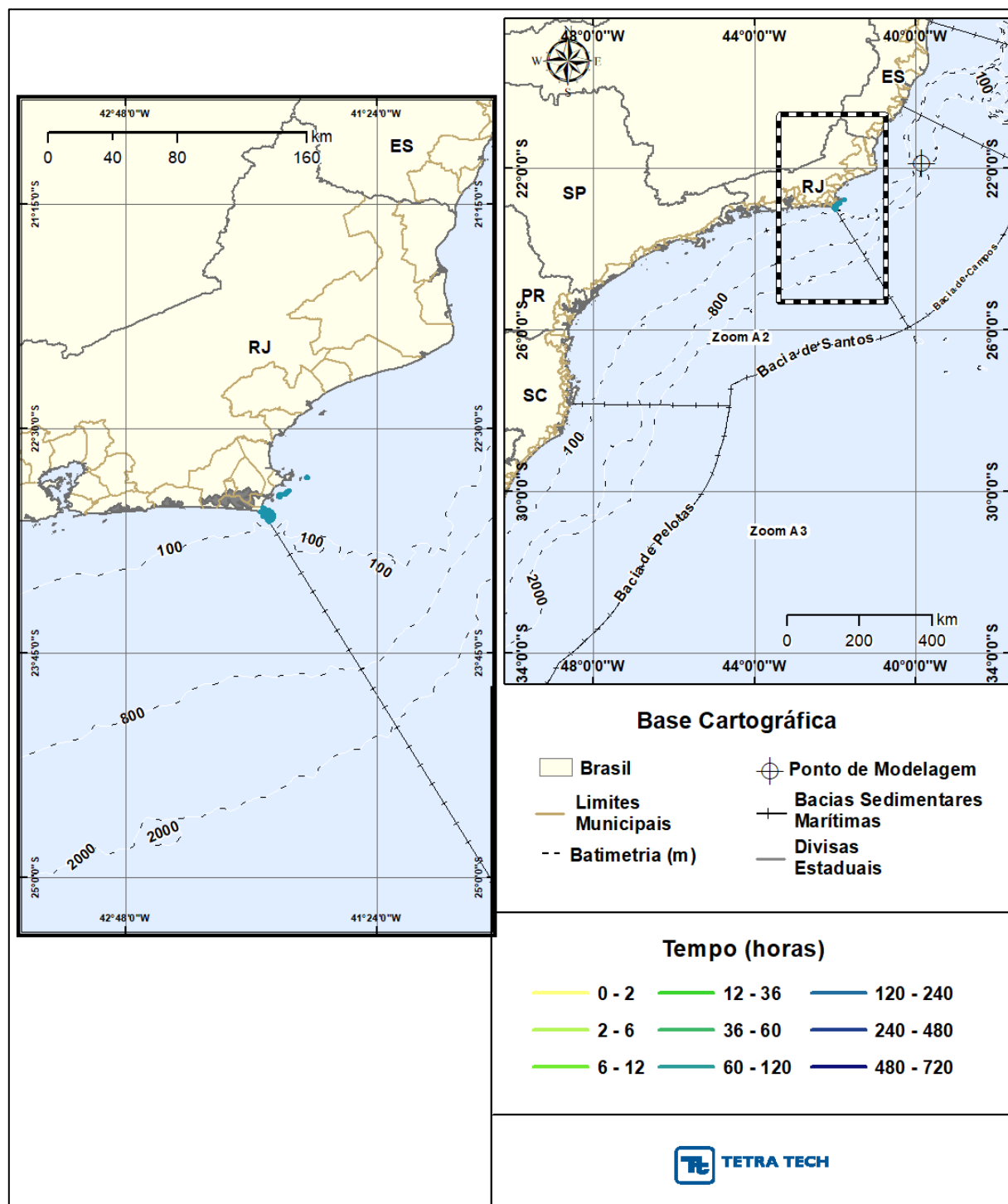
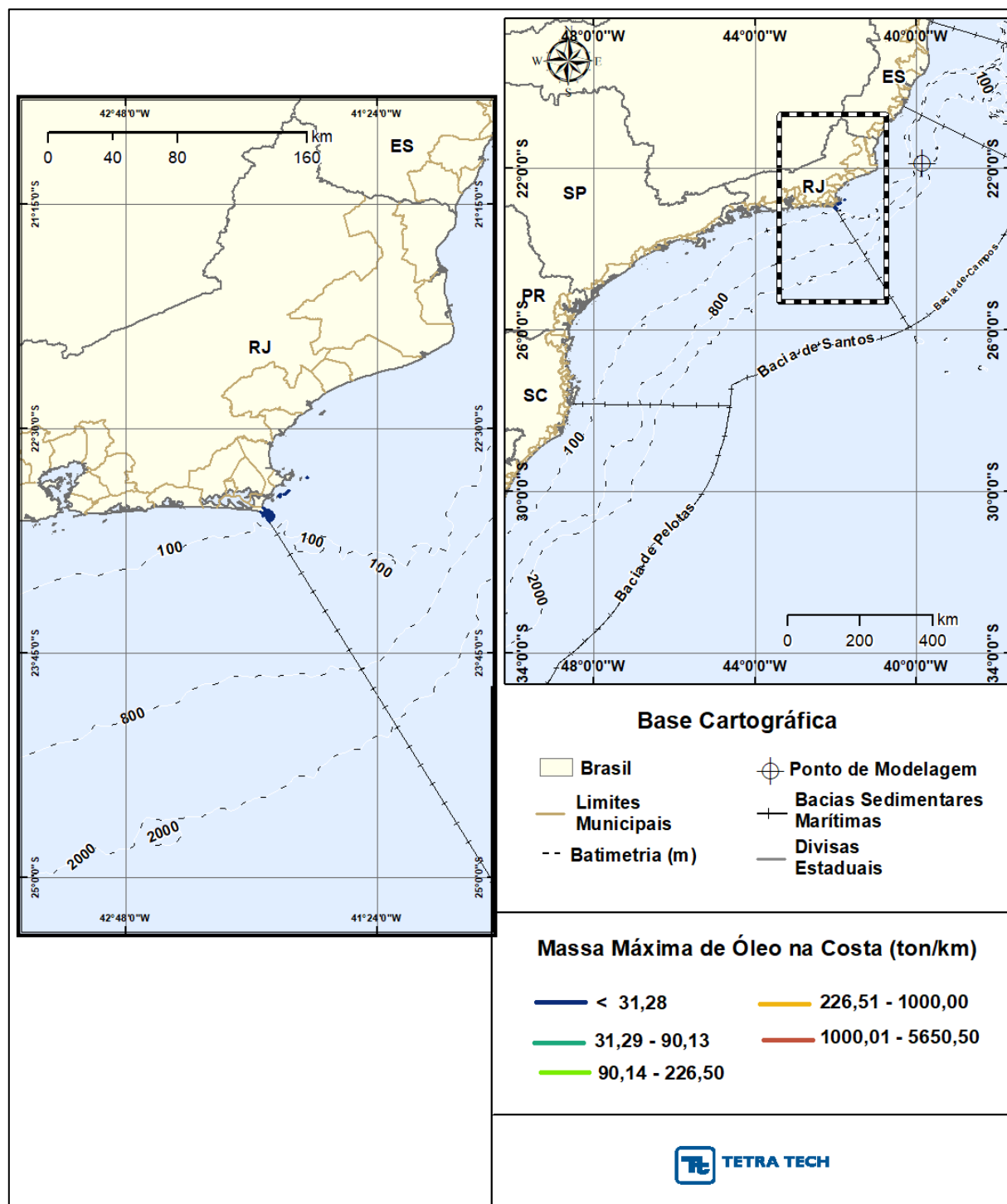


Figura 56 - Cenário FRADE_PRI-VER_200_30D. Massa máxima de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período da primavera-verão.

Observa-se padrão similar ao relatado nos resultados de volume pequeno, com o entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) e a evaporação atuando como os principais processos que contribuem para a retirada do óleo da superfície da água. No total estes dois processos retiraram, em média, 82,16% de todo o volume derramado.

Independentemente do corte de espessura aplicado nos resultados, em média a porcentagem de óleo na costa é baixa (0,32%), demonstrando que no geral esta hipótese acidental não tende a proporcionar a chegada de grandes volumes do óleo na costa. Ao final da simulação, a presença do óleo na superfície da água é, em média, de 16,96%.

Figura 57 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período da primavera-verão, no instante final da simulação.

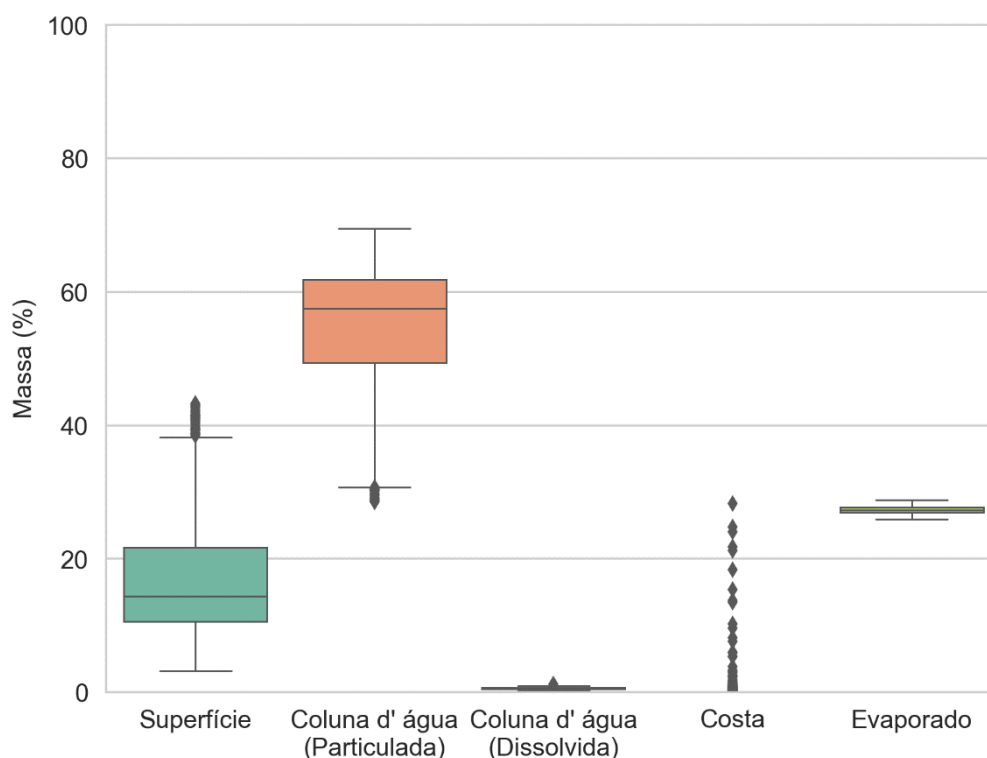


Tabela 25 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período da primavera-verão.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	3,14	28,52	0,32	0,00	25,89
Médio	16,96	54,82	0,56	0,32	27,34
Máximo	43,25	69,46	1,18	28,25	28,75

A Tabela 26 apresenta um resumo dos resultados por município com probabilidade de toque para o cenário da primavera-verão com derrame de volume médio. A probabilidade de toque de óleo na costa abrangeu 71 km de linha de costa, com toque restrito ao litoral do Estado do Rio de Janeiro. O município com o toque mais ao norte foi Armação dos Búzios e, mais ao sul, Arraial do Cabo. O menor tempo para o toque de óleo na costa ocorre na Ilha Âncora (Armação dos Búzios), 165 após o derrame.

Tabela 26 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume médio no período da primavera-verão.

UF	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
RJ	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	1,8	165	165	4,6221	2,92
	Cabo Frio / Ilha do Breu	2,3	187	187	6,9819	1,34
	Cabo Frio / Ilha de Pargos	2,3	187	187	6,9819	3,07
	Cabo Frio / Ilha dos Capões	1,4	187	187	2,6278	1,93
	Cabo Frio / Ilha Comprida	1,7	194	194	0,2858	4,78
	Cabo Frio / Ilha Redonda	1,7	194	194	0,2858	0,95
	Arraial do Cabo / Ilha do Pontal	1,0	215	215	0,4658	1,03
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	2,7	179	180	13,8560	2,78
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	4,1	172	180	11,1083	19,10
	Arraial do Cabo / Ilha do Farol	1,0	192	192	0,5383	0,29
	Arraial do Cabo / Ilha dos Franceses	1,0	192	192	0,5383	0,85
	Arraial do Cabo	2,7	179	188	13,8560	31,97

Figura 58 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

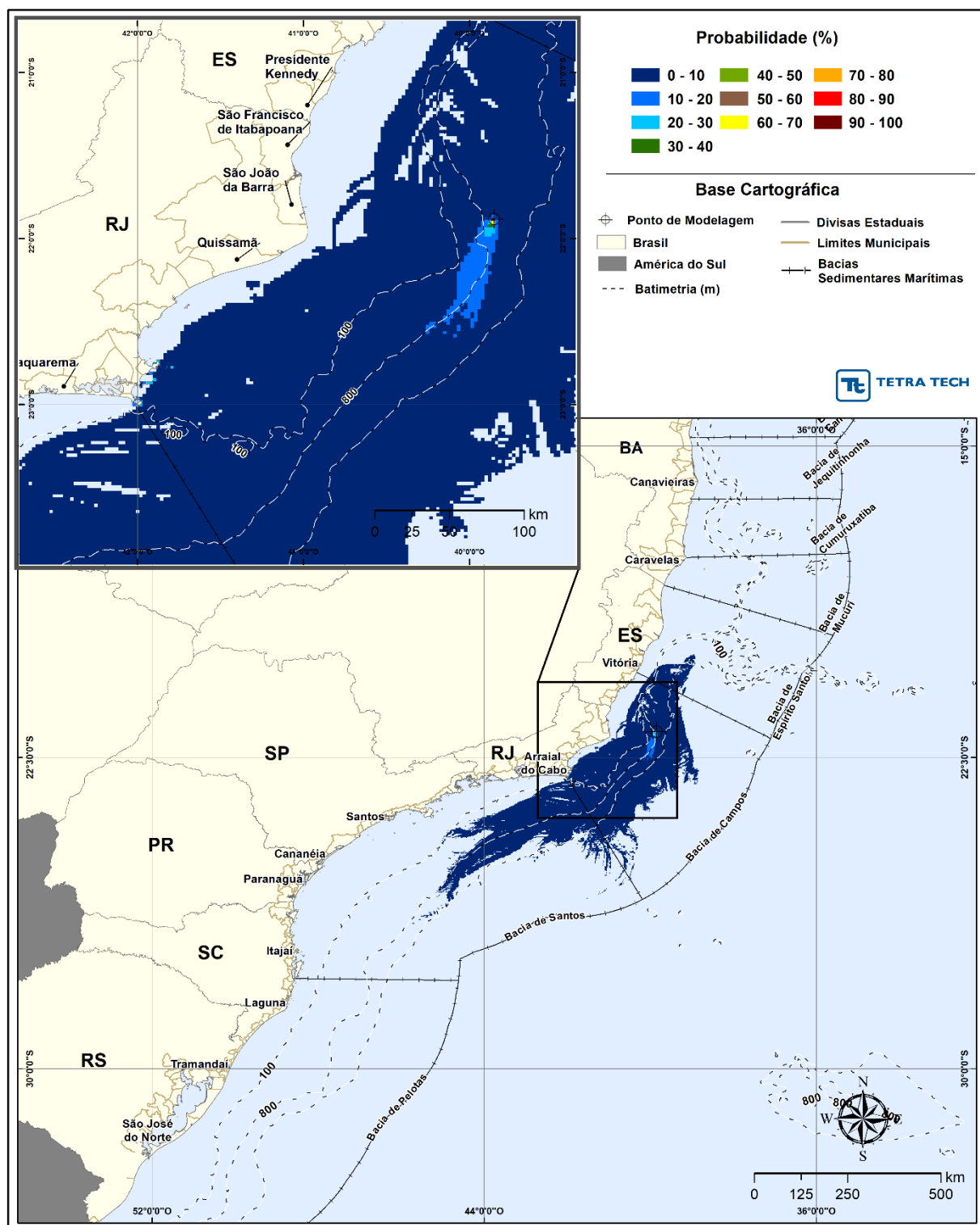


Figura 59 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

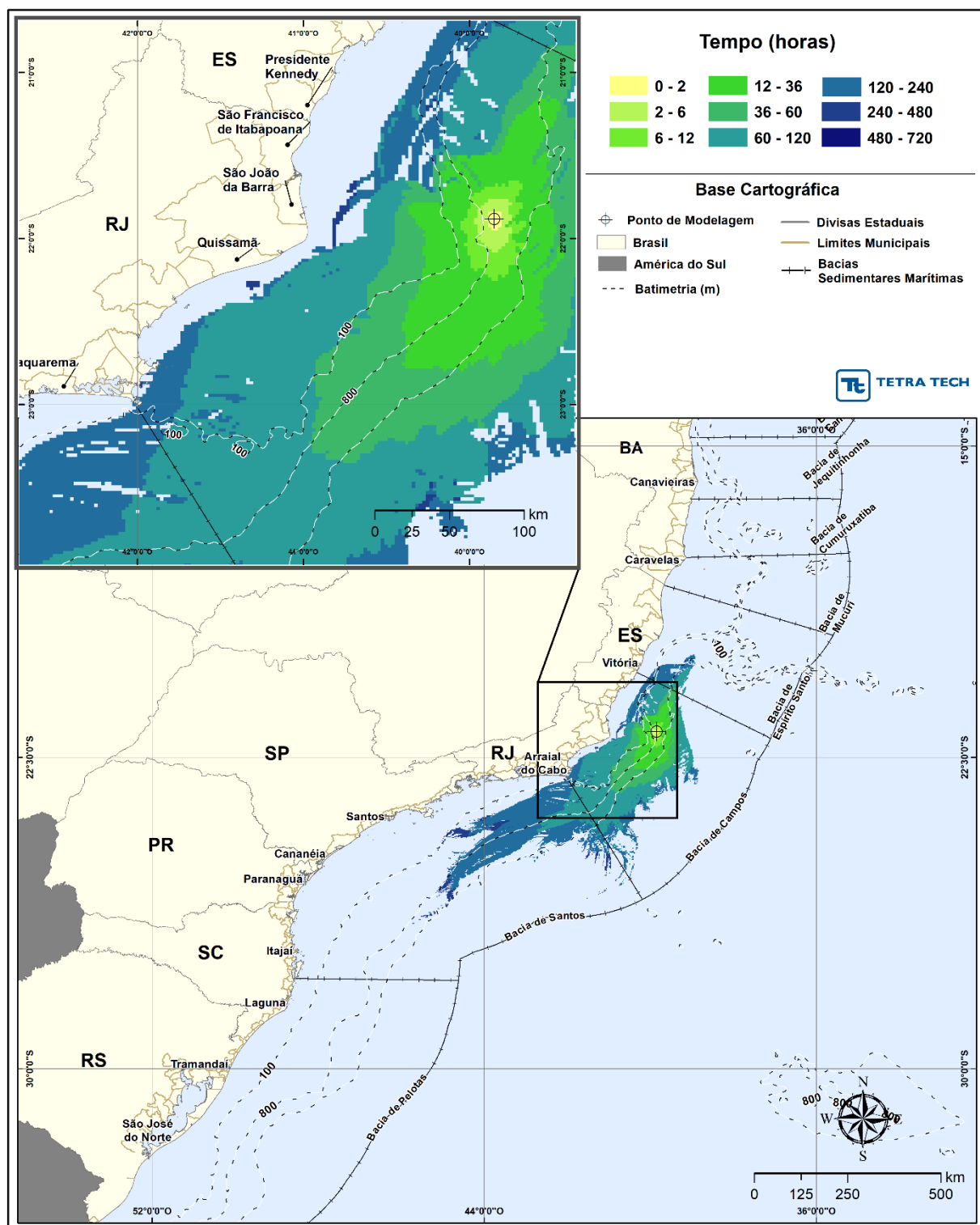


Figura 60 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

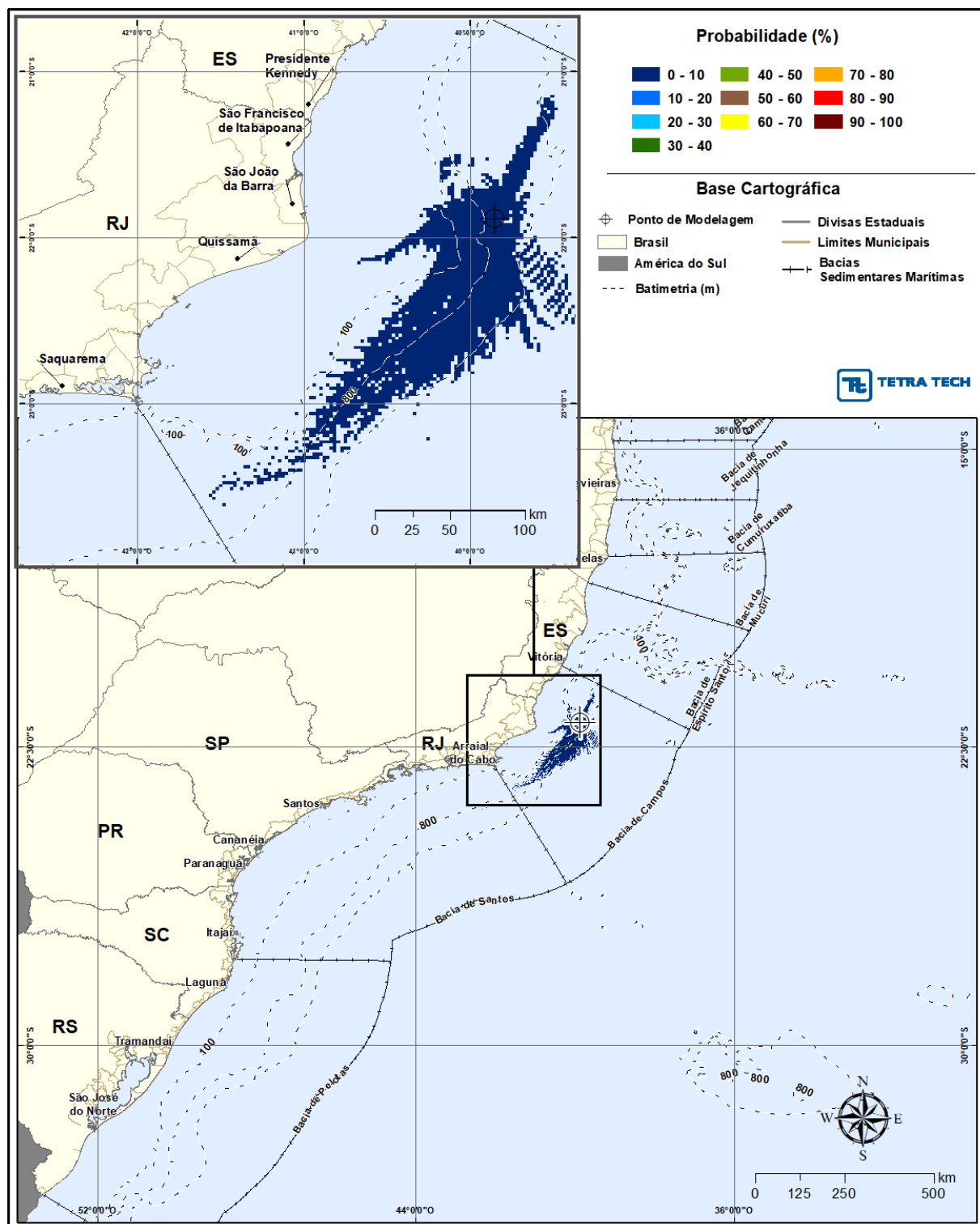


Figura 61 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

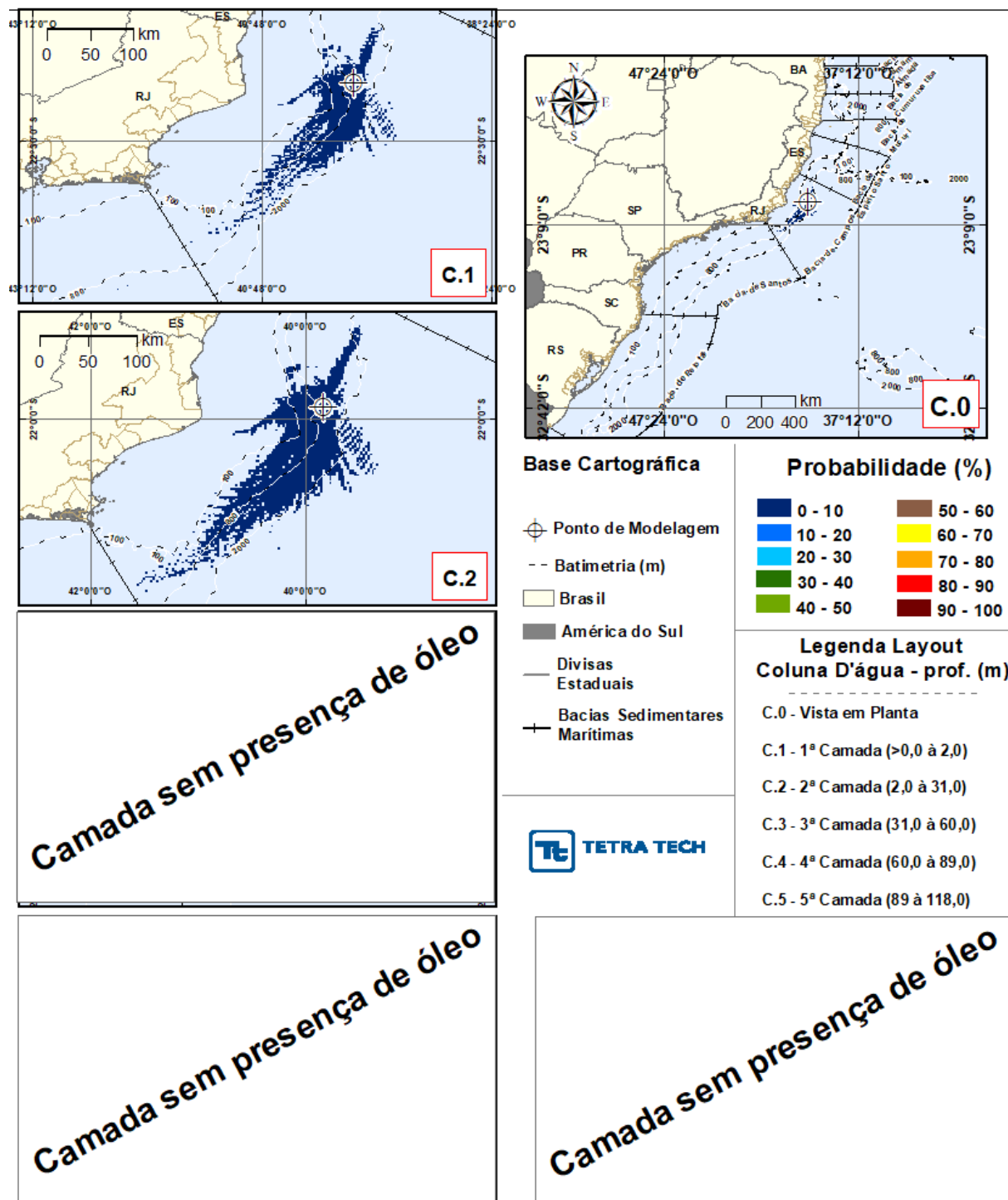


Figura 62 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D. Intervalos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

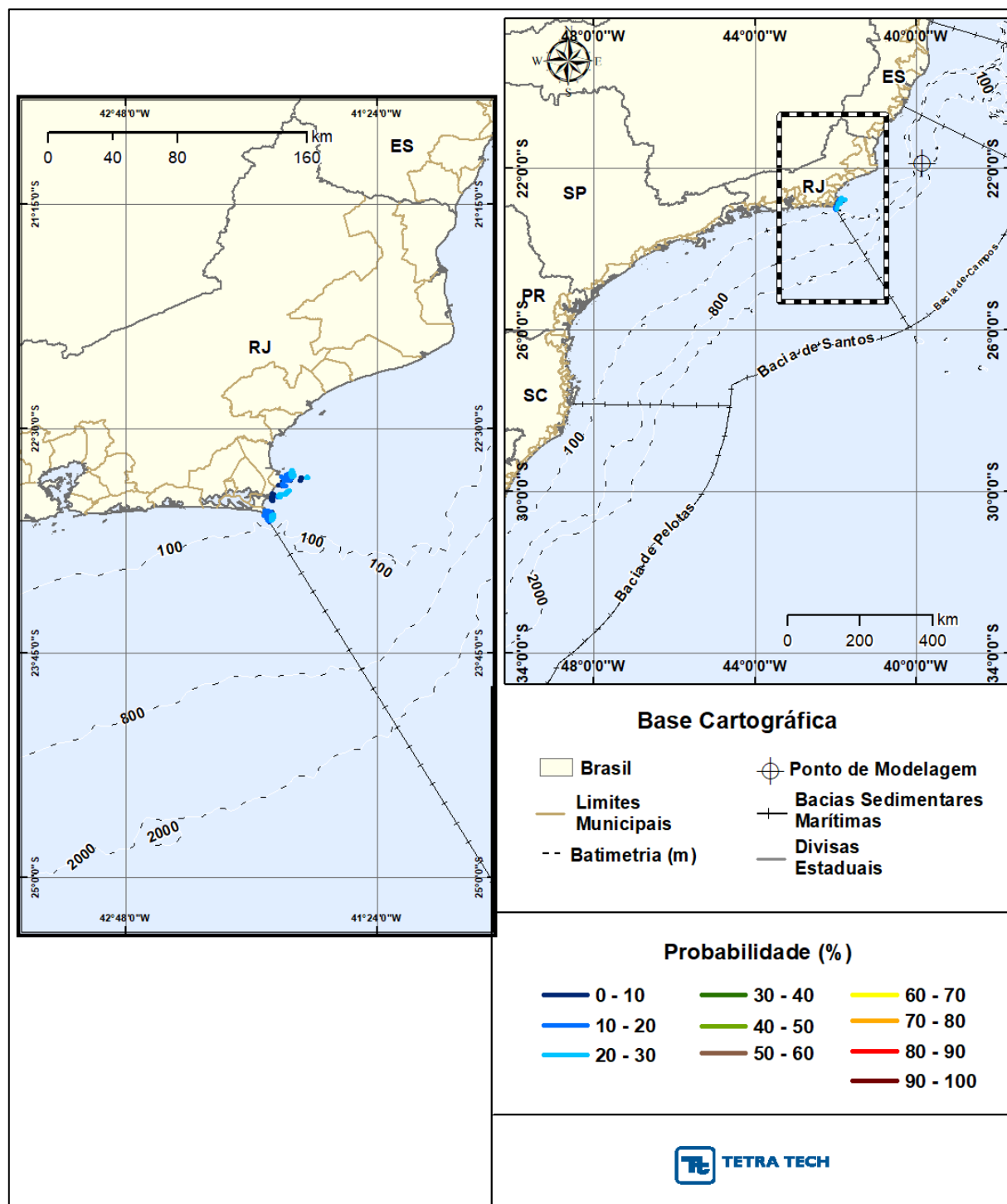


Figura 63 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D. Intervalos de tempo de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

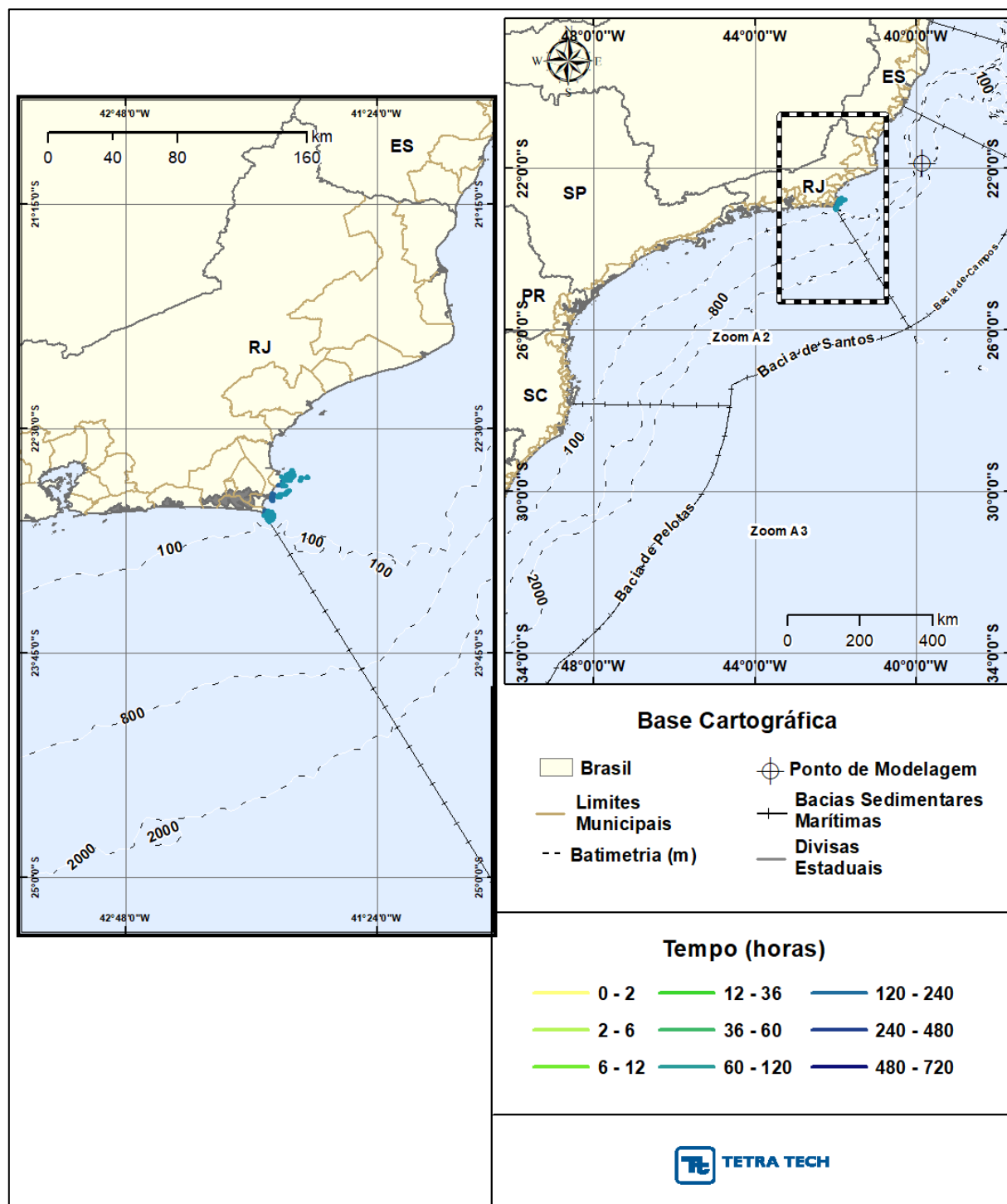
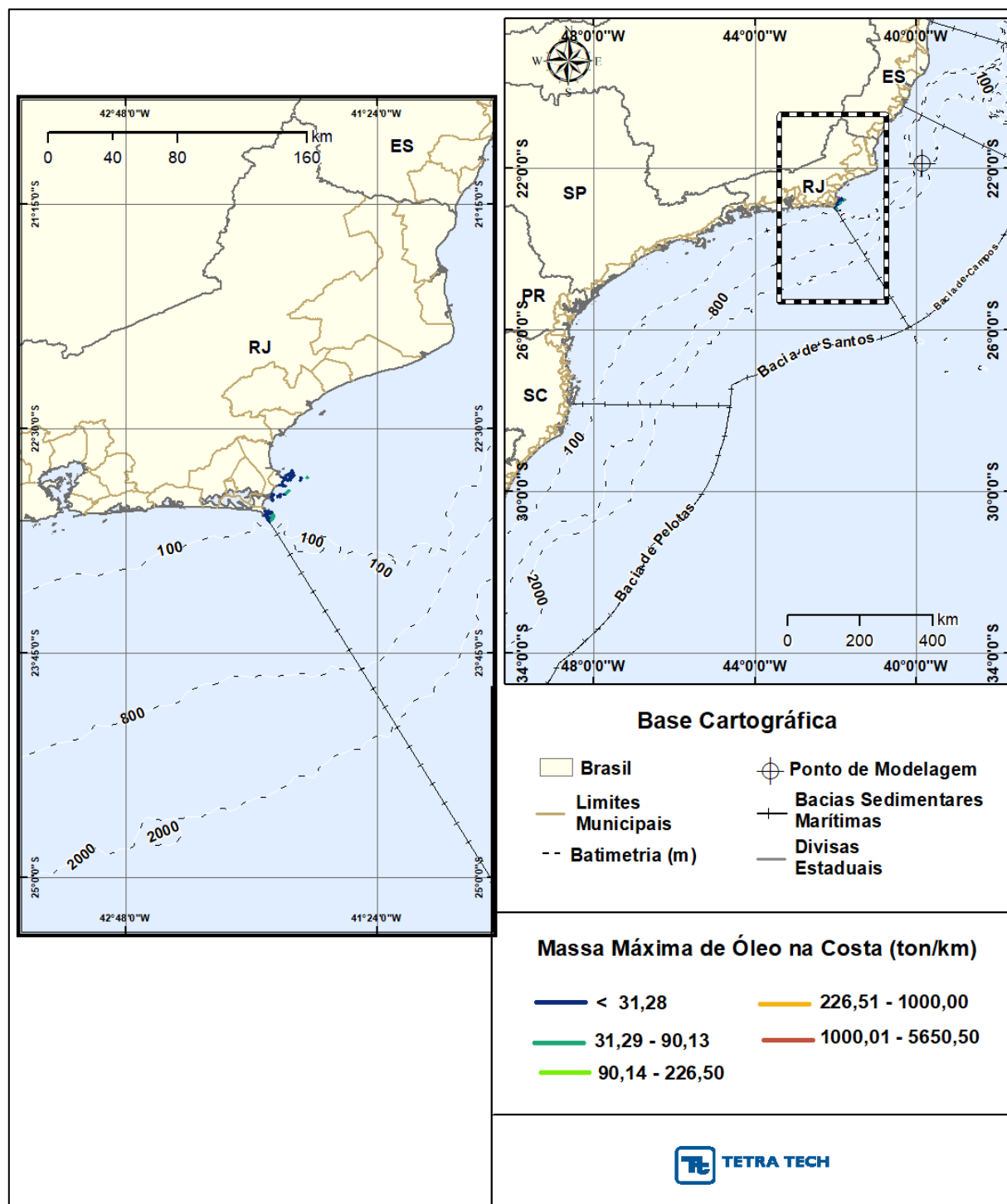


Figura 64 - Cenário FRADE_OUT-INV_200_30D. Massa máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período de outono-inverno.

O entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) e a evaporação foram responsáveis pela retirada de, em média, a 81,13 % de todo o volume derramado. Similar ao resultado da primavera-verão, em média, a porcentagem de óleo na costa e baixa (1,41 %). Ao final da simulação, a presença do óleo na superfície da água é, em média, de 17,03 %.

Figura 65 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período de outono-inverno, no instante final da simulação.

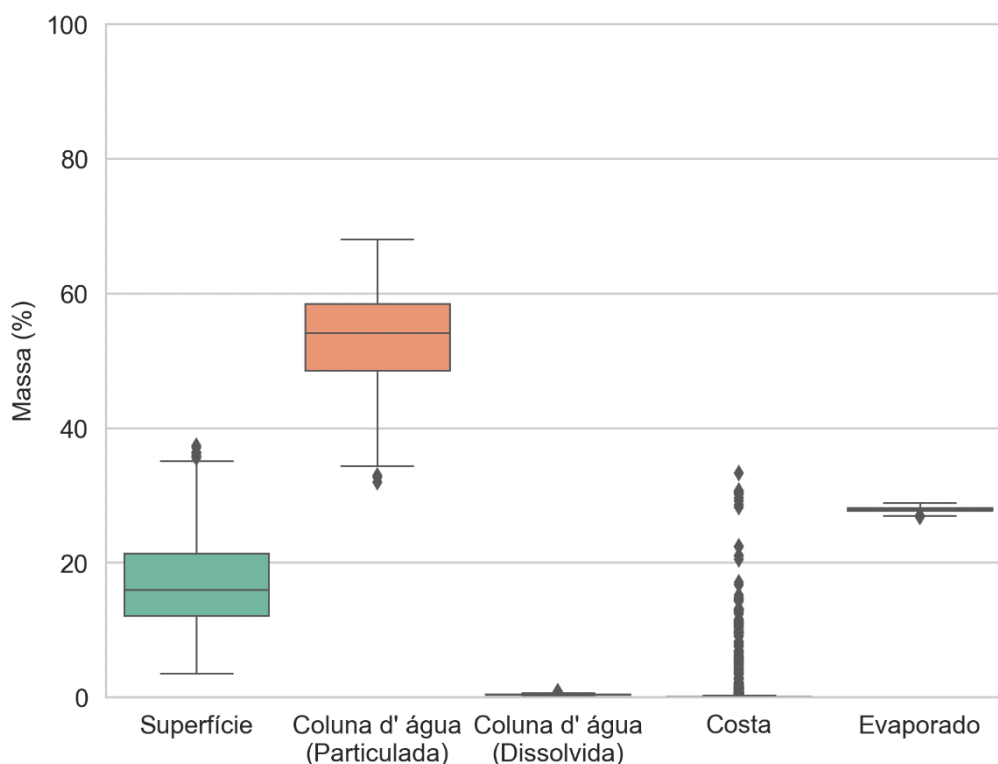


Tabela 27 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume médio no período de outono-inverno.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	3,51	31,91	0,24	0,00	26,76
Médio	17,03	53,20	0,43	1,41	27,93
Máximo	37,34	68,02	0,82	33,26	28,87

A Tabela 28 apresenta um resumo dos resultados por município com probabilidade de toque para o cenário de outono-inverno com derrame de volume médio. A probabilidade de toque de óleo na costa abrangeu 110,9 km de linha de costa, com toque restrito aos municípios do Estado do Rio de Janeiro. O município com o toque mais ao norte foi Armação dos Búzios e, mais ao sul, Arraial do Cabo. Observa-se ainda que o menor tempo para o toque de óleo na costa ocorre na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), 135 horas após o derrame.

Tabela 28 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume médio no período de outono-inverno.

UF	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
RJ	Armação dos Búzios / Laje da Tartaruga	15,2	178	178	3,6058	0,27
	Armação dos Búzios / Ilha do Caboclo	15,2	178	178	3,6058	0,23
	Armação dos Búzios / Ilha Branca	20,4	170	170	7,9486	0,83
	Armação dos Búzios / Laje do Criminoso	20,4	170	170	7,9486	0,06
	Armação dos Búzios / Ilha próxima à Praia do Forno	20,9	173	180	21,1967	0,31
	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	23,2	135	135	50,7654	2,92
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá (Filhote)	1,0	147	147	2,1120	0,50
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá	1,0	144	146	4,1749	2,36
	Armação dos Búzios / Ilha do Boi	1,0	187	187	1,7019	0,58
	Armação dos Búzios / Lajes na Praia da Ferradura	16,1	187	189	1,7019	0,18
	Armação dos Búzios / Laje das Enchovas	18,8	191	191	1,8193	0,04
	Armação dos Búzios / Laje Seca	18,8	191	191	1,8193	0,07
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Fora	18,8	191	191	1,8193	1,05
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Dentro	18,8	191	191	1,8193	1,06
	Armação dos Búzios	20,9	166	204	21,1967	37,54
	Cabo Frio / Ilha do Breu	24,0	156	156	52,2153	1,34
	Cabo Frio / Ilha de Pargos	24,0	156	163	52,2153	3,07
	Cabo Frio / Ilha dos Capões	21,5	172	172	22,0705	1,93
	Cabo Frio / Ilha Comprida	20,4	174	180	6,3417	7,62
	Cabo Frio / Ilha Redonda	20,4	174	174	6,3417	0,95
	Cabo Frio / Ilha dos Papagaios	9,4	416	416	0,3190	3,78
	Cabo Frio	9,4	416	424	0,3190	5,36
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	18,0	172	174	11,5387	2,78
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	24,2	155	168	66,0063	16,80

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	Arraial do Cabo	18,0	175	242	11,5387	19,29

4.2.1.3. Simulações Probabilísticas - Volume Pior Caso – FPSO

Da Figura 66 até a Figura 85, são apresentados os resultados da simulação probabilística com derrame de volume de pior caso – afundamento do FPSO Frade (258.394,99 m³) para o período da primavera-verão e outono-inverno.

Os resultados demonstram a probabilidades de presença de óleo na superfície da água nas bacias de Campos, Santos e Pelotas em ambos os períodos, sendo que no outono-inverno também ocorrem probabilidades na Bacia do Espírito Santo. A direção preferencial de deslocamento do óleo na superfície da água é para o quadrante SW próximo ao ponto de modelagem e, à medida que se desloca vai orientando-se com o posicionamento da costa do Brasil.

Na Bacia de Pelotas as maiores probabilidades não foram superiores a 50% (primavera-verão) e 30% (outono-inverno). Na Bacia de Santos as maiores probabilidades não foram superiores a 90% em ambos os períodos. As maiores probabilidades 100% foram identificadas na Bacia de Campos. Por fim, na Bacia do Espírito Santo, as maiores probabilidades não foram superiores a 10% (outono-inverno).

O toque do óleo na costa ocorreu ao longo de 1.561,1 km, no litoral dos estados do Rio de Janeiro a Santa Catarina no período da primavera-verão. No período do outono-inverno o toque ocorreu no litoral dos estados do Espírito Santos, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina, totalizando 1.156,3 km. As maiores probabilidades de toque foram de 18,6 % (Ilhabela, SP) no período da primavera-verão e, 19,9 % (outono-inverno) na Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ).

Com relação ao óleo na coluna d'água, ambos os períodos apresentaram a presença do óleo até a camada 6 (até 147 m). As três primeiras camadas, ou seja, até 60 m, apresentam padrão de deslocamento similar ao da superfície. Na camada 04 (60 até 89 m) verifica-se que o padrão se mantém, mas com diminuição no domínio e valores de probabilidade. Na camada 05 (89 m até 118 m) e camada 6 (118 m até 147 m), a presença do óleo ocorre de forma dispersa e sempre com probabilidades inferiores a 10%.

A presença do óleo no leito oceânico ocorreu predominantemente dentro da isóbata de 100 m. Na primavera-verão verifica-se esta ocorrência nas bacias de Campos, Santos e Pelotas, com probabilidades superiores a 10% na Bacia Campos e Santos. No período de outono-inverno, observa-se a ocorrência nas bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. Na Bacia de Campos observam-se probabilidades de até 30% e na Bacia de Santos de até 20%

Figura 66 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

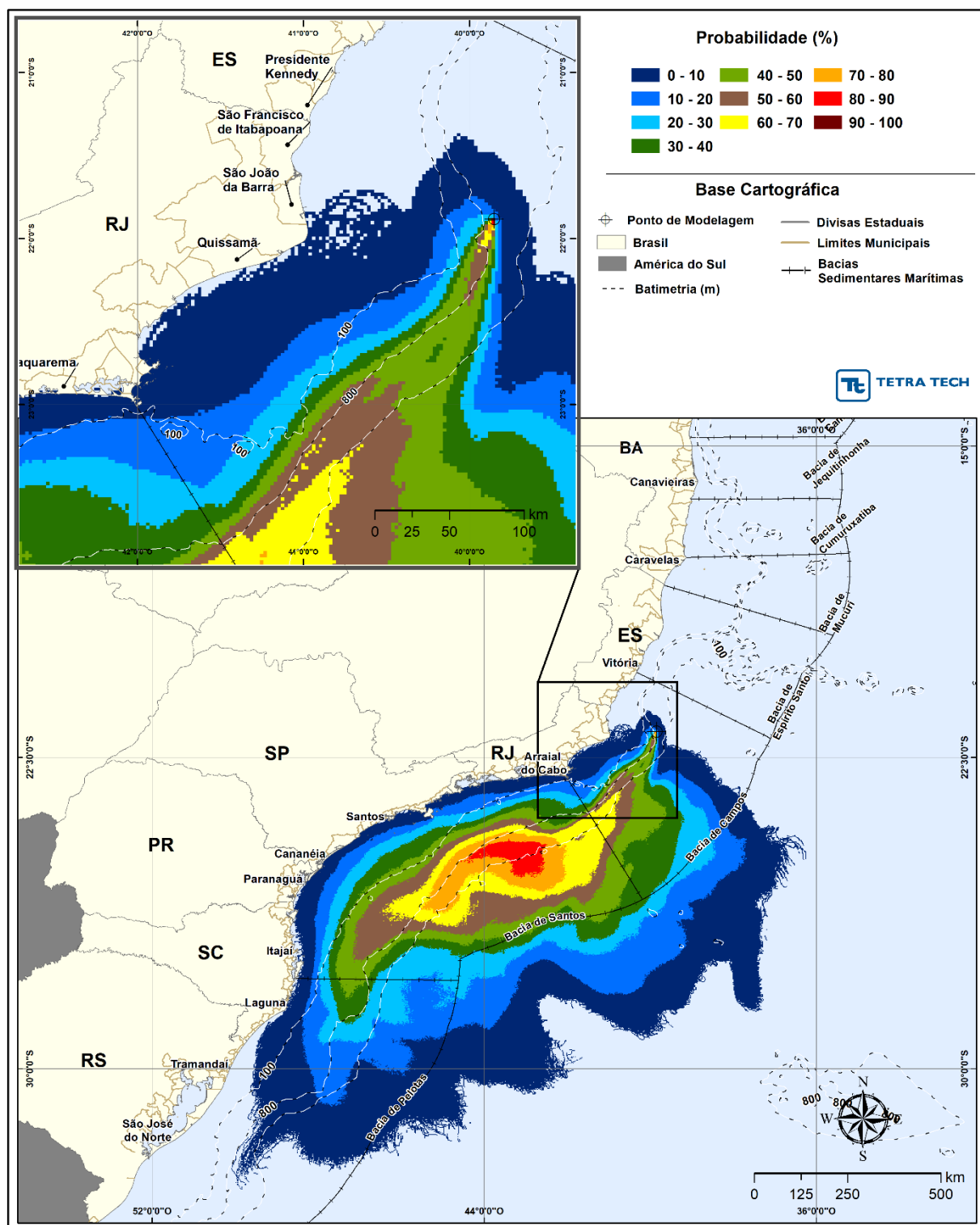


Figura 67 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

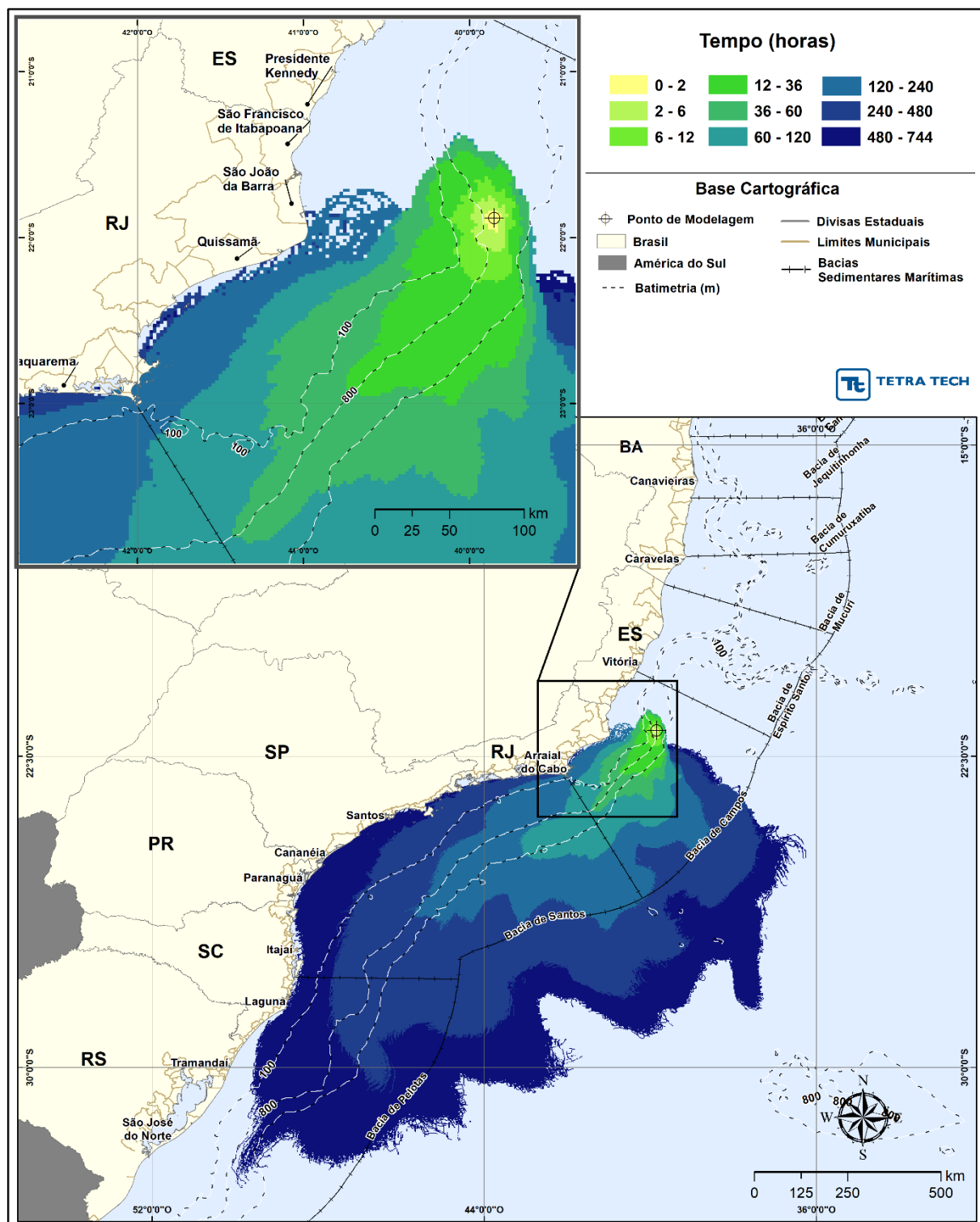


Figura 68 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

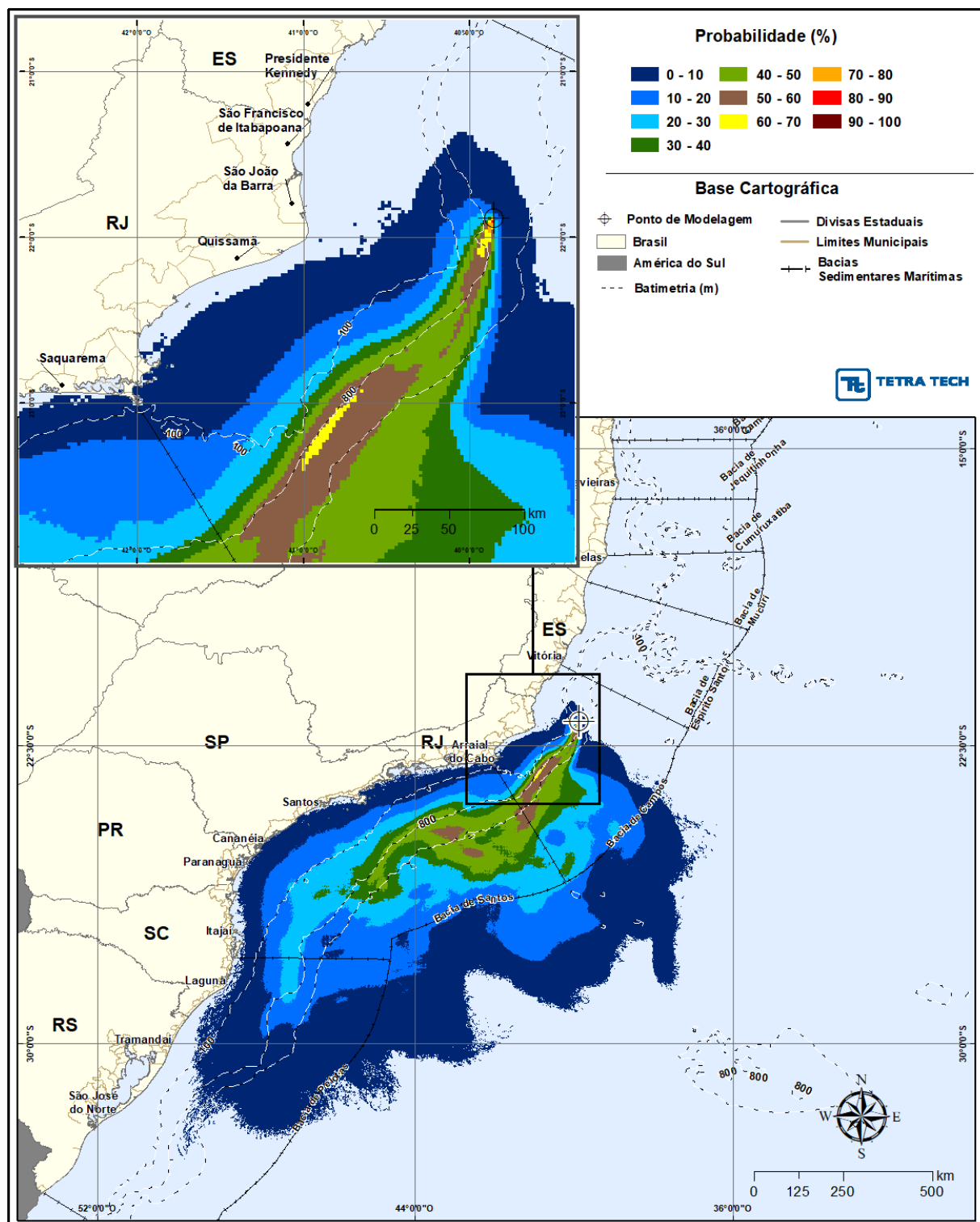


Figura 69 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 1 a 5.

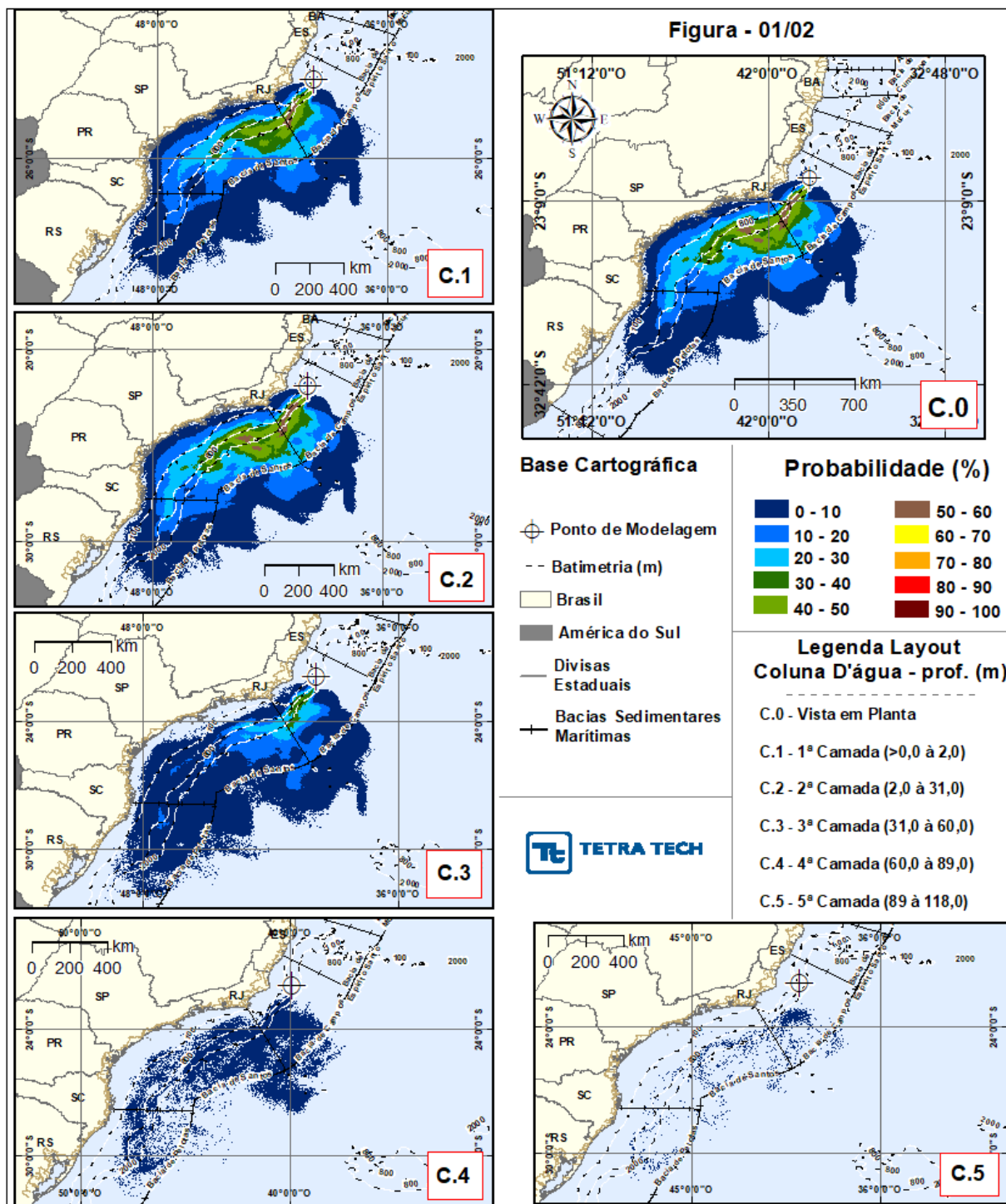


Figura 70 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 6.

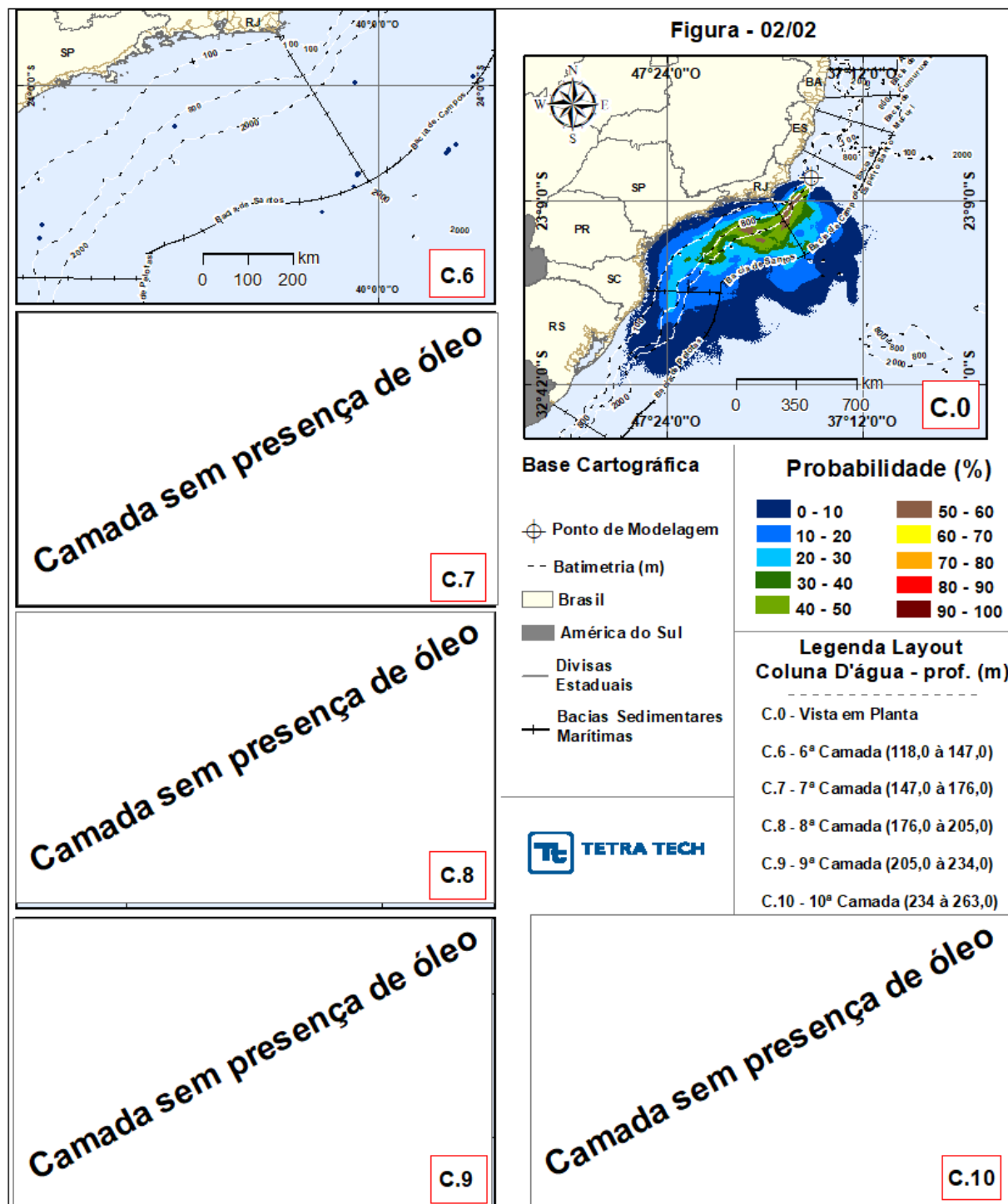


Figura 71 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

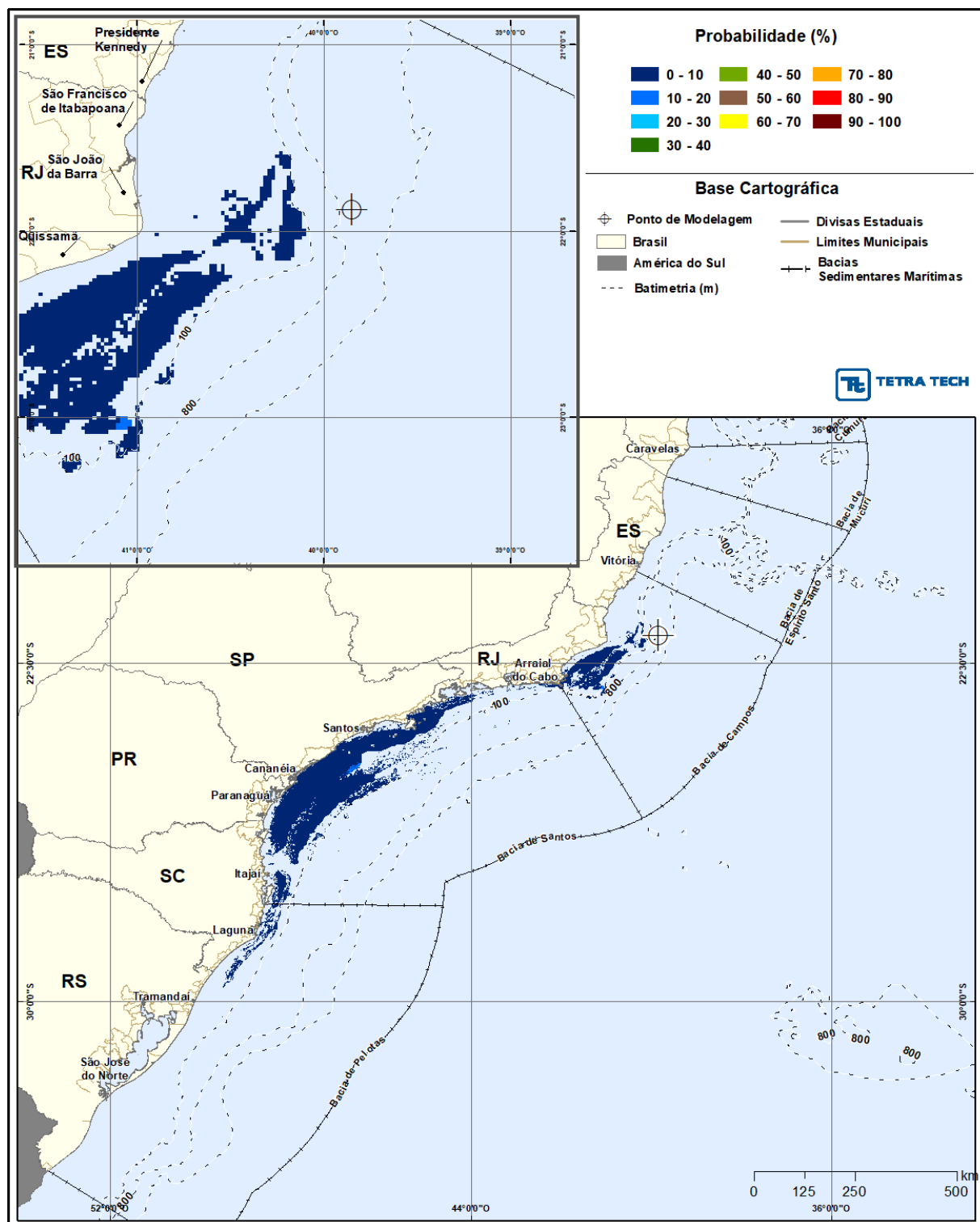


Figura 72 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Intervalos de probabilidade de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

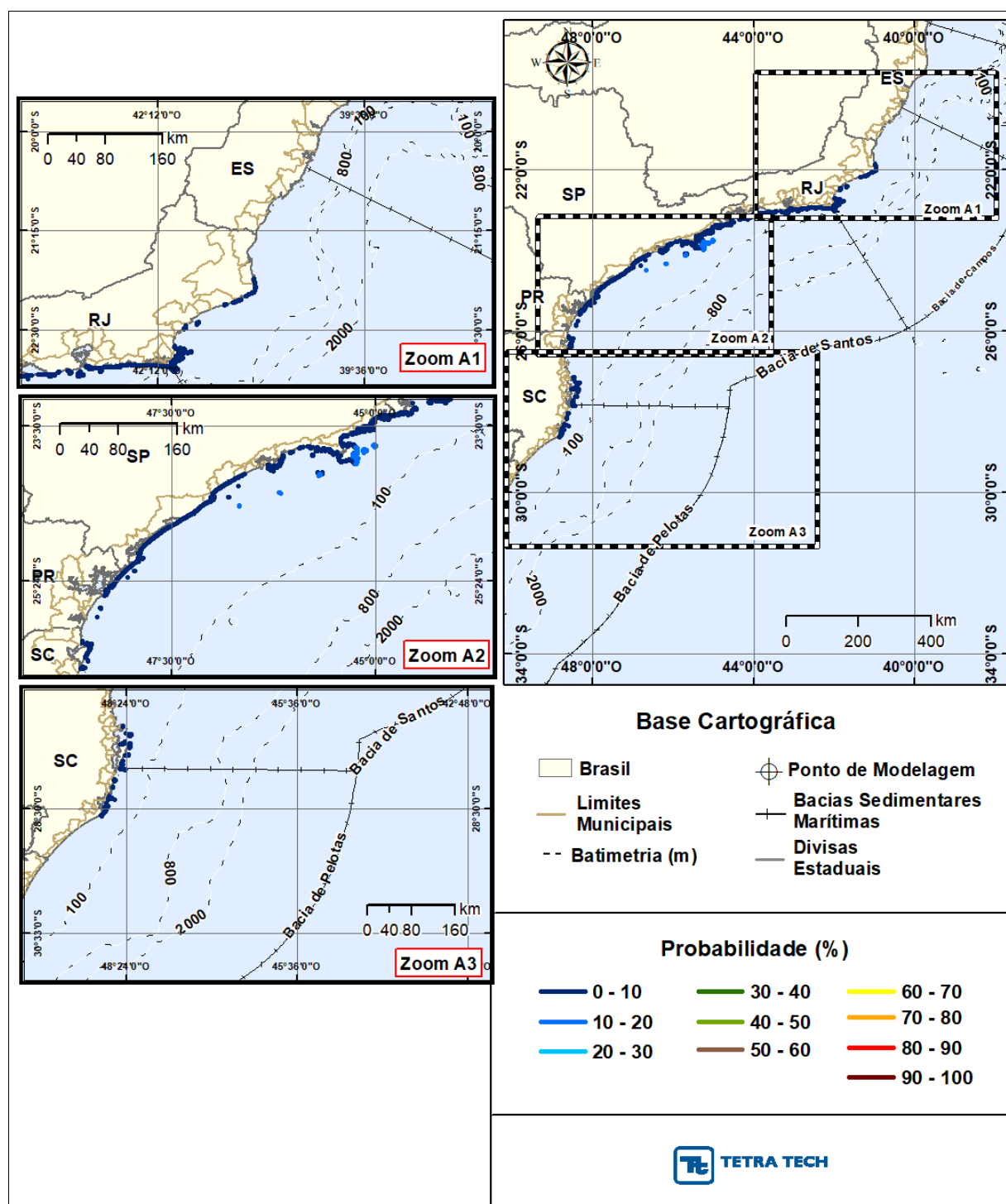


Figura 73 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Intervalos de tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

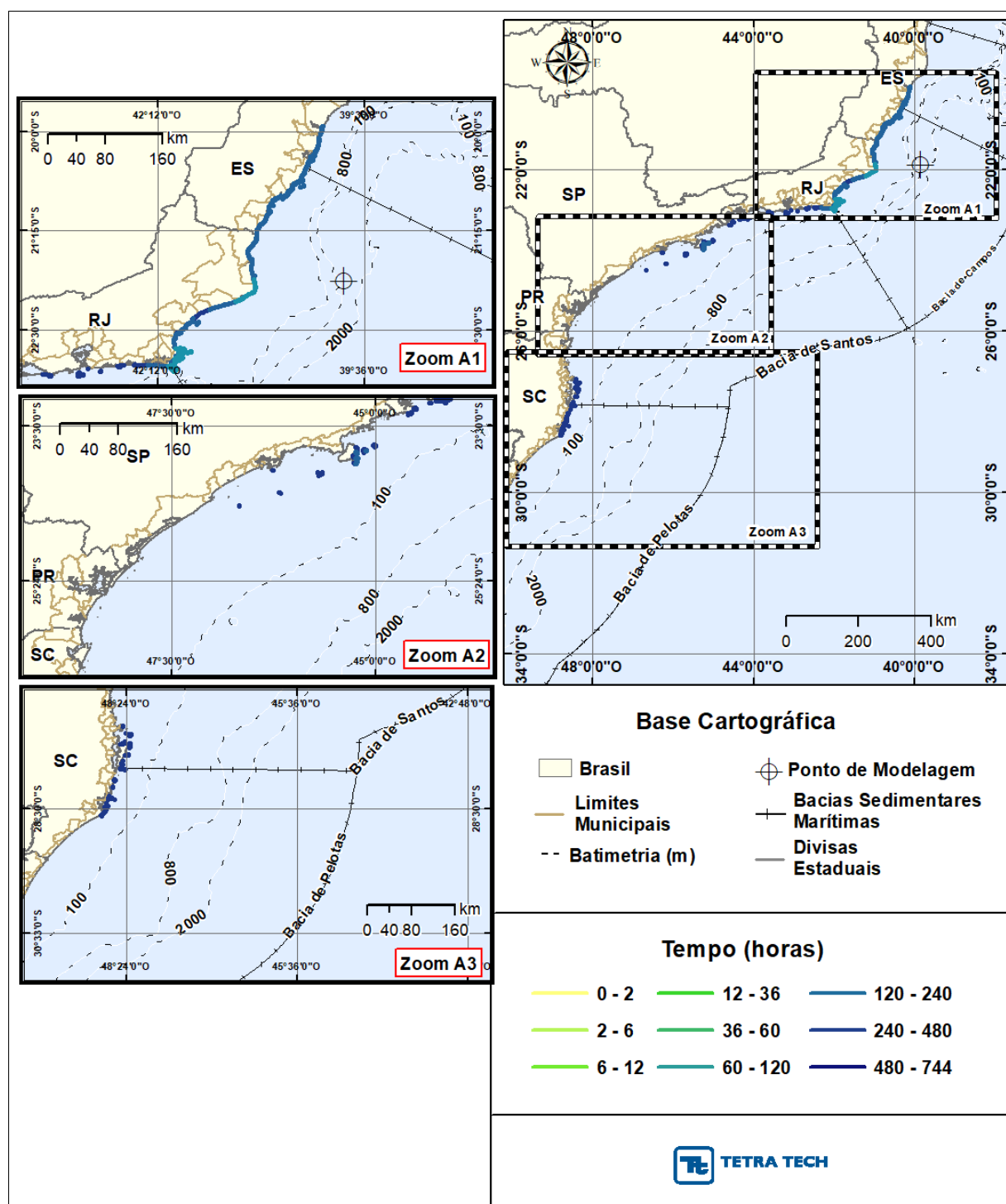
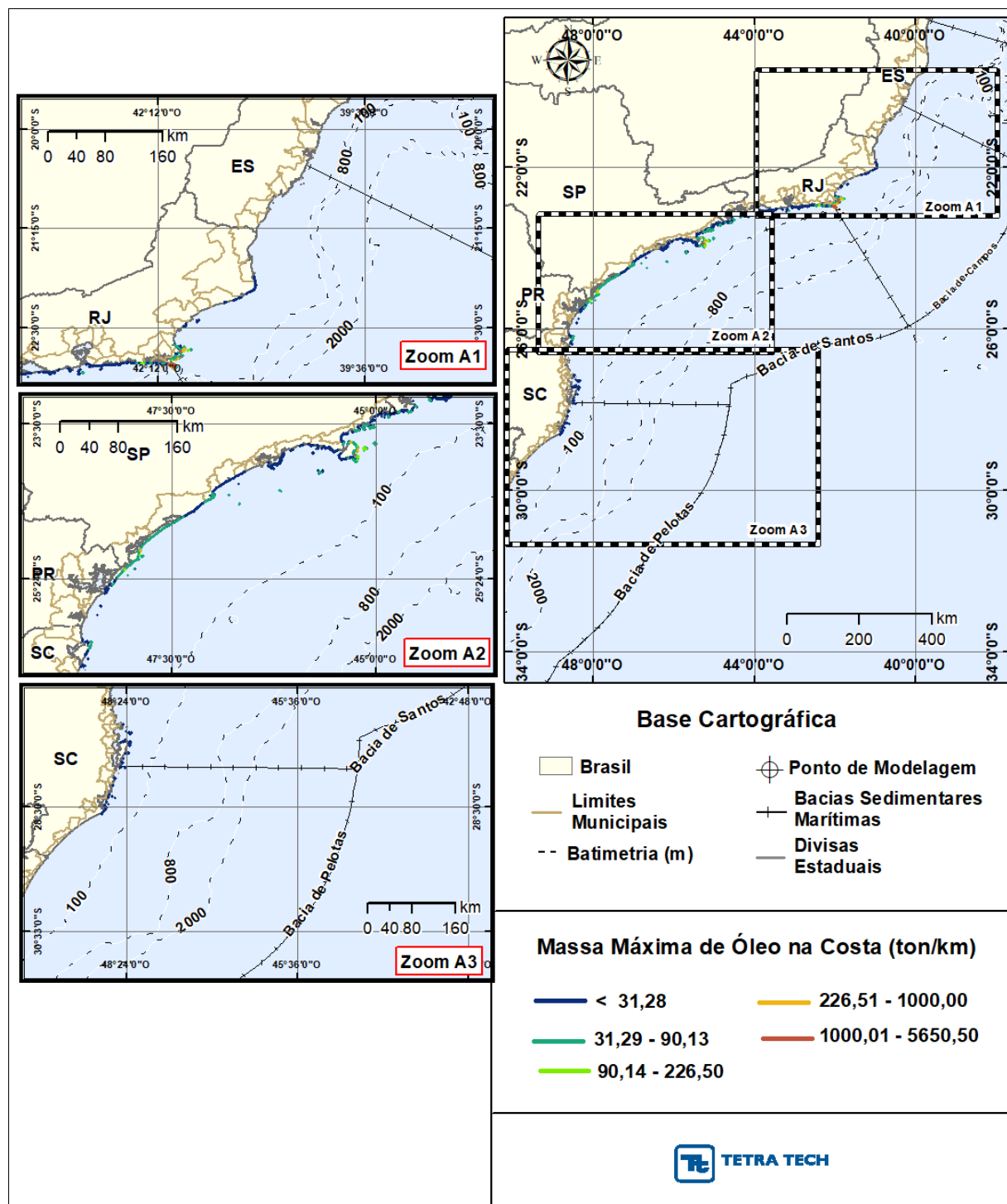


Figura 74 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_31D. Massa máxima de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico

com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período da primavera-verão.

O entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) e a evaporação foram responsáveis pela retirada de, em média, a 82,02 % de todo o volume derramado. Ao final da simulação, a presença do óleo na superfície da água é, em média, de 17,36%.

A porcentagem de óleo na costa é, em média de 0,09 % do volume total de óleo derramado.

Figura 75 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período da primavera-verão, no instante final da simulação.

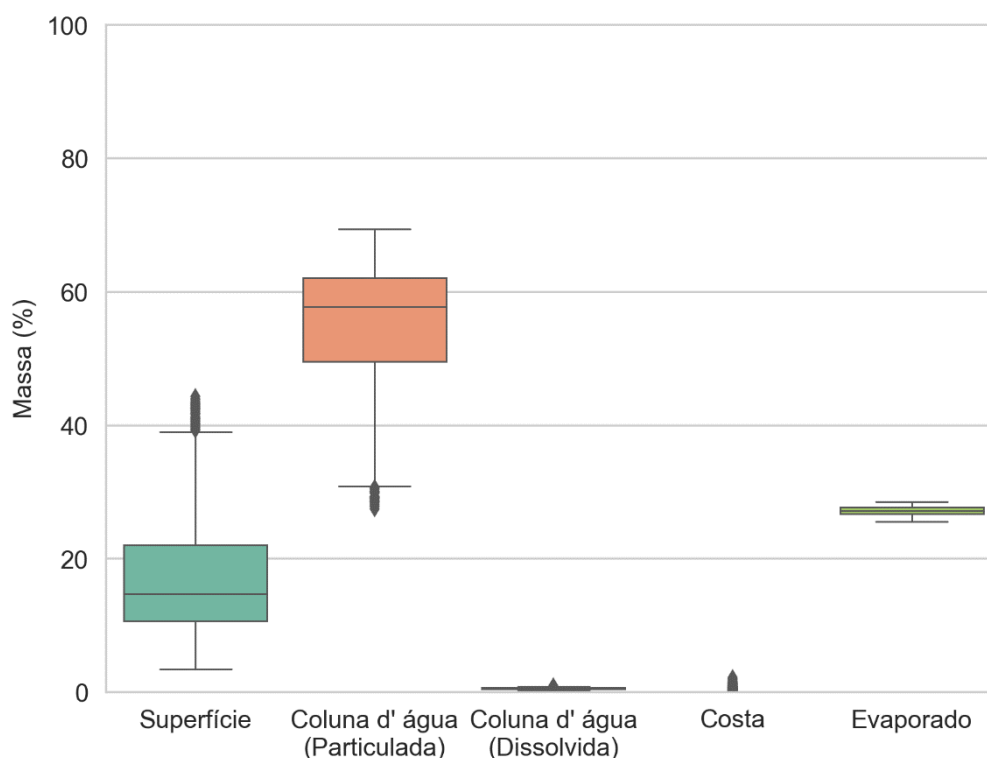


Tabela 29 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período da primavera-verão.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	3,42	27,40	0,31	0,00	25,49
Médio	17,36	54,84	0,53	0,09	27,18
Máximo	44,25	69,36	0,88	2,15	28,48

A Tabela 30 apresenta um resumo dos resultados por município com probabilidade de toque para o cenário de primavera-verão com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade. Observa-se que a probabilidade de toque de óleo na costa abrangeu 1.561,1 km de linha de costa, com toque em municípios litorâneos dos estados do Rio de Janeiro a Santa Catarina. O município com o toque mais ao norte foi São João da Barra (RJ) e, mais ao sul, o de Laguna (SC). Observa-se ainda que o menor tempo para o toque de óleo na costa ocorre na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), 157 após o derrame.

Tabela 30 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período da primavera-verão.

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
RJ	São João da Barra	1,0	354	357	2,1886	4,20
	Campos dos Goytacazes	1,0	212	296	5,2208	22,73
	Quissamã	1,0	310	333	3,3058	11,56
	Macaé / Pedra das Galhetas	1,0	351	351	3,6872	0,69
	Macaé / Ilha Ponta das Cavalas	1,0	351	351	3,6872	1,23
	Macaé / Ilha do Francês	1,0	351	351	3,6872	3,65
	Macaé / Ilha de Sant'anna	1,0	334	360	1,1953	5,61
	Macaé / Ilhote do Sul	1,0	366	366	0,1508	1,75
	Rio das Ostras / Ilha da Marieta	1,0	363	363	1,1901	0,50
	Rio das Ostras / Ilha Moleque de Fora	1,0	363	374	1,2128	0,66
	Rio das Ostras / Ilha Rasa	1,0	381	381	1,2128	0,33
	Rio das Ostras / Ilha do Mel	1,0	381	381	1,2128	0,78
	Rio das Ostras	1,0	363	376	1,2128	6,87
	Armação dos Búzios / Ilha Feia	1,1	230	230	7,0016	2,09
	Armação dos Búzios / Rochedo do Caboclo	1,1	240	240	26,7102	0,10
	Armação dos Búzios / Lajes na Ilha da Rasa	1,0	232	232	9,1788	0,25
	Armação dos Búzios / Ilha Rasa	1,0	232	232	9,1788	1,91
RJ	Armação dos Búzios / Laje de Manguinhos	1,2	215	215	6,9072	0,13
	Armação dos Búzios / Laje da Praia da Tartaruga	1,0	260	260	7,9600	0,27
	Armação dos Búzios / Ilha do Caboclo	1,0	260	260	7,9600	0,23
	Armação dos Búzios / Ilha Branca	2,6	192	192	35,2393	0,83
	Armação dos Búzios / Laje do Criminoso	2,6	192	192	35,2393	0,06
	Armação dos Búzios / Ilha próxima à Praia do Forno	3,0	186	187	254,9516	0,31

UF	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	4,2	157	157	53,1171	2,92
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá (Filhote)	3,4	165	165	141,3861	0,50
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá	3,4	161	163	141,3861	2,36
	Armação dos Búzios / Ilha do Boi	3,0	188	188	254,9516	0,58
	Armação dos Búzios / Lajes na Praia da Ferradura	3,0	188	189	254,9516	0,18
	Armação dos Búzios / Laje das Enchovas	4,1	186	186	35,6162	0,04
	Armação dos Búzios / Laje Seca	4,1	186	186	35,6162	0,07
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Fora	4,1	186	186	35,6162	1,05
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Dentro	4,1	186	186	35,6162	1,06
	Armação dos Búzios	4,1	183	211	1973,4722	52,03
	Cabo Frio / Ilha do Breu	5,2	180	180	35,6024	1,34
	Cabo Frio / Ilha de Pargos	5,2	179	181	2098,3293	5,14
	Cabo Frio / Ilha dos Capões	4,7	179	179	35,6305	1,93
	Cabo Frio / Ilha Comprida	4,1	184	186	35,2496	7,62
	Cabo Frio / Ilha Redonda	4,1	181	183	547,2976	1,14
	Cabo Frio / Ilha Dois Irmãos	2,9	186	186	575,6895	1,26
	Cabo Frio / Ilha dos Papagaios	2,9	186	187	507,1722	6,14
	Cabo Frio / Ilha do Forte São Matheus	2,0	218	218	70,5203	0,38
	Cabo Frio	2,8	187	231	213,6919	24,82
	Arraial do Cabo / Ilha do Pontal	3,5	180	180	5650,4958	1,03
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	6,2	172	173	3614,8526	2,78
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	7,9	165	172	1728,9916	19,10
	Arraial do Cabo / Ilha do Farol	4,4	177	177	325,9013	0,29
	Arraial do Cabo / Ilha dos Franceses	4,4	177	177	325,9013	0,85
	Arraial do Cabo	5,9	173	200	5650,4958	50,71
	Araruama	1,0	458	460	69,9538	9,40
	Saquarema / Laje Itaúna	1,0	449	449	35,2147	0,48
RJ	Saquarema / Pedras da Laje	1,0	449	449	35,2147	0,57
	Saquarema	1,0	445	457	118,5831	21,28
	Maricá / Ilhas Maricás	1,0	333	351	7,7973	6,43
	Maricá	1,1	341	453	15,6697	40,09
	Niterói / Ilha da Menina	1,0	355	355	5,1018	1,15
	Niterói / Ilha da Mãe	1,0	355	355	5,1018	2,23
	Niterói / Ilha do Veado	1,0	457	457	2,5233	1,24
	Niterói	1,0	355	454	6,7712	14,18
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	2,8	307	307	35,2138	2,67

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	2,9	288	322	15,9732	2,55
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda (Filhote)	2,9	338	338	11,5900	0,68
	Rio de Janeiro / Laje da Redonda	2,9	338	338	11,5900	0,13
	Rio de Janeiro / Laje da Cagarra	1,0	334	334	7,7935	0,80
	Rio de Janeiro / Ilha Cagarra	1,0	334	334	7,7935	1,32
	Rio de Janeiro / Ilha Filhote	1,0	334	334	7,7935	0,71
	Rio de Janeiro / Ilhota Pequena (Matias)	1,0	333	333	8,3833	0,23
	Rio de Janeiro / Ilhota Grande (Praça Onze)	1,2	324	329	10,3196	0,57
	Rio de Janeiro / Ilha Comprida	1,2	324	324	10,3196	3,25
	Rio de Janeiro / Ilha da Alfavaca	1,0	340	340	10,1043	1,33
	Rio de Janeiro / Laje da Alfavaca	1,0	340	340	10,1043	0,28
	Rio de Janeiro / Ilha Pontuda	1,0	340	340	10,1043	1,62
	Rio de Janeiro / Lajes do Magdalena	1,0	340	340	10,1043	0,39
	Rio de Janeiro / Ilha da Barra	1,0	340	340	10,1043	0,26
	Rio de Janeiro / Ilha das Peças	1,0	566	566	4,7669	0,65
	Rio de Janeiro / Ilha Urupira	1,0	566	566	4,7669	2,80
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa de Guaratiba	1,0	326	326	20,4973	1,76
	Rio de Janeiro / Ilha do Frade	1,0	548	548	5,1624	0,47
	Rio de Janeiro / Restinga da Marambaia	1,0	411	492	5,2614	8,95
	Rio de Janeiro	1,0	326	440	20,4973	13,92
	Itaguaí / Restinga da Marambaia	1,0	447	572	5,1476	7,28
	Mangaratiba / Laje da Marambaia	1,0	565	565	5,1741	0,43
	Mangaratiba / Restinga da Marambaia	1,0	447	487	10,0926	12,25
	Angra dos Reis / Ilha de Jorge Grego	3,8	386	403	30,5594	6,82
	Angra dos Reis / Ilha do Guriri	1,4	447	447	10,1979	0,65
	Angra dos Reis / Ilha de Dois Rios	2,6	412	412	20,5426	1,25
RJ	Angra dos Reis / Ilha dos Meros	2,9	414	434	35,2106	1,40
	Angra dos Reis / Ilha Grande	4,4	395	453	35,2106	82,01
	Angra dos Reis / Ilha do Recife	1,0	503	503	5,0554	0,46
	Angra dos Reis / Ilha de Palmas	1,0	501	501	5,1448	1,88
	Paraty / Ilha Deserta	2,0	638	638	10,0887	0,03
	Paraty / Ilha Cairuçu	6,6	448	468	35,2057	1,66
	Paraty / Laje do Sono	2,4	589	589	16,3106	0,40
	Paraty / Ilha das Laranjeiras	3,5	585	592	17,5926	0,95
	Paraty / Ilhas em Laranjeiras	1,1	607	607	15,2294	0,77

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	Paraty / Ilha da Trindade	2,3	605	605	35,0976	1,01
	Paraty	6,6	448	558	35,2208	75,13
SP	Ubatuba / Ilhota das Couves	1,0	710	710	16,4250	0,75
	Ubatuba / Ilha das Couves	1,4	608	632	52,3468	6,22
	Ubatuba / Ilhota da Comprida	1,1	608	608	14,8286	0,70
	Ubatuba / Ilhota da Carapuça	1,1	608	608	14,8286	0,52
	Ubatuba / Ilha Comprida	1,1	608	608	14,8286	4,08
	Ubatuba / Laje Mofina	1,0	716	716	17,1306	0,54
	Ubatuba / Ilha dos Porcos Pequena	1,0	718	719	19,6549	2,73
	Ubatuba / Ilha da Pesca	1,0	725	725	19,6549	0,99
	Ubatuba / Ilha da Selinha	1,0	725	725	19,6549	0,66
	Ubatuba / Ilha Rapada	1,0	591	591	9,1915	1,53
	Ubatuba / Laje Pequena	1,0	610	610	14,2004	0,25
	Ubatuba / Laje Feia	1,0	602	602	12,2358	0,23
	Ubatuba / Laje Grande	1,0	599	599	12,4647	0,28
	Ubatuba / Ilhota do Prumirim	1,0	610	610	14,2004	1,13
	Ubatuba / Ilha do Prumirim	1,0	610	612	19,6529	3,40
	Ubatuba / Laje das Palmas	6,5	475	475	12,0231	0,08
	Ubatuba / Ilha das Palmas	6,5	475	475	35,2156	3,06
	Ubatuba / Laje da Fortaleza	1,0	606	606	35,1038	0,15
	Ubatuba / Ilha das Cabras	3,5	634	634	8,2680	0,83
	Ubatuba / Ilha Anchieta	6,5	468	522	35,2156	22,34
	Ubatuba / Ilhota do Sul	4,3	468	468	14,9574	1,29
	Ubatuba / Laje de Dentro	1,0	721	721	8,0007	0,17
	Ubatuba / Ilhota de Fora	1,0	721	721	8,0007	0,62
	Ubatuba / Ilha do Mar Virado	2,2	591	625	34,9838	7,42
	Ubatuba / Ilhota de Dentro	1,0	721	721	8,0007	0,72
	Ubatuba / Ilha Maranduba	1,0	714	714	0,1741	1,15
	Ubatuba / Laje do Pulso	1,0	714	714	0,1741	0,03
	Ubatuba	2,7	505	634	52,3579	99,19
SP	Caraguatatuba / Ilha Tamanduá	1,0	717	728	14,7257	5,86
	Caraguatatuba	1,1	587	699	10,0085	17,13
	Ilhabela / Ilha dos Pescadores	10,7	422	448	52,5394	2,12
	Ilhabela / Ilhota das Cabras (Ilha Cagadinha)	10,2	422	422	35,2222	1,32
	Ilhabela / Ilha da Vitória	13,3	400	439	52,5602	9,24
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	14,7	431	450	114,2722	18,22
	Ilhabela / Ilha Sumitica	14,1	455	455	40,7081	1,29
	Ilhabela / Ilha da Serraria	11,7	470	470	606,2996	1,58
	Ilhabela / Ilha Ribeirão	11,0	473	473	52,5359	0,87

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	Ilhabela / Ilha das Galetas	9,8	480	480	52,5388	1,39
	Ilhabela / Ilhote Codó	1,4	496	496	5,1347	0,40
	Ilhabela / Ilhote da Figueira	1,4	493	495	5,1365	0,44
	Ilhabela / Laje da Garoupa	1,4	493	493	5,1365	0,14
	Ilhabela / Laje do Carvão	1,3	497	497	10,2131	1,82
	Ilhabela / Laje do Veloso	1,0	648	648	5,0475	0,02
	Ilhabela / Laje da Fome	8,3	490	490	52,5338	0,04
	Ilhabela / Ilha da Lagoa	11,0	473	473	52,5359	0,45
	Ilhabela	18,6	417	498	1617,7297	133,68
	São Sebastião / Ilha de Toque-Toque	1,0	637	638	15,1028	3,61
	São Sebastião / Laje da Apra	1,0	623	623	10,0595	0,95
	São Sebastião / Laje na Praia de Santiago	1,0	656	656	5,0345	0,16
	São Sebastião / Laje de Maresias	1,0	626	626	5,0396	0,16
	São Sebastião / Ilha dos Gatos	1,0	656	660	5,0285	1,33
	São Sebastião / Ilha Montão de Trigo	1,3	636	639	5,0598	4,86
	São Sebastião / Baixio Grande	1,0	658	658	5,0252	0,10
	São Sebastião / Ilha das Couves	1,0	671	671	5,0248	4,51
	São Sebastião / As Ilhas	1,0	671	671	5,0248	2,03
	São Sebastião / Arq. Alcatrazes	11,9	496	511	35,2110	13,46
	São Sebastião / Ilha do Maracujá	1,0	736	736	5,0237	0,48
	São Sebastião	4,3	478	616	69,9230	47,91
	Bertioga / Ilha Monte Pascoal	1,0	710	710	5,0097	0,69
	Bertioga	1,0	710	728	5,0424	7,28
	Santos / Laje de Santos	17,1	515	516	35,2180	1,99
	Santos	1,0	738	738	4,9623	1,83
	Guarujá / Ilha do Guará	1,0	713	713	4,9450	0,65
	Guarujá / Ilhota da Prainha	1,0	685	685	0,0000	0,79
	Guarujá / Ilha Prainha Branca	1,0	713	713	4,9450	0,76
SP	Guarujá / Ilhota do Itaporanga	1,0	701	701	5,0329	0,67
	Guarujá / Ilha do Perequê	1,0	691	691	0,0027	0,26
	Guarujá / Ilha dos Arvoredos	1,0	682	682	7,4072	0,80
	Guarujá / Ilha Laje	1,0	684	684	14,9597	0,34
	Guarujá / Ilha do Mar Casado	1,0	684	684	14,9597	1,82
	Guarujá / Ilha das Cabras	1,0	667	667	5,0206	1,43
	Guarujá / Ilha Pombeba	1,0	684	684	5,0028	0,96
	Guarujá / Ilha da Moela	1,3	677	683	14,8753	3,88
	Guarujá / Ilhota Pau a Pino	1,3	685	685	14,8753	0,27
	Guarujá / Ilha do Mato	1,0	709	709	9,9101	0,46

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	Guarujá	1,2	662	694	15,0285	52,71
	Mongaguá	1,0	705	728	5,0168	11,68
	Itanhaém / Laje da Conceição	2,7	666	666	10,1144	0,35
	Itanhaém / Ilha do Givura	1,0	691	708	9,9616	0,53
	Itanhaém	1,0	691	707	9,9616	22,71
	Itanhaém / Pedra Meia Praia	1,0	699	699	4,9720	0,41
	Peruíbe / Ilha Queimada Grande	13,5	538	540	52,5065	4,69
	Peruíbe / Ilha Queimada Pequena	6,6	633	635	33,1526	1,44
	Peruíbe / Ilha de Peruíbe	2,8	660	660	17,1600	0,68
	Peruíbe / Ilhota da Praia Guaraú	2,7	663	663	34,7833	0,21
	Peruíbe / Ilha do Guaraú	4,8	653	653	34,8471	1,66
	Peruíbe / Pedra Grande	4,8	653	653	34,8471	0,95
	Peruíbe / Ilha do Boquete	3,9	639	639	52,3466	1,11
	Peruíbe / Laje Paranapuã	3,9	641	641	45,6244	0,29
	Peruíbe	3,7	636	666	78,6871	38,98
	Iguape	3,5	653	693	78,6871	44,03
	Ilha Comprida	3,1	656	669	686,0112	67,31
	Cananéia / Ilha do Bom Abrigo	5,0	661	664	52,3578	5,96
	Cananéia / Ilhota	4,0	664	664	68,9894	1,56
	Cananéia / Laje do Cambriú	2,9	667	667	86,6457	0,07
	Cananéia / Ilha do Cambriú	2,9	667	667	86,6457	2,02
	Cananéia	3,2	667	683	206,4899	43,78
	Cananéia / Ilha do Castilho	4,9	660	661	34,7681	1,16
PR	Guaraqueçaba	1,5	683	692	69,6754	27,83
	Guaraqueçaba / Ilha da Figueira	3,7	660	665	36,1579	0,78
	Guaraqueçaba / Ilha das Peças	1,0	687	725	7,7558	1,43
	Paranaguá / Ilha Portão do Norte	1,0	722	722	4,8588	0,41
	Paranaguá / Ilha Itapema do Norte	1,0	722	722	4,8588	0,54
	Paranaguá / Ilhas das Palmas	1,0	710	710	19,4473	2,89
PR	Paranaguá / Ilha do Mel	1,0	707	720	9,8233	16,47
	Paranaguá / Ilha da Galheta	1,0	711	711	4,9007	0,64
	Matinhos / Ilhas Currais	1,1	705	707	8,4950	1,79
	Matinhos / Ilhas Itacolomís	1,0	722	722	5,6581	0,33
SC	Itapoá	1,0	743	743	4,8432	2,23
	São Francisco do Sul	1,0	706	723	52,4413	23,13
	São Francisco do Sul / Pedra do Lobo	1,0	707	707	13,0229	0,15
	São Francisco do Sul / Laje da Baleia	1,5	706	706	10,3057	0,17
	São Francisco do Sul / Pedra do Itacolomi	1,0	707	707	13,0229	0,07

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	São Francisco do Sul / Ilhota São Luís	1,2	714	714	34,7436	0,14
	São Francisco do Sul / Ilha da Paz	1,2	714	714	34,7436	3,07
	São Francisco do Sul / Ilha da Velha	1,2	714	714	34,7436	1,01
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca	1,2	714	714	34,7436	0,19
	São Francisco do Sul / Ilha do Pirata	1,0	707	707	13,0229	0,70
	São Francisco do Sul / Ilha Mandigituba	1,0	708	708	38,8919	0,81
	São Francisco do Sul / Pedra do Cação	1,0	708	708	38,8919	0,08
	São Francisco do Sul / Ilha dos Veados	1,0	707	707	13,0229	0,97
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretas	1,0	717	722	9,7308	4,22
	Balneário Barra do Sul	1,0	740	741	4,8587	2,68
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	1,0	736	736	8,5074	1,91
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédio	1,0	736	737	8,5074	2,78
	Balneário Barra do Sul / Ilha Feia	1,0	736	738	8,5074	1,30
	Bombinhas	1,0	678	678	4,8989	4,10
	Bombinhas / Ilha Calhau de São Pedro	1,0	672	672	5,0167	0,47
	Bombinhas / Ilha Deserta	1,0	692	704	9,9468	3,81
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	1,0	715	735	9,8396	12,94
	Florianópolis	1,0	677	708	15,2652	22,31
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	1,0	705	705	5,0818	0,60
	Florianópolis / Ilha do Francês	1,0	708	708	4,9457	1,40
	Florianópolis / Ilha Mata - Fome	1,0	709	709	15,2652	1,35
	Florianópolis / Ilha do Badejo	1,0	709	712	5,6956	1,36
	Florianópolis / Ilha do Xavier	1,0	680	693	5,0791	2,26
SC	Florianópolis / Ilha do Campeche	1,0	714	714	4,9777	0,23
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	1,0	720	720	10,0085	4,38
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	1,0	742	742	4,9718	1,92
	Florianópolis / Laje Moleques do Sul	1,0	711	711	5,0078	0,28
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Sul	1,0	677	677	5,0569	3,18
	Garopaba	1,0	683	690	5,0120	7,59
	Imbituba	1,0	687	694	5,0537	4,96
	Imbituba / Ilha do Batuta	1,0	687	687	5,0537	0,77
	Imbituba / Ilha das Araras	1,0	712	712	4,9357	2,05
	Imbituba / Ilha Tacami	1,0	669	683	5,0131	0,44

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
	Laguna	1,0	667	692	4,9853	26,44
	Laguna / Ilha dos Lobos	1,0	676	676	4,9875	1,28
	Laguna / Ilha do Cardoso	1,0	736	736	4,9814	0,34

A Tabela 31 apresenta um resumo dos municípios presentes no interior de baías/estuários/canais com toque superior a 60 horas, associado ao cenário probabilístico de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, para o período da primavera-verão.

Tabela 31 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período da primavera-verão.

UF	REGIÃO/MUNICIPIO	PROBABILIDADE NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)
RJ	Lagoa do Araruama - Arraial do Cabo	2,0	218,0	70,5203
	Lagoa do Araruama - São Pedro da Aldeia			
	Lagoa do Araruama - Iguaba Grande			
	Baía de Guanabara - São Gonçalo	1,0	457,0	2,5233
	Baía de Guanabara - Itaboraí			
	Baía de Guanabara - Magé			
	Baía de Guanabara - Duque de Caxias			
SP	Mar Pequeno - Iguape	2,7	668,0	686,0112
PR	Baía de Paranaguá - Antonina	1,0	707,0	9,8233
	Baía de Paranaguá - Morretes			
	Baía de Paranaguá - Pontal do Paraná			
SC	Baía de Babitonga - Garuva	1,0	725,0	4,8601
	Baía de Babitonga - Joinville	1,0	725,0	4,8601
	Baía de Babitonga - Araquari			
	Baía Norte - Governador Celso Ramos	1,0	709,0	4,9455
	Baía Norte - Biguaçu			
	Baía Norte - São José			

OBS: estes resultados foram obtidos a partir dos resultados probabilísticos observados na entrada dos estuários/baías com probabilidade de toque acima de 60 horas.

Figura 76 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

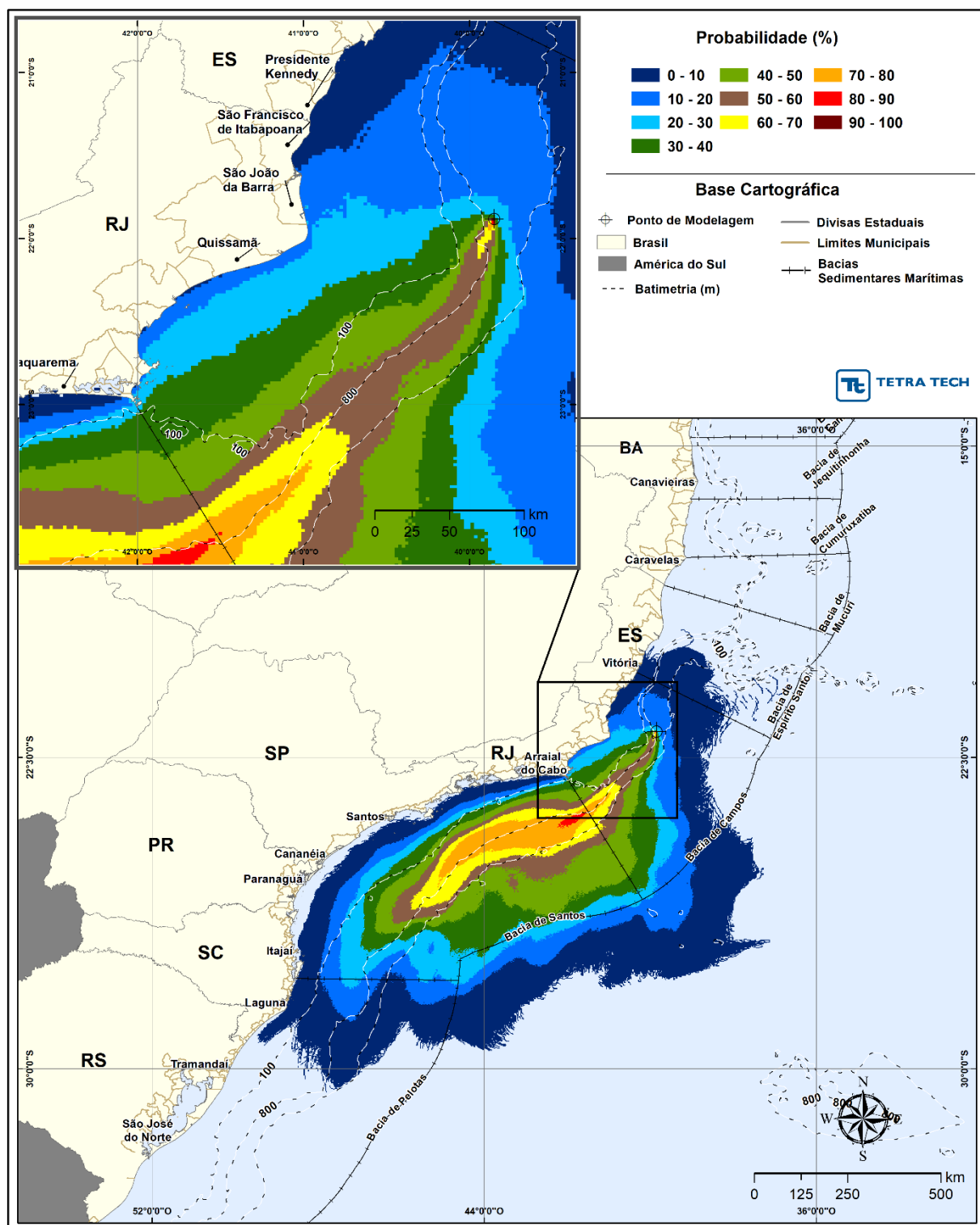


Figura 77 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

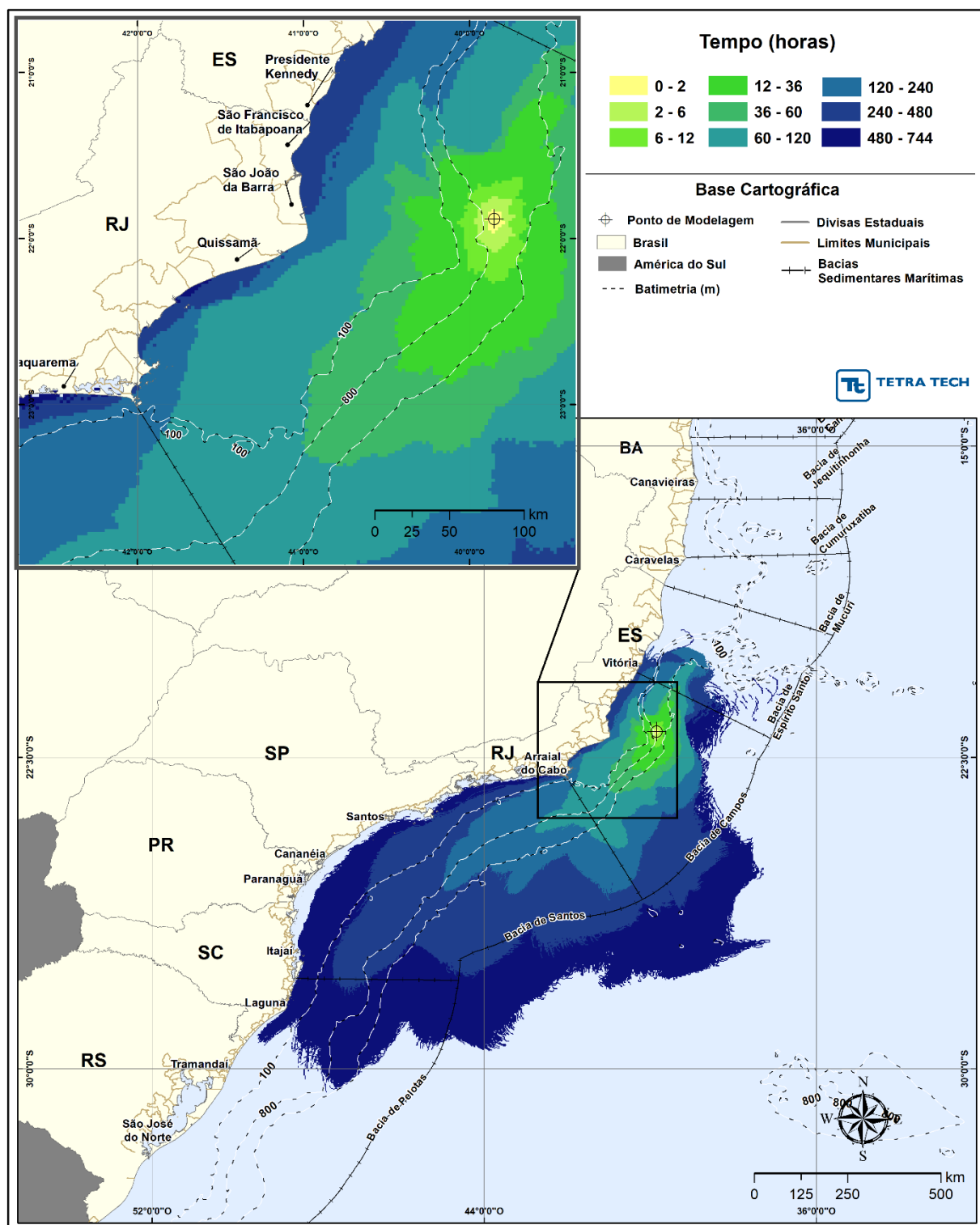


Figura 78 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

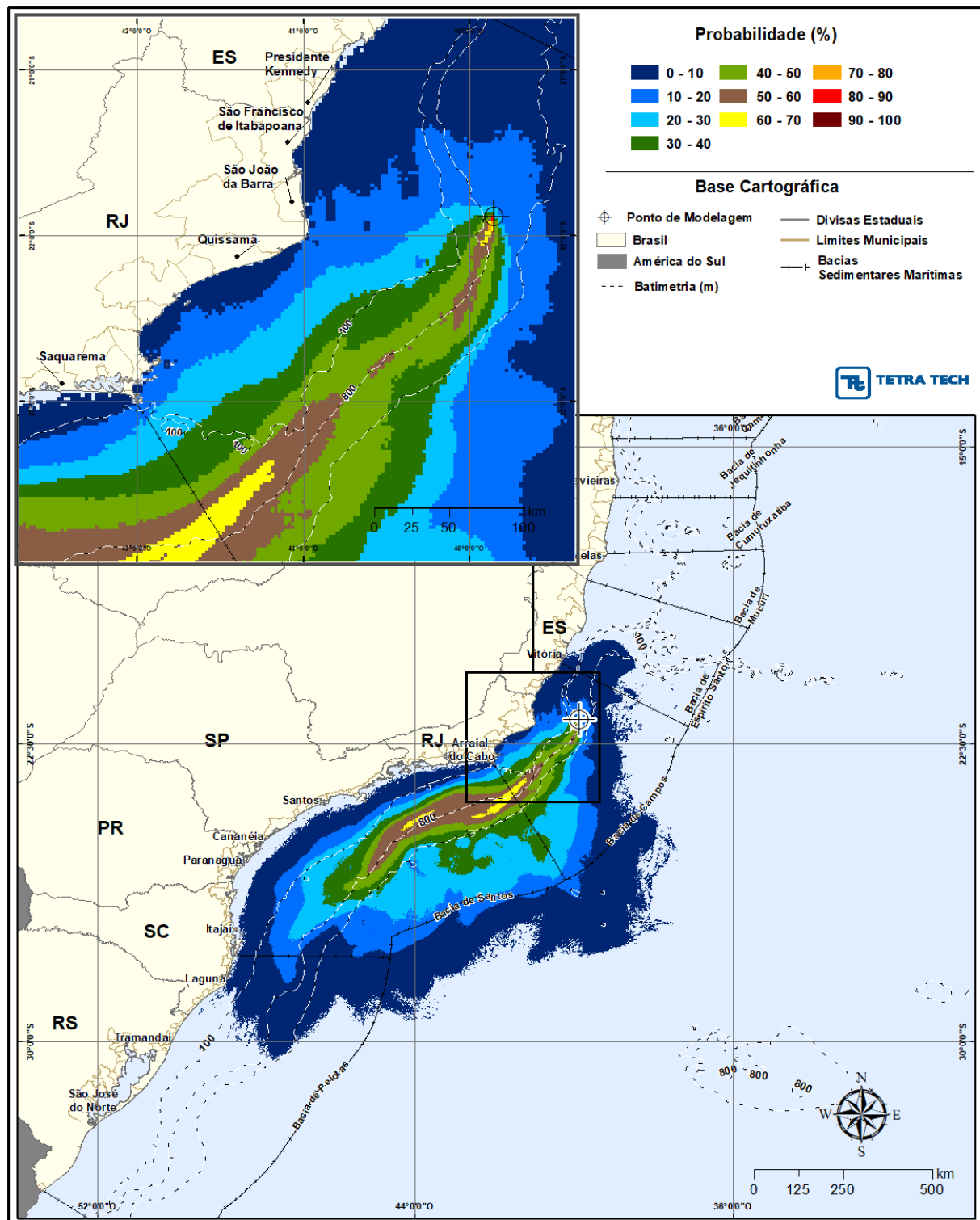


Figura 79 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 1 a 5.

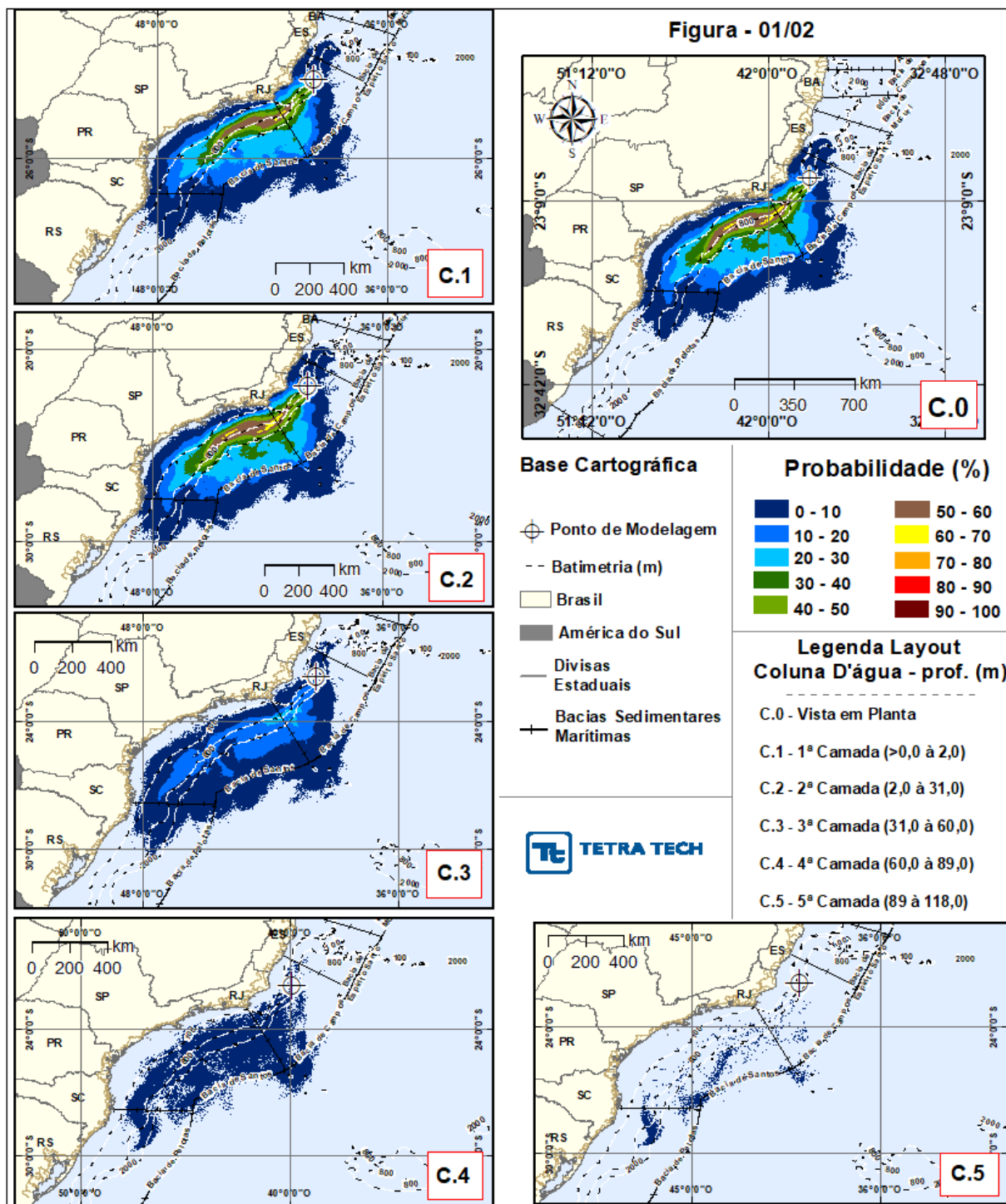


Figura 80 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. Camada 6

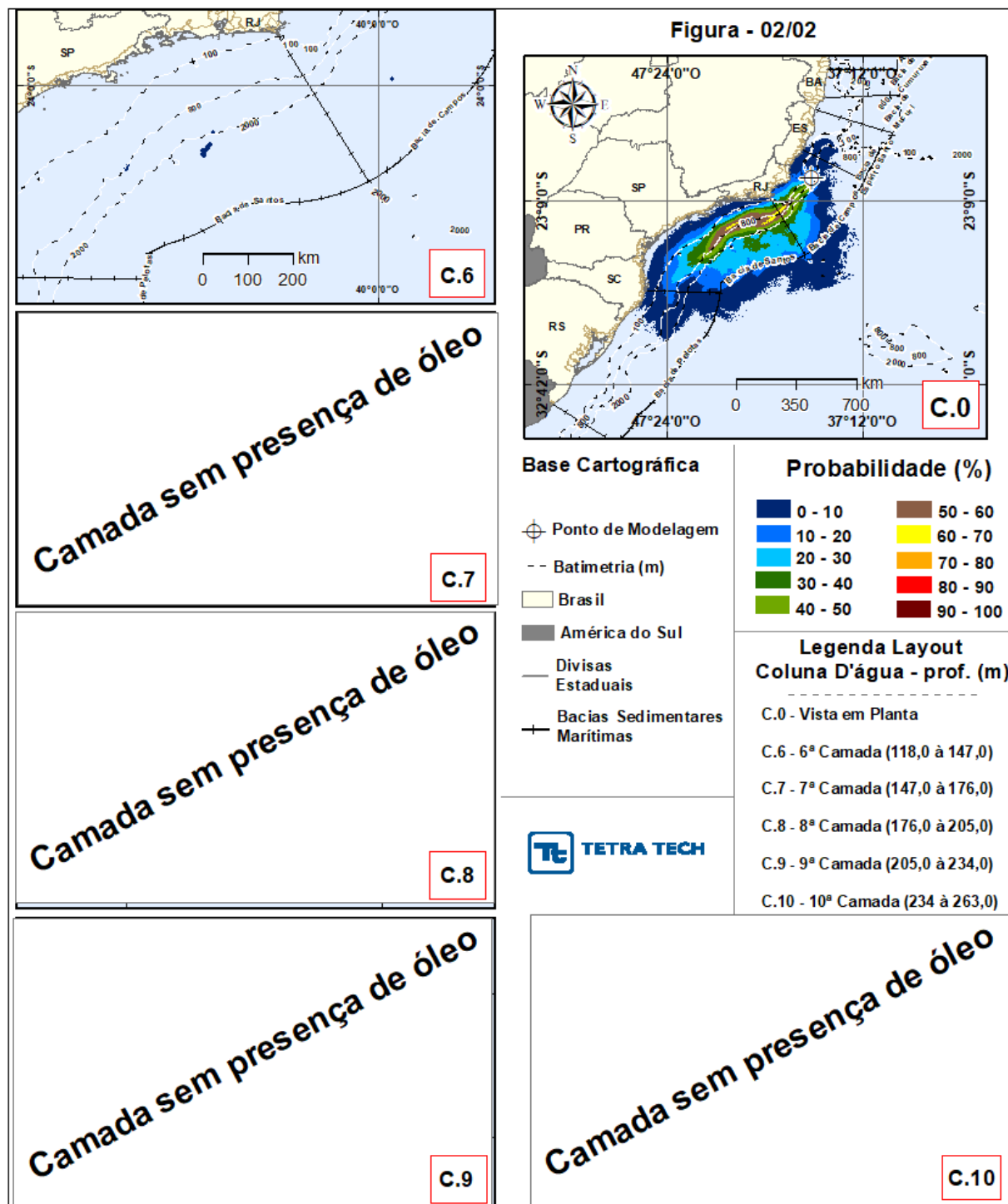


Figura 81 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

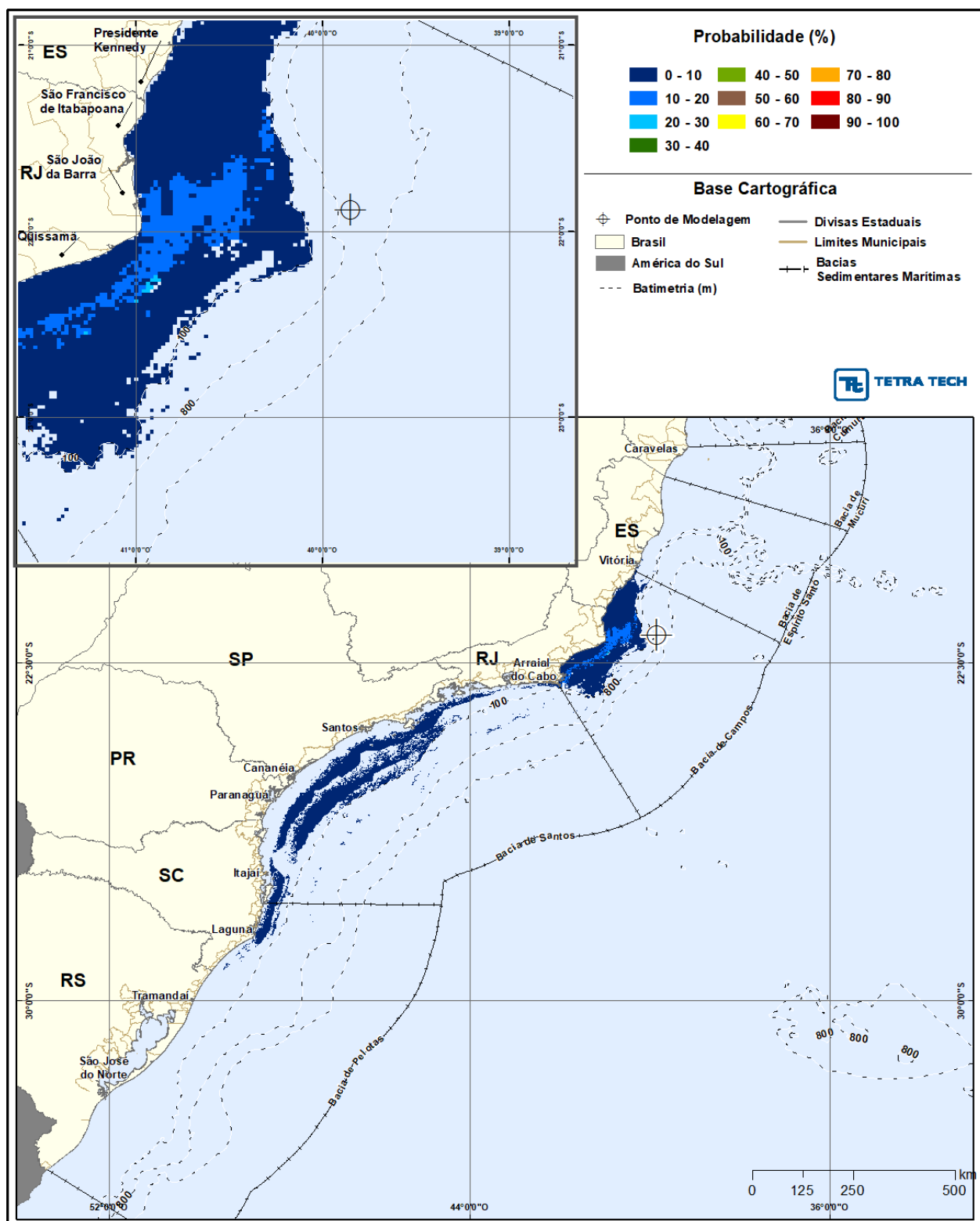


Figura 82 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Intervalos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

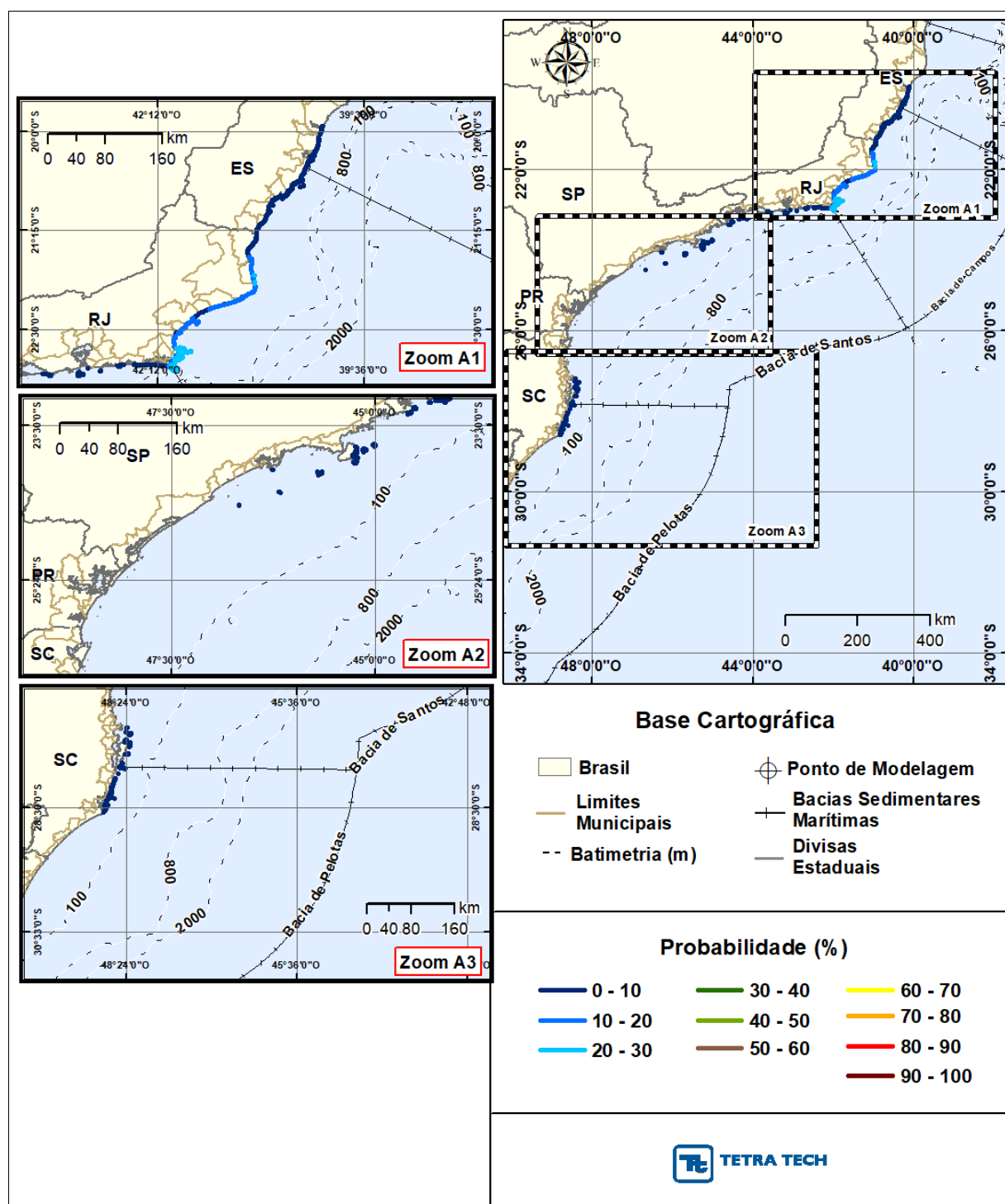


Figura 83 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Intervalos de tempo de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

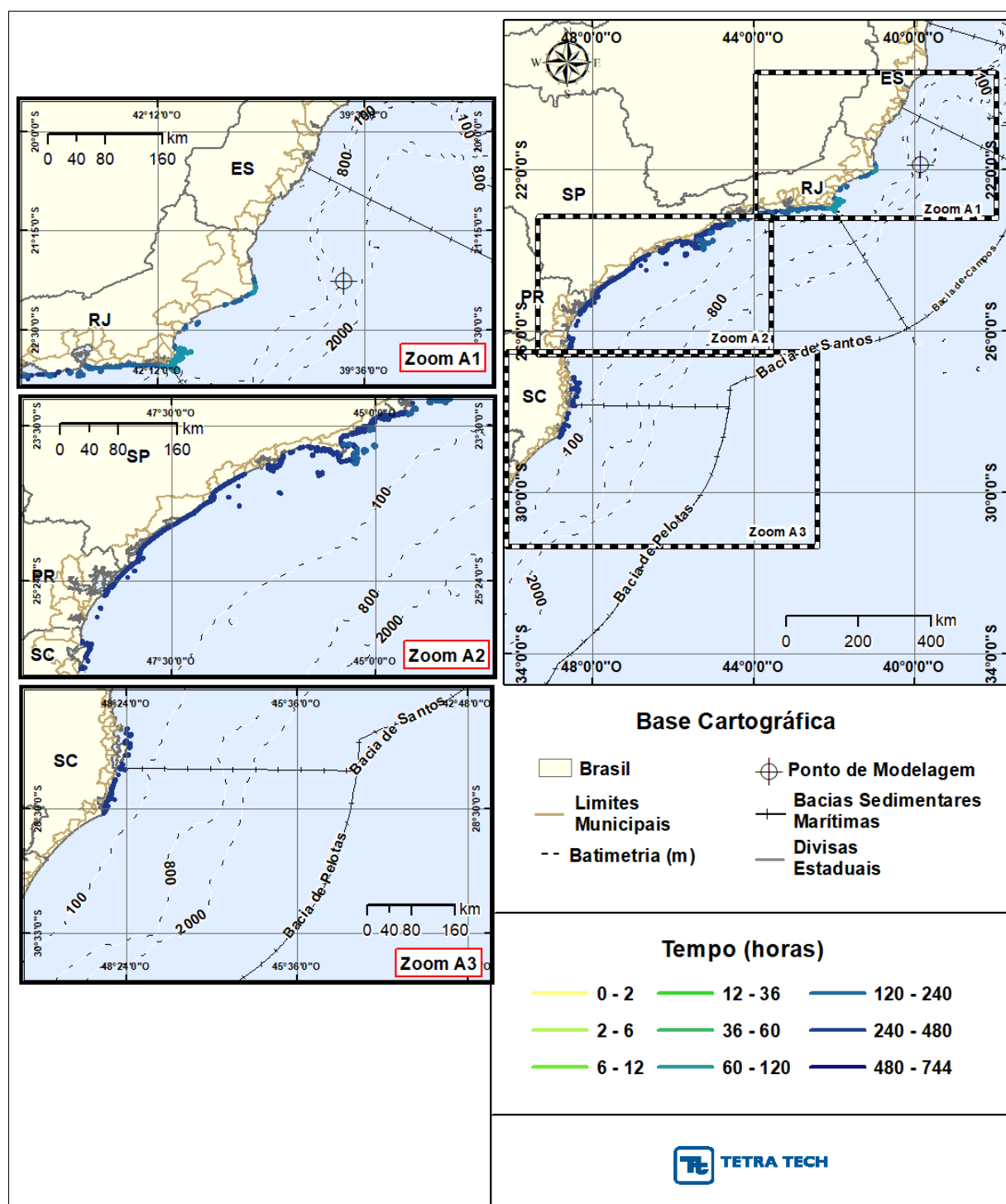
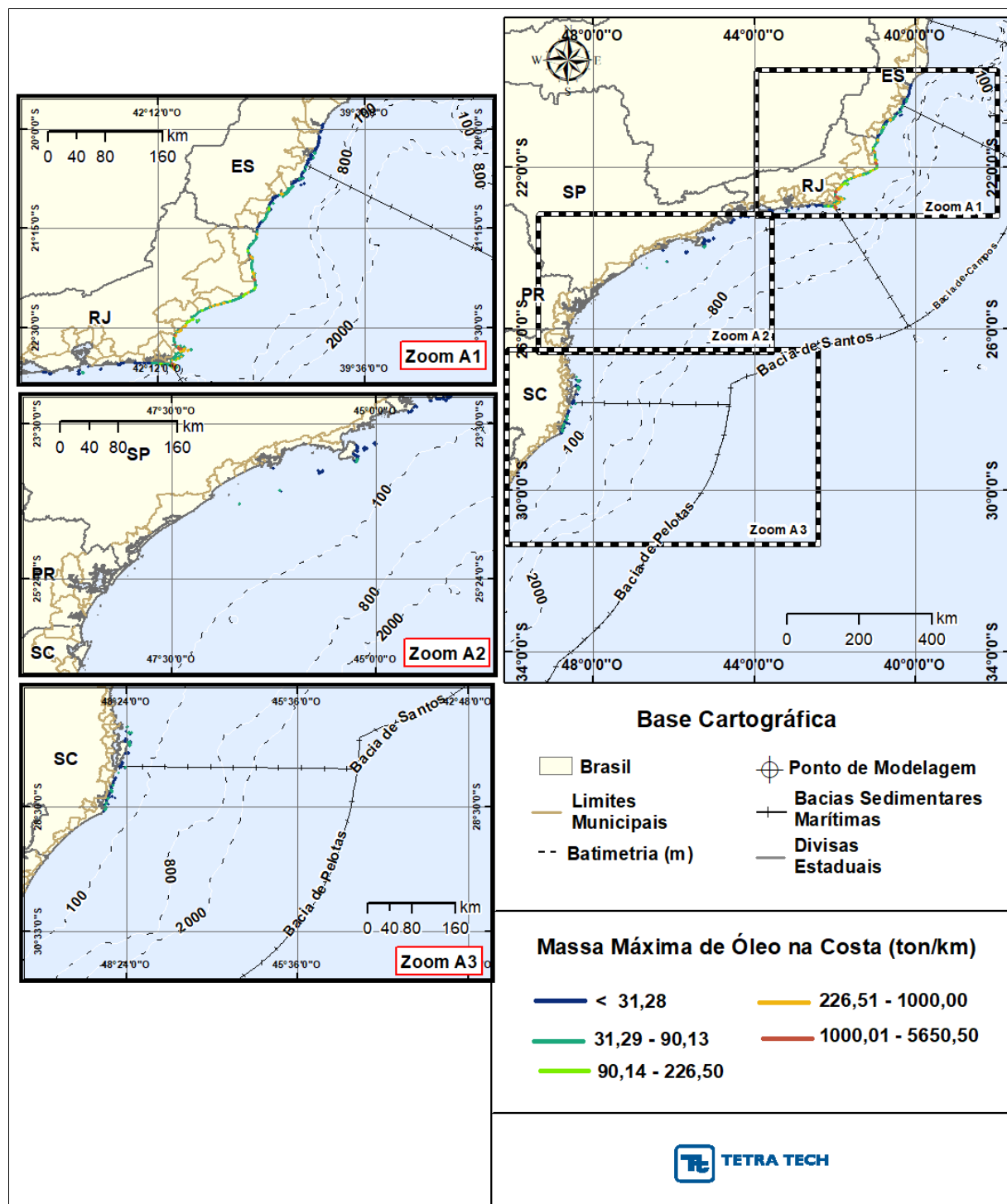


Figura 84 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_31D. Massa máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período de outono-inverno.

A evaporação e o entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) são os principais processos que contribuem para a retirada do óleo da superfície da água, o que corresponde, em média, a 80,99 % de todo o volume derramado.

A porcentagem de óleo na costa ao final da simulação é, em média, baixa (0,39 %). Ao final da simulação, a presença do óleo na superfície da água é, em média, de 18,22%.

Figura 85 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade, no período de outono-inverno, no instante final da simulação.

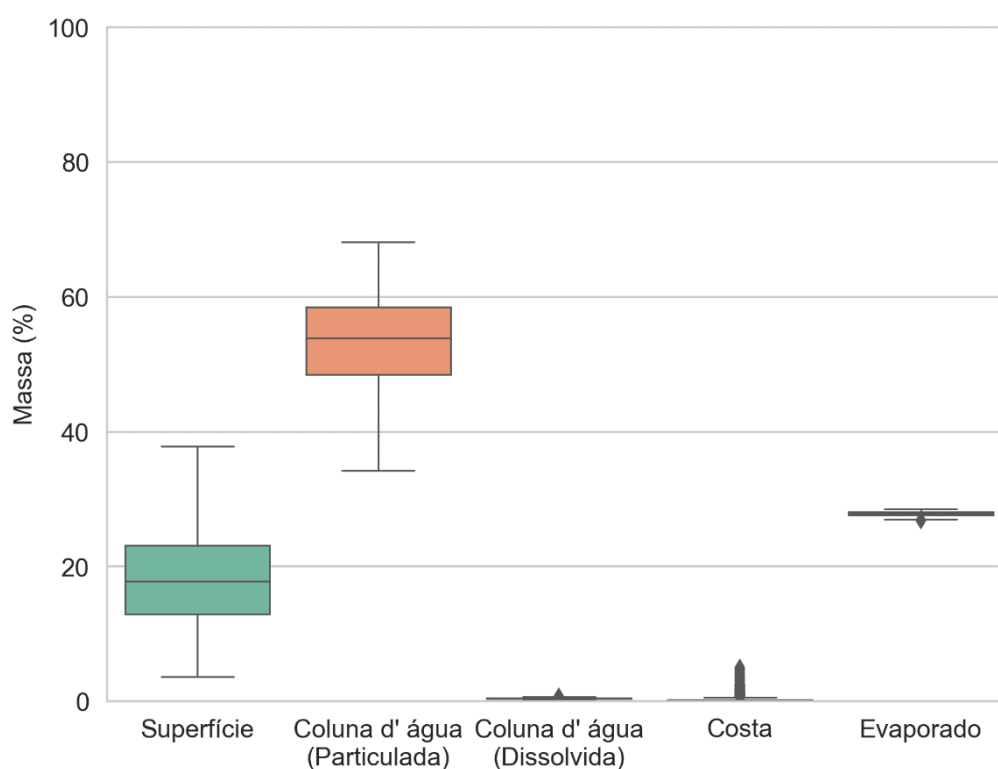


Tabela 32 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período de outono-inverno.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	3,62	34,16	0,22	0,00	26,74
Médio	18,22	53,20	0,40	0,39	27,79
Máximo	37,76	68,14	0,70	5,05	28,51

A Tabela 33 apresenta um resumo dos resultados por município com probabilidade de toque para o cenário de outono-inverno com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade. Observa-se que a probabilidade de toque de óleo na costa abrangeu 1.156,3 km de linha de costa, com toque em municípios litorâneos dos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina. O município com o toque mais ao norte foi Aracruz (ES) e, mais ao sul, o de Laguna (SC). Observa-se ainda que o menor tempo para o toque de óleo na costa ocorre na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), 132 horas após o derrame.

Tabela 33 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade no período de outono-inverno.

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
ES	Aracruz	1,0	445	451	5,0618	10,62
	Fundão	1,0	466	466	5,0908	3,27
	Serra	1,2	339	401	20,1291	20,67
	Vitória	1,7	320	420	35,2170	23,31
	Vila Velha / Ilha Itatiaia	1,0	338	425	5,1218	5,54
	Vila Velha / Ilha das Garças	1,0	387	422	20,2107	1,08
	Vila Velha / Laje Canopus	2,9	309	309	52,4611	0,77
	Vila Velha	2,9	309	400	52,4611	40,01
	Guarapari /Arquipélago das Três Ilhas	3,7	299	300	41,0384	4,82
	Guarapari / Ilha Rasas	3,7	283	287	27,2974	1,12
	Guarapari / Ilha Escalvada	3,8	294	294	27,6089	0,71
	Guarapari / Ilha Caieira	2,9	307	307	15,9685	1,06
	Guarapari / Afloramento não Identificado	3,6	322	337	38,4581	0,40
	Guarapari	3,6	302	343	69,8615	59,18
	Anchieta / Laje na Praia do Além	4,8	309	309	52,5797	0,23
	Anchieta / Ilha de Parati	2,5	390	390	52,5512	0,67
	Anchieta / Laje em Anchieta	2,0	327	327	47,2330	0,27
	Anchieta / Ilhota em Iriri	1,0	424	424	14,2645	0,23

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
ES	Anchieta	4,8	301	379	685,8131	33,15
	Piúma / Ilhas Piúmas	1,0	446	446	10,8726	0,56
	Piúma	1,0	408	432	5,0365	4,82
	Itapemirim / Ilha Itapetinga	1,0	408	427	9,9971	0,49
	Itapemirim / Ilha do Francês	2,5	326	326	32,4633	1,72
	Itapemirim	4,7	376	428	209,5485	15,71
	Marataízes / Ilha Branca	2,5	329	329	18,8964	1,01
	Marataízes / Ilhas Itaputeras	2,8	318	327	29,1704	0,89
	Marataízes / Lajes na Praia das Pitas	6,4	320	320	69,9704	0,52
	Marataízes / Ilha das Andorinhas	2,2	331	331	19,8134	0,86
	Marataízes	6,5	317	363	209,5485	26,04
	Presidente Kennedy	6,6	337	429	69,9183	13,39
RJ	São Francisco de Itabapoana / Ilha do Lima	16,2	313	323	313,8238	4,20
	São Francisco de Itabapoana	12,3	310	334	1470,3766	36,28
	São João da Barra	20,6	180	258	1265,6747	43,09
	Campos dos Goytacazes	20,3	153	184	267,3026	28,85
	Quissamã	15,6	227	337	615,3192	44,98
	Carapebus	10,3	388	542	479,6943	17,23
	Macaé / Pedra das Galhetas	18,0	382	382	52,5316	0,69
	Macaé / Ilha Ponta das Cavalas	18,0	382	382	52,5316	1,23
	Macaé / Ilha do Francês	18,0	382	382	52,5316	3,65
	Macaé / Ilha de Sant'anna	17,3	389	389	134,0653	5,61
	Macaé / Ilhote do Sul	17,3	389	389	69,9612	1,75
	Macaé / Ilha dos Papagaios	11,3	515	515	151,5108	0,62
	Macaé / Pedra de Imbetiba	11,2	426	426	122,8364	0,63
	Macaé / Pedra Dona Maria	13,0	404	404	105,1686	0,16
	Macaé	13,0	404	498	122,8364	24,11
	Rio das Ostras / Ilha da Marieta	12,8	427	427	69,9280	0,50
	Rio das Ostras / Ilha Moleque de Fora	13,6	399	410	332,9996	0,66
	Rio das Ostras / Ilha Rasa	13,6	399	399	332,9996	0,33
	Rio das Ostras / Ilha do Mel	13,6	399	399	332,9996	0,78
	Rio das Ostras / Lajes de Itapebussus	13,5	411	411	473,4187	0,52
	Rio das Ostras / Laje em Rio das Ostras	13,3	416	416	997,6433	0,11
	Rio das Ostras / Ilha do Costa	13,3	416	416	997,6433	1,25
	Rio das Ostras / Ilha do Coqueiro Só	12,4	413	434	573,8927	0,62
	Rio das Ostras / Ilha dos Trinta-Réis	12,4	413	413	573,8927	0,27

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
RJ	Rio das Ostras / Laje na Praia do Bosque	2,7	529	529	54,9397	0,12
	Rio das Ostras	13,6	399	432	997,6433	30,51
	Casimiro de Abreu / Ilha dos Trinta-Réis	13,8	414	414	357,1200	0,38
	Casimiro de Abreu	13,8	414	425	3213,0869	5,59
	Armação dos Búzios / Ilha Feia	23,0	173	173	79,7440	2,09
	Armação dos Búzios / Rochedo do Caboclo	22,7	216	216	456,0408	0,10
	Armação dos Búzios / Lajes na Ilha da Rasa	22,4	217	217	1152,1682	0,25
	Armação dos Búzios / Ilha Rasa	22,4	217	217	1152,1682	1,91
	Armação dos Búzios / Laje de Manguinhos	22,1	187	187	2966,3194	0,13
	Armação dos Búzios / Laje da Praia da Tartaruga	22,6	173	173	70,2904	0,27
	Armação dos Búzios / Ilha do Caboclo	22,6	173	173	70,2904	0,23
	Armação dos Búzios / Ilha Branca	25,6	155	155	35,2347	0,83
	Armação dos Búzios / Laje do Criminoso	25,6	155	155	35,2347	0,06
	Armação dos Búzios / Ilha próxima à Praia do Forno	27,1	150	151	255,1993	0,31
	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	29,6	132	132	52,7277	2,92
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá (Filhote)	27,2	136	136	353,5415	0,50
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá	27,2	134	135	452,0021	2,36
	Armação dos Búzios / Ilha do Boi	26,3	150	150	255,1993	0,58
	Armação dos Búzios / Lajes na Praia da Ferradura	26,3	150	162	255,1993	0,18
	Armação dos Búzios / Laje das Enchovas	26,6	157	157	35,3506	0,04
	Armação dos Búzios / Laje Seca	26,6	157	157	35,3506	0,07
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Fora	26,6	157	157	35,3506	1,05
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Dentro	26,6	157	157	35,3506	1,06
	Armação dos Búzios	27,1	147	198	3899,1204	52,03
	Cabo Frio / Laje do Mero	11,6	419	419	69,8727	0,07
	Cabo Frio / Ilha do Breu	28,8	151	151	35,4781	1,34
	Cabo Frio / Ilha de Pargos	28,8	151	153	411,8996	5,14
	Cabo Frio / Ilha dos Capões	27,2	153	153	35,2745	1,93
	Cabo Frio / Ilha Comprida	26,5	158	160	35,3668	7,62
	Cabo Frio / Ilha Redonda	26,5	158	160	186,0943	1,14
	Cabo Frio / Ilha Dois Irmãos	24,4	199	199	471,3270	1,26
	Cabo Frio / Ilha dos Papagaios	23,5	191	196	215,8937	6,14

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
RJ	Cabo Frio / Ilha do Forte São Matheus	12,3	437	437	69,9057	0,38
	Cabo Frio	23,0	173	366	3213,0869	36,26
	Arraial do Cabo / Ilha do Pontal	22,8	179	179	1339,3828	1,03
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	26,4	158	159	767,5818	2,78
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	29,9	148	157	3117,4604	19,10
	Arraial do Cabo / Ilha do Farol	20,1	166	166	90,2997	0,29
	Arraial do Cabo / Ilha dos Franceses	20,1	166	166	90,2997	0,85
	Arraial do Cabo	26,0	159	253	3117,4604	57,13
	Araruama	1,8	471	576	19,8036	7,27
	Saquarema / Laje Itaúna	1,0	645	645	4,9474	0,48
	Saquarema / Pedras da Laje	1,0	645	645	4,9474	0,57
	Saquarema	1,0	543	571	4,9807	8,44
	Maricá / Ilhas Maricás	1,0	737	738	4,9981	3,60
	Maricá	1,0	726	727	5,2369	8,75
	Niterói / Ilha do Pai	1,0	742	742	2,7712	2,15
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	1,0	590	590	34,4599	2,67
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	1,4	493	598	8,3602	2,55
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda (Filhote)	1,3	543	543	6,5230	0,68
	Rio de Janeiro / Laje da Redonda	1,3	543	543	6,5230	0,13
	Rio de Janeiro / Ilhota Pequena (Matias)	1,0	740	740	4,9663	0,23
	Rio de Janeiro / Ilhota Grande (Praça Onze)	1,0	687	714	5,0738	0,57
	Rio de Janeiro / Ilha Comprida	1,0	687	687	5,0738	3,25
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa de Guaratiba	1,0	668	668	0,3790	1,76
	Rio de Janeiro / Restinga da Marambaia	1,0	731	733	4,9976	4,37
	Rio de Janeiro	1,0	668	668	0,3790	5,25
	Angra dos Reis / Ilha de Jorge Grego	1,0	570	619	10,1459	6,82
	Angra dos Reis / Ilha do Guriri	1,0	652	652	4,9012	0,65
	Angra dos Reis / Ilha de Dois Rios	1,0	594	594	4,8938	1,25
	Angra dos Reis / Ilha Grande	1,0	588	642	5,3444	37,18
	Paraty / Ilha Cairuçu	1,0	643	660	5,1406	1,66
	Paraty	1,0	632	707	5,3334	22,19
SP	Ilhabela / Ilha dos Pescadores	3,0	600	614	19,8533	2,12
	Ilhabela / Ilhota das Cabras (Ilha Cagadinha)	1,2	668	668	10,1469	1,32
	Ilhabela / Ilha da Vitória	3,3	589	597	30,1863	9,24
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	2,2	475	615	19,9370	18,22

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSÃO DE TOQUE (km)
SP	Ilhabela / Ilha Sumítica	1,0	483	483	5,2528	1,29
	Ilhabela / Ilha da Serraria	1,0	635	635	5,1698	1,58
	Ilhabela / Ilha das Galetas	1,0	605	605	5,1900	1,39
	Ilhabela	5,0	448	565	39,5177	59,63
	São Sebastião / Arq. Alcatrazes	1,7	649	678	10,0547	13,46
	Santos / Laje de Santos	3,5	505	506	35,0603	1,99
	Guarujá / Ilha da Moela	1,0	708	708	4,9751	3,43
	Guarujá / Ilhota Pau a Pino	1,0	708	708	4,9751	0,27
	Peruíbe / Ilha Queimada Grande	1,7	664	664	39,5079	4,69
SC	Bombinhas / Ilha da Galé	1,5	683	683	52,3546	5,98
	Bombinhas / Ilha Calhau de São Pedro	1,0	706	706	4,9647	0,47
	Bombinhas / Ilha Deserta	2,1	662	666	34,9454	3,81
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	1,9	678	681	34,8857	12,94
	Florianópolis	1,9	659	685	43,8611	33,09
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	1,8	675	675	19,0809	0,60
	Florianópolis / Ilha Mata - Fome	1,9	677	677	34,7375	1,35
	Florianópolis / Ilha do Badejo	2,1	674	674	14,2342	1,36
	Florianópolis / Ilha do Xavier	1,8	681	682	9,8897	2,26
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	1,7	678	678	52,4803	4,38
	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	1,0	704	704	4,8956	1,94
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	1,2	657	665	9,9223	3,17
	Florianópolis / Laje Moleques do Sul	2,8	643	643	16,8778	0,28
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Sul	3,2	635	635	34,9064	3,18
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	1,0	673	696	5,0750	1,86
	Paulo Lopes / Ilha de Coral	1,7	673	673	34,6508	3,40
	Garopaba	1,2	682	699	10,0530	13,40
	Garopaba / Parcel de Garopaba	1,0	697	697	9,8347	0,38
	Garopaba / Ilhote de Ouvidor	1,2	682	682	10,0530	0,39
	Imbituba	2,1	659	675	69,7088	40,05
	Imbituba / Ilha do Batuta	2,0	661	675	34,8387	1,18
	Imbituba / Ilha Santana Norte	2,1	660	660	35,2156	0,80
	Imbituba / Ilha Santana Sul	2,1	660	660	35,2156	0,94
	Imbituba / Ilha das Araras	2,1	659	659	13,0356	2,05
	Imbituba / Ilha Tacami	2,4	661	661	20,1233	0,44
	Laguna	2,0	668	679	69,7753	34,85
	Laguna / Ilha dos Lobos	1,9	671	671	9,2975	1,28
	Laguna / Ilha Marta Pequeno	1,5	679	679	10,1176	0,86

A Tabela 34 apresenta um resumo dos municípios presentes no interior de baías/estuários/canais com toque superior a 60 horas, associado ao cenário probabilístico de volume de pior caso de afundamento do FPSO Frade para o período da primavera-verão

Tabela 34 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de pior caso de afundamento FPSO Frade no período da primavera-verão.

UF	REGIÃO/MUNICÍPIO	PROBABILIDADE NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)
RJ	Baía de Vitória - Cariacica	1,7	323,0	35,2170
	Lagoa do Araruama - São Pedro da Aldeia	12,3	437,0	69,9057
	Lagoa do Araruama - Iguaba Grande			
	Baía de Ilha Grande - Itaguaí	1,0	605,0	5,0083
	Baía de Ilha Grande - Mangaratiba			

OBS: estes resultados foram obtidos a partir dos resultados probabilísticos observados na entrada dos estuários/baías com probabilidade de toque acima de 60 horas.

4.2.1.4. Simulações Probabilísticas - Volume Pior Caso - Poço

Da Figura 86 até a Figura 109, são apresentados os resultados da simulação probabilística com derrame de volume de pior caso – *blowout* do poço ODP4 (47.700,0 m³) para o período da primavera-verão e outono-inverno.

Os resultados mostram probabilidade de presença de óleo na superfície da água nas bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas em ambos os períodos. A direção preferencial de deslocamento do óleo na superfície da água é para o quadrante SW próximo ao ponto de modelagem e, à medida que se desloca, acompanha o fluxo da corrente do Brasil.

Na bacia de Pelotas as maiores probabilidades não foram superiores a 50% em ambos os períodos. Nas bacias de Campos e Santos as maiores probabilidades foram superiores a 90% em ambos os períodos, enquanto na bacia do Espírito Santo, as maiores probabilidades foram inferiores a 10% (primavera-verão) e 30% (outono-inverno).

O toque do óleo na costa ocorreu ao longo de 2.785,9 km no período da primavera-verão e 3.389,5 km no período do outono-inverno, ao longo do litoral dos estados do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul em ambos os períodos. As maiores probabilidades de toque foram de 75,4%

(Ilha Bom Abrigo, Cananéia - SP) no período da primavera-verão e, 81,9% (outono-inverno) na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ).

O menor tempo de afloramento do óleo foi de 2 horas nos dois períodos de simulação.

Com relação ao óleo na coluna d'água, verifica-se a presença do óleo desde a superfície até a camada 19 (998 m até 1.046 m). Por estes resultados é possível observar que em regiões mais profundas o deslocamento do óleo ocorre no sentido oposto ao da superfície, ou seja, para NE. Em ambos os períodos simulados, da camada 8 (350 m até 408 m) até camada 19 (988 m até 1.046 m) o transporte do óleo ocorre preferencialmente para N, com diminuição da magnitude deste deslocamento conforme com o afastamento do fundo. Nessas camadas a presença do óleo ocorre de forma pontual ao longo das bacias de Campos e Espírito Santo.

Da camada 7 (292 m até 350 m) até a camada 6 (234 m até 192 m) os contornos de probabilidade ainda apontam o transporte para N, porém com o alcance significativamente inferior ao das camadas mais profundas, indicando a transição do padrão de corrente de fundo para o de superfície, com a presença do óleo ao sul do ponto de modelagem devido ao deslocamento das correntes para o quadrante sul. Da camada 5 (176 m até 234 m) até a camada 3 (60 m até 118 m) a presença do óleo fica restrita à região do entorno do ponto de modelagem. Na camada 2 (2 m até 60 m) a presença do óleo ocorre de forma dispersa ao longo da bacia de Santos e Campos (primavera-verão) e Bacia de Campos (Outono-inverno). Na camada 1 (até 2 m) a presença do óleo ocorre associada ao deslocamento superficial.

A presença do óleo no leito oceânico apresenta-se em regiões mais rasas, próximo da isóbata de 100 m, ao longo ao longo das bacias de Pelotas, Santos, Campo, Espírito Santo nos dois períodos, com probabilidades inferiores a 10% no período da primavera-verão e 20% no período de outono-inverno.

Figura 86 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

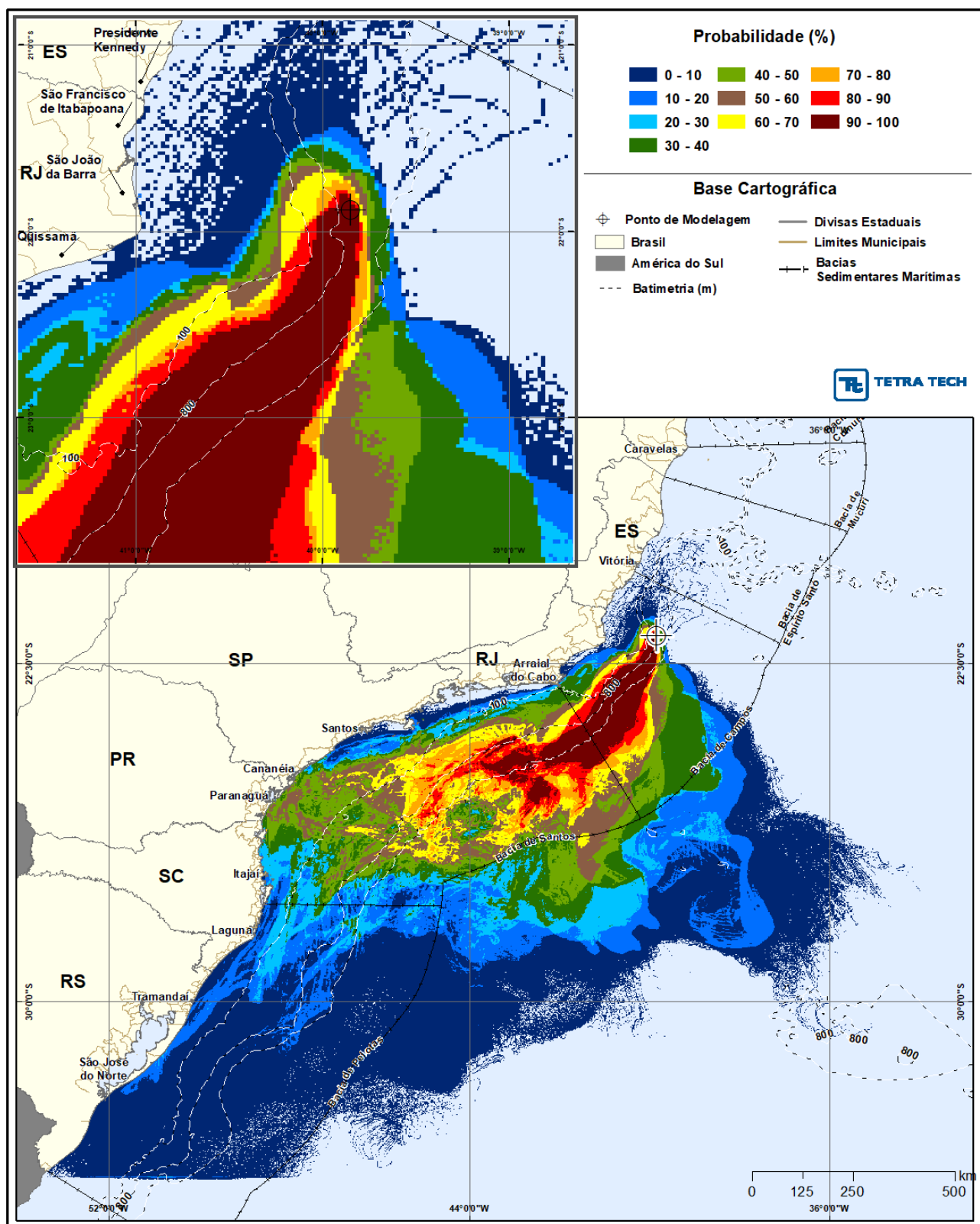


Figura 87 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

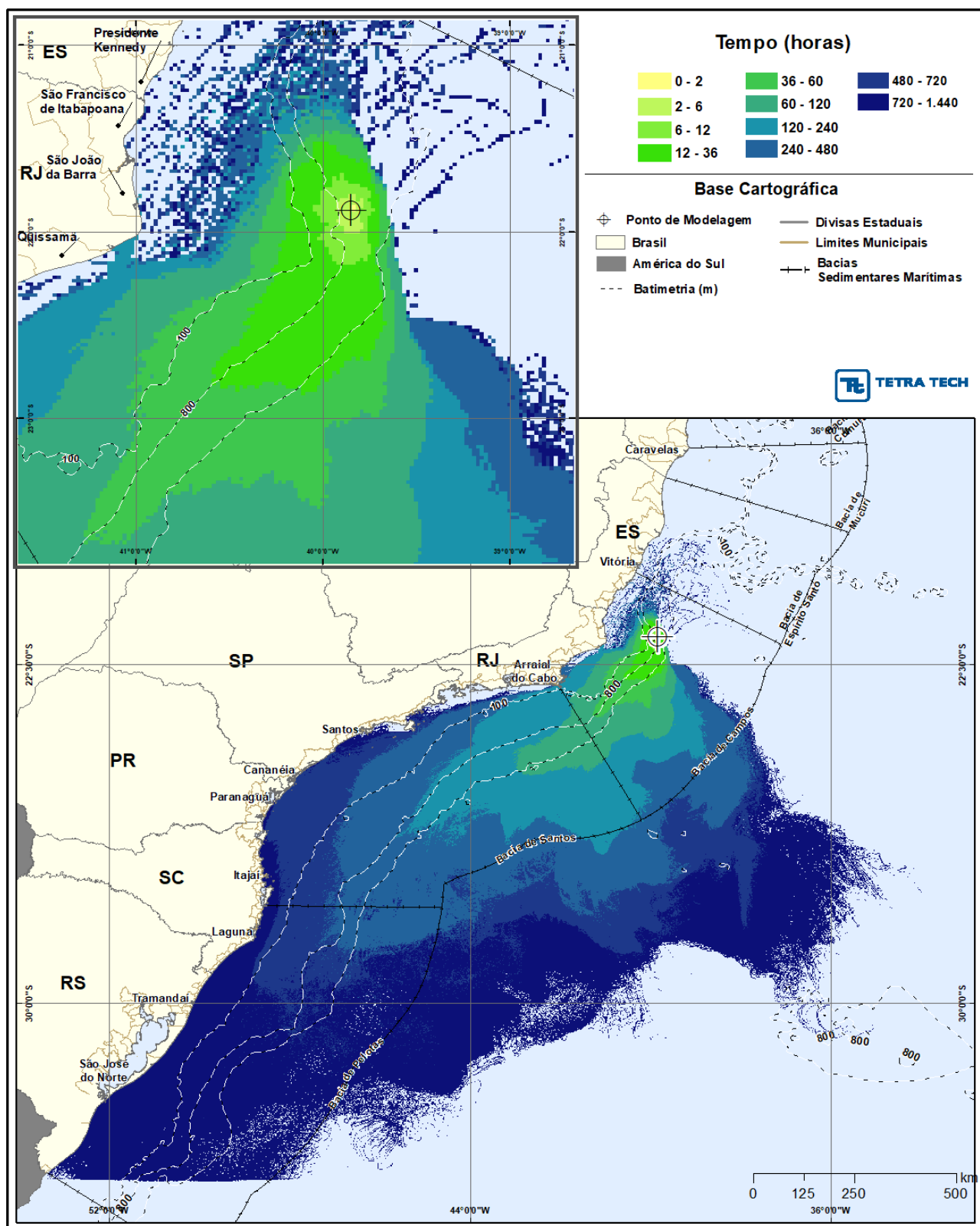


Figura 88 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em planta: resultado mais crítico independente da profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

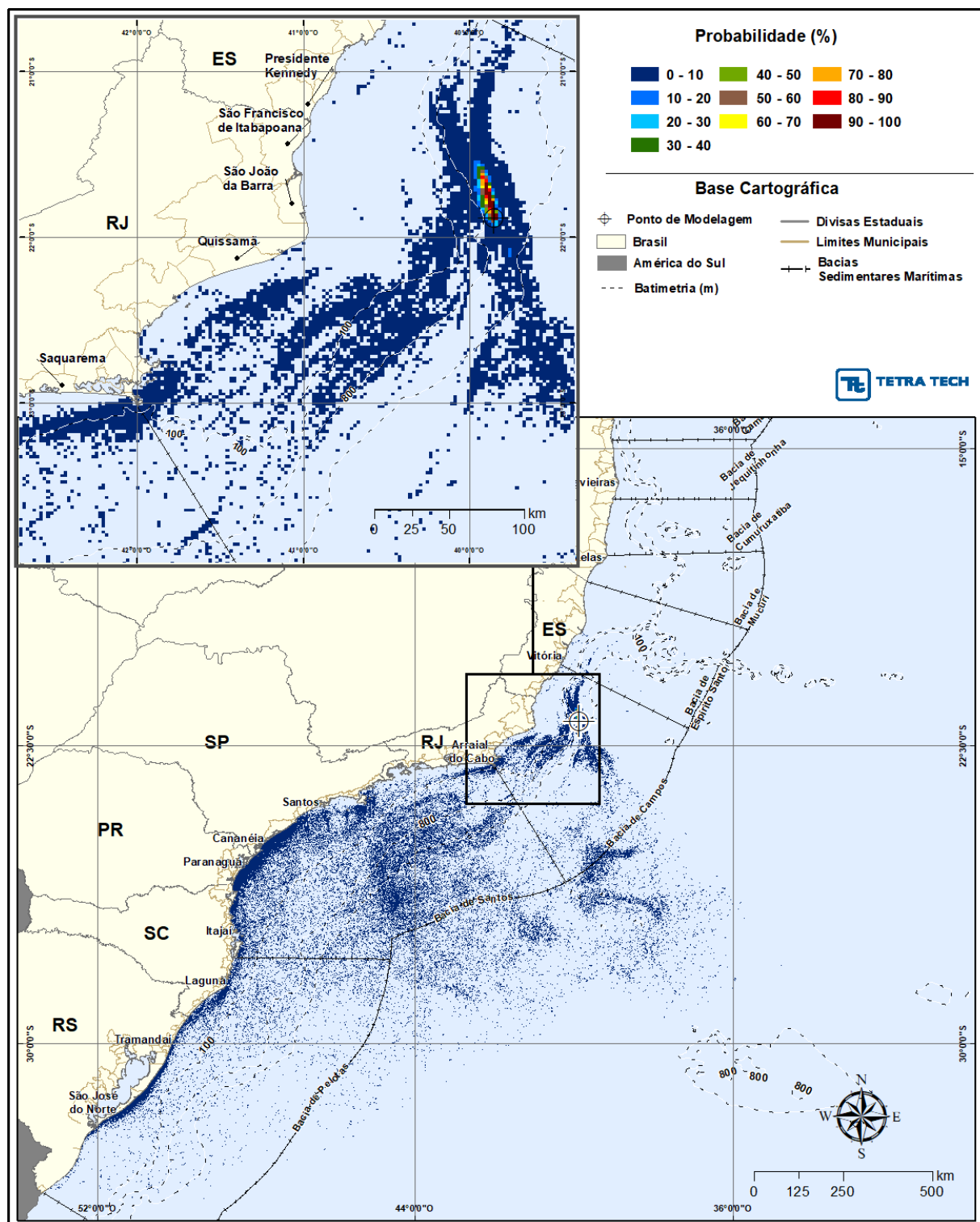


Figura 89 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 1 a 5.

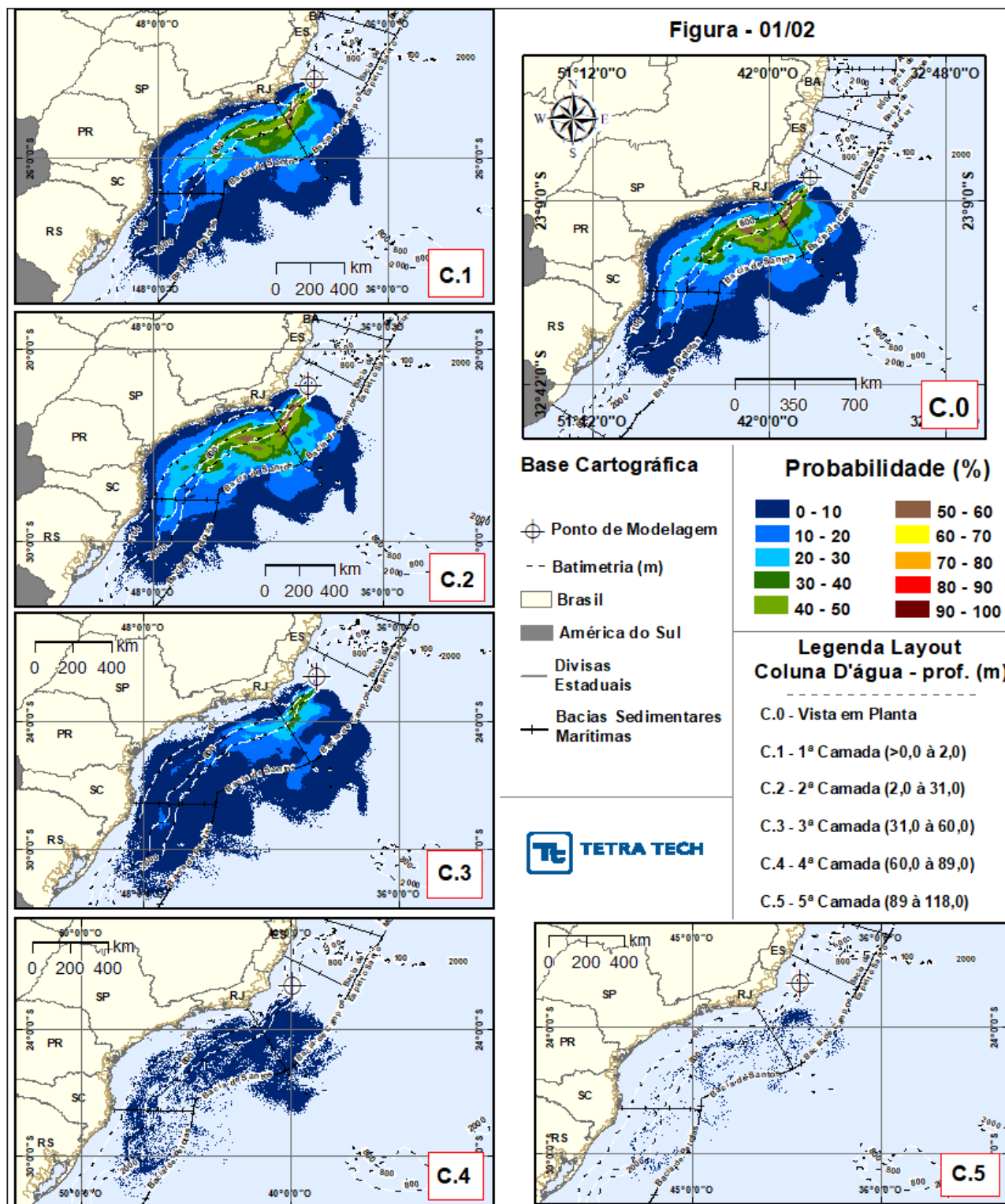


Figura 90 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 6 a 10.

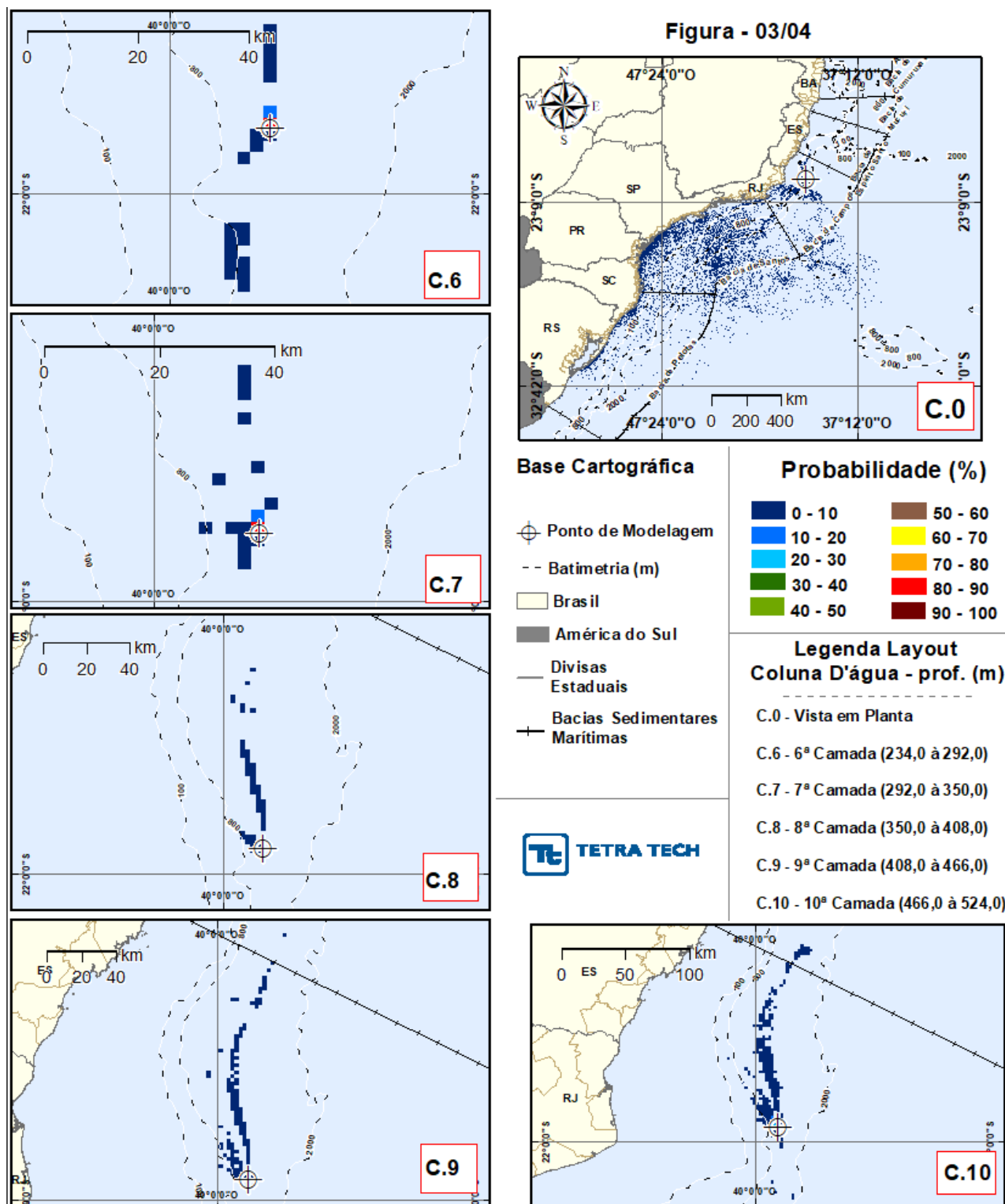


Figura 91 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada11 a 15.

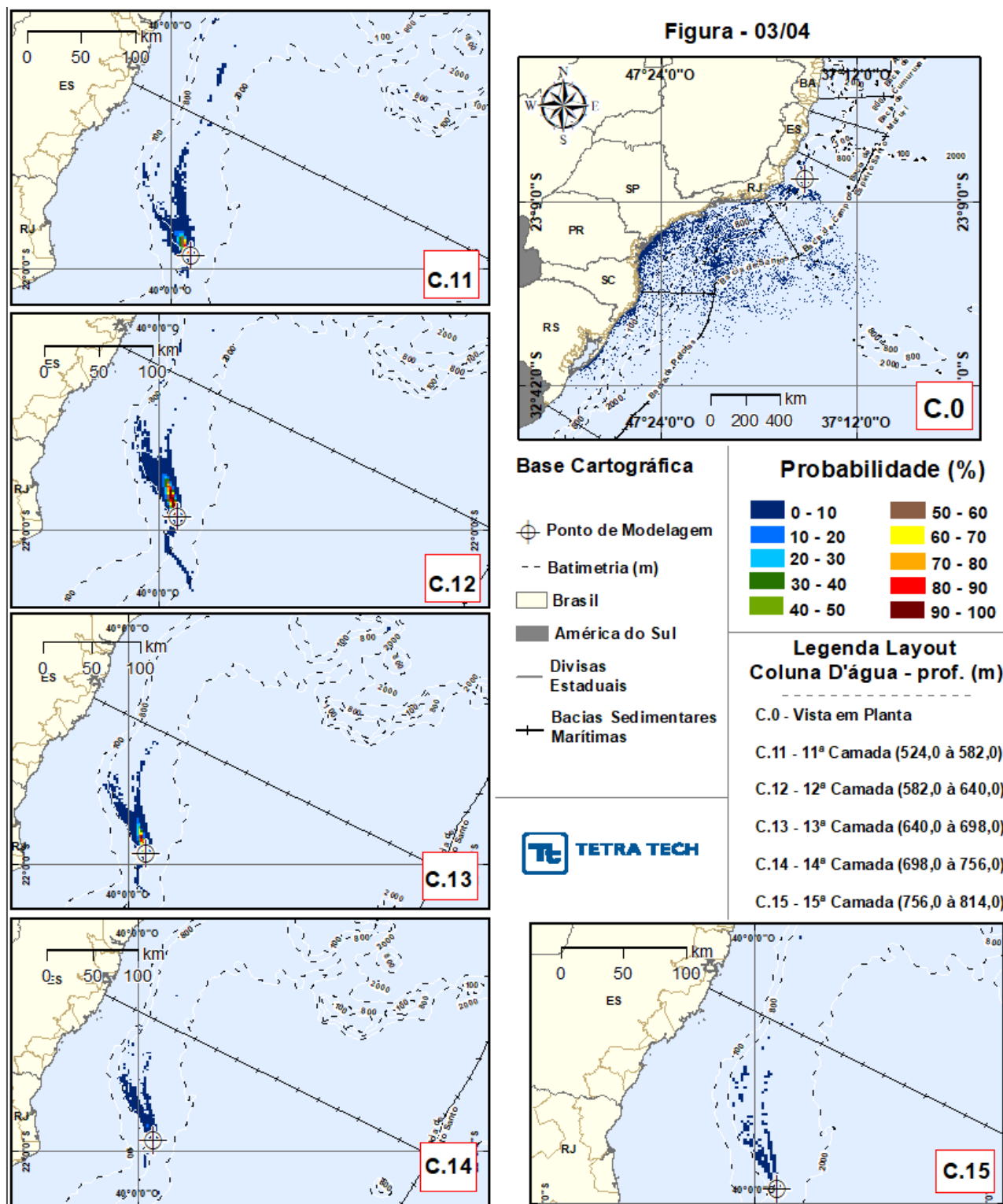


Figura 92 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 16 a 20.

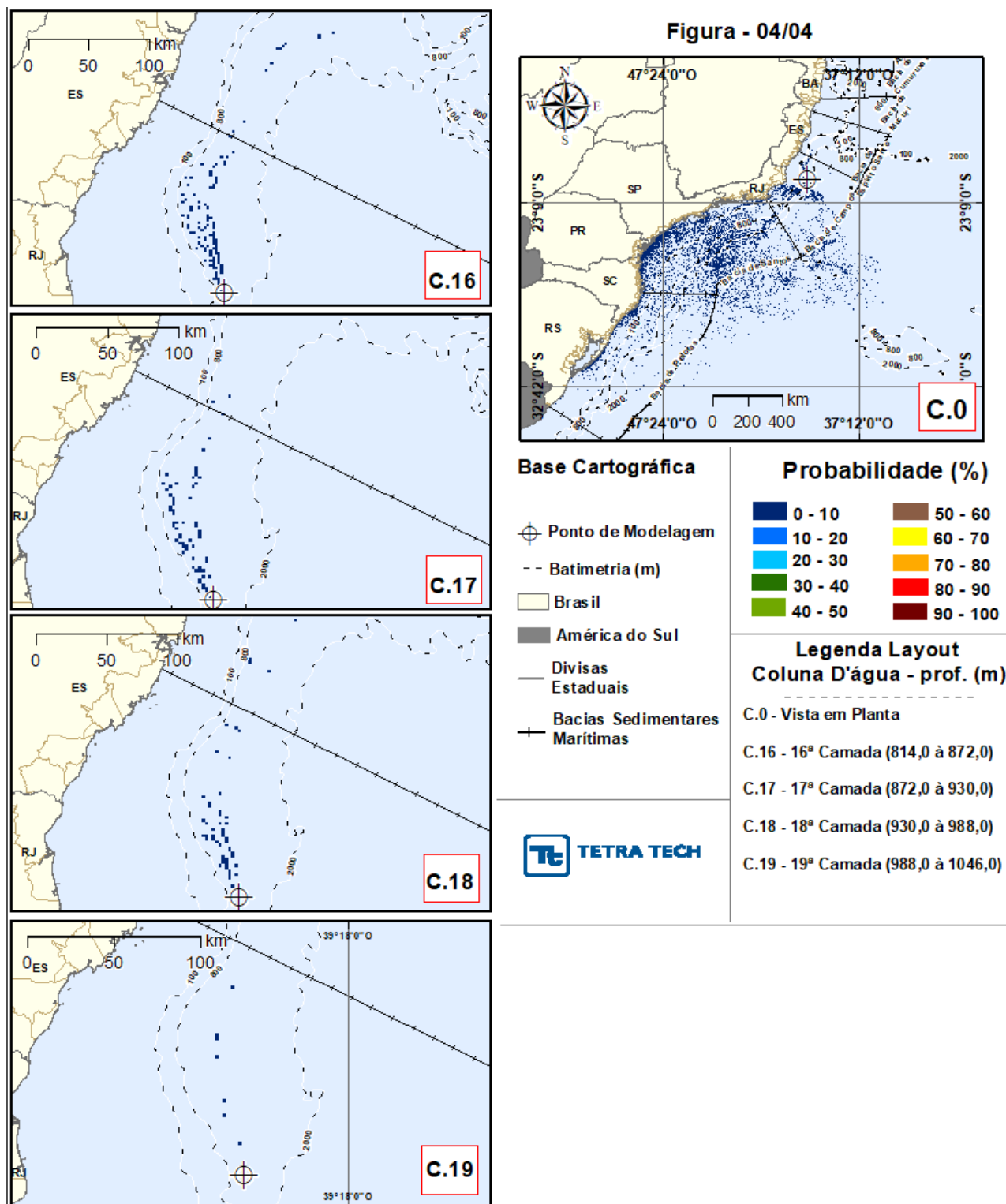


Figura 93 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 20° - ODP4) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

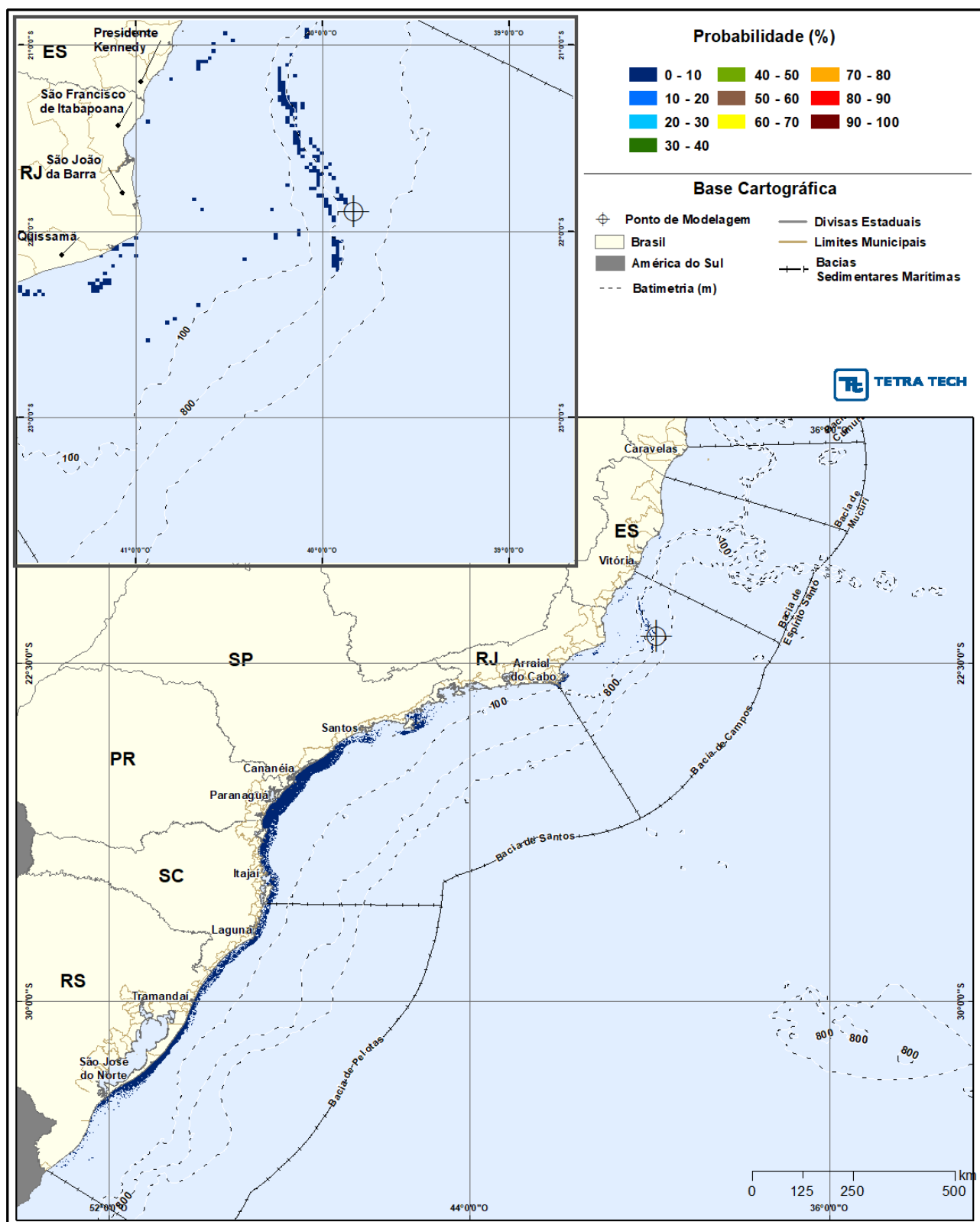


Figura 94 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Intervalos de probabilidade de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

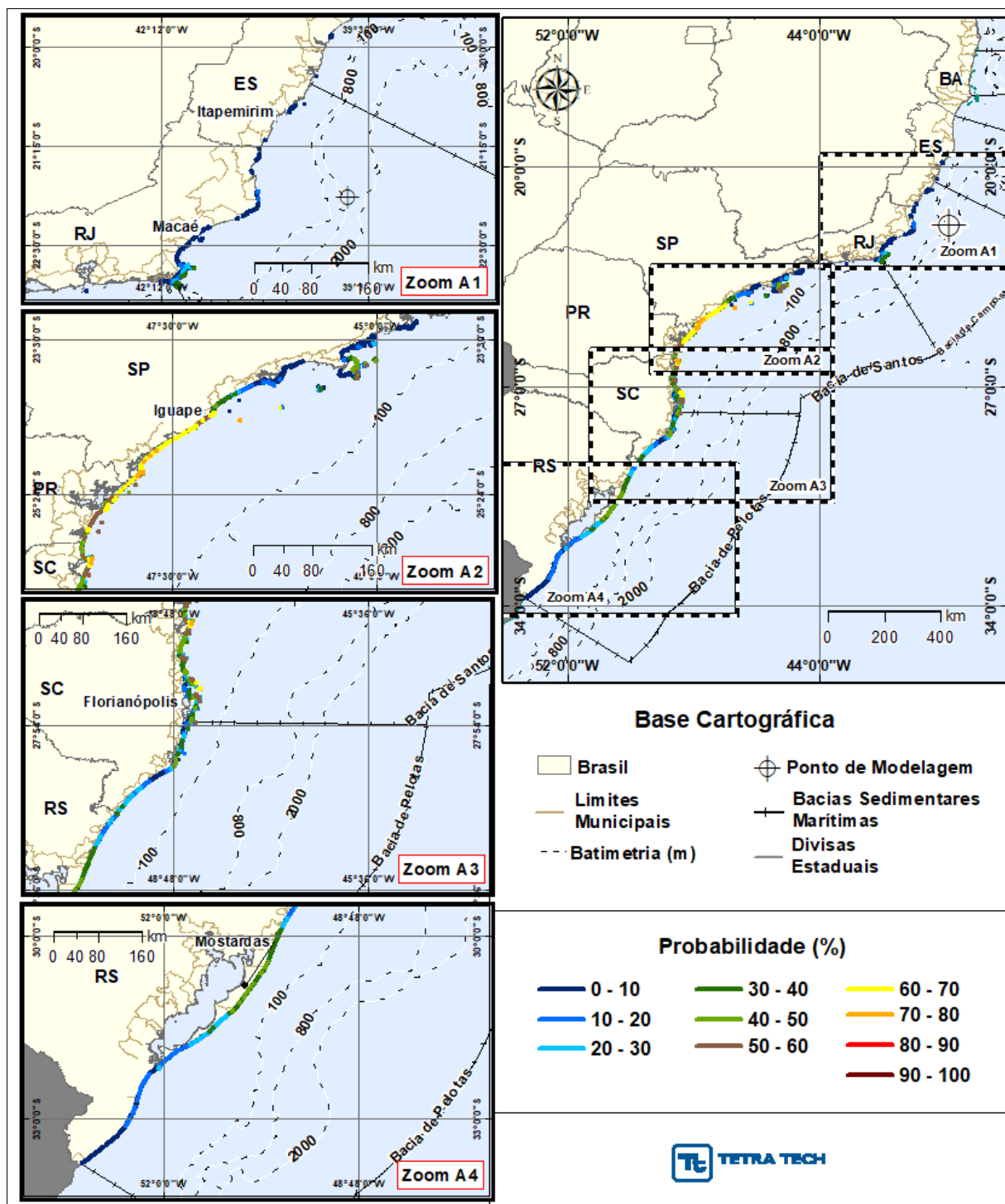


Figura 95 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Intervalos de tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

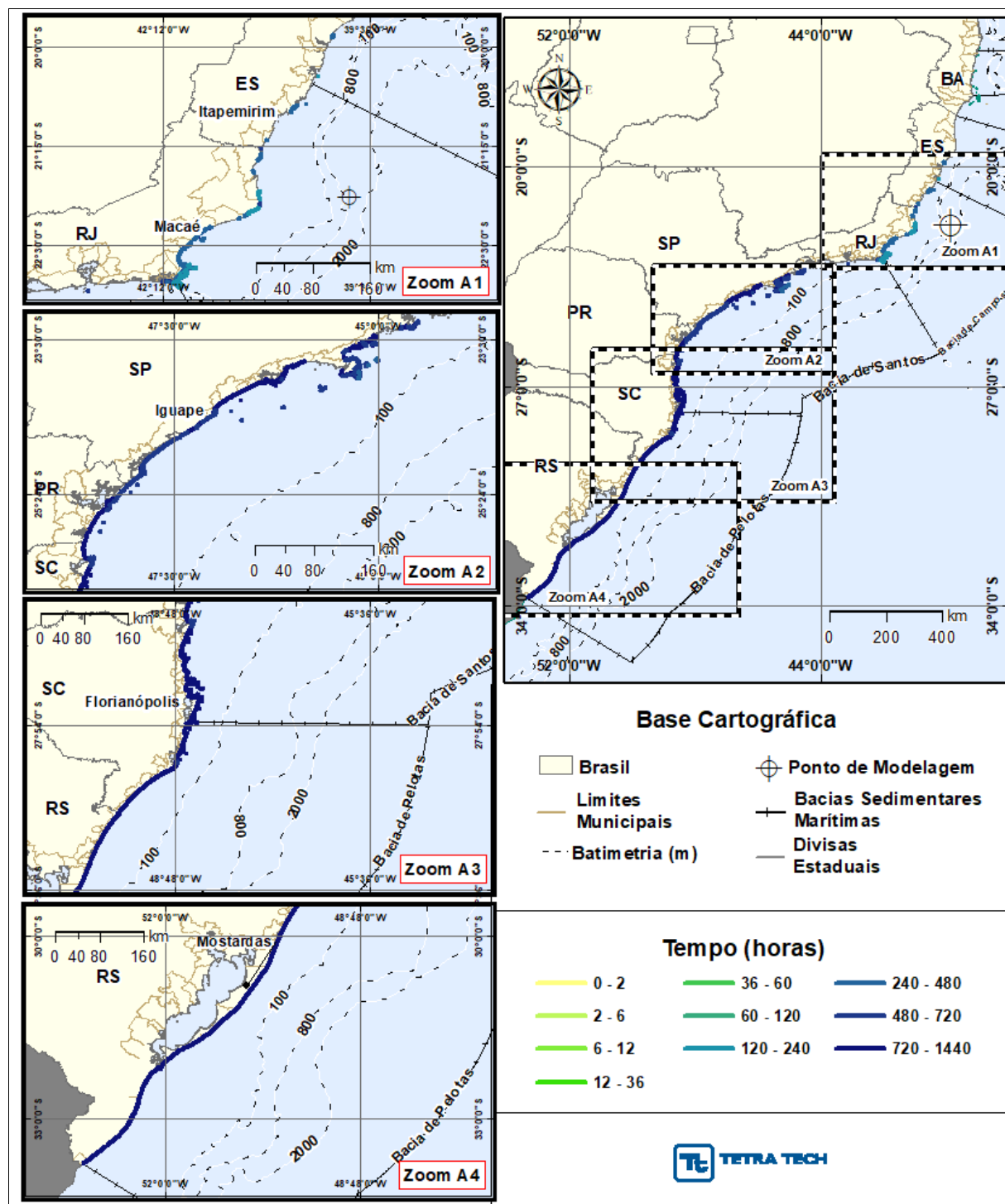
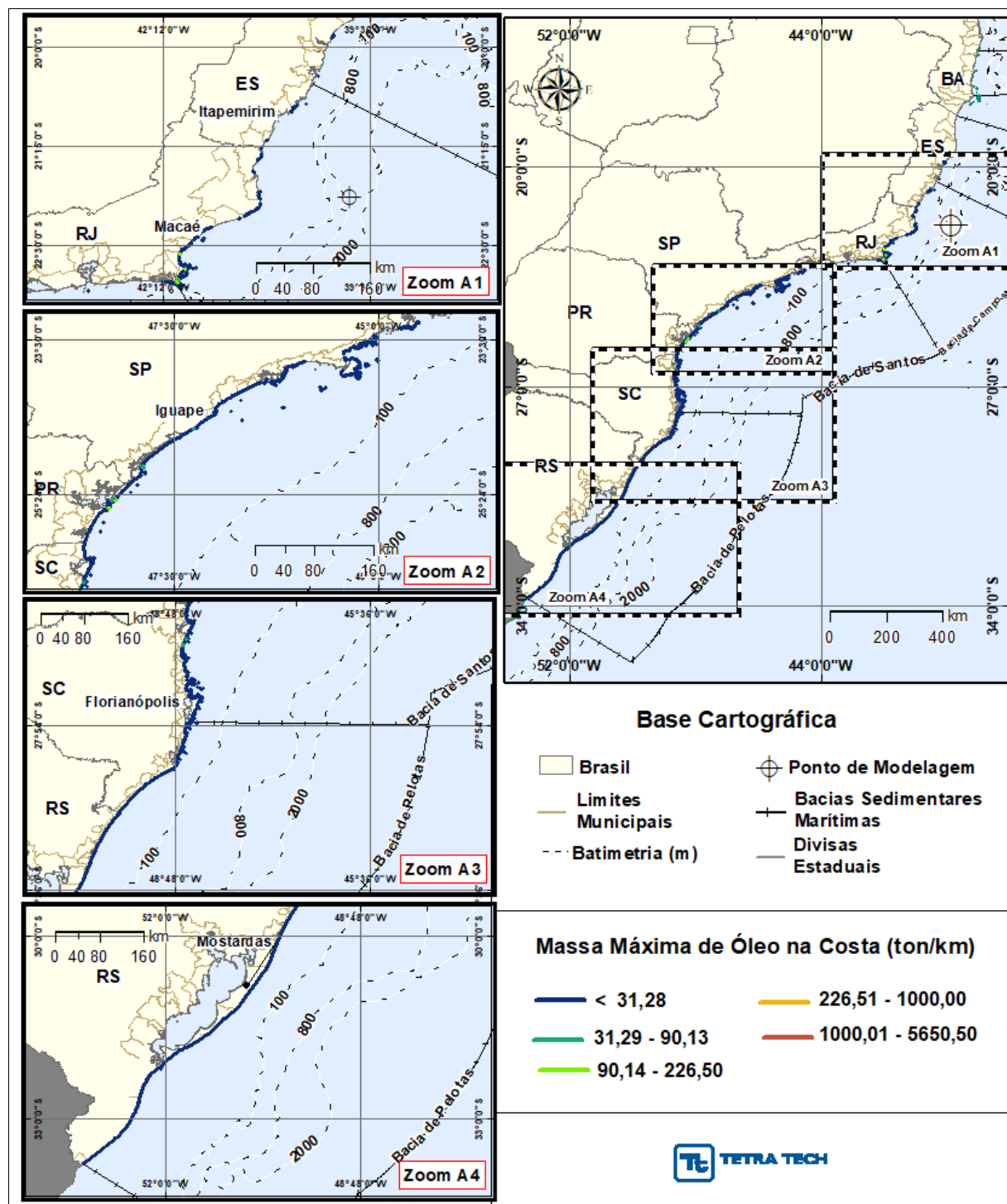


Figura 96 - Cenário FRADE_PRI-VER_PC_60D. Massa máxima de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período da primavera-verão.

Observa-se que a evaporação e o entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) são os principais processos que contribuem para a retirada do óleo da superfície da água. Verifica-se um aumento da parcela de óleo dissolvido na coluna d'água quando comparado com os resultados dos derrames de superfície. Atribui-se esse aumento à liberação do óleo a partir do fundo do mar, proporcionando maior dissolução do óleo na coluna.

A soma da parcela entranhada (dissolvida e particulada) e evaporada resulta em média 59,15% de todo o volume de óleo derramado. Ao final da simulação, a parcela de óleo na superfície da água é, em média, de 34,15% do total derramado.

Figura 97 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período da primavera-verão, no instante final da simulação.

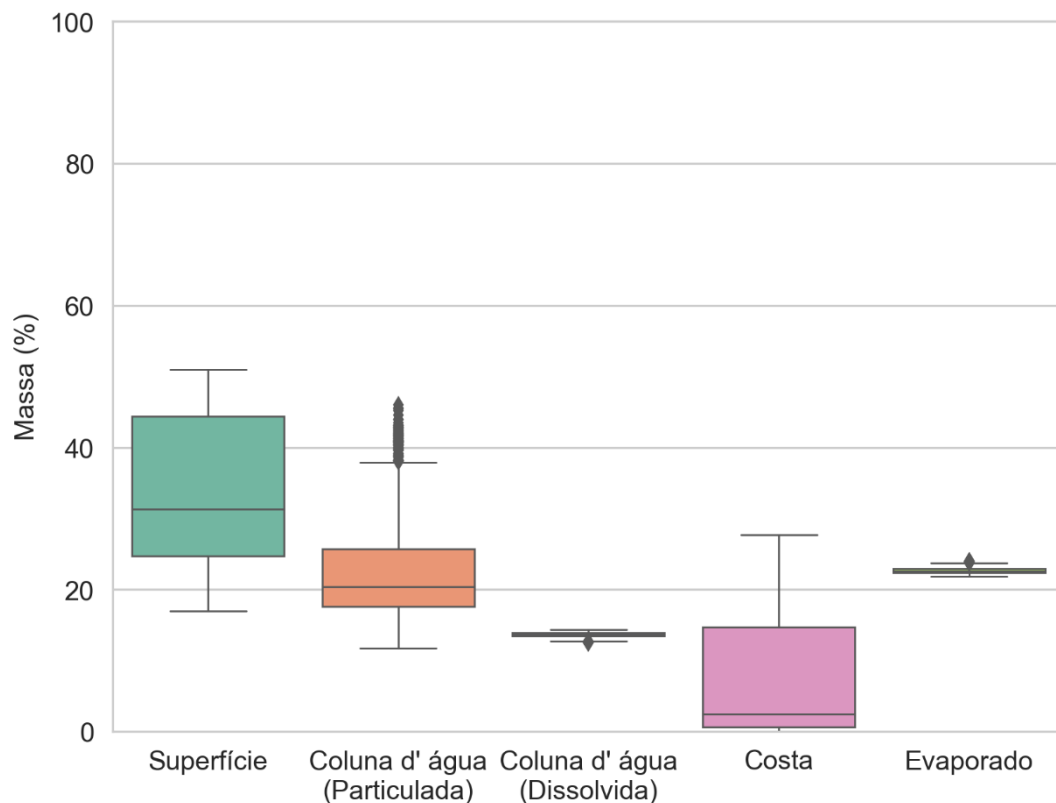


Tabela 35 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de afundamento de *blowout* do poço ODP4 no período da primavera-verão.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	17,01	11,78	12,45	0,00	21,79
Médio	34,15	22,85	13,64	6,70	22,66
Máximo	51,01	46,03	14,35	27,71	24,01

A Tabela 36 apresenta um resumo dos resultados por município com probabilidade de toque para o cenário de primavera-verão com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4. Observa-se que a probabilidade de toque de óleo na costa abrangeu 2.758,9 km de linha de costa, com toque em municípios litorâneos dos estados do Espírito Santo ao Rio Grande do Sul. O município com o toque mais ao norte foi Aracruz (ES) e, mais ao sul, o de Santa Vitória do Palmar (RS). Observa-se ainda que o menor tempo para o toque de óleo na costa ocorre em Campos dos Goytacazes (RS), 165 horas após o derrame.

Tabela 36 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período da primavera-verão.

UF	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
ES	Aracruz	5,0	266	301	0,9684	12,38
	Vila Velha	4,2	240	240	0,6671	1,10
	Guarapari / Ilha Escalvada	1,0	293	293	0,5492	0,71
	Guarapari / Afloramento não Identificado	2,3	306	306	0,3298	0,14
	Guarapari	2,3	289	333	0,3298	12,23
	Anchieta / Laje na Praia do Além	4,2	294	294	0,6408	0,23
	Anchieta	4,2	294	294	0,6408	3,51
	Marataízes	2,3	344	344	0,3227	1,62
	Presidente Kennedy	1,8	540	540	0,3205	2,12
RJ	São Francisco de Itabapoana	6,0	242	398	0,6467	15,87
	São João da Barra	16,8	171	218	1,8334	15,67
	Campos dos Goytacazes	14,7	165	272	25,4570	22,14
	Quissamã	2,0	223	350	25,4503	6,70
	Carapebus	1,0	332	480	7,5830	8,86
	Macaé / Pedra das Galhetas	8,0	291	291	14,6375	0,69
	Macaé / Ilha Ponta das Cavalas	8,0	291	291	14,6375	1,23
	Macaé / Ilha do Francês	8,0	291	291	14,6375	3,65
	Macaé / Ilha de Sant'anna	3,7	327	327	19,7141	5,00
	Macaé / Ilhote do Sul	3,7	327	327	19,7141	1,75

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Macaé / Ilha dos Papagaios	1,0	737	737	0,6289	0,62
	Macaé	3,4	307	378	25,4326	19,94
	Rio das Ostras / Ilha da Marieta	1,2	333	333	25,4698	0,50
	Rio das Ostras / Ilha Moleque de Fora	1,2	333	857	25,4698	0,66
	Rio das Ostras / Ilha Rasa	1,0	1206	1206	0,4766	0,33
	Rio das Ostras / Ilha do Mel	1,0	1206	1206	0,4766	0,78
	Rio das Ostras / Lajes de Itapebussus	1,0	1211	1211	0,5081	0,52
	Rio das Ostras / Ilha do Coqueiro Só	1,0	345	400	12,6976	0,62
	Rio das Ostras / Ilha dos Trinta-Réis	1,0	345	345	0,4825	0,27
	Rio das Ostras / Laje na Praia do Bosque	1,0	577	577	19,8185	0,12
	Rio das Ostras	1,2	307	703	25,4698	21,95
	Casimiro de Abreu / Ilha dos Trinta-Réis	1,0	341	341	0,7968	0,38
	Casimiro de Abreu	1,0	341	350	90,1359	5,59
	Armação dos Búzios / Ilha Feia	1,0	268	268	0,5766	2,09
	Armação dos Búzios / Rochedo do Caboclo	1,0	271	271	0,6641	0,10
	Armação dos Búzios / Lajes na Ilha da Rasa	1,0	271	271	0,8820	0,25
	Armação dos Búzios / Ilha Rasa	1,0	271	271	0,8820	1,91
	Armação dos Búzios / Laje de Manguinhos	1,0	278	278	0,7102	0,13
	Armação dos Búzios / Laje da Praia da Tartaruga	7,0	270	270	25,4320	0,27
	Armação dos Búzios / Ilha do Caboclo	7,0	270	270	25,4320	0,23
	Armação dos Búzios / Ilha Branca	22,2	239	239	12,7171	0,83
	Armação dos Búzios / Laje do Criminoso	22,2	239	239	12,7171	0,06
	Armação dos Búzios / Ilha próxima à Praia do Forno	23,0	231	242	21,3970	0,31
	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	39,5	171	171	19,1071	2,92
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá (Filhote)	8,5	247	247	0,9622	0,50
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá	22,8	172	210	2,2807	2,36
	Armação dos Búzios / Ilha do Boi	3,7	252	252	21,3970	0,58
	Armação dos Búzios / Lajes na Praia da Ferradura	9,6	252	255	21,3970	0,18
	Armação dos Búzios / Laje das Enchovas	24,6	239	239	12,7673	0,04
	Armação dos Búzios / Laje Seca	24,6	239	239	12,7673	0,07

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Fora	24,6	239	239	12,7673	1,05
	Armação dos Búzios / Ilha Emerência de Dentro	24,6	239	239	12,7673	1,06
	Armação dos Búzios	24,6	231	282	133,9572	52,04
	Cabo Frio / Laje do Mero	1,0	345	345	25,4045	0,07
	Cabo Frio / Ilha do Breu	35,2	193	193	12,8000	1,34
	Cabo Frio / Ilha de Pargos	35,2	193	195	12,8147	5,14
	Cabo Frio / Ilha dos Capões	30,3	194	194	12,8147	1,93
	Cabo Frio / Ilha Comprida	30,4	202	216	12,7497	7,62
	Cabo Frio / Ilha Redonda	30,4	199	201	12,7497	1,14
	Cabo Frio / Ilha Dois Irmãos	4,0	248	248	4,6325	1,26
	Cabo Frio / Ilha dos Papagaios	16,0	231	241	12,7348	6,14
	Cabo Frio / Ilha do Forte São Matheus	3,0	258	258	25,4284	0,38
	Cabo Frio	17,1	231	284	159,9757	36,26
	Arraial do Cabo / Ilha do Pontal	19,5	192	192	165,5091	1,03
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	33,1	182	184	18,3799	2,78
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	38,5	177	182	12,9586	19,10
	Arraial do Cabo / Ilha do Farol	21,5	191	191	2,8704	0,29
	Arraial do Cabo / Ilha dos Franceses	21,5	191	191	2,8704	0,85
	Arraial do Cabo	35,3	184	258	165,5091	49,59
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	1,3	654	654	1,2539	2,67
	Paraty / Ilha Cairuçu	8,1	527	658	0,9323	1,67
	Paraty / Laje do Sono	1,8	787	787	0,3236	0,40
	Paraty / Ilhas em Laranjeiras	1,0	895	895	0,3192	0,77
	Paraty / Ilha da Trindade	3,3	642	642	0,6227	1,01
	Paraty	8,1	527	768	0,9430	73,62
SP	Ubatuba / Laje das Palmas	1,0	887	887	0,5604	0,08
	Ubatuba / Ilha das Palmas	20,2	496	638	1,5551	3,06
	Ubatuba / Laje da Fortaleza	1,7	930	930	0,3129	0,15
	Ubatuba / Ilha das Cabras	1,0	1024	1024	0,4369	0,83
	Ubatuba / Ilha Anchieta	20,2	494	695	1,5551	22,34
	Ubatuba / Ilhota do Sul	1,0	1335	1335	0,4656	1,29
	Ubatuba / Laje de Dentro	1,0	1153	1153	0,6297	0,17
	Ubatuba / Ilhota de Fora	1,0	1153	1153	0,6297	0,62
	Ubatuba / Ilha do Mar Virado	6,7	719	864	1,1288	5,73
	Ubatuba / Laje Grande do Perequê	1,0	750	750	0,3175	0,27
	Ubatuba / Ilhota de Dentro	1,0	1153	1153	0,6297	0,72
	Ubatuba / Ilha Maranduba	1,2	876	876	0,3202	1,15

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Ubatuba / Laje do Pulso	1,2	876	876	0,3202	0,03
	Ubatuba	13,6	642	809	1,8640	77,50
	Caraguatatuba / Ilha Tamanduá	1,0	920	1005	0,5784	5,25
	Caraguatatuba	8,0	699	848	0,9309	21,35
	Ilhabela / Ilha dos Pescadores	31,8	479	488	6,5277	2,12
	Ilhabela / Ilhota das Cabras (Ilha Cagadinha)	31,8	526	526	3,1025	1,32
	Ilhabela / Ilha da Vitória	40,9	479	483	7,3342	9,24
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	50,4	475	572	11,2611	18,22
	Ilhabela / Ilha Sumitica	19,2	484	484	1,8204	1,29
	Ilhabela / Ilha da Serraria	17,1	692	692	1,5631	1,58
	Ilhabela / Ilha Ribeirão	40,7	511	511	6,5248	0,87
	Ilhabela / Ilha das Galetas	22,2	579	579	3,7297	1,39
	Ilhabela / Ilhote Codó	1,8	680	680	0,3188	0,40
	Ilhabela / Ilhote da Figueira	1,8	680	680	0,3188	0,16
	Ilhabela / Laje do Carvão	5,0	724	724	0,6338	1,82
	Ilhabela / Laje da Fome	46,1	513	513	4,6824	0,04
	Ilhabela / Ilha da Lagoa	40,7	511	511	6,5248	0,45
	Ilhabela	57,0	475	601	17,8366	136,70
	São Sebastião / Arq. Alcatrazes	39,1	597	632	4,1879	13,46
	São Sebastião	14,6	547	715	1,2612	9,64
	Bertioga / Ilha Monte Pascoal	5,2	868	1225	0,6249	0,77
	Bertioga	5,7	838	966	0,6350	32,79
	Santos / Laje de Santos	64,2	542	608	12,7957	1,99
	Guarujá / Ilha do Guará	4,9	909	909	0,6211	0,65
	Guarujá / Ilhota da Prainha	1,9	812	812	0,3186	0,79
	Guarujá / Ilha Prainha Branca	4,9	909	909	0,6211	0,76
	Guarujá / Ilhota do Itaporanga	7,1	840	1048	0,6357	0,69
	Guarujá / Ilha do Perequê	5,2	815	815	0,6207	0,26
	Guarujá / Ilha Laje	6,9	743	743	1,2306	0,34
	Guarujá / Ilha do Mar Casado	6,9	743	743	1,2306	1,82
	Guarujá / Ilha das Cabras	1,0	1375	1375	0,5220	1,43
	Guarujá / Ilha Pombeba	3,4	976	976	0,6290	0,96
	Guarujá / Ilha da Moela	19,3	721	767	1,2503	3,88
	Guarujá / Ilhota Pau a Pino	19,3	721	721	1,2503	0,27
	Guarujá / Ilha do Mato	7,6	797	918	0,6210	0,69
	Guarujá / Ilha das Palmas	2,0	795	795	0,3173	0,88
	Guarujá / Ilha do Pau a Pino	1,0	1039	1039	0,4617	0,50
	Guarujá	14,1	714	889	1,2532	71,91
	São Vicente	7,3	818	950	0,6263	6,89

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Praia Grande	15,5	828	938	1,2441	26,84
	Mongaguá	21,1	764	905	1,8343	13,56
	Itanhaém / Laje da Conceição	2,0	927	927	0,6254	0,35
	Itanhaém / Ilha do Givura	33,4	862	912	4,5901	0,53
	Itanhaém	36,9	743	887	4,5901	24,29
	Itanhaém / Pedra Meia Praia	2,0	974	974	0,7145	0,41
	Peruíbe / Ilha Queimada Grande	73,4	580	612	19,1637	4,69
	Peruíbe / Ilha Queimada Pequena	8,9	703	704	0,7912	1,44
	Peruíbe / Ilha de Peruíbe	2,3	901	901	0,6142	0,68
	Peruíbe / Ilhota da Praia Guaraú	39,3	672	672	5,4025	0,21
	Peruíbe / Ilha do Guaraú	67,7	665	665	10,4564	1,66
	Peruíbe / Pedra Grande	67,7	665	665	10,4564	0,95
	Peruíbe / Ilha do Boquete	64,5	651	661	7,7030	1,11
	Peruíbe / Laje Paranapuã	8,5	722	722	0,8624	0,29
	Peruíbe	64,5	649	751	10,4575	42,20
	Iguape	68,8	672	745	34,4098	46,33
	Ilha Comprida	70,2	666	709	73,5802	68,18
	Cananéia / Ilha do Bom Abrigo	75,4	671	675	19,2907	5,96
	Cananéia / Ilhota	74,4	676	681	19,2907	1,56
	Cananéia / Laje do Cambriú	51,7	683	683	5,9330	0,07
	Cananéia / Ilha do Cambriú	51,7	683	683	5,9330	2,02
	Cananéia	70,9	677	703	25,6180	43,78
	Cananéia / Ilha do Castilho	51,8	667	668	1,5359	1,16
PR	Guaraqueçaba	69,8	692	723	118,6161	28,43
	Guaraqueçaba / Ilha da Figueira	47,8	682	682	1,1236	0,78
	Guaraqueçaba / Ilha das Peças	54,6	705	814	41,3392	13,63
	Paranaguá / Ilha Portão do Norte	26,1	773	773	1,1422	0,41
	Paranaguá / Ilha Itapema do Norte	26,1	740	760	1,4865	0,54
	Paranaguá / Ilhas das Palmas	65,1	714	714	19,2291	2,89
	Paranaguá / Ilha do Mel	67,1	709	752	101,5634	27,97
	Paranaguá / Ilha da Galheta	63,4	717	740	12,8209	1,49
	Pontal do Paraná	58,9	800	829	25,7287	22,08
	Matinhos / Ilhas Currais	51,3	706	713	1,3882	1,79
	Matinhos	61,9	760	818	25,4849	19,45
	Matinhos / Ilhas Itacolomís	50,8	711	711	1,7283	0,33
	Matinhos / Ilha Caiobá	33,6	760	771	1,9448	0,95
	Guaratuba	55,6	755	833	25,5168	16,17
SC	Itapoá / Ilha Sai	49,9	776	776	19,1973	0,88
	Itapoá	56,4	754	778	25,5982	23,85

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Itapoá / Ilha Fora de Itapema	29,7	756	756	2,0792	0,45
	São Francisco do Sul	70,1	709	745	25,5631	47,16
	São Francisco do Sul / Pedra do Lobo	34,4	708	708	3,9971	0,15
	São Francisco do Sul / Laje da Baleia	42,2	707	707	0,9040	0,17
	São Francisco do Sul / Pedra do Itacolomi	34,4	708	708	3,9971	0,07
	São Francisco do Sul / Ilhota São Luís	71,4	710	710	12,7818	0,14
	São Francisco do Sul / Ilha da Paz	71,4	710	710	12,7818	3,07
	São Francisco do Sul / Ilha da Velha	71,4	710	710	12,7818	1,01
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca	71,4	710	710	12,7818	0,19
	São Francisco do Sul / Ilha do Pirata	34,4	708	708	3,9971	0,70
	São Francisco do Sul / Pedra da Corvina	25,9	725	725	1,1520	0,05
	São Francisco do Sul / Ilha Mandigituba	66,6	707	707	19,1787	0,81
	São Francisco do Sul / Pedra do Caçõ	66,6	707	707	19,1787	0,08
	São Francisco do Sul / Ilha dos Veados	34,4	708	708	3,9971	0,97
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretas	59,6	730	734	19,2231	4,22
	Balneário Barra do Sul	48,5	746	801	56,0018	11,89
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	29,2	739	739	1,3449	1,91
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédio	29,2	739	742	1,4424	2,78
	Balneário Barra do Sul / Ilha Feia	29,2	739	743	1,3449	1,31
	Balneário Barra do Sul / Ilha Tipitinga	31,4	745	745	1,2709	0,73
	Balneário Barra do Sul / Ilha dos Lobos	32,6	757	763	1,5627	0,48
	Araquari	47,6	818	846	47,0933	4,48
	Barra Velha	47,5	849	885	19,1079	19,22
	Barra Velha / Ilha de Canas	13,7	904	904	1,3373	1,61
	Barra Velha / Pedra da Laje	44,6	867	867	19,1079	2,13
	Barra Velha / Ilhas Itacolomis	19,8	797	797	0,7200	0,46
	Balneário Piçarras	45,5	874	919	19,1397	7,07
	Balneário Piçarras / Ilha Feia	22,0	878	878	1,4779	2,16
	Penha	56,3	789	843	19,1434	31,84
	Navegantes	39,9	845	874	12,8000	11,19
	Navegantes / Ilha de Gravatá	38,6	861	877	12,8000	0,48

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Itajaí	39,9	846	858	11,3730	10,86
	Balneário Camboriú / Laje das Laranjeiras	23,8	861	861	1,4814	0,31
	Balneário Camboriú	49,5	843	865	25,4563	29,46
	Balneário Camboriú / Ilha das Cabras	32,0	851	851	7,7099	0,71
	Itapema	23,3	871	942	3,0869	11,43
	Bombinhas	54,5	815	933	19,1417	53,65
	Bombinhas / Ilha da Galé	65,8	789	789	19,1716	5,98
	Bombinhas / Ilha do Amendoim	40,9	860	860	17,1348	5,11
	Bombinhas / Ilhas Mondobins	7,2	910	910	1,0725	0,05
	Bombinhas / Ilha Calhau de São Pedro	21,5	832	832	1,2690	0,47
	Bombinhas / Ilha Deserta	66,8	748	757	12,7906	3,81
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	63,2	748	785	12,7967	12,94
	Porto Belo	53,8	838	904	19,1402	22,83
	Porto Belo / Ilha João da Cunha	36,4	904	909	17,9900	4,67
	Tijucas	14,0	910	927	4,0054	14,20
	Florianópolis	56,3	770	895	25,5237	102,63
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	20,8	808	808	0,9149	0,60
	Florianópolis / Ilha do Francês	21,9	864	903	2,3816	2,20
	Florianópolis / Ilha Mata - Fome	56,3	792	792	12,8015	1,35
	Florianópolis / Ilha do Badejo	24,0	805	806	0,9402	1,36
	Florianópolis / Ilha do Xavier	18,5	760	768	0,7954	2,26
	Florianópolis / Ilha do Campeche	34,0	868	921	9,8058	5,23
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	50,1	802	802	19,1472	4,38
	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	14,6	900	900	1,5386	1,94
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	40,2	871	900	11,6741	3,17
	Florianópolis / Laje Moleques do Sul	17,8	814	814	0,5938	0,28
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Sul	57,8	804	804	12,7764	3,18
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	16,6	900	911	2,4574	5,57
	Governador Celso Ramos / Ilha na Ponta dos Ganchos	19,3	891	891	10,3892	0,27
	Governador Celso Ramos / Laje Preta	35,9	881	881	11,9727	0,05
	Governador Celso Ramos	35,9	875	912	11,9727	48,62
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	6,6	907	944	1,4841	2,25
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	35,9	881	881	11,9727	1,61
	Palhoça	11,2	990	1067	1,5478	14,56
	Palhoça / Ilha dos Papagaios	3,8	1085	1188	0,9249	1,72

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Palhoça / Ilha Nossa Senhora de Araçatuba	3,8	1085	1085	0,9249	1,12
	Paulo Lopes	7,9	962	1012	1,5159	5,61
	Paulo Lopes / Ilha de Coral	34,4	857	857	11,9178	3,40
	Garopaba / Ilhote do Areal	19,5	898	898	2,1374	0,25
	Garopaba	26,0	872	941	8,5565	32,05
	Garopaba / Ilhota do Siriú	3,0	1044	1093	1,0568	0,81
	Garopaba / Parcel de Garopaba	10,1	931	931	1,0531	0,38
	Garopaba / Ilhote de Ouvidor	23,5	872	872	4,8909	0,39
	Imbituba	40,0	837	957	8,2543	41,74
	Imbituba / Ilha do Batuta	32,1	882	884	7,6797	1,18
	Imbituba / Ilha Santana Norte	40,0	837	837	6,1401	0,80
	Imbituba / Ilha Santana Sul	40,0	837	837	6,1401	0,94
	Imbituba / Ilha das Araras	12,7	864	864	0,7871	2,05
	Imbituba / Ilha Tacami	13,9	836	839	0,7631	0,44
	Laguna	48,6	685	877	12,2720	51,81
	Laguna / Ilha dos Lobos	4,2	893	893	0,6389	1,28
	Laguna / Ilha Marta Pequeno	6,2	858	858	0,6100	0,86
	Laguna / Ilha do Cardoso	27,6	863	863	2,7421	0,34
	Jaguaruna	14,3	900	1103	3,0468	38,34
	Balneário Rincão	18,9	1023	1085	4,2605	15,30
	Araranguá	22,5	962	1060	6,1422	11,63
	Balneário Arroio do Silva	22,5	979	1037	5,2053	20,62
	Balneário Gaivota	30,6	862	1036	3,4583	20,36
	Passo de Torres	26,6	996	1052	2,7548	11,83
RS	Torres	31,6	1020	1084	4,2974	16,92
	Arroio do Sal	22,8	961	1099	4,5656	21,64
	Torres / Ilha dos Lobos	31,6	1027	1027	4,2974	1,06
	Terra de Areia	19,2	1111	1149	3,9607	2,90
	Capão da Canoa	22,3	961	1113	3,6635	18,28
	Xangri-Lá	28,6	904	1036	5,4982	11,46
	Osório	16,6	948	1042	1,8183	2,94
	Imbé	34,4	846	1013	7,0215	11,02
	Tramandaí	35,7	889	991	6,7391	15,81
	Cidreira	36,8	853	937	8,9000	17,34
	Balneário Pinhal	39,1	851	898	16,6055	7,93
	Palmares do Sul	41,6	851	904	17,8378	23,49
	Mostardas	44,2	829	926	23,3448	91,64
	Tavares	41,1	879	951	20,1269	46,88
	São José do Norte	32,3	944	1066	15,9871	116,59

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Rio Grande	25,0	1031	1245	7,2883	65,33
	Santa Vitória do Palmar	12,6	1173	1302	2,7334	142,64

A Tabela 37 apresenta um resumo dos municípios presentes no interior de baías/estuários/canais com toque superior a 60 horas, associado ao cenário probabilístico de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, para o período da primavera-verão.

Tabela 37 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período da primavera-verão.

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)
RJ	Lagoa do Araruama - Araruama	3,0	258,0	25,45
	Baía de Ilha Grande - Angra dos Reis	5,7	1,1	0,93
PR	Baía de Paranaguá - Antonina	67,1	1,3	101,56
SC	Baía Norte - Biguaçu	38,9	829,0	14,01

Figura 98 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

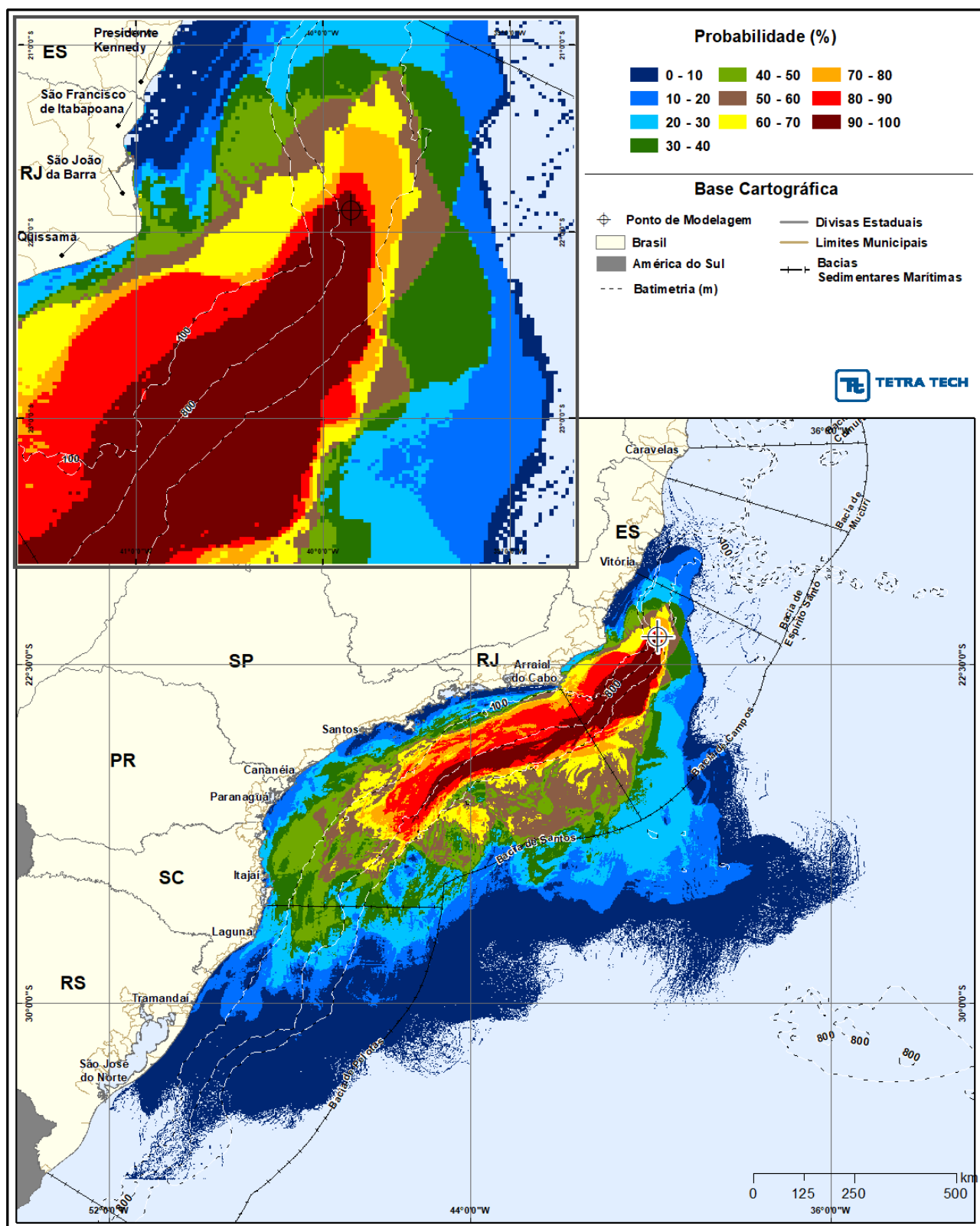


Figura 99 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo (API 20° - ODP4) na superfície da água para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

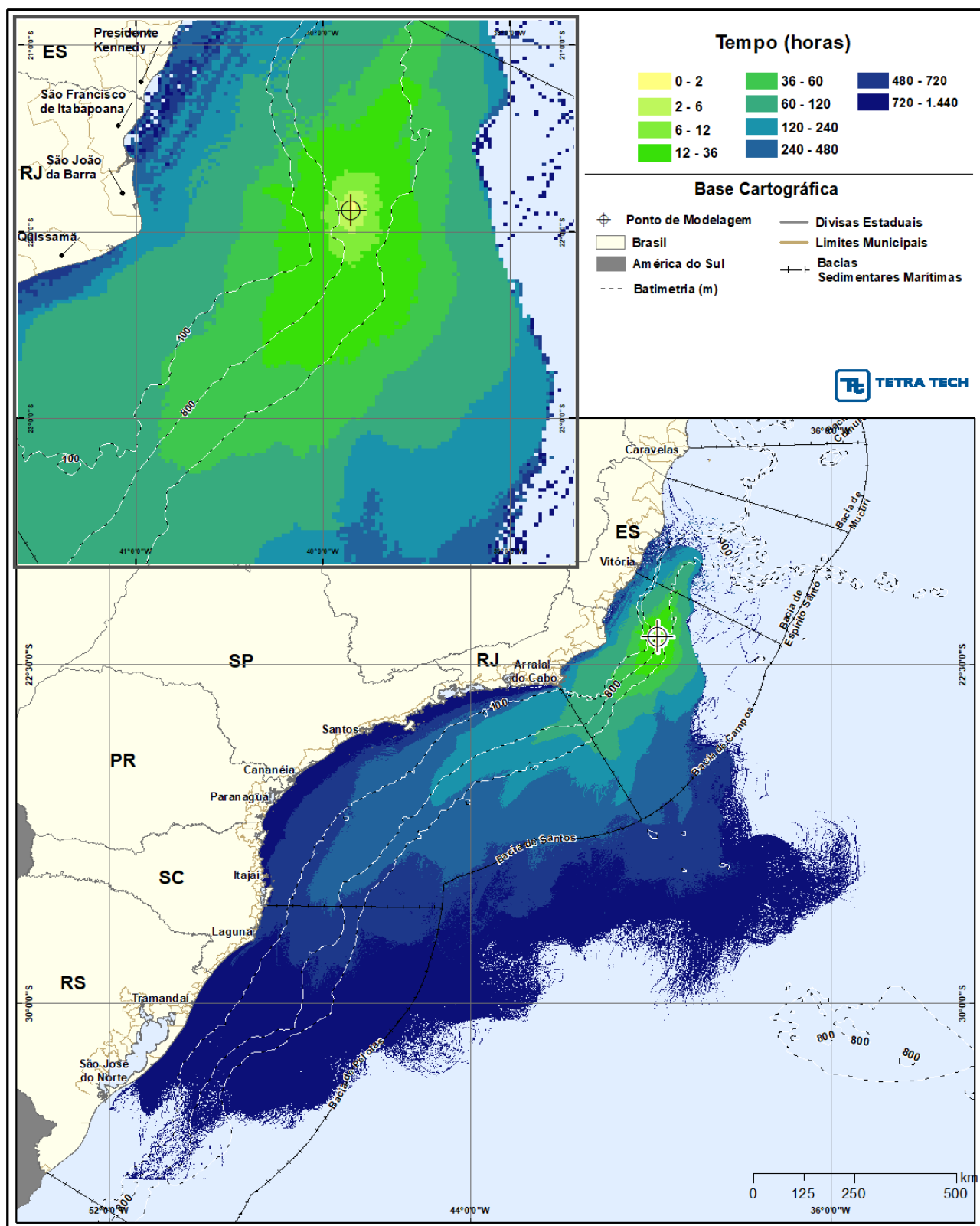


Figura 101 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 1 a 5.

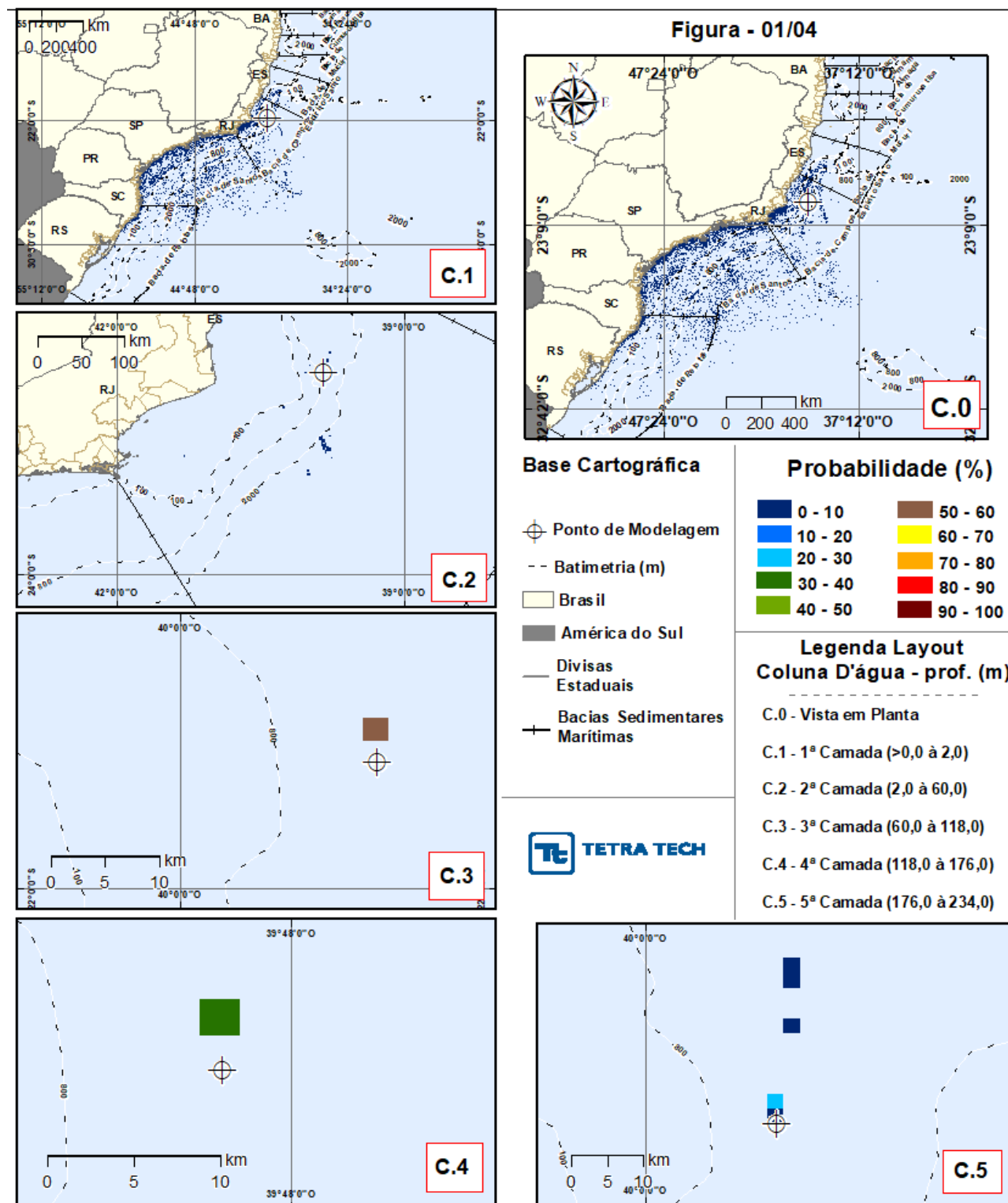


Figura 102 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 6 a 10.

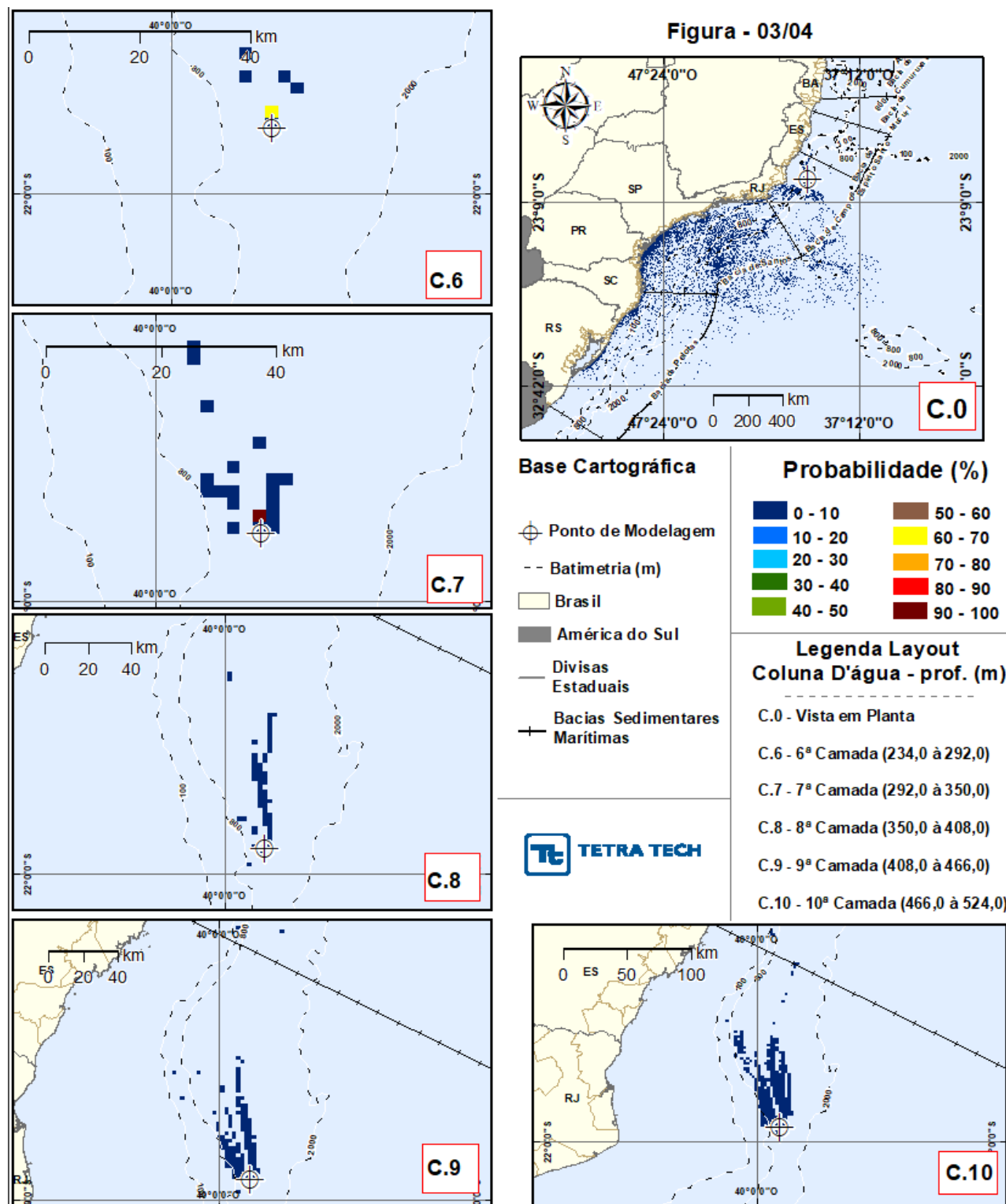


Figura 103 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 11 a 15.

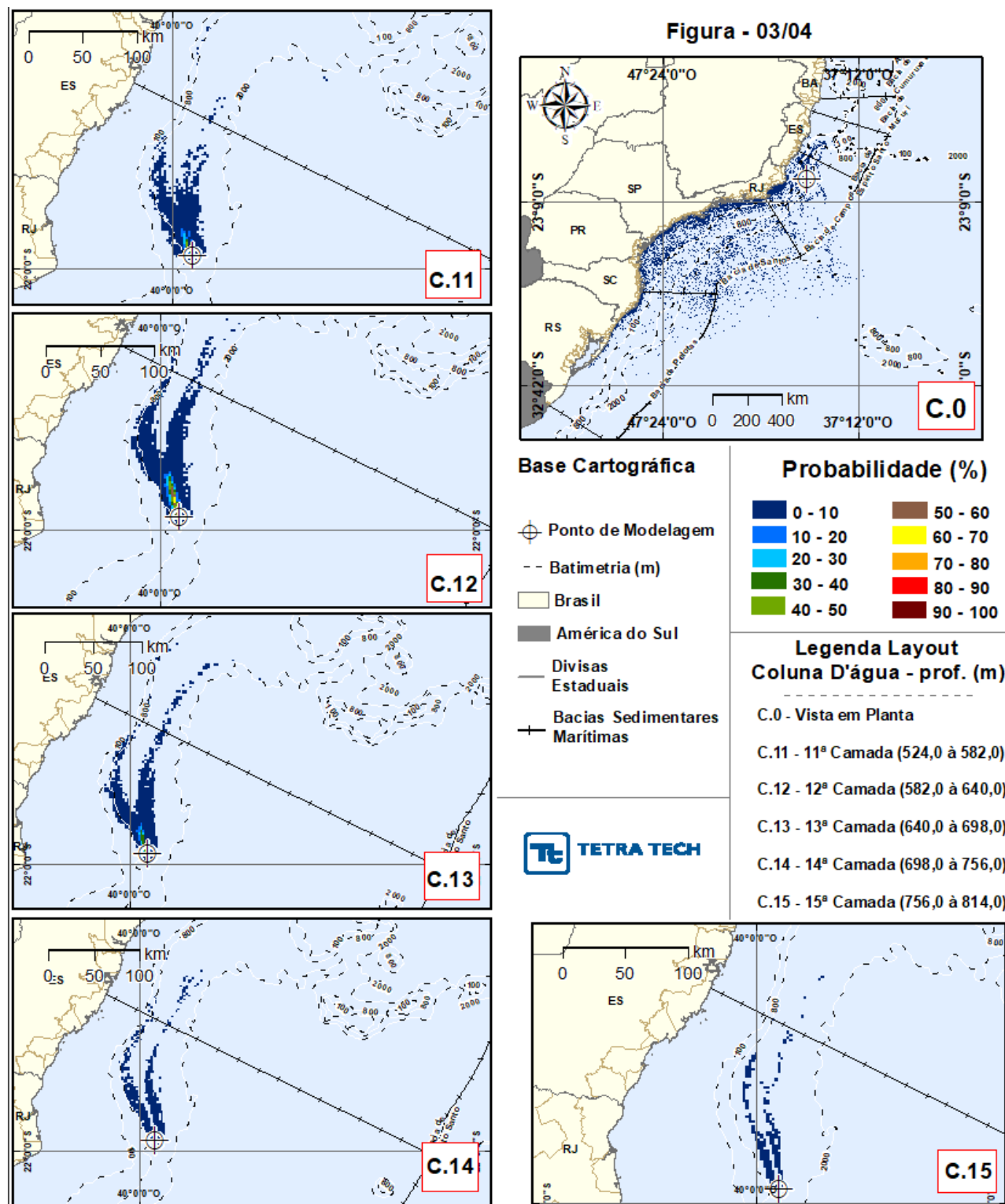


Figura 104 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Contornos de probabilidade de óleo (API 20° - ODP4) na coluna d'água (vista em camadas: resultado de acordo com a profundidade) para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. Camada 16 a 20.

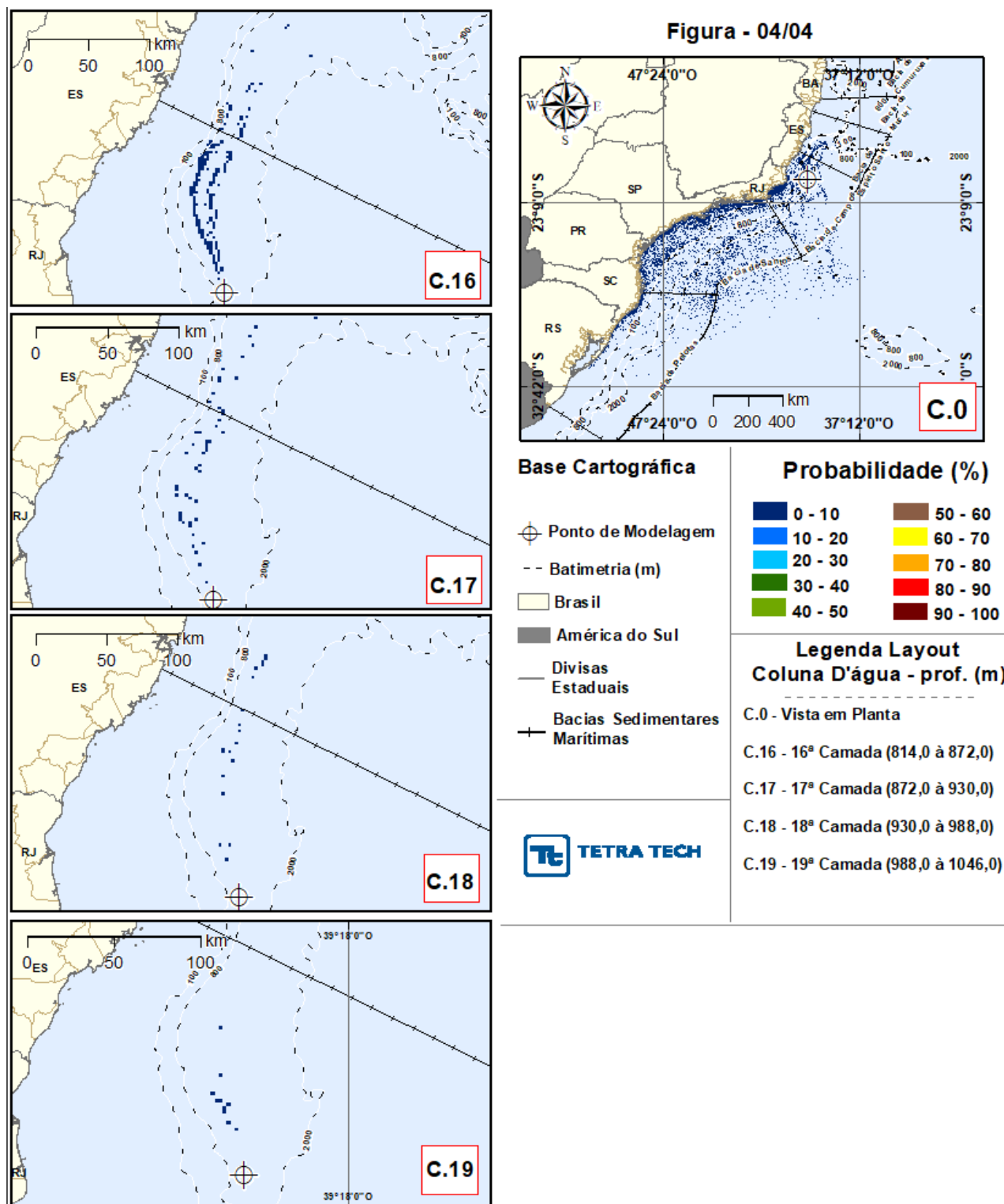


Figura 105 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D Contornos de probabilidade de interação do óleo (API 20° - ODP4) com o leito oceânico para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

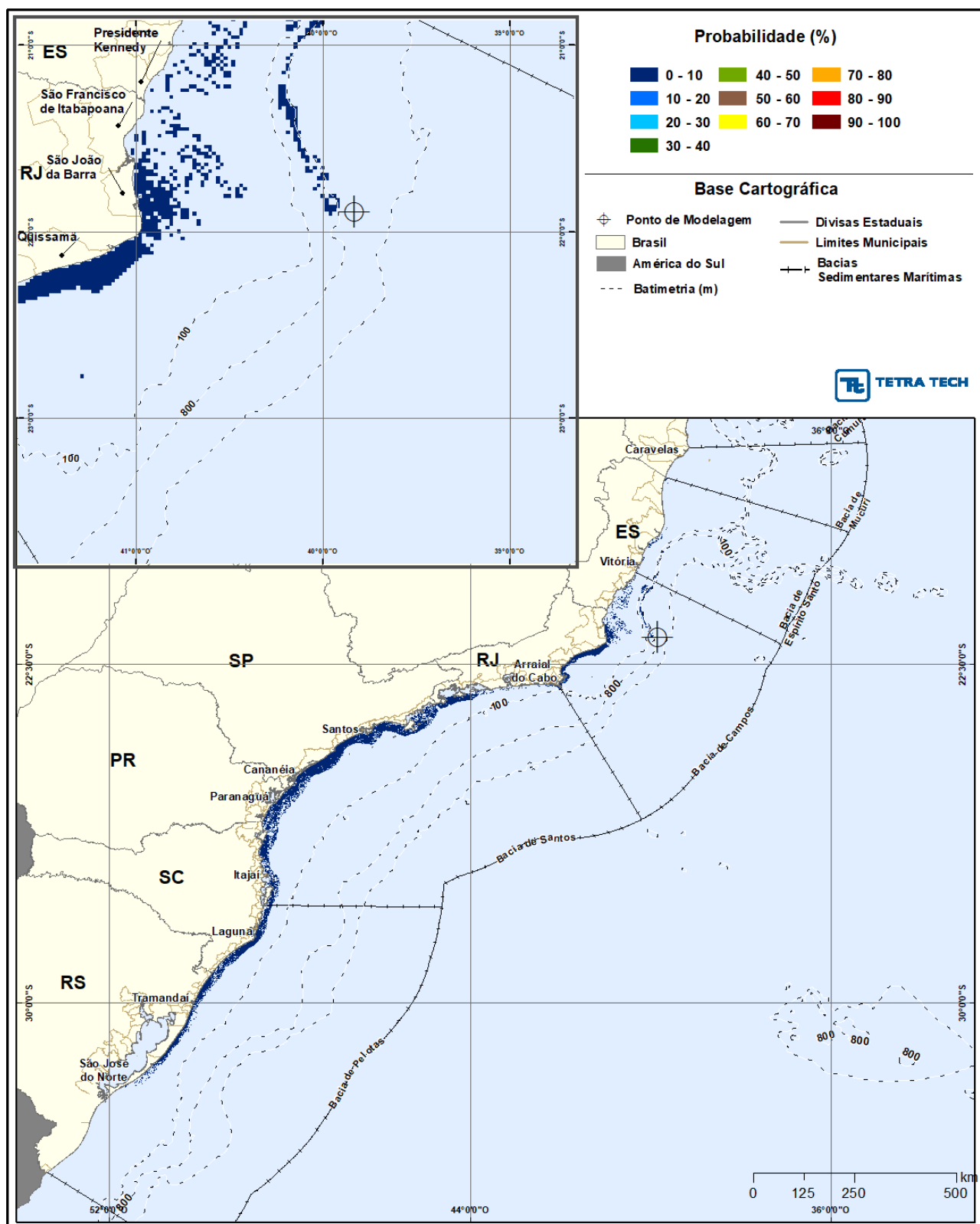


Figura 106 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Intervalos de probabilidade de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

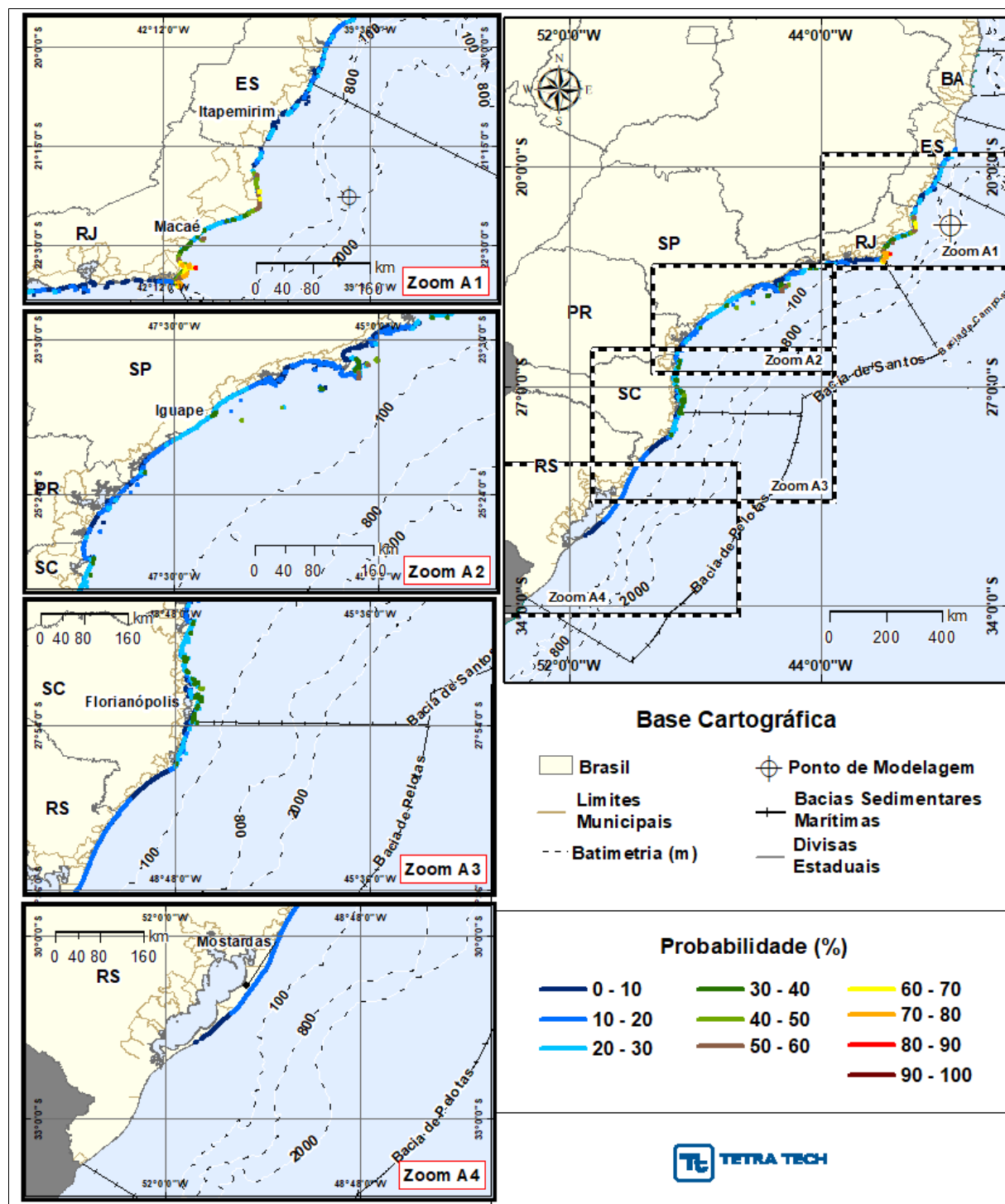


Figura 107 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Intervalos de tempo de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

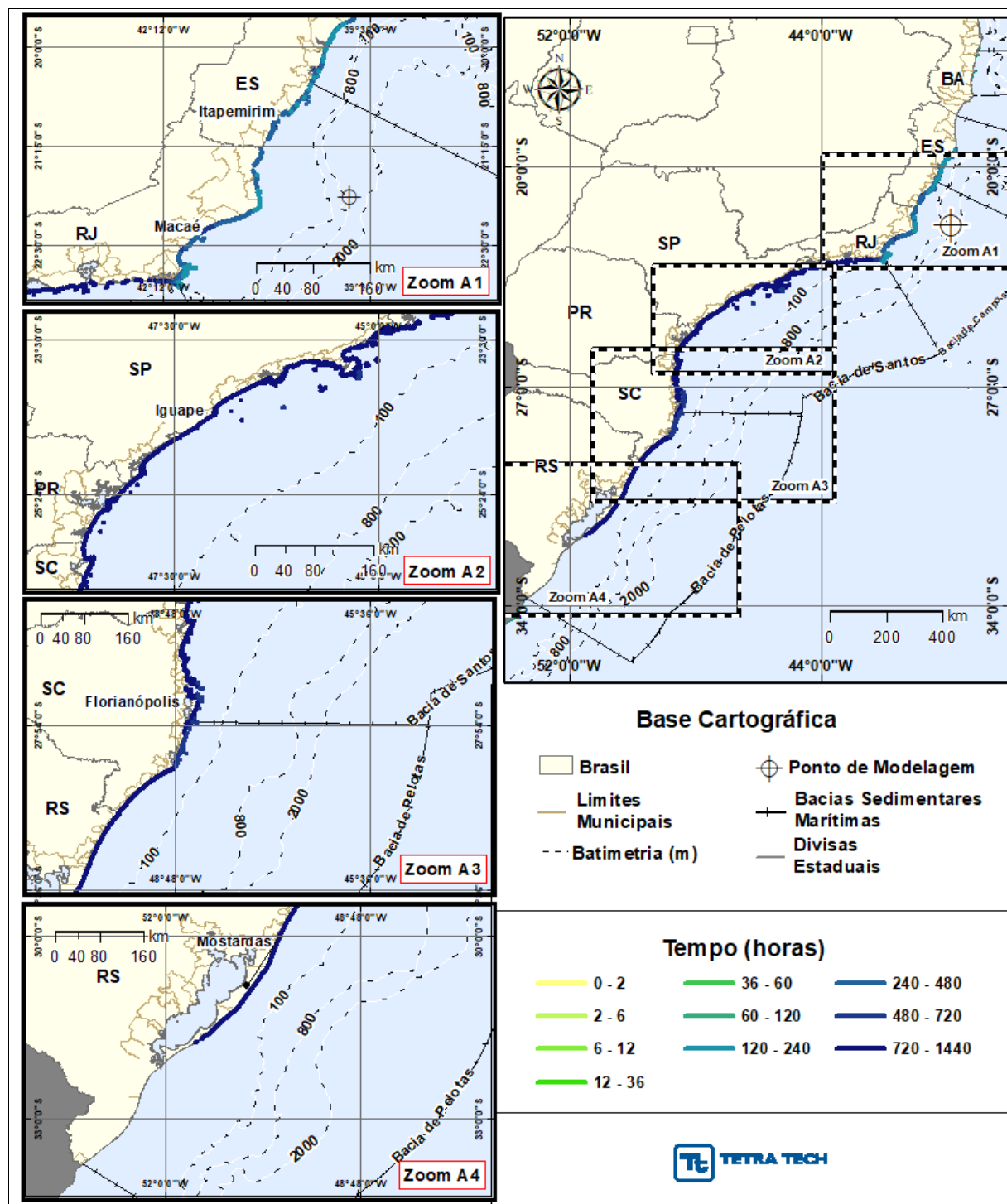
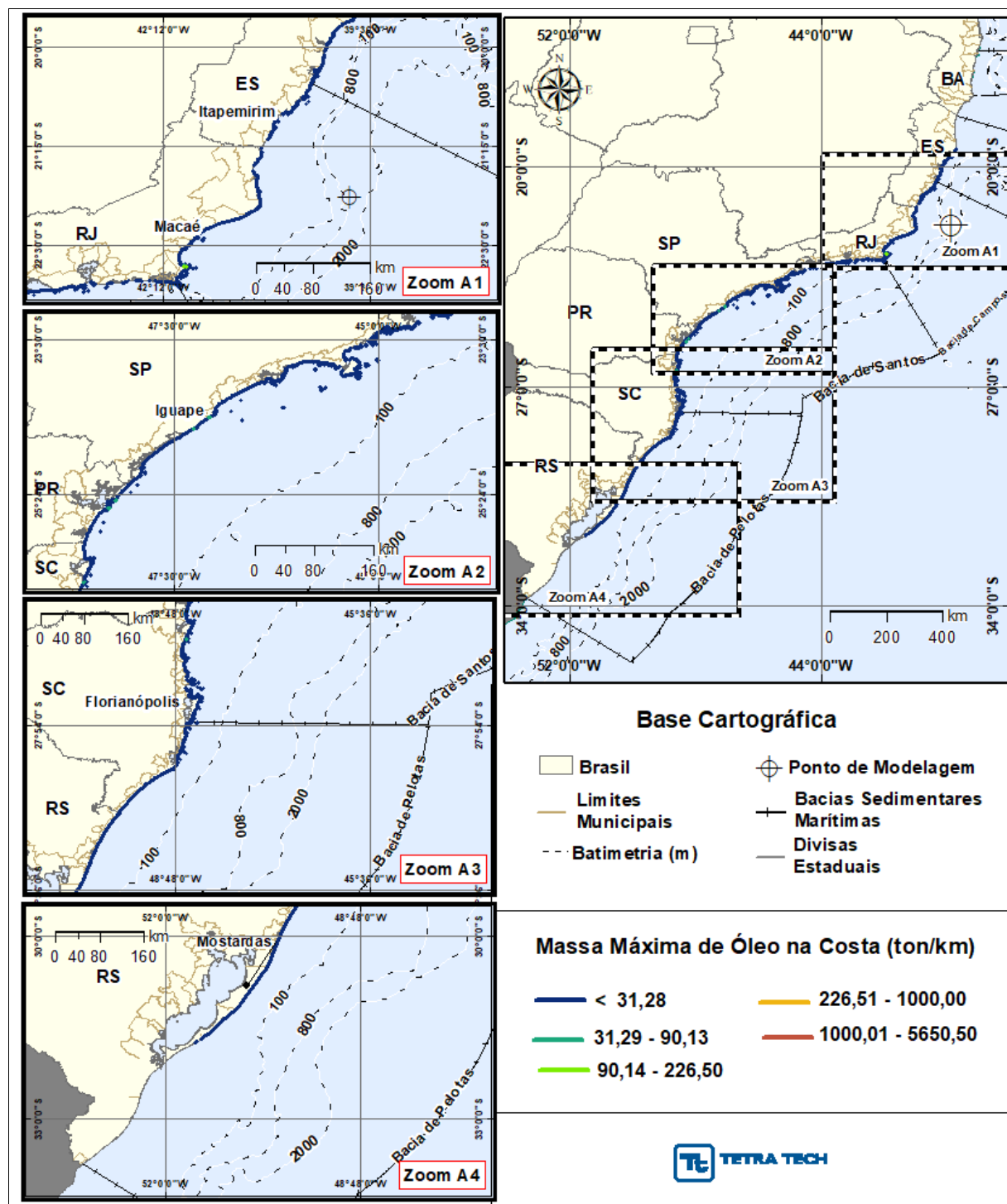


Figura 108 - Cenário FRADE_OUT-INV_PC_60D. Massa máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.



A seguir, apresenta-se o diagrama boxplot e tabela com valores mínimo, médio e máximo dos balanços de massa dos 1.000 cenários determinísticos que compuseram o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período de outono-inverno.

Observa-se o mesmo padrão descrito para o cenário de *blowout* no período de primavera-verão, com entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada e dissolvida) e a evaporação sendo os principais processos que contribuem para a retirada do óleo da superfície da água. Em média o óleo entranhado na coluna d'água (parcela particulada e dissolvida) corresponde a 59,46% de todo o volume derramado. Ao final da simulação, a presença do óleo na superfície da água é, em média, de 33,48 %.

Figura 109 - Diagrama boxplot com o resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período de outono-inverno, no instante final da simulação.

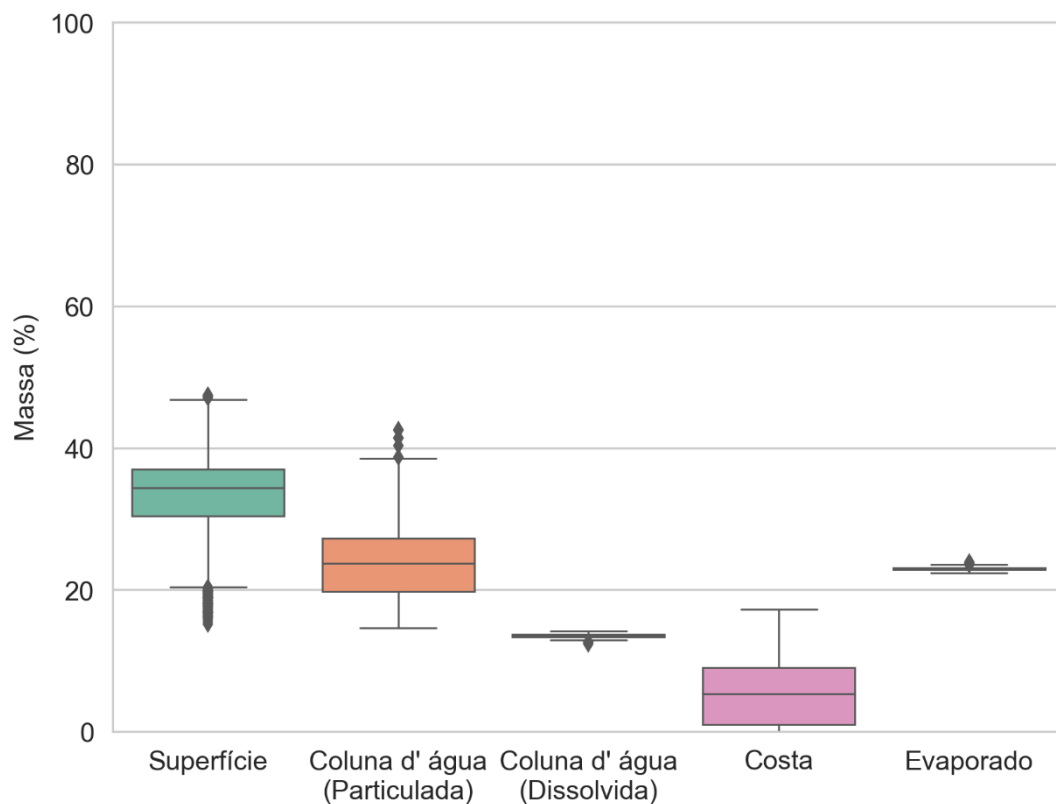


Tabela 38 - Resumo dos balanços de massa para o cenário probabilístico com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4 no período de outono-inverno.

VALORES	SUPERFÍCIE (%)	COLUNA D'ÁGUA - PARTICULADO (%)	COLUNA D'ÁGUA - DISSOLVIDO (%)	COSTA (%)	EVAPORADO (%)
Mínimo	15,20	14,62	12,34	0,00	22,36
Médio	33,48	23,96	13,53	6,06	22,97
Máximo	47,46	42,60	14,13	17,24	23,91

A Tabela 39 apresenta um resumo dos resultados por município com probabilidade de toque para o cenário de outono-inverno com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4. Observa-se que a probabilidade de toque de óleo na costa abrangeu 3.401,2 km de linha de costa, com toque em municípios litorâneos dos estados da Bahia ao Rio Grande do Sul. O município com o toque mais ao norte foi Linhares (ES) e, mais ao sul, o de São José do Norte (RS). Observa-se ainda que o menor tempo para o toque de óleo na costa ocorre na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), 139 após o derrame.

Tabela 39 - Resumo dos resultados probabilísticos por município para o cenário com derrame de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período da outono-inverno.

UF	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
ES	Linhares	24,1	206	312	1,2838	37,57
	Aracruz	25,3	202	318	0,9697	69,21
	Fundão	24,0	220	237	1,5679	6,77
	Serra	26,7	191	313	1,6096	19,75
	Vitória	21,6	216	443	0,9735	38,81
	Vila Velha / Ilha Itatiaia	1,0	931	932	0,6279	5,54
	Vila Velha / Ilha das Garças	11,6	197	428	0,6504	1,08
	Vila Velha / Laje Canopus	21,0	211	211	0,9767	0,77
	Vila Velha	29,9	197	370	1,4954	37,79
	Guarapari /Arquipélago das Três Ilhas	1,4	370	530	0,9477	4,82
	Guarapari / Ilha Rasas	1,9	370	649	0,6322	1,12
	Guarapari / Ilha Escalvada	2,2	295	295	0,6422	0,71
	Guarapari / Ilha Caieira	1,0	534	534	0,6280	0,33
	Guarapari / Afloramento não Identificado	22,1	253	327	2,5001	0,40
	Guarapari	22,1	214	374	2,5001	45,87
	Anchieta / Laje na Praia do Além	26,5	220	220	5,3402	0,23
	Anchieta / Ilha de Parati	17,7	310	310	2,2437	0,67
	Anchieta / Laje em Anchieta	7,0	309	309	1,0520	0,27
	Anchieta / Ilhota em Iriri	1,0	300	300	0,6425	0,23

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Anchieta	26,5	220	319	5,3402	31,21
	Itapemirim / Ilha do Francês	1,0	348	348	0,6294	1,72
	Itapemirim	8,4	283	548	0,9546	14,89
	Marataízes / Ilha Branca	1,0	810	810	0,4698	1,01
	Marataízes / Ilhas Itaputeras	1,0	489	757	0,7281	0,89
	Marataízes / Lajes na Praia das Pitas	23,3	244	244	1,8892	0,52
	Marataízes	23,3	244	377	1,8993	20,88
	Presidente Kennedy	6,5	317	317	0,6387	2,12
RJ	São Francisco de Itabapoana / Ilha do Lima	52,4	197	261	4,0364	4,20
	São Francisco de Itabapoana	43,9	259	414	2,7650	29,06
	São João da Barra	67,9	202	272	25,5590	43,10
	Campos dos Goytacazes	61,1	164	271	25,5590	28,85
	Quissamã	37,7	359	475	25,5363	44,99
	Carapebus	32,3	359	658	25,5286	17,23
	Macaé / Pedra das Galhetas	53,6	251	251	19,1619	0,69
	Macaé / Ilha Ponta das Cavalas	53,6	251	251	19,1619	1,23
	Macaé / Ilha do Francês	53,6	251	251	19,1619	3,65
	Macaé / Ilha de Sant'anna	48,1	338	354	25,4911	5,61
	Macaé / Ilhote do Sul	48,1	338	338	25,4911	1,75
	Macaé / Ilha dos Papagaios	18,6	632	632	4,0092	0,62
	Macaé / Pedra de Imbetiba	17,5	350	350	5,2726	0,63
	Macaé / Pedra Dona Maria	19,3	553	553	2,0606	0,16
	Macaé	35,5	333	381	25,5286	24,11
	Rio das Ostras / Ilha da Marieta	35,1	390	390	22,4964	0,50
	Rio das Ostras / Ilha Moleque de Fora	35,1	390	482	22,4964	0,66
	Rio das Ostras / Ilha Rasa	22,0	544	544	1,3324	0,33
	Rio das Ostras / Ilha do Mel	22,0	544	544	1,3324	0,78
	Rio das Ostras / Lajes de Itapebussus	22,7	536	536	1,9798	0,52
	Rio das Ostras / Laje em Rio das Ostras	21,1	543	543	4,1430	0,11
	Rio das Ostras / Ilha do Costa	21,1	543	543	4,1430	1,25
	Rio das Ostras / Ilha do Coqueiro Só	31,5	525	530	12,7415	0,62
	Rio das Ostras / Ilha dos Trinta-Réis	21,4	537	537	3,1263	0,27
	Rio das Ostras / Laje na Praia do Bosque	1,0	1154	1154	0,3131	0,12
	Rio das Ostras	38,7	348	525	25,4780	30,51
	Casimiro de Abreu / Ilha dos Trinta-Réis	20,7	446	446	1,1162	0,38

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Casimiro de Abreu	36,5	446	477	18,7178	5,59
	Armação dos Búzios / Ilha Feia	40,2	346	346	9,7016	2,09
	Armação dos Búzios / Rochedo do Caboclo	43,2	406	406	19,4066	0,10
	Armação dos Búzios / Lajes na Ilha da Rasa	34,5	255	255	35,4949	0,25
	Armação dos Búzios / Ilha Rasa	34,5	255	255	35,4949	1,91
	Armação dos Búzios / Laje de Manguinhos	27,1	404	404	110,0132	0,13
	Armação dos Búzios / Laje da Praia da Tartaruga	62,0	204	204	25,5099	0,27
	Armação dos Búzios / Ilha do Caboclo	62,0	204	204	25,5099	0,23
	Armação dos Búzios / Ilha Branca	74,6	188	188	12,7487	0,83
	Armação dos Búzios / Laje do Criminoso	74,6	188	188	12,7487	0,06
	Armação dos Búzios / Ilha próxima à Praia do Forno	73,5	178	179	12,8383	0,31
	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	81,9	139	139	19,1544	2,92
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá (Filhote)	68,6	151	151	2,4914	0,50
	Armação dos Búzios / Ilha Gravatá	68,6	151	152	3,2106	2,36
	Armação dos Búzios / Ilha do Boi	63,3	178	178	6,8192	0,58
	Armação dos Búzios / Lajes na Praia da Ferradura	64,4	178	200	12,7770	0,18
	Armação dos Búzios / Laje das Enchovas	67,3	197	197	12,7725	0,04
	Armação dos Búzios / Laje Seca	67,3	197	197	12,7725	0,07
	Armação dos Búzios / Ilha Emergência de Fora	67,3	197	197	12,7725	1,05
	Armação dos Búzios / Ilha Emergência de Dentro	67,3	197	197	12,7725	1,06
	Armação dos Búzios	74,6	154	259	156,5317	52,04
	Cabo Frio / Laje do Mero	36,5	447	447	8,9863	0,07
	Cabo Frio / Ilha do Breu	76,4	174	174	12,8219	1,34
	Cabo Frio / Ilha de Pargos	76,4	174	179	12,8588	5,14
	Cabo Frio / Ilha dos Capões	71,1	178	178	12,8588	1,93
	Cabo Frio / Ilha Comprida	70,9	194	205	12,8751	7,62
	Cabo Frio / Ilha Redonda	70,9	194	196	12,8751	1,14
	Cabo Frio / Ilha Dois Irmãos	46,4	214	214	6,1684	1,26
	Cabo Frio / Ilha dos Papagaios	58,1	406	418	12,7591	6,14
	Cabo Frio / Ilha do Forte São Matheus	41,6	480	480	25,4761	0,38
	Cabo Frio	62,8	294	429	25,5058	36,26
	Arraial do Cabo / Ilha do Pontal	37,1	327	327	11,4053	1,03

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	72,3	176	181	12,8289	2,78
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	77,4	162	175	13,0469	19,10
	Arraial do Cabo / Ilha do Farol	17,2	478	478	2,1314	0,29
	Arraial do Cabo / Ilha dos Franceses	17,2	478	478	2,1314	0,85
	Arraial do Cabo	72,3	183	377	25,4851	57,13
	Araruama	4,6	738	1018	0,9295	2,99
	Saquarema / Laje Itaúna	3,5	954	954	1,2207	0,48
	Saquarema / Pedras da Laje	3,5	954	954	1,2207	0,57
	Saquarema	3,5	930	1303	1,2207	10,58
	Maricá / Ilhas Maricás	1,9	1069	1289	0,5943	6,43
	Maricá	2,9	850	1093	0,9314	14,65
	Niterói / Ilha da Menina	1,5	1077	1077	0,9283	1,15
	Niterói / Ilha da Mãe	1,5	1077	1077	0,9283	2,23
	Niterói / Ilha do Pai	5,9	1012	1012	1,2420	2,15
	Niterói / Ilha do Veado	1,0	1185	1268	0,4658	1,32
	Niterói	1,5	1077	1342	0,9283	7,59
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	18,4	837	837	6,7930	2,67
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	1,8	1030	1036	0,7271	2,55
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda (Filhote)	1,8	1031	1031	0,7271	0,68
	Rio de Janeiro / Laje da Redonda	1,8	1031	1031	0,7271	0,13
	Rio de Janeiro / Laje da Cagarra	1,0	1158	1158	0,6887	0,80
	Rio de Janeiro / Ilha Cagarra	12,1	951	1106	3,7084	1,40
	Rio de Janeiro / Ilha Filhote	1,0	1158	1158	0,6887	0,71
	Rio de Janeiro / Ilhota Pequena (Matias)	1,2	1062	1062	0,5360	0,23
	Rio de Janeiro / Ilhota Grande (Praça Onze)	15,7	918	990	6,0613	0,58
	Rio de Janeiro / Ilha de Palmas	12,1	951	951	3,7084	1,45
	Rio de Janeiro / Ilha Comprida	15,7	918	918	6,0613	3,25
	Rio de Janeiro / Ilha do Meio	9,6	935	994	1,8624	0,96
	Rio de Janeiro / Ilha da Alfavaca	13,5	875	908	4,6085	1,77
	Rio de Janeiro / Laje da Alfavaca	13,5	875	875	4,6085	0,28
	Rio de Janeiro / Ilha Pontuda	13,5	875	875	4,6085	1,62
	Rio de Janeiro / Lajes do Magdalena	13,5	875	875	4,6085	0,39
	Rio de Janeiro / Ilha da Barra	13,5	875	875	4,6085	0,26
	Rio de Janeiro / Ilha do Pontal de Sernambetiba	8,9	961	961	1,2412	1,82
	Rio de Janeiro / Ilha das Peças	11,2	905	905	1,8582	0,65
	Rio de Janeiro / Ilha Urupira	11,2	905	905	1,8582	2,80

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa de Guaratiba	20,4	827	827	4,6402	1,76
	Rio de Janeiro / Ilha do Frade	1,8	948	948	0,6184	0,47
	Rio de Janeiro / Restinga da Marambaia	18,7	858	959	4,9309	11,06
	Rio de Janeiro	20,4	827	1009	4,6402	54,29
	Itaguaí / Restinga da Marambaia	23,9	819	901	9,8365	19,71
	Mangaratiba / Laje da Marambaia	8,2	857	857	0,8386	0,43
	Mangaratiba / Restinga da Marambaia	23,9	793	963	9,8365	20,76
	Angra dos Reis / Ilha de Jorge Grego	32,7	806	836	12,7383	6,82
	Angra dos Reis / Ilha do Guriri	27,0	849	849	8,9134	0,65
	Angra dos Reis / Ilha de Dois Rios	27,4	825	825	8,3093	1,25
	Angra dos Reis / Ilha dos Meros	22,5	806	816	13,6844	1,40
	Angra dos Reis / Ilha Grande	30,8	766	871	16,9241	85,37
	Angra dos Reis / Ilha do Recife	12,1	869	869	2,1428	0,46
	Angra dos Reis / Ilha de Palmas	14,5	852	852	2,4746	1,88
	Paraty / Ilha Cairuçu	25,7	807	861	12,7350	1,67
	Paraty / Laje do Sono	12,2	905	905	1,8538	0,40
	Paraty / Ilha das Laranjeiras	5,3	891	895	0,8184	0,95
	Paraty / Ilhas em Laranjeiras	13,3	876	876	2,4624	0,77
	Paraty / Ilha da Trindade	19,1	867	867	8,3545	1,01
	Paraty	26,2	807	878	15,0684	76,64
SP	Ubatuba / Ilhota das Couves	8,9	884	884	0,8575	0,75
	Ubatuba / Ilha das Couves	17,5	869	872	6,4606	6,22
	Ubatuba / Ilhota da Comprida	16,1	892	892	3,3824	0,70
	Ubatuba / Ilhota da Carapuça	16,1	892	892	3,3824	0,52
	Ubatuba / Ilha Comprida	16,1	892	892	3,3824	4,08
	Ubatuba / Laje Mofina	9,3	899	899	1,2819	0,54
	Ubatuba / Ilha Redonda	6,6	922	924	1,2298	0,93
	Ubatuba / Ilha dos Porcos Pequena	12,7	893	917	3,9929	2,73
	Ubatuba / Ilha da Pesca	12,7	893	893	3,9929	0,99
	Ubatuba / Ilha da Selinha	12,7	893	893	3,9929	0,66
	Ubatuba / Ilha Rapada	10,1	894	894	1,1095	1,53
	Ubatuba / Laje Pequena	2,8	1026	1026	0,9034	0,25
	Ubatuba / Laje Feia	4,6	917	917	0,7703	0,23
	Ubatuba / Laje Grande	1,2	917	917	0,7678	0,28
	Ubatuba / Ilhota do Prumirim	2,8	1026	1026	0,9034	1,13
	Ubatuba / Ilha do Prumirim	10,5	935	958	1,8459	3,40
	Ubatuba / Laje das Palmas	2,0	884	884	0,5749	0,08

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Ubatuba / Ilha das Palmas	25,8	814	839	4,3123	3,06
	Ubatuba / Ilha das Pombas	6,6	922	922	1,2298	0,40
	Ubatuba / Ilha das Cabras	1,0	1151	1151	0,5581	0,83
	Ubatuba / Ilha Anchieta	25,8	807	861	11,0759	22,34
	Ubatuba / Ilhota do Sul	7,4	847	847	0,6799	1,29
	Ubatuba / Ilha do Mar Virado	6,0	958	963	0,9237	6,99
	Ubatuba / Ilhota do Negro	4,8	1070	1070	1,2355	0,30
	Ubatuba / Laje Grande do Perequê	10,2	964	964	4,8961	0,27
	Ubatuba	19,1	813	1022	8,3545	127,75
	Caraguatatuba / Ilha Tamanduá	1,0	1365	1365	0,2151	3,01
	Caraguatatuba	4,5	948	1239	1,5292	17,43
	Ilhabela / Ilha dos Pescadores	44,0	729	737	14,6956	2,12
	Ilhabela / Ilhota das Cabras (Ilha Cagadinha)	42,9	770	770	12,7372	1,32
	Ilhabela / Ilha da Vitória	47,9	729	737	19,0674	9,24
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	53,7	764	778	19,1014	18,22
	Ilhabela / Ilha Sumitica	20,7	779	779	0,9851	1,29
	Ilhabela / Ilha da Serraria	15,5	876	876	1,0580	1,58
	Ilhabela / Ilha Ribeirão	29,2	803	803	19,0859	0,87
	Ilhabela / Ilha das Galetas	28,6	798	798	4,2834	1,39
	Ilhabela / Ilhote Codó	13,0	886	886	6,4097	0,40
	Ilhabela / Ilhote da Figueira	13,0	885	886	6,4097	0,44
	Ilhabela / Laje da Garoupa	3,1	885	885	0,7836	0,14
	Ilhabela / Laje do Carvão	12,4	892	892	3,0598	1,82
	Ilhabela / Laje do Veloso	2,2	1030	1030	0,6501	0,02
	Ilhabela / Laje da Fome	33,8	801	801	4,0130	0,04
	Ilhabela / Ilha da Lagoa	29,2	803	803	19,0859	0,45
	Ilhabela	57,4	561	866	19,1962	142,52
	São Sebastião / Ilha de Toque-Toque	13,0	959	969	13,9412	3,61
	São Sebastião / Laje da Apra	12,6	943	943	12,7455	0,95
	São Sebastião / Laje na Praia de Santiago	8,3	1007	1007	0,9369	0,16
	São Sebastião / Laje de Maresias	8,5	1003	1003	0,9423	0,16
	São Sebastião / Ilha dos Gatos	9,9	975	990	0,7290	1,79
	São Sebastião / Ilha Montão de Trigo	10,4	966	974	0,9230	4,86
	São Sebastião / Baixo Grande	9,9	995	995	0,8004	0,10
	São Sebastião / Ilha das Couves	12,6	963	963	8,9571	4,51
	São Sebastião / As Ilhas	12,6	963	989	8,9571	3,38

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	São Sebastião / Ilhota da Praia de Juquehy 2	2,2	1024	1024	0,7313	0,30
	São Sebastião / Ilhota da Praia de Juquehy 1	2,2	1022	1022	1,1178	0,12
	São Sebastião / Arq. Alcatrazes	39,0	816	825	12,7752	13,46
	São Sebastião / Ilha do Maracujá	3,7	1011	1011	0,7183	0,48
	São Sebastião	12,6	934	1026	18,6939	75,44
	Bertioga / Ilha Monte Pascoal	13,7	978	987	7,7405	0,77
	Bertioga	13,7	971	1003	9,1948	42,65
	Santos / Laje de Santos	45,4	699	700	12,7816	1,99
	Santos / Ilha de Urubuqueçaba	11,1	978	978	3,3882	1,73
	Santos	12,0	964	982	5,2194	10,27
	Guarujá / Ilha do Guará	12,8	1002	1002	4,2517	0,65
	Guarujá / Ilhota da Prainha	9,2	1030	1030	1,8335	0,79
	Guarujá / Ilha Prainha Branca	12,8	1002	1002	4,2517	0,76
	Guarujá / Ilhota do Itaporanga	9,4	988	1146	2,1611	0,69
	Guarujá / Ilha do Perequê	5,8	1002	1002	1,2257	0,26
	Guarujá / Ilha dos Arvoredos	1,0	1019	1019	0,6098	0,80
	Guarujá / Ilha Laje	6,8	984	984	1,3112	0,34
	Guarujá / Ilha do Mar Casado	6,8	984	984	1,3112	1,82
	Guarujá / Ilha das Cabras	2,3	966	966	0,8216	1,43
	Guarujá / Ilha Pombeba	4,5	995	995	2,1387	0,96
	Guarujá / Ilha da Moela	19,6	909	910	12,7433	3,88
	Guarujá / Ilhota Pau a Pino	19,6	909	909	12,7433	0,27
	Guarujá / Ilha do Mato	16,5	934	959	14,9760	0,69
	Guarujá / Ilha das Palmas	15,2	959	959	9,1942	0,88
	Guarujá / Ilha do Pau a Pino	4,1	984	984	0,6117	0,50
	Guarujá	19,8	896	994	19,1048	73,61
	São Vicente	13,3	945	1244	5,1665	9,88
	Praia Grande	19,2	945	999	22,3916	33,73
	Mongaguá	20,5	953	987	25,5058	13,56
	Itanhaém / Laje da Conceição	12,6	969	969	1,7764	0,35
	Itanhaém / Ilha do Givura	20,6	965	965	12,7668	0,53
	Itanhaém	23,7	931	972	25,5116	24,29
	Itanhaém / Pedra Meia Praia	10,6	968	968	0,7897	0,41
	Peruíbe / Ilha Queimada Grande	41,6	769	796	19,0909	4,69
	Peruíbe / Ilha Queimada Pequena	13,4	913	924	2,1794	1,44
	Peruíbe / Ilha de Peruíbe	13,5	949	949	0,9737	0,68
	Peruíbe / Ilhota da Praia Guaraú	23,2	951	951	10,3585	0,21
	Peruíbe / Ilha do Guaraú	30,3	940	940	12,8082	1,66

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Peruíbe / Pedra Grande	30,3	940	940	12,8082	0,95
	Peruíbe / Ilha do Boquete	31,2	926	926	19,2017	1,11
	Peruíbe / Laje Paranapuã	22,0	929	929	2,0080	0,29
	Peruíbe	31,4	926	952	38,6158	42,20
	Iguape	28,3	940	988	38,6158	46,33
	Ilha Comprida	23,2	1029	1080	25,4675	68,18
	Cananéia / Ilha do Bom Abrigo	30,8	996	998	19,1103	5,96
	Cananéia / Ilhota	27,7	995	995	19,0953	1,56
	Cananéia / Laje do Cambriú	14,1	1057	1057	1,7919	0,07
	Cananéia / Ilha do Cambriú	14,1	1057	1057	1,7919	2,02
	Cananéia	20,8	962	1096	26,7478	43,78
	Cananéia / Ilha do Castilho	13,4	1033	1045	0,9596	1,16
PR	Guaraqueçaba	20,6	951	1029	40,8131	28,43
	Guaraqueçaba / Ilha da Figueira	12,9	1042	1042	0,8041	0,78
	Guaraqueçaba / Ilha das Peças	11,1	956	1065	8,2759	13,63
	Paranaguá / Ilha Portão do Norte	2,7	1107	1107	0,6730	0,41
	Paranaguá / Ilha Itapema do Norte	2,7	1107	1133	0,6730	0,54
	Paranaguá / Ilhas das Palmas	19,7	1025	1025	19,0955	2,89
	Paranaguá / Ilha do Mel	20,6	1000	1041	33,6811	27,65
	Paranaguá / Ilha da Galheta	18,2	1000	1021	12,7290	1,49
	Pontal do Paraná	12,5	990	1075	24,5305	22,08
	Matinhos / Ilhas Currais	9,6	978	985	1,2093	1,79
	Matinhos	14,4	1021	1076	18,9322	19,45
	Matinhos / Ilhas Itacolomís	13,3	977	977	1,0281	0,33
	Matinhos / Ilha Caiobá	8,0	1021	1039	1,0597	0,95
	Guaratuba	20,1	987	1045	16,4950	16,17
SC	Itapoá / Ilha Saí	18,8	998	998	4,5857	0,88
	Itapoá	18,8	996	1021	6,1333	24,87
	Itapoá / Ilha Fora de Itapema	7,7	1003	1003	1,6865	0,45
	São Francisco do Sul	33,7	899	958	25,4895	47,16
	São Francisco do Sul / Pedra do Lobo	12,9	936	936	3,3823	0,15
	São Francisco do Sul / Laje da Baleia	20,7	932	932	1,1383	0,17
	São Francisco do Sul / Pedra do Itacolomi	12,9	936	936	3,3823	0,07
	São Francisco do Sul / Ilhota São Luís	35,1	924	924	12,7502	0,14
	São Francisco do Sul / Ilha da Paz	35,1	924	924	12,7502	3,07
	São Francisco do Sul / Ilha da Velha	35,1	924	924	12,7502	1,01

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca	35,1	924	924	12,7502	0,19
	São Francisco do Sul / Ilha do Pirata	12,9	936	936	3,3823	0,70
	São Francisco do Sul / Pedra da Corvina	7,0	951	951	0,7699	0,05
	São Francisco do Sul / Ilha Mandigituba	32,5	915	915	19,0772	0,81
	São Francisco do Sul / Pedra do Caçã	32,5	915	915	19,0772	0,08
	São Francisco do Sul / Ilha dos Veados	12,9	936	936	3,3823	0,97
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretas	31,3	896	897	19,1131	4,22
	Balneário Barra do Sul	26,2	908	945	34,1354	11,89
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	26,1	891	891	1,6256	1,91
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédio	26,1	891	906	1,6256	2,78
	Balneário Barra do Sul / Ilha Feia	26,1	891	910	1,6256	1,31
	Balneário Barra do Sul / Ilha Tipitinga	25,3	916	916	1,5717	0,73
	Balneário Barra do Sul / Ilha dos Lobos	27,2	887	887	1,8127	0,48
	Araquari	25,6	908	942	31,2356	4,48
	Barra Velha	27,4	930	965	22,4981	19,22
	Barra Velha / Ilha de Canas	14,1	986	986	8,9430	1,61
	Barra Velha / Pedra da Laje	27,4	942	942	19,1135	2,13
	Barra Velha / Ilhas Itacolomis	25,0	907	907	3,4232	0,46
	Balneário Piçarras	28,8	987	1001	25,4675	7,07
	Balneário Piçarras / Ilha Feia	25,2	937	937	2,7872	2,16
	Penha	35,1	849	907	19,1279	31,84
	Navegantes	30,6	901	982	12,7795	11,19
	Navegantes / Ilha de Gravatá	30,6	901	969	12,7674	0,48
	Itajaí	28,7	993	997	9,5434	10,86
	Balneário Camboriú / Laje das Laranjeiras	20,1	897	897	1,0404	0,31
	Balneário Camboriú	31,9	860	1001	15,5736	29,46
	Balneário Camboriú / Ilha das Cabras	19,5	1017	1017	4,3073	0,71
	Itapema	13,5	1014	1068	2,1521	11,43
	Bombinhas	35,1	826	984	19,1256	45,56
	Bombinhas / Ilha da Galé	38,8	689	689	19,1568	5,98
	Bombinhas / Ilha do Amendoim	31,2	879	879	13,7785	5,11
	Bombinhas / Ilhas Mondobins	6,7	1002	1002	1,3057	0,05
	Bombinhas / Ilha Calhau de São Pedro	28,2	750	750	1,2806	0,47

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Bombinhas / Ilha Deserta	40,6	676	683	12,7646	3,81
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	40,7	679	716	12,7913	12,94
	Porto Belo	33,2	850	1009	19,1256	18,69
	Porto Belo / Ilha João da Cunha	16,4	1018	1019	3,4122	4,67
	Tijucas	3,5	1090	1216	0,9174	7,11
	Florianópolis	38,0	682	884	25,5068	102,63
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	29,7	692	692	1,8108	0,60
	Florianópolis / Ilha do Francês	19,3	855	946	3,5899	2,20
	Florianópolis / Ilha Mata - Fome	38,0	682	682	12,7601	1,35
	Florianópolis / Ilha do Badejo	32,7	676	677	1,7525	1,36
	Florianópolis / Ilha do Xavier	20,1	689	701	1,2316	2,26
	Florianópolis / Ilha do Campeche	32,8	779	796	11,0889	5,23
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	35,3	681	681	19,1229	4,38
	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	20,1	746	746	3,3560	1,94
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	33,5	708	717	8,0564	3,17
	Florianópolis / Laje Moleques do Sul	20,4	672	672	1,4987	0,28
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Sul	34,6	632	632	12,7697	3,18
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	20,1	725	847	3,3560	5,57
	Governador Celso Ramos / Ilha na Ponta dos Ganchos	16,5	1016	1016	1,8536	0,27
	Governador Celso Ramos / Laje Preta	25,5	1003	1003	3,8502	0,05
	Governador Celso Ramos	25,5	1003	1105	3,8502	47,93
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	10,9	1020	1023	1,0783	2,25
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	25,5	1003	1003	3,8502	1,61
	Palhoça	7,3	1067	1150	3,0537	17,54
	Palhoça / Ilha dos Papagaios	3,7	1158	1170	0,9107	1,80
	Palhoça / Ilha Nossa Senhora de Araçatuba	3,7	1159	1159	0,6167	1,12
	Paulo Lopes	6,8	1140	1157	2,1354	5,61
	Paulo Lopes / Ilha de Coral	24,8	694	694	9,5148	3,40
	Garopaba / Ilhote do Areal	13,8	1020	1020	4,8798	0,25
	Garopaba	21,3	685	967	8,8615	32,05
	Garopaba / Ilhota do Siriú	7,0	835	934	1,1639	0,81
	Garopaba / Parcel de Garopaba	11,9	688	688	0,8636	0,38
	Garopaba / Ilhote de Ouvidor	21,3	692	692	5,5011	0,39
	Imbituba	26,8	666	706	15,3729	41,74
	Imbituba / Ilha do Batuta	24,0	681	690	8,3434	1,18
	Imbituba / Ilha Santana Norte	26,8	696	696	12,7312	0,80

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MEDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MAXIMA NA COSTA (ton./km)	EXTENSAO DE TOQUE (km)
	Imbituba / Ilha Santana Sul	26,8	696	696	12,7312	0,94
	Imbituba / Ilha das Araras	18,0	696	696	0,6433	2,05
	Imbituba / Ilha Tacami	27,1	685	686	3,6216	0,44
	Laguna	32,4	683	782	19,1352	51,81
	Laguna / Ilha dos Lobos	11,6	696	696	0,6139	1,28
	Laguna / Ilha Marta Pequeno	13,0	704	704	0,7903	0,86
	Laguna / Ilha do Cardoso	13,2	957	957	12,7677	0,34
	Jaguaruna	11,9	1032	1105	15,2484	37,23
	Balneário Rincão	9,2	1078	1138	3,9534	15,30
	Araranguá	7,3	1083	1115	6,3346	11,15
	Balneário Arroio do Silva	7,3	1098	1152	6,9646	20,14
	Balneário Gaivota	18,9	806	1006	8,1510	20,36
	Passo de Torres	18,0	806	894	5,8772	11,83
	Torres	18,7	806	1010	5,0077	16,92
RS	Arroio do Sal	15,1	894	1036	8,2118	21,64
	Torres / Ilha dos Lobos	18,7	907	907	5,0077	1,06
	Terra de Areia	15,1	1039	1046	8,2118	2,90
	Capão da Canoa	17,5	887	975	5,2548	18,28
	Xangri-Lá	18,4	880	898	8,8591	11,46
	Osório	16,3	894	913	4,5874	2,94
	Imbé	19,2	887	925	9,1566	11,02
	Tramandaí	18,8	898	918	11,6797	15,81
	Cidreira	18,8	884	924	14,9581	17,34
	Balneário Pinhal	19,0	912	926	12,1739	7,93
	Palmares do Sul	18,8	898	966	14,9164	23,49
	Mostardas	18,8	929	1025	18,8441	91,64
	Tavares	15,9	1057	1229	8,2065	46,88
	São José do Norte	8,5	1221	1323	6,0581	34,98

A Tabela 40

Tabela 40 apresenta um resumo dos municípios presentes no interior de baías/estuários/canais com toque superior a 60 horas, associado ao cenário probabilístico de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, para o período da outono-inverno.

Tabela 40 - Resumo dos municípios presentes no interior de estuários/baías com probabilidade de toque em tempo superior a 60 horas, considerando o resultado probabilístico do cenário de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4, no período da outono-inverno.

UF	MUNICIPIO	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km)
RJ	Baía de Vitória - Cariacica	21,6	216,0	0,9735
	Baía de Guanabara - Duque de Caxias	4,3	951,0	1,2335
PR	Baía de Paranaguá - Antonina	20,6	951,0	33,6811
SC	Baía Norte - Biguaçu	26,5	997,0	19,0783

4.2.1.5. Resumo dos Resultados Probabilísticos

A Tabela 41 apresenta o resumo dos resultados probabilísticos mais críticos de toque do óleo na linha de costa para cada um dos cenários. Ressalta-se que os cenários de volume pequeno não apresentaram probabilidade de toque de óleo na costa.

No período da primavera-verão os menores tempos de toque na costa ocorreram na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), sendo de 165 horas para o cenário de volume médio e de 157 horas no cenário de afundamento do FPSO. No cenário de pior caso a partir de *blowout* do poço ODP4 o menor tempo de toque foi de 165 horas em Campos dos Goytacazes (RJ).

Os menores tempos de toque de todo o estudo ocorreram no período de outono-inverno, sendo 135 horas para o volume médio, 132 horas no cenário de afundamento do FPSO Frade e 139 horas no cenário de *blowout* (poço ODP4), com o primeiro toque sempre na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ).

Os cenários do período de outono-inverno apresentaram as maiores probabilidades de toque quando comparadas com as respectivas hipóteses acidentais da primavera-verão. Os valores do período de outono-inverno foram de 81,9% (pior caso - *blowout* do poço ODP4) na Ilha da Âncora (Armação dos Búzios, RJ), 29,9% (pior caso – afundamento do FPSO Frade) e 24,2% (volume médio) na Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ).

No período de primavera-verão os maiores valores foram de 75,4% (pior caso - *blowout* do poço ODP4) na Ilha do Bom Abrigo (Cananéia, SP), 18,6% (pior caso – afundamento do FPSO Frade) em Ilhabela (SP) e 4,1 % (volume médio) na Ilha de Cabo Frio (Arraial do Cabo-RJ).

Os maiores valores de massa de óleo na costa ocorreram nos cenários de pior caso de afundamento do FPSO Frade, com 5650,4958 ton/km em Arraial do Cabo (RJ) no período primavera-verão e 3.899,120 ton/km em Armação dos Búzios (RJ) no período de outono.

Tabela 41 - Resumo dos resultados probabilísticos mais críticos para o toque do óleo na costa.

PONTO	PERÍODO	VOLUME	PARÂMETRO	VALORES	MUNICÍPIOS	UF
Frade	PRI-VER	200	Prob. (%)	4,1	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	RJ
			Tempo Mín. (horas)	165	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Tempo Míd. (horas)	165	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Volume (ton/km)	13,8560	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos Arraial do Cabo	RJ RJ
		PC_31D	Prob. (%)	18,6	Ilhabela	SP
			Tempo Mín. (horas)	157	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Tempo Míd. (horas)	157	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Volume (ton/km)	5650,4958	Arraial do Cabo Arraial do Cabo / Ilha do Pontal	RJ RJ
		PC_60D	Prob. (%)	75,4	Cananéia / Ilha do Bom Abrigo	SP
			Tempo Mín. (horas)	165	Campos dos Goytacazes	RJ
			Tempo Míd. (horas)	171	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Volume (ton/km)	165,5091	Arraial do Cabo Arraial do Cabo / Ilha do Pontal	RJ RJ
	OUT-INV	200	Prob. (%)	24,2	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	RJ
			Tempo Mín. (horas)	135	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Tempo Míd. (horas)	135	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Volume (ton/km)	66,0063	Arraial do Cabo / Ilha de Cabo Frio	RJ
		PC_31D	Prob. (%)	29,9	Arraial do Cabo / Ilha de Cabo Frio	RJ
			Tempo Mín. (horas)	132	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Tempo Míd. (horas)	132	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Volume (ton/km)	3899,1204	Armação dos Búzios	RJ
		PC_60D	Prob. (%)	81,9	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Tempo Mín. (horas)	139	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Tempo Míd. (horas)	139	Armação dos Búzios / Ilha Âncora	RJ
			Volume (ton/km)	156,5317	Armação dos Búzios	RJ

A Tabela 42 apresenta a menor distância do óleo com relação a costa para os cenários que não apresentaram probabilidade de toque de óleo na costa (volume pequeno).

Tabela 42 – Menor distância do óleo em relação a costa para os cenários que não apresentaram a chegada do óleo na costa.

CENÁRIO	MENOR DISTÂNCIA (km)	MUNICÍPIO
FRADE_PRI-VER_8_30	41,2	Armação dos Búzios / Ilha Âncora
FRADE_OUT-INV_8_30D	31,5	Campos dos Goytacazes (RJ)

Considerando as 1.000 simulações que compuseram cada cenário probabilístico, na Tabela 43 apresenta-se um resumo do número de simulações com probabilidade de toque na costa, demonstrando a porcentagem em relação ao total de simulações realizadas e a média do tempo para o primeiro toque.

Ressalta-se que esta tabela apresenta os resultados independentemente do corte adotado para apresentação dos resultados em superfície. Conforme explicado anteriormente, os resultados para o óleo na superfície da água, na coluna d'água e na costa são calculados de forma segregada. Assim, caso uma partícula do óleo na superfície da água com valor abaixo do corte atinja a costa, o toque será computado. Como este resultado é obtido diretamente do OSCAR, sem a possibilidade de aplicar um filtro, não existe opção para eliminar os cenários com toque abaixo da espessura de 0,0003 mm.

Observa-se que, nos cenários de pior caso para o *blowout* do poço ODP4 todas as simulações que compuseram o resultado probabilístico apresentaram o toque do óleo na costa.

Tabela 43 – Percentual de simulações com toque e média do tempo do primeiro toque na costa para as simulações probabilísticas.

CENÁRIO	PERCENTUAL DE SIMULAÇÕES COM TOQUE (%)	MÉDIA DO TEMPO DO PRIMEIRO TOQUE NA COSTA (HORAS)
FRADE_PRI-VER_200_30	22	514,1
FRADE_PRI-VER_PC_31D	32	504,8
FRADE_PRI-VER_PC_60D	100	511,5
FRADE_OUT-INV_200_30D	34	441,5
FRADE_OUT-INV_PC_31D	45	452,6
FRADE_OUT-INV_PC_60D	100	650,8

4.2.2. Simulações Determinísticas Críticas

A análise dos resultados das simulações probabilísticas permitiu identificar, dentre as 1.000 simulações determinísticas realizadas para cada cenário probabilístico, os cenários determinísticos críticos para a condição de menor tempo de toque na costa e para a maior massa de óleo na costa¹⁴, os quais foram reproduzidos individualmente no modo determinístico, levando-se em consideração o corte de espessuras de óleo na superfície do mar (0,0003 mm).

Os resultados das simulações determinísticas mais críticas são apresentados na forma de cinco ilustrações:

1. Área varrida pela mancha de óleo na superfície (representada pela cor cinza) para todo o período de simulação. Sendo apresentados também os contornos de espessura do óleo no instante de primeiro toque a partir da deriva do óleo na superfície (nos cenários com toque na costa) e a massa máxima de óleo na costa (no caso dos cenários de maior massa);
2. Contornos de espessura máxima do óleo na superfície da água, calculados ao longo de todo o período da simulação;
3. Concentração máxima total vista em planta, na coluna d'água, ou seja, os resultados mais críticos, independente da profundidade, considerando toda a área varrida pelo óleo na coluna d'água durante a simulação determinística;
4. Perfil das concentrações do óleo na coluna d'água, calculados ao longo de todo o período da simulação. É apresentado o perfil corresponde um transecto ao longo da área varrida (ferramenta de transect do OSCAR). Todos os transectos, que só podem ser realizados com uma linha reta, foram gerados a partir do ponto de modelagem, em direção às regiões de maiores concentrações, até o final da presença do óleo na coluna d'água. A informação apresentada corresponde exatamente às concentrações que se encontram abaixo do transecto. Optou-se pelo transecto para apresentar, da melhor forma possível, o perfil para a região com maiores concentrações e a presença do óleo na coluna d'água.
5. Gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado, na coluna d'água) para as simulações determinísticas. Quando o volume final de óleo na costa é muito pequeno, não é possível visualizar a porcentagem nos balanços de massa.

¹⁴ Considerando o toque de óleo com relação ao município.

São apresentadas, também, figuras de instantes (inicial, intermediário e primeiro toque na costa) da evolução temporal da mancha de óleo a partir do início do derrame até o momento do primeiro toque do óleo na costa para o cenário que proporcionou o menor tempo e a maior massa de óleo na costa.

4.2.2.1. Simulações Determinísticas de Menor Tempo

A Tabela 44 apresenta a lista dos cenários determinísticos de menor tempo de toque na costa, estes cenários mais críticos são referentes à hipótese acidental de pior caso associada ao afundamento do FPSO Frade, em ambos os períodos. O menor tempo de toque de 132 horas no litoral da Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ) ocorreu no período outono-inverno.

Tabela 44 - Resumo dos cenários determinísticos críticos analisados para a seleção do menor tempo de toque na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (HORAS)	MUNICÍPIO DO PRIMEIRO TOQUE	VOLUME FINAL DE ÓLEO NA COSTA (m³)
DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D	08/12/2017 09h00min	165	Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ)	5,8
DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D		157		258,3
DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D	01/09/2017 17h00min	165	Campos dos Goytacazes (RJ)	10.017,0
DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_200_30D	13/04/2018 13h00min	135	Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ)	23,2
DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D		132		2.066,4
DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_60D		139		2.679,0

Da Figura 110 a Figura 139 são apresentados os resultados do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo na costa.

Os resultados mostram que as trajetórias do óleo na superfície ocorreram para SW, alcançando a bacia de Santos nos cenários de volume médio e as bacias de Santos e Pelotas nos cenários de pior caso.

Nos cenários de volume médio as áreas com maiores espessuras (> 0,01 mm) ocorreram somente na Bacia de Campos e no instante do toque a mancha de óleo já não apresenta espessuras superiores 0,01 mm. Nos cenários de pior caso, as áreas com maiores espessuras ocorreram nas Bacias de Campos, Santos (primavera-verão) e também na Bacia de Pelotas (outono-inverno). No

instante do primeiro toque do óleo na costa, a mancha de óleo apresenta espessuras superiores a 1 mm na maioria dos cenários.

As áreas de deslocamento do óleo foram de 7,961,4 km² (volume médio), 214.581,1 km² (volume de pior caso - afundamento do FPSO Frade) e 119.079,8 km² (volume de pior caso - *blowout* do poço ODP4) no período da primavera-verão e, de 6.973,4 km² (volume médio), 113.880 km² (volume de pior caso - afundamento do FPSO Frade) e 333.150,2 km² (volume de pior caso - *blowout* do poço ODP4) no período de outono-inverno.

Os cenários de pior caso decorrentes de afundamento do FPSO Frade apresentaram as maiores concentrações de óleo na coluna d'água. As profundidades máximas com presença do óleo ao longo da simulação foram de 31 m (volume médio) e 89 m (volume de pior caso - afundamento do FPSO Frade) em ambos os períodos. Nos cenários de pior caso (*blowout* do poço ODP4) é observada a presença do óleo até 988 m.

Nas figuras do perfil vertical do óleo verifica-se que quanto mais profunda a presença do óleo menores as concentrações. Analisando os gráficos de balanço de massa dessas simulações, observa-se que ao final da simulação a maior parcela do óleo encontra-se na coluna na forma particulada com variação entre 25,6% e 55,1% do volume total derramado. A evaporação apresentou valores entre 21,8% e 28,3%, enquanto a parcela de óleo na costa variou de 0,1% a 21%. Na superfície, ao final das simulações restam entre 10% e 32,4% de todo o volume derramado.

Figura 110 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D. Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

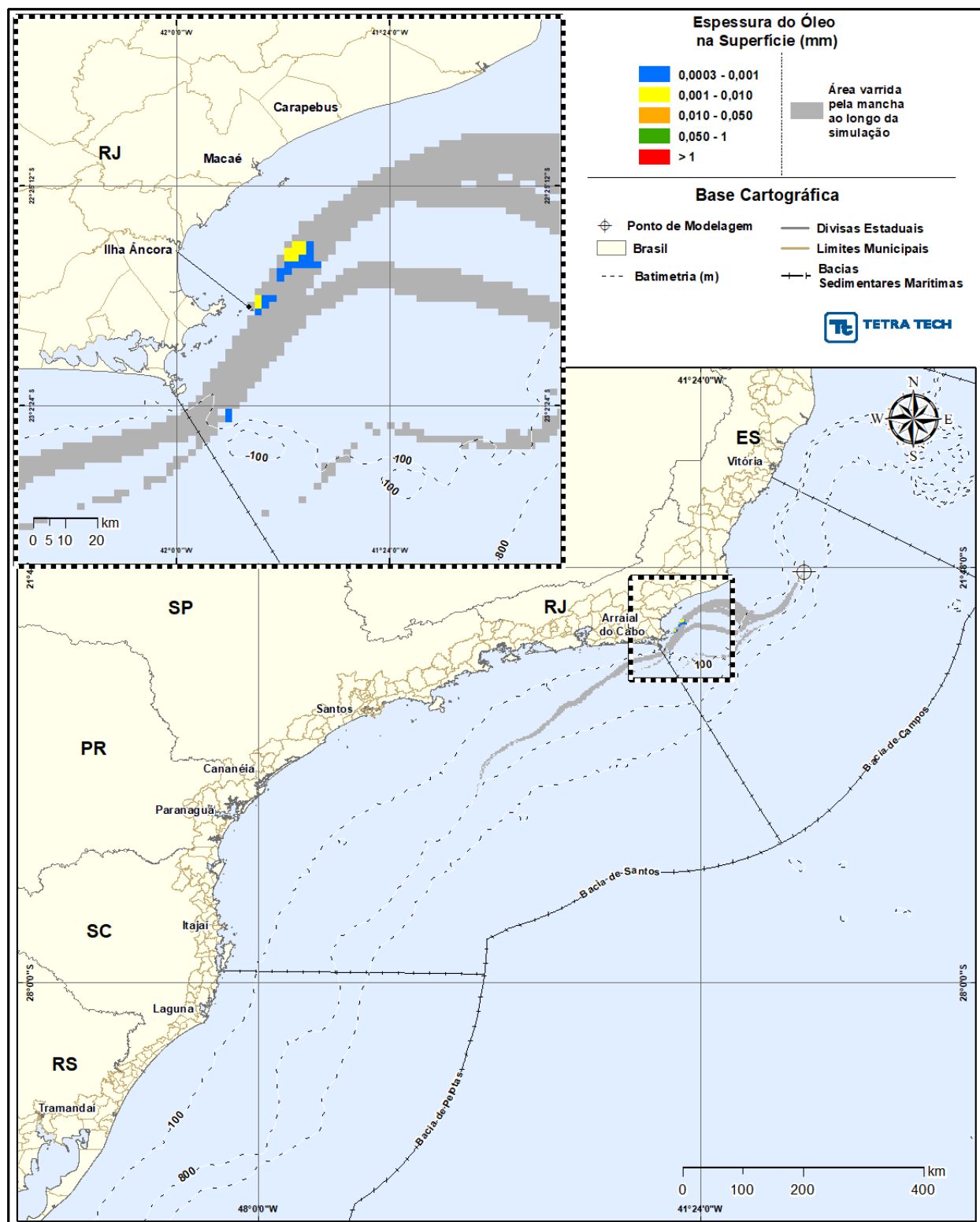


Figura 111 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

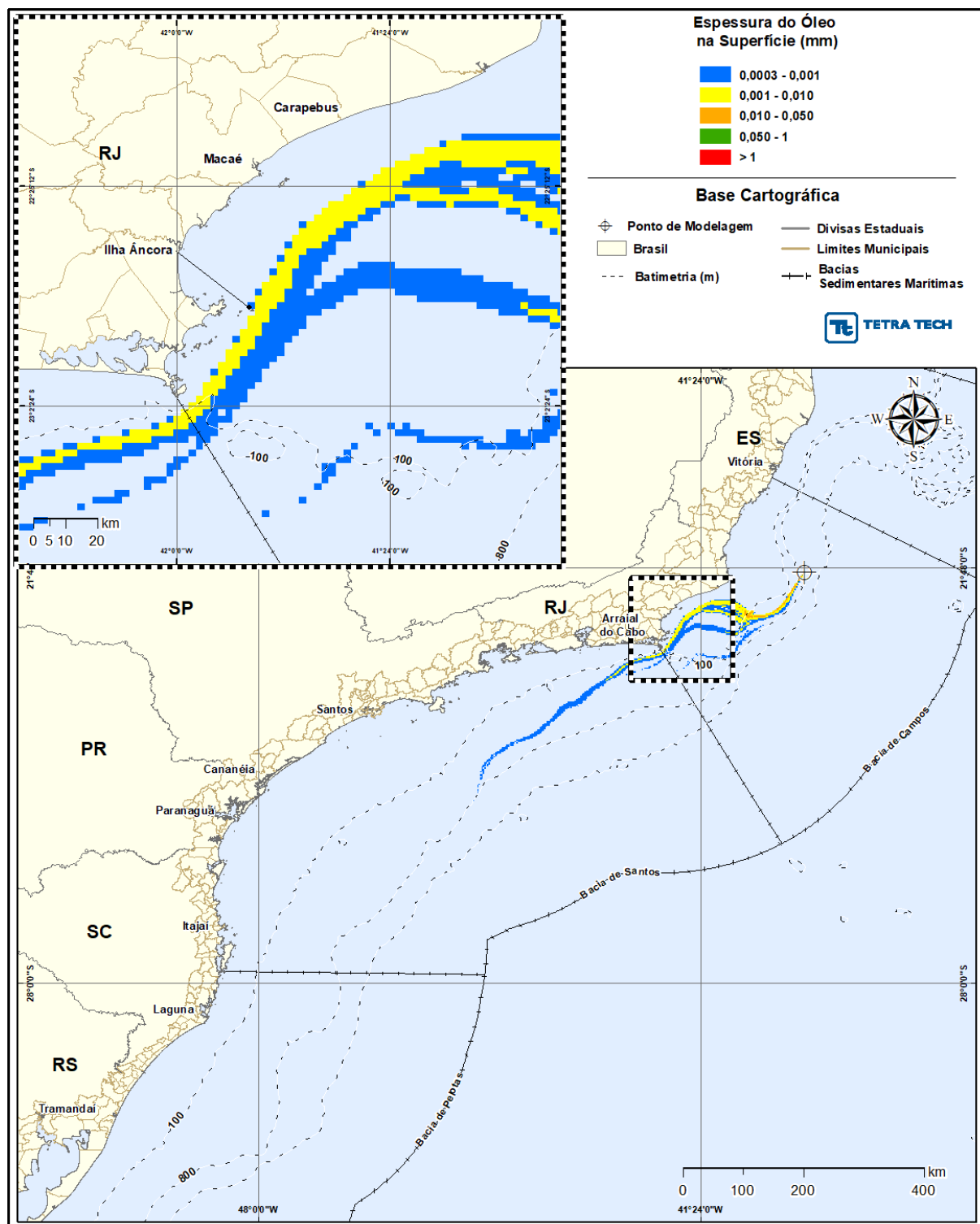


Figura 112 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

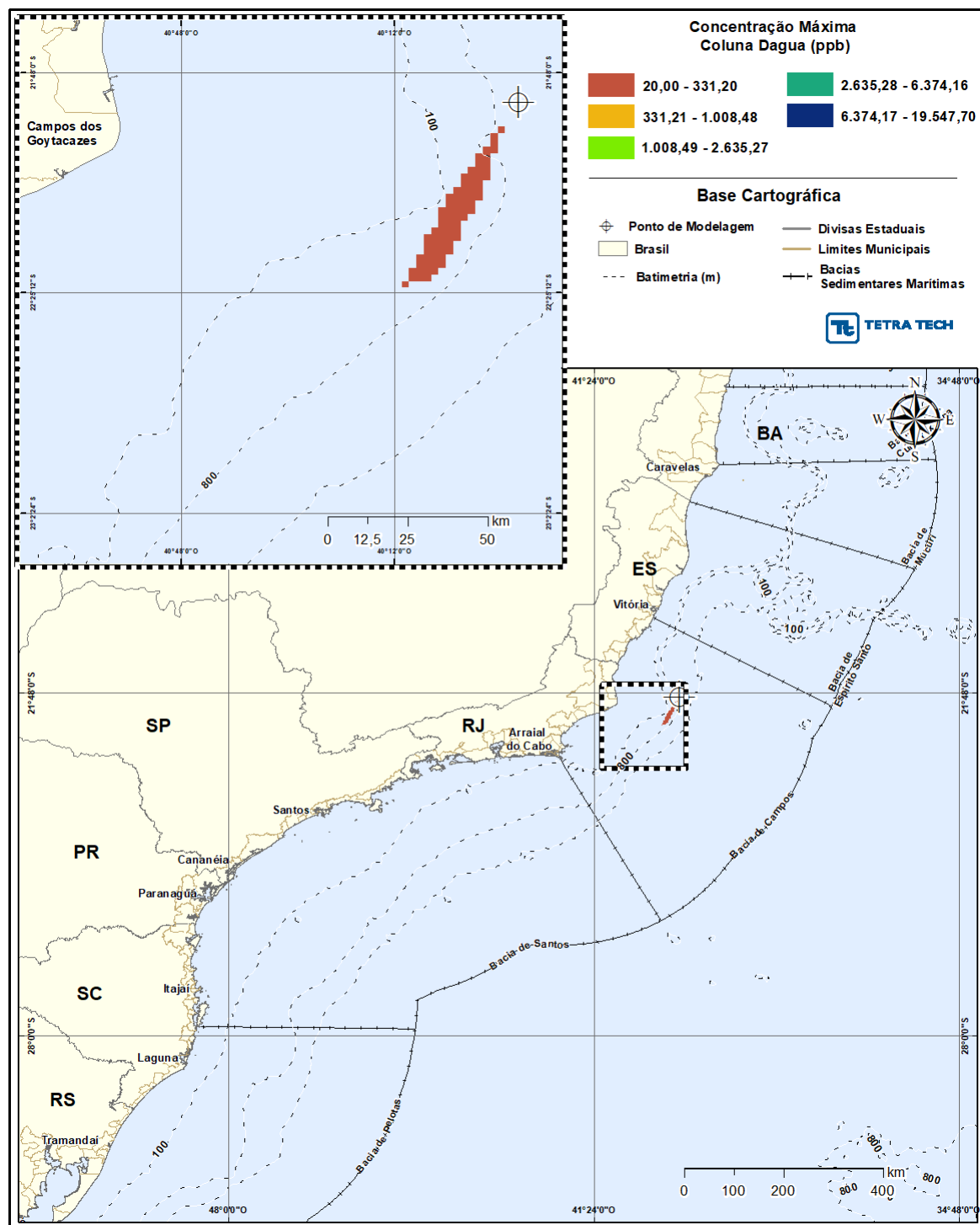


Figura 113 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

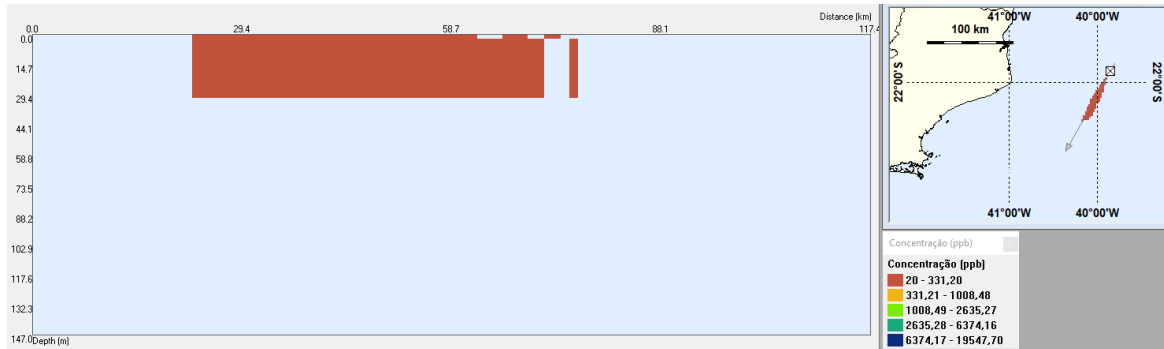


Figura 114 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_200_30D.

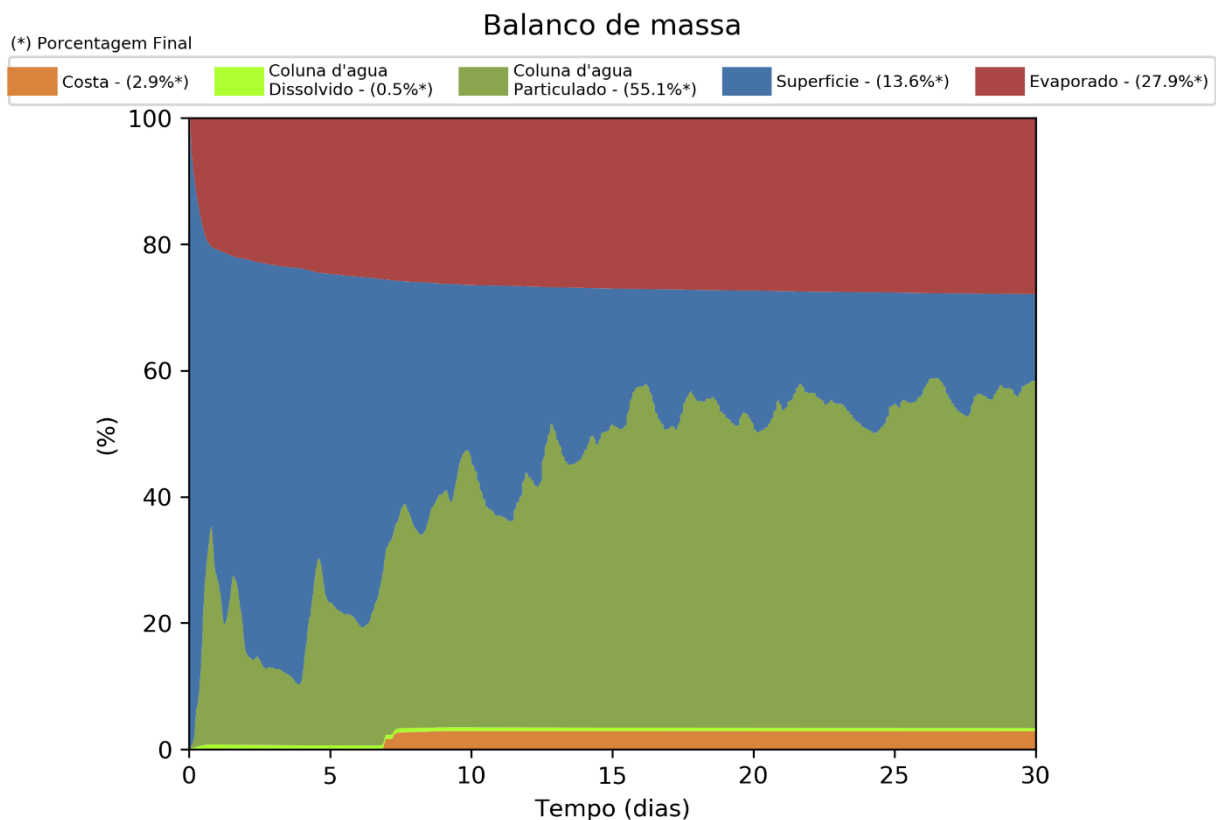


Figura 115 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

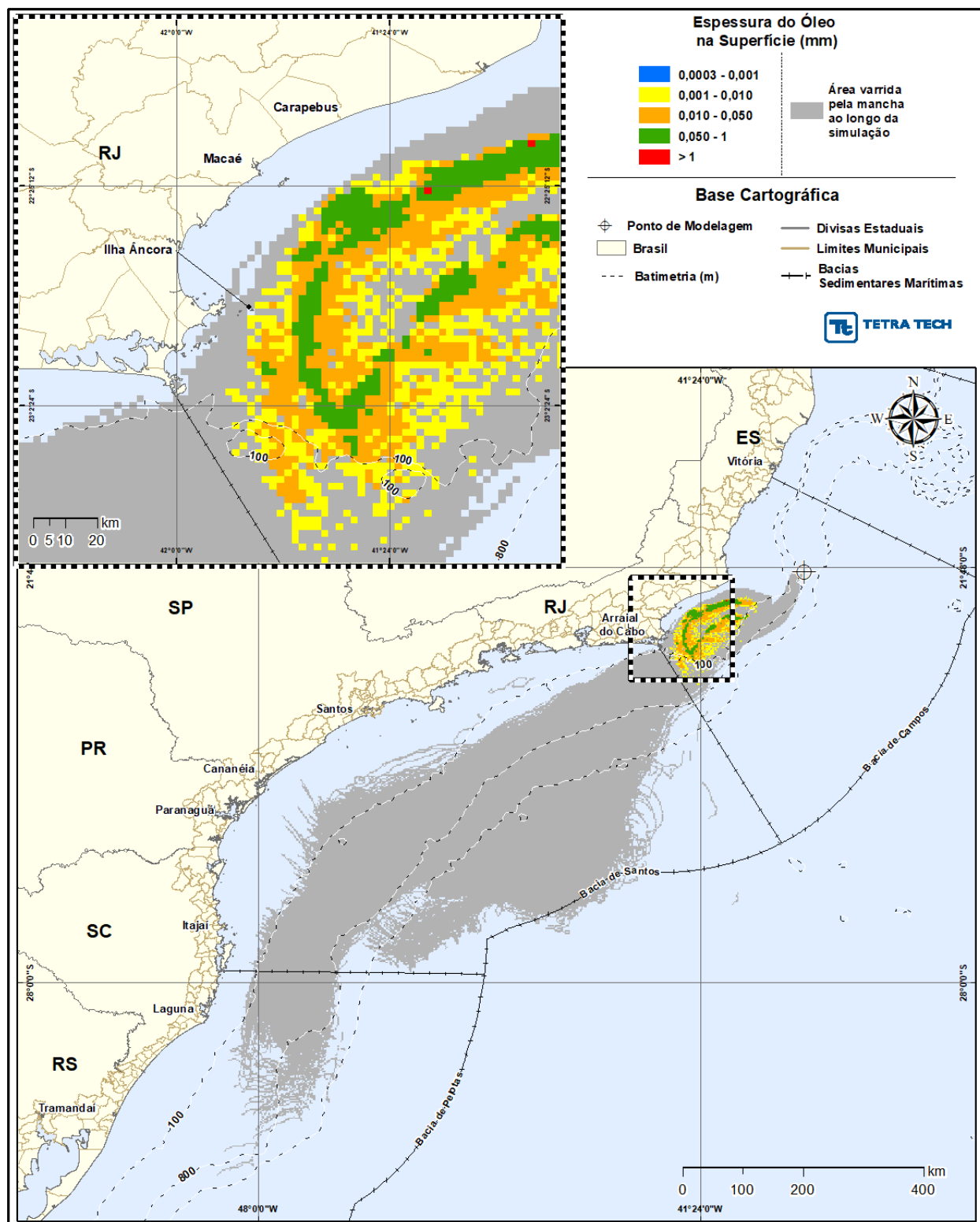


Figura 116 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

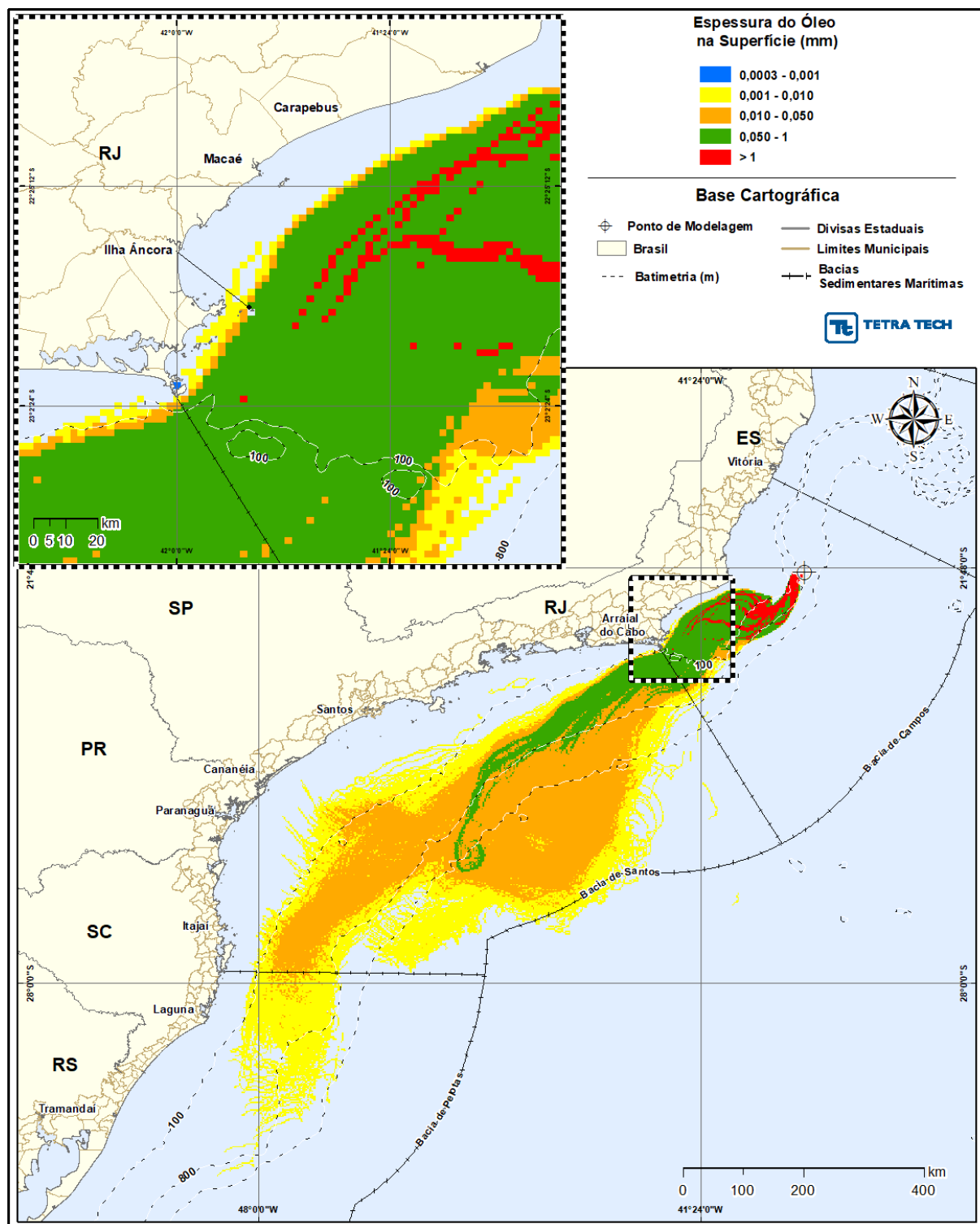


Figura 117 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

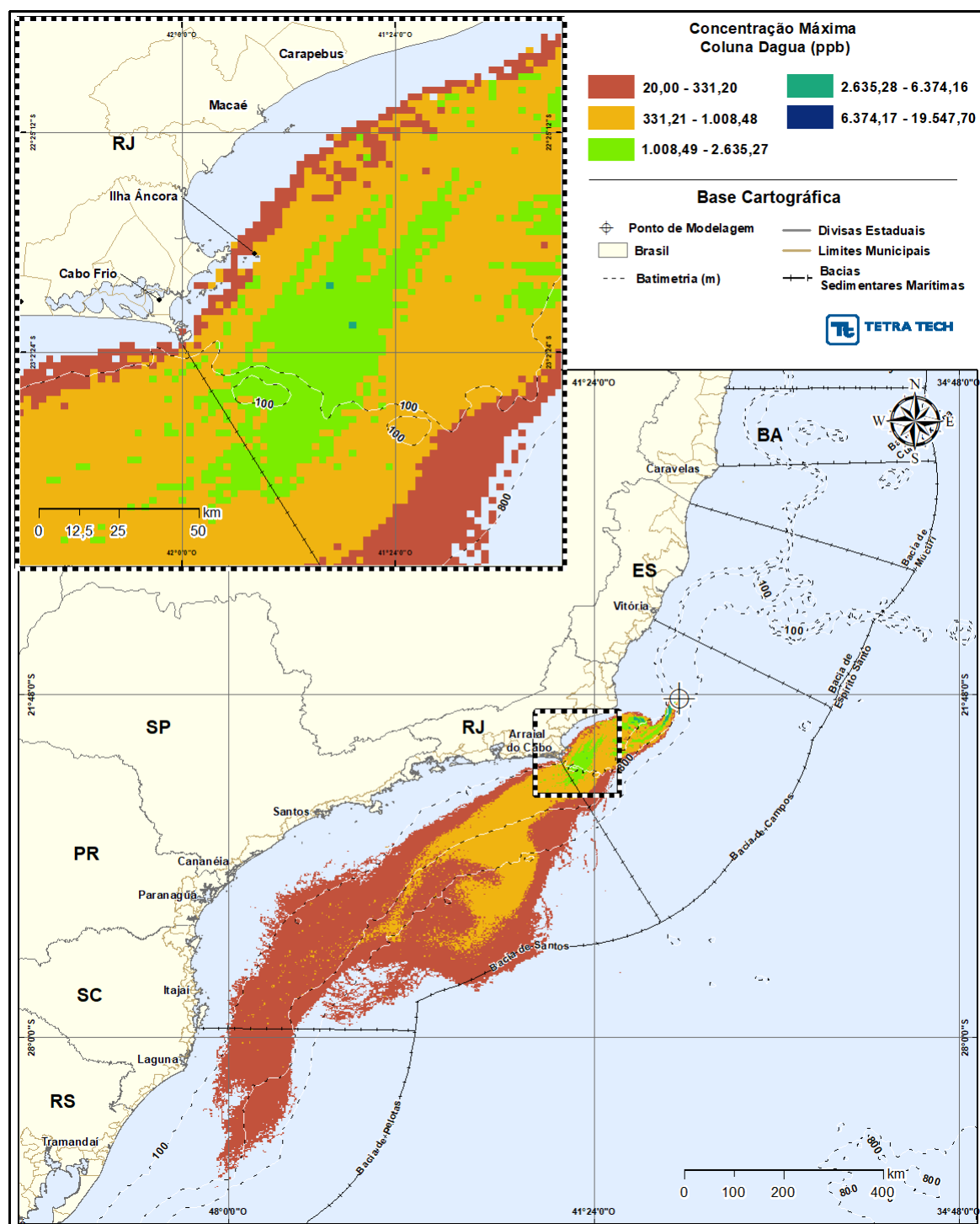


Figura 118 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.



Figura 119 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_31D.

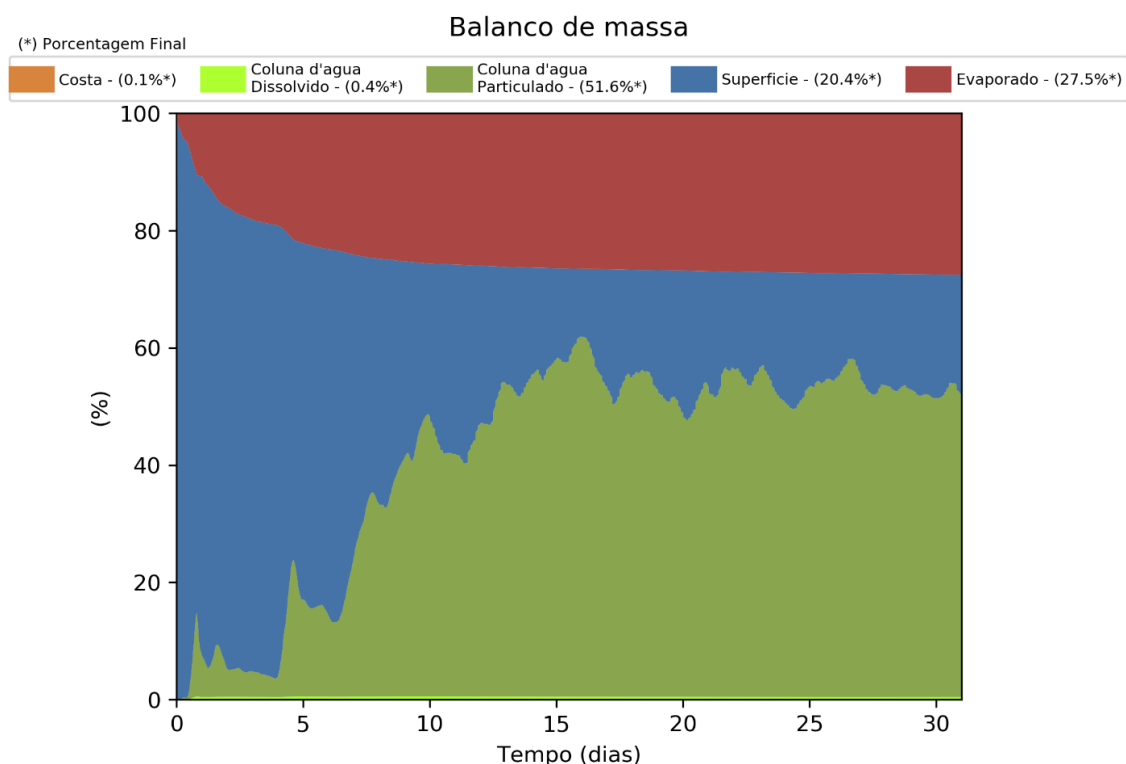


Figura 120 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

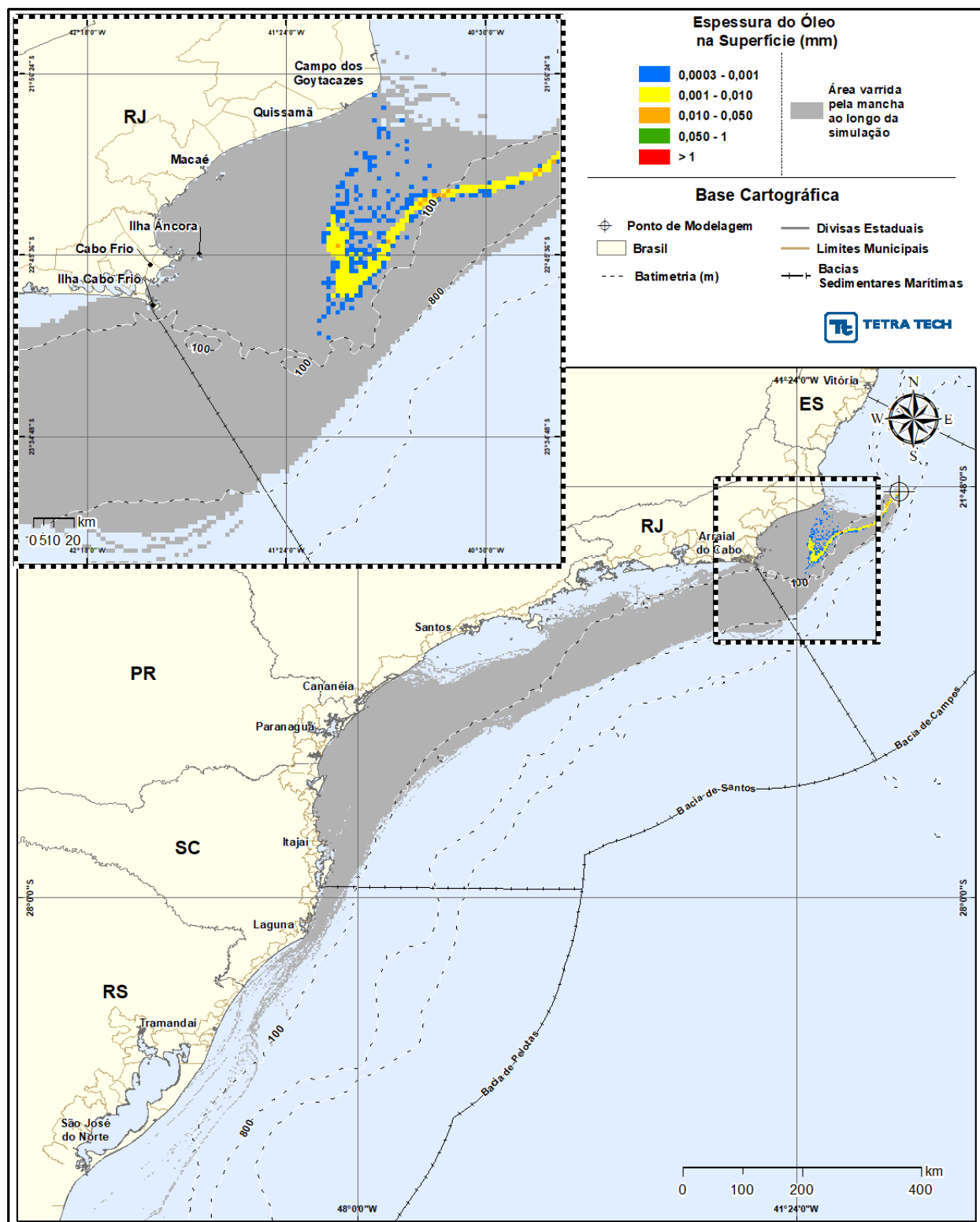


Figura 121 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

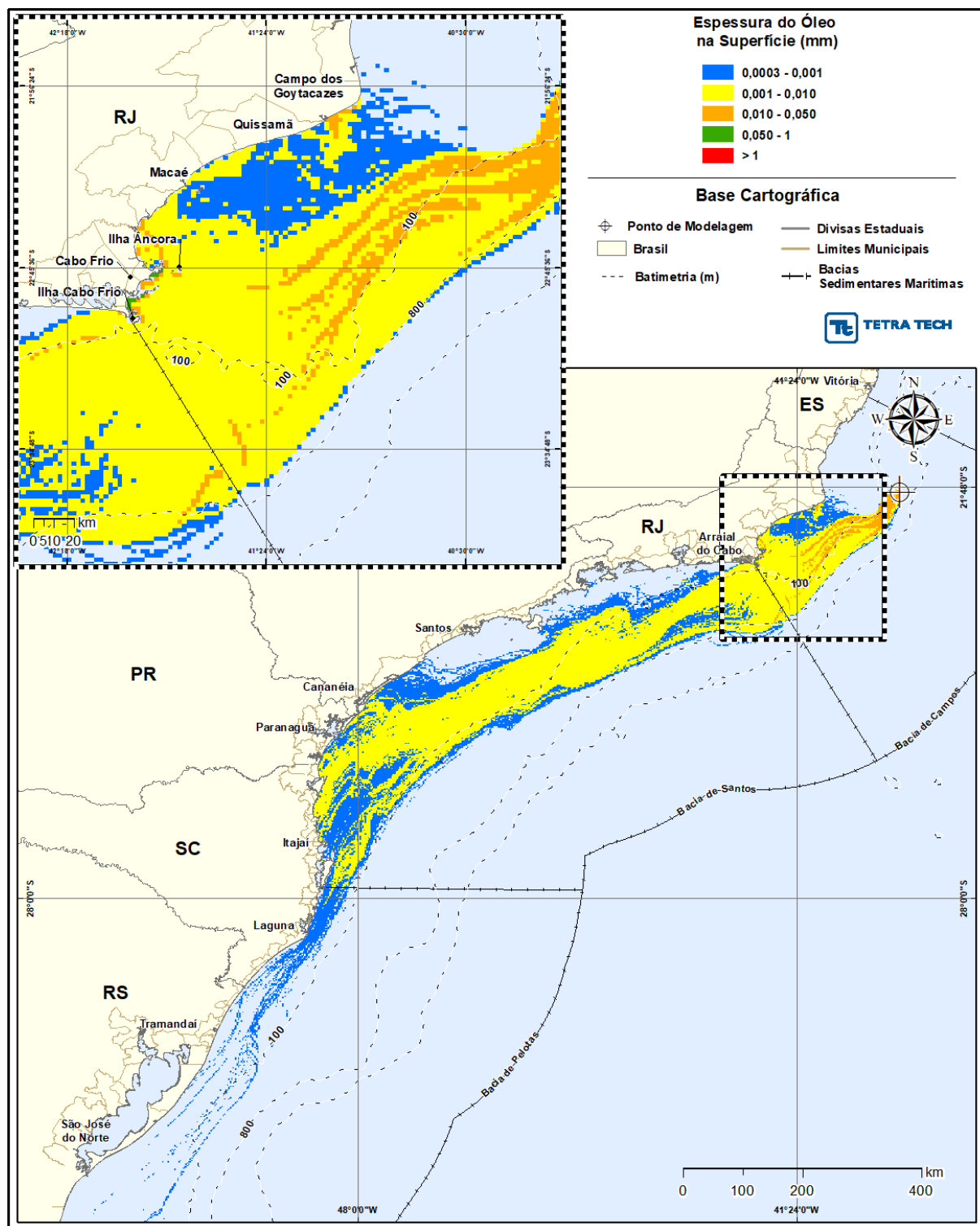


Figura 122 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

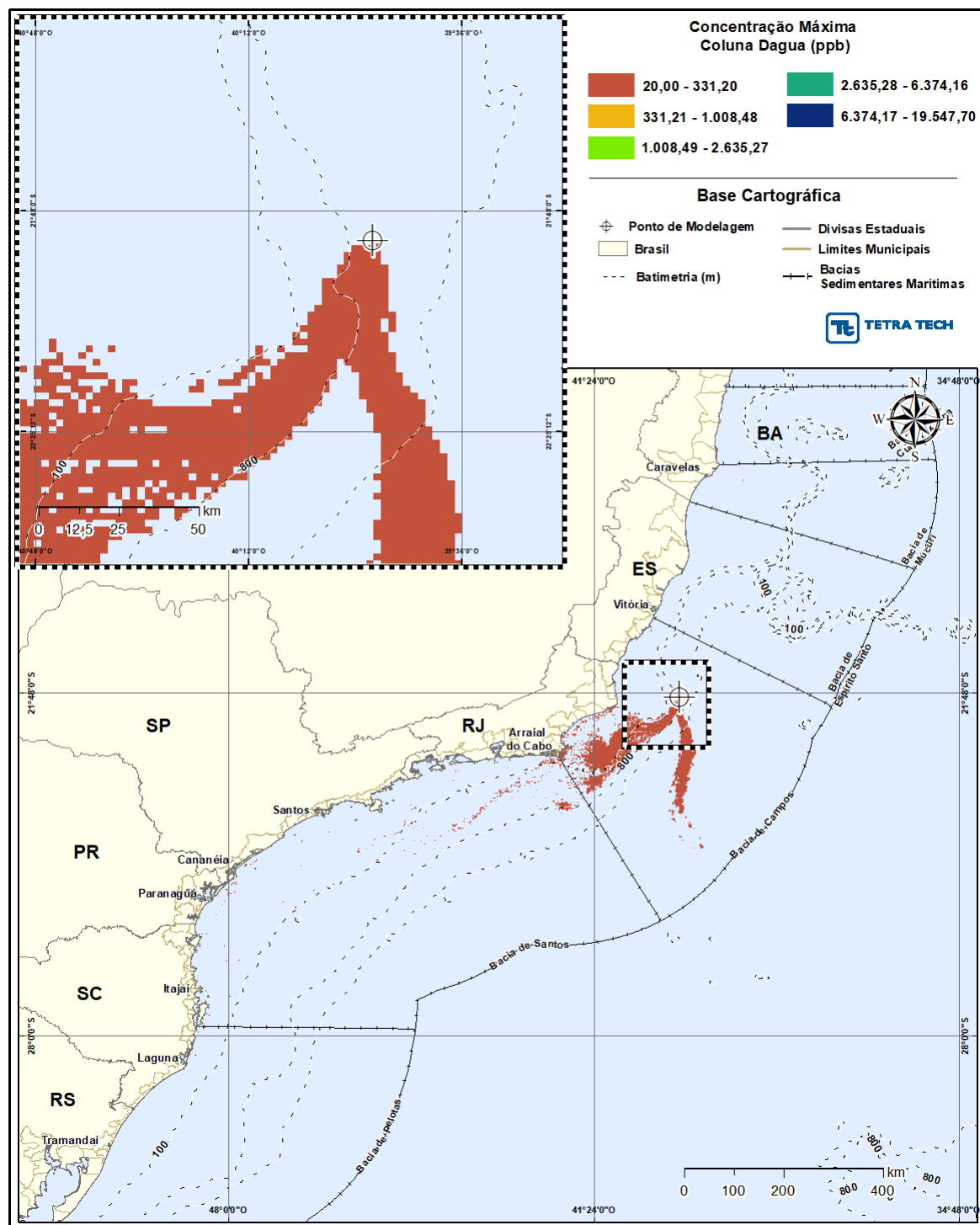


Figura 123 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

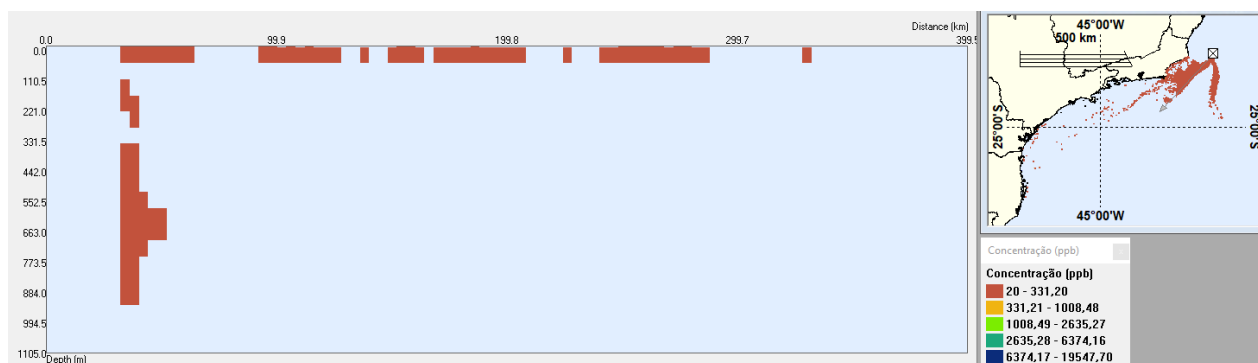


Figura 124 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_PRI-VER_PC_60D.

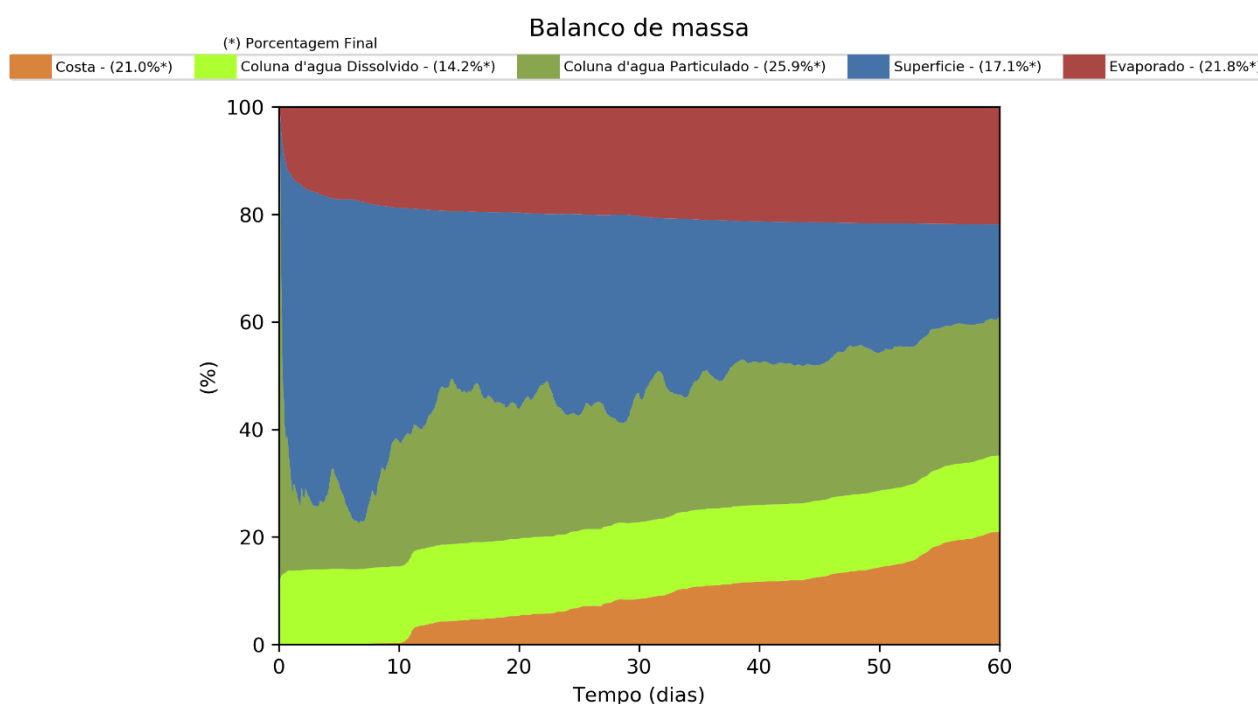


Figura 125 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D. Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

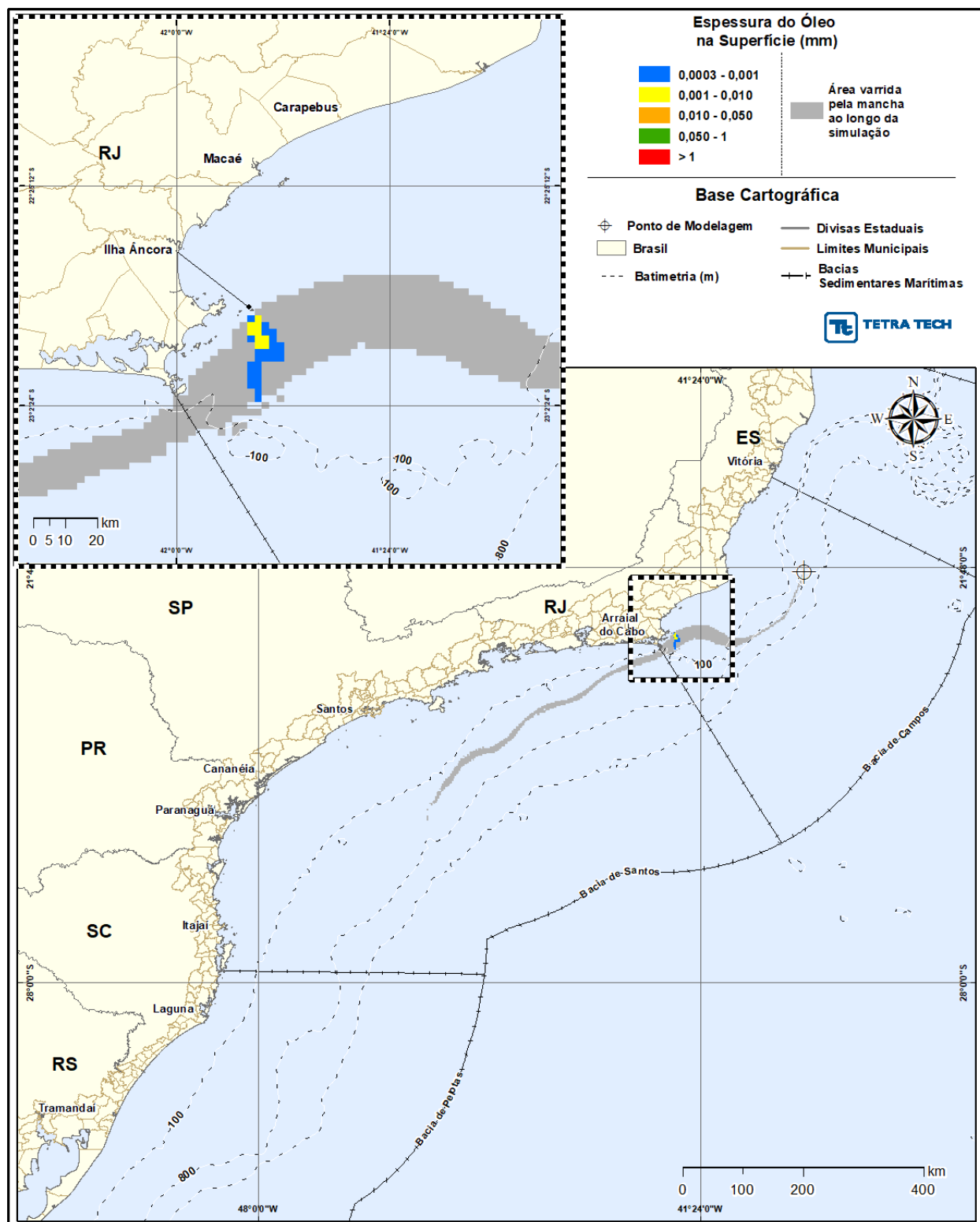
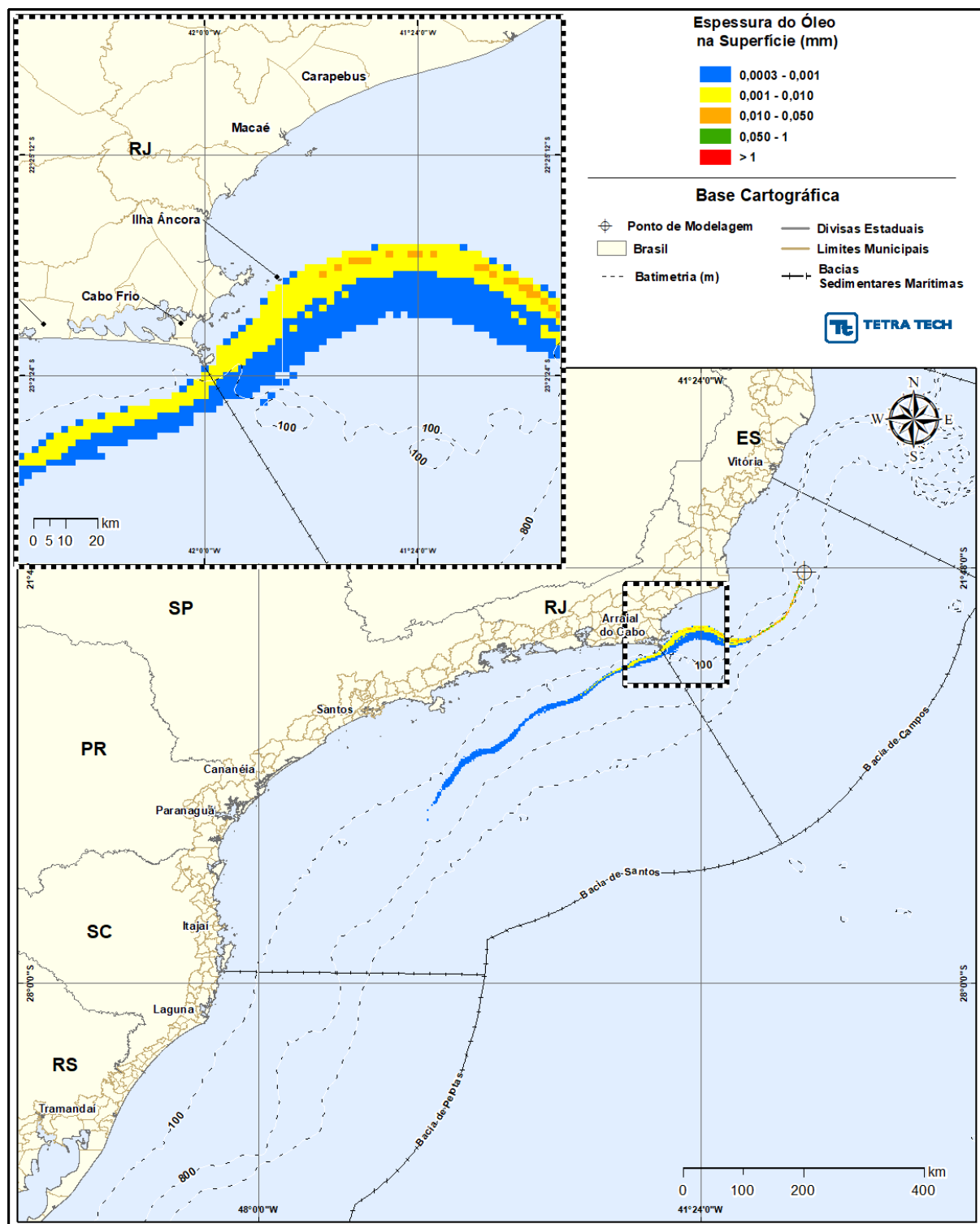


Figura 126 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.



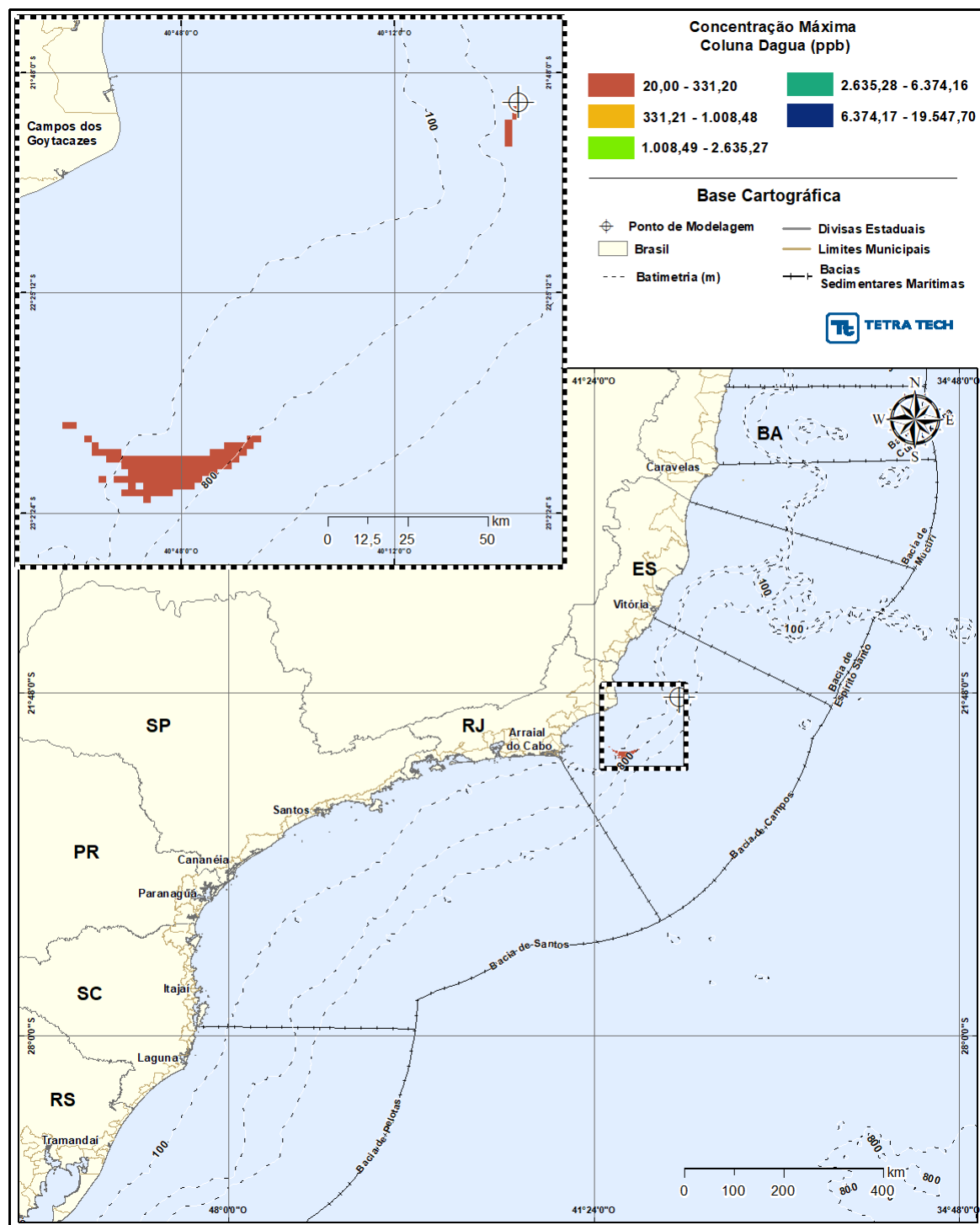


Figura 128 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

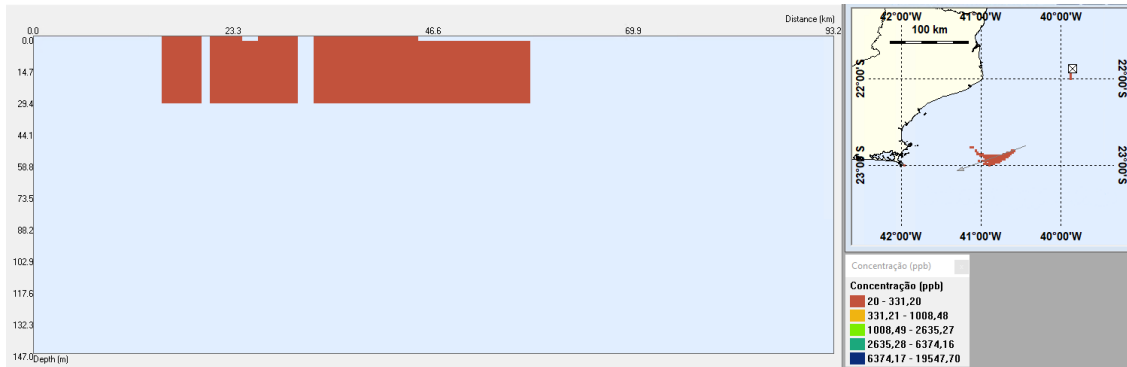


Figura 129 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_200_30D.

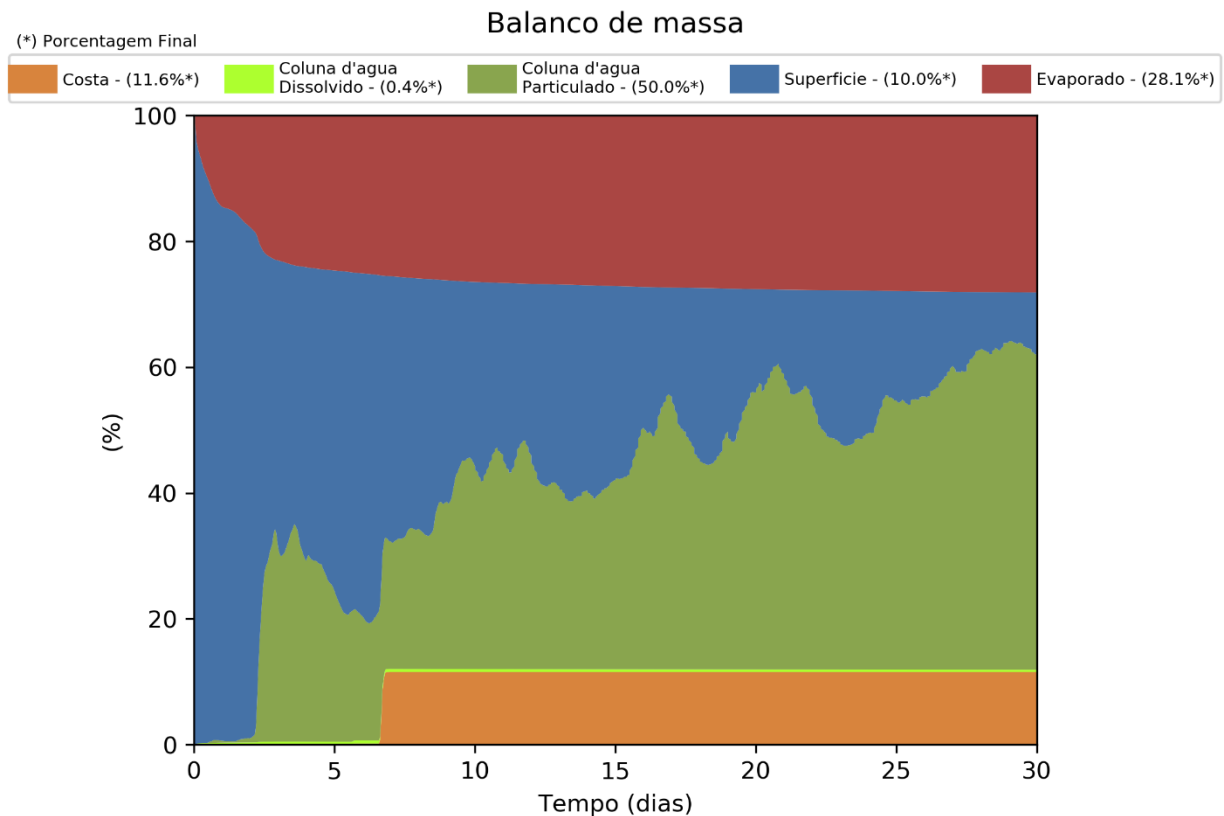


Figura 130 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

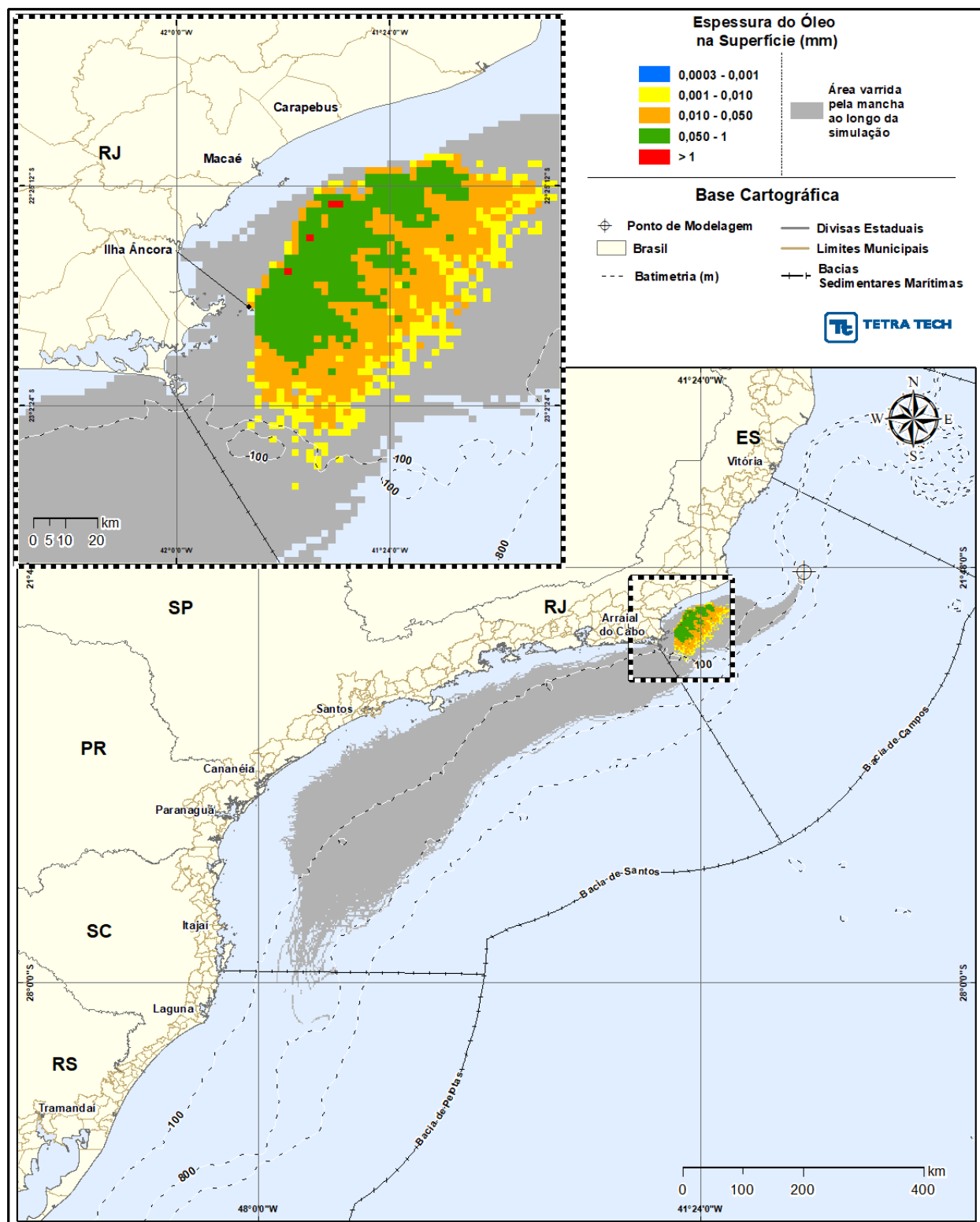


Figura 131 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

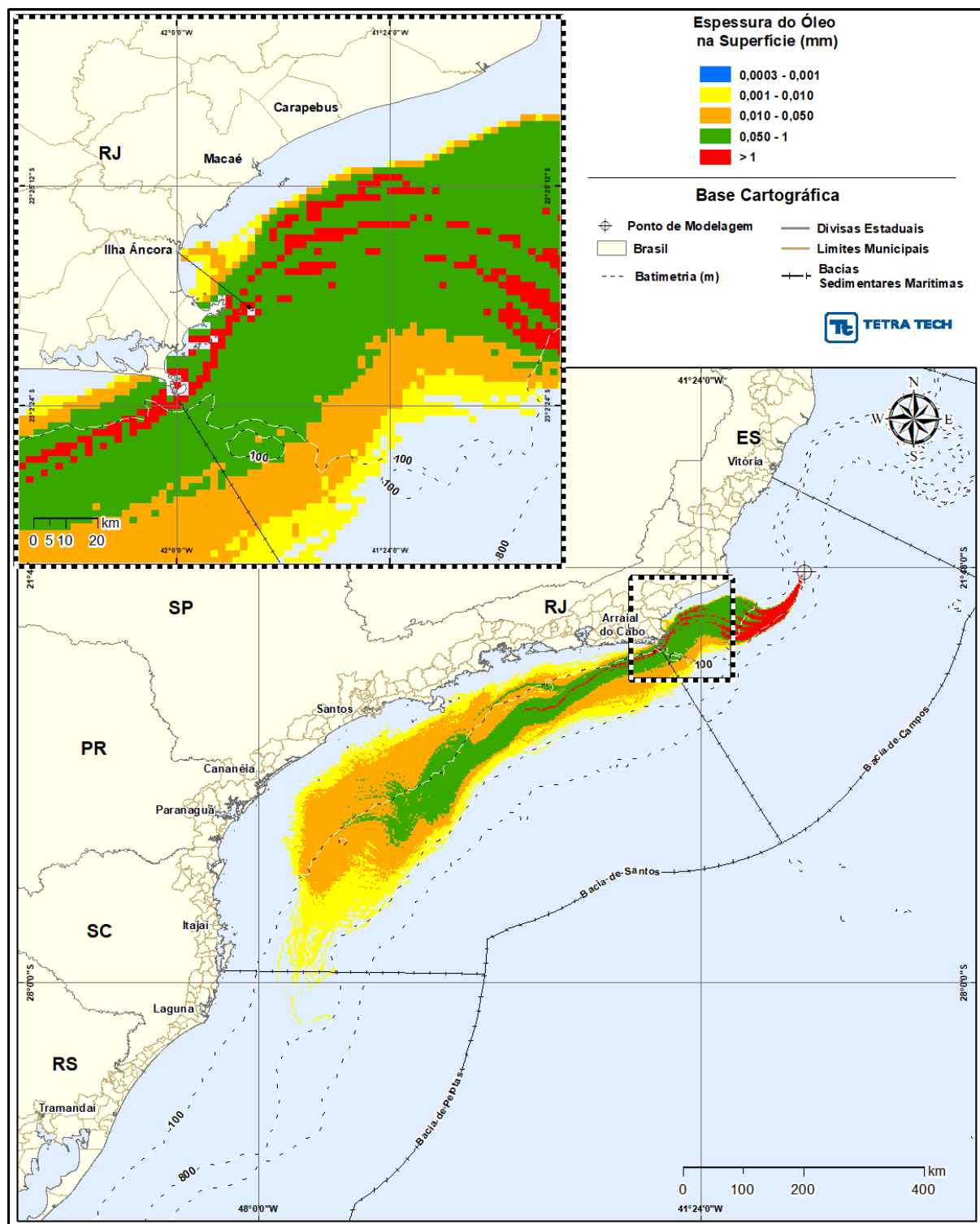


Figura 132 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

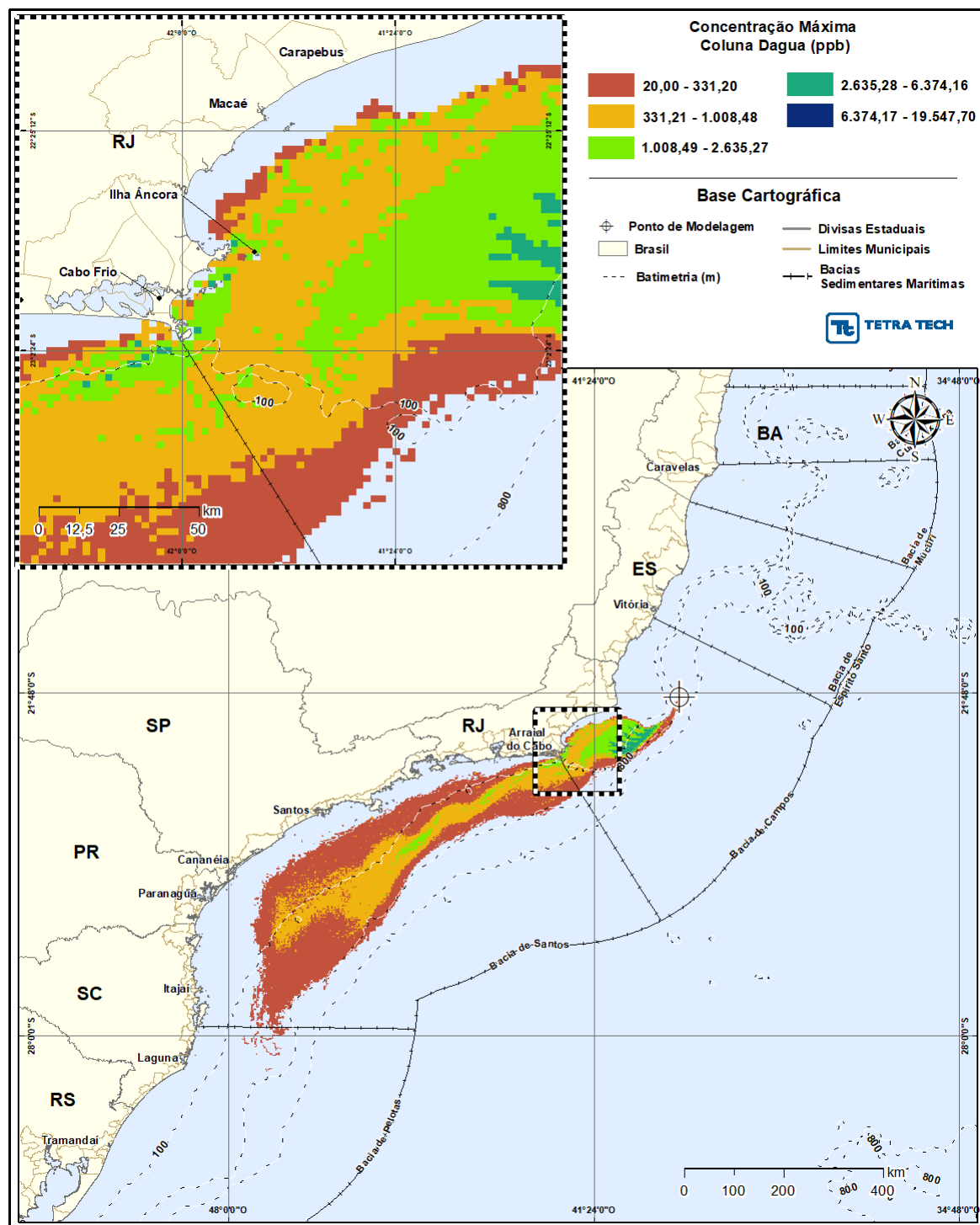


Figura 133 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.



Figura 134 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_31D.

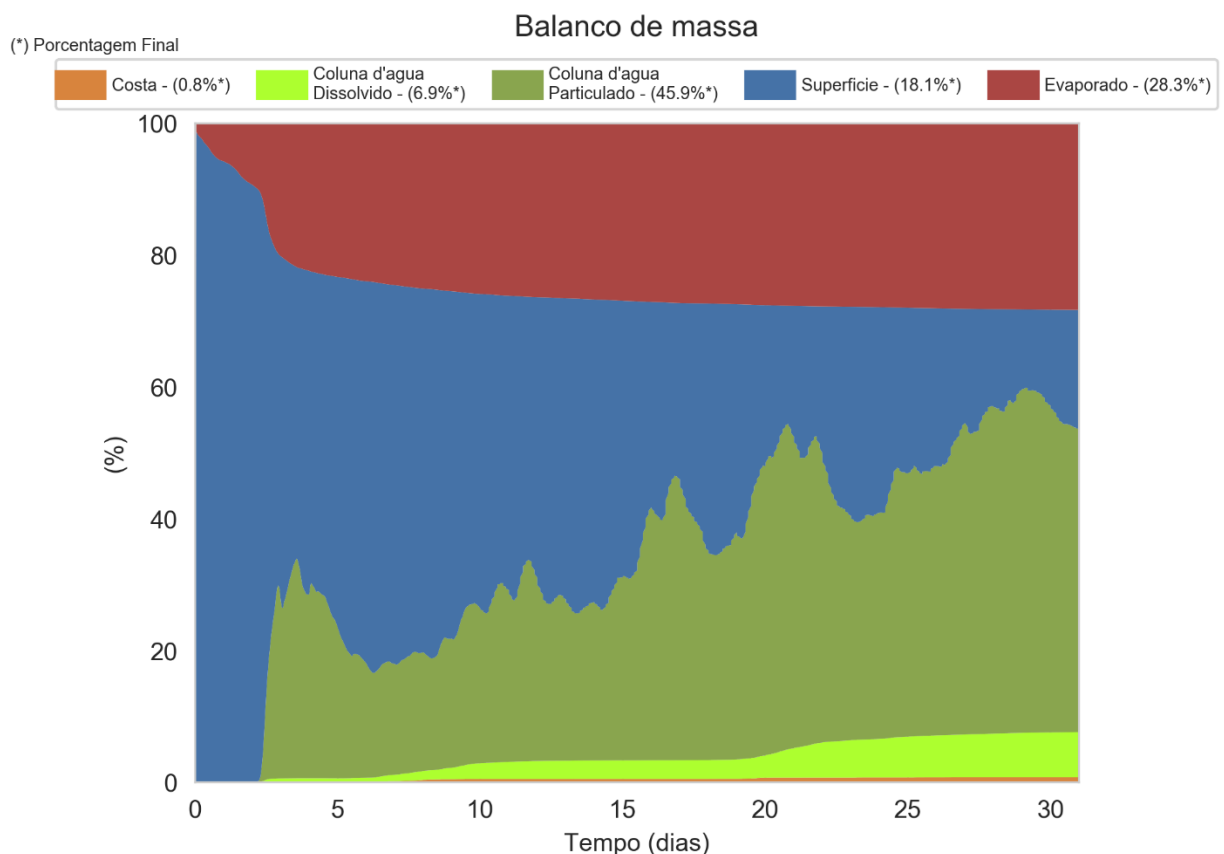


Figura 135 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Cenário determinístico crítico de menor tempo de toque do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

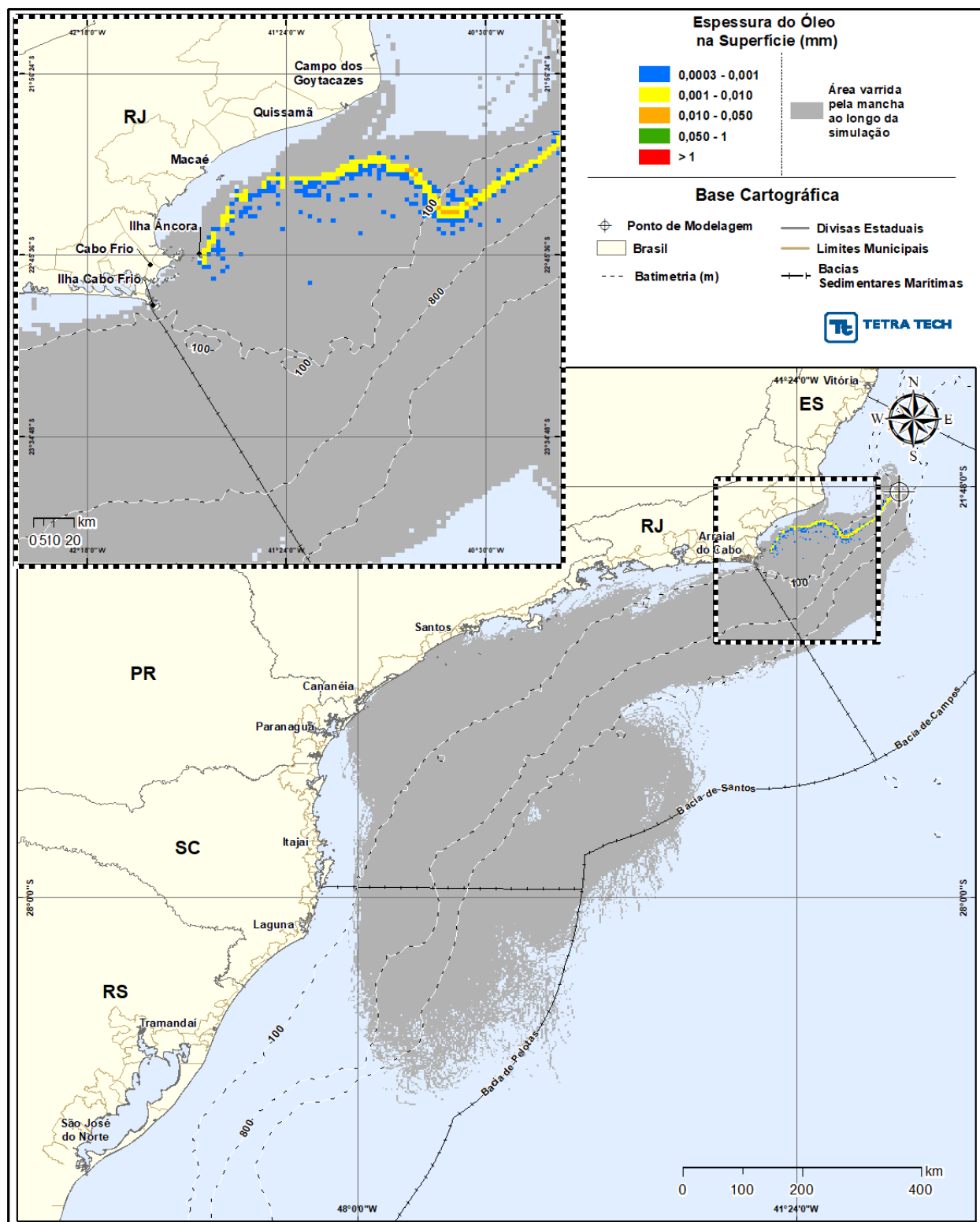


Figura 136 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

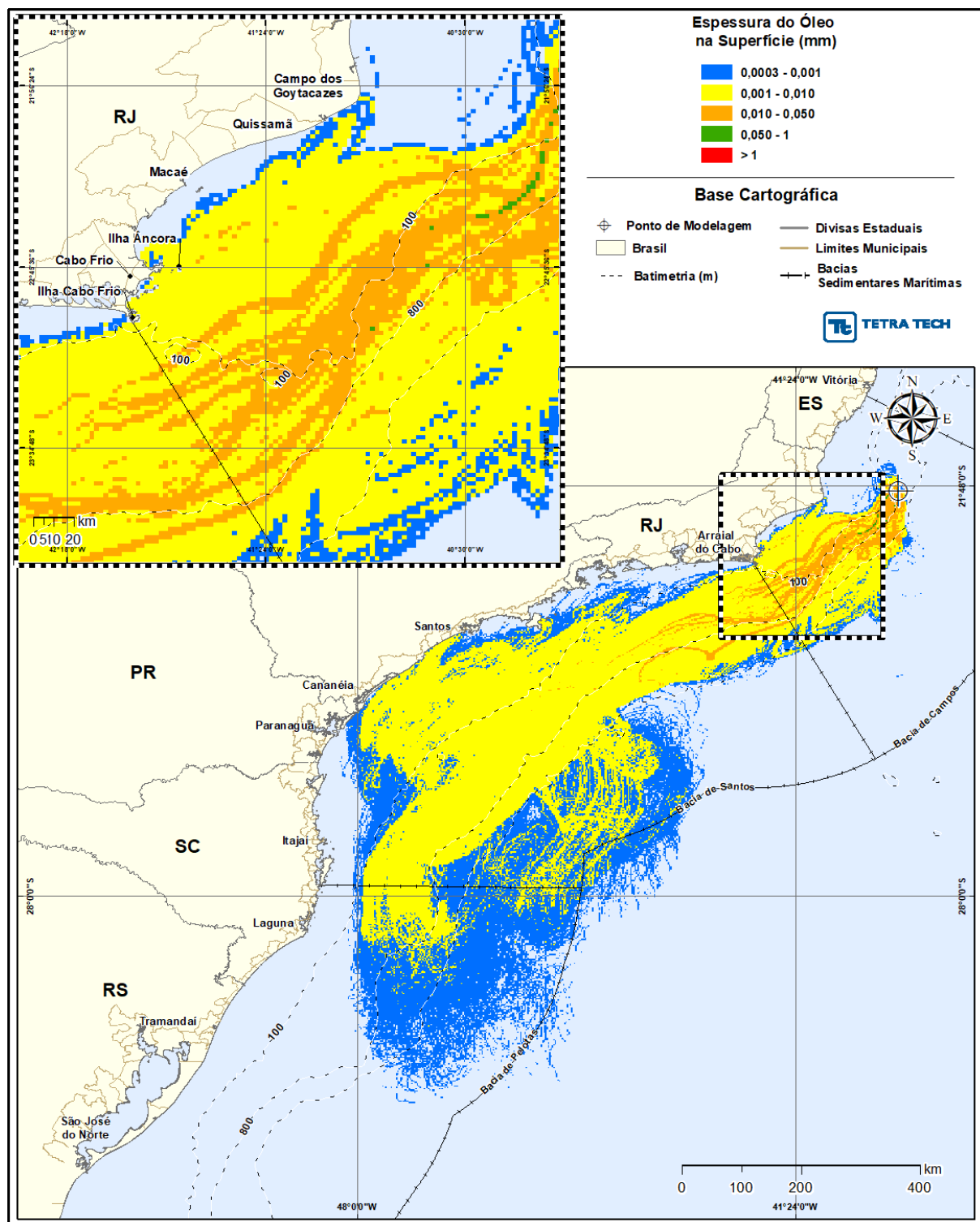


Figura 137 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

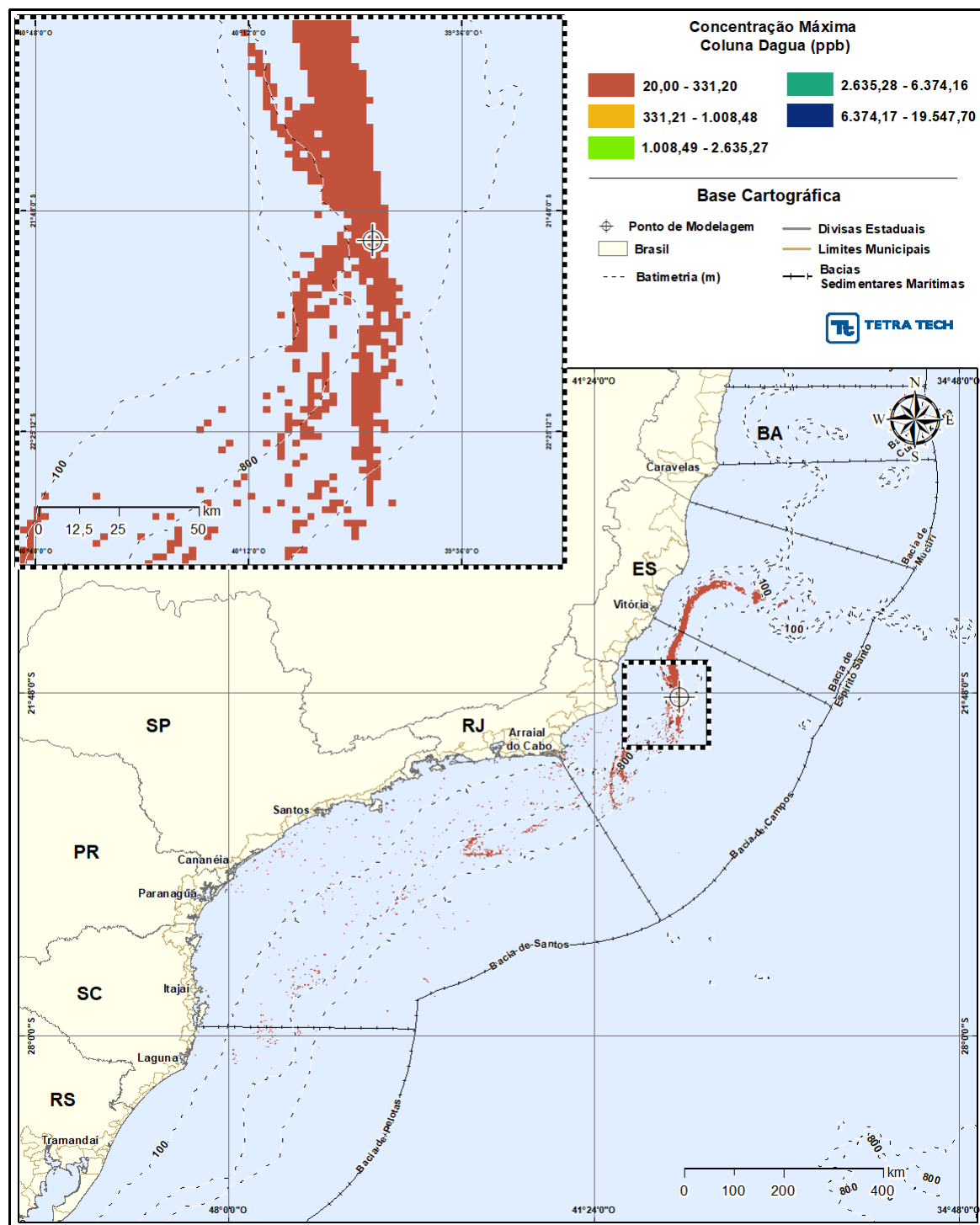


Figura 138 - Cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de menor tempo de toque, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias. A informação apresentada corresponde exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

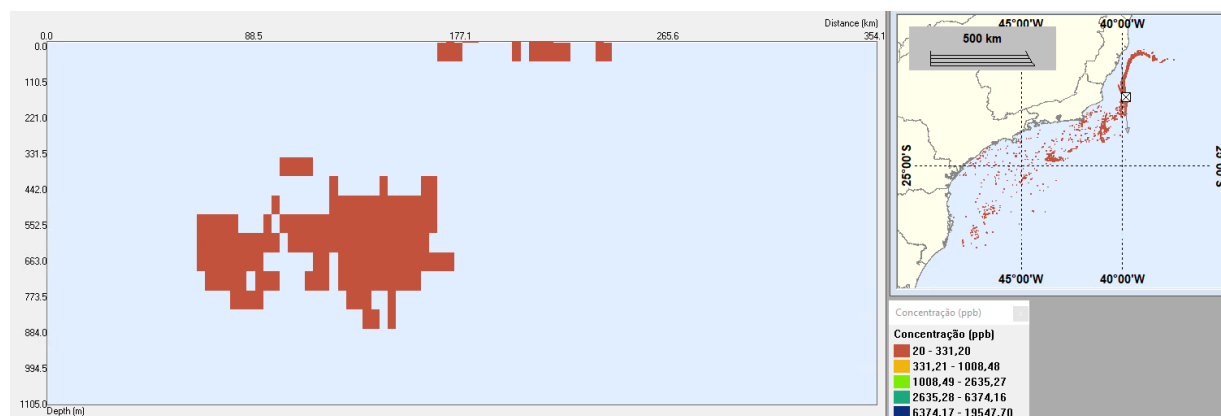
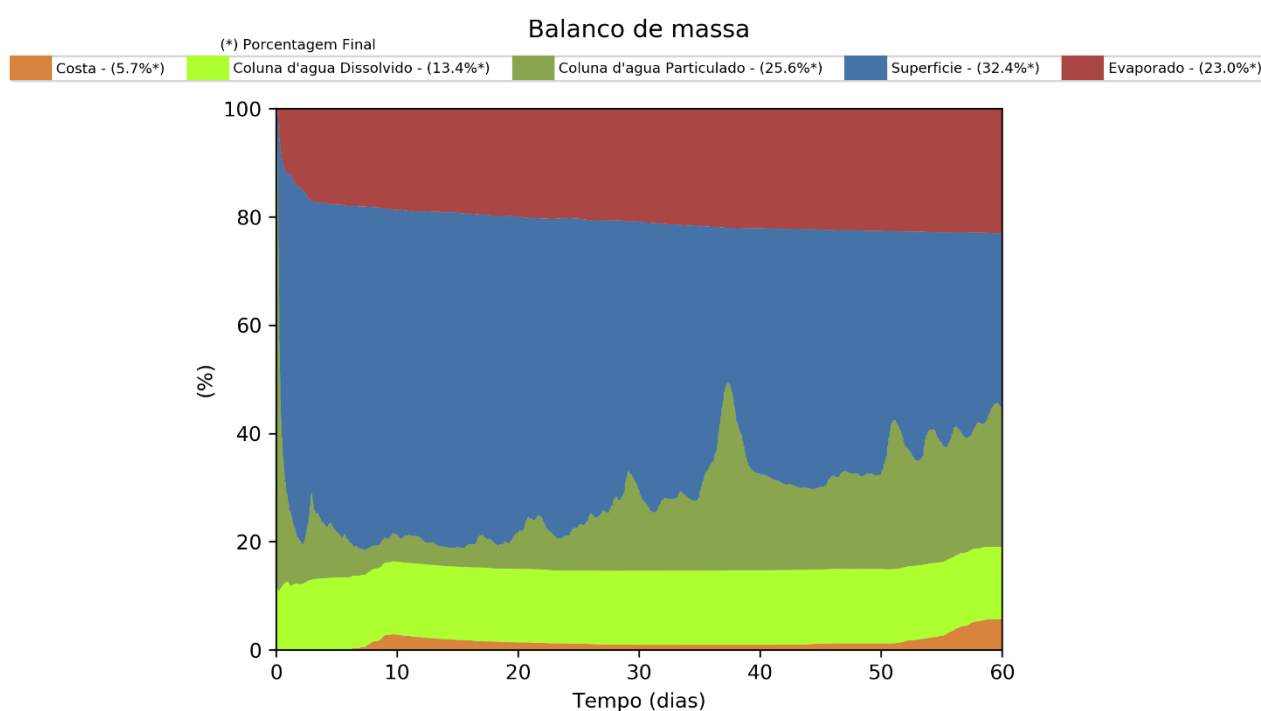


Figura 139 - Balanço de massa para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT_INV_PC_60D.



4.2.2.1.1 Condições Meteorológicas e Oceanográficas – Simulações Determinísticas de Menor Tempo

A seguir, são apresentadas as figuras das condições meteorológicas e oceanográficas referente ao cenário determinístico crítico proporcionou a chegada do óleo mais rapidamente a costa, representado pelo cenário de derrame de pior caso do período de outono-inverno. O instante de primeiro toque do óleo na costa ocorreu em 132 horas na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ).

O campo de correntes foi obtido a partir do modelo global MERCATOR (*Mercator Ocean International*) e o campo de ventos foi proveniente de dados de reanálise de modelo meteorológico CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*), ambos com dados extraídos do vértice mais próximo ao ponto de modelagem.

As séries temporais da corrente e vento do cenário determinístico crítico de maior massa (DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D) são apresentadas no formato *stickplot* na Figura 140 e Figura 141, seguidas pelas respectivas tabelas de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos e correntes na Tabela 45 e Tabela 46. O *stickplot* apresenta os vetores de velocidade ao longo da série temporal, onde a cor e tamanho do vetor indicam a intensidade e a angulação indica a direção de incidência (do vento) ou fluxo (da corrente).

O fluxo das correntes do cenário determinístico teve direção predominante para SSW (Figura 140) e S. Durante o período analisado a intensidade máxima registrada foi de 0,64 m/s para S, sendo a faixa de velocidades registradas com maior frequência entre 0,4 e 0,5 m/s (Tabela 45).

Os ventos apresentaram uma distribuição de direções variando em todo o quadrante entre NE e SE, associadas à uma grande quantidade de passagens de sistemas frontais durante o período analisado (Figura 141). A faixa de intensidades mais frequente foi entre 4 e 6 m/s, enquanto a intensidade máxima registrada foi de 11,3 m/s de direção SE (Tabela 46).

Figura 140 –Série temporal de corrente em formato stickplot para o cenário
DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D

Stickplot de correntes

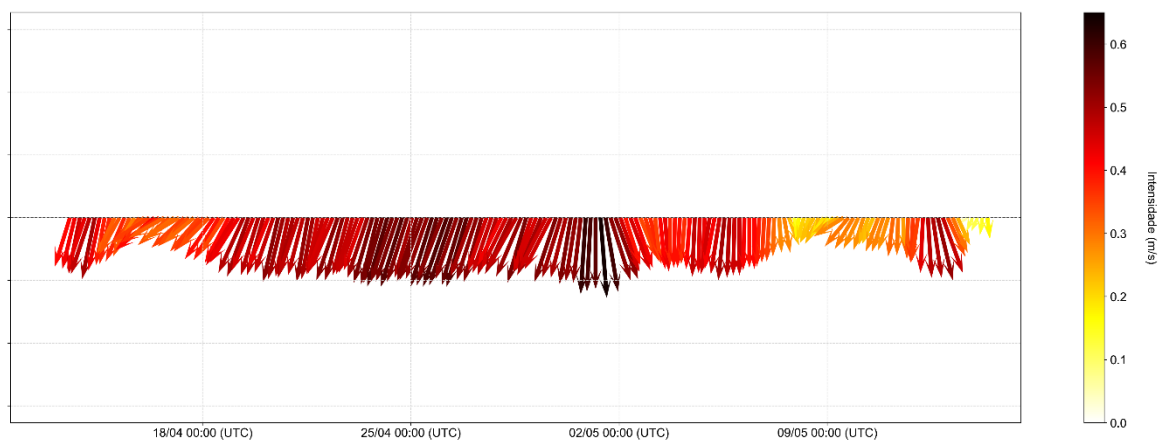


Figura 141 –Série temporal de vento em formato stickplot para o cenário
DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D.

Stickplot de vento

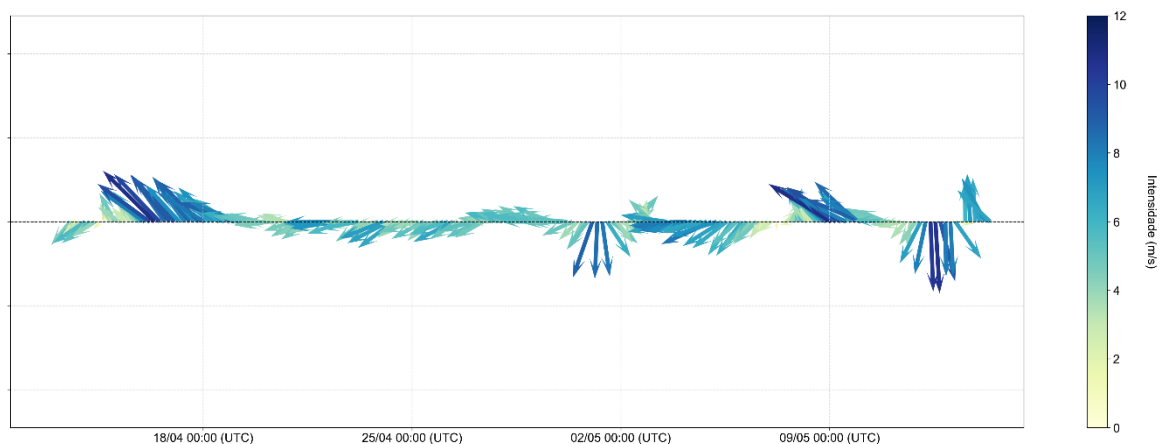


Tabela 45 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D.

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	2	0	0	0	0	1,0
0,1-0,2	0	0	0	0	0	0	0	7	10	12	9	0	0	0	0	0	5,2
0,2-0,3	0	0	0	0	0	0	0	8	14	53	6	6	0	0	0	0	11,9
0,3-0,4	0	0	0	0	0	0	0	21	54	32	46	13	0	0	0	0	22,6
0,4-0,5	0	0	0	0	0	0	0	17	86	164	3	0	0	0	0	0	36,8
0,5-0,6	0	0	0	0	0	0	0	12	27	127	0	0	0	0	0	0	22,6
(%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,99	26,16	52,86	9,13	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	
Media	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,42	0,44	0,31	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	
Max.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	0,59	0,41	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabela 46 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o cenário DET_TEMPO_FRADE_OUT-INV_PC_31D.

Vento (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-2,0	1	2	2	1	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	3	1	2,3
2,0-4,0	2	11	27	28	8	9	18	13	3	6	2	3	3	3	4	0	18,8
4,0-6,0	0	5	42	78	66	61	12	6	4	5	3	1	2	0	8	0	39,4
6,0-8,0	3	8	15	41	30	31	39	10	9	0	0	0	0	0	2	5	25,9
8,0-10,0	15	2	0	1	7	15	42	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11,4
10,0-12,0	8	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2
(%)	3,9	3,8	11,6	20,0	14,9	15,9	15,7	4,0	2,3	1,5	0,8	0,7	0,9	0,5	2,3	1,2	
Media	8,5	4,9	4,5	5,2	5,6	6,0	7,1	4,7	5,6	4,0	3,6	3,5	3,0	3,0	4,0	7,0	
Max.	10,9	9,1	6,6	8,2	8,5	10,9	11,3	7,8	7,6	5,0	5,0	4,0	4,2	3,8	6,7	9,1	

Os resultados mostram que a trajetória do óleo até o instante do toque ocorre em direção ao quadrante SW, sobre a ação de correntes de SW e vento do quadrante SE.

Figura 142 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo 25 horas após o início da simulação determinística crítica de menor tempo, volume de pior caso, no período de outono-inverno. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.

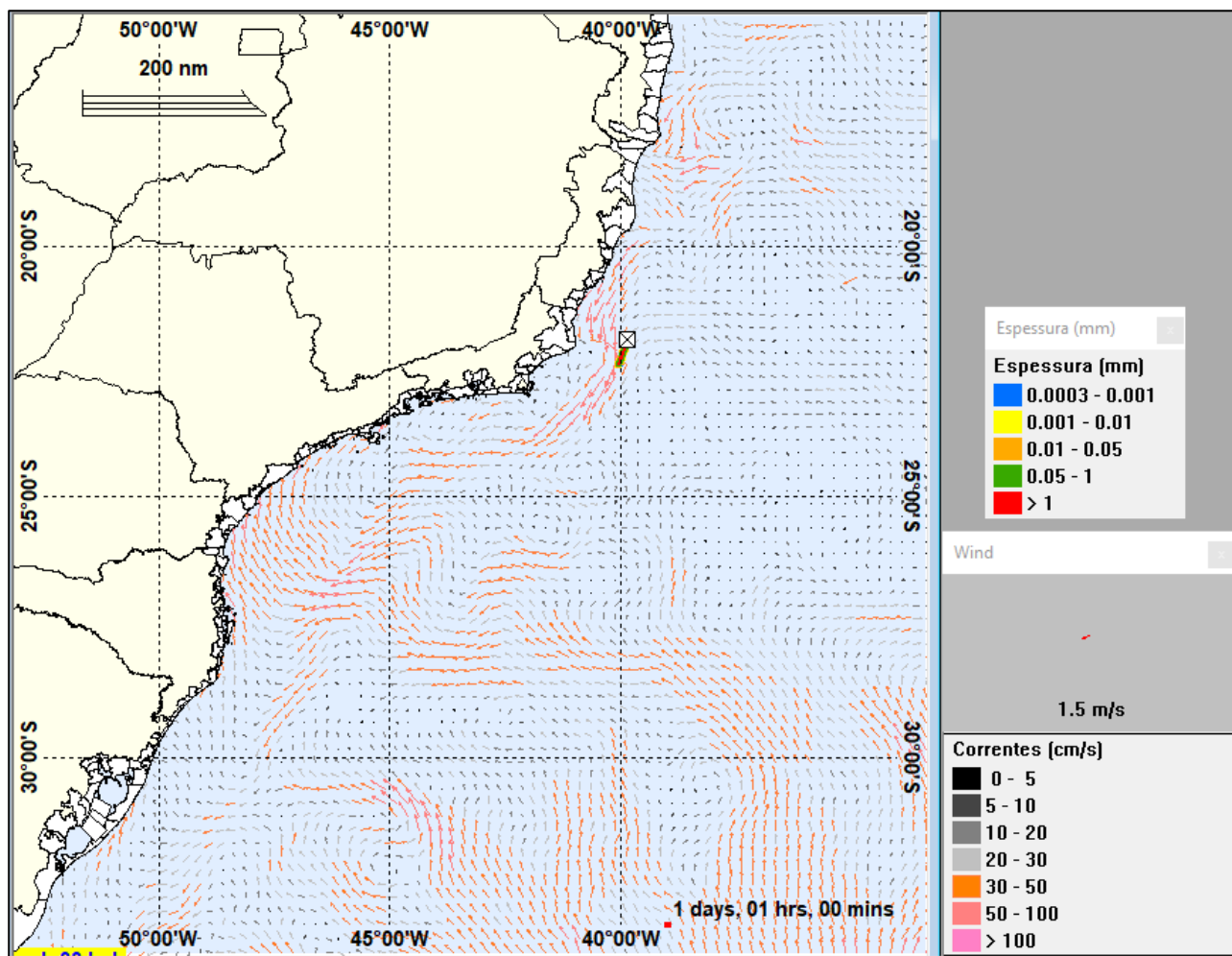


Figura 143 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo 83 horas após o início da simulação (instante intermediário) determinística crítica de menor tempo, volume de pior caso, no período de outono-inverno. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.

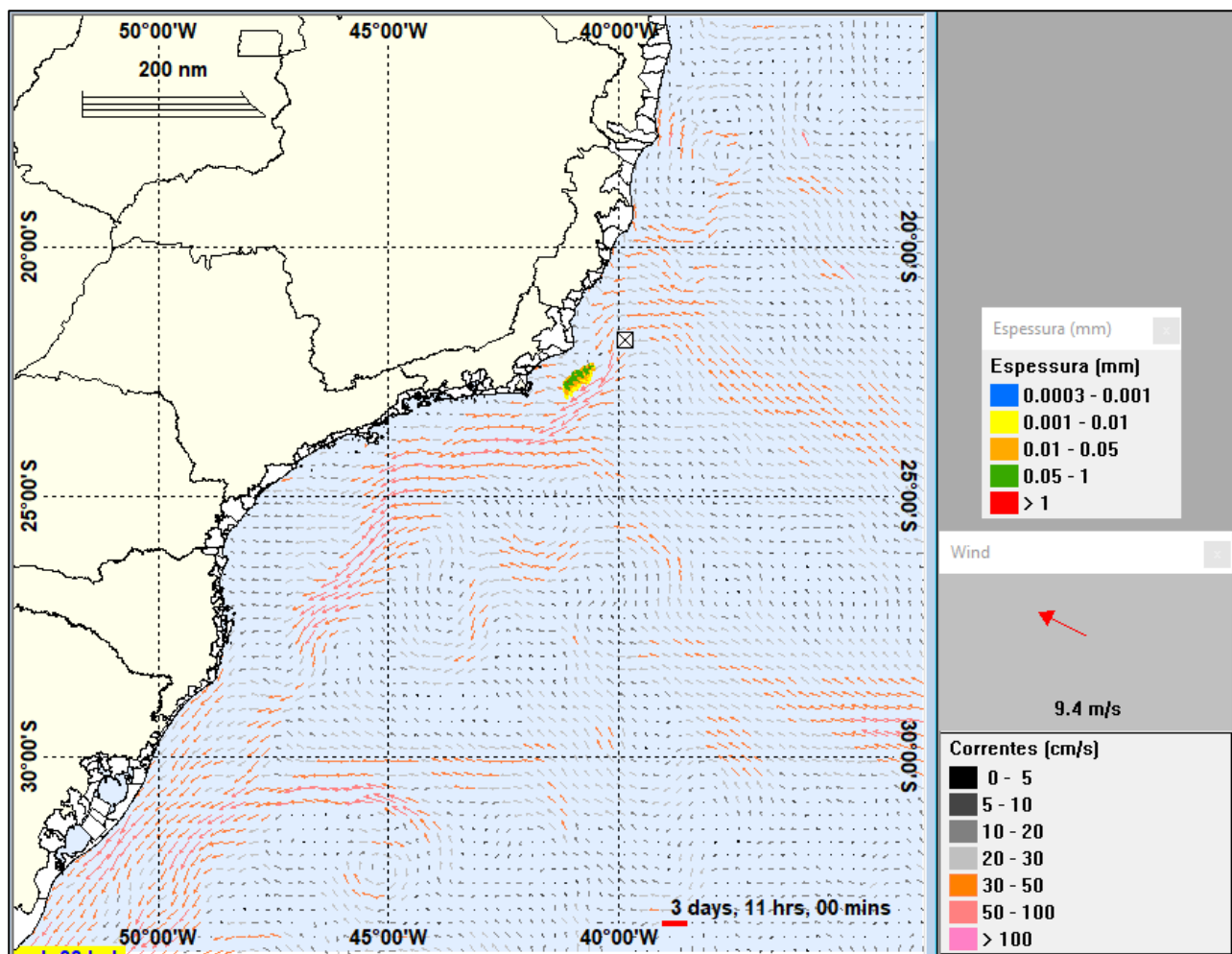
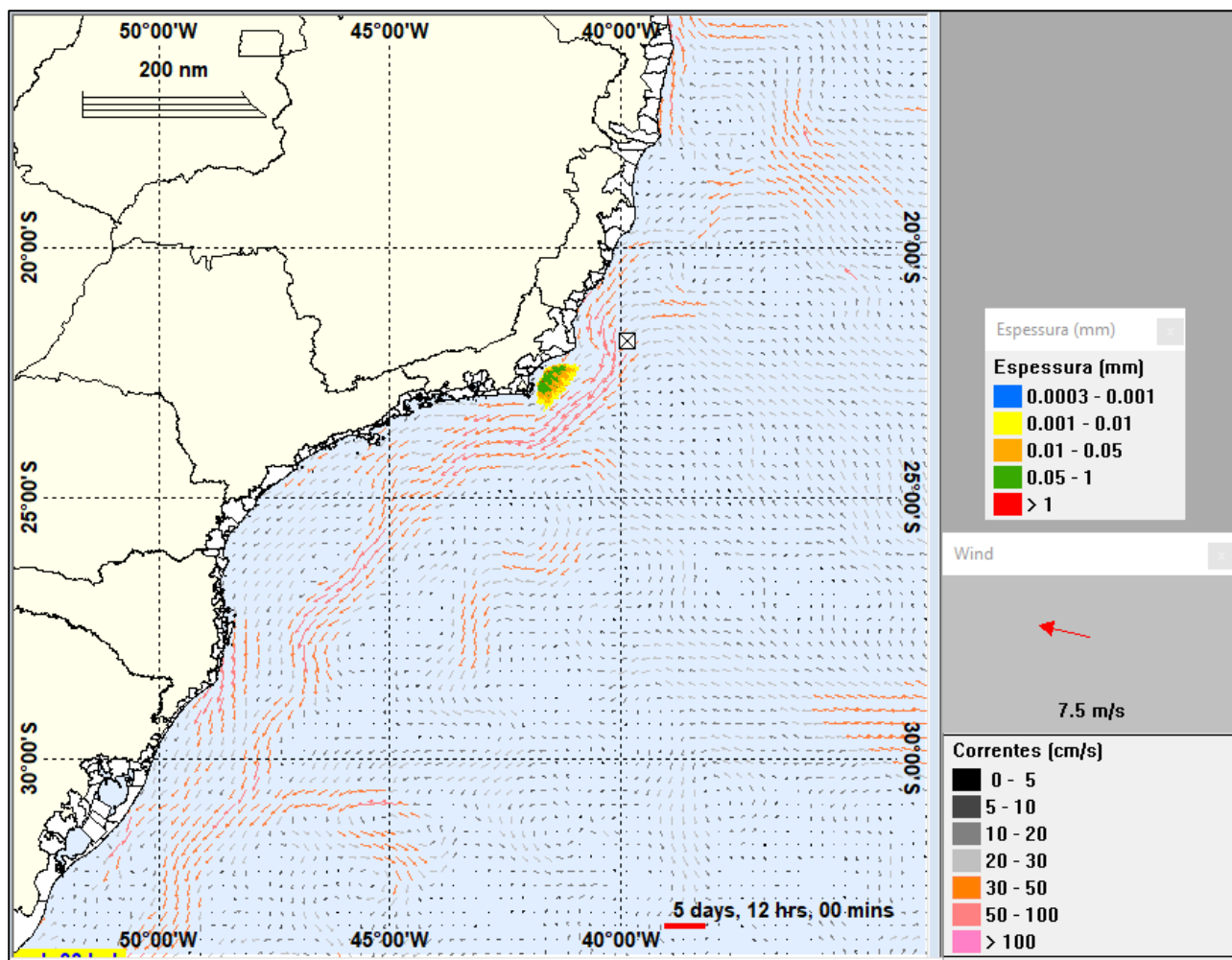


Figura 144 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da determinística crítica de menor tempo, volume de pior caso, no período de outono-inverno. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.



4.2.2.2. Simulações Determinísticas de Maior Massa na Costa

A Tabela 47 apresenta a lista dos cenários determinísticos de maior massa de óleo na costa. Os cenários mais críticos são referentes as hipóteses acidentais de pior caso (*blowout* do poço ODP4) no período da primavera-verão e de pior caso (afundamento do FPSO Frade) no período de outono-inverno. A maior massa de óleo na costa foi de 13.212,9 m³ no cenário de pior caso de *blowout* de outono-inverno, com o primeiro toque do óleo na costa ocorrendo em 512 horas no litoral da Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ).

Tabela 47 - Resumo dos cenários determinísticos críticos analisados para a seleção do menor tempo de toque na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (HORAS)	MUNICÍPIO DO PRIMEIRO TOQUE	VOLUME FINAL DE ÓLEO NA COSTA (m ³)
DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D	04/12/2017 05h00min	211	Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ)	56,6
DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D	07/01/2018 08h00min	662	Ilhabela (SP)	5.682,71
DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D	15/11/2017 09h00min	512	Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ)	13.212,9
DET_MASSA_FRADE_OUT-INV_200_30D	22/05/2018 10h00min	334	Campos dos Goytacazes (RJ)	66
DET_MASSA_FRADE_OUT-INV_PC_31D	27/05/2018 11h00min	442	Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ)	13.173,55
DET_MASSA_FRADE_OUT-INV_PC_60D	22/08/2018 14h00min	900	Ilha dos Búzios (Ilhabela, SP)	8.204,4

Da Figura 145 a Figura 174 são apresentados os resultados do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa.

Os resultados mostram que as trajetórias do óleo na superfície ocorreram para SW. No cenário de volume médio do período da outono-inverno o deslocamento do óleo ficou restrito a região da Bacia de Campo e o mesmo apresentou uma alteração no deslocamento para NW, que proporcionou o toque na costa em Campos dos Goytacazes (RJ). Para a mesma hipótese acidental, porém no período da primavera verão, verifica-se a presença do óleo também na Bacia de Santos.

Em praticamente todos os cenários de pior caso, as trajetórias do óleo alcançaram as bacias de Campos, Santos e Pelotas, exceto no cenário de outono-inverno para a hipótese de afundamento do FPSO onde o óleo não alcançou a bacia de Pelotas.

Nos cenários de volume médio as áreas com maiores espessuras ($> 0,01$ mm) ocorreram somente na Bacia de Campos, no instante do toque na costa a mancha de óleo não apresenta espessuras superiores $0,01$ mm. Nos cenários de pior caso (afundamento do FPSO), as áreas com maiores espessuras ocorreram nas Bacias de Campos, Santos em ambos os períodos. E nos cenários de pior caso (*blowout* do poço) verifica-se que estas áreas com maiores espessuras se estendem até a Bacia de Pelotas.

As áreas de deslocamento do óleo foram de $5.477,6$ km² (volume médio), $248.135,5$ km² (volume de pior caso – afundamento do FPSO Frade) e $392.867,8$ km² (volume de pior caso – *blowout* do poço ODP4) no período da primavera-verão e, $4.529,3$ km² (volume médio), $94.775,2$ km² (volume de pior caso - afundamento do FPSO Frade) e $477.455,1$ km² (volume de pior caso – *blowout* do poço ODP4) no período de outono-inverno.

Os cenários de pior caso (afundamento do FPSO Frade) apresentaram as maiores concentrações na coluna d'água. As profundidades máximas com presença do óleo ao longo da simulação foram de 31 m (volume médio) e 89 m (volume de pior caso) no período da primavera-verão e outono-inverno. Nos cenários de pior caso (*blowout* do poço ODP4) é observado a presença do óleo até a profundidade de 988 m. Nas figuras do perfil vertical do óleo verifica-se que quanto mais profunda a presença do óleo menores as concentrações.

Analisando os gráficos de balanço de massa dessas simulações, observa-se que ao final da simulação a maior parcela do óleo encontra-se, na coluna na forma particulada com variação de $18,1\%$ a $43,1\%$. A percentual evaporado variou entre $22,8\%$ e $27,8\%$, enquanto a parcela de óleo na costa variou entre $2,2\%$ e $33,3\%$. Na superfície, ao final da simulação restam entre 7% e $26,8\%$ de todo o volume derramado.

Figura 145 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D. Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

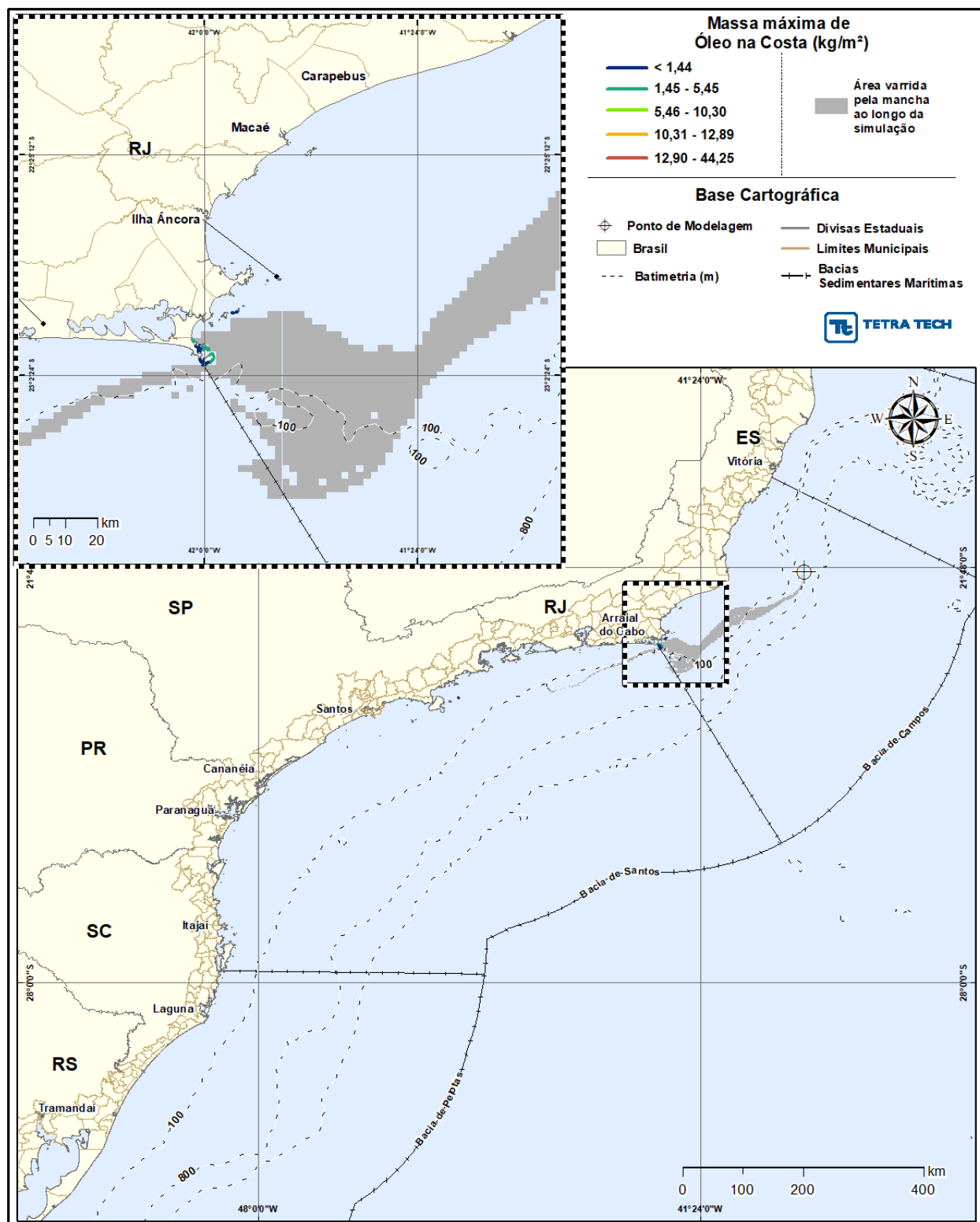
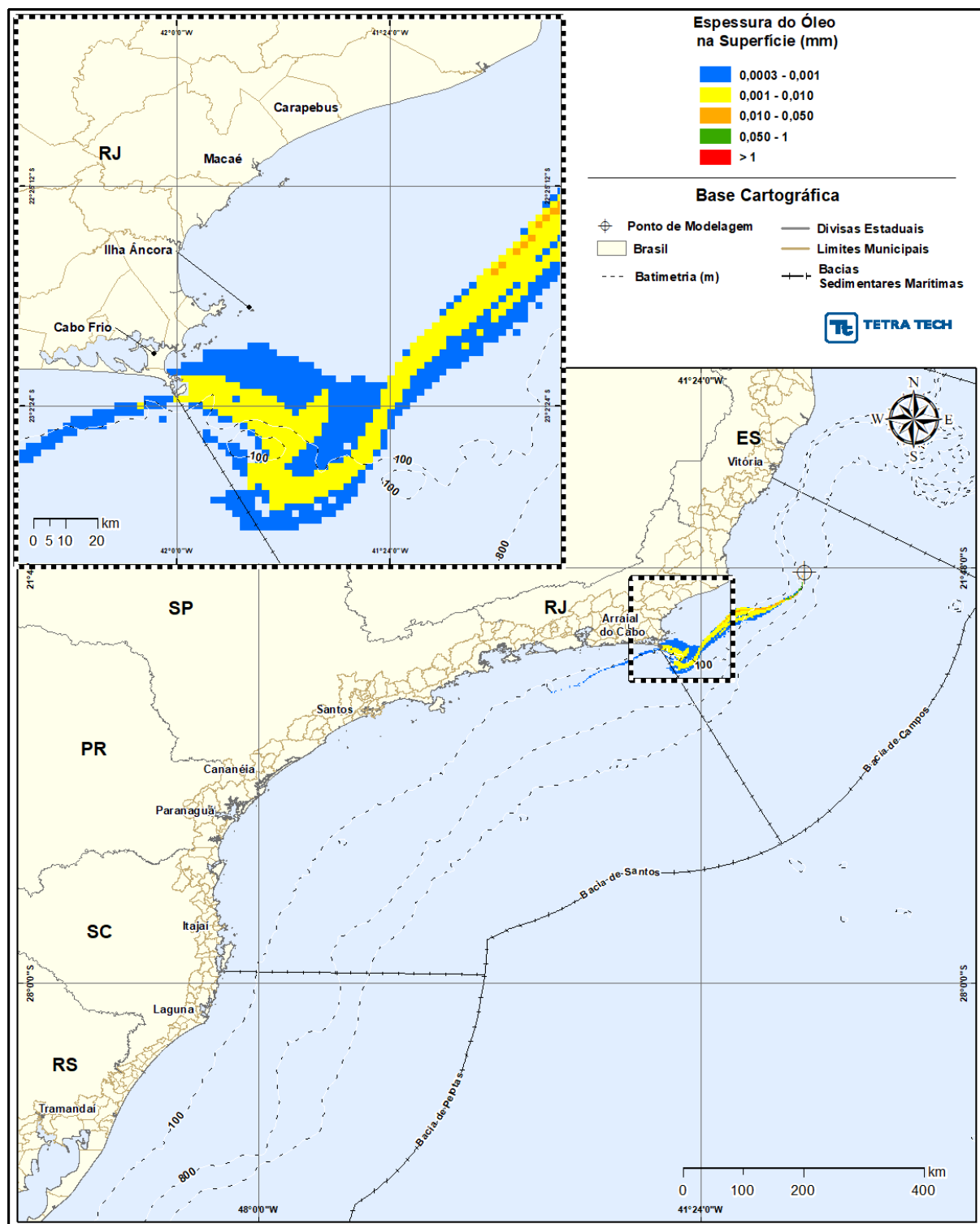


Figura 146 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.



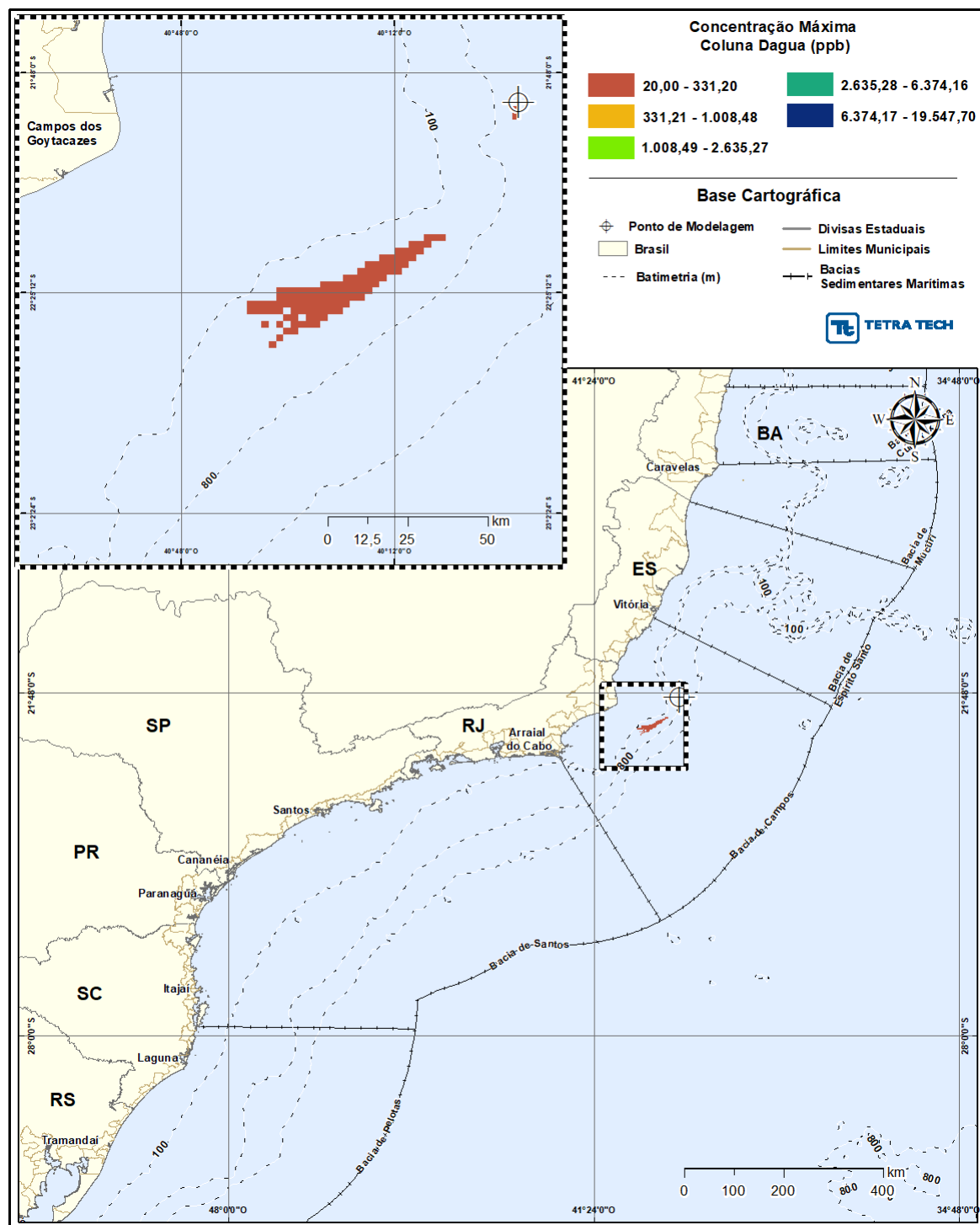


Figura 148 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

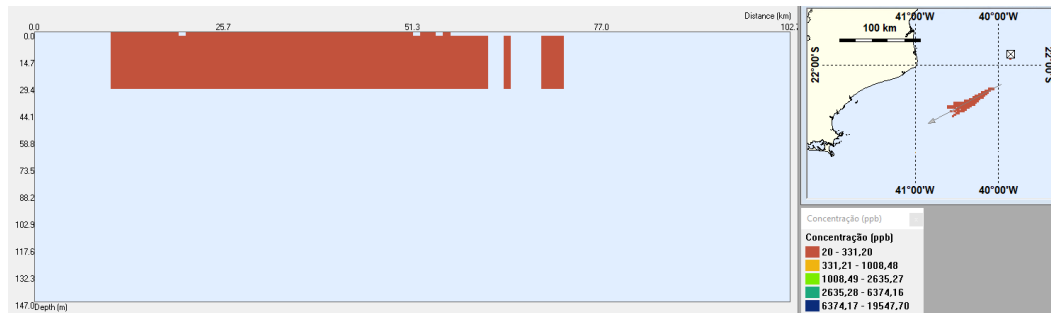


Figura 149 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_200_30D.

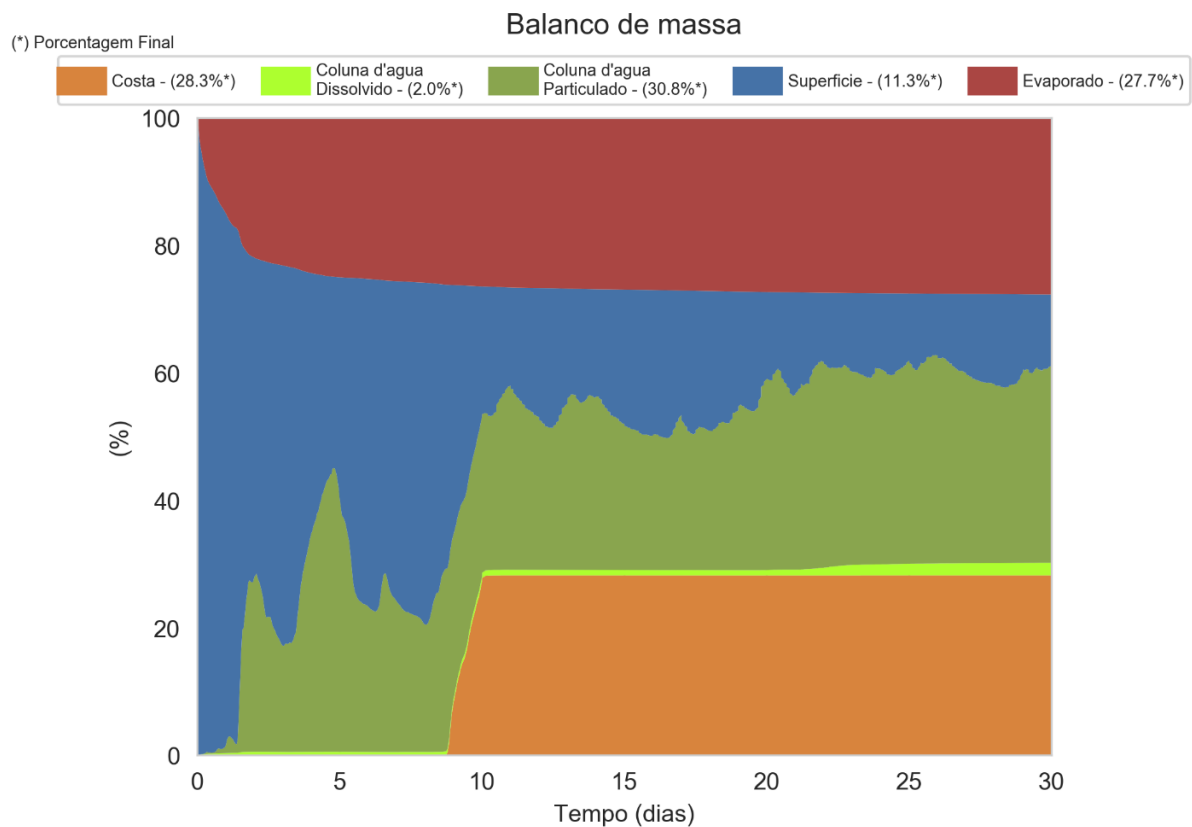


Figura 150 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

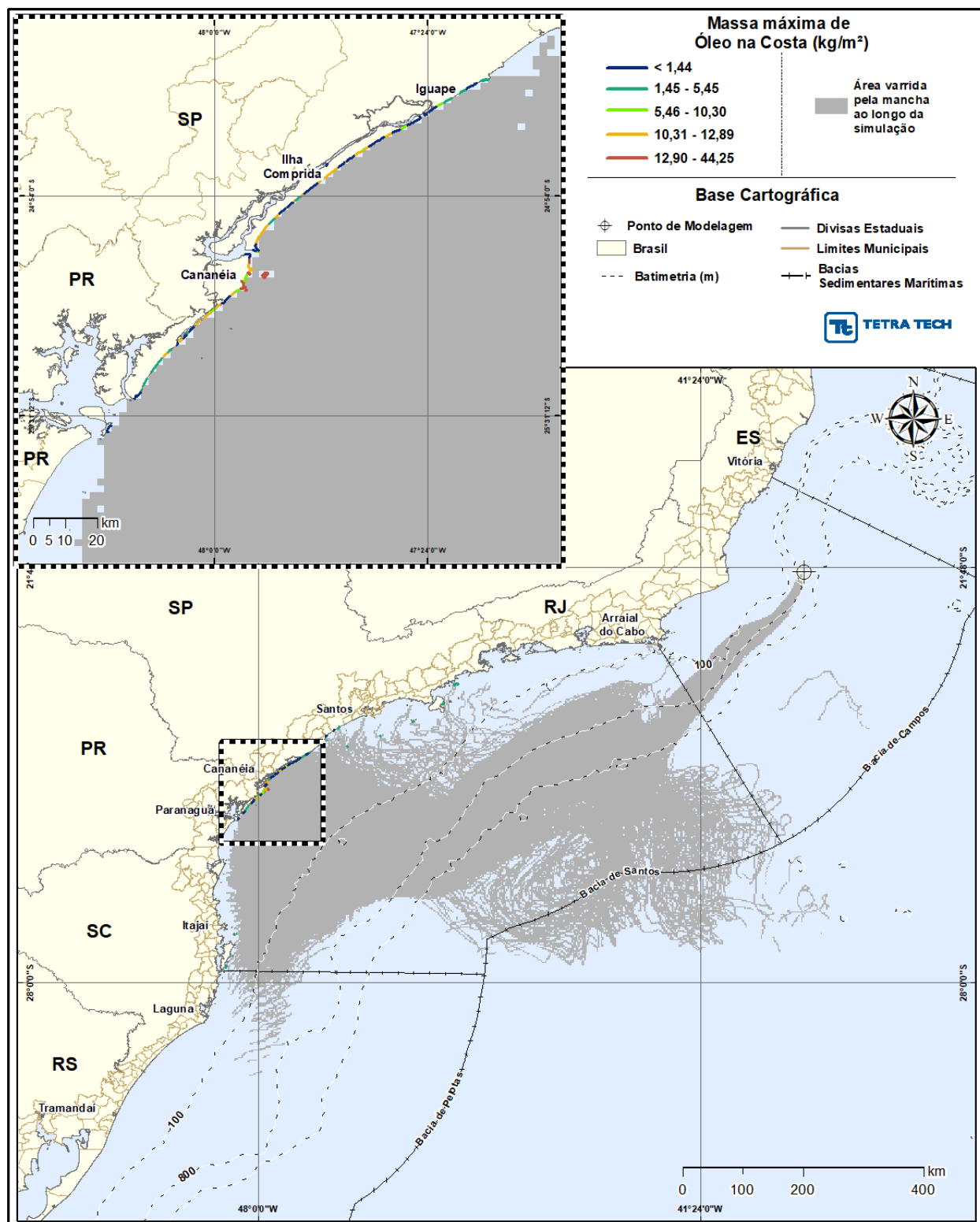


Figura 151 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

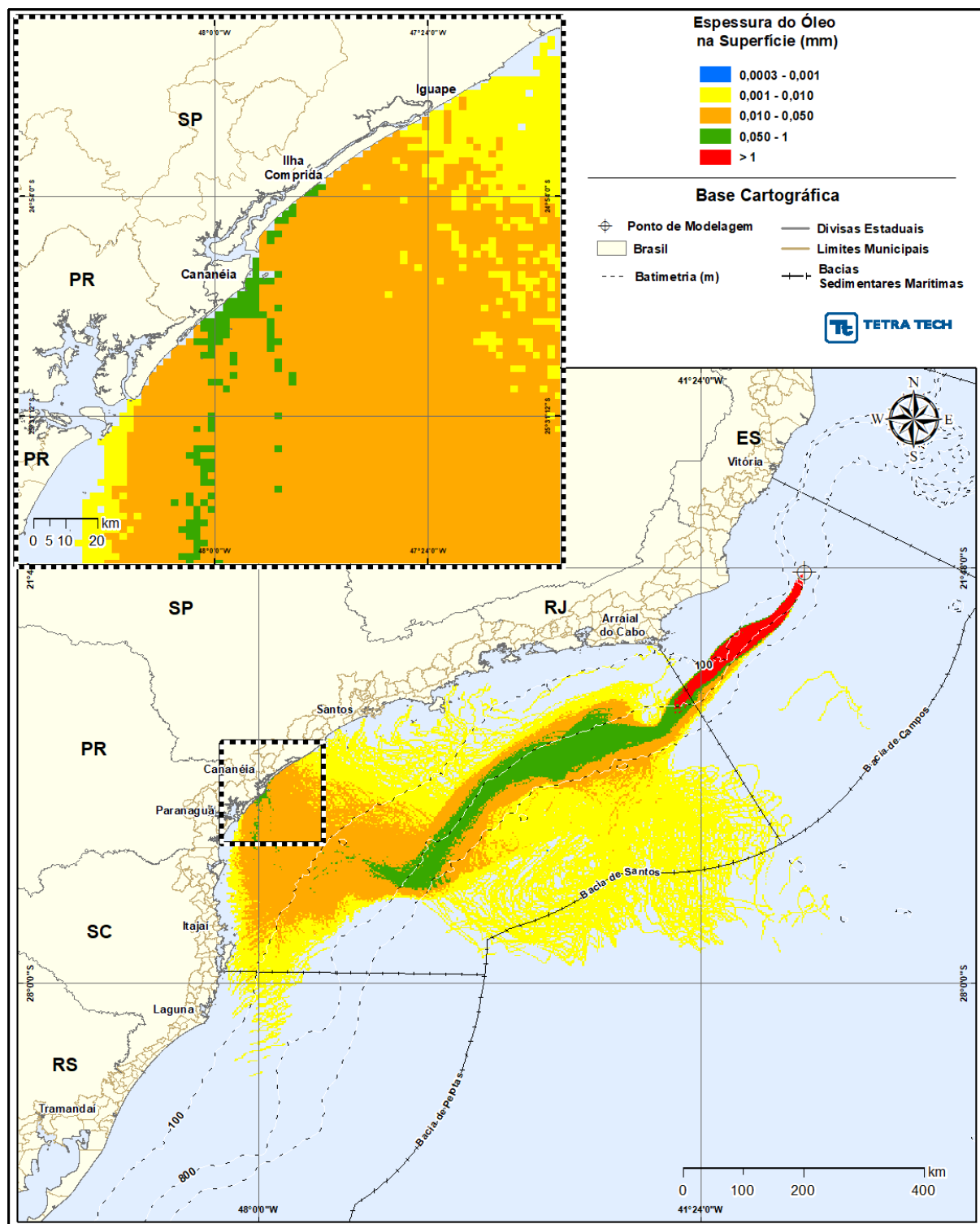


Figura 152 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

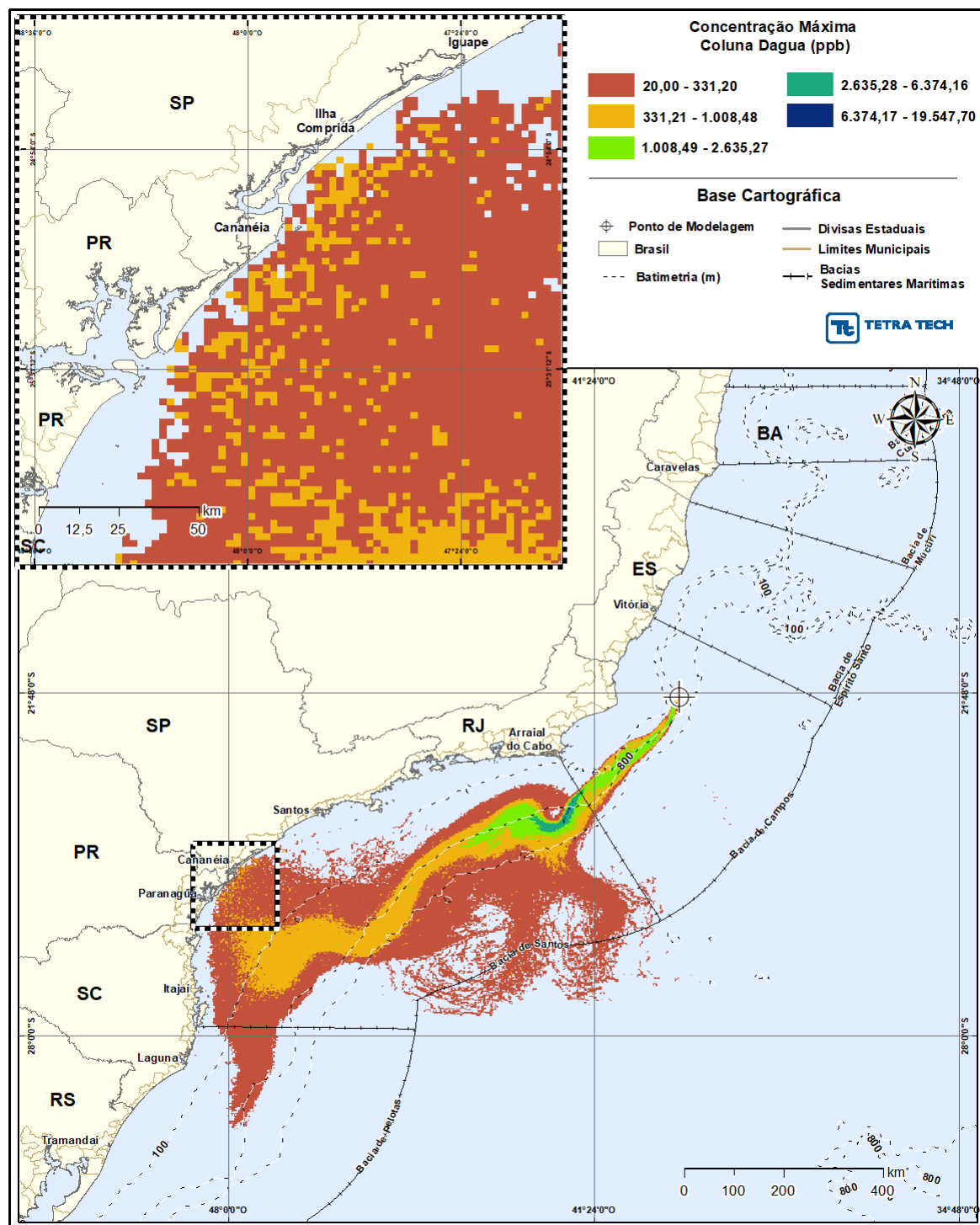


Figura 153 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

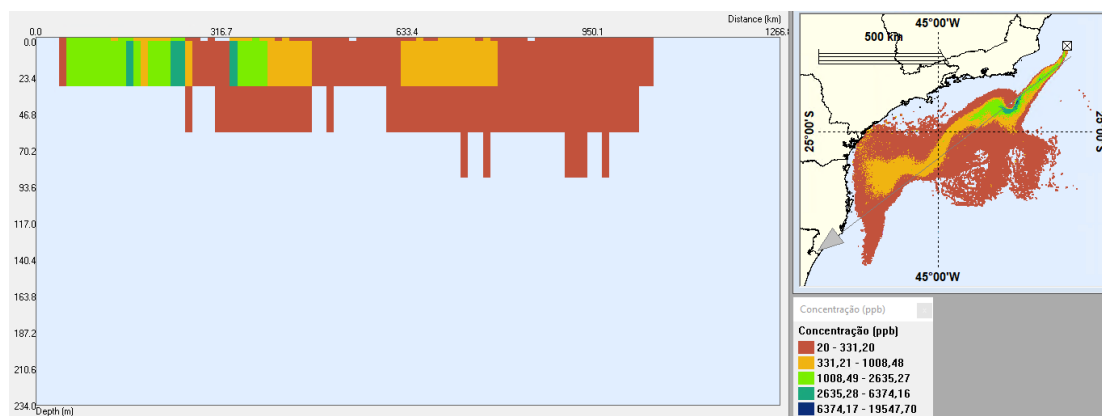


Figura 154 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_31D.

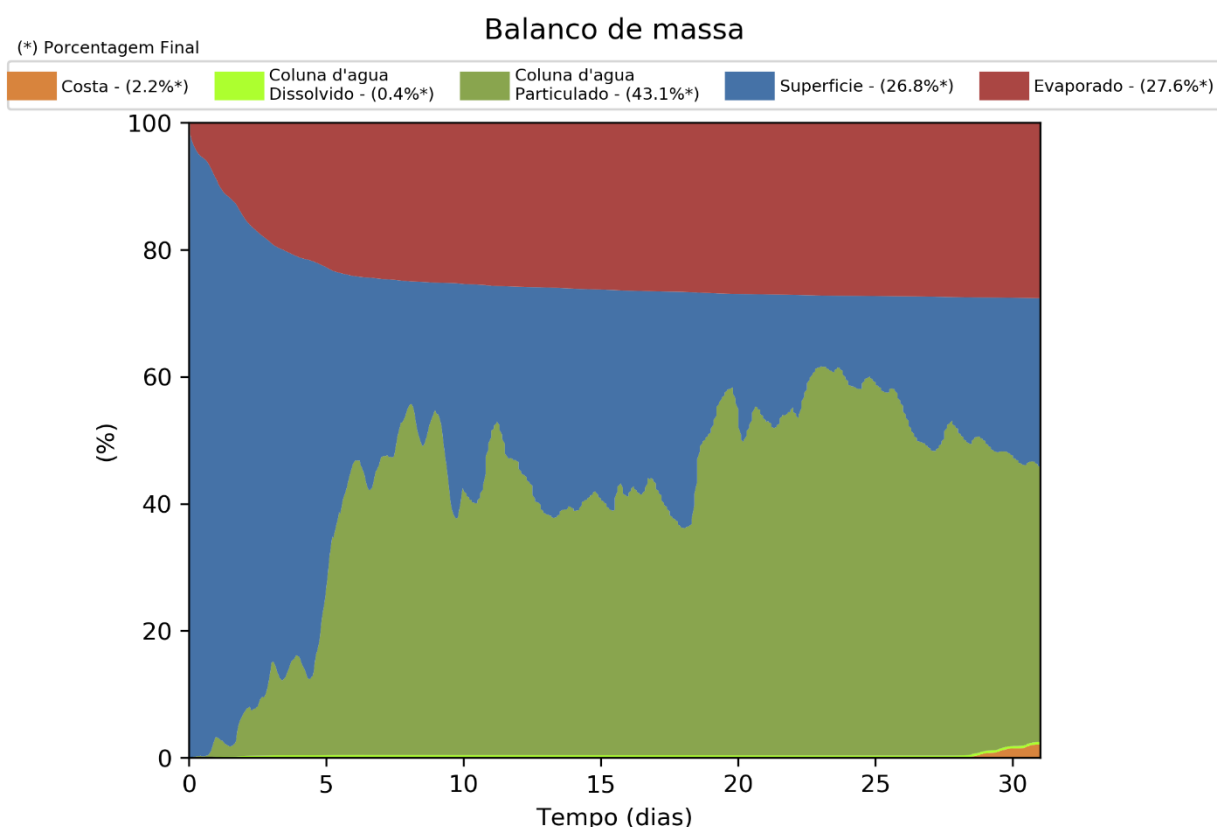


Figura 155 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

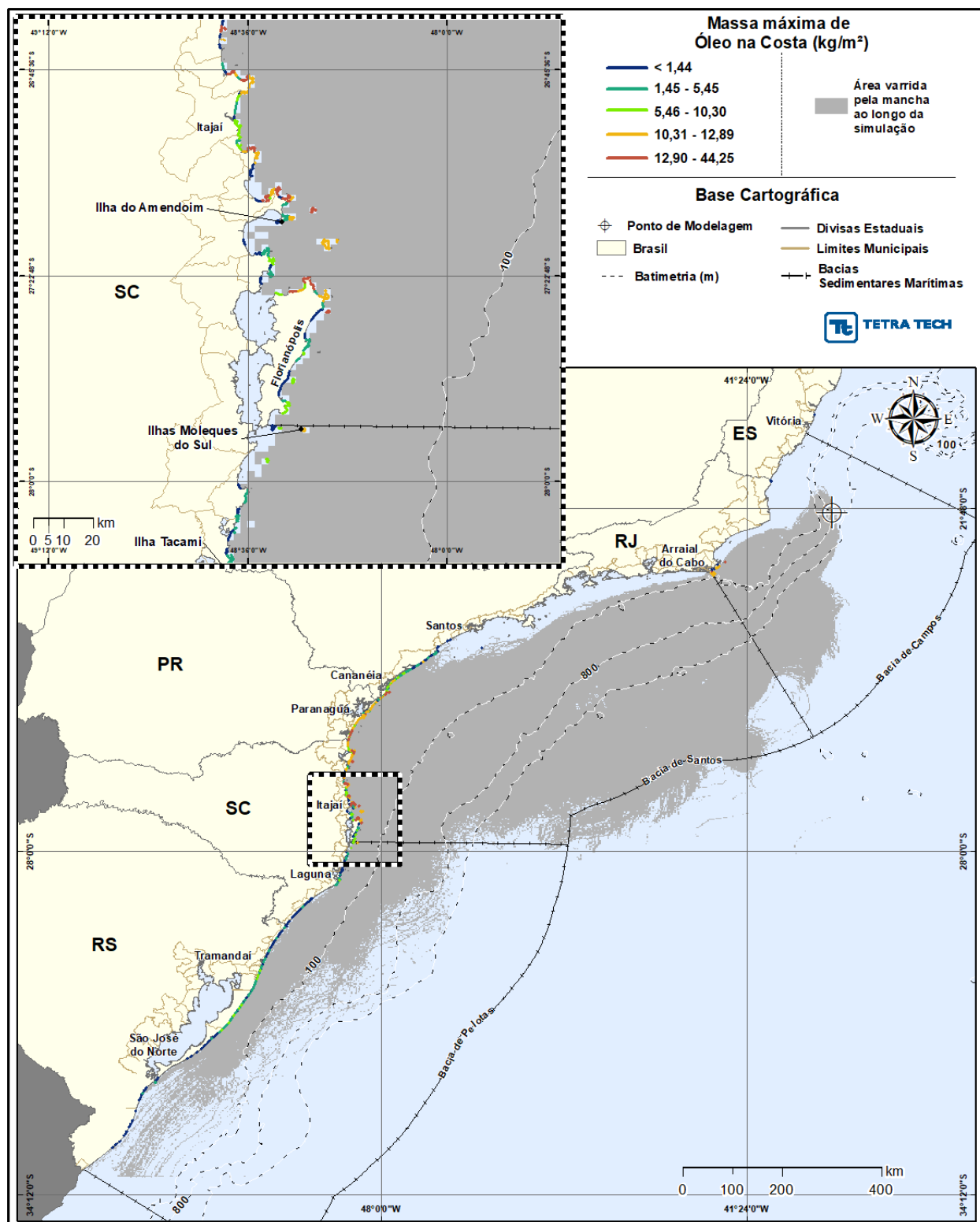


Figura 156 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

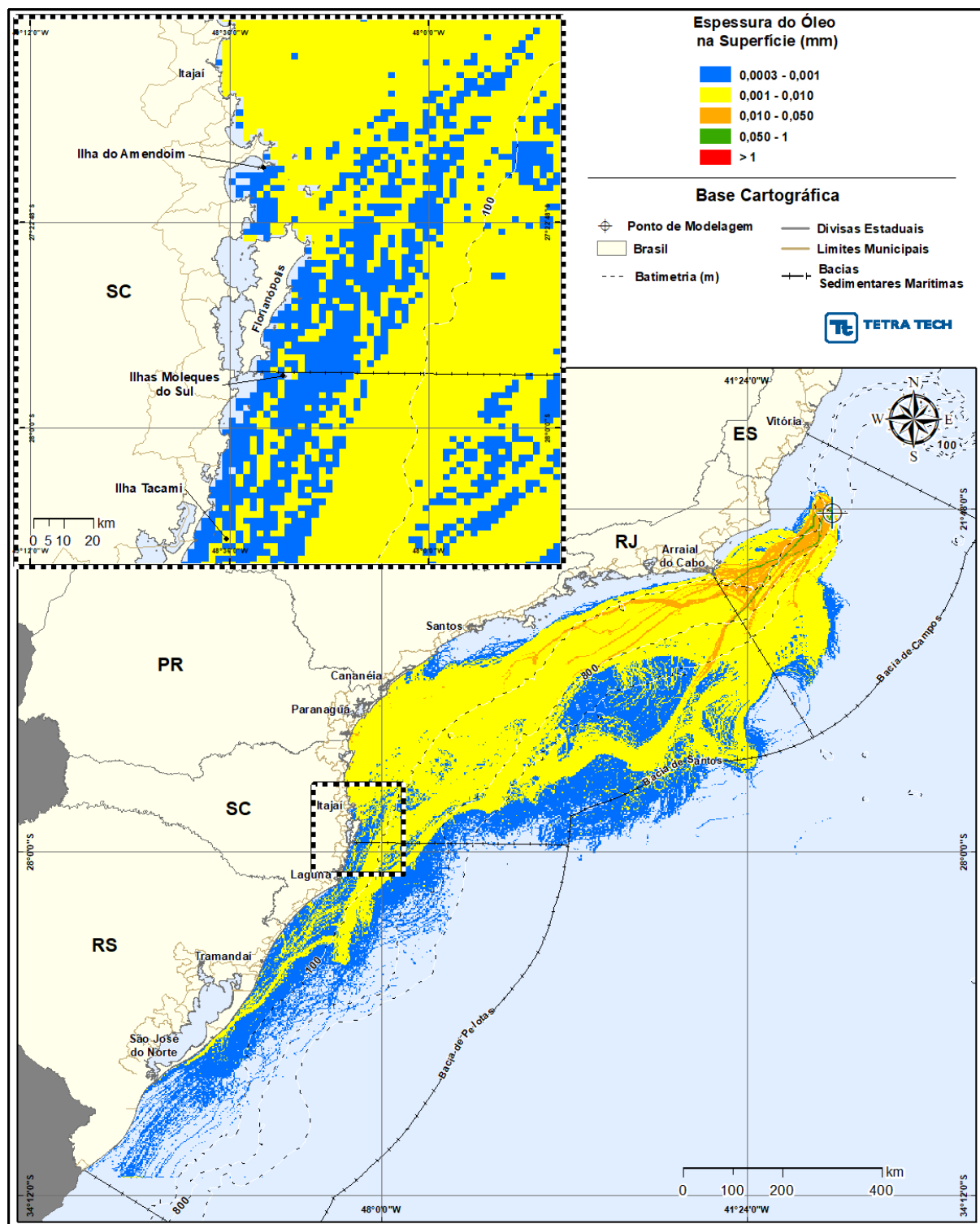


Figura 157 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

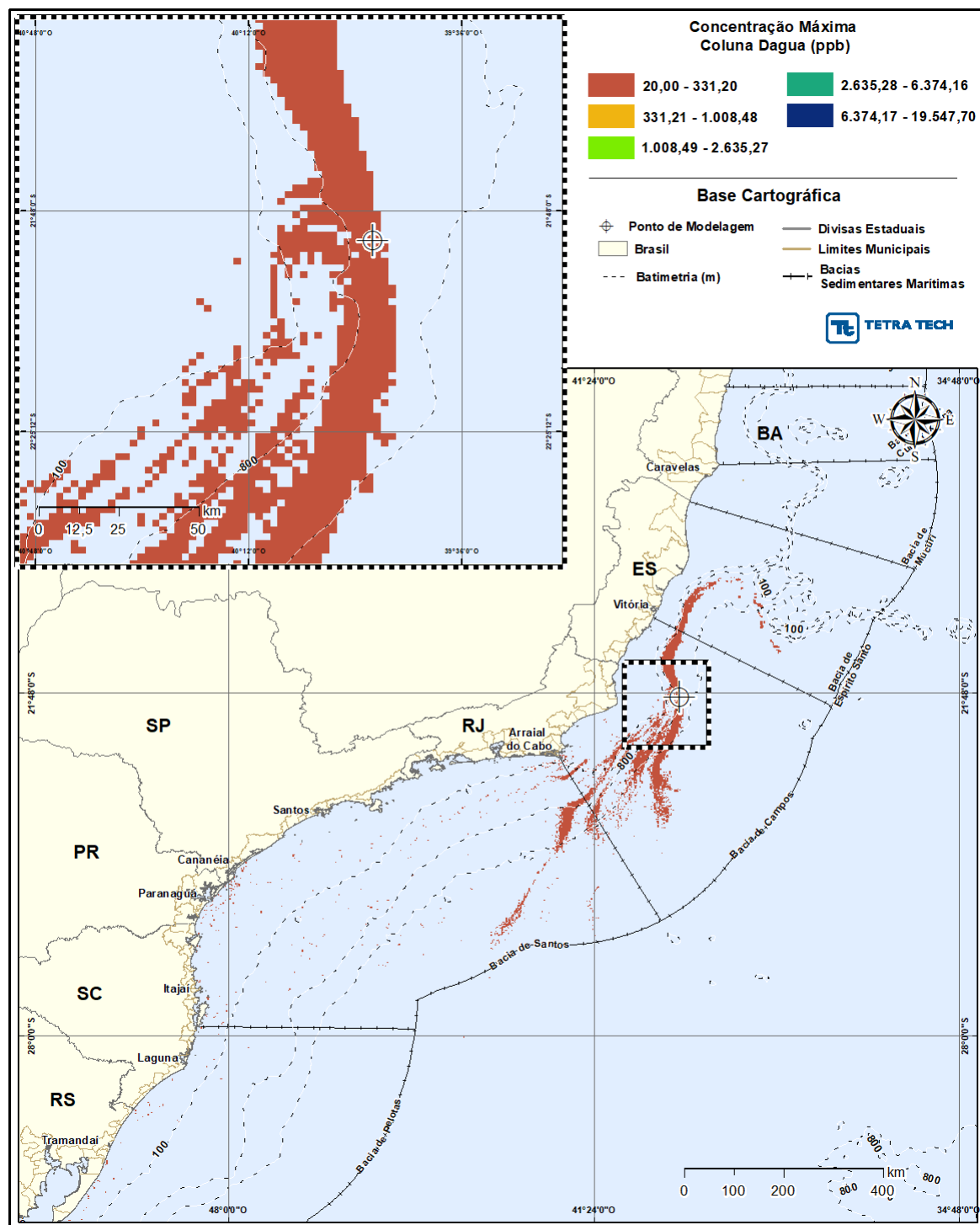
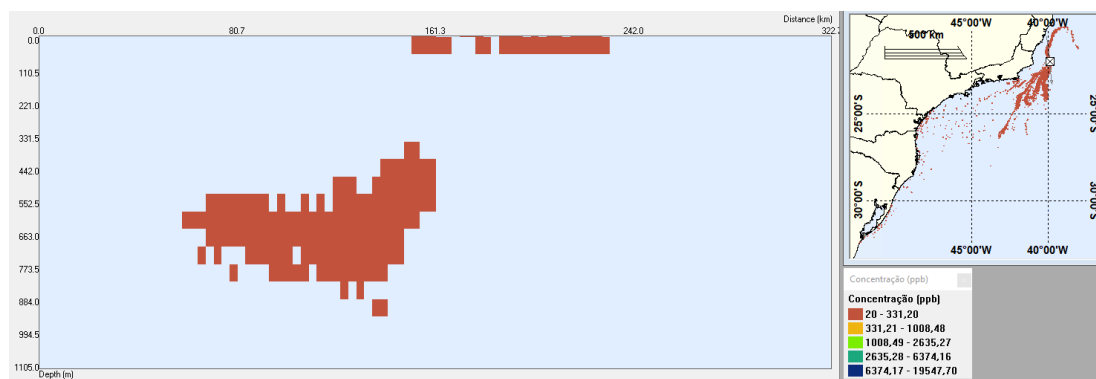


Figura 158 - Cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período da primavera-verão (setembro a fevereiro), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.



159 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D.

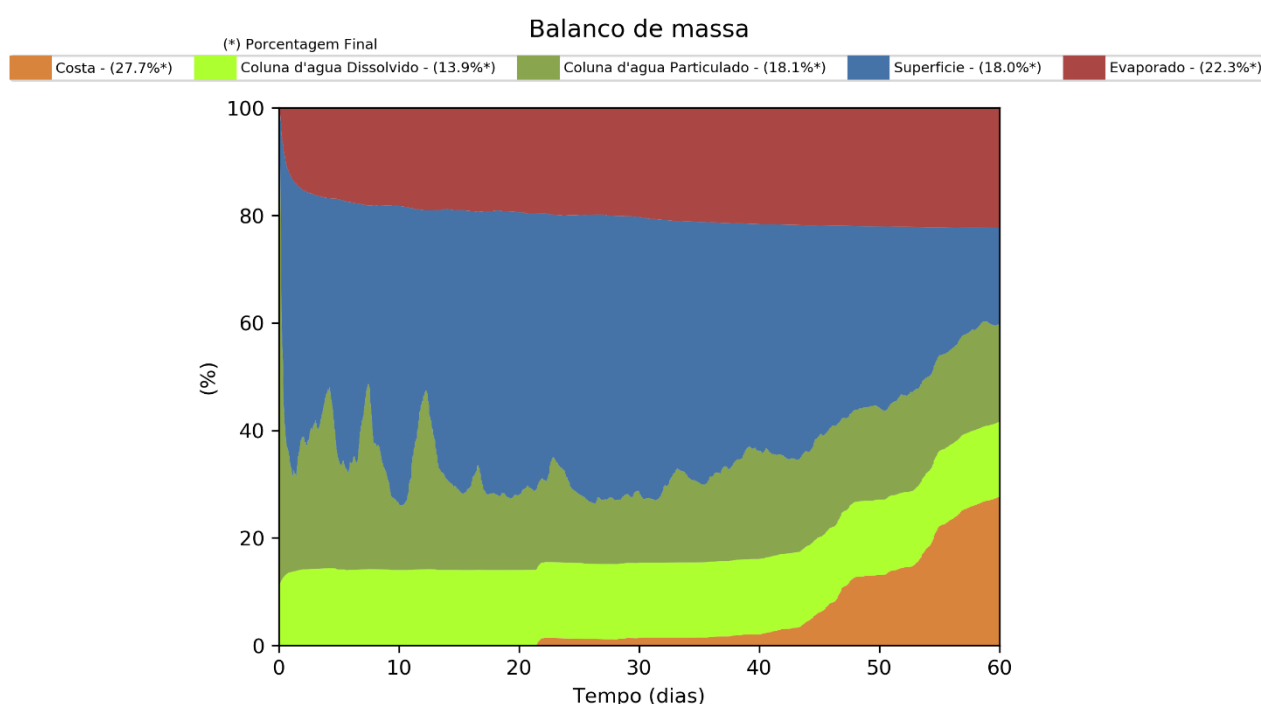


Figura 160 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D. Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

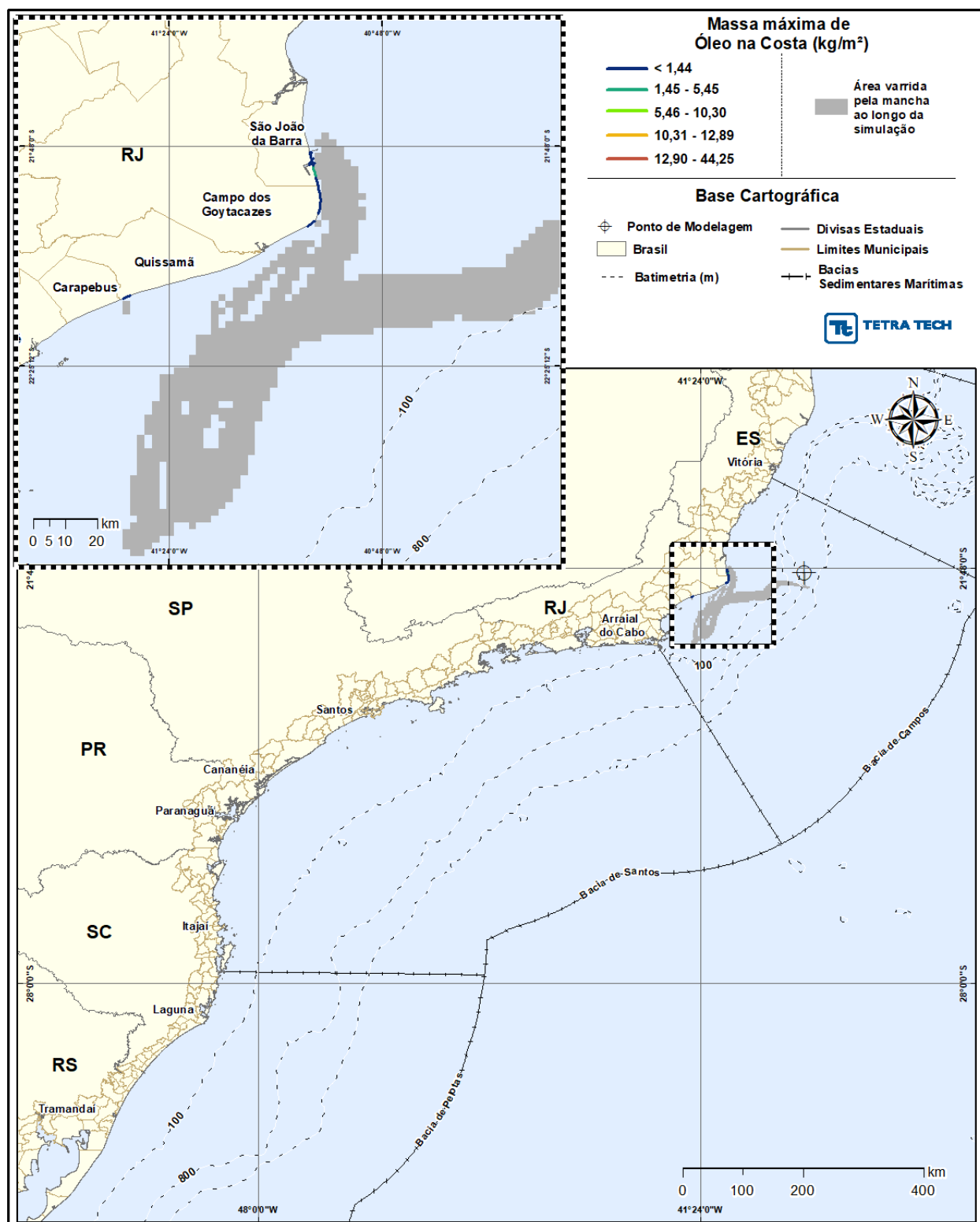


Figura 161 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

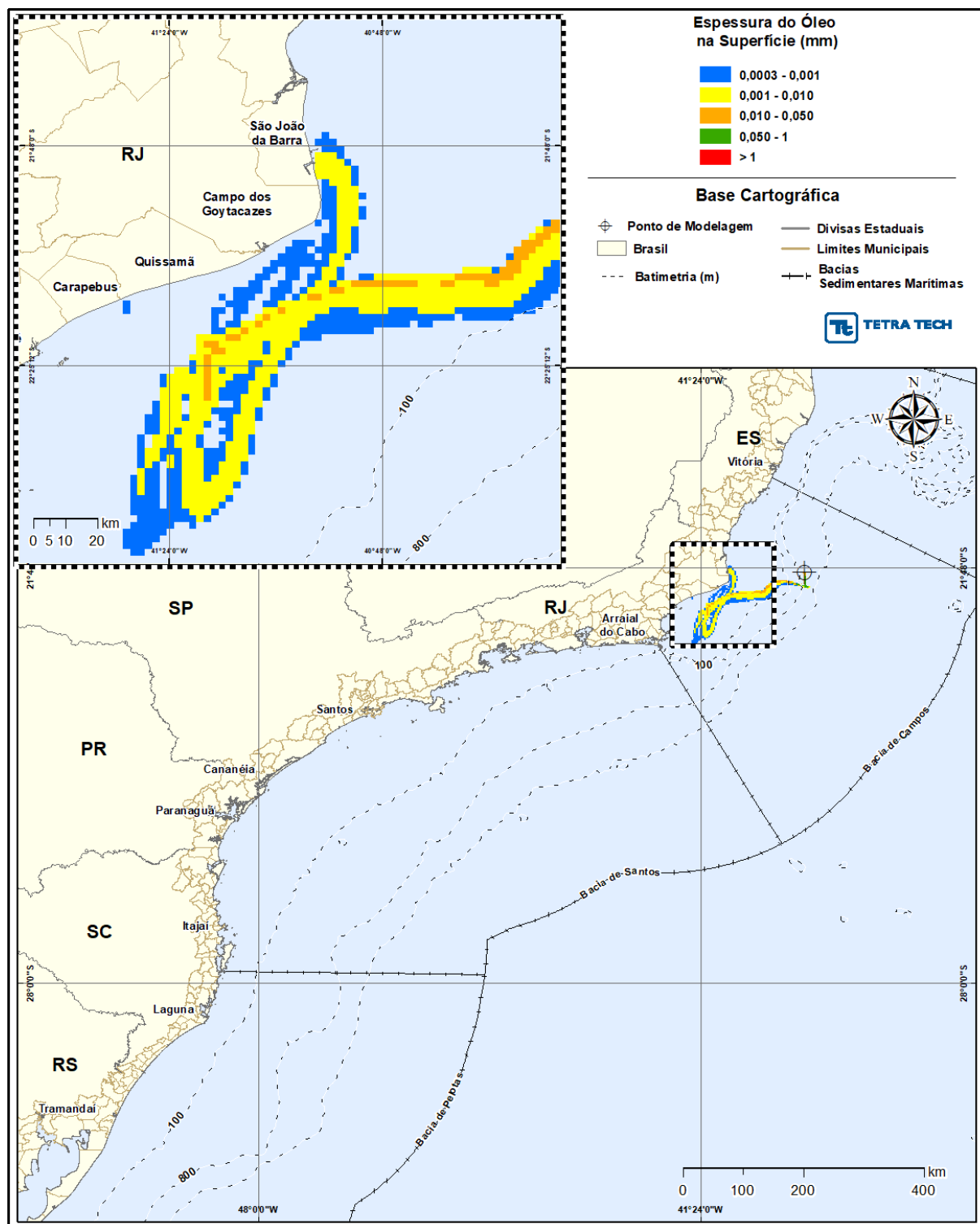


Figura 162 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

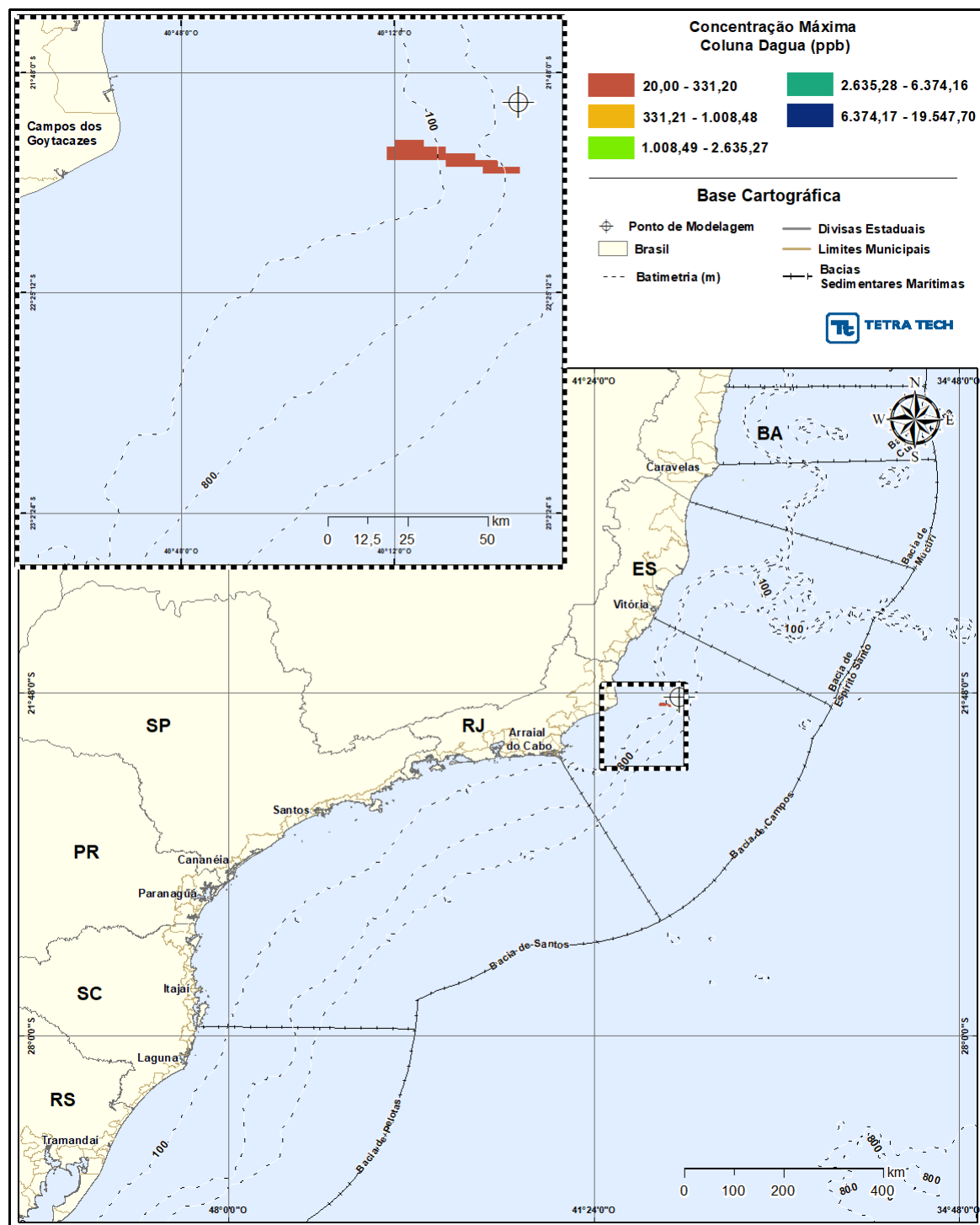


Figura 163 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. A informação apresentada corresponde exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

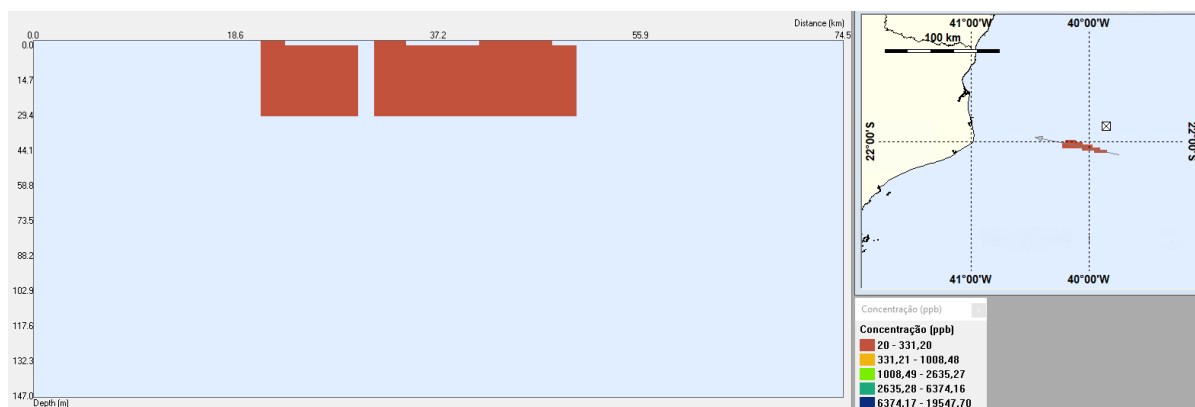


Figura 164 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_200_30D.

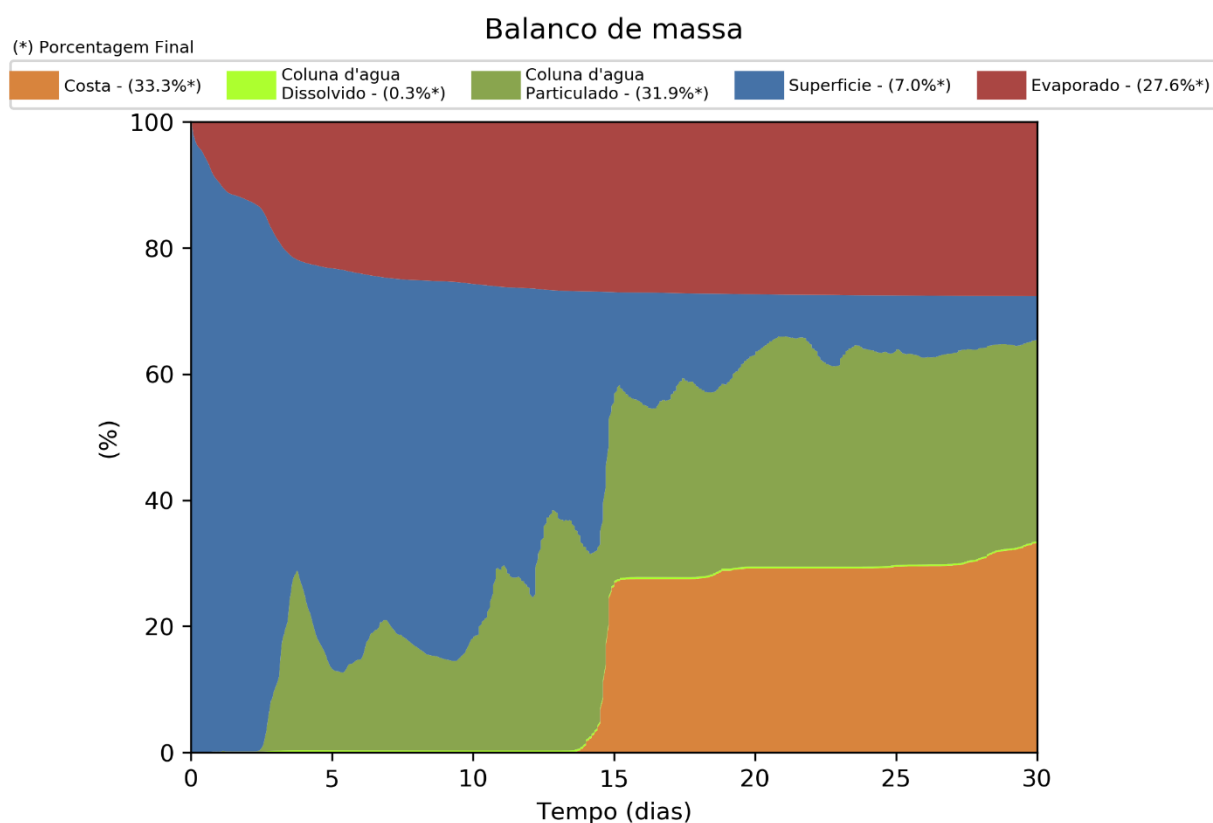


Figura 165 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

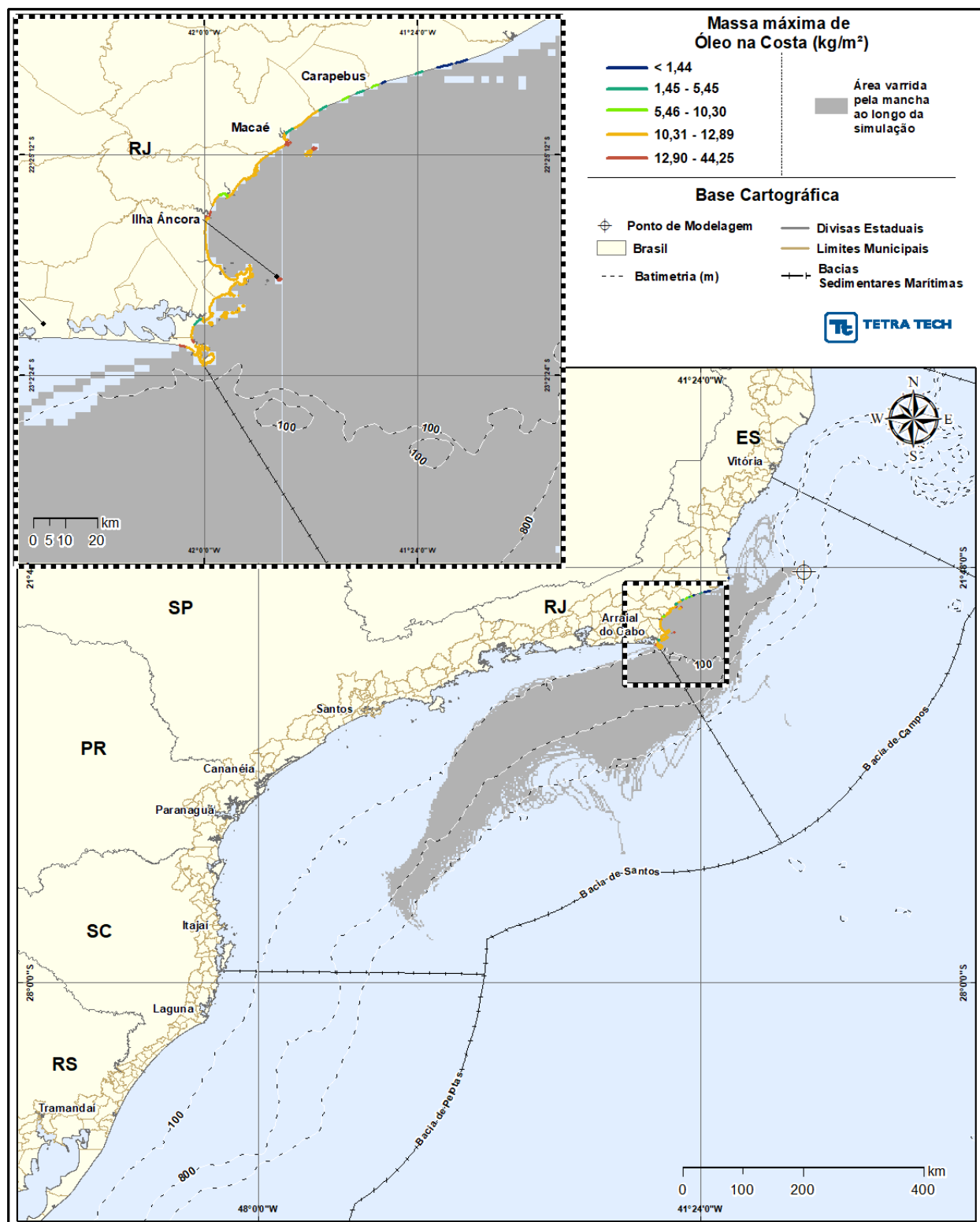


Figura 166 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

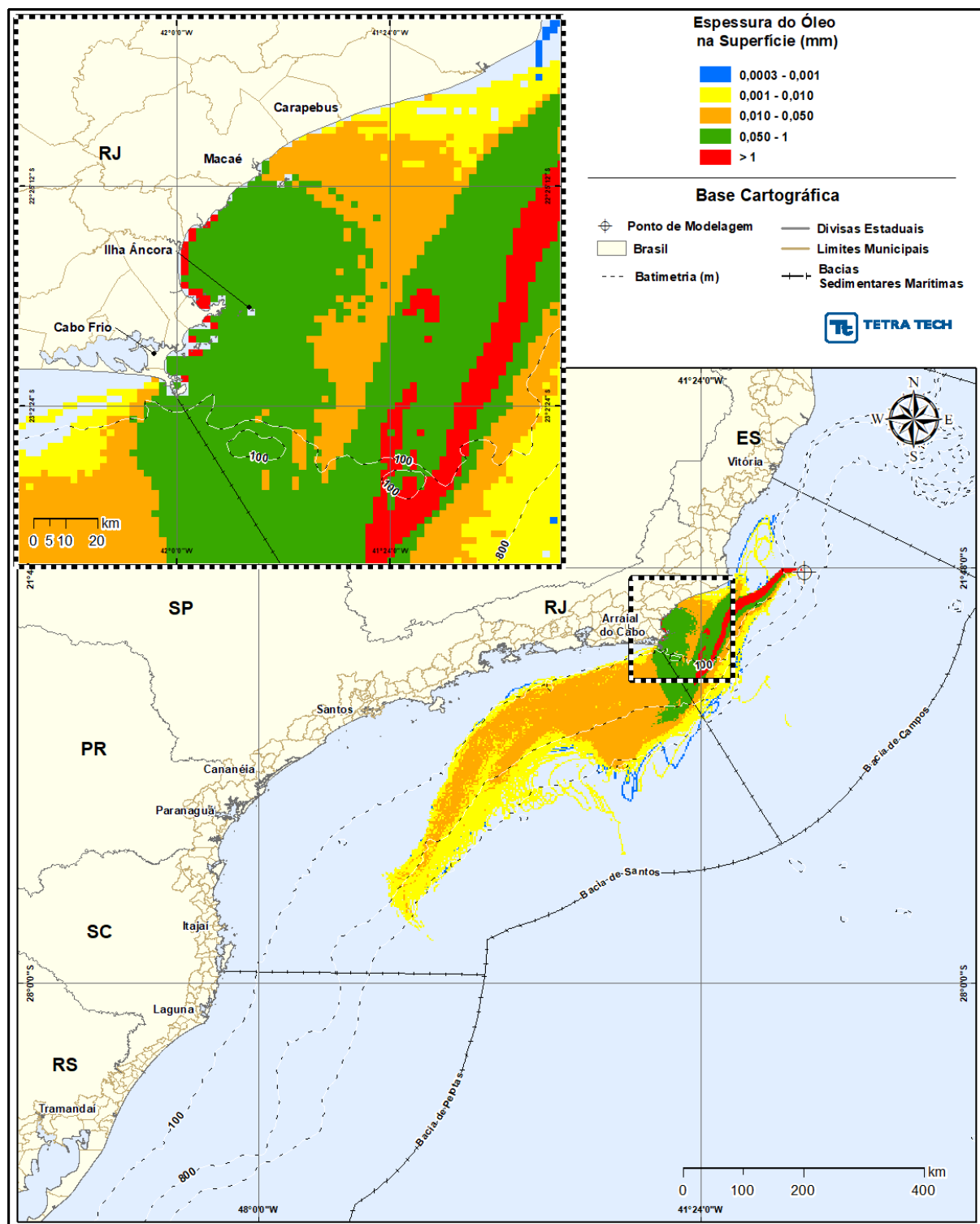


Figura 167 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

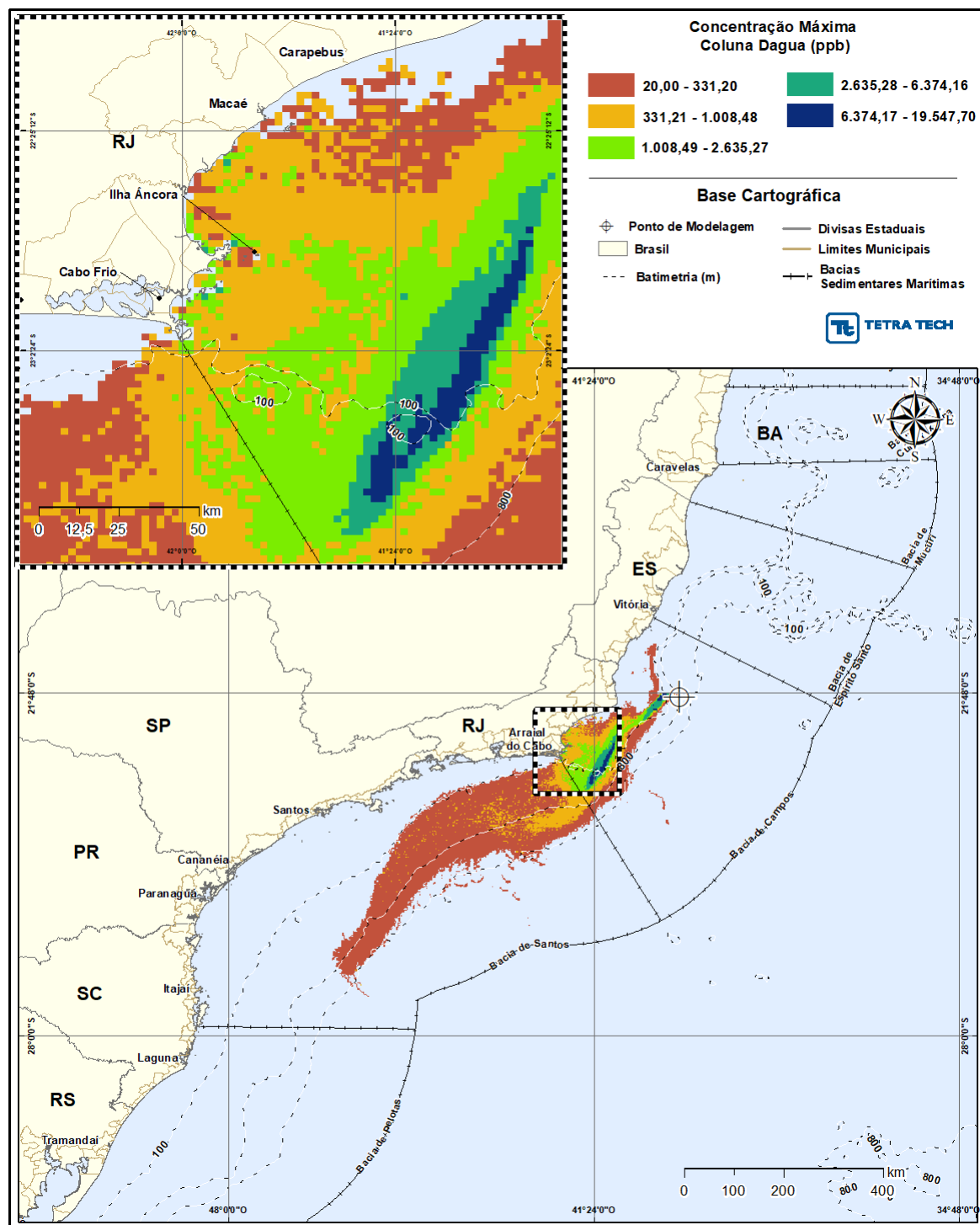


Figura 168 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir da superfície de 258.304,99 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

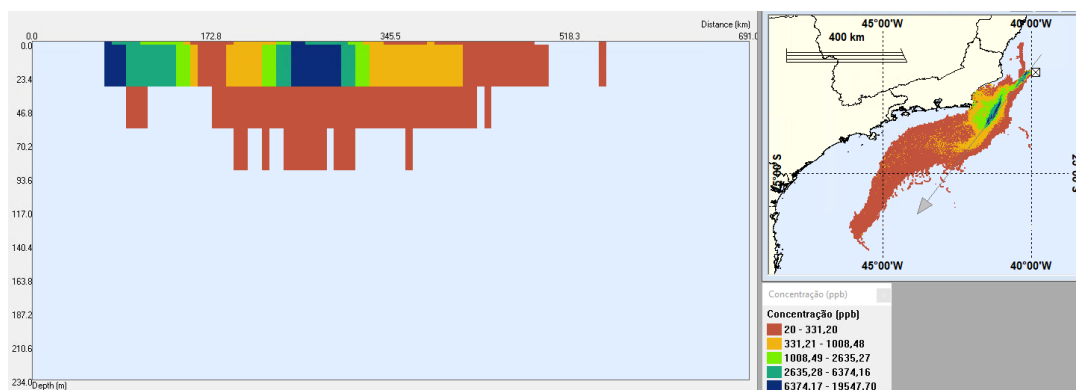


Figura 169 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_31D.

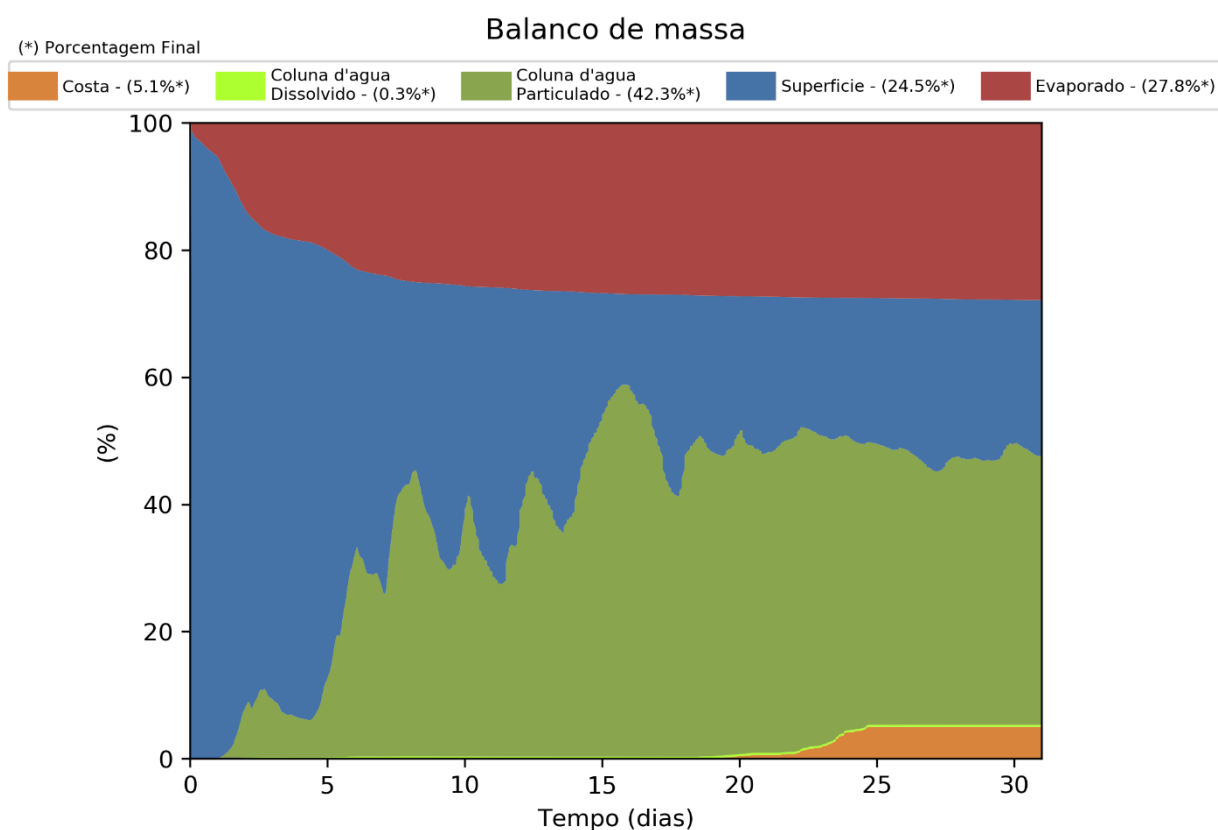


Figura 170 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Cenário determinístico crítico de maior massa de óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

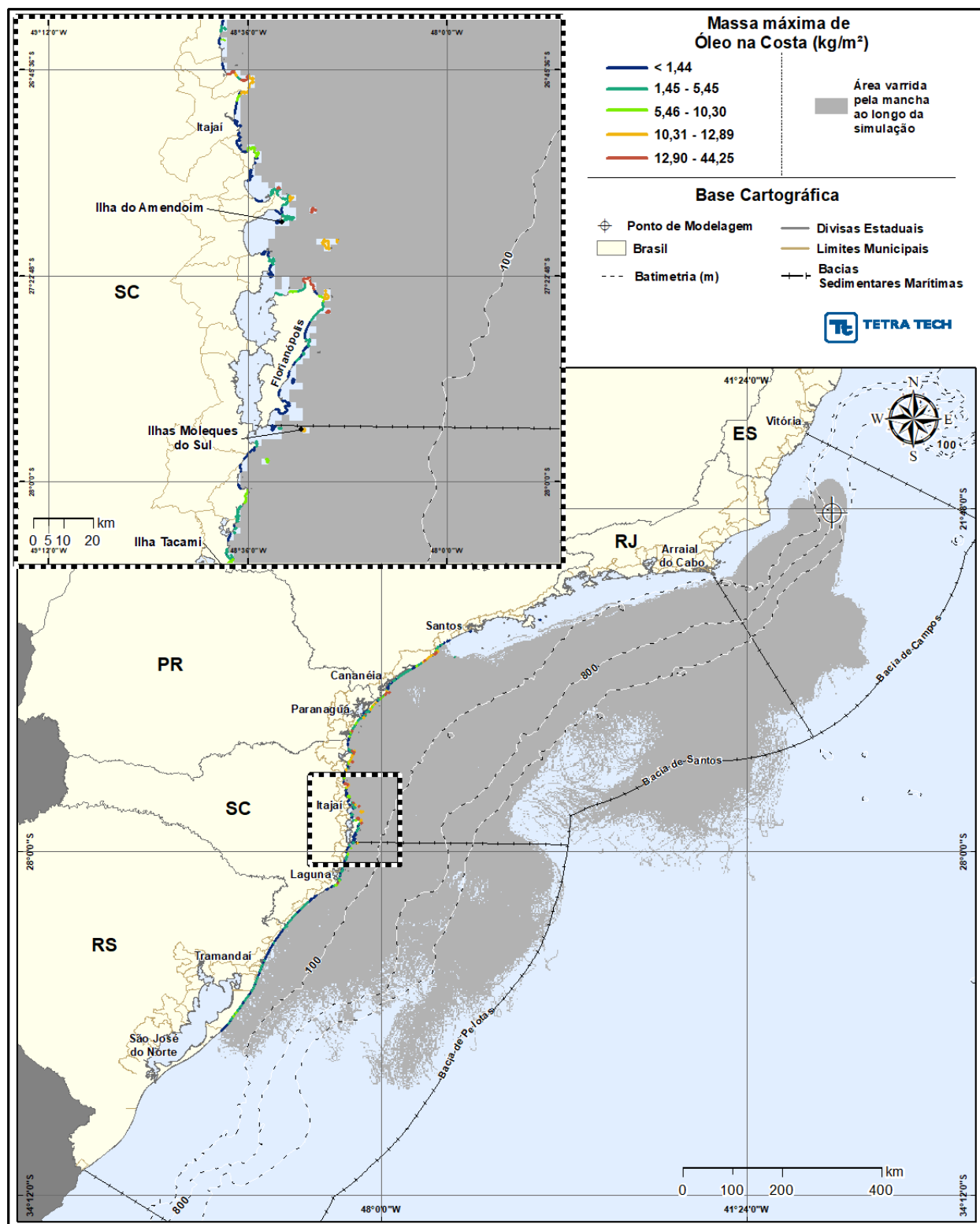


Figura 171 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Espessura máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil), na superfície da água (área varrida), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

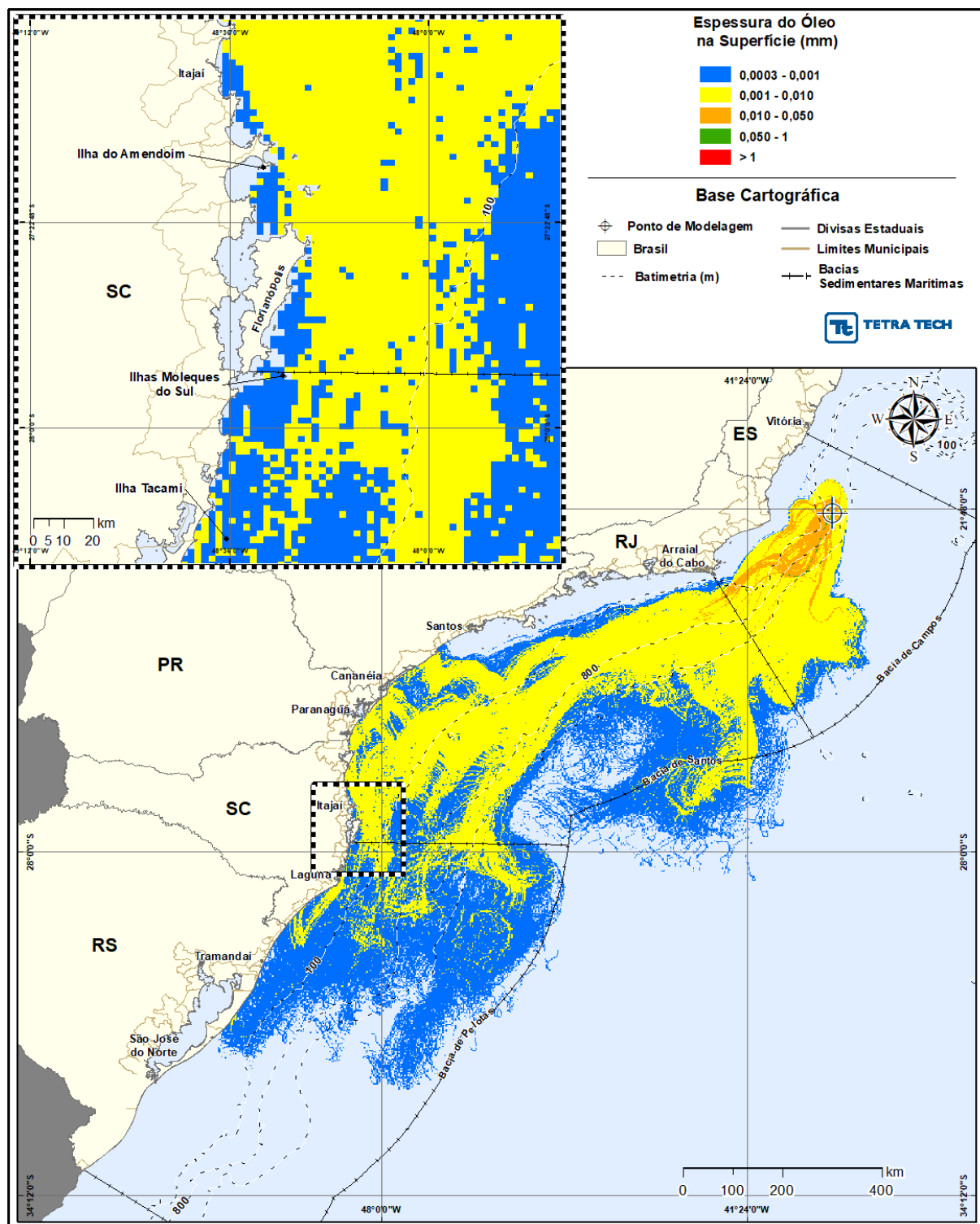


Figura 172 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Área varrida com a concentração total máxima do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água (vista em planta: informação mais crítica, independente da profundidade), do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

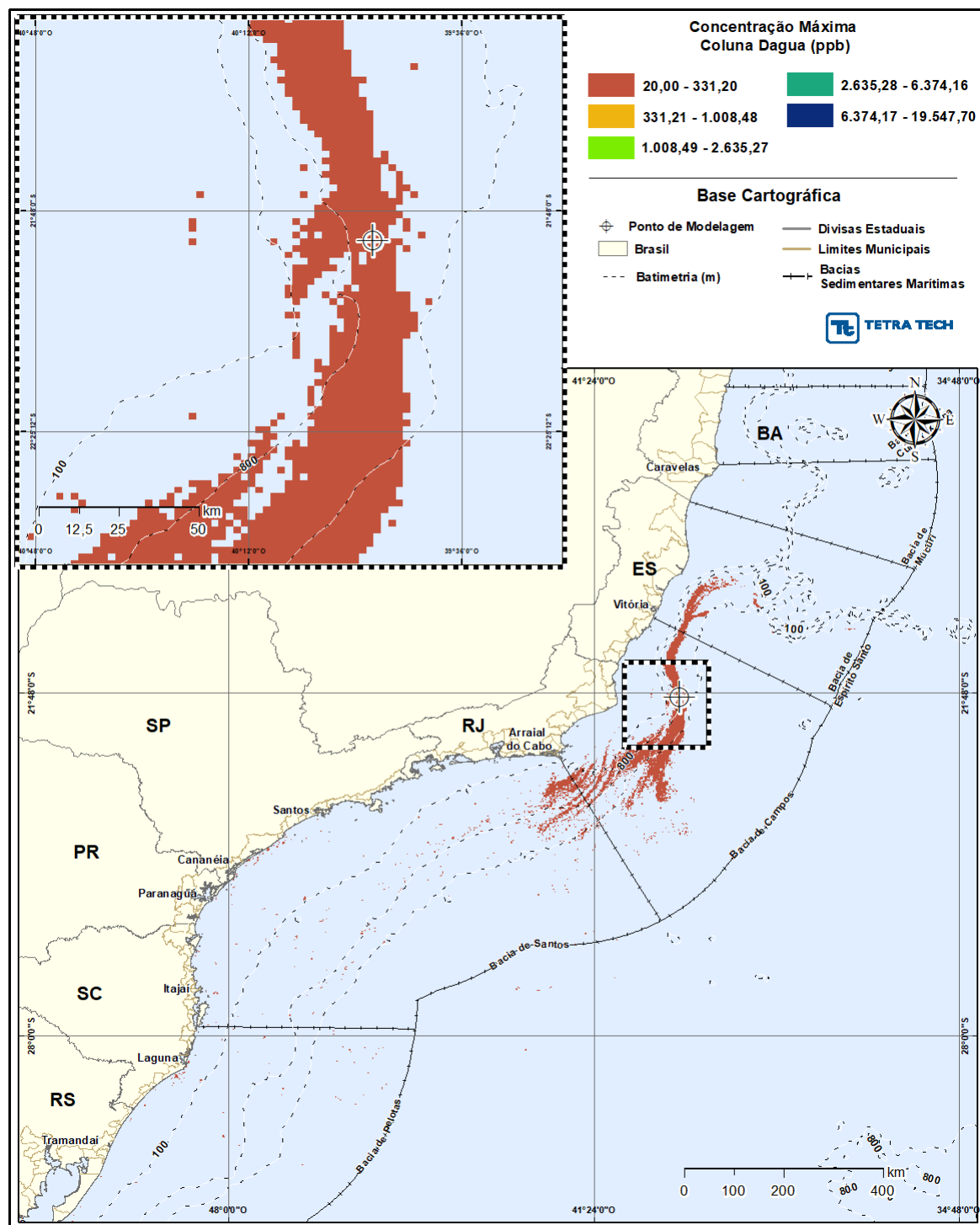


Figura 173 - Cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D. Perfil vertical da concentração do óleo (API 18,7° - Frade Crude Oil) na coluna d'água, do cenário determinístico crítico de maior massa de óleo na costa, para um acidente a partir do Campo de Frade, Bacia de Campos, durante o período de outono-inverno (março a agosto), com derrame a partir do fundo (1.050 m) de 47.700,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação. A informação apresentada corresponde a exatamente às concentrações que se encontram abaixo deste traçado.

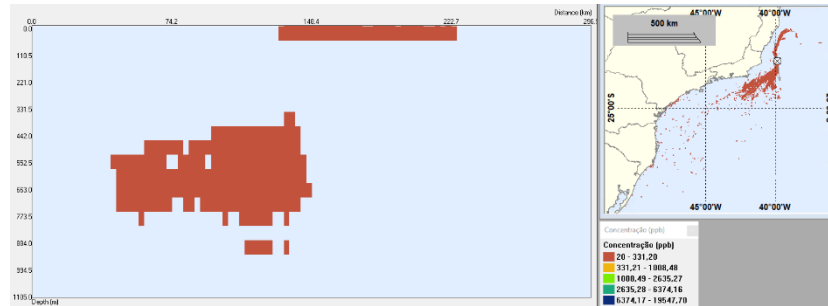
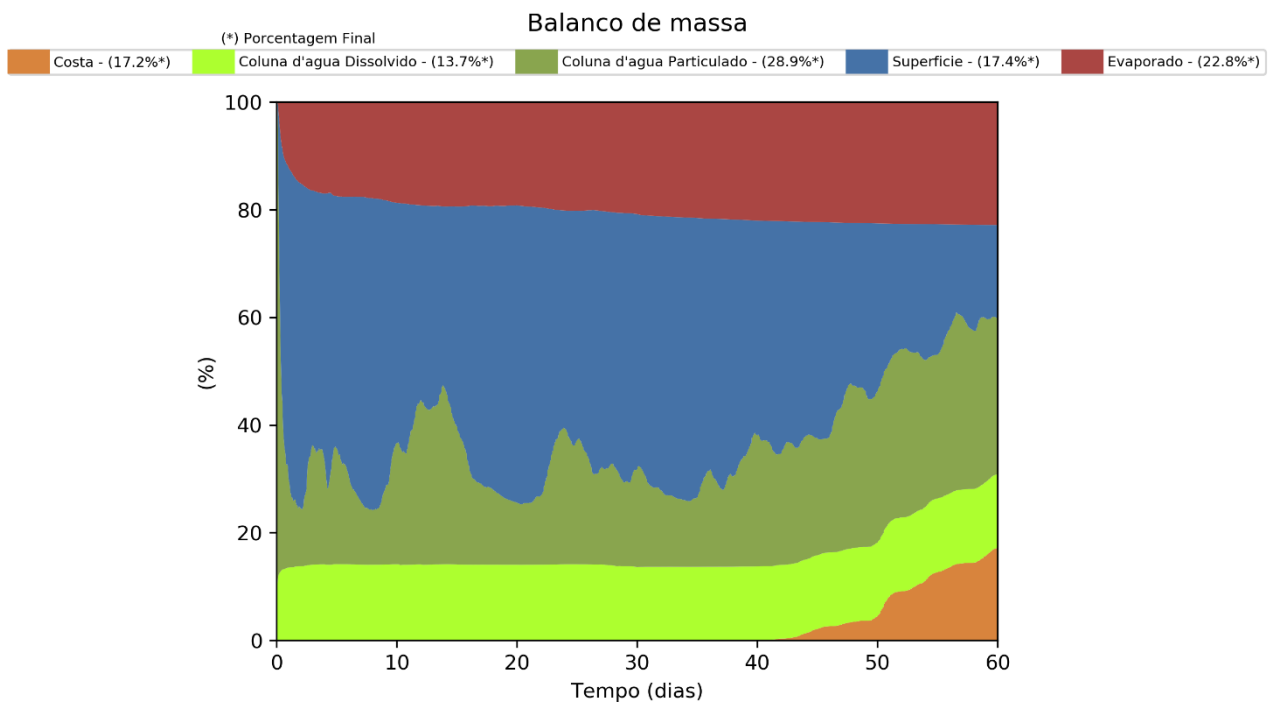


Figura 174 - Balanço de massa para o cenário DET_MASSA_FRADE_OUT_INV_PC_60D.



4.2.2.2.1 Condições Meteorológicas e Oceanográficas – Simulações Determinísticas de Maior Massa na Costa

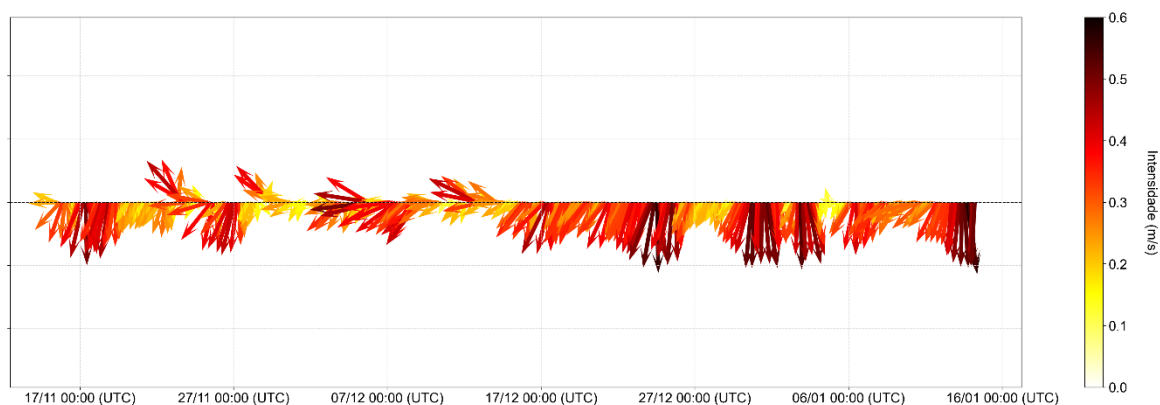
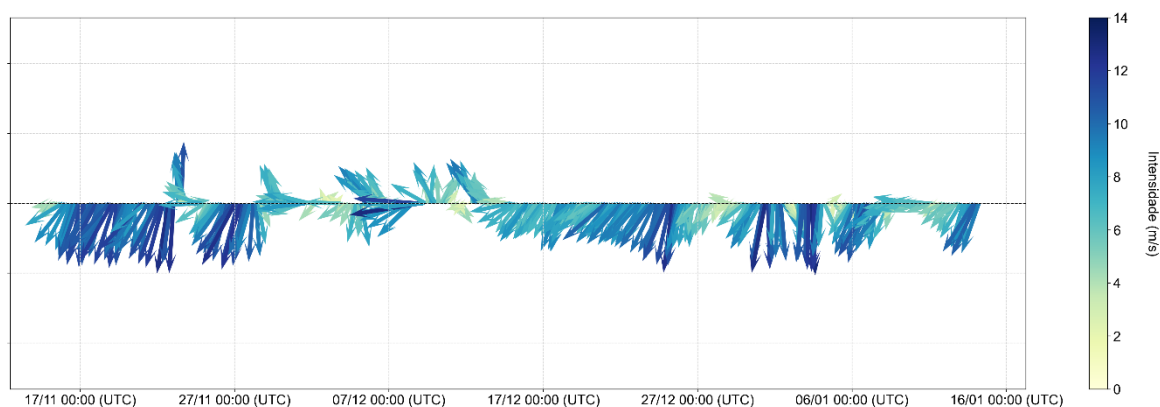
A seguir, são apresentadas as figuras das condições meteorológicas e oceanográficas referente ao cenário determinístico crítico proporcionou a maior massa de óleo na costa, representado pelo cenário de volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4 do período de primavera-verão. O instante de primeiro toque do óleo na costa ocorreu em 512 horas na Ilha de Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ).

O campo de correntes foi obtido a partir do modelo global MERCATOR (*Mercator Ocean International*) e o campo de ventos foi proveniente de dados de reanálise de modelo meteorológico CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*), ambos com dados extraídos do vértice mais próximo ao ponto de modelagem.

As séries temporais da corrente e vento do cenário determinístico crítico de maior massa (DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D) são apresentadas no formato *stickplot* na Figura 175 e Figura 176, seguidas pelas respectivas tabelas de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos e correntes na Tabela 48 e Tabela 49. O *stickplot* apresenta os vetores de velocidade ao longo da série temporal, onde a cor e tamanho do vetor indicam a intensidade e a angulação indica a direção de incidência (do vento) ou fluxo (da corrente).

O fluxo das correntes do cenário determinístico teve direção predominante para SSW (Figura 175). Durante o período analisado a intensidade máxima registrada foi de 0,58 m/s para S, sendo a faixa de velocidades registradas com maior frequência entre 0,2 e 0,3 m/s (Tabela 48).

Os ventos apresentaram uma distribuição de direções com incidência do quadrante N, com direção preferencial de NNE, que representam a circulação predominante da região, intercaladas com incidências do quadrante SE, associadas à passagem de sistemas frontais (Figura 176). A faixa de intensidades mais frequente foi entre 6 e 8 m/s, enquanto a intensidade máxima registrada foi de 13,3 m/s de direção E (Tabela 49).

Figura 175 –Série temporal de corrente em formato stickplot para o cenário**DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D****Stickplot de correntes - período completo da simulação****Figura 176** –Série temporal de vento em formato stickplot para o cenário**DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D.****Stickplot de vento - período completo da simulação****Tabela 48** - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção da corrente para o cenário **DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D.**

Corrente(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-0,1	4	6	3	2	2	1	4	3	3	11	5	7	2	7	3	3	4,6
0,1-0,2	1	4	2	0	0	1	2	8	37	68	47	33	14	19	9	6	17,4
0,2-0,3	3	1	0	0	0	0	0	4	76	158	96	53	31	23	9	2	31,7
0,3-0,4	2	0	0	0	0	0	0	13	101	178	79	21	15	11	9	3	30,0
0,4-0,5	0	0	0	0	0	0	0	5	80	58	9	4	5	9	7	2	12,4
0,5-0,6	0	0	0	0	0	0	0	2	50	2	0	0	2	0	0	0	3,9
(%)	0,69	0,76	0,35	0,14	0,14	0,14	0,42	2,43	24,10	32,99	16,39	8,19	4,79	4,79	2,57	1,11	
Media	0,17	0,10	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,29	0,35	0,29	0,26	0,24	0,27	0,24	0,26	0,21	
Max.	0,32	0,24	0,13	0,09	0,09	0,10	0,14	0,50	0,58	0,52	0,43	0,48	0,50	0,44	0,44	0,43	

Tabela 49 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o cenário DET_MASSA_FRADE_PRI-VER_PC_60D.

Vel. (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	(%)
0,0-2,0	2	2	0	2	3	1	5	5	4	3	1	6	0	3	3	1	2,8
2,0-4,0	5	14	17	14	9	7	2	8	1	3	10	7	2	4	11	10	8,6
4,0-6,0	11	34	42	41	37	15	13	9	5	10	2	1	0	4	15	13	17,5
6,0-8,0	43	89	102	40	53	26	31	32	5	6	2	0	1	1	1	6	30,4
8,0-10,0	43	148	83	14	7	3	16	8	6	0	0	0	0	0	0	5	23,1
10,0-12,0	77	106	21	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	14,9
12,0-14,0	24	9	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,6
(%)	14,2	27,9	18,4	7,7	8,2	3,6	4,7	4,3	1,7	1,5	1,0	1,0	0,2	0,8	2,2	2,5	
Media	9,3	8,6	7,4	5,9	6,3	5,8	6,5	6,0	6,6	4,7	3,6	2,3	4,1	3,6	4,1	5,4	
Max.	13,0	12,9	11,8	9,0	13,3	8,9	9,6	9,8	11,1	7,9	6,4	4,3	6,2	7,8	10,4	11,9	

Os resultados mostram que a trajetória do óleo até o instante do toque ocorre em direção ao quadrante SW, sobre a ação de correntes de SSW e vento de NNE, com inversões de SE.

Figura 177 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no 36 horas após o início da simulação determinística crítica de maior massa, volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4 do período de primavera-verão. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.

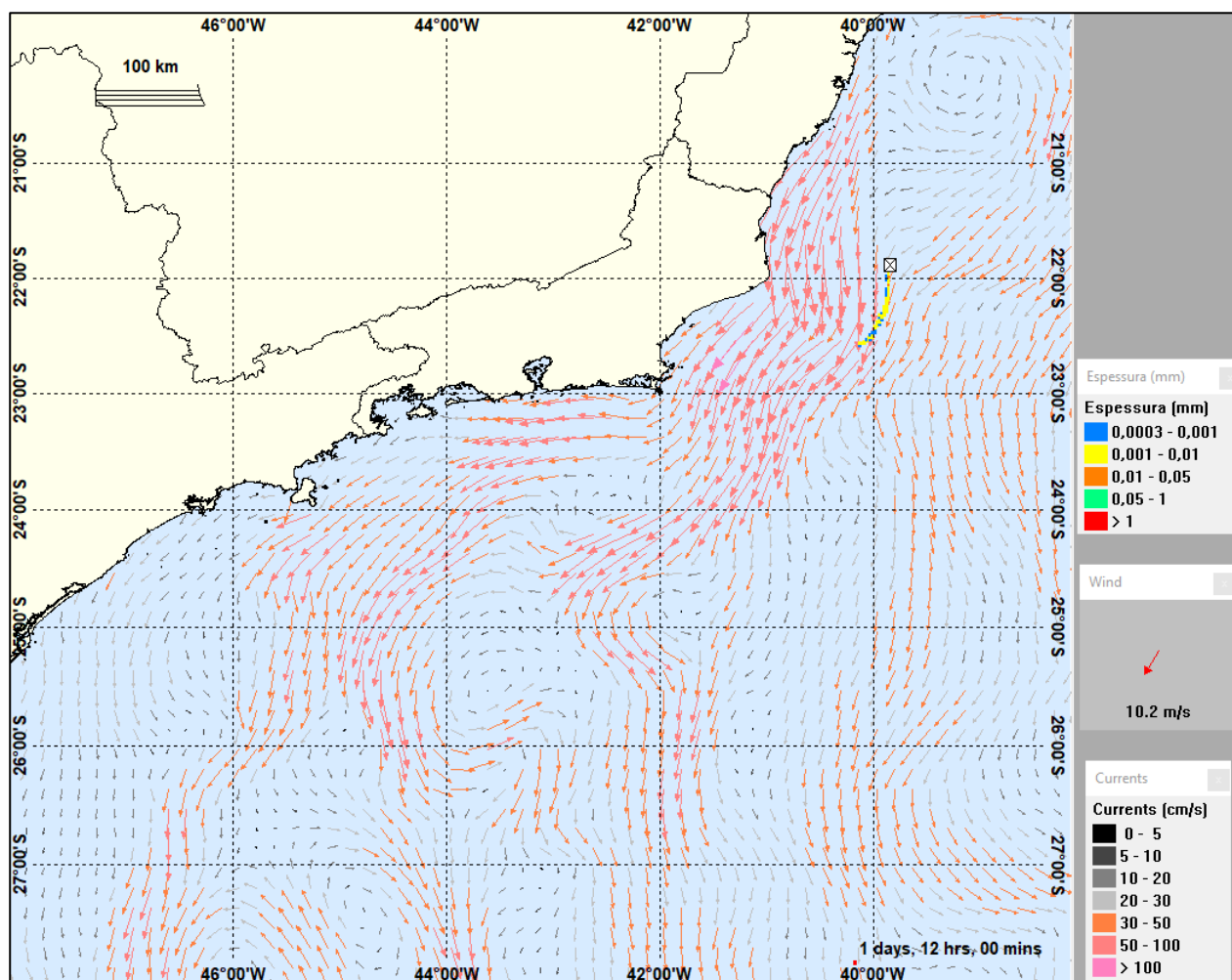


Figura 178 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo 11 dias após o início da simulação (instante intermediário) determinística crítica de maior massa, volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4 do período de primavera-verão. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.

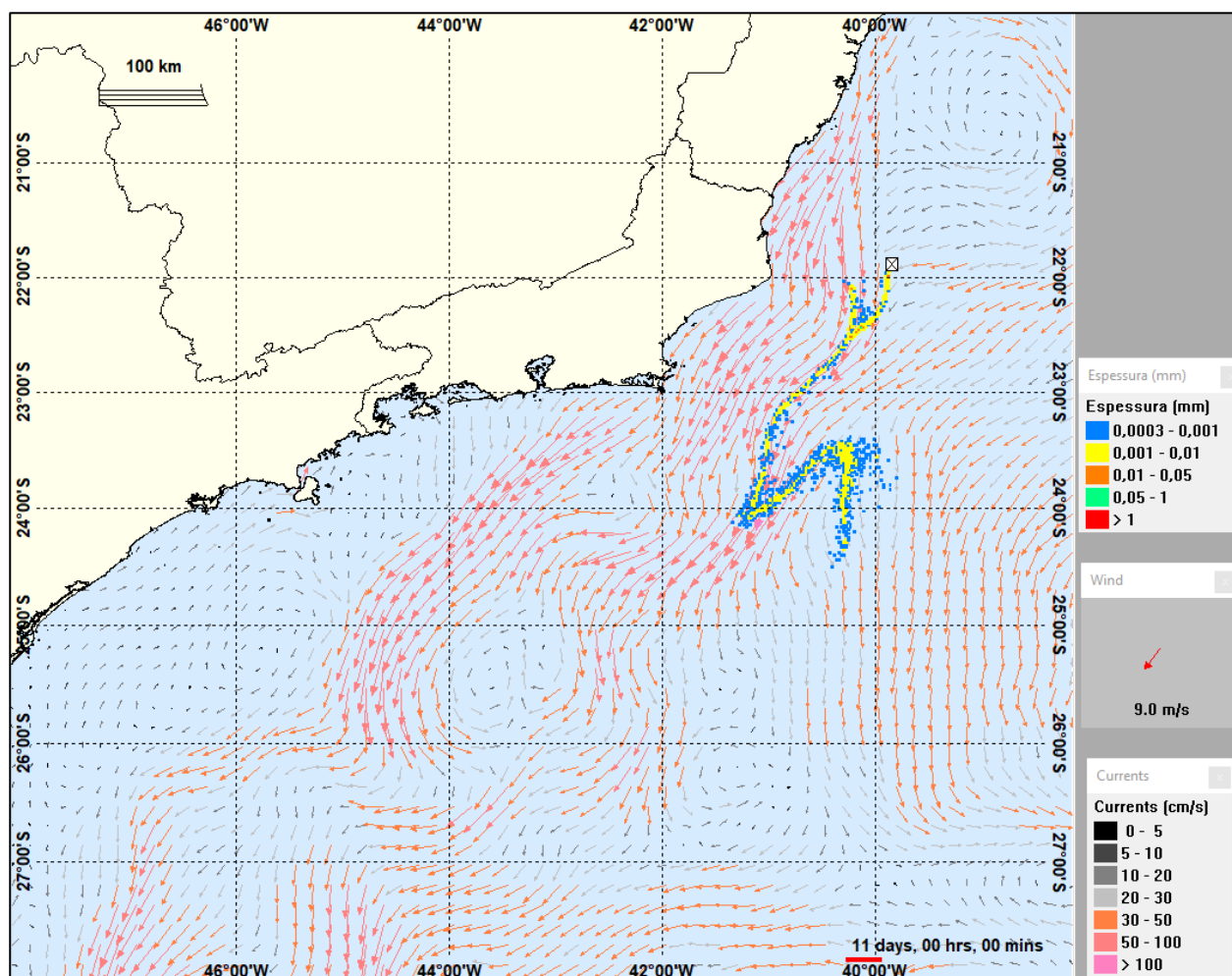
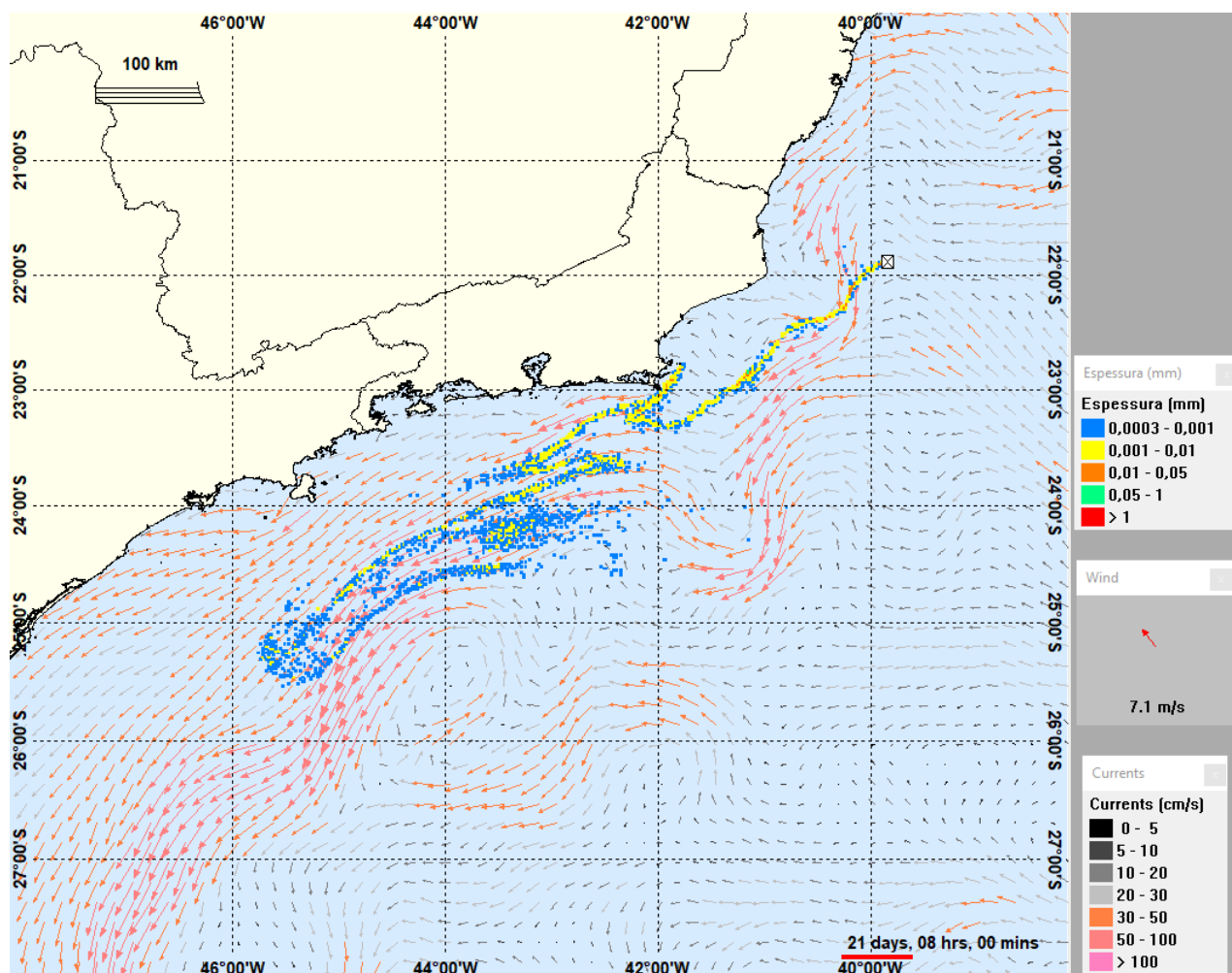


Figura 179 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da determinística crítica de maior massa volume de pior caso de *blowout* do poço ODP4 do período de primavera-verão. O vetor de vento apresentado é referente ao ponto de modelagem.



4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizou simulações numéricas da trajetória e intemperismo de derrames de óleo no mar com o modelo OSCAR, para dar suporte a à PETRORIO no desenvolvimento de suas atividades de exploração e produção no Campo de Frade, localizado na Bacia de Campos.

Foram consideradas 8 hipóteses acidentais; quatro volumes de derrame (pequeno, médio e dois volumes de pior caso), dois pontos de modelagem (FPSO Frade e Poço ODP4) e dois períodos de seis meses (primavera-verão e outono-inverno).

Para a posição do FPSO Frade, foram simulados os volumes de derrame pequeno e médio, com vazamento instantâneo, e de pior caso, com vazamento ao longo de 24 horas (afundamento da unidade). Para o Poço ODP4, considerou-se o derrame de volume de pior caso, com o vazamento ao longo de 30 dias (*blowout* do poço). Foi aplicado um corte de espessuras de 0,0003 mm para a apresentação dos resultados na superfície. Todos os cenários foram conduzidos por 30 dias após o fim do vazamento.

O campo de correntes característico dos padrões de circulação na região utilizado na modelagem de óleo foi obtido a partir de resultados do modelo numérico global MERCATOR e, o campo de ventos utilizado, variável no tempo e no espaço, foi gerado baseado em dados de reanálise do CFSRv2¹⁵ (SAHA *et al.*, 2014). Para avaliar a capacidade do modelo hidrodinâmico de reproduzir o comportamento dinâmico das correntes, comparou-se os resultados do modelo com os dados de correntes coletados pela boia meteo-oceanográfica, instalada no Campo de Frade, para os períodos junho a agosto de 2016 (inverno), setembro a novembro de 2017 (primavera) e dezembro a fevereiro de 2018 (verão).

Os resultados das simulações de transporte de óleo mostraram que o padrão preferencial de deslocamento do óleo na superfície da água é para SW, devido ao fluxo da Corrente do Brasil e aos ventos mais constantes de N e NE. Nos cenários de *blowout*, cujo derrame é considerado a partir do fundo do mar, observou-se o deslocamento preferencial do óleo para N nas camadas mais profundas, demonstrando um fluxo invertido entre as correntes de superfície e fundo. Destaca-se que esta inversão das correntes no fundo também foi observada na análise de dados da região.

¹⁵ *Climate Forecast System Reanalysis Version 2*, gerado pelo *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP). Obtido em < <https://rda.ucar.edu/datasets/ds094.1/>>. Último acesso em 21 de fevereiro de 2020.

Nos cenários de volume pequeno as probabilidades ficaram restritas a Bacia de Campo no período de primavera-verão, e de Campos e Santos no outono-inverno. Para os cenários de volume médio foi verificada a presença de contornos de probabilidade nas bacias de Campo e Santos no período de primavera-verão, e nas bacias do Espírito Santos, Campos e Santo no período de outono-inverno. Na hipótese acidental de pior caso de afundamento do FPSO os resultados alcançam as bacias de Campos, Santos e Pelotas no período de primavera-verão bem como a bacia do Espírito Santo no período de outono-inverno.

Por fim, os resultados de pior caso de *blowout* do poço apresentaram o maior domínio probabilístico de todo o estudo com os resultados alcançando as bacias do Espírito Santo a Pelotas em ambos os períodos.

Somente os cenários de volume pequeno não apresentaram o toque do óleo na costa. Para os cenários que apresentaram toque de óleo na costa, os resultados do período de outono-inverno apresentaram os menores tempo de toque dentro das respectivas hipóteses acidentais. Os resultados mais críticos foram identificados nas hipóteses de pior caso por afundamento do FPSO, sendo o menor tempo de toque de 132 horas no outono-inverno e 157 horas no período de primavera-verão na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ).

Nos cenários de volume médio os menores tempos de toque também ocorreram na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ), sendo de 135 horas (outono-inverno) e 165 horas (primavera-verão).

Nos cenários de pior caso (*blowout* do poço ODP4), os menores tempos de toque foram de 139 horas (outono-inverno) na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ) e 165 horas (primavera-verão) em Campos dos Goytacazes (RJ).

As extensões de toque dos resultados probabilísticos foram maiores nos cenários de pior caso decorrentes de *blowout* do poço ODP4, sendo de 2.785,9 km na primavera-verão e 3.389,5 km no outono-inverno, com o toque ocorrendo em municípios do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul, em ambos os períodos. As maiores probabilidades de toque ocorreram na Ilha do Bom Abrigo (Cananéia, SP) no período da primavera-verão (75,4%) e na Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ) no período de outono-inverno (81,9%).

Nos cenários de pior caso (afundamento do FPSO) as extensões de toque foram de 1.561,1 km na primavera-verão e de 1.156,3 km no outono-inverno. O toque ocorreu em municípios dos estados

do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina em ambos os períodos, sendo que no período de outono-inverno também foi computado o toque-no estado do Espírito Santo. As maiores probabilidades de toque ocorreram em Ilhabela (SP) no período da primavera-verão (18,6%) e na Ilha de Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ) no período de outono-inverno (29,9%).

Para os cenários probabilísticos de volume médio o toque ficou restrito ao Estado do Rio de Janeiro, com uma extensão total de toque de 71 km no período de primavera-verão e de 110,9 km no outono-inverno. As maiores probabilidades de toque ocorreram na Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ) em ambos os períodos, sendo de 4,1% no período de primavera-verão e de 24,2 % no outono-inverno.

Para os cenários de volume pequeno, onde não houve toque de óleo na costa, as menores distâncias do óleo em relação a costa foram de; 41,2 km da Ilha Âncora (Armação dos Búzios, RJ) no período da primavera-verão e, 31,5 km de Campos dos Goytacazes no período de outono-inverno.

Os maiores volumes de óleo na costa foram verificados nos cenários de pior caso com afundamento do FPSO, 5.650,49 ton./km (Arraial do Cabo, RJ) no período da primavera-verão e 3.899,12 ton./km em Armação dos Búzios (RJ) no período de outono-inverno.

Os resultados da análise do balanço de massa dos cenários probabilísticos mostraram que não correram diferenças significativas com relação as sazonalidades e volumes de derrame. No geral, o entranhamento do óleo na coluna d'água (parcela particulada) e a evaporação foram os principais processos responsáveis por retirar o óleo da superfície, restando ao final das simulações aproximadamente 82% de todo o volume derramado.

Somente os cenários de pior caso (*blowout*) apresentaram um padrão diferenciado, com uma significativa parcela do óleo entranhado na forma dissolvida. Este comportamento está correlacionado ao fato de o derrame ocorrer a partir do fundo do mar, o que proporciona maior dissolução do óleo na coluna. O tempo mínimo para o afloramento do óleo foi de 2 horas em ambos os períodos.

Os resultados das simulações dos cenários determinísticos mostraram que os cenários de pior caso de afundamento do FPSO apresentaram os menores tempos de toque de óleo na costa. Para os determinísticos de menor tempo, o cenário mais crítico foi o de pior caso (afundamento do FPSO) no período de outono-inverno, com o toque ocorrendo após 132 horas na Ilha Âncora (Armação dos

Búzios, RJ). Para esse cenário o volume de óleo retido na costa ao final da simulação foi de 2.066,4 m³. A análise dos campos de correntes e ventos da região demonstrou que este toque ocorre sob condições de corrente de SW e ventos de SE.

O cenário determinístico que proporcionou a maior massa de óleo na costa foi a hipótese acidental de pior caso (*blowout* do poço ODP4) para o período da primavera-verão, com o toque ocorrendo após 512 horas do início do derrame na Ilha Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ) e, retido na costa ao final da simulação um volume de 13.212,9 m³. A análise dos campos de correntes e ventos da região indicou que este toque ocorre sob condições de correntes de SSW e vento de NNE, com inversões de SE.

Finalmente, destaca-se que nas simulações apresentadas neste estudo, não foram consideradas quaisquer medidas de resposta ou controle, provenientes de Planos de Contingência e Planos de Emergência, para os potenciais acidentes simulados.

5. EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Ana Carolina R. Lammardo
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafa / Ma. Oceanografia Geológica
Registro no Conselho de Classe	1.689 (AOCEANO)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 216.695.528-29)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	

Profissional	Andrea Gallo Xavier
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafa / Dra. Eng. Oceânica
Registro no Conselho de Classe	Não aplicável
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 898.525.407-34)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	

Profissional	Beatriz Pezeta Brasileiro
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Tecnóloga Gestão Ambiental
Registro no Conselho de Classe	Não aplicável
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 494.939.808-39)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Capítulo 4
Assinatura	

Profissional	Bruno António Duarte Passa
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafo
Registro no Conselho de Classe	Não aplicável
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 844.997.370-87)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Capítulo 4
Assinatura	

Profissional	Clarissa B. De Luca Menin
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafa, Me. Engenharia de Costa e Portos
Registro no Conselho de Classe	2283 (AOCEANO)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 056.575.569-25)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Capítulos 2 e 3
Assinatura	

Profissional	Débora de Toledo Alves
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafa, Me. Engenharia Costeira e Desenvolvimento de Portos
Registro no Conselho de Classe	Não aplicável
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 410.194.848-88)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Itens 2.2 e 2.3, e Capítulo 3
Assinatura	

Profissional	Gabriel Clauzet
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Físico / Dr. Oceanografia Física
Registro no Conselho de Classe	Não aplicável
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 188.764.658-20)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	

Profissional	Mariana Lino Gouvêa
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Meteorologista / Ma. Meteorologia
Registro no Conselho de Classe	5069291950 (CREA-SP)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	5489811
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Itens 1.1 e 2.1
Assinatura	

Profissional	Pedro Fabiano M. Sarmiento
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafo
Registro no Conselho de Classe	Não aplicável
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 303.524.648-36)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	

Profissional	Renan P. dos Anjos
Empresa	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
Formação	Meteorologista
Registro no Conselho de Classe	Em processo de solicitação
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	Não aplicável (CPF 157.992.277-51)
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Item 2.3
Assinatura	

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASCAL, A.J.; S. CASTANEDO, R. MEDINA & M. LISTE, 2010. Analysis of the reliability of a statistical oil spill response model. *Marine Pollution Bulletin* 60 (2099–2110).

AMANTE C. & B.W. EAKINS, 2009. ETOPO1 1 Arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis, NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 25 pp., 2009.

ARAKAWA, A. & V.R. LAMB, 1981. A potential entropy and energy conserving scheme for the shallow water equations, *Mon. Weather. Rev.*, 109, 18-36, 1981.

BEAL, L.M., W.P.M. DE RUIJTER, A. BIASTOCH, R. ZAHN, M. CRONIN, J. HERMES, J. LUTJEHARMS, et al. 2011. On the Role of the Agulhas System in Ocean Circulation and Climate. *Nature* 472 (7344): 429–36. <https://doi.org/10.1038/nature09983>.

BECKER, J.J.; D.T. SANDWELL, W.H.F. SMITH, J. BRAUD, B. BINDER, J. DEPNER, D. FABRE, J. FACTOR, S. INGALLS, S.H. KIM, R. LADNER, K. MARKS, S. NELSON, A. PHARAOH, R. TRIMMER, J. VON ROSENBERG, G. WALLACE & P. WEATHERALL, 2009: Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30_PLUS, *Mar. Geod.*, 32, 355-371, doi: 10.1080/01490410903297766, 2009.

BLANKE, B. & P. DELECLUSE, 1993. Variability of the tropical Atlantic-Ocean simulated by a general-circulation model with 2 different mixed-layer physics, *J. Phys. Oceanogr.*, 23, 1363-1388, 1993.

BRASIL, 2008. Resolução CONAMA nº 398, de 11 de junho de 2008. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 12 jun. 2008.

BOEBEL, O.; R.E. DAVIS, M. OLLITRAULT, R.G. PETERSON, C. SCHMID & W. ZENK, 1999. The Intermediate Depth Circulation of the Western South Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 26(21): 3329-3332.

CORTÊS, F, C, 2004. Obtenção e Validação de Modelos de Regionalização de Vazão na Bacia do Rio dos Bois, Estado de Goiás, 2004, 56f, Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília.

DEFANT, A. 1960. Physical Oceanography. Pergamon Press.

DERECZYNSKI, C.P. & W.F. MENEZES, 2015. Meteorologia da Bacia de Campos. In: Meteorologia e Oceanografia. Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. São Paulo: Elsevier, 2015. p. 1-54.

FEMAR (FUNDAÇÃO DE ESTUDO DO MAR), 2000. Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Fundação de Estudos do Mar. Rio de Janeiro. 281pp.

FRAGOSO, M.D.R., 2004. Um modelo numérico da circulação oceânica para as bacias leste e sudeste do Brasil (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 173p).

GUERRA, L.A.A., 2011. Vórtices das Agulhas Colidem com a Corrente do Brasil? Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Doutor em Engenharia Oceânica. Rio de Janeiro. UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Oceânica, 2011. 73pp.

GUILLENA, G., G. RAINEYB, M. MORINB, 2004. A simple rapid approach using coupled multivariate statistical methods, GIS and trajectory models to delineate areas of common oil spill risk. *Journal of Marine Systems* 45 (221– 235).

HALL, M.M, M. MCCARTNEY & J.A. WHITEHEAD, 1997. Antarctic Bottom Water Flux in the Equatorial Western Atlantic. *Journal of Physical Oceanography* 27 (9): 1903–26. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1997\)027<1903:ABWFIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1997)027<1903:ABWFIT>2.0.CO;2).

IBAMA, 2009. Nota Técnica nº 02/2009/CGPEG/DILIC. Síntese dos aspectos técnicos da modelagem de transporte de óleo no mar e suas aplicações aos processos de licenciamento em E&P. Rio de Janeiro, 02 de março de 2009.

IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis), 2016. Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar – MAREM: Banco de Dados Geográficos. Rio de Janeiro, 2016. Escala indeterminável. Disponível em: <<http://www.marem-br.com.br/>>. Acesso em: 03 de junho de 2016.

LEGEAIS, J.F.; M. OLLITRAULT & M. ARHAN, 2013. Lagrangian Observation in the Intermediate Western Boundary Current of the South Atlantic. *Deep-Sea Research*, 2(85): 109-126.

LUMPKIN, R. & Z. GARRAFFO, 2005. Evaluating the Decomposition of Tropical Atlantic Drifter Observations. *J. Atmos. Oceanic Techn.* 22, 1403-1415.

MADEC, G. & M. IMBARD, 1996. A global ocean mesh to overcome the North Pole singularity, *Clim. Dynam.*, 12, 381-388.

MATA, M.M. & C.A.E. GARCIA, 1996. Variabilidade da topografia oceânica superficial no Atlântico Sul Ocidental observada pela altimetria TOPEX/POSEIDON. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 67pp.

MATANO, R. P., E.D. PALMA & A.R. PIOLA, 2010. “The Influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf Circulation.” *Ocean Science Discussions* 7 (April): 837–71. <https://doi.org/10.5194/osd-7-837-2010>.

SAHA and coautores, 2014. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 27, 2185–2208. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00823.1>.

SCHMID, C. & S.L. GARZOLI, 2009. New observations of the spreading and variability of the Antarctic Intermediate Water in the Atlantic. *Journal of Marine Research*, 67: 815-843.

SILVEIRA, I.C.A.; A.C.K. SCHMIDT, E.J.D. CAMPOS, S.S. GODOI & Y. IKEDA, 2000. A Corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 48(2): 171–183.

STRAMMA, L. & M. ENGLAND, 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 104(C9): 20863–20883.

TOMCZAK, M. & S.J. GODFREY, 1994. Regional Oceanography: An Introduction. Pergamon Press, New York, 422 p.

WILLMOTT C.J., 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *American Meteorological Society Bulletin*, 1309-1313.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO - MERCATOR

Para a caracterização dos padrões de correntes foi utilizado os resultados do modelo MERCATOR, um modelo de previsão das condições oceânicas globais de alta resolução baseado no grid tripolar ORCA (MADEC & IMBARD, 1996), sendo uma combinação de uma configuração de modelo e um sistema de assimilação em tempo real.

O sistema global de análise e previsão dos oceanos MERCATOR possui resolução de $1/12^\circ$ (aproximadamente, 8 km) com 10 dias de previsão 3D e atualizados diariamente, com início da série de dados em 27 de dezembro de 2006. Esses produtos incluem dados de correntes horários, médias diárias e mensais de temperatura, salinidade, nível do mar, profundidade da camada de mistura e parâmetros de gelo da superfície até as profundidades oceânicas.

A batimetria utilizada no MERCATOR é uma combinação e interpolação entre as bases de dados ETOPO1 (AMANTE & EAKINS, 2009) para o oceano profundo e *General Bathymetric Chart of the Oceans* - GEBCO 8 (BECKER *et al.*, 2009) para as regiões perto da costa. O ETOPO1 é um modelo de relevo global (arco de 1 minuto) da superfície da Terra que integra a topografia terrestre e a batimetria oceânica; foi construído a partir de conjuntos de dados globais e regionais. O GEBCO é consiste em um grupo internacional de especialistas que trabalham no desenvolvimento de uma gama de produtos de batimetria em todo o mundo; opera sob a *International Hydrographic Organization* (IHO) e *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) da UNESCO.

O resultado é apresentado com resolução horizontal de $1/12^\circ$ em grade regular de projeção equiretangular, 50 níveis verticais de profundidade indo de 0 a 5.500 metros. Este produto também fornece um conjunto de dados especial para corrente de superfície, que também inclui ondas e marés denominadas SMOC (*Surface merged Ocean Current*), um composto que combina informações dos sistemas de modelagem CMEMS (*Copernicus Marine Environment Monitoring Service*) para abordar uma velocidade na superfície do mar. No SMOC, a corrente total é obtida pela simples adição de contribuições da circulação geral oceânica, marés e ondas.

As forçantes atmosféricas usadas para iniciar o modelo oceânico são retiradas do sistema de previsão integrado ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), de 3 em 3 horas, e utiliza o esquema de assimilação SAM2 (SEEK Kernel) com assimilação de dados observados provenientes de satélite (CMEMS OSTIA SST).

As correntes de marés do são obtidas a partir do modelo FES2014 (Carrere et al., 2015), um modelo de marés hidrodinâmico desenvolvido por LEGOS/NOVELTIS/CLS. O FES2014 é baseado em uma versão do modelo TUGO que assimila dados do altímetricos (Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2, TP intercalado –J1 intercalado, ERS-1, ERS-2 e Envisat).

O termo de advecção do momento é computado com o esquema de conservação de energia e entropia proposto por ARAKAWA & LAMB (1981); e, a advecção dos traçadores (temperatura e salinidade) é calculada através do sistema de diminuição da variância total (LÉVY *et al.*, 2001; CRAYATTE *et al.*, 2007). Utiliza-se a difusão isopical laplaciana lateral nos traçadores e uma viscosidade biarmônica horizontal para o momento. Além disso, a mistura vertical é parametrizada de acordo com o modelo de fechamento turbulento adaptado por BLANKE & DELECLUSE (1993).

A.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carrere L, Lyard F, Cancet M, Guillot A (2015) FES 2014, a new tidal model on the global ocean with enhanced accuracy in shallow seas and in the Arctic region. EGU Gen Assem Conf Abstr

AMANTE C. & B.W. EAKINS, 2009. ETOPO1 1 Arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis, NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 25 pp., 2009.

ARAKAWA, A. & V.R. LAMB, 1981. A potential enstrophy and energy conserving scheme for the shallow water equations, *Mon. Weather. Rev.*, 109, 18-36, 1981.

BECKER, J.J.; D.T. SANDWELL, W.H.F. SMITH, J. BRAUD, B. BINDER, J. DEPNER, D. FABRE, J. FACTOR, S. INGALLS, S.H. KIM, R. LADNER, K. MARKS, S. NELSON, A. PHARAOH, R. TRIMMER, J. VON ROSENBERG, G. WALLACE & P. WEATHERALL, 2009: Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30_PLUS, *Mar. Geod.*, 32, 355-371, doi: 10.1080/01490410903297766, 2009.

BLANKE, B. & P. DELECLUSE, 1993. Variability of the tropical Atlantic-Ocean simulated by a general-circulation model with 2 different mixed-layer physics, *J. Phys. Oceanogr.*, 23, 1363-1388, 1993.

Cravatte, S., Madec, G., Izumo, T., Menkes, C., and Bozec, A.: Progress in the 3-D circulation of the eastern equatorial Pacific in a climate, *Ocean Model.*, 17, 28-48, 2007.

MADEC, G. & M. IMBARD, 1996. A global ocean mesh to overcome the North Pole singularity, *Clim. Dynam.*, 12, 381-388.

Lévy, M., Estublier, A., and Madec, G.: Choice of an advection scheme for biogeochemical models, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3725–3728, doi:10.1029/2001GL012947, 2001.

;

APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MODELOS OSCAR

O modelo OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*) foi desenvolvido pela SINTEF (<http://www.sintef.no>) com a finalidade de dar suporte a Planos de Contingência e respaldo à tomada de decisões em casos de derrames de petróleo. As aplicações do OSCAR incluem:

- Estabelecimento de objetivos e critérios quantitativos para fins de regulação e gestão,
- Planos de contingência e treinamentos a derrames de óleo,
- Suporte a ações de resposta a derrames de óleo,
- Avaliação de alternativas de estratégias e logísticas de resposta a derrames de óleo,
- Risco Ambiental e avaliação de Impacto Ambiental,
- Avaliação Ambiental para o uso de dispersantes,
- Análise de custo-benefício e otimização para a compra e disposição de equipamentos,
- Avaliar alternativas de estratégias de resposta procurando aquela que trará menores impactos no ambiente (*Net Environmental Benefit Analysis - NEBA*).

Estas aplicações foram desenvolvidas para atendimento das necessidades da indústria do petróleo, com aplicações já em curso para instalações *offshore*, transporte petroleiro internacional, terminais e refinarias costeiras.

B.1 PREMISSAS

Os componentes principais do sistema são: um modelo de intemperismo do óleo da SINTEF (AAMO *et al.*, 1993; DALING *et al.*, 1990), um modelo tridimensional do intemperismo químico e trajetória do óleo (REED *et al.*, 1995) um modelo de combate ao derramamento de óleo (AAMO *et al.*, 1995, 1996), e modelos de exposição a peixes, ictioplâncton, pássaros e mamíferos marinhos (DOWNING & REED, 1996).

O modelo de intemperismo do óleo e o modelo tridimensional de destino químico consideram o seu fracionamento e calculam a distribuição do poluente na superfície da água, ao longo da linha de costa, na coluna d'água e nos sedimentos¹⁶. São empregados algoritmos de advecção,

¹⁶ Na modelagem em questão não foi estimada a interação do óleo com sedimentos em suspensão, uma vez que não há dados medidos de material em suspensão para toda a área de abrangência. Além disso, como o modelo utiliza apenas um valor, sem variação espacial, não seria representativo de toda a área de abrangência, que engloba a região costeira de vários municípios no litoral brasileiro. Estes resultados, sem a interação com os sedimentos em suspensão, são mais conservadores.

espalhamento, emulsificação, volatilização, dispersão, dissolução, adsorção e entranhamento (óleo na coluna d'água).

O modelo de combate ao derramamento de óleo permite a simulação de cenários probabilísticos e determinísticos com uso de barreiras de contenção, recolhedores de óleo e dispersante químico. Existe, também, um modelo biológico de exposição a peixes, ictioplâncton, pássaros e mamíferos marinhos que mensura o impacto sobre cada grupo de organismos de acordo com a intensidade do derramamento¹⁷.

Com a finalidade de representar bem o óleo e seus produtos de degradação, o OSCAR combina um grande número de componentes individuais do óleo, pseudocomponentes e metabólitos. Este tipo de abordagem permite que as taxas dos processos de intemperismo sejam calculadas para cada componente, já que, por exemplo, diferentes componentes apresentarão taxas de evaporação ou degradação diferenciadas.

Com relação às previsões de intemperismo empregadas no OSCAR, diversos testes em campo foram realizados para verificar sua confiabilidade, evitando-se resultados irreais (DALING & BRANDVIK, 2001).

O OSCAR já foi aplicado na análise de estratégias de resposta tanto para plataformas de petróleo *offshore* (AAMO *et al.*, 1995; REED *et al.*, 1995) quanto para terminais costeiros (REED *et al.*, 1996). O modelo utiliza partículas lagrangeanas e “pseudo lagrangeanas” para determinar o transporte, o comportamento e os efeitos dos poluentes através de cálculos de sua distribuição temporal na superfície da água, na coluna d'água, nos sedimentos e ao longo da costa.

O OSCAR emprega algoritmos de espalhamento superficial, advecção, entranhamento, emulsificação e evaporação para determinar o transporte e destino dos compostos. O óleo que se encontra na costa continua sofrendo o processo de evaporação. Os contaminantes no fundo são misturados no sedimento, e podem voltar à fase dissolvida na coluna d'água, enquanto que os próximos à superfície podem evaporar para a atmosfera. Na coluna d'água os poluentes sofrem uma turbulência horizontal, relacionada à idade das partículas, e uma turbulência vertical, que é função da profundidade local e da velocidade dos ventos. Além disto, o particionamento entre o dissolvido e adsorvido ao material particulado é calculado com base na teoria de equilíbrio linear. Já a degradação na água e nos sedimentos é representada como um processo de decaimento de primeira ordem.

¹⁷ Este módulo não foi considerado na modelagem em questão.

Para o óleo proveniente de derramamentos, processos como advecção, espalhamento, entranhamento e mistura vertical na coluna d'água não são diretamente dependentes da composição do óleo, embora exista uma tendência a estarem relacionados à macro características como viscosidade e densidade. Outros processos como evaporação, dissolução e degradação são diretamente dependentes da composição do óleo.

A interface de usuário do OSCAR permite a realização de cálculos estatísticos baseados nos resultados de conjuntos de cenários (simulações probabilísticas). Esta parte do sistema pode, por exemplo, ser utilizada para a avaliação de riscos relacionados com as instalações *offshore*. Ao variar o tempo de derrame para um cenário específico, o efeito da alteração das condições meteorológicas pode ser incluído nas simulações, e uma impressão geral do efeito de um derrame hipotético é obtido. Pode-se, também, optar pela variação da taxa de descarte e a duração deste durante a execução das simulações probabilísticas.

B.2 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO MODELO

As limitações identificadas para o modelo estão listadas, abaixo:

- ✓ A grade do modelo apresenta limitação numérica de 1.000 células no eixo X e 1.000 células no eixo Y, distribuídas de forma regular. No caso de modelagens para vazamentos *offshore*, nas quais os domínios modelados são extensos, a resolução máxima pode ser insuficiente e ocasionar a diminuição da resolução de contornos costeiros; os tipos de costa também podem ter perda de informação;
- ✓ Não é possível ajustar o fator de dispersão horizontal;
- ✓ Não é possível visualizar, na coluna d'água, as parcelas de óleo particulado e dissolvido separadamente;
- ✓ No modo probabilístico, não são considerados os processos de sedimentação do óleo¹⁸;
- ✓ Coeficiente de arrasto de vento é fixo para todo o domínio espacial;
- ✓ Arquivos em inglês e que devem ser traduzidos;
- ✓ É possível adotar corte de espessuras para o óleo que está na superfície da água, no entanto, o modelo não exclui da linha de costa (probabilidade, massa, tempo) a chegada de óleo com espessuras abaixo do corte. Sendo assim, é necessário realizar um balizamento do toque na costa a partir dos resultados gerados, com corte, para a superfície da água;

¹⁸ Para manter coerência entre o modo probabilístico e determinístico, os cenários determinísticos foram conduzidos pela ferramenta *re-run*, rodados via modo probabilístico, não sendo considerados os processos de sedimentação do modo determinístico.

- ✓ Em simulações determinísticas não é possível exportar a informação do eixo do tempo para todo o domínio da simulação;
- ✓ Os gráficos de balanço de massa não consideram o corte de espessura do óleo na superfície da água e concentração do óleo na coluna d'água;
- ✓ Ao se exportar os resultados na extensão *shape*, somente é possível a obtenção de uma informação por vez, ao passo um arquivo contendo diferentes informações tonaria mais ágil o processo de análise dos cenários e simulações;
- ✓ O campo de correntes deve ser exportado em grade regular, mesmo que tenha sido derivado de hidrodinâmico com grade curvilínea, para que o mesmo possa ser importado no OSCAR. Este processo é elaborado pelo usuário através de outros *softwares*, com metodologia própria;
- ✓ Apesar de mostrar o óleo presente na coluna d'água, o modelo não estima a interação do óleo com o assoalho oceânico ou com bancos biogênicos submersos.

B.3 FORMULAÇÃO DO MODELO OSCAR

A advecção é simulada a partir da superposição da velocidade média local e um componente randômico que representa a turbulência no meio ambiente. A velocidade média local, em geral, é a soma das componentes climatológicos, de maré, de vento e de onda (Stokes). O componente de turbulência é computado como:

$$w' = \sqrt{6K/\Delta t} \quad (1)$$

Onde,

K = coeficiente de dispersão estimado para direções verticais e horizontais.

O coeficiente de dispersão horizontal pode ser aproximado utilizando-se dados de difusão de traçadores, relatado por Okubo (1971, 1974) e revisto por Bowden (1983).

$$K_x = 0,0027 t^{1,34} \quad (2)$$

Onde,

Para K em cm²/s e tempo t em segundos. Kullenberg (1982) CDla que o valor máximo dos dados é de 10⁶ cm/s, ou 100 m²/dia.

O coeficiente vertical de difusão turbulenta acima da picnoclina está relacionado às condições das ondas segundo Ichiye (1967):

$$K_z = (0,028H^2)/T \exp(-2kz) \quad (3)$$

Onde,

H = altura de onda;

T = período de onda;

K = número da onda;

Z = profundidade

Abaixo da profundidade da picnoclina, assume-se o valor de K_z é uma constante igual a $10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ (KULLENBERG, 1984). Na ausência de um picnoclina, a equação Ichiye é assumida para o domínio da superfície ao fundo.

O cálculo da velocidade vertical de gotículas de óleo ou de partículas que afundam é feito a partir da superposição da velocidade randômica turbulenta e da velocidade ascendente ou fixa. A velocidade vertical diferencial é computada a partir da média harmônica de dois extremos e o coeficiente de arraste é função do número de Reynolds (JOHANSEN, 2000).

$$w_{rise} = 1/(w_1^{-1} + w_2^{-1}) \quad (4)$$

$$w_1 = (d^2 g^2)/18\nu, \text{ para o número de Reynolds } < 1000 \quad (5)$$

$$w_2 = \sqrt{3d|g'|}, \text{ para o número de Reynolds } > 1000 \quad (6)$$

Onde,

$$g' = g(\rho_w - \rho_0)/\rho_w \quad (7)$$

g= aceleração gravitacional (m/s^2);

ρ_w = densidade da água (kg/m^3);

ρ_0 = densidade da gotícula ou do material da partícula (kg/m^3);

ν = viscosidade cinemática da água ($1,8 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$).

O espalhamento do óleo na superfície do mar envolve a interação entre forças e processos como a gravidade, momento e viscosidade. A equação unidimensional utilizada para representar o espalhamento transversal de um vazamento contínuo está apresentada na sequência.

$$\chi_{LE} = C_0(g\Delta\rho/(\rho_w^2))^{1/4} * m^{1/2}/(\rho_w\mu_w)^{1/8} * t^{3/8} \quad (8)$$

Onde,

χ_{LE} = largura da seção principal da mancha (m)

g = aceleração gravitacional (m/s^2);

$\Delta\rho$ = diferença de densidade entre água e óleo (kg/m^3)

ρ_w = densidade da água (kg/m^3);

μ_w = viscosidade da água (cP)

m = taxa de liberação da massa/corrente superficial (kg/m)

C_0 = constante de espalhamento.

Essa equação representa o regime de gravidade-viscosidade no processo de espalhamento, e leva em consideração apenas o espalhamento quiescente da porção mais espessa da mancha. O espalhamento turbulento rapidamente ultrapassa esse espalhamento quiescente em importância. O espalhamento turbulento ocorre como resultado de cisalhamentos horizontais e verticais no campo de velocidade em uma mancha de óleo, combinado com o entranhamento e ressuspensão das gotículas de óleo. Como esses processos também estão incluídos, o modelo é capaz de produzir manchas menos espessas com o passar do tempo.

No fenômeno da evaporação, a taxa de evaporação é controlada pela pressão de vapor de seus componentes individuais e suas frações em qualquer localização na superfície da mancha. A taxa de transferência de massa evaporativa é calculada de acordo com a prática de engenharia química:

$$dm_i/dt = K_e P_i A M_i F_i / RT \quad (9)$$

Onde,

m_i = massa associada com a i -ésimo componente de derramamento,

t = tempo (s);

K_e = coeficiente de transferência de massa evaporativa (m/s);

T = temperatura ($^{\circ}K$);

P_i = pressão de vapor para o i -ésimo componente (atm);

A = área de superfície da mancha (m^2);

M_i = componente de peso molecular i (grama/mol);

F_i = fração molar do componente i restante na mancha;

R = constante do gás $8,206 \times 10^5 \text{ atm}\cdot\text{m}^3/\text{mol}\cdot^{\circ}K$.

O coeficiente de transferência de massa é dependente do vento e é calculado da seguinte forma:

$$K_e = C_d U(t) \quad (10)$$

Onde,

C_d = coeficiente de arrasto da relação ar/mar

$U(t)$ = velocidade do vento (m/s)

O coeficiente de arrasto C_d depende da velocidade do vento:

$$C_d = (U^*/U(t))^2 \quad (11)$$

onde $U(t) > u_2$

O valor de U^* é:

$$CU(t), \text{ para } U(t) < u_1 \quad (12)$$

$$Cu_1 + (Du_2 + Cu_1) * (U(t) - u_1)/(u_2 - u_1), \text{ para } u_1 \leq U(t) \leq u_2 \quad (13)$$

$$DU(t), \text{ para } U(t) > u_2 \quad (14)$$

C , D , u_1 e u_2 são constantes (0,0323; 0,0474; 7 e 20 respectivamente)

Com relação à dispersão natural, o modelo utilizado para a previsão de entranhamento do óleo é dada pela formulação empírica:

$$Q_{di} = C^* D^{0,57} S F d_i^{0,7} \Delta d \quad (15)$$

Onde,

Q_{di} = taxa de entranhamento por unidade de área de superfície das gotículas de óleo com o range de diâmetro entre $d_i - \Delta d$ e $d_i + \Delta d$ (kg/m²s)

C^* = coeficiente de entranhamento derivado empiricamente,

D = enérgica de onda dissipada por unidade de área superficial (kg/s²)

S = fração da superfície do mar coberta pelo óleo;

F = fração da superfície do mar coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo (1/s)

D_i = diâmetro médio das partículas na classe de tamanho i (m)

Δd = intervalo de diâmetro da partícula (m)

O coeficiente empírico C^* é uma função da viscosidade do óleo.

$$C^* = 4450 \nu^{-0,4} \quad (16)$$

Onde,

ν = viscosidade cinemática do óleo (m²/s).

A energia dissipada da arrebentação da onda D é aproximada como:

$$D = 0,0034 \rho_w g H_b^2 \quad (17)$$

Onde,

ρ_w = densidade da água (kg/m³);

g = aceleração gravitacional (m/s²);

H_b = altura da onda no momento da arrebentação (m)

A fração F da superfície do mar coberta pela arrebentação das ondas por unidade de tempo é aproximada por:

$$F = 3 * 10^6 U(t)^{3,5} \quad (18)$$

Onde,

$U(t)$ = velocidade do vento (m/s)

O tamanho das gotículas é dado por:

$$d_0 = C_0 v^{0,34} / \sqrt{e} \quad (19)$$

Onde,

v = viscosidade cinemática;

e = taxa de dissipação da energia (escolhido como 1000 J/m³s)

C_0 = aproximadamente 500 para o tamanho mínimo das partículas e 3400 para o tamanho máximo. As gotículas são divididas em intervalo de tamanho que vão do mínimo tamanho das partículas para o máximo.

Com relação à interação do óleo com o litoral, o processo é desenvolvida de uma maneira simplificada, a partir de um modelo complexo de derramamento de óleo na zona costeira desenvolvido por Reed (1989) e Reed & Gundlach (1989). Baseado nestes estudos estimaram as capacidades de retenção e as taxas de remoção. As capacidades de retenção refletem a declividade da costa e a permeabilidade, além de exposição ao vento e às ondas.

Quando a superfície na mancha encontra a costa, o volume máximo do óleo, V_{max} (m³), que pode ser depositada é calculada como:

$$V_{max} = \delta_i L W_i \quad (21)$$

Onde,

δ_i = capacidade de retenção máxima para a costa tipo i (m);

W_i = largura de deposição para a costa de tipo i (m);

L = comprimento do segmento de costa (m);

O modelo usa a distância diagonal da célula como uma estimativa do L. Se o segmento de costa se encontra com sua capacidade máxima de retenção, a mancha continua a ser transportada pelo vento e pela corrente.

A quantidade de óleo removida do segmento de costa i durante um intervalo de tempo Δt é:

$$\Delta m = m_i(1 - \exp[-r_i\Delta t]) \quad (22)$$

Onde,

m_i = massa de óleo no segmento i no início do intervalo de tempo;

r_i = taxa de remoção apropriada para o tipo de costa.

A dissolução, assim como a evaporação, depende da fração molecular de cada componente na gotícula ou superfície da mancha. Adicionalmente a concentração no ambiente se torna importante:

$$dm_i/dt = K_d A(F_i S_i - C_i) \quad (23)$$

Onde,

K_d = coeficiente de dissolução da transferência de massa (m/s);

A = Área da superfície para uma gotícula ou uma superfície da mancha (m²);

F_i = fração molar do componente i remanescente da mancha ou da gotícula;

S_i = solubilidade do i-ésimo componente (g/m³; ppm),

C_i = concentração do ambiente para o i-ésimo componente (g/m³).

Para a superfície da mancha, o coeficiente de transferência de massa K_d é calculada como (THIBODEAUX, 1979):

$$K_d = Sh_i D_i / L \quad (24)$$

Para manchas, na superfície a correlação para o número de Sherwood usada é:

$$Sh_i = \text{Sherwood Number} = 0,578 Re^{0,5} Sc_i^{0,33} \quad (25)$$

Onde,

Re = número de Reynolds = $U_{rel} L / \nu_w$;

Sc_i = número de Schmidt ν_w / D_i

U_{rel} = velocidade relativa entre o óleo e a água (m/s);

L = largura da mancha (m);

ν_w = viscosidade cinemática da água ~ 8,9 x 10⁻⁷ m²/s a 25°C

D_i = difusividade molecular do componente i (m²/s)

Para as gotículas, a correlação de transferência de massa para esferas é utilizada para o número de Sherwood:

$$Sh = 2 + 0,347 Re^{0,62} Sc_i^{0,31} \quad (26)$$

Para as gotículas, a velocidade relativa é a velocidade de ascensão (Equação 6) e o diâmetro da mancha substitui a largura da mancha como a característica de comprimento no cálculo do número de Reynolds.

A adsorção, por sua vez, tem um papel importante no transporte e destino dos poluentes no meio aquático. A adsorção determina a extensão do particionamento do poluente entre a fase suspensa particulada e a fase dissolvida e, portanto, modela os efeitos tóxicos, assim como a taxa de remoção dos sedimentos na coluna de água.

A relação entre a concentração de equilíbrio do poluente na fase líquida (C_w) e a concentração de equilíbrio na fase sólida (C_s) pode ser representada com a curva $C_s \times C_w$ a uma temperatura constante. Há várias teorias que descrevem as isotermas de adsorção e as duas mais populares são:

- ✓ Isoterma de Langmuir

$$C_s = (K_1 K_2 C_w) / (1 + K_1 C_w) \quad (27)$$

- ✓ Isoterma de Freundlich

$$C_s = K_f C_w^{1/n} \quad (28)$$

Onde,

K_f = uma constante.

Em um ambiente aquático, a concentração do poluente C_w na fase líquida é usualmente baixa. Nessas condições, n na equação de Freundlich é igual a 1 e o termo $K_1 C_w$ na equação de Langmuir torna-se insignificante comparável com 1, então ambas as equações podem ser reduzidas à equação:

$$C_s = K_p C_w C_{ss} \quad (29)$$

Onde a concentração de sedimentos suspensos, C_{ss} , foi separada na definição do coeficiente de partição.

O coeficiente de partição de um componente químico, K_p , não é só função do pH e da temperatura, mas também é afetado pelas características químicas e físicas do sólido adsorvente. Estudos do comportamento de sorção-dessorção dos compostos orgânicos, especialmente os compostos hidrofóbicos e não iônicos, concluíram que o carbono orgânico ou a matéria orgânica contidos no adsorvente é o maior fator determinante do processo de adsorção. Se K_p é normalizado com a fração de carbono orgânico f_{oc} do sólido, então K_{oc} se torna independente do adsorvente:

$$K_{oc} = K_p / f_{oc} \quad (30)$$

Além disso, o coeficiente de partição baseada no carbono orgânico mostra uma excelente correlação com K_{ow} (coeficiente de partição octanol / água) e a solubilidade da água S .

Na volatilização da coluna de água, para cada liberação química, a Lei de Henry é computada:

$$H = P_{vp} / (S / M_w) \quad (31)$$

Onde,

P_{vp} = pressão de vapor (atm);

S = solubilidade (mg/l);

M_w = peso molecular (g/mol)

Se $H < 3 \times 10^{-7}$, a volatilização pode ser negligenciada. Para $H > 3 \times 10^{-7}$, uma constante adimensional, H' da lei de Henry é calculada:

$$H' = H / RT \quad (32)$$

Onde,

R = constante do gás (atm-m³/mol-°K)

T = temperatura (°K)

O coeficiente de troca da fase líquida K_5 é dado por:

$$K_5 = 20 \sqrt{44 / M_w} \quad (33)$$

e o coeficiente da troca da fase gasosa, K_6 :

$$K_6 = 3000 \sqrt{18 / M_w} \quad (34)$$

São utilizados para calcular o coeficiente de transferência de massa:

$$K_7 = (H' K_5 K_6) / (H' K_6 + K_5) \quad (35)$$

Os coeficientes K_5 , K_6 e K_7 são em cm/hora. A transferência de massa da coluna d'água para a atmosfera para este constituinte é:

$$dm/dt = K_7 m/d \quad (36)$$

Onde,

m = quantidade de massa do poluente, assumindo distribuição uniforme a uma profundidade d .

A profundidade de volatilização para substâncias dissolvidas possui o limite máximo de metade da altura da onda ou a profundidade difusiva d :

$$d = \sqrt{(2D_z \Delta t)} \quad (37)$$

Onde,

D_z = difusividade vertical (m^2/s);

Δt = intervalo de tempo do modelo (s).

A degradação permite a transformação dos múltiplos componentes inseridos no modelo. Embora as taxas de degradação por componente sejam utilizadas, tem-se o conhecimento de que os produtos de degradação podem ser mais solúveis e tóxicos que os componentes originais.

Vale ressaltar que os parâmetros de onda necessários para as simulações de derrame de óleo (altura significativa (H) e período (T)), são calculados internamente pelo modelo OSCAR sem considerar a interação da onda com o campo de correntes. As equações aplicadas pelo modelo são retiradas do U.S. Army Corps of Engineers Shore Protection Manual (1984), e apresentadas abaixo:

$$\frac{gH}{U_A^2} 0,283 \tanh \left[0,530 \left(\frac{gH}{U_A^2} \right)^{3/4} \right] \tanh \left\{ \frac{0,00565 \left(\frac{gH}{U_A^2} \right)^{1/2}}{\tanh \left[0,530 \left(\frac{gH}{U_A^2} \right)^{3/4} \right]} \right\} \quad (38)$$

$$\frac{gT}{U_A} 7,54 \tanh \left[0,833 \left(\frac{gT}{U_A} \right)^{3/8} \right] \tanh \left\{ \frac{0,0379 \left(\frac{gT}{U_A} \right)^{1/3}}{\tanh \left[0,833 \left(\frac{gT}{U_A} \right)^{3/8} \right]} \right\} \quad (39)$$

Onde:

g = aceleração gravitacional (m/s^2);

U = velocidade do vento (m/s);

d = profundidade local (m);

F = fetch (pista) do vento (m);

B.4 DADOS DE ENTRADA

Os conjuntos de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário são:

- ✓ Localização geográfica do ponto de derrame;
- ✓ Taxa de derrame;
- ✓ Duração da simulação;
- ✓ Tipo de óleo;
- ✓ Linha de costa;
- ✓ Batimetria;
- ✓ Grade *habitat* / tipo de ambiente (e.g., manguezais, áreas alagáveis, praias);
- ✓ Campo de correntes;
- ✓ Campo de ventos;
- ✓ Temperatura da água do mar;
- ✓ Parâmetros de simulação (e.g. número de partículas, número de camadas verticais, número de simulações determinísticas que compõe cada cenário probabilístico, passo de tempo, intervalo de saída, fator de vento, entre outros).

B.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAMO, O.M.; M. REED, P.S. DALING & O. JOHASEN, 1993. A Laboratory-Based Weathering Model: PC Version for Coupling to Transport Models. Proceedings of the 1993 Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar, p. 617-626.

AAMO, O.M.; M. REED & P.S. DALING, 1995. Evaluation of environmental consequences and effectiveness of oil spills operations with a possible change in first line response at the Veslefrikk field. SINTEF Report n° 95.006, 1995 SINTEF Petroleum Research.

AAMO, O.M.; K. DOWNING & M. REED, 1996. Calibration, verification and sensitivity analysis of the IKU Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) model system. Technical Report 42.4048.00/01/96, IKU, Norwegian.

BOWDEN, K. F., 1983. Physical Oceanography of Coastal Waters. Ellis Harwood Ltd, UK. 312p.

DALING, P.S. & P.J. BRANDVK, 2001. Weathering of oils at sea: comparisons between field data and model predictions. In: Brebbia, C.A. (Ed.). *Oil Spill Modelling and Processes*. Southampton: WIT Press. P. 91-106.

DALING, P.S.; P.J. BRANDVIK, D. MACKAY & O. JOHASEN, 1990. Characterization of Crude Oils for Environmental Purposes. *Oil and Chemical Pollution*, Vol. 7, p. 119-224.

DOWNING, K. & M. REED, 1996. Object-oriented migration modeling for biological impact assessment. *Ecological Modelling*, Vol. 93, p. 203-219.

ICHIYE, T. ,1967. "Upper ocean boundary-layer flow determined by dye diffusion". *Phys. Fluids Suppl.* Vol. 10, pp 270-277.

JOHANSEN, Ø., 2000. DeepBlow – A Lagrangian Plume Model for Deep Water Blowouts. *Spill Science & Technology Bulletin*. Vol. 6, No. 2: 103 – 111.

KULLENBERG, G., 1982. Pollutant transfer and transport in the sea. CRC Press, Boca Raton, Fl. , Vol. I. 227 p.

OKUBO, A., 1971. Oceanic diffusion diagrams. *Deep Sea Research* 18:789-802.

OKUBO, A., 1974. Some speculation on oceanic diffusion diagrams. In Kullenberg, G. and Talbot, J. (eds), *Physical Processes Responsible for Dispersal of Pollutants in the Sea*. Rapp. Proc. Verb Penn. Cons. Inter. Expl. Mer. 167: 77-85.

REED, M., 1989. The physical fates component of the CERCLA Type A model system. *Oil and Chemical Pollution* 5:99-124.

REED, M.; O.M. AAMO & P.S. DALING, 1995. Quantitative analysis of alternate oil spill response strategies using OSCAR. *Spill Science and Technology*, Pergamon Press 2(1): 67-74.

REED, M.; O.M. AAMO & K. DOWNING, 1995. Calibration and testing of IKU's Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Model System. Proceedings of 19th AMOP Seminar, Edmonton, Alberta, p. 689-726.

REED, M., O.M. AAMO, AND K. DOWNING, 1996. Calibration and Testing of IKU's Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Model System. Proceedings of 19th AMOP Seminar, Edmonton, Alberta. p. 689 – 726.

REED, M. AND E. GUNDLACH, 1989. Hindcast of the Amoco Cadiz event with a coastal zone oil spill model. *Oil and Chemical Pollution* 5(6):411-449.

THIBODEAUX, L. J., 1979. Chemodynamics. John Wiley and Sons, NY. 501 pp

APÊNDICE C – RESUMO DOS RESULTADOS PROBABILÍSTICOS PARA O TOQUE DO ÓLEO NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Este apêndice apresenta o resumo, na forma de uma tabela, dos valores mais críticos dentre os resultados probabilísticos obtidos, considerando as Unidades de Conservação (UCs) com probabilidade de presença do óleo, extraídas a partir do conjunto das bases do MAREM (IBP, 2016) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA) ¹⁹.

As informações para as Unidades de Conservação foram obtidas através de pós-processamento dos shapes dos resultados probabilísticos com o shape da Unidades de Conservação. As tabelas apresentam as informações de maior probabilidade de toque, menor tempo de toque, tempo médio de toque e maior massa em cada UC, por cenário simulado.

A Tabela C-1 apresenta o resumo das informações mais críticas de toque nas Unidades de Conservação de cenário. Os cenários de volume pequeno e pior caso de *blowout* do poço ODP4 não apresentaram o toque do óleo em Unidades de Conservação.

Pode-se verificar que no período da primavera-verão a maior probabilidade de toque (75,4%) ocorreu na Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Sul (SP) no cenário de pior caso (*blowout*) e, o menor tempo (149 horas) foi na Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de (RJ) a partir do resultado de volume médio. Para o período de outono-inverno a maior probabilidade (81,9 %) ocorreu no Parque Estadual da Costa do Sol (RJ) e o menor tempo (112 horas) na Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana (RJ), sendo ambos os resultados encontrados no cenário de pior caso (FPSO).

¹⁹ <https://www.mma.gov.br/> Último acesso em 15 de fevereiro de 2020.

Tabela C-1 – Resumo dos resultados mais críticos para o toque do óleo nas Unidades de Conservação das simulações probabilísticas.

PONTO	PERÍODO	VOLUME	PARÂMETRO	VALORES	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF
FRADE	PRIVER	200m ³	Tempo Min. (horas)	149	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Tempo Med. (horas)	154	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Prob. (%)	4,1	Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ
			Massa Máxima (ton./célula)	13,856	Parque Estadual da Costa do Sol	RJ
		Pior Caso (FPSO)	Tempo Min. (horas)	150	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Tempo Med. (horas)	172	Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ
			Prob. (%)	23,6	Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro	SP
			Massa Máxima (ton./célula)	5650,4958	Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ
		Pior Caso (blowout)	Tempo Min. (horas)	160	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Tempo Med. (horas)	183	Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ
			Prob. (%)	75,4	Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Sul	SP
			Massa Máxima (ton./célula)	165,5091	Parque Estadual da Costa do Sol	RJ
	OUTINV	200m ³	Tempo Min. (horas)	116	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Tempo Med. (horas)	127	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Prob. (%)	24,2	Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ
			Massa Máxima (ton./célula)	66,0063	Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ
		Pior Caso (FPSO)	Tempo Min. (horas)	112	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Tempo Med. (horas)	155	Área de Proteção Ambiental Azeda-Azedinha	RJ
			Prob. (%)	33,9	Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ
			Massa Máxima (ton./célula)	3899,1204	Parque Natural Municipal dos Corais de Armação dos Búzios	RJ
		Pior Caso (blowout)	Tempo Min. (horas)	121	Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ
			Tempo Med. (horas)	174	Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ
			Prob. (%)	81,9	Parque Estadual da Costa do Sol	RJ
			Massa Máxima (ton./célula)	156,5317	Parque Natural Municipal dos Corais de Armação dos Búzios	RJ

A Tabela C-2 até a Tabela C-4 apresentam os resultados individuais do toque do óleo nas Unidades de Conservação.

Tabela C-2 - Resultados mais críticos do toque do óleo nas Unidades de Conservação, da simulação probabilística de volume médio, período de primavera-verão.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ	0,1	149	154	2,1540
Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ	4,1	172	180	11,1083
Parque Estadual da Costa do Sol	RJ	2,7	165	191	13,8560
Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil	RJ	2,3	187	190	6,9819
Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ	4,1	165	184	13,8560

Tabela C-3 - Resultados mais críticos do toque do óleo nas Unidades de Conservação, da simulação probabilística de volume de pior caso (FPSO), período de primavera-verão.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental da Orla Marítima	RJ	0,1	539	603	5,1890
Reserva Particular do Patrimônio Natural Mato Grosso	RJ	0,5	460	461	10,1035
Reserva Ecológica da Juatinga	RJ	6,6	448	509	35,2208
Monumento Natural das Ilhas Cagarras	RJ	2,9	288	326	15,9732
Parque Estadual Marinho do Aventureiro	RJ	3,1	420	465	25,4850
Parque Estadual da Ilha Grande	RJ	3,3	395	463	35,2106
Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro	RJ	3,1	420	481	25,4850
Reserva Biológica da Praia do Sul	RJ	4,4	414	469	35,2106
Reserva Extrativista Marinha de Itaipu	RJ	1,0	352	440	11,7868
Parque Natural Municipal de Niterói	RJ	0,1	457	459	2,5233
Parque Estadual da Serra da Tiririca	RJ	0,6	355	444	10,1251
Parque Natural Municipal de Grumari	RJ	0,8	326	415	20,4973
Parque Nacional da Serra da Bocaina	RJ/SP	3,0	542	585	35,0976
Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba	RJ	0,4	415	528	5,2598
Área de Proteção Ambiental de Grumari	RJ	0,8	326	437	20,4973
Área de Proteção Ambiental da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	RJ	0,8	326	467	20,4973
Área de Proteção Ambiental de Tamoios	RJ	4,4	386	462	35,2106
Área de Proteção Ambiental de Mangaratiba	RJ	0,5	468	478	5,1734
PNM de Marapendi	RJ	0,1	539	539	5,1185
Área de Proteção Ambiental de Marapendi	RJ	0,1	539	573	5,1185
Área de Relevante Interesse Ecológico Ilhas das Cagarras	RJ	1,2	324	331	10,3196
Área de Proteção Ambiental de Cairuçu	RJ/SP	6,6	448	523	35,2208
Área de Proteção Ambiental de Maricá	RJ	0,5	450	456	15,6697
Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ	2,0	150	254	338,7006
Área de Proteção Ambiental Azeda-Azedinha	RJ	2,6	192	192	35,2393

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ	7,9	165	172	1728,9916
Parque Natural Municipal do Arquipélago de Santana	RJ	0,2	331	343	5,4045
Parque Estadual da Lagoa do Açu	RJ	0,3	212	299	5,2208
Parque Estadual da Costa do Sol	RJ	6,2	157	256	5650,4958
REc de Jacarepiá	RJ	0,9	454	456	118,5831
REc de Massambaba	RJ	0,7	305	409	69,9538
Área de Proteção Ambiental de Massambaba	RJ	0,9	305	458	118,5831
Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil	RJ	5,5	173	198	2901,4122
Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba	RJ	0,1	335	336	2,2258
Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ	9,7	153	195	5650,4958
Parque Natural Municipal dos Corais de Armação dos Búzios	RJ	3,0	186	211	35,6043
Área de Relevante Interesse Ecológico de Itapebussus	RJ	0,1	363	376	1,2128
Área de Proteção Ambiental Municipal das Serras	RJ	0,3	453	456	5,2879
Refúgio de Vida Silvestre Municipal das Serras De Maric	RJ	0,4	453	455	5,2879
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro	SP	23,6	464	520	39,5058
Estação Ecológica dos Tupiniquins	SP	12,4	599	661	102,5932
Estação Ecológica Tupinambás	SP	11,9	475	516	57,4722
Área de Relevante Interesse Ecológico Ilhas da Queimada Pequena e Queimada Grande	SP	13,5	538	588	52,5065
Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	SP	17,1	509	522	39,5058
Arie Zona de Vida Silvestre da Apa Da Ilha Comprida	SP	2,5	657	681	117,7576
Área de Proteção Ambiental da Ilha Comprida	SP	3,1	656	676	117,7576
Parque Estadual Restinga de Bertiooga	SP	0,1	734	737	5,0424
Parque Estadual de Ilhabela	SP	18,6	400	488	1617,7297
Estação Ecológica Juréia-Itatins	SP	5,3	653	677	78,6871
Parque Estadual da Serra do Mar	SP	4,0	480	604	69,9230
Parque Estadual do Lagamar de Cananéia	SP	0,2	732	732	4,9057
Refúgio da Vida Silvestre Abrigo e Guararitama	SP	4,8	653	657	52,5938
Parque Estadual do Itinguçu	SP	6,0	628	655	78,6871
Parque Estadual do Prelado	SP	5,3	670	689	34,2811
Parque Estadual da Ilha do Cardoso	SP	2,9	667	690	206,4899
Parque Estadual da Ilha Anchieta	SP	6,5	468	505	35,2156
Parque Estadual Xixová-Japuí	SP	0,1	710	710	4,9692
Área de Proteção Ambiental de Cananéia-Iguape-Peruíbe	SP	2,7	659	687	686,0112
Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará	SP	1,4	659	667	69,4445
Reserva Extrativista Ilha do Tumba	SP	2,2	673	701	69,5113
Área de Relevante Interesse Ecológica Ilha Ameixial	SP	2,6	653	653	78,6871
Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una	SP	5,4	633	650	90,6424

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Carijó)	SP	19,2	517	623	52,5938
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Cunhambebe)	SP	10,5	361	518	219,3789
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Maembipe)	SP	23,0	373	448	1703,4408
ARIE deE São Sebastião	SP	0,7	629	647	17,9767
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Ypautiba)	SP	7,7	500	616	20,2768
RPPN Marina do Conde	SP	0,1	685	685	0,0000
Área De Proteção Ambiental Municipal da Serra D	SP	0,3	685	697	5,0340
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Guaíbe)	SP	9,0	528	659	16,8102
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Sul	SP	12,5	584	646	686,0112
Área de Relevante Interesse Ecológico da Ilha Comprida	SP	2,5	656	678	117,7576
Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago de Alcatrazes	SP	21,9	410	463	70,9958
Parque Natural Municipal das Ilhas dos Currais	PR	1,9	688	707	11,5192
Parque Nacional do Superagui	PR	1,7	677	696	69,6754
Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba (Federal)	PR	0,4	688	688	14,8002
Estação Ecológica da Ilha do Mel	PR	0,1	725	725	4,8585
Parque Estadual da Ilha do Mel	PR	0,6	707	716	9,8233
Estação Ecológica de Guaraqueçaba	PR	0,2	711	711	4,9007
Parque Natural Municipal da Lagoinha do Leste	SC	0,2	677	711	4,9899
Parque Natural Municipal Lagoa Jacaré das Dunas do Santinho	SC	0,2	709	722	15,2652
Reserva Biológica Marinha do Arvoredo	SC	1,5	663	701	9,9468
Área Tombada Dunas do Santinho	SC	0,2	728	728	4,9950
Parque Estadual Acaraí	SC	0,8	717	726	34,0536
Parque Estadual Acaraí	SC	0,8	720	726	34,0536
Parque Estadual da Serra do Tabuleiro	SC	0,2	711	727	5,0078
Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca	SC	0,5	662	700	7,5209

Tabela C-4 - Resultados mais críticos do toque do óleo nas Unidades de Conservação, da simulação probabilística de volume de pior caso (*blowout*), período de primavera-verão.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Refúgio da Vida Silvestre de Santa Cruz	ES	0,1	684	785	0,6506
Área de Proteção Ambiental Costa das Algas	ES	0,3	315	649	0,6872
Área de Proteção Ambiental Municipal Tartarugas	ES	4,2	294	294	0,6408
Reserva Ecológica da Juatinga	RJ	8,1	527	782	0,9430
Parque Nacional da Serra da Bocaina	RJ/SP	3,3	642	872	0,6227
Área de Proteção Ambiental de Cairuçu	RJ/SP	8,1	527	787	0,9430
Monumento Natural dos Costões Rochosos	RJ	0,2	436	436	12,6976
Parque Natural Municipal da Restinga Do Barreto	RJ	0,8	372	377	25,4326
Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ	17,0	160	457	25,4326
Área de Proteção Ambiental Azeda-Azedinha	RJ	22,2	239	239	12,7171
Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ	38,5	177	183	12,9586
Parque Natural Municipal do Estuário do Rio Macaé	RJ	1,4	361	361	12,6981
Parque Natural Municipal do Arquipélago de Santana	RJ	8,0	291	309	19,7141
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico-Leão-Dourado	RJ	0,5	345	562	90,1359
Parque Estadual da Lagoa do Açú	RJ	14,7	165	299	25,4461
Parque Estadual da Costa do Sol	RJ	39,5	171	286	165,5091
REc de Massambaba	RJ	0,2	675	675	0,3141
Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil	RJ	35,2	192	264	133,9572
Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba	RJ	0,8	332	509	7,5830
Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ	38,5	165	248	165,5091
Parque Natural Municipal dos Corais de Armação dos Búzios	RJ	23,0	231	278	25,4320
Área de Relevante Interesse Ecológico de Itapebussus	RJ	1,2	307	742	25,4698
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro	SP	64,2	505	625	12,7957

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Estação Ecológica dos Tupiniquins	SP	70,7	601	722	19,3747
Estação Ecológica Tupinambás	SP	39,1	494	700	4,1879
Área de Relevante Interesse Ecológico Ilhas da Queimada Pequena e Queimada Grande	SP	73,4	580	680	19,1637
Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	SP	64,2	542	644	12,7957
Arie Zona de Vida Silvestre da Apa da Ilha Comprida	SP	70,2	666	714	32,2148
Área de Proteção Ambiental da Ilha Comprida	SP	70,2	666	720	32,2148
Parque Estadual Restinga de Bertiooga	SP	5,7	864	913	0,6336
Parque Estadual de Ilhabela	SP	57,0	475	624	17,8366
Estação Ecológica Juréia-Itatins	SP	68,8	664	763	12,8178
Parque Estadual da Serra do Mar	SP	15,7	513	874	1,8343
Parque Estadual do Lagamar de Cananéia	SP	6,1	770	770	0,6163
Refúgio da Vida Silvestre Abrigo e Guararitama	SP	67,7	665	756	10,4564
Parque Estadual do Itinguçu	SP	64,5	646	714	10,4575
Parque Estadual do Prelado	SP	68,8	674	751	34,4098
Parque Estadual da Ilha do Cardoso	SP	70,9	677	714	25,6180
Parque Estadual da Ilha Anchieta	SP	20,2	494	725	1,5551
Parque Estadual Xixová-Japuí	SP	10,7	812	978	1,2441
Área de Proteção Ambiental de Cananéia-Iguape-Peruíbe	SP	69,8	672	756	73,5802
Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará	SP	67,1	672	763	10,2232
Reserva Extrativista Ilha do Tumba	SP	68,1	677	731	25,4563
Área de Relevante Interesse Ecológica Ilha Ameixial	SP	55,8	672	803	10,4575
Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una	SP	60,5	651	707	10,4575
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Carijó)	SP	73,4	541	783	19,1637
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Cunhambebe)	SP	20,2	488	933	1,8640
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Maembipe)	SP	57,0	459	609	17,8366
ARIE de São Sebastião	SP	0,4	1071	1265	0,3149

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Ypautiba)	SP	9,7	679	890	0,9299
RPPN Marina do Conde	SP	1,9	812	812	0,3186
Área de Proteção Ambiental Municipal Da Serra D	SP	7,1	812	1070	0,6357
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Guaíbe)	SP	19,3	706	1003	1,2532
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Sul	SP	75,4	597	674	73,5802
Área de Relevante Interesse Ecológico da Ilha Comprida	SP	70,2	666	720	32,2148
Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago De Alcatrazes	SP	39,1	455	591	4,1879
Parque Natural Municipal das Ilhas dos Currais	PR	51,3	689	705	1,7741
Parque Nacional do Superagui	PR	69,8	692	758	118,6161
Estação Ecológica da Ilha do Mel	PR	47,0	743	895	25,5422
Parque Estadual da Ilha do Mel	PR	67,1	709	747	101,5634
Parque Estadual do Boguaçu	PR	43,3	806	879	25,4820
Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange	PR	55,6	830	858	19,1821
Estação Ecológica de Guaraqueçaba	PR	63,4	717	733	12,8208
Área de Proteção Ambiental de Guaratuba	PR	55,6	776	865	25,4820
RESEX do Rio Araranguá	SC	21,9	1019	1154	5,5176
APA da Costa de Araranguá	SC	22,5	959	1091	6,1422
Monumento Natural Morro dos Conventos	SC	21,9	962	1129	6,1422
Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição	SC	24,2	857	962	3,7050
Parque Natural Municipal da Galheta	SC	40,4	794	809	6,2004
Parque Natural Municipal da Lagoinha do Leste	SC	43,0	825	878	11,6461
Parque Natural Municipal Lagoa Jacaré das Dunas do Santinho	SC	56,3	770	800	25,5222
PNM do Atalaia	SC	39,9	863	890	11,3730
Reserva Biológica Marinha do Arvoredo	SC	66,8	724	776	19,1716
Área Tombada da Restinga de Ponta das Canas	SC	53,8	811	815	19,1334
Área Tombada Dunas dos Ingleses	SC	47,9	801	820	25,5222

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área Tombada Dunas do Santinho	SC	49,4	770	803	25,5222
Área Tombada Dunas do Campeche	SC	12,5	866	968	1,2426
Área Tombada da Lagoa da Chica	SC	12,5	866	866	1,2275
Parque Estadual Acarai	SC	64,0	715	759	25,5631
Parque Estadual Acaraí	SC	64,0	715	761	25,5631
Monumento Natural Municipal da Lagoa do Peri	SC	12,7	900	1021	1,9290
Parque Natural Municipal da Lagoa do Peri	SC	12,7	900	922	1,9290
Parque Estadual do Rio Vermelho	SC	34,9	794	836	5,8896
Parque Natural Municipal do Morro do Macaco	SC	40,9	860	898	17,1348
Área de Proteção Ambiental do Entorno Costeiro	SC	13,5	922	1078	1,8407
Parque Estadual da Serra do Tabuleiro	SC	40,2	814	1033	11,9178
Estação Ecológica de Carijós	SC	36,3	829	861	13,0474
Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca	SC	57,8	770	949	12,7764
Área de Proteção Ambiental Anhatomirim	SC	33,8	884	933	8,1823
EE do Taim	RS	12,6	1173	1313	2,7334
Refugio de Vida Silvestre Ilha dos Lobos	RS	31,6	989	1024	4,2974
PE da Guarita	RS	18,0	1078	1078	2,2569
Parque Nacional da Lagoa Do Peixe	RS	36,3	858	964	11,9904
Parque Estadual de Itapeva	RS	18,0	1020	1130	2,7601
Refúgio de Vida Silvestre do Molhe Leste	RS	25,0	1031	1110	7,2883

Tabela C-5 - Resultados mais críticos do toque do óleo nas Unidades de Conservação, da simulação probabilística de volume médio, período de outono-inverno.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ	0,2	116	127	12,8720
Área de Proteção Ambiental Azeda-Azedinha	RJ	20,4	170	170	7,9486
Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ	24,2	155	166	66,0063
Parque Estadual da Costa do Sol	RJ	24,0	135	224	52,2153
Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil	RJ	24,0	156	276	52,2153
Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ	24,2	140	165	66,0063
Parque Natural Municipal dos Corais de Armação dos Búzios	RJ	20,9	170	173	21,1967

Tabela C-6 - Resultados mais críticos do toque do óleo nas Unidades de Conservação, da simulação probabilística de volume de pior caso (FPSO), período de outono-inverno.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental da Lagoa Grande	ES	2,9	309	356	52,4611
Parque Natural Municipal Morro da Pescaria	ES	2,4	305	327	13,5611
Parque Natural Municipal da Ilha do Gambá	ES	0,5	438	438	5,0365
Parque Natural Municipal da Cadeia das Ilhas do Meio, dos Cabritos e dos Franceses	ES	2,5	326	386	32,4633
Área de Proteção Ambiental Baía Das Tartarugas	ES	0,2	423	442	5,0162
Área de Proteção Ambiental de Guanandy	ES	4,9	329	406	209,5485
Reserva Estadual de Desenvolvimento Sustentável Concha D'Ostra	ES	1,9	372	399	16,7376
Área de Proteção Ambiental de Setiba	ES	3,7	297	325	66,3165
Parque Estadual Paulo César Vinha	ES	2,9	307	341	66,3165
Área de Proteção Ambiental de Praia Mole	ES	0,6	426	447	15,1349
Refúgio da Vida Silvestre de Santa Cruz	ES	0,3	344	405	5,0927
Área de Proteção Ambiental Costa das Algas	ES	2,6	266	397	44,4906
Monumento Natural Municipal Falésias de Marataízes	ES	6,4	320	347	69,9704
Parque Natural Municipal de Jacarenema	ES	1,4	333	374	15,1577
Área de Proteção Ambiental Municipal Tartarugas	ES	4,8	301	347	221,2763
Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Papagaio	ES	2,1	390	407	685,8131
Reserva Particular do Patrimônio Natural Mato Grosso	RJ	0,2	546	546	4,9807
Reserva Ecológica da Juatinga	RJ	0,3	632	698	5,3334
Monumento Natural das Ilhas Cagarras	RJ	1,4	493	637	8,3602
Parque Estadual Marinho do Aventureiro	RJ	0,3	602	606	5,1307
Parque Estadual da Ilha Grande	RJ	0,3	588	635	5,3444
Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro	RJ	0,3	602	607	5,1307

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Reserva Biológica da Praia do Sul	RJ	0,5	602	628	5,1307
Reserva Extrativista Marinha de Itaipu	RJ	0,1	741	742	2,7735
Parque Estadual da Serra da Tiririca	RJ	0,1	742	742	2,7712
Parque Natural Municipal de Grumari	RJ	0,1	668	668	0,3790
Área de Proteção Ambiental de Grumari	RJ	0,1	668	668	0,3790
Área de Proteção Ambiental da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	RJ	0,2	668	690	4,9976
Área de Proteção Ambiental de Tamoios	RJ	0,5	570	628	10,1459
Área de Relevante Interesse Ecológico Ilhas das Cagarras	RJ	0,2	687	714	5,0738
Área de Proteção Ambiental de Cairuçu	RJ/SP	0,3	632	695	5,3334
Monumento Natural dos Costões Rochosos	RJ	13,3	416	432	997,6433
Parque Natural Municipal da Restinga Do Barreto	RJ	9,7	489	491	69,9285
Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ	22,8	112	315	512,9920
Área de Proteção Ambiental Azeda-Azedinha	RJ	25,6	155	155	35,2347
Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ	29,9	148	157	3117,4604
Parque Natural Municipal do Estuário do Rio Macaé	RJ	7,7	482	593	35,2116
Parque Natural Municipal do Arquipélago de Santana	RJ	18,0	382	388	333,4196
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico-Leão-Dourado	RJ	11,6	419	438	3213,0869
RPPN Fazenda Caruara	RJ	16,4	261	268	69,9852
Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda	RJ	16,4	261	268	69,9852
Parque Estadual da Lagoa do Açu	RJ	20,3	153	169	197,6355
Parque Estadual da Costa do Sol	RJ	29,6	132	319	1339,3828
REc de Jacarepiá	RJ	0,1	744	744	4,9471
REc de Massambaba	RJ	2,7	441	526	69,6570
Área de Proteção Ambiental de Massambaba	RJ	2,8	441	567	69,6628
Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil	RJ	28,8	147	227	848,1921
Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba	RJ	14,2	274	479	615,3192
Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ	33,9	134	252	3117,4604
Parque Natural Municipal dos Corais de Armação dos Búzios	RJ	27,1	151	162	3899,1204
Área de Relevante Interesse Ecológico de Itapebussus	RJ	13,6	399	454	473,4187
Área de Proteção Ambiental Municipal Das Serras	RJ	0,2	727	727	5,2349
Refúgio de Vida Silvestre Municipal Das Serras De Maric	RJ	0,2	727	727	5,2349
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro	SP	9,1	463	565	35,9591
Estação Ecológica dos Tupiniquins	SP	0,7	704	704	4,9725
Estação Ecológica Tupinambás	SP	1,7	649	681	10,0547
Área de Relevante Interesse Ecológico Ilhas da Queimada Pequena e Queimada Grande	SP	1,7	664	665	39,5079
Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	SP	3,7	483	598	35,0603

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Parque Estadual de Ilhabela	SP	5,0	448	586	39,5177
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Carijó)	SP	4,9	530	677	39,5079
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Cunhambebe)	SP	8,0	476	658	14,9702
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Maembipe)	SP	9,8	429	558	39,5177
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Ypautiba)	SP	0,3	651	712	4,9849
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Guaíbe)	SP	1,0	654	707	5,0605
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Sul	SP	0,7	646	718	8,2912
Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago De Alcatrazes	SP	8,4	448	546	15,1784
Parque Natural Municipal da Lagoinha do Leste	SC	1,1	659	661	9,9289
Parque Natural Municipal Lagoa Jacaré das Dunas do Santinho	SC	1,9	677	685	43,8611
Reserva Biológica Marinha do Arvoredo	SC	2,4	654	677	52,3546
Área Tombada da Restinga de Ponta das Canas	SC	0,7	690	693	24,5211
Área Tombada Dunas dos Ingleses	SC	1,4	687	689	43,8611
Área Tombada Dunas do Santinho	SC	1,7	683	686	43,8611
Parque Estadual da Serra do Tabuleiro	SC	2,8	643	670	34,6508
Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca	SC	3,3	631	668	52,3624

Tabela C-7 - Resultados mais críticos do toque do óleo nas Unidades de Conservação, da simulação probabilística de volume de pior caso (*blowout*), período de outono-inverno.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Parque Nacional Marinho dos Abrolhos	BA	0,6	978	1013	0,3194
Área de Proteção Ambiental da Lagoa Grande	ES	21,0	201	433	0,9767
Parque Natural Municipal da Cadeia das Ilhas do Meio, dos Cabritos e dos Franceses	ES	0,4	348	348	0,6294
Reserva Biológica de Comboios	ES	24,1	206	346	1,2837
Área de Relevante Interesse Ecológico do Degredo	ES	16,3	245	279	0,7497
Área de Proteção Ambiental Baía das Tartarugas	ES	4,1	254	566	0,6489
Área de Proteção Ambiental da Ilha do Frade	ES	0,8	266	523	0,6315
Área de Proteção Ambiental de Guanandy	ES	9,4	280	496	0,9546
Reserva Estadual de Desenvolvimento Sustentável Concha D'Ostra	ES	2,9	370	589	0,6197

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental de Setiba	ES	21,0	211	506	0,9767
Parque Estadual Paulo César Vinha	ES	14,6	214	554	0,9504
Área de Proteção Ambiental de Praia Mole	ES	9,6	244	534	0,9453
Refúgio da Vida Silvestre de Santa Cruz	ES	15,0	202	586	0,9748
Área de Proteção Ambiental Costa das Algas	ES	26,7	191	508	1,5679
Monumento Natural Municipal Falésias de Marataízes	ES	23,3	244	309	1,8892
Parque Natural Municipal de Jacarenema	ES	14,1	270	411	0,6500
Área de Proteção Ambiental Municipal Tartarugas	ES	26,5	220	306	5,3402
Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Papagaio	ES	9,6	299	356	1,5800
Parque Natural Municipal Professor Melo Barreto	RJ	10,3	934	934	2,7583
Área de Proteção Ambiental da Orla Marítima	RJ	10,3	927	1036	2,7583
Reserva Particular do Patrimônio Natural Mato Grosso	RJ	0,5	1197	1260	0,3178
Reserva Ecológica da Juatinga	RJ	26,2	807	884	15,0684
Monumento Natural das Ilhas Cagarras	RJ	15,7	918	1030	6,0613
Parque Estadual Marinho do Aventureiro	RJ	28,2	766	886	10,4725
Parque Estadual da Ilha Grande	RJ	28,2	766	913	16,9241
Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro	RJ	28,2	766	924	10,4725
Reserva Biológica da Praia do Sul	RJ	30,8	766	913	12,7519
Reserva Extrativista Marinha de Itaipu	RJ	5,9	1012	1141	1,2420
Parque Natural Municipal de Niterói	RJ	0,5	1126	1230	0,6218
Parque Estadual da Serra da Tiririca	RJ	5,9	1012	1115	1,2420
Parque Natural Municipal de Grumari	RJ	20,4	827	931	4,6402
Parque Natural Municipal da Prainha	RJ	2,3	1043	1043	0,6146
Parque Nacional da Serra da Bocaina	RJ/SP	19,1	867	885	8,3545
Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba	RJ	18,7	853	896	4,9309

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental de Grumari	RJ	20,4	827	949	4,6402
Área de Proteção Ambiental das Ptas. de Copac. e Arpoador e seus Entornos	RJ	4,3	1038	1038	1,2335
Área de Proteção Ambiental da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	RJ	20,4	827	946	4,9309
Área de Proteção Ambiental da Paisagem e do ÁREA da Praia do Pontal	RJ	8,9	961	961	1,2412
Área de Proteção Ambiental da Prainha	RJ	2,3	1043	1043	0,6146
Área de Proteção Ambiental de Tamoios	RJ	32,7	766	904	16,9241
Área de Proteção Ambiental de Mangaratiba	RJ	20,1	858	964	2,7478
PNM de Marapendi	RJ	10,3	924	962	2,7583
Área de Proteção Ambiental de Marapendi	RJ	10,3	924	972	2,7583
Área de Relevante Interesse Ecológico Ilhas das Cagarras	RJ	15,7	918	1023	6,0613
Área de Proteção Ambiental de Cairuçu	RJ/SP	26,2	807	884	15,0684
Área de Proteção Ambiental de Maricá	RJ	2,9	1038	1096	0,9314
Monumento Natural dos Costões Rochosos	RJ	31,5	525	534	12,7415
Parque Natural Municipal da Restinga do Barreto	RJ	30,2	350	503	15,8681
Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Santana	RJ	65,6	121	344	25,5286
Área de Proteção Ambiental Azeda-Azedinha	RJ	74,6	188	188	12,7487
Reserva Ecológica da Ilha do Cabo Frio	RJ	77,4	162	174	13,0469
Parque Natural Municipal do Estuário do Rio Macaé	RJ	31,4	403	403	12,7516
Parque Natural Municipal do Arquipélago de Santana	RJ	53,6	251	355	25,4911
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico-Leão-Dourado	RJ	36,5	447	499	18,7178
RPPN Fazenda Caruara	RJ	50,4	240	263	11,6114
Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda	RJ	50,4	240	263	11,6114
Parque Estadual da Lagoa do Açú	RJ	61,1	164	208	25,5590
Parque Estadual da Costa do Sol	RJ	81,9	139	404	25,5099
REc de Massambaba	RJ	12,4	699	742	1,8610

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil	RJ	76,4	160	320	26,0220
Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba	RJ	37,7	359	604	25,5363
Reserva Extrativista Marinha do Arraial do Cabo	RJ	77,4	140	422	25,4851
Parque Natural Municipal dos Corais de Armação dos Búzios	RJ	74,6	179	224	156,5317
Área de Relevante Interesse Ecológico de Itapebussus	RJ	38,7	348	510	25,4586
Área De Proteção Ambiental Municipal Das Serras	RJ	1,4	850	1000	0,6284
Refúgio De Vida Silvestre Municipal Das Serras De MaricaS	RJ	1,4	850	1000	0,6284
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro	SP	45,4	496	695	12,7816
Estação Ecológica dos Tupiniquins	SP	19,6	818	984	19,0968
Estação Ecológica Tupinambás	SP	39,0	794	861	12,7752
Área de Relevante Interesse Ecológico Ilhas da Queimada Pequena e Queimada Grande	SP	41,6	769	884	19,0909
Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	SP	45,4	686	711	12,7816
Arie Zona de Vida Silvestre da APA Da Ilha Comprida	SP	19,5	1029	1155	10,5041
Área de Proteção Ambiental da Ilha Comprida	SP	23,2	1029	1128	25,4675
Parque Estadual Restinga de Bertioga	SP	13,3	971	1006	9,1948
Parque Estadual de Ilhabela	SP	57,4	561	864	19,1962
Estação Ecológica Juréia-Itatins	SP	28,3	943	982	38,6158
Parque Estadual da Serra do Mar	SP	20,5	867	996	22,3916
Parque Estadual do Lagamar de Cananéia	SP	0,9	1124	1124	0,3116
Refúgio da Vida Silvestre Abrigo e Guararitama	SP	30,3	923	935	12,8082
Parque Estadual do Itinguçu	SP	31,4	914	940	38,6158
Parque Estadual do Prelado	SP	27,4	947	993	35,0744
Parque Estadual da Ilha do Cardoso	SP	20,8	962	1099	26,7478
Parque Estadual da Ilha Anchieta	SP	25,8	807	859	11,0759
Parque Estadual Xixová-Japuí	SP	19,2	945	1028	19,0939
Área de Proteção Ambiental de Cananéia-Iguape-Peruíbe	SP	23,2	949	1127	25,4675

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará	SP	23,2	1053	1084	25,4675
Reserva Extrativista Ilha do Tumba	SP	17,8	1079	1137	20,3664
Área de Relevante Interesse Ecológica Ilha Ameixial	SP	28,3	943	956	38,6158
Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una	SP	28,3	936	946	38,6158
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Carijó)	SP	41,6	705	903	25,5116
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Cunhambebe)	SP	25,8	728	924	11,0759
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Maembipe)	SP	57,4	561	782	19,1962
ARIE DE São Sebastião	SP	12,3	934	1006	18,6939
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte (Setor Ypautiba)	SP	15,0	797	931	18,6939
RPPN Marina do Conde	SP	9,2	1030	1030	1,8335
Área de Proteção Ambiental Municipal Da Serra D	SP	12,8	969	1089	4,2517
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro (Setor Guaíbe)	SP	19,8	838	953	19,1048
Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Sul	SP	34,8	804	966	26,7478
Área de Relevante Interesse Ecológico da Ilha Comprida	SP	23,2	1029	1129	25,4675
Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago De Alcatrazes	SP	39,0	532	765	12,7752
Área de Proteção Ambiental Baleia Sahy	SP	10,6	974	986	3,3834
Parque Natural Municipal das Ilhas dos Currais	PR	14,2	958	974	1,2979
Parque Nacional do Superagui	PR	20,6	951	1085	40,8131
Estação Ecológica da Ilha do Mel	PR	11,4	1013	1091	4,3144
Parque Estadual da Ilha do Mel	PR	20,6	1000	1053	33,6811
Parque Estadual do Boguaçu	PR	17,4	1007	1086	4,2950
Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange	PR	10,1	1064	1122	14,0972
Estação Ecológica de Guaraqueçaba	PR	18,2	1000	1041	12,7290
Área de Proteção Ambiental de Guaratuba	PR	18,8	998	1105	14,0972
RESEX do Rio Araranguá	SC	5,6	1083	1164	4,0853

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
APA da Costa de Araranguá	SC	7,3	1083	1136	6,3346
Monumento Natural Morro dos Conventos	SC	6,5	1106	1147	4,5255
Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição	SC	27,2	809	1000	4,2987
Parque Natural Municipal da Galheta	SC	33,4	755	840	12,7592
Parque Natural Municipal da Lagoinha do Leste	SC	33,6	719	846	12,2706
Parque Natural Municipal Lagoa Jacaré das Dunas do Santinho	SC	38,0	682	723	25,5068
PNM do Atalaia	SC	28,7	999	1006	9,5434
Reserva Biológica Marinha do Arvoredo	SC	40,7	673	695	19,1568
Área Tombada da Restinga de Ponta das Canas	SC	36,3	755	779	19,1139
Área Tombada Dunas dos Ingleses	SC	35,8	692	759	25,5068
Área Tombada Dunas do Santinho	SC	37,3	694	736	25,5068
Área Tombada Dunas do Campeche	SC	8,0	809	1015	1,2266
Área Tombada da Lagoa da Chica	SC	8,0	809	809	0,9348
Parque Estadual Acaraí	SC	31,3	896	925	25,4895
Parque Estadual Acaraí	SC	29,3	899	928	25,4895
Monumento Natural Municipal Da Lagoa Do Peri	SC	10,6	795	994	2,4400
Parque Natural Municipal da Lagoa do Peri	SC	10,6	795	929	1,8446
Parque Estadual do Rio Vermelho	SC	33,1	806	930	19,1302
Parque Natural Municipal do Morro do Macaco	SC	31,2	879	1007	13,7785
Área de Proteção Ambiental Do Entorno Costeiro	SC	7,9	835	1133	3,6506
Parque Estadual da Serra do Tabuleiro	SC	33,5	672	1064	9,5148
Estação Ecológica de Carijós	SC	26,5	1018	1019	19,0783
Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca	SC	34,6	629	807	19,1352
Área de Proteção Ambiental Anhatomirim	SC	20,8	1022	1180	3,0684
Refugio de Vida Silvestre Ilha Dos Lobos	RS	18,7	810	931	5,0077
PE da Guarita	RS	15,1	933	933	3,6684
Parque Nacional da Lagoa do Peixe	RS	14,9	1024	1249	6,6920

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	UF	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	TEMPO MÉDIO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MASSA MÁXIMA (ton./célula)
Parque Estadual de Itapeva	RS	15,1	933	1147	3,6684

Modelagem de Dispersão de Óleo

Campos de Wahoo e Frade, Bacia de Campos

RELATÓRIO TÉCNICO [REV.00]

02 DE JANEIRO DE 2024

Preparado para:

PRIO

Preparado por:

Flávia Pozzi Pimentel

Gabriel Medeiros Zielinsky

Ingrid Trindade da Silva

Jonatan Henrique da Silva Nascimento

Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Marcelo Montenegro Cabral

CLS Brasil

Av. Rio Branco, 311/1205
- Centro

CEP 20.040-009 - Rio de
Janeiro - RJ

Tel./Fax + 55 21

2532.5666

© CLS Brasil 2023

The copyright in this document is vested in CLS Brasil. 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 CLS Brasil.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da CLS Brasil. 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 CLS Brasil.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: CLS Brasil

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: CLS Brasil

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: CLS Brasil

Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: CLS Brasil

Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: CLS Brasil



Equipe técnica

Flávia Pozzi Pimentel

Registro no Conselho de Classe: Não aplicável

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

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

Assinatura:



Gabriel Medeiros Zielinsky

Registro no Conselho de Classe: Não aplicável

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 8119469

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura:



Ingrid Trindade da Silva

Registro no Conselho de Classe: Não aplicável

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 8046102

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

Assinatura: Ingrid Trindade da Silva

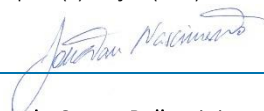
Jonatan Henrique da Silva Nascimento

Registro no Conselho de Classe: Não aplicável

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 8295705

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

Assinatura:



Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Registro no Conselho de Classe: Não aplicável

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 210325

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura:



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:



Sumário

1. Introdução.....	6
2. Sobre a Modelagem Computacional.....	8
3. Cenários de Modelagem de Dispersão de Óleo.....	9
4. Metodologia.....	10
4.1. Modelo de transporte.....	10
4.2. Óleo nas Unidades de Conservação.....	10
4.3. Descrição das Grades.....	10
4.4. Forçantes.....	13
4.5. Variabilidade Ambiental.....	21
4.6. Estratégias de Modelagem.....	23
5. Resultados.....	29
5.1. Resultados Probabilísticos.....	30
5.2. Resultados Determinísticos.....	71
6. Considerações Finais.....	175
7. Bibliografia.....	179
8. Anexos.....	181

Sumário Executivo

O presente relatório descreve os resultados obtidos na modelagem numérica de transporte de óleo no mar, para os cenários acidentais de vazamento a partir de dois pontos de risco localizados nos Campos de Wahoo e Frade, na Bacia de Campos em atendimento ao Termo de Referência SEI 12034896 e Parecer Técnico nº 430/2023/COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 17088401). O principal objetivo do estudo de modelagem foi dar subsídio para o processo licenciamento do Campo de Wahoo. Para isso foram avaliados o comportamento da deriva e o intemperismo do óleo cru, e suas variações ao longo do tempo e de forma tridimensional no ambiente marinho, avaliando os resultados de vazamentos de óleo a partir da superfície para os cenários de descarga pequena (8 m^3), médias (200 m^3), **soma da capacidade máxima de todos os tanques de estocagem e tubulações da plataforma** (15.899 m^3) e os resultados de vazamento de óleo a partir do fundo para o cenário de 71.544 m^3 considerando **perda de controle do poço de maior vazão associado à plataforma por 30 dias** no campo de Wahoo.

Para cumprir esse objetivo, o estudo foi dividido em duas etapas. A primeira consiste na análise das características meteorológicas e simulações hidrodinâmicas da região, mais especificamente dos parâmetros capazes de afetar o comportamento do óleo derramado. Na segunda etapa foram realizadas simulações de dispersão de óleo cru para dois períodos ao longo do ano, definidos a partir das condições meteoceanográficas características da região.

Ambos os pontos de vazamento se encontram em região profunda, próximo à região principal do fluxo das correntes de contorno, sendo dominada pela circulação associada ao sistema da Corrente do Brasil (CB). Nas camadas mais superficiais e subsuperficiais, predominam correntes para sul/sudoeste ao longo do talude continental. O padrão característico das condições meteorológicas é dominado pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), com predominância de ventos do primeiro quadrante, e pela passagem de sistemas frontais (frentes frias), quando há ocorrência de ventos do terceiro quadrante (S-SW).

A divisão sazonal adotada neste estudo baseia-se nas variações destes sistemas meteoceanográficos ao longo do ano em dois períodos: o Período 1 compreende os meses de setembro a fevereiro e o Período 2 os meses de março a agosto. No Período 1 há predominância de ventos de NNE e NE, enquanto no Período 2, apesar da predominância de ventos de NNE, ocorre um aumento da frequência de ventos de outras direções, em especial do segundo e terceiro quadrantes (SE e S). Em relação às correntes na região do ponto de vazamento, há predominância de escoamentos para S, SSE e SW, associados ao escoamento médio da CB e seus meandros.

Para as simulações de dispersão de óleo para o pior caso foram considerados dois cenários de vazamentos. Um cenário de vazamento de fundo, contínuo por 30 dias, sem intervenção/contingência, e mais 30 dias adicionais após o término do vazamento, sem ações de resposta. E um cenário de vazamento de superfície de 1 dia com 30 dias adicionais após o término do vazamento. Portanto, as simulações não consideram atividades de mitigação para controle do

vazamento através do fechamento do poço ou outras ações para interromper, combater ou restringir o vazamento.

Todos os resultados aqui apresentados não consideraram o processo intempérico da biodegradação do óleo.

Nos vazamentos de 8 m³ não houve probabilidade de toque de óleo na costa. Já nos de 200 m³, ocorreu nos dois períodos para o vazamento do ponto localizado no campo Wahoo, com probabilidade máxima de 1,4% (Período 2) e apenas no período 2 para o vazamento no ponto localizado no Campo de Frade, com probabilidade máxima de 1%. Nos cenários de pior caso, a chegada de óleo na costa teve probabilidade máxima de 52,9% e tempo mínimo de 4,9 dias, ambos no período 1 no campo de Wahoo.

Para o vazamento de pior caso do campo de Wahoo, a área de presença de óleo em superfície com probabilidades acima de 30% encontra-se a uma distância de 1.842,3 km do ponto de vazamento no Período 1 e 1.330 km no Período 2 (Figura 1), em relação à costa esta área encontra-se a uma distância inferior a um ponto de grade (<2,5 km). De forma geral, o Período 1 alcançou maiores distâncias do ponto de vazamento quando comparado ao Período 2.

No vazamento de pior caso do campo de Frade, área de presença de óleo em superfície com probabilidades acima de 30% encontra-se a uma distância de 944,2 km do ponto de vazamento no Período 1 e 773,5 km no Período 2 (Figura 1), em relação à costa esta área encontra-se a uma distância mínima de 72 km no Período 1 e 62 km no Período 2. De uma maneira geral, o Período 1 alcançou maiores distâncias do ponto de vazamento quando comparado ao Período 2.



MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO V1 | 15.899m³ m³

Isolinha de 30% de probabilidade de presença de óleo em superfície

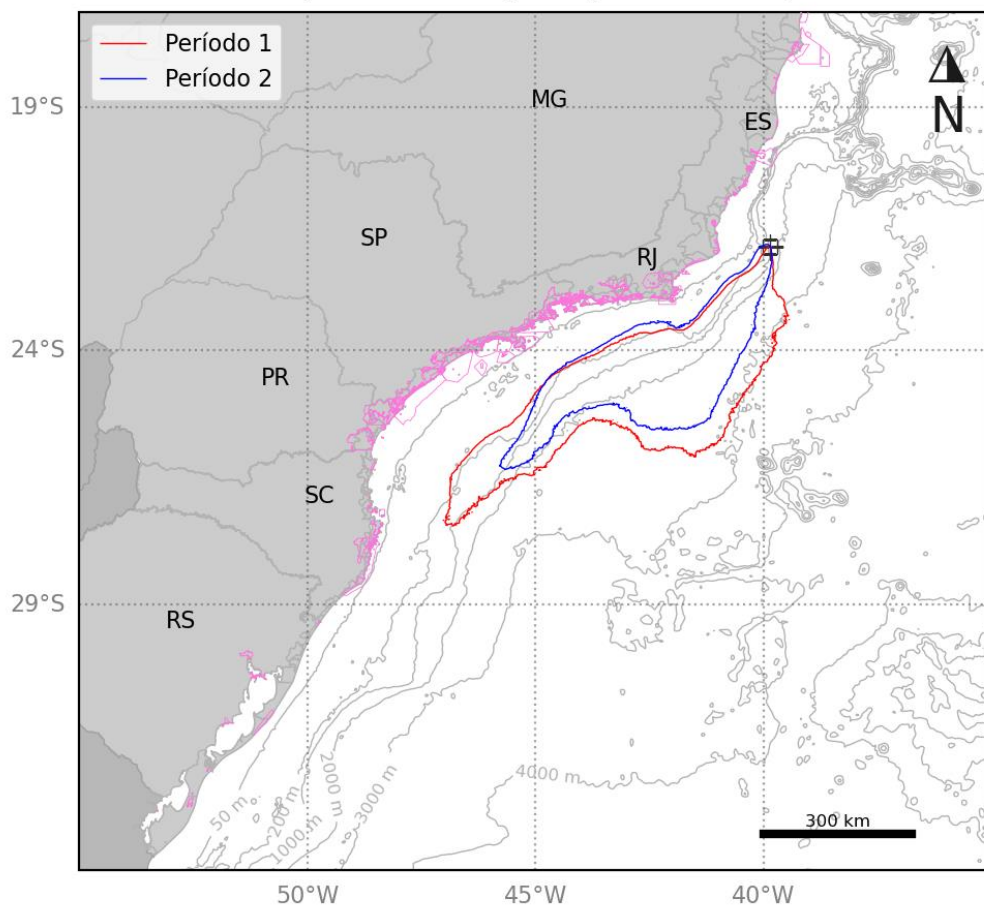


Figura 1: Isolinha de 30% de probabilidade dos resultados de pior caso de Frade (15.899 m³) para o Período 1 (em vermelho) e Período 2 (em azul).

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO V2 | 71.544m³ m³

Isolinha de 30% de probabilidade de presença de óleo em superfície

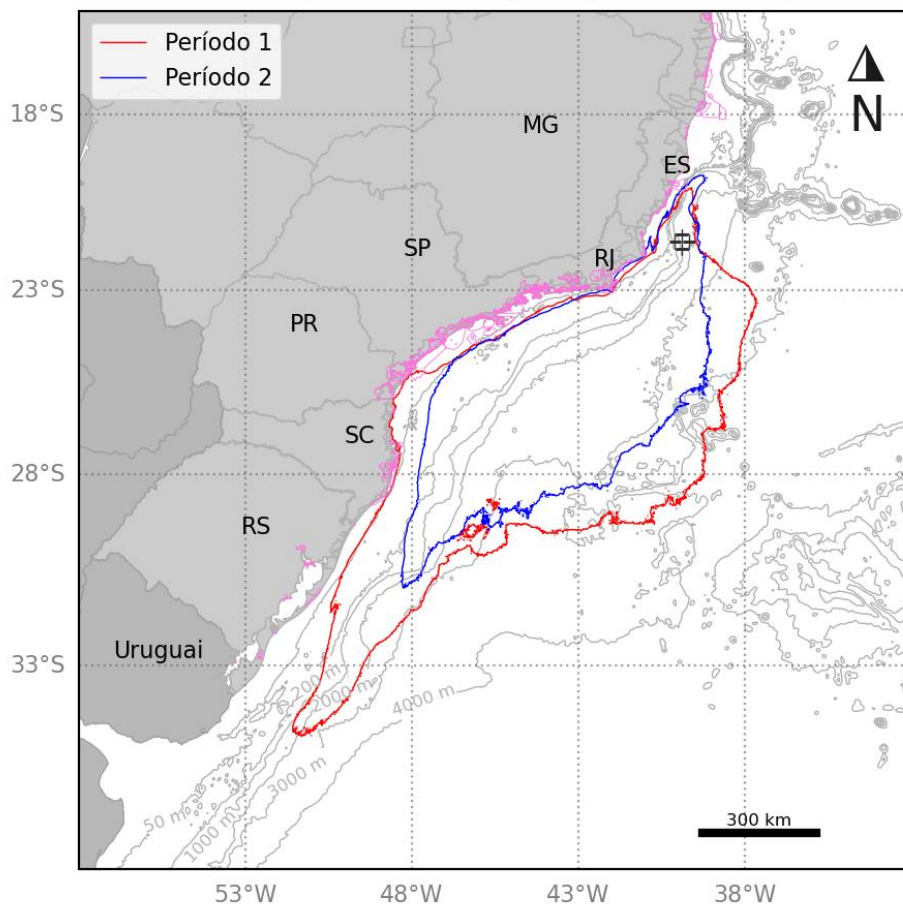


Figura 2: Isolinha de 30% de probabilidade dos resultados de pior caso de Wahoo (71.544 m³) para o Período 1 (em vermelho) e Período 2 (em azul).

Em relação às unidades de conservação (UCs), a maior probabilidade (70,7% - Período 2) e o menor tempo (4,3 dias - Período 1) foram alcançados na RESEX Marinha Arraial do Cabo-RJ e APA Três Ilhas-ES, respectivamente. Ambas no cenário de pior caso para o vazamento no campo de Wahoo.

Ao longo da simulação de 60 dias (WAHOO), no cenário de pior caso, o principal processo de intemperismo foi a dispersão na coluna d'água, com mediana entre 42 e 47%, seguida pela evaporação (mediana de ~38%). O óleo remanescente em superfície ao final das simulações apresentou mediana entre 13 e 17% e valor máximo entre 22 e 25%. No fundo marinho as simulações apresentaram mediana de 0,2% e o máximo na costa foi de 8,3% no Período 1 e 13,7% no Período 2.

Já na simulação de 31 dias (FRADE), no cenário de pior caso, o principal processo de intemperismo foi a evaporação, com mediana em torno de 57%. O óleo remanescente em superfície ao final das simulações apresentou mediana entre 34 e 37% e valor máximo em torno de 51%. A dispersão na coluna d'água obteve mediana entre 5% e 8% com máximo de ~42%. No fundo marinho o máximo foi de 0,1-0,2% e o máximo na costa foi de 3% no Período 1 e 39,7% no Período 2.

Na coluna d'água, nos cenários de pior caso do vazamento no campo de Wahoo, concentrações acima de 50 ppb podem ser observados desde o fundo até a superfície, apresentando maiores concentrações (> 200 ppb) abaixo de 1.000 m de profundidade e em subsuperfície. O maior espalhamento horizontal ocorre na camada próxima à superfície, na qual concentrações acima de 20 ppb podem ser observadas até a longitude de 51°W.

Já nos cenários de pior caso do vazamento no campo de Frade, concentrações acima de 50 ppb são observadas até a profundidade de 50 metros, com maiores concentrações (> 200ppb) até os 40 metros de profundidade. Concentrações acima de 20 ppb podem ser observadas até a latitude de 31°S em até 40 metros de profundidade. A maiores concentrações (>1000 ppb) podem ser observadas em até 24°S em até 30 m de profundidade.

No fundo marinho, nos cenários de pior caso do vazamento do campo de Wahoo, probabilidades entre 50 e 100% são restritas a regiões mais profundas, em profundidades em torno de 1000 m à noroeste do ponto de vazamento. Em profundidades menores que 50 m, próximas a costa norte do RJ e ES, são observadas probabilidades mais esparsas, com valores predominantes inferiores a 5%, com exceção de algumas regiões pontuais com valores entre 20 e 40%, principalmente no Período 2.

Nos cenários de pior caso de vazamento no campo de Frade, são observadas probabilidades em profundidades menores que 50 m, próximas a costa de SP no período 1 e do norte do RJ no período 2, ambas com valores inferiores a 5%.

1. Introdução

O presente relatório descreve os resultados obtidos na modelagem numérica de transporte de óleo no mar para os cenários acidentais de vazamento a partir de dois pontos de risco localizados nos Campo de Wahoo e Campo de Frade – Bacia de Campos. As localizações desses pontos de vazamento são apresentadas na Figura 3 e na Tabela 1.

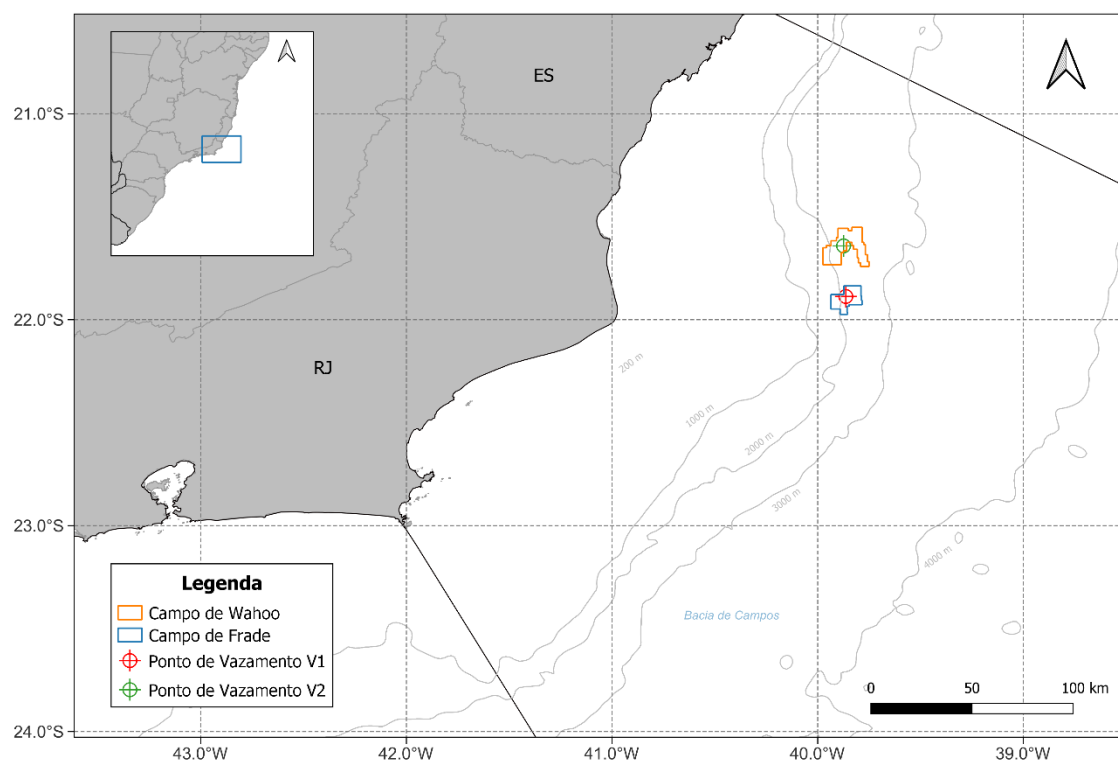


Figura 3: Localização dos pontos de vazamento considerados nas modelagens.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de vazamento considerados nas modelagens como pontos de risco.

Ponto de Vazamento	Datum	Latitude	Longitude	Profundidade (m)
V1	SIRGAS2000	21°53'16,8"S	39°51'47,4"W	1.158
V2	SIRGAS2000	21°38'32"S	39°52'27"W	1.462

Como forçante oceanográficas foram utilizados os campos de correntes, temperatura e salinidade do mar da base hidrodinâmica desenvolvida com o modelo **ROMS** (*Regional Ocean Modeling System*) (HAIDVOGEL *et al.*, 2008). Maiores detalhes sobre os dados hidrodinâmicos podem ser obtidos no relatório de modelagem hidrodinâmica elaborado para este mesmo processo de licenciamento (ANEXO IV).

Em seguida foi realizada a simulação da dispersão do óleo para as condições meteoceanográficas características da região, estimando o comportamento do óleo vazado em cada uma delas. Este estudo foi elaborado considerando os requisitos apresentados no termo de referência 12034896 do IBAMA e considerações do Parecer Técnico nº 430/2023/COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 17088401) para as modelagens de dispersão de óleo que compõem os Estudos Ambientais para sistemas de produção de petróleo. Os sistemas de modelagem, metodologias e análises empregados neste documento estão alinhados com os requisitos da norma internacional ASTM¹ F2067-13 para desenvolvimento e uso de modelos de trajetórias de derramamentos de óleo (ASTM, 2013).

¹ American Society for Testing and Materials

2. Sobre a Modelagem Computacional

Modelos numéricos são ferramentas que tem como objetivo a representação da dinâmica e dos processos envolvidos no objeto de estudo através de equações matemáticas e parametrizações. Modelos geram resultados que são aproximações do estado real e possuem limitações e erros inerentes ao método (e.g., erro de truncamento, erro de aproximação e parametrização de processos físicos não resolvíveis). Todas essas fontes contribuem para divergências entre o estado real e o simulado do oceano. Contudo, os resultados gerados podem descrever de forma satisfatória a hidrodinâmica e processos de dispersão de constituintes quando é avaliado por diferentes fontes de dados coletados no domínio

Em estudos de modelagem hidrodinâmica e de dispersão de óleo é necessário que o estudo atenda premissas específicas:

- 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);
- ter resolução espacial e resolução temporal capazes de resolver feições e fenômenos de diferentes escalas;
- ter representação tridimensional do óleo no ambiente marinho, resolver o transporte e dispersão das parcelas do óleo em superfície, em gotículas e dissolvidas na água, e resolver todos os processos de intemperismo do óleo;
- que o número de simulações da modelagem de dispersão de óleo represente a variabilidade ambiental da região de estudo.

Assim se faz necessário delimitações nas modelagens para que seja avaliado o esforço computacional na representação de fenômenos em diferentes escalas nos resultados de cada estudo para que possa atender a todos esses requisitos. A interpretação dos resultados deve ser feita à luz dessas delimitações adotadas e incertezas do modelo.

3. Cenários de Modelagem de Dispersão de Óleo

Foram considerados quatro possíveis casos de vazamentos acidentais. O montante de óleo relacionado a cada caso é:

- Pequeno porte - 8 m³;
- Médio Porte - 200 m³;
- Pior caso (maior volume) no campo de Wahoo – 71.544 m³ (450.000 bbl).
- Pior caso (maior volume) no campo de Frade – 15.899 m³ (100.000 bbl)

Esses volumes simulados estão em concordância com a resolução CONAMA nº 398/2008, que dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual, para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional.

No estudo de dispersão de óleo, dois tipos de simulações foram conduzidos: probabilísticas e determinísticas. Em todos os cenários simulados, a biodegradação do óleo foi desligada. Na Tabela 2 é apresentado o resumo dos cenários simulados.

Tabela 2: Resumo dos cenários de vazamento simulados.

Modelo	Tipo de óleo	Campo / Bloco	Volume Total (m ³)	Vazamento	Tempo (dias)	Profundidade do vazamento (m)
Probabilístico						
Pequeno Porte	Cru	Wahoo e Frade	8	instantâneo	30 dias	superfície
Médio Porte	Cru	Wahoo e Frade	200	instantâneo	30 dias	superfície
Pior caso	Cru	Wahoo	71.544	contínuo (30 dias)	60 dias	Fundo (1.462 m)
Pior caso	Cru	Frade	15.899	contínuo (1 dia)	31 dias	superfície
Determinístico						
Tempo mínimo de toque de óleo na costa	Cru	Wahoo	71.544	contínuo (30 dias)	60 dias	Fundo (1.462 m)
Maior massa de óleo acumulada na costa	Cru	Wahoo	71.544	contínuo (30 dias)	60 dias	Fundo (1.462 m)

4. Metodologia

4.1. Modelo de transporte

As simulações numéricas apresentadas nesse estudo foram feitas com o OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*), modelo desenvolvido pela SINTEF para o cálculo da dispersão de manchas de óleo. A descrição do modelo de dispersão de óleo é apresentada no Anexo I.

4.2. Óleo nas Unidades de Conservação

Foram separadas todas as Unidades de Conservação (UCs) - federais, estaduais e municipais - disponibilizadas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (MMA, 2019a), nos instrumentos legais de criação e em ICMBIO (2018) e WWF (2016), da região em que se verifica probabilidade de óleo na costa ou na região costeiro-oceânica.

Para identificação da probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo em cada UC, foram considerados os resultados do modelo de dispersão de óleo:

- em superfície,
- na coluna d'água; e
- na costa.

Foram selecionados os valores de probabilidade e tempo mais críticos para cada unidade de conservação. As UCs levantadas para a região e consideradas no presente estudo são apresentadas no Anexo II.

4.3. Descrição das Grades

Neste estudo utilizou-se duas grades regulares, uma para os volumes de 8 e 200 m³, com resolução espacial de 2 km nas direções zonal e meridional, limitadas ao sul, 34°25'S, ao norte, 16°27'S, a oeste, 54°3'W e a leste, 34°9'W (Figura 4 - acima), e uma grade para os cenários de pior caso (71.544 m³ e 15.899m³), com resolução espacial de 2,5 km nas direções zonal e meridional, limitadas ao sul, 37°45'S, ao norte, 15°18'S, a oeste, 56°54'W e a leste, 31°48'W (Figura 4 – abaixo). Com isso, obteve-se uma matriz com 1.000 por 1.000 pontos em ambas as grades.

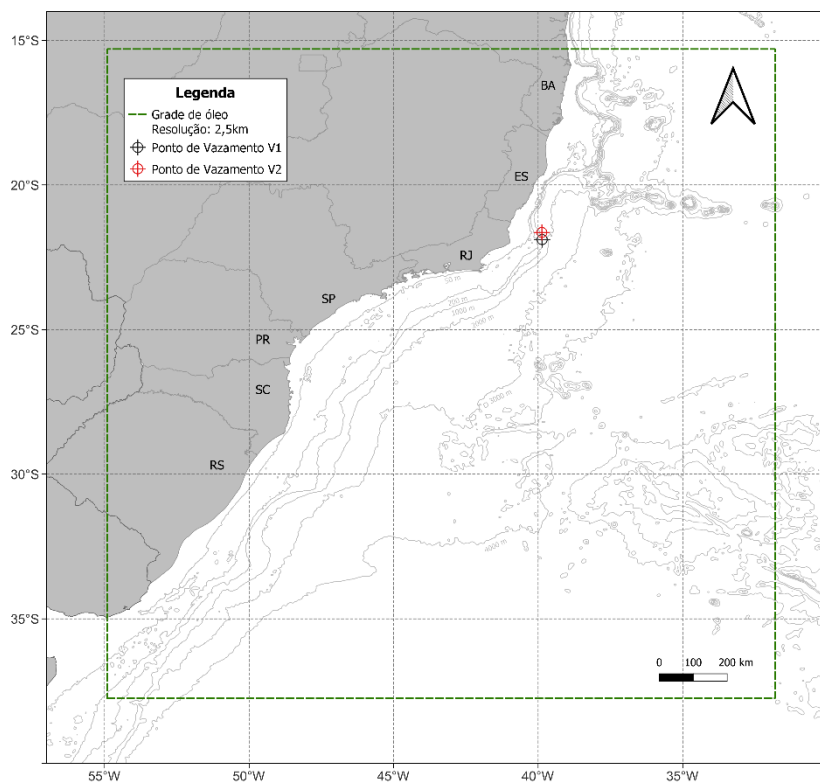
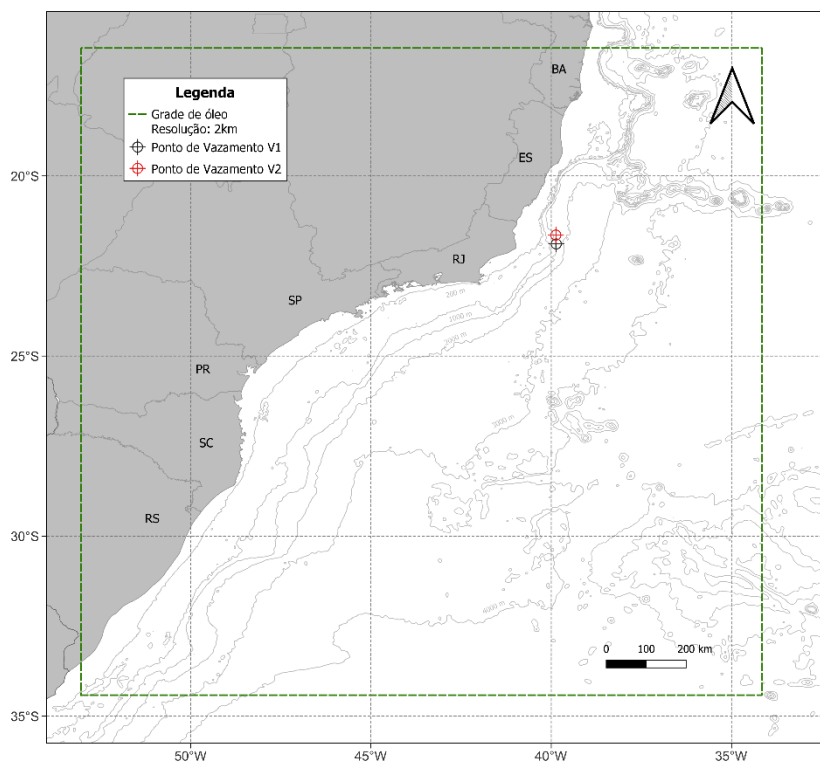


Figura 4: Representação do limite das grades de óleo para os volumes de 8 e 200 m³ (acima) e para os volumes de pior caso – 71.544 e 15.899 m³ (abaixo).

[Assinatura]

Para os volumes de 8 m³, 200 e 15899 m³, o número de camadas utilizadas na vertical foi 21, indo de 0 a 202 m de profundidade (primeira camada de 0 a 2 m e as demais camadas espaçadas em 10 m), totalizando 21.000.000 elementos de grade. Para o volume de 71.544 m³, o número de camadas utilizadas na vertical foi 41, indo de 0 a 1.462 m de profundidade (primeira camada de 0 a 2 m e as demais camadas espaçadas em 36,5 m), totalizando 41.000.000 elementos de grade

A resolução espacial e o número de camadas na vertical utilizadas são definidos levando em consideração a área total do domínio a ser considerada e as limitações do modelo com relação ao número máximo de elementos de grade permitido em cada dimensão, buscando sempre a maior resolução possível que seja capaz de representar os resultados de interesse.

A grade do modelo de óleo com a batimetria é apresentada na Figura 5. Para manter a concordância com a modelagem hidrodinâmica, os dados de batimetria utilizados são provenientes de cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e da base global ETOPO1 (AMANTE; EAKINS, 2009).

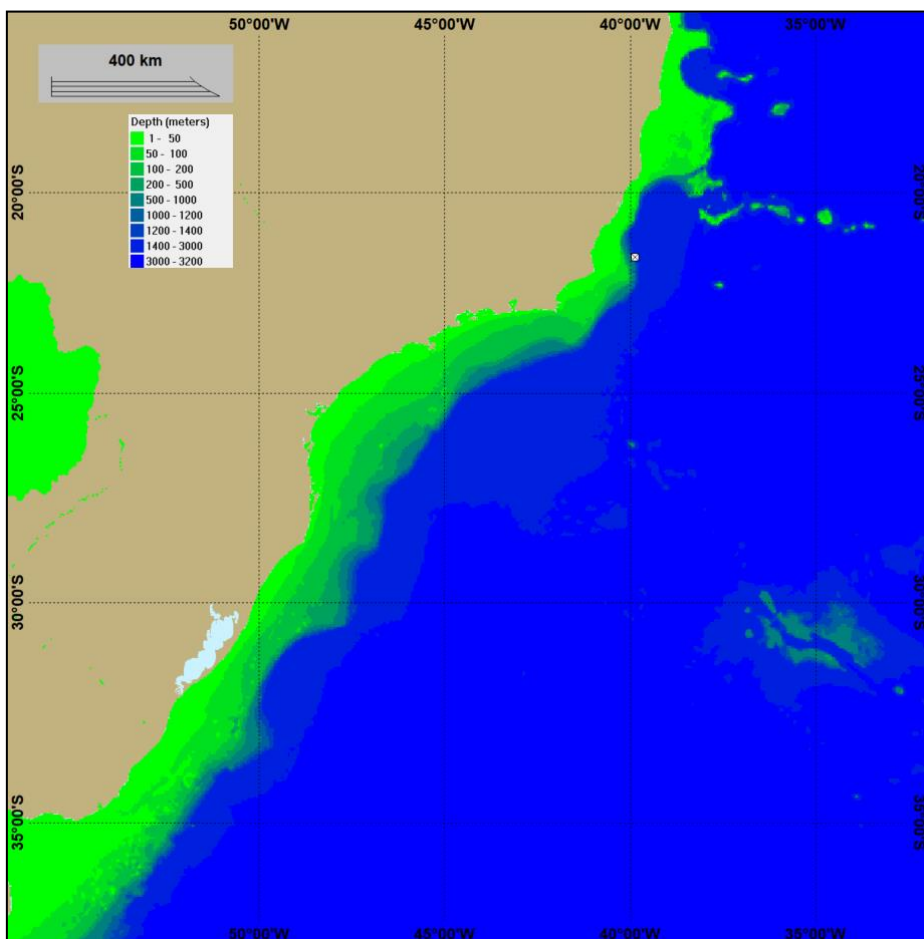


Figura 5: Grade de batimetria utilizada na simulação.

Como discutido no Anexo I – Óleo na Costa, as interações óleo-linha de costa no modelo OSCAR são dependentes tanto do tipo de óleo considerado na modelagem quanto do tipo de linha de costa. O tipo da linha de costa considerado definirá a máxima capacidade de retenção do óleo nos pontos da grade do modelo que representam a costa.

Para este estudo foram utilizadas as informações de linha de costa de Cartas de Sensibilidade ao Óleo (Cartas SAO) (MMA, 2021) e, para a região de estudo que não é contemplada nestas Cartas, informações do projeto MAREM – Mapeamento Ambiental para Resposta a Emergência no Mar (MAREM, 2021). As Cartas SAO constituem uma ferramenta e fonte de informações para o planejamento de contingência e para a implementação de ações de resposta a incidentes de poluição por óleo. O MAREM faz parte de um Acordo de Cooperação Técnica entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP), cujo objetivo é criar um banco de dados georreferenciados de todo o litoral brasileiro, para servir de suporte para o planejamento e gestão de uma operação de resposta a acidentes envolvendo derramamento de óleo no mar.

Para adequar a segmentação da costa com a resolução do modelo de óleo, adotou-se o critério de que se certo tipo de costa tivesse extensão inferior à resolução da grade ($< 2,5$ km), seria considerado para aquele segmento o tipo de costa predominante no entorno.

Para o domínio do estudo foram definidos cinco tipos de costa predominantes:

- Costão rochoso
- Praia arenosa
- Estrutura artificial abrigada
- Planície de maré
- Manguezal / Marisma / Barra de rio vegetada

O detalhamento da linha de costa utilizado na grade da modelagem de óleo é apresentado no Anexo III.

4.4. Forçantes

4.4.1 Ventos

Os dados de vento utilizados como forçante no modelo são provenientes do ERA5, a última geração da Reanálise do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) e a primeira produzida como serviço operacional, com resolução temporal horária e espacial de 31 km em 137 níveis atmosféricos, desde a superfície até 0,01 hPa (HENNERMANN, 2017).

As Reanálises climáticas do ECMWF começaram com o FGGE, produzida na década de 1980, seguida pelo ERA-15, ERA-40 e mais recentemente pelo ERA-Interim. O ERA5 é uma reanálise que cobre

dados de 1950 até o presente e atualmente apresenta dados disponibilizados para uso público para o período de 2010 a 2016.

Em relação ao seu antecessor ERA-Interim, as principais melhorias apresentadas no ERA-5 são (HENNERMANN, 2017):

- Resolução espacial e temporal muito maior
- Informações sobre a variação de qualidade em relação ao espaço e ao tempo
- Troposfera otimizada
- Melhor representação de ciclones tropicais
- Melhor equilíbrio global de precipitação e evaporação
- Maior precipitação sobre a terra nos trópicos profundos
- Melhor umidade do solo
- Temperatura mais consistente da superfície do mar e gelo marinho

O ERA5 combina grandes quantidades de observações históricas em estimativas globais utilizando sistemas avançados de modelagem e assimilação de dados. O ERA5 foi produzido usando a assimilação de dados 4DVar em CY41R2 do IFS (*Integrated Forecast System*) do ECMWF. As observações utilizadas na assimilação de dados do ERA-5 incluem dados de satélite e dados *in situ*. Entre os dados de satélite, estão dados de diferentes sensores de uma gama de satélites que inclui AQUA, ERS-2, ENVISAT, JASON-1, JASON-2, entre muitos outros. As observações *in situ* são provenientes do WMO *Information System* (WIS) e incluem dados de estação de terra, boias de deriva, dados de navios, radiossondas, radares, entre outros.

Para este estudo foram utilizados e tratados 3 anos de dados do ERA5 (2012 a 2014) com uma frequência temporal de 1 hora. A seguir, são apresentadas as rosas dos ventos mensais (Figura 7), elaboradas para o período analisado, além das tabelas de ocorrência de direção e intensidade (Tabela 3 e Tabela 4) para o ponto mais próximo ao local de vazamento.

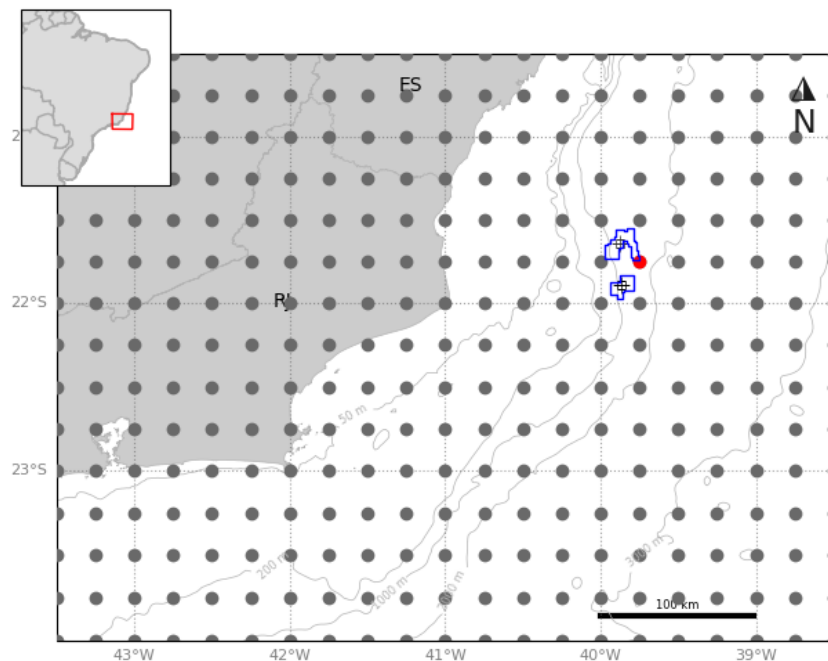


Figura 6: Localização dos pontos de grade do ERA5 (em cinza) em relação ao ponto de vazamento. O ponto em vermelho é o mais próximo dos pontos de vazamento.

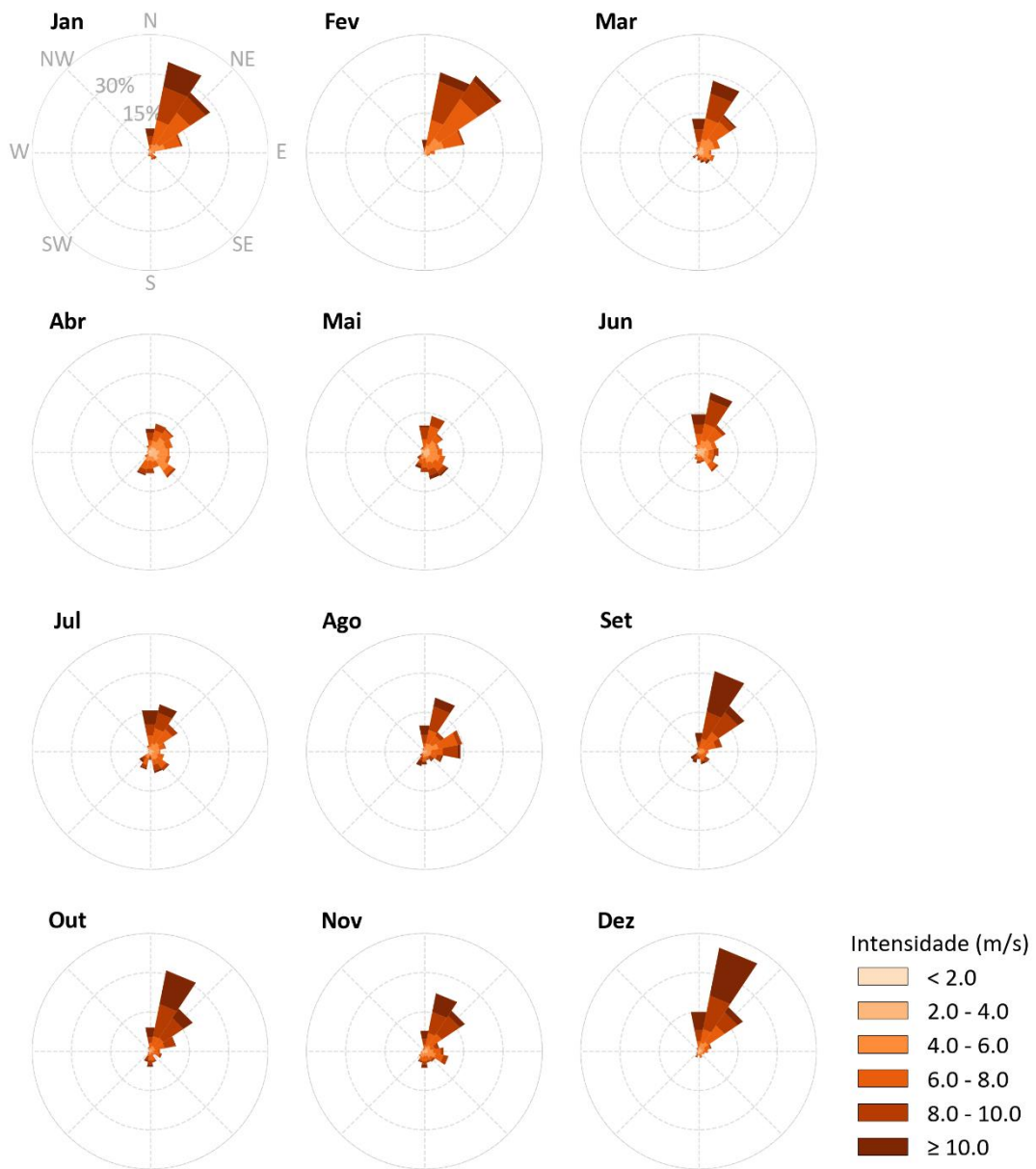


Figura 7: Rosa dos ventos média mensal para o ponto mais próximo dos pontos de vazamento.

Tabela 3: Ocorrência mensal de direção dos ventos para o ponto analisado.

Direção	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N	8,7	4,4	12,8	8,6	10,3	14,7	16,2	10,1	6,7	8,0	8,1	13,9
NNE	35,4	31,4	27,1	10,1	14,3	22,9	18,2	20,9	31,1	31,2	22,6	40,3
NE	27,7	35,8	18,1	11,2	9,1	13,0	12,8	9,2	21,6	19,4	17,6	20,8
ENE	12,4	15,7	8,6	9,6	5,2	7,1	6,2	15,6	8,9	10,3	6,2	5,2
E	2,2	3,9	5,3	7,9	7,2	7,7	4,3	13,5	4,0	4,8	8,2	3,6
ESE	1,4	2,2	6,1	8,1	8,7	6,8	5,7	6,9	3,2	4,2	8,8	2,6
SE	3,3	2,0	5,3	12,6	10,8	8,6	9,5	4,2	5,0	2,3	5,6	1,8
SSE	3,1	1,3	4,6	5,8	10,8	4,0	7,8	3,5	5,0	4,8	4,4	2,9
S	1,2	0,9	3,0	7,6	7,6	4,4	2,7	5,2	3,0	5,8	6,4	1,8
SSW	0,9	0,6	2,1	8,8	5,1	3,1	5,7	5,8	3,8	3,7	4,7	2,5
SW	0,8	0,3	1,7	3,1	4,1	2,2	5,7	1,7	4,3	1,7	2,1	1,1
WSW	0,2	0,3	0,9	0,9	1,1	0,6	0,9	0,6	0,4	0,4	1,8	0,5
W	0,1	0,3	0,5	0,9	0,8	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	1,0	0,4
WNW	0,5	0,2	0,8	1,3	1,2	0,8	0,7	0,4	0,2	0,6	0,9	0,5
NW	0,9	0,3	1,2	1,4	1,8	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9
NNW	1,3	0,6	2,0	2,3	2,1	2,6	2,3	1,3	1,7	2,0	0,9	1,3

Tabela 4: Ocorrência mensal de intensidade dos ventos para o ponto analisado.

Meses	Intensidade (m/s)					
	< 2,0	2,0 - 4,0	4,0 - 6,0	6,0 - 8,0	8,0 - 10,0	≥ 10,0
Jan	0,6	5,2	15,7	37,2	26,0	15,2
Fev	1,1	6,0	18,1	38,7	25,9	10,1
Mar	3,1	13,4	22,0	28,6	20,3	12,6
Abr	6,0	20,5	32,1	26,4	12,3	2,7
Mai	4,6	15,3	24,5	32,3	19,3	3,9
Jun	5,7	15,4	21,3	29,4	19,5	8,7
Jul	4,2	7,8	22,2	31,8	20,4	13,6
Ago	0,7	7,2	20,0	28,5	29,1	14,5
Set	0,3	2,8	11,8	25,5	30,9	28,8
Out	1,4	4,8	10,5	25,2	33,1	24,9
Nov	2,7	10,2	17,6	26,9	26,6	16,0
Dez	2,2	8,2	12,1	22,2	26,0	29,3



4.4.2 Correntes

Como forçante hidrodinâmica foram utilizados os resultados do modelo hidrodinâmico descritos no ANEXO IV - Modelagem Hidrodinâmica. Assim, são apresentadas as rosas de correntes mensais (Figura 8) para o ponto mais próximo do local de vazamento, além das tabelas de ocorrência de direção e intensidade (Tabela 5 e Tabela 6).

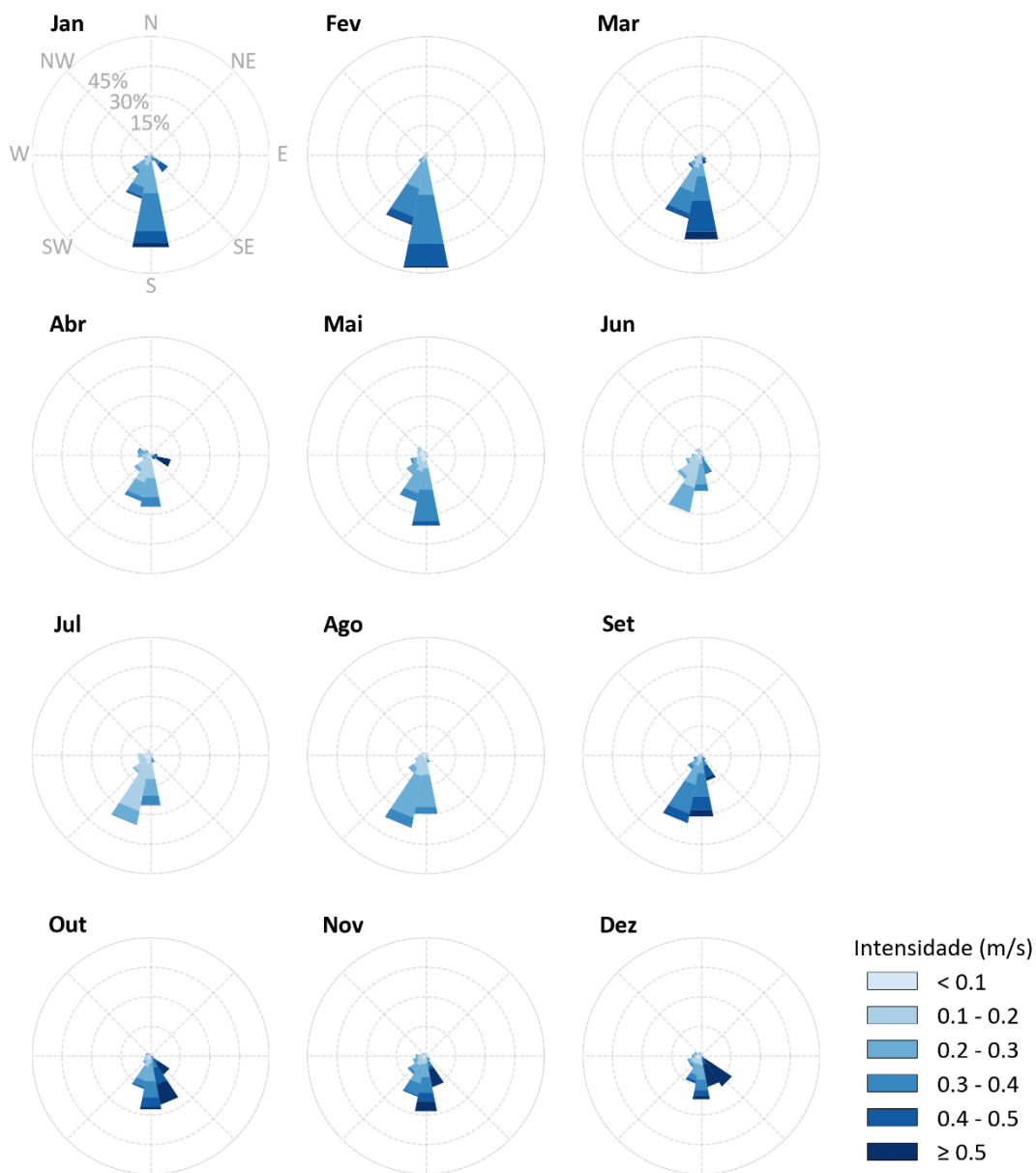


Figura 8: Rosa de correntes mensais para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Tabela 5: Ocorrência mensal de direção das correntes para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Direção	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N	0,3	-	0,2	0,3	1,4	2,6	1,5	0,5	0,8	0,5	1,3	1,3
NNE	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
NE	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	0,1	0,2	-
E	-	-	-	3,4	-	-	-	0,5	-	-	-	-
ESE	-	-	0,6	10,5	-	0,7	0,2	0,3	0,7	1,3	0,2	0,2
SE	10,6	-	3,2	2,7	-	2,3	0,7	0,6	2,6	11,5	2,6	18,7
SSE	3,2	-	4,6	-	1,2	9,8	3,8	3,7	13,2	25,3	16,2	16,1
S	47,8	58,3	43,7	26,7	36,4	18,5	25,9	30,1	31,5	27,7	28,6	22,4
SSW	22,7	36,4	33,0	23,9	24,0	29,7	36,0	37,5	35,0	17,2	21,2	14,4
SW	11,5	4,8	8,0	10,1	11,9	14,6	11,0	10,7	8,5	4,9	11,3	7,2
WSW	3,2	0,5	3,6	4,2	8,1	8,1	6,6	5,7	4,0	3,5	6,8	7,2
W	-	-	2,0	6,4	4,2	4,7	6,6	3,8	1,8	2,5	5,4	4,8
WNW	0,3	-	0,5	6,8	4,8	1,6	3,0	2,8	0,5	2,6	2,8	3,7
NW	0,3	-	0,3	3,4	5,7	3,8	1,8	2,4	0,8	2,0	1,9	1,7
NNW	-	-	0,3	0,7	2,3	3,7	3,3	1,4	0,7	0,9	1,7	2,2

Tabela 6: Ocorrência mensal de intensidade das correntes para o ponto mais próximo ao ponto de vazamento.

Meses	Intensidade (m/s)					
	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5	≥ 0,5
Jan	3,8	12,1	37,2	32,5	12,4	2,1
Fev	0,7	7,5	35,0	40,1	15,0	1,7
Mar	2,0	19,4	24,7	27,5	20,7	5,7
Abr	7,9	40,4	28,9	11,5	2,3	9,0
Mai	22,8	21,4	30,4	23,0	2,3	0,2
Jun	13,4	42,8	31,1	12,2	0,6	-
Jul	20,1	55,3	16,5	7,7	0,3	-
Ago	14,0	32,4	43,2	10,2	0,3	-
Set	5,1	12,8	23,1	35,6	18,0	5,6
Out	7,9	16,1	21,9	18,0	17,0	19,1
Nov	12,2	19,6	27,3	19,6	7,0	14,4
Dez	12,9	15,9	20,5	10,7	10,2	29,9



4.4.3 Separação Sazonal

A partir da observação das informações de ventos e correntes são identificadas duas condições sazonais a serem utilizadas no estudo. A primeira, denominada **Período 1**, compreende os meses de **setembro a fevereiro** e a segunda, denominada **Período 2**, compreende os meses de **março a agosto**.

A partir da observação das rosas dos ventos do ponto do ERA5 próximo ao ponto de vazamento, que trazem informações sobre as frequências de ocorrência conjunta de direção e intensidade dos ventos na região, foi observado em ambos os períodos uma maior frequência de ventos do primeiro quadrante, com predominância de ventos de NNE e NE. No Período 2, porém, ocorre um aumento da frequência de ventos de outras direções, em especial do segundo e terceiro quadrantes (E e SE). Além disso, as maiores intensidades (> 8 m/s) foram observadas no Período 1 (Figura 9).

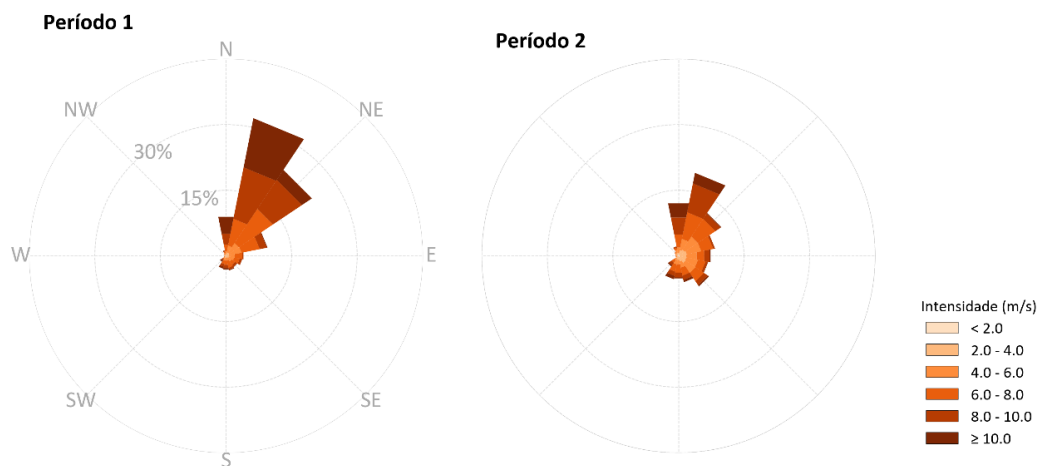


Figura 9: Rosa dos ventos por período sazonal para o ponto mais próximo aos pontos de vazamento.

Em relação às correntes, há predominância de direção para S em ambos os períodos, porém com predominância de maiores intensidades ($> 0,4$ m/s) e maior frequência de correntes para SSE no Período 1 (Figura 10).

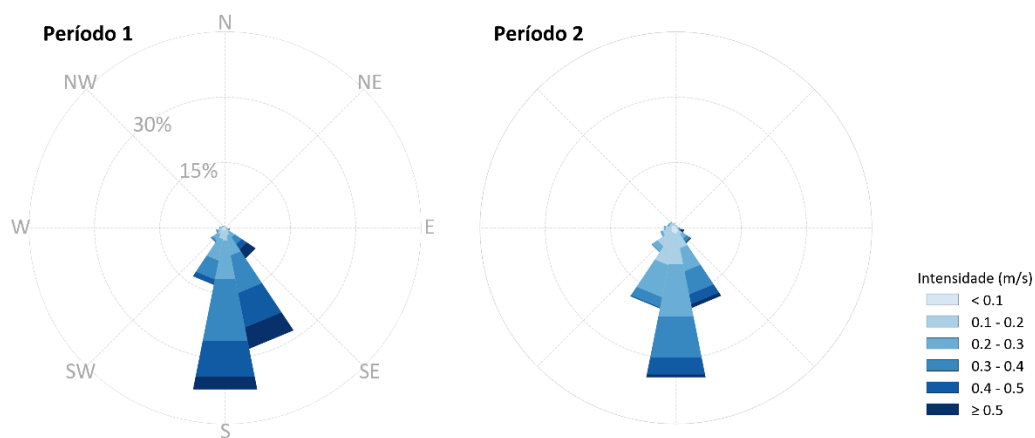


Figura 10: Rosa de correntes por período sazonal para o ponto mais próximo aos pontos de vazamento.

4.4.4 Salinidade e Temperatura

Para definir os perfis de salinidade e temperatura a serem incorporados na modelagem de dispersão de óleo foram utilizados os dados dos resultados da Modelagem Hidrodinâmica (item 3).

O perfil apresentado (Figura 11) representa a média dos dados para o ponto de grade mais próximo do ponto de vazamento e dentro dos períodos sazonais escolhidos (item 4.4.3).

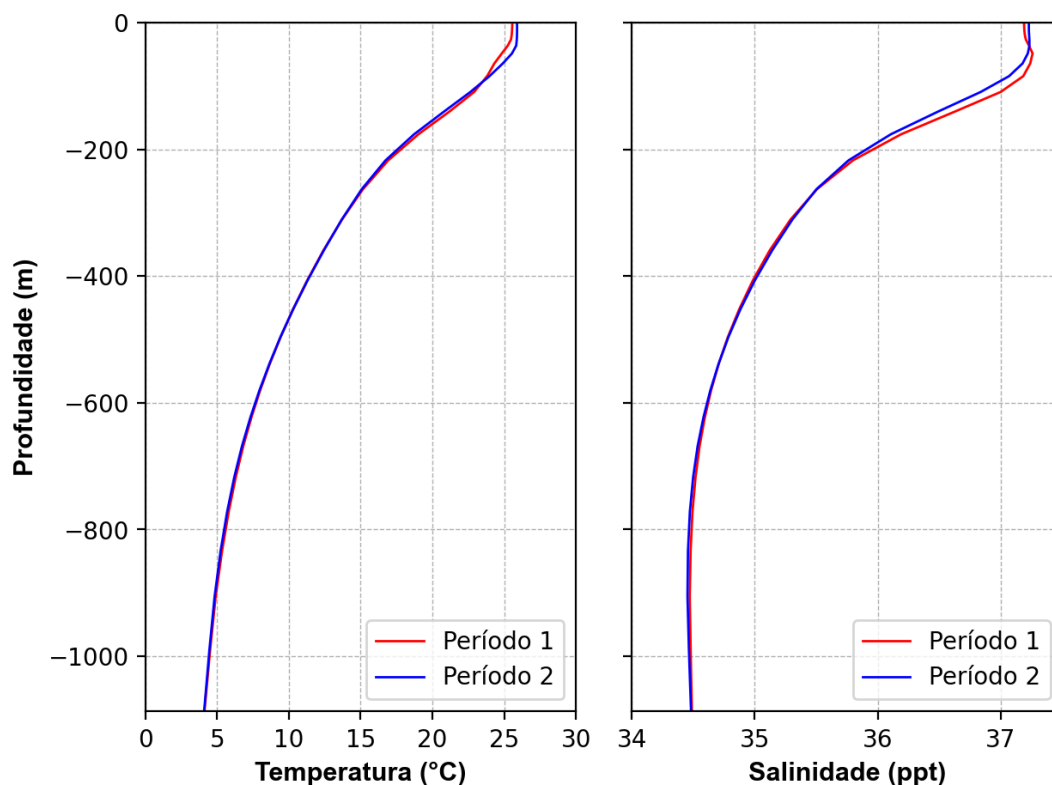


Figura 11: Perfis de salinidade e temperatura para o ponto de grade mais próximo aos pontos de vazamento.

4.5. Variabilidade Ambiental

Na implementação de um modelo probabilístico de vazamento de óleo é necessária a definição de um universo amostral que represente a variabilidade ambiental da região. No modelo OSCAR, o universo amostral é criado por n repetições com condições de vento e corrente correlacionadas (*i.e.* condição de vento e de corrente são para o mesmo dia), o que cria a necessidade de se definir o número de simulações que serão conduzidas na realização da modelagem. Este número deve ser suficiente para representar de forma adequada a variabilidade ambiental presente na região, obtendo um mapa de probabilidade estatisticamente coerente.

A metodologia proposta por Elliot (2004) sugere o número adequado de simulações baseado na análise do número de zeros-ascendentes (*zero-up-crossing*) do vento, que consiste na identificação do número de vezes em que as componentes zonal (u) e meridional (v) do vento trocam de sinal. De

forma prática, a alteração de sentido nas componentes está ligada a mudanças no padrão sinótico do vento, como por exemplo, no período de passagem de um sistema frontal pela região.

Dessa forma, com objetivo de avaliar a variabilidade das escalas temporais transientes presentes nos dados de ventos analisados e utilizados nesse relatório, foi realizada uma análise de zeros ascendentes (*zero-up-crossing*) do ponto do ERA5 mais próximo ao ponto de vazamento (Figura 6). Os resultados podem ser observados na Figura 12.

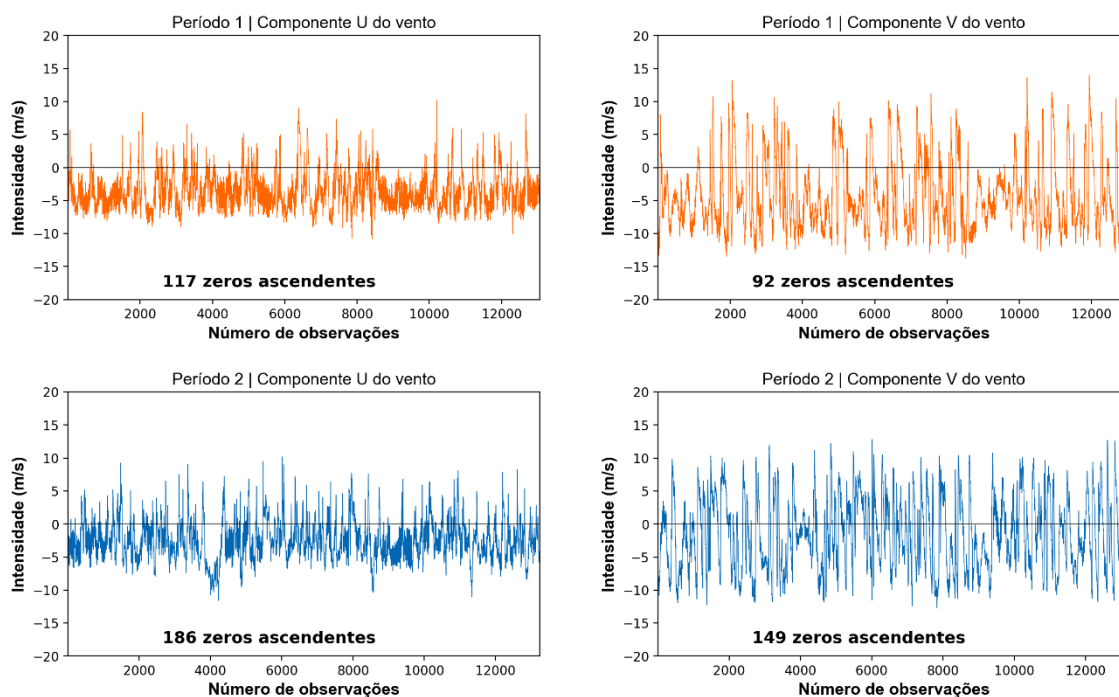


Figura 12: Séries temporais das componentes “u” e “v” do vento para o ponto mais próximo aos pontos de vazamento e o número de zeros ascendentes presentes nas séries.

Observa-se que o número de zeros ascendentes para a componente zonal (u) do vento foi de 117 para o Período 1 e 186 para o Período 2. Já a componente meridional (v) apresentou 92 zeros ascendentes no Período 1 e 149 no Período 2.

Assim, tendo como base a metodologia proposta por Elliot (2004), para uma correta representação dessa variabilidade na modelagem probabilística de óleo, os números mínimos de simulações aconselháveis seriam de 117 e 186 para os períodos 1 e 2, respectivamente. No estudo, no entanto, foram utilizadas 500 simulações para cada condição sazonal de acordo com termo de referência recente emitido pelo IBAMA. Essas simulações são escolhidas com espaçamento de tempo regular, permitindo assim considerar todo o período de dados e toda a variabilidade ambiental da região no período.

4.6. Estratégias de Modelagem

4.6.1 Cenários de vazamento

Para os volumes de 8 m³ e 200 m³ foram realizadas simulações de vazamentos instantâneos de óleo cru em superfície. Para as simulações de pior caso com volume de 71.544 m³, foi considerado vazamento contínuo de fundo (1.462 m) por 30 dias a partir de um orifício de 0,92 m, que é o diâmetro da cabeça do poço. Já para as simulações de pior caso com volume de 15.899 m³, foi considerado vazamento contínuo em superfície, de duração de 1 dia.

Para os vazamentos de fundo, foi considerada a razão Gás-Líquido (GLR) de 200 Sm³/Sm³ e densidade do gás de 1,075 Kg/Sm³.

Para todos os volumes, após o término do vazamento foram ainda simulados mais 30 dias para observação do comportamento da deriva do óleo em dois períodos sazonais (4.4.3 – Separação Sazonal), totalizando 30 dias (720 horas) de simulação nos cenários de 8 m³, 200 m³, 31 dias no cenário de 15.899m³ e 60 dias (1.440 horas) de simulação no cenário de pior caso de volume de 71.544m³.

Em todas as simulações foi realizada uma modelagem tridimensional. Este tipo de modelagem permite o mapeamento das frações do óleo que ficam dissolvidas e dispersas na coluna d'água, além da parcela do óleo que fica na superfície.

4.6.2 Limiares ambientais

Em todas as simulações considerou-se como critério de existência de óleo na superfície espessuras maiores ou iguais ao limiar de 3×10^{-7} metros. Esse valor de espessura está em conformidade com o limite visual indicado na Informação Técnica n° 023/02 (ELPN/IBAMA), que "*corresponde ao filme de óleo denominado por arco-íris*" e com os recentes Termos de Referência.

Para mapeamento das concentrações de óleo disperso/dissolvido na coluna d'água foi utilizada a concentração de 20 ppb como limite para apresentação dos resultados. A especificação de um valor limiar deve ser baseada em critérios que levem em conta a toxicidade dos compostos presentes no óleo.

Para fins práticos é comum a adoção de um valor restritivo que possa ser utilizado de maneira mais geral. Um bom exemplo disso é o critério de presença de óleo baseado na espessura de óleo na superfície. O valor de 20 ppb foi adotado considerando que este valor é aproximadamente 0,1 % da concentração de óleo e graxas permitida para descarte de água produzida de acordo com a resolução CONAMA 393/2007. Esta resolução estabelece que "o descarte de água produzida deverá obedecer a concentração média aritmética simples mensal de óleos e graxas de até 29 mg/L, com valor máximo diário de 42 mg/L".

Dessa forma, se baseando em 0,1% de 29 mg/L temos aproximadamente 29 ppb. O valor de 0,1% foi arbitrado levando em consideração que este valor tem a mesma ordem de grandeza das diluições necessárias para que não sejam observados efeitos tóxicos adversos em descartes de água de produção, conforme observado em Gabardo (2007).



Apesar da concentração de óleo de 20 ppb ser um valor arbitrado em função do estudo de Gabardo (2007), ao compararmos os limiares ambientais a pares internacionais, é observado que o valor selecionado está na mesma ordem de grandeza. Por exemplo, no documento de Oskar Commission (2014) é recomendado o valor de PNEC (do inglês, *Predicted No Effect Concentration* ou Concentração Sem Efeito Previsível) de 70,5 ppb, que cita como referência o estudo de Smit *et al.* (2009). Esse valor equivale ao descritor HC5 (concentração de risco com efeito adverso para 5% das espécies) que protege 95% das espécies em uma curva de Distribuição de Sensibilidade das Espécies, baseada em 30 valores de CENO (Concentração de Efeito Não Observado) crônicos para 17 espécies marinhas.

Ainda citando exemplo, no documento de Rye *et al.* (2004) onde se discute a criação de um Fator de Impacto Ambiental (em inglês, *Environment Impact Factor – EIF*) em concordância entre operadores de óleo e gás na Noruega, o valor de PNEC adotado para o cálculo do EIF é de 40,4 ppb. Dessa forma, observa-se aderência do valor adotado para o presente estudo com publicações internacionais.

Vale ressaltar que o valor de 20 ppb utilizado como limiar para apresentação dos resultados não está diretamente relacionado com o risco de efeitos tóxicos adversos. Apenas foi utilizado um valor que, em ordem de grandeza, permitisse o mapeamento da pluma de óleo disperso/dissolvido na coluna d'água.

Para avaliação da presença de óleo no fundo marinho, foi utilizado o seguinte procedimento: a partir do cruzamento dos mapas de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água em diversas profundidades com o mapa de batimetria utilizado no estudo, foram obtidos mapas de probabilidade de presença 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 no fundo marinho. Enquanto a concentração de óleo no fundo marinho leva em consideração um efeito cumulativo de adsorção de óleo nos sedimentos, 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.

4.6.3 Características do óleo

Segundo a contratante, a expectativa para o óleo presente no novo prospecto seja próximo do óleo produzido na região, que tem gravidade de 29,3° API. A partir desta informação foi escolhido um óleo do banco de dados do modelo com característica similar. Informações detalhadas do óleo utilizado tanto na simulação de vazamento no campo de Wahoo quanto na simulação de vazamento no campo de Frade são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 7: Características do óleo utilizado nas simulações.

Classificação do óleo de acordo com termos de referência do IBAMA	Descrição
(X) pesados	maior conteúdo de componentes pesados, evaporação inferior a 50% volume após 1 semana no mar, possibilidade de formação de emulsão. (*)
() condensados	não contém componentes como asfalto e parafinas pesadas, evaporação tipicamente superior a 70% volume, baixa possibilidade de formação de emulsão
() leves	maior conteúdo de componentes leves, evaporação entre 50 a 70% volume, formação de emulsões instáveis.

* Os valores medianos de evaporação variaram entre 39 a 55%.

Propriedades Físicas		
Parâmetro	Valor	Unidade
API	29,3	°
Densidade	0,880	g/cm ³
Viscosidade dinâmica	42 (a 13°C)	cP
Ponto de fluidez (<i>pour point</i>)	- 6	°C
Caracterização Química		
Componentes do Óleo	Fração no Óleo (%)	
C1-C4 gases (dissolvido no óleo)	0,69	
C5-saturados (n-/iso-/ciclo)	1,10	
C6-saturados (n-/iso-/ciclo)	1,23	
Benzeno	0,20	
C7-saturados (n-/iso-/ciclo)	1,99	
C1-Benzeno (Tolueno) et, B	0,51	
C8-saturados (n-/iso-/ciclo)	2,03	
C2-Benzeno (xilenos; usando O-xileno)	0,55	
C9-saturados (n-/iso-/ciclo)	2,26	
C3-Benzeno	1,98	
C10-saturados (n-/iso-/ciclo)	5,16	
C4 e C4 Benzenos	0,18	
C11-C12 (total sat + aro)	3,80	
Fenóis (C0-C4 alquilado)	0,01	
Naftalenos 1 (C0-C1-alquilado)	0,20	
C13-C14 (total sat + aro)	4,11	



Naftalenos 2 (C2-C3-alquilado)	0,57
C15-C16 (total sat + aro)	7,90
HPA 1 (Hidrocarbonetos poliaromático médio solúvel (3 anéis-não-alquilado; < 4 anéis)	0,34
C17-C18 (total sat + aro)	5,06
C19-C20 (total sat + aro)	3,89
Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR: C10 a C36)	4,41
C21-C25 (total sat + aro)	3,84
HPA 2 (Hidrocarbonetos poliaromático baixo solúvel (3 anéis-alquilado; 4-5+ anéis))	0,17
C25+ (total)	47,79

Curva de Destilação	
Temperatura (°C)	Volume (%)
65	2,4
100	6,6
150	12,6
200	20,6
250	29,3
300	38,5
350	48
370	51,8
475	69,6
525	76,8
565	81,3



4.6.4 Parâmetros das Simulações

Os parâmetros utilizados no presente estudo são apresentados na Tabela 4.

Tabela 8: Parâmetros numéricos utilizados no modelo de dispersão de óleo.

Parâmetros do modelo			
Número de partículas	Gotículas (não dissolvidas)	20.000	
	Dissolvidas	20.000	
Dimensão da grade	Zonal	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	km
	Meridional	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	km
Resolução da grade	Direção X (longitude)	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	m
	Direção Y (latitude)	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	m
	Direção Z (profundidade)	2/10 (8, 200 e 15.899 m ³)	m
	(primeira camada/demais)	2/36,5 (71.544m ³)	
Profundidade para grade de concentração	Min:	0	m
	Max:	202/1.462	m
Limiar de concentração na coluna d'água		20	ppb
Passos de tempo	Passo de tempo de cálculo	15	min
	Passo de tempo de saída	60	min
Duração da simulação	8m ³	30	dias
	200m ³	30	dias
	15.899m ³	31	dias
	71.544m ³	60	dias
Número de simulações no modo probabilístico		500	Período 1
		500	Período 2
Parâmetros do modelo			



Número de partículas	Gotículas (não dissolvidas)	20.000	
	Dissolvidas	20.000	
Dimensão da grade	Zonal	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	km
	Meridional	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	km
Resolução da grade	Direção X (longitude)	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	m
	Direção Y (latitude)	~2.000 (8 e 200 m ³) ~2.500 (71.544m ³ e 15.899m ³)	m
	Direção Z (profundidade)	2/10 (8 e 200 m ³)	m
	(primeira camada/demais)	2/36,5 (71.544m ³ e 15.899m ³)	
Profundidade para grade de concentração	Min:	0	m
	Max:	202/1.462	m
Limiar de concentração na coluna d'água		20	ppb
Passos de tempo	Passo de tempo de cálculo	15	min
	Passo de tempo de saída	60	min
Duração da simulação	8m ³	30	dias
	200m ³	30	dias
	15.899m ³	31	dias
	71.544m ³	60	dias
Número de simulações no modo probabilístico		500	Período 1
		500	Período 2

No modelo OSCAR pode-se utilizar até 30 mil partículas para representar a fração não dissolvida do óleo e 30 mil para representar a fração dissolvida. No estudo atual, optou-se por utilizar 20 mil para cada tipo, totalizando 40 mil partículas. Esse valor foi escolhido com base em testes de sensibilidade com aumentos sucessivos do número de partículas, onde foi verificado que a partir de 10 mil partículas (5 mil não dissolvidas e 5 mil dissolvidas) não se observam diferenças entre os resultados. Com relação à distribuição dos diâmetros e massas das partículas, isto é feito internamente pelo modelo de óleo.



5. Resultados

A seguir serão apresentados os resultados das simulações de deriva do óleo para vazamentos de 8 m³, 200 m³ e pior caso, nos modos probabilístico e determinístico, a partir dos pontos de risco considerados.

Na abordagem probabilística são realizadas diversas simulações determinísticas, considerando todos os processos citados nos itens anteriores, em diferentes cenários meteo-oceanográficos (correntes e ventos). Os resultados do modo probabilístico são de grande importância porque ilustram tanto a abrangência da área passível de ser afetada pelo vazamento quanto o tempo mínimo de chegada do poluente em cada local com probabilidade de ser atingido, além de identificar as regiões com maiores probabilidades de serem alcançadas nos diferentes cenários simulados (Figura 13).

Para a obtenção destes resultados foram realizadas 500 diferentes simulações para cada cenário, nos diferentes volumes de vazamento, totalizando 3.000 possíveis trajetórias de óleo. Este número de simulações foi definido para representar a variabilidade ambiental da região.

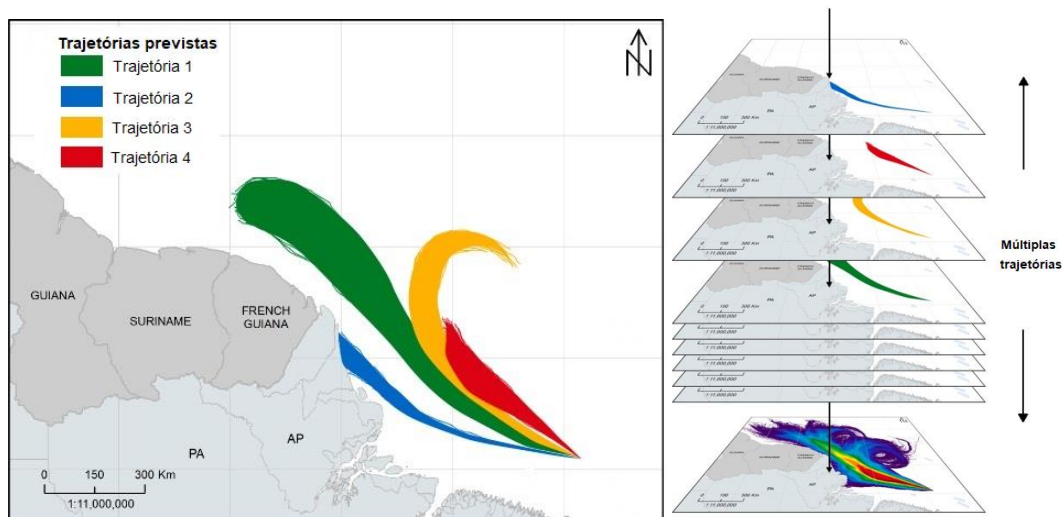


Figura 13: Exemplos de quatro trajetórias de derramamentos individuais para um cenário de vazamento genérico (à esquerda). Centenas de trajetórias individuais são sobrepostas umas sobre as outras, como mostrado à direita para calcular os resultados estocásticos (probabilidade, tempos mínimos de chegada, massa máxima de óleo encalhado na costa, etc.).

Os mapas/gráficos das simulações probabilísticas apresentados a seguir são resultados de:

- **Probabilidade de chegada de óleo** – Este mapa define os locais (superfície, costa, coluna d’água e/ou fundo marinho) e a probabilidade associada em que se espera que a massa de óleo exceda o limiar que define a presença de uma mancha de óleo.
- **Tempo mínimo de chegada de óleo** – Este mapa corresponde ao tempo mínimo de chegada de óleo ao mapa de probabilidade de presença de óleo. A ideia deste mapa é mostrar o menor

tempo necessário para que o óleo exceda os limiares ambientais (espessura, concentração e/ou massa) definidos em cada ponto de grade se ocorrer um vazamento de óleo.

- **Massa ou concentração máxima de óleo** - Este mapa corresponde a massa ou concentração máxima ao mapa de probabilidade de presença de óleo. A ideia deste mapa é mostrar o máximo de massa ou concentração para os locais onde o óleo excede os limiares ambientais (espessura, concentração e/ou massa) definidos em cada ponto de grade se ocorrer um vazamento de óleo.
- **Perfis verticais** - Os resultados de perfil na coluna d'água representam a integração dos valores de probabilidade e concentração de óleo ao longo da longitude, isto é, é apresentado o maior valor de probabilidade ou concentração em cada ponto de grade relativo à longitude e a profundidade.
- **Balanço de massa do óleo** - Gráficos do tipo box-plot para o balanço de massa do óleo considerando todos os processos de intemperismo, onde é possível observar valores mínimo, máximo, mediana, primeiro e terceiro quartis.

Nos resultados são destacadas algumas regiões sensíveis identificadas na área de estudo. A localização das UCs que apresentaram probabilidade de presença de óleo é apresentada no Anexo II.

No modo determinístico, os cenários críticos a serem simulados foram definidos através da análise dos resultados das simulações probabilísticas de pior caso, sendo avaliada a situação em que o óleo atingiu a costa no menor período possível após o início do vazamento e a situação em que houve maior acúmulo de óleo na costa. O intemperismo e a evolução da massa e área da mancha de óleo serão apresentados ao final de cada simulação determinística, através de gráficos e tabelas que apresentam os valores ao longo da simulação.

5.1. Resultados Probabilísticos

A seguir serão apresentados os resultados do modo probabilístico para os vazamentos de óleo cru, para:

- dois pontos de vazamento (um ponto localizado no Campo de Wahoo e um ponto localizado no Campo de Frade – ambos localizados na Bacia de Campos);
- três volumes (8 m³, 200 m³ e pior caso – 15.899 m³ (Campo de Frade) e 71544m³ (Campo de Wahoo));
- dois cenários sazonais definidos, Período 1 (setembro a fevereiro) e Período 2 (março a agosto).

No que se refere à extensão do vazamento de óleo nos cenários de pior caso dos campos marítimos de Wahoo e Frade, observa-se que no caso do campo de Wahoo, as simulações indicam que o óleo atinge distâncias consideravelmente maiores em superfície quando comparado ao vazamento no campo de Frade. Isto ocorre devido ao volume de vazamento ser consideravelmente maior no

campo de Wahoo, além das diferenças da profundidade do vazamento, e de tempo de simulação. A área de probabilidade acima de 90% no cenário de Wahoo também é substancialmente superior à de Frade.

A profundidade e a natureza do local de origem do óleo diferenciam os resultados obtidos na coluna d'água nos cenários de pior caso. No vazamento do campo de Wahoo, situado no fundo marinho a 1.462 metros de profundidade, o óleo tende a ascender verticalmente, distribuindo-se por toda a coluna d'água. Em contrapartida, no campo de Frade, onde o vazamento ocorre na superfície, o óleo tende a concentrar-se predominantemente nas camadas mais superficiais do oceano.

Quanto às consequências na costa, o alcance total do toque de óleo é superior no cenário de Wahoo, com um tempo mínimo de chegada de óleo na costa inferior em comparação ao vazamento em Frade. Adicionalmente, a frequência de simulações que prevêem o toque de óleo na costa é significativamente maior no cenário de Wahoo, variando entre 54% e 79%, enquanto no cenário de Frade essa porcentagem varia entre 4% e 13%.

5.1.1 WAHOO

A seguir serão apresentados os resultados do modo probabilístico para os vazamentos de 8, 200 e 71.544 m³ de óleo cru a partir de um ponto de risco no Campo de Wahoo, na Bacia de Campos, para dois cenários sazonais definidos, Período 1 (setembro a fevereiro) e Período 2 (março a agosto).

5.1.1.1 Vazamento de 8 m³

A dinâmica da região onde está localizado o ponto de vazamento é influenciada principalmente pelo sistema Corrente do Brasil, que apresenta escoamento principal para sul/sudoeste. Os ventos predominantes são do primeiro quadrante, sobretudo de NNE e de NE, ocorrendo maior frequência de ventos de segundo e terceiro quadrante (S, SE e SW) no Período 2.

Sob influência destas principais forçantes, em ambos os períodos, o óleo deriva predominantemente para sudoeste. Em superfície, os valores de probabilidade superiores a 30% podem alcançar até 43 km do ponto de vazamento no Período 1 e 47,2 km no Período 2. A distância máxima com probabilidade de presença está a 114,6 km do ponto de vazamento no Período 1 e 301,4 km no Período 2. Estes pontos mais afastados podem ser alcançados em até 4 dias no período 1 e até 8 dias no Período 2. Em até 3 dias (72 h) o óleo pode alcançar uma distância máxima de 93 km no Período 1, e 157,3 km no Período 2.

Na coluna d'água, apesar do balanço de massa apresentar valores medianos de 46% (Período 1) e 41% (Período 2) ao fim de 30 dias, não se observou valores acima de 20 ppb na coluna d'água em nenhum ponto do domínio. Também não houve probabilidade de chegada de óleo na costa, nas UCs e no fundo marinho acima do limiar estabelecido. A menor distância do óleo em superfície até a costa foi cerca de 68 km no Período 1 e 45 km no Período 2, relativos aos municípios de Campos dos Goytacazes-RJ e Quissamã-RJ, respectivamente. A menor distância observada do óleo em superfície em relação às UCs é de 68 km no Período 1 e 45 km no Período 2, relativas a PE da Lagoa do Açu-RJ e APA do Lagamar -RJ, respectivamente.

Em relação aos processos intempéricos atuantes ao final dos 30 dias de simulação, observa-se que a retirada do óleo ocorreu, majoritariamente, pela evaporação (com mediana entre 45 e 47%), seguida pela dispersão na coluna d'água (mediana entre 41 e 46%). O óleo remanescente em superfície ao final das simulações apresentou mediana de ~10%. No fundo marinho, o óleo apresentou mediana inferior a 0,05%.



5.1.1.1.1 Período 1

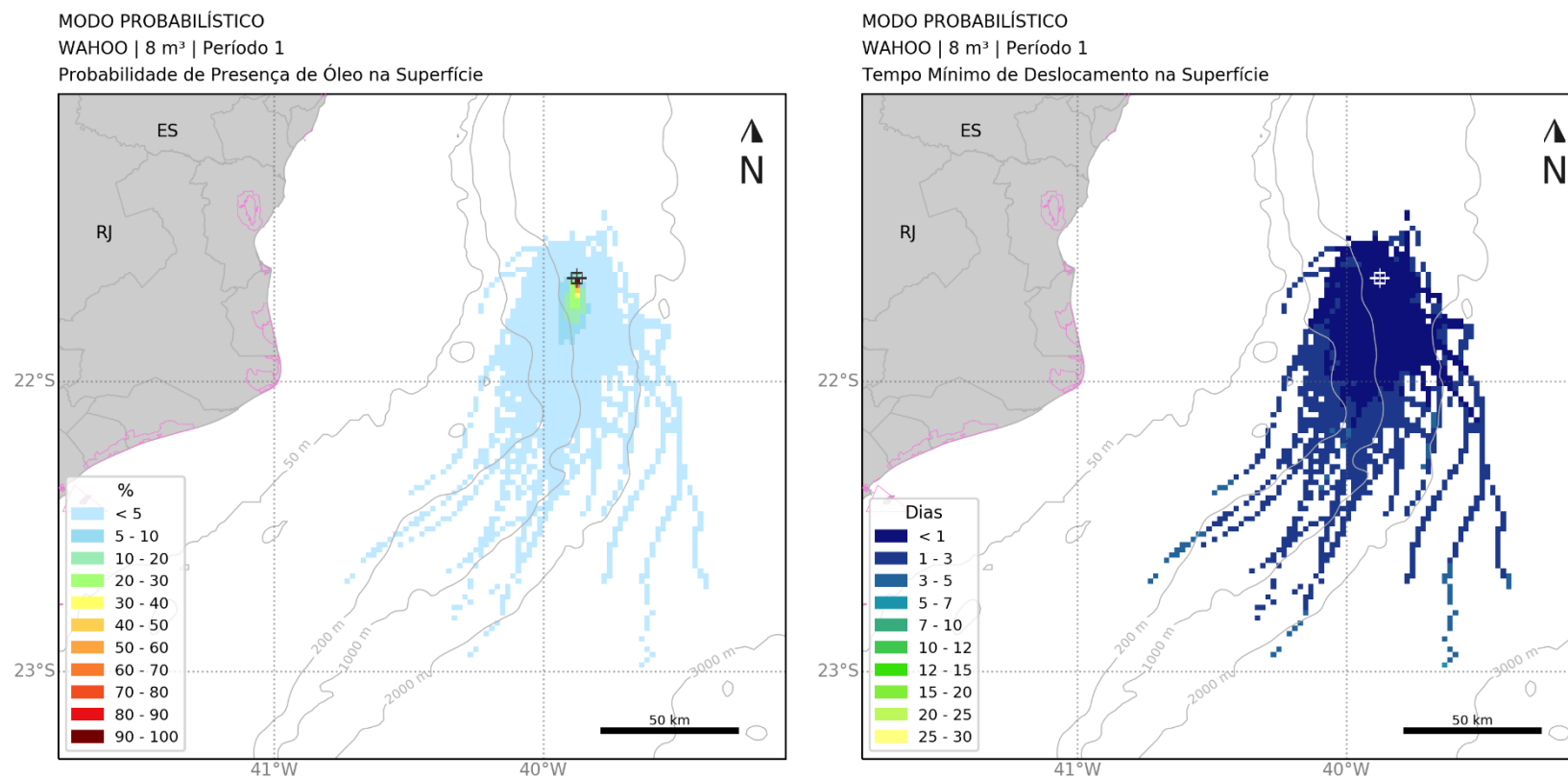


Figura 14: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Wahoo, de 8 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

[Assinatura]

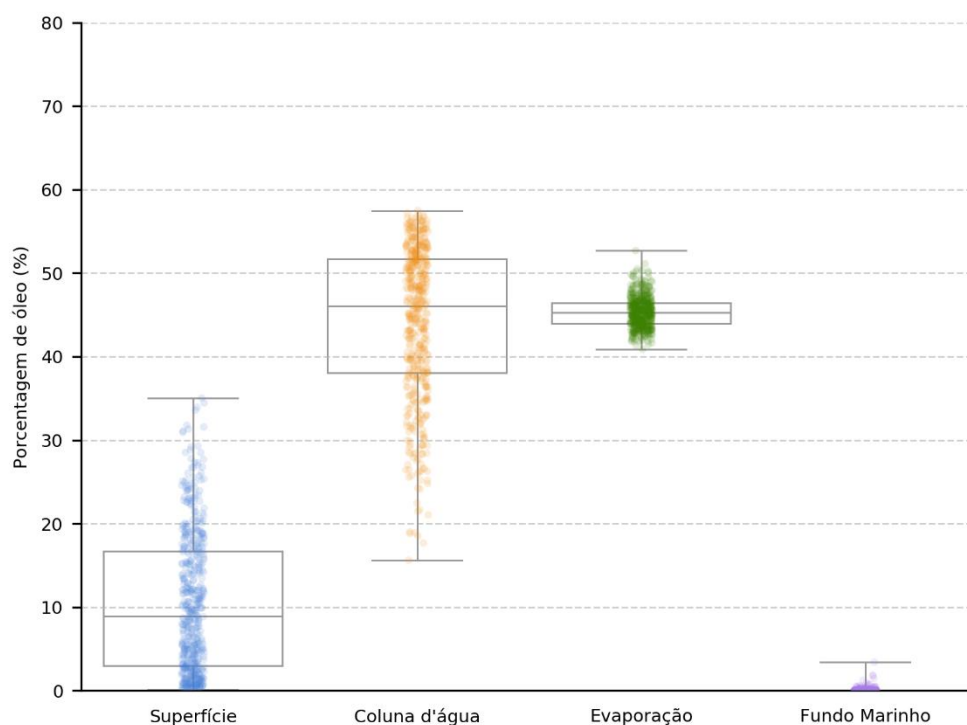


Figura 15: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de 8 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 9: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de 8 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho
Mínimo	0,1	15,6	40,9	-
Primeiro Quartil	3	38	44	-
Mediana	8,9	46,1	45,2	< 0,05
Terceiro Quartil	16,7	51,7	46,4	< 0,05
Máximo	35	57,5	52,7	3,4

5.1.1.1.2 Período 2

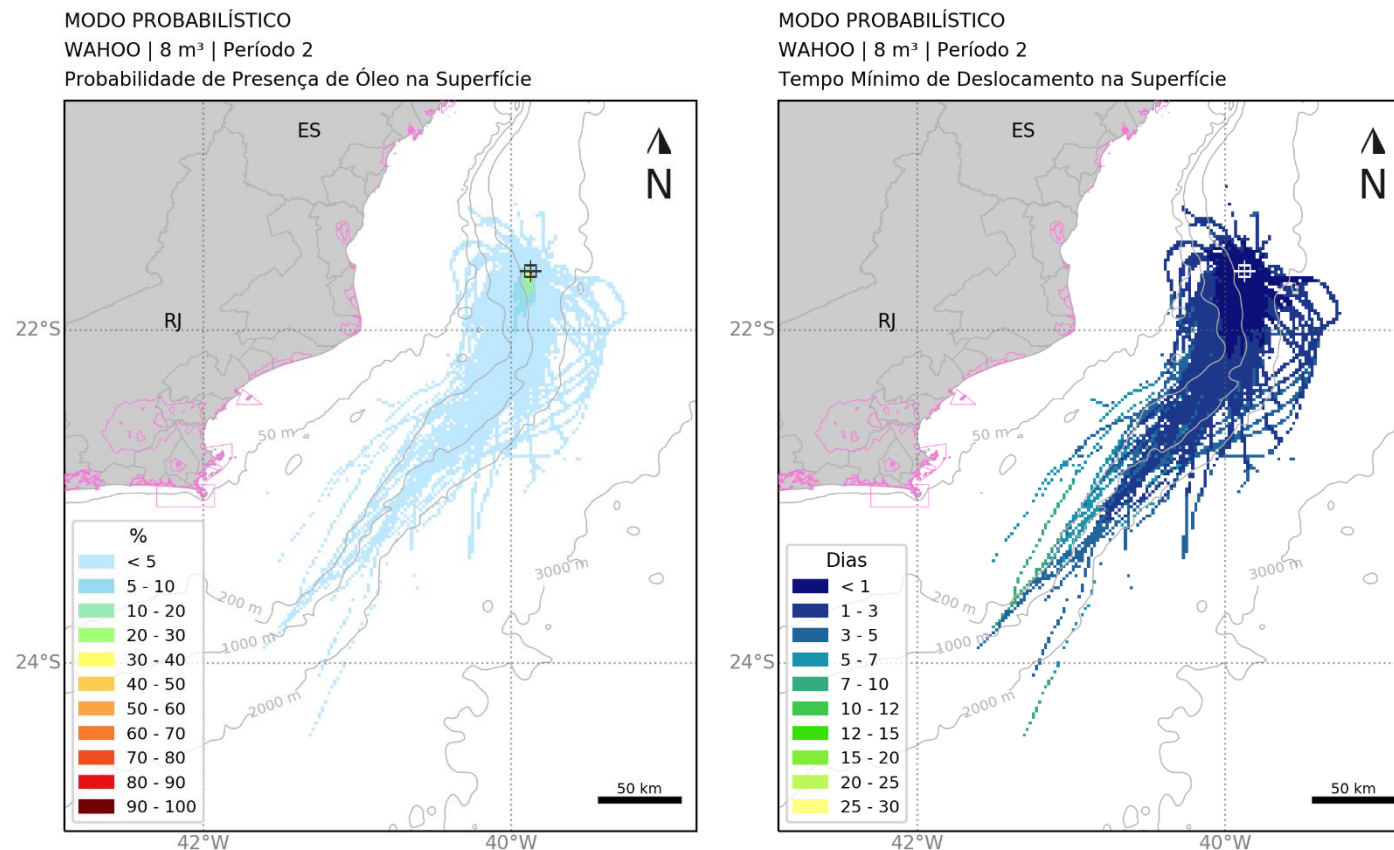


Figura 16: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Wahoo, de 8 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

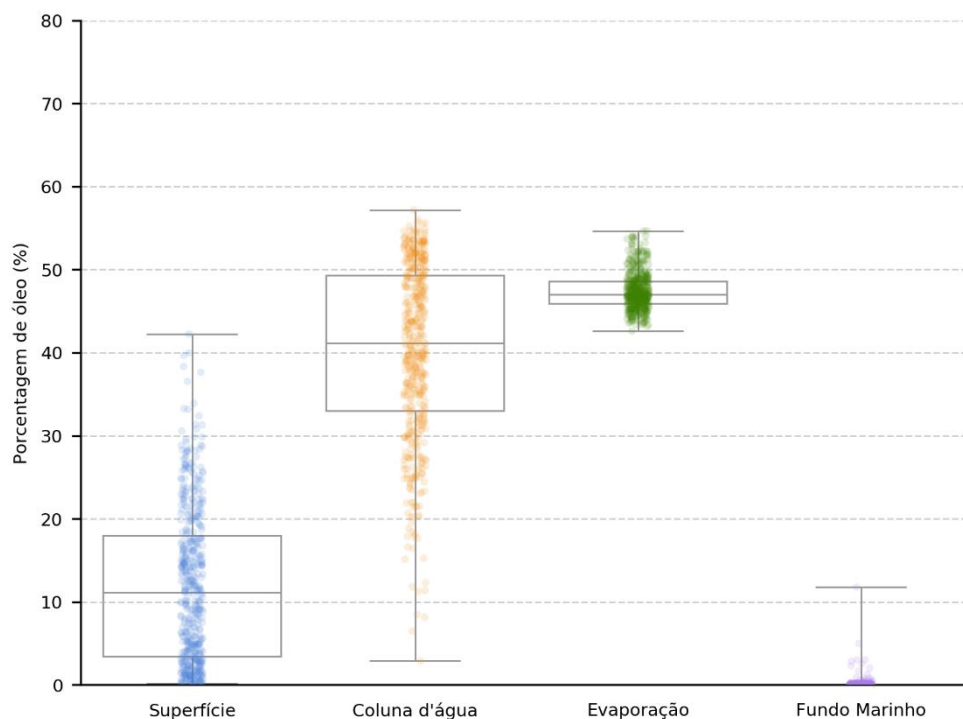


Figura 17: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de 8 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 10: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de 8 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho
Mínimo	0,1	2,9	42,6	-
Primeiro Quartil	3,4	33	45,9	-
Mediana	11,1	41,1	47	< 0.05
Terceiro Quartil	18	49,3	48,6	< 0.05
Máximo	42,2	57,2	54,7	11,8

5.1.1.2 Vazamento de 200 m³

Para os vazamentos de 200 m³, assim como nos de pequeno porte, a direção preferencial de deriva do óleo foi para sudoeste do ponto de vazamento, seguindo a orientação do talude, que é a orientação preferencial da CB.

Em superfície, valores de probabilidade superiores a 30% podem alcançar até 47 km no Período 1 e 46 km no Período 2. A distância máxima com probabilidade de presença está a 1.152 km do ponto de vazamento no Período 1 e 984 km no Período 2. Estes pontos mais afastados podem ser alcançados em até 30 dias no Período 1 e 25 dias no Período 2. Em até 3 dias (72 h) o óleo pode alcançar uma distância máxima de 210 km no Período 1, e 190 km no Período 2.

Na coluna d'água, a área com probabilidade de presença de óleo é inferior à observada em superfície. O óleo pode alcançar até 571 km do ponto de vazamento no Período 1 e até 538 km no Período 2. Não há probabilidade maior que 40% na coluna d'água e não houve probabilidade de chegada de óleo no fundo marinho acima do limiar estabelecido.

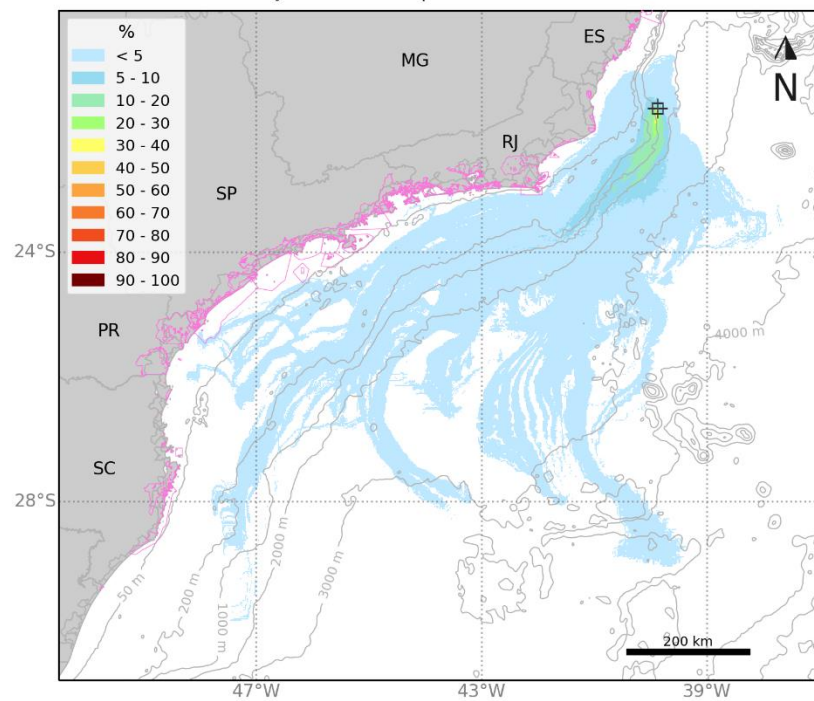
Há probabilidade de chegada de óleo em 22 municípios no Período 2, entre Linhares-ES e São Sebastião-SP, sendo a maior probabilidade (1,4%) e menor tempo de toque (9,6 dias) observada em Arraial do Cabo-RJ. No Período 1, 6 municípios apresentaram probabilidade de presença de óleo, sendo a maior probabilidade observada em Quissamã (0,4%) e o menor tempo de toque em João da Barra-RJ (6 dias).

Para as UCs, há probabilidade de chegada de óleo em 44 unidades no Período 2 e 13 unidades no Período 1. A maior probabilidade, em ambos os períodos, foi observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo, sendo de 0,6% no Período 1 e 2% no Período 2. O menor tempo de chegada de óleo nas UCs foi de 8,4 dias na RESEX Marinha Arraial do Cabo no Período 2 e 6,1 dias na RPPN Fazenda Caruara-RJ e APA de Iquipari-RJ, no Período 1.

Em relação aos processos intempéricos atuantes ao longo dos 30 dias de simulação, observa-se que o principal processo foi evaporação (mediana em torno de 55%), seguida pela dispersão na coluna d'água (mediana entre 18% e 21%). Ao final da simulação, o óleo na costa apresentou valor máximo de 2% no Período 1 (uma simulação) e 37% no Período 2. Ao fim de 30 dias, o máximo de óleo remanescente na superfície foi de 41%, com mediana de ~26%. No fundo marinho, o valor máximo foi de 0,8% no Período 1 e 3,7% no Período 2, ao final da simulação.

5.1.1.2.1 Período 1

MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | 200 m³ | Período 1
Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | 200 m³ | Período 1
Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

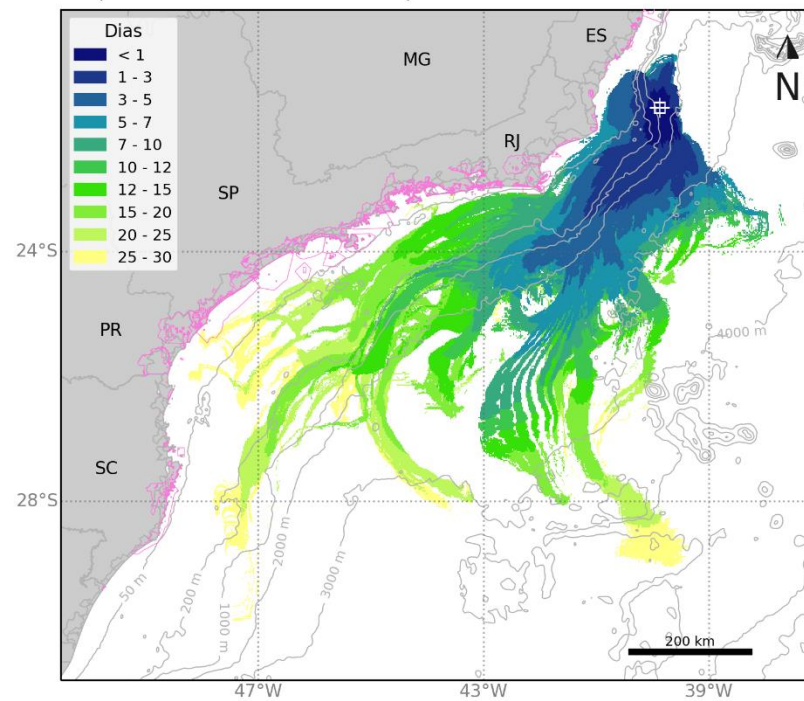


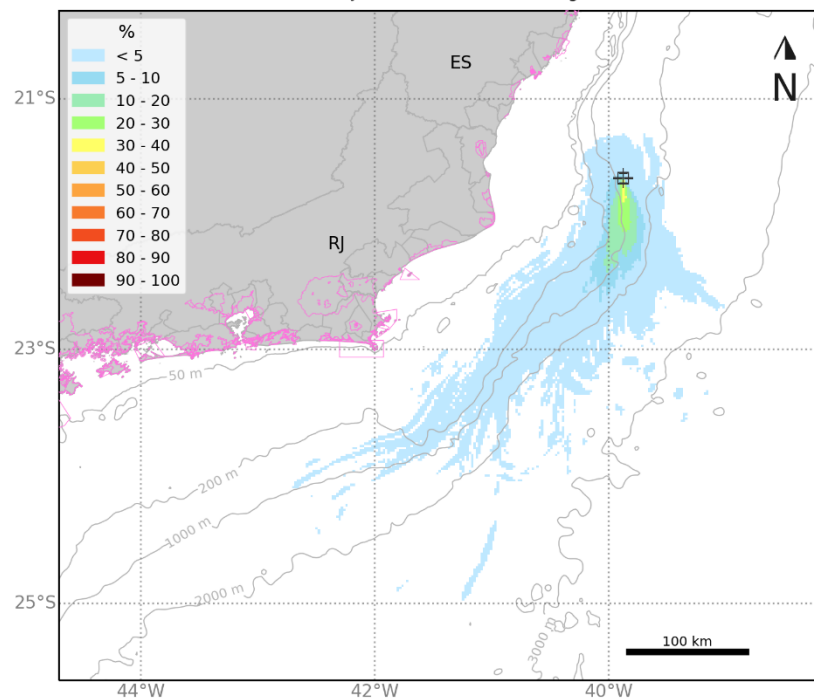
Figura 18: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

[Assinatura]

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 200 m³ | Período 1

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água



MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 200 m³ | Período 1

Probabilidade de Presença de Óleo na Costa

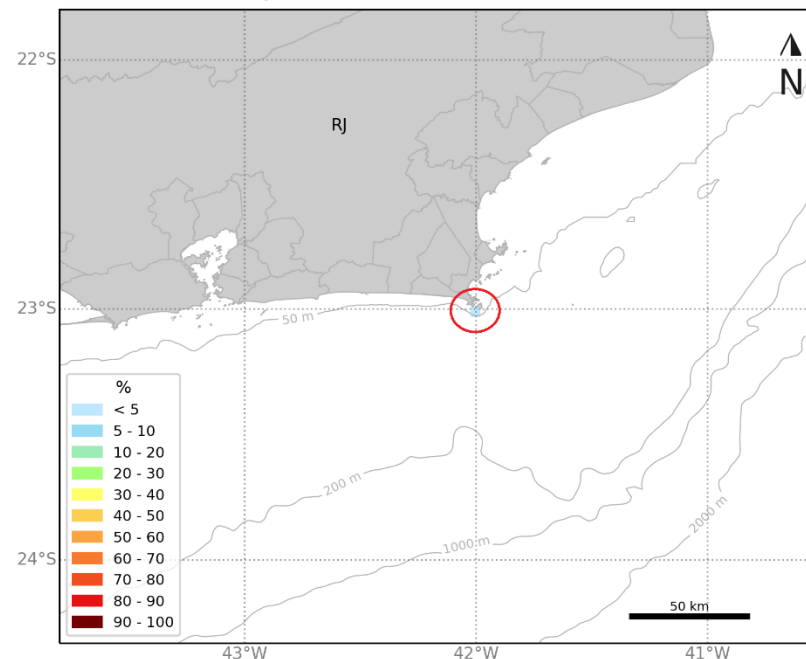


Figura 19: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água e na costa para o vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

[Assinatura]

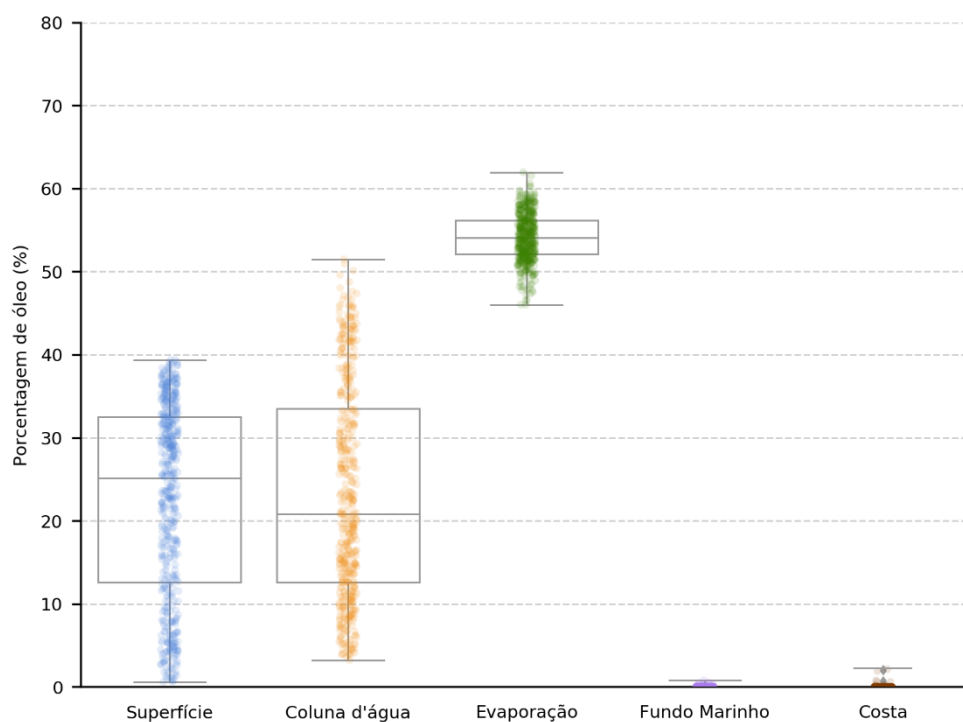


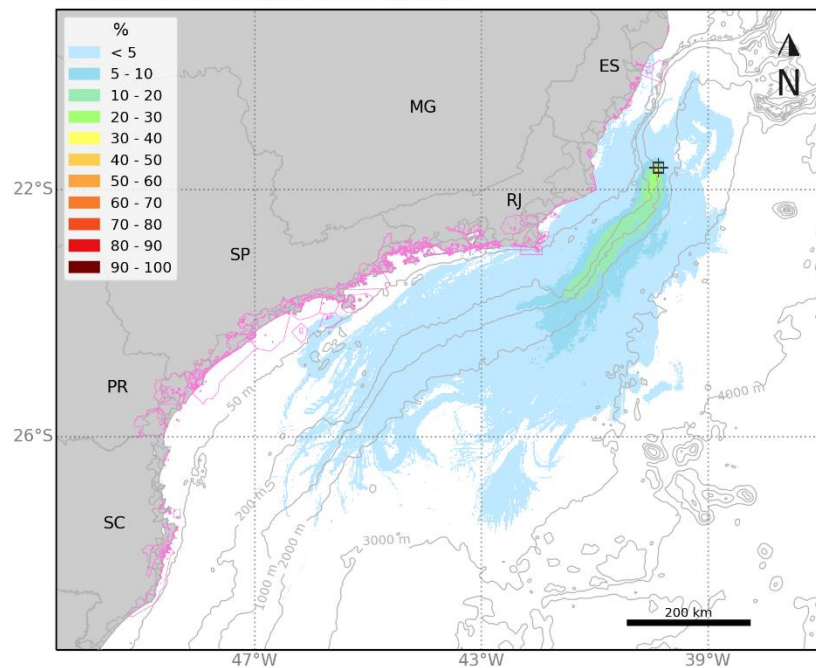
Figura 20: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 11: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	0,6	3,2	46	-	-
Primeiro Quartil	12,6	12,6	52,1	-	-
Mediana	25,1	20,8	54,1	-	-
Terceiro Quartil	32,5	33,5	56,2	< 0,05	-
Máximo	39,4	51,5	61,9	0,8	2,1

5.1.1.2.2 Período 2

MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | 200 m³ | Período 2
Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | 200 m³ | Período 2
Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

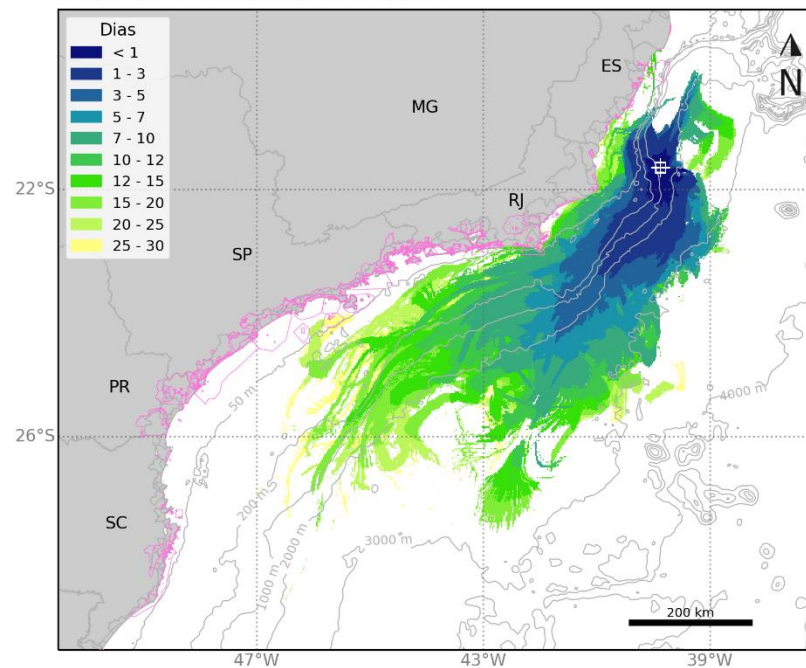
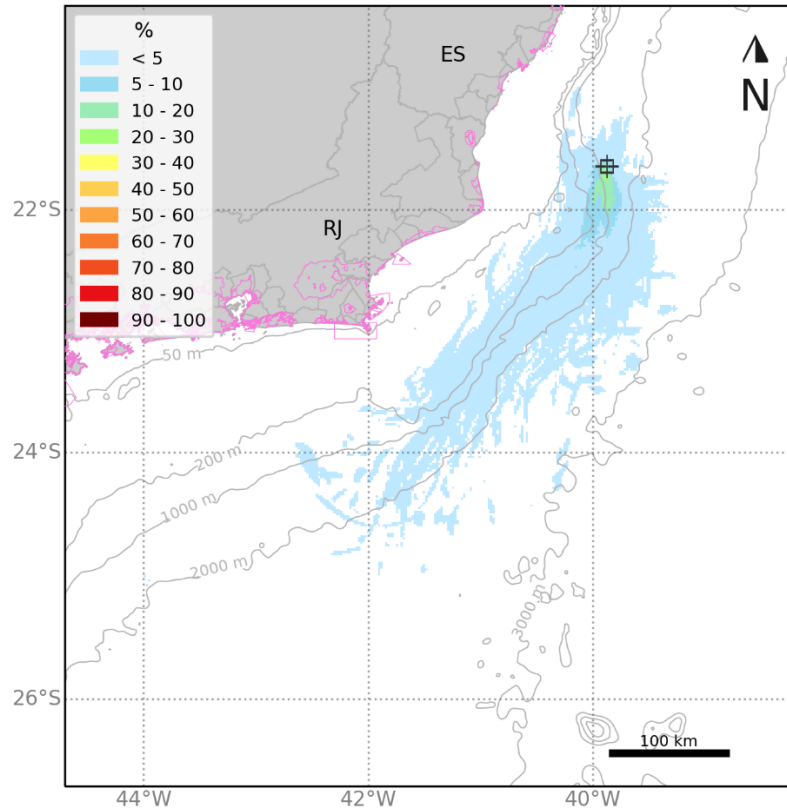


Figura 21: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 200 m³ | Período 2

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água



MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 200 m³ | Período 2

Probabilidade de Presença de Óleo na Costa

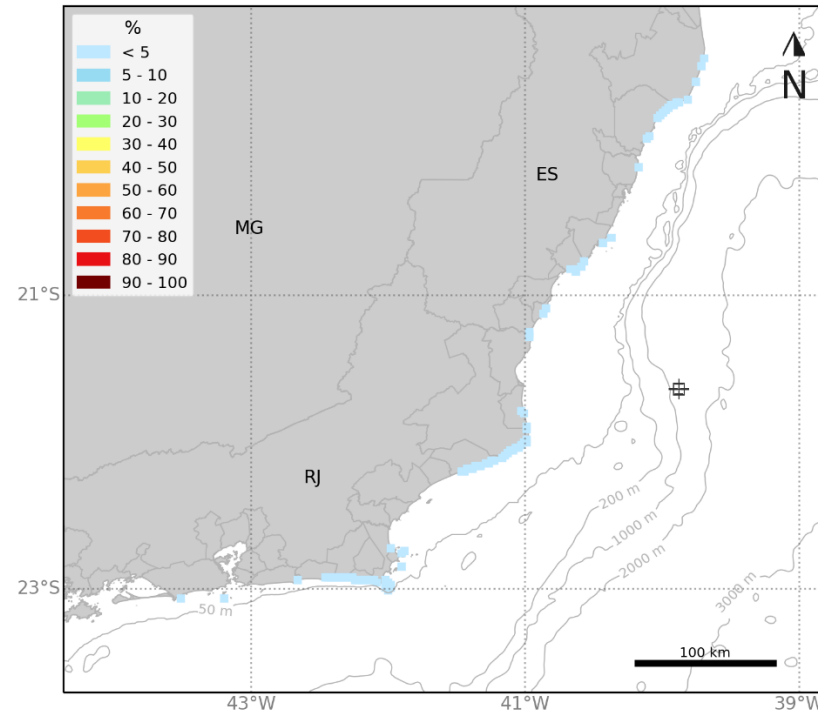


Figura 22: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água e na costa para o vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

[Assinatura]

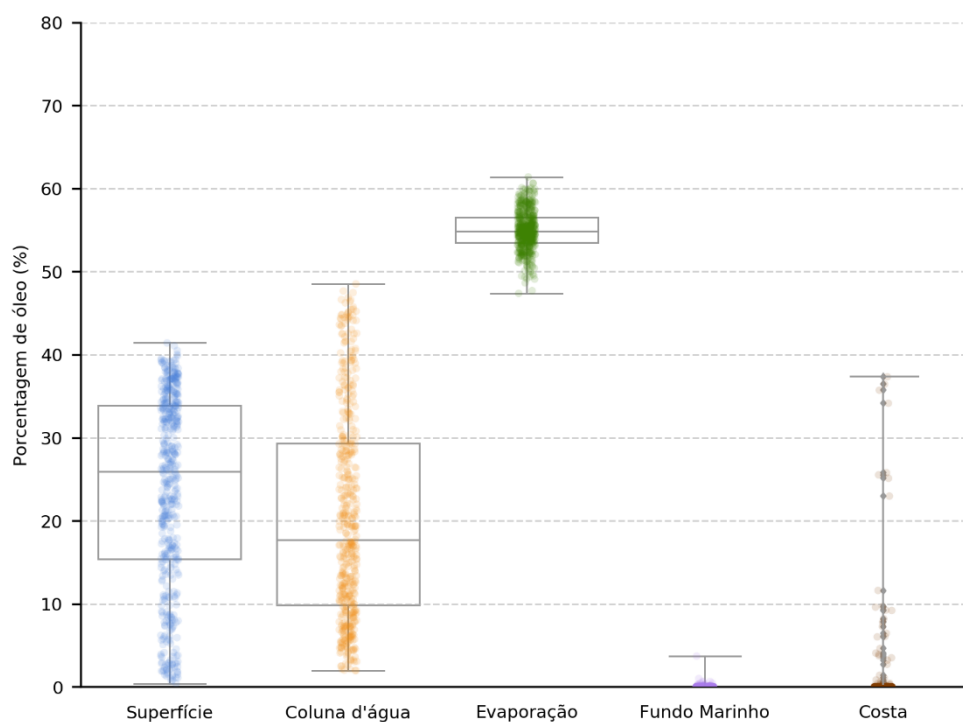


Figura 23: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 12: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	0,4	2	47,4	-	-
Primeiro Quartil	15,4	9,8	53,5	-	-
Mediana	26	17,7	54,8	-	-
Terceiro Quartil	33,9	29,3	56,5	< 0,05	-
Máximo	41,4	48,5	61,4	3,7	37,3

5.1.1.2.3 Tabelas Comparativas

A seguir são apresentados os resultados de óleo nos municípios (Tabela 13) e unidades de conservação (Tabela 14) para os vazamentos de 200 m³, em ambos os cenários sazonais.

Tabela 13: Probabilidade de presença, tempo mínimo de chegada, massa máxima e extensão de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento 200 m³ no campo de Wahoo, nos cenários de Período 1 e Período 2.

UF	Município	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)		Massa Máxima (t/km)		Extensão (Km)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
		1	2	1	2	1	2	1	2
ES	LINHARES	-	0,2	-	11,6	-	0,7	-	19,8
	ARACRUZ	-	0,2	-	11,9	-	1,3	-	25,5
	SERRA	-	0,2	-	15,1	-	0,5	-	2,8
	GUARAPARI	-	0,2	-	16,3	-	0,5	-	8,5
	ANCHIETA	-	0,4	-	11,8	-	1,1	-	14,1
	PIÚMA	-	0,4	-	18	-	-	-	-
	ITAPEMIRIM	-	0,4	-	17,2	-	-	-	-
	MARATAÍZES	-	0,2	-	25,4	-	0,7	-	5,7
	PRESIDENTE KENNEDY	-	0,4	-	22,9	-	1,4	-	8,5
RJ	SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	-	0,4	-	22,9	-	0,6	-	2,8
	SÃO JOÃO DA BARRA	0,2	0,2	6	18,5	-	4,1	-	11,3
	CAMPOS DOS GOYTACAZES	-	1	-	14,4	-	2,6	-	31,1
	QUISSAMÃ	0,4	1	6,7	15,8	-	2,4	-	39,6
	CABO FRIO	-	0,8	-	21,4	-	1,1	-	5,7
	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	-	0,2	-	21,9	-	0,7	-	8,5
	RIO DE JANEIRO	0,2	0,2	20	22,9	-	0,6	-	5,7
	ANGRA DOS REIS	0,2	-	24	-	-	-	-	-
	NITERÓI	-	0,2	-	18,8	-	-	-	-
	ARRAIAL DO CABO	0,2	1,4	8,2	9,6	0,4	3,4	2,8	50,9
	SAQUAREMA	-	0,2	-	14	-	1,1	-	14,1
	ARARUAMA	-	0,4	-	13,4	-	0,7	-	17
	MARICÁ	-	0,2	-	17,3	-	0,4	-	2,8
	SÃO SEBASTIÃO	-	0,2	-	25,1	-	3,9	-	2,8
SP	CANANÉIA	0,2	-	29,8	-	-	-	-	-

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para os municípios que não apresentaram massa acumulada na costa acima do limiar monitorado. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2 km (um ponto de grade) da costa. Como os valores apresentados são da superfície e da coluna d'água, não são apresentados valores de massa acumulada na costa e extensão.



Tabela 14: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas em um vazamento de 200 m³ no campo de Wahoo, nos cenários de Período 1 e Período 2.

Unidades de Conservação	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
ARIE do Degredo	-	0,2	-	12,2
REBIO DE COMBOIOS	-	0,2	-	11,9
APA Costa das Algas	-	0,2	-	11,4
RVS de Santa Cruz	-	0,2	-	11,8
APA da Lagoa Jacumém	-	0,2	-	16
APA de Três Ilhas	-	0,2	-	16,3
RDS Papagaio	-	0,4	-	19,2
ESEC Papagaio	-	0,4	-	19,2
APA Tartarugas	-	0,4	-	11,8
APA de Guanandy	-	0,2	-	23,5
ANT Ilha do Meio, Ilha dos Cabritos E Ilha do Francês	-	0,4	-	17,5
MN Falésias de Marataízes	-	0,2	-	23,8
RPPN Fazenda Caruara	0,2	0,4	6,1	21
APA de Iquipari	0,2	0,4	6,1	19,1
PE da Lagoa do Açu	-	1,2	-	14,4
APA do Lagamar	-	1,2	-	14,6
PARNA Restinga de Jurubatiba	-	1	-	15,8
APA do Arquipélago de Santana	-	0,8	-	13,5
APA Marinha da Armação de Búzios	-	0,8	-	13
PM Mata do Rio São João	-	0,2	-	25,6
PNM dos Corais de Armação dos Búzios	-	0,2	-	21,9
APA da Praia da Azeda e Azedinha	-	0,2	-	21,9
PE da Costa do Sol	-	0,8	-	10,2
PM da Lagoinha	-	0,2	-	21,6
RVS Serras de Maricá (Revissermar)	-	0,2	-	17,7
APA do Pau Brasil	-	0,8	-	12,6
APA Serras de Maricá (Apasermar)	-	0,2	-	17,3
ANT Dunas de Cabo Frio e Arraial do Cabo	-	0,2	-	29,7
PE da Pedra Branca	0,2	-	20	-
PM das Dunas	-	0,2	-	29,7
PNM Mico-Leão-Dourado	-	0,2	-	29,7
APA de Massambaba	-	0,4	-	10,4
RESEC de Massambaba	-	0,4	-	10,4
REBIO Guaratiba	-	0,4	-	10,4
APA de Tamoios	0,2	-	24	-
PM da Praia do Forno	-	0,2	-	12,5



RESEX Marinha Arraial do Cabo	0,6	2	8,2	8,4
RESEC da Ilha do Cabo Frio	0,2	1,4	8,2	9,6
PE da Serra da Tiririca	-	0,2	-	18,8
RESEX Marinha de Itaipu	-	0,2	-	18,8
REBIO Guaratiba	0,2	-	20	-
MN das Ilhas Cagarras	-	0,2	-	22,9
APA de Grumari	0,2	0,2	20,1	25,9
APA da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	0,2	-	20	-
PNM de Grumari	0,2	-	20,1	-
APA Marinha do Litoral Norte	-	0,2	-	27,3
RVS do Arquipélago de Alcatrazes	-	0,2	-	24,7
ESEC Tupinambás	-	0,2	-	25,1
APA Marinha do Litoral Centro	0,2	0,2	23,5	23,8
APA Marinha do Litoral Sul	0,4	-	26,8	-
ESEC dos Tupiniquins	0,2	-	29,8	-

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para as UCs que não apresentaram probabilidade de chegada de óleo. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2 km (um ponto de grade) da UC.



5.1.1.3 Vazamento de Pior Caso

Para os vazamentos de pior caso (71.544 m³), a direção preferencial de deriva do óleo foi para sudoeste do ponto de vazamento. A deriva do óleo ocorre preferencialmente seguindo a orientação do talude continental, direção preferencial da CB. É também observado probabilidade de deriva do óleo para sul e sudeste devido à ocorrência de correntes nesta direção na região do ponto de vazamento, em função das atividades de mesoescala associadas ao sistema Corrente do Brasil, principalmente no Período 1, onde correntes para SSE são mais frequentes.

Para esse maior volume, com o aumento da área possível de ser impactada, algumas diferenças tornam-se mais evidentes quando comparados os cenários do Período 1 e do Período 2. No Período 2, por apresentar uma maior variação da direção dos ventos e o enfraquecimento da Corrente do Brasil (CB), a extensão da área com probabilidades de chegada de óleo acima de 30% na direção sudoeste é menor, até 1.330 km, entretanto esta área aproxima-se mais da costa norte do RJ e da costa do ES, enquanto no Período 1, a extensão da área com probabilidades de chegada de óleo acima de 30% é de até 1.840 km, atingindo regiões mais costeiras ao sul do estado do PR.

Em superfície, o óleo pode alcançar até 2.240 km do ponto de vazamento no Período 1, e até 2.050 km no Período 2. O ponto mais afastado é alcançado em até 60 dias em ambos os períodos. Em até 3 dias (72 h) o óleo pode alcançar uma distância máxima de 253 km no Período 1 e 221 km no Período 2.

Na coluna d'água, como se trata de um vazamento de fundo, o óleo sobe como em uma coluna vertical, desde 1.462 metros à superfície. Ao longo da coluna d'água observa-se espalhamento do óleo tanto em longitude quanto em latitude, no entanto o maior espalhamento horizontal ocorre na camada próxima à superfície, na qual a área com probabilidade de presença de óleo é similar à observada em superfície, alcançando até 2.010 km do ponto de vazamento no Período 1 e até 1.960 km no Período 2. Comparado a superfície, na coluna d'água observam-se maiores probabilidades de presença de óleo ao norte do ponto de vazamento, ao largo do talude, em virtude das correntes com sentido norte/nordeste associadas a Contra Corrente Intermediária (CCI).

Em relação às concentrações, os maiores valores (> 1.000 ppb) são observados próximos do ponto de vazamento e em profundidades maiores que 1.000 metros. Nas regiões mais próximas à costa os valores de concentração observados são inferiores a 300 ppb.

No fundo marinho, são observadas probabilidades mais altas restritas a regiões profundas próximas de 1.000 m de profundidade, à noroeste do ponto de vazamento. Em profundidades menores que 50 m, próximas a costa norte do RJ e ES, são observadas probabilidades mais esparsas, com valores predominantes inferiores a 5%, com exceção de algumas regiões pontuais com valores entre 20 e 40%, principalmente no Período 2.

Há probabilidade de chegada de óleo em 92 municípios no Período 1, entre Linhares-ES e Santa Vitória do Palmar-RS, e 56 municípios no Período 2, entre Mucuri-BA e Balneário Barra do Sul-SC. A maior probabilidade é observada em Florianópolis-SC (52,9%), no Período 1, e em Arraial do Cabo-RJ

(47,3%), no Período 2. No Período 1, o menor tempo de chegada de óleo na costa foi observado em Guarapari-ES (4,9 dias), já no Período 2 foi de 7,4 dias em Linhares-ES.

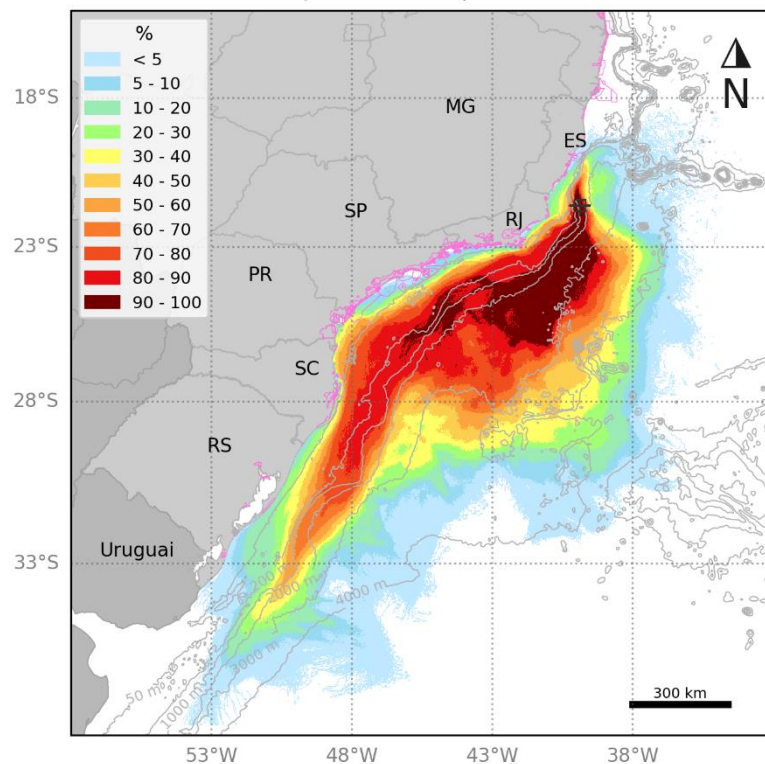
Para as UCs, há probabilidade de chegada de óleo em 174 unidades no Período 1 e 169 UCs no Período 2. A maior probabilidade no Período 1 é de 55,9%, observada na REBIO Marinha do Arvoredo-SC, já no Período 2, a maior probabilidade foi de 70,7%, observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo-RJ. O menor tempo de chegada de óleo nas UCs, no Período 1, foi de 4,3 dias, na APA de Três Ilhas -ES, já para o Período 2, o menor tempo foi de 5,8 dias, observado na APA Costa das Algas-ES.

Em relação aos processos intempéricos atuantes ao longo dos 60 dias de simulação, observa-se que o principal processo foi a dispersão na coluna d'água (mediana entre 42 e 47%), seguida pela evaporação (mediana em torno de 38%). O óleo remanescente em superfície ao final das simulações apresentou mediana entre 13 e 17% e valor máximo entre 22 e 25%. No fundo marinho as simulações apresentaram mediana de 0,2% e o máximo na costa foi de 13,7%.



5.1.1.3.1 Período 1

MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | 71.544 m³ | Período 1
Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | 71.544 m³ | Período 1
Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

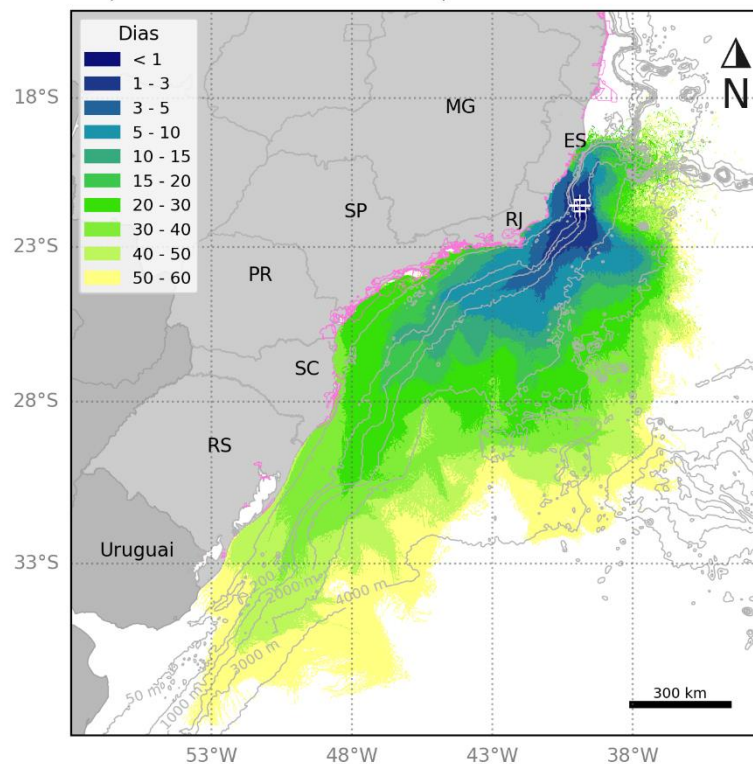


Figura 24: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 71.544 m³ | Período 1

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

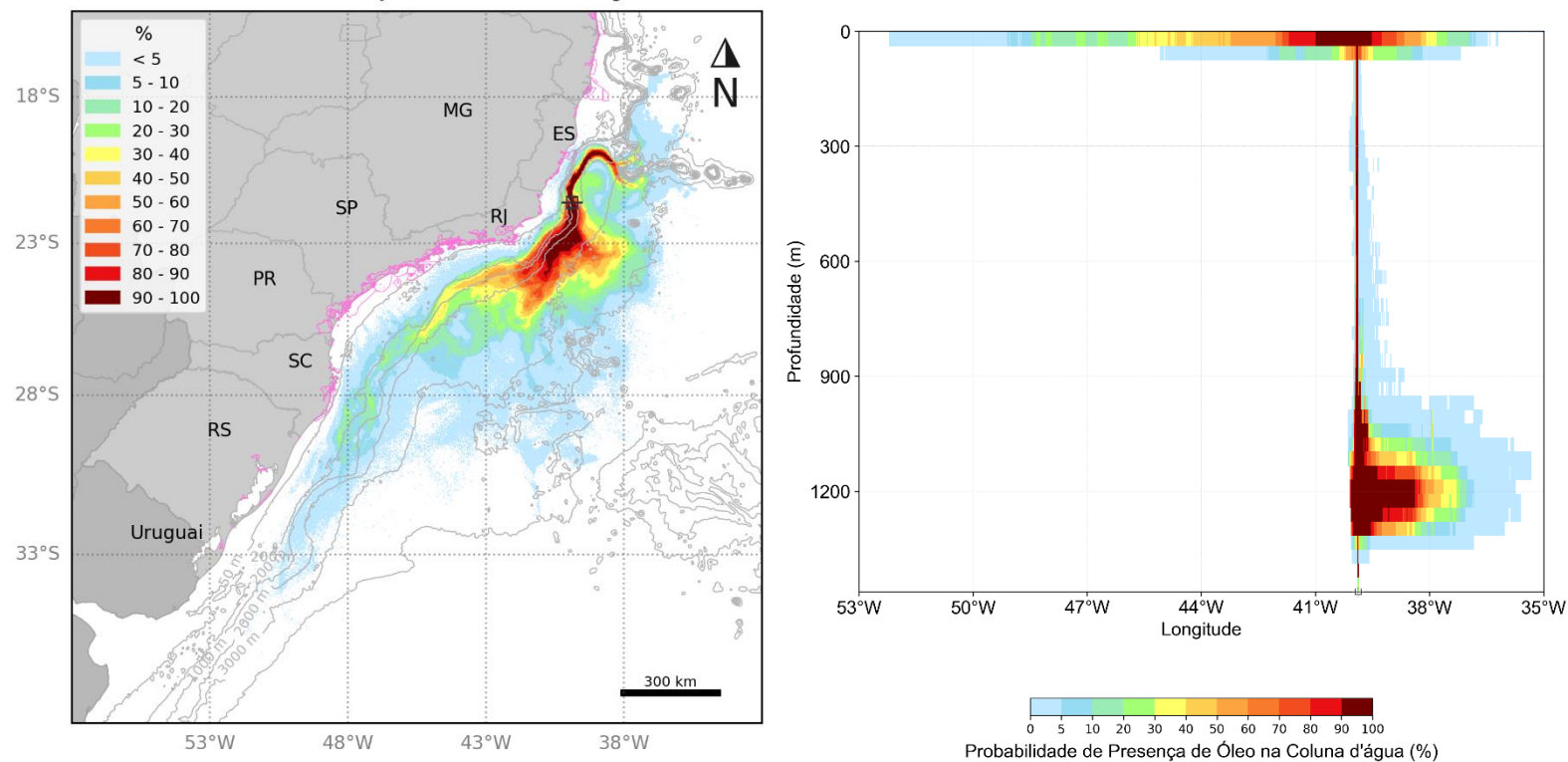


Figura 25: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

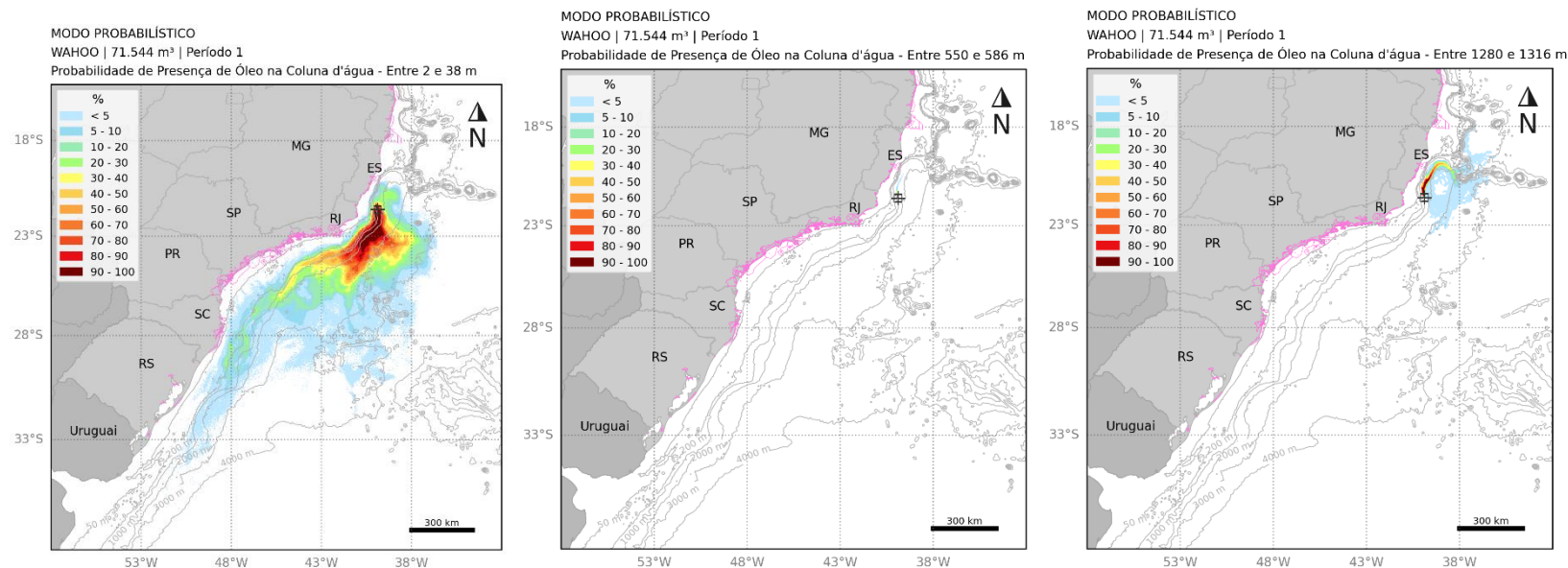


Figura 26: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo para diferentes profundidades na coluna d'água para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 71.544 m³ | Período 1

Concentração Máxima de Óleo na Coluna d'água

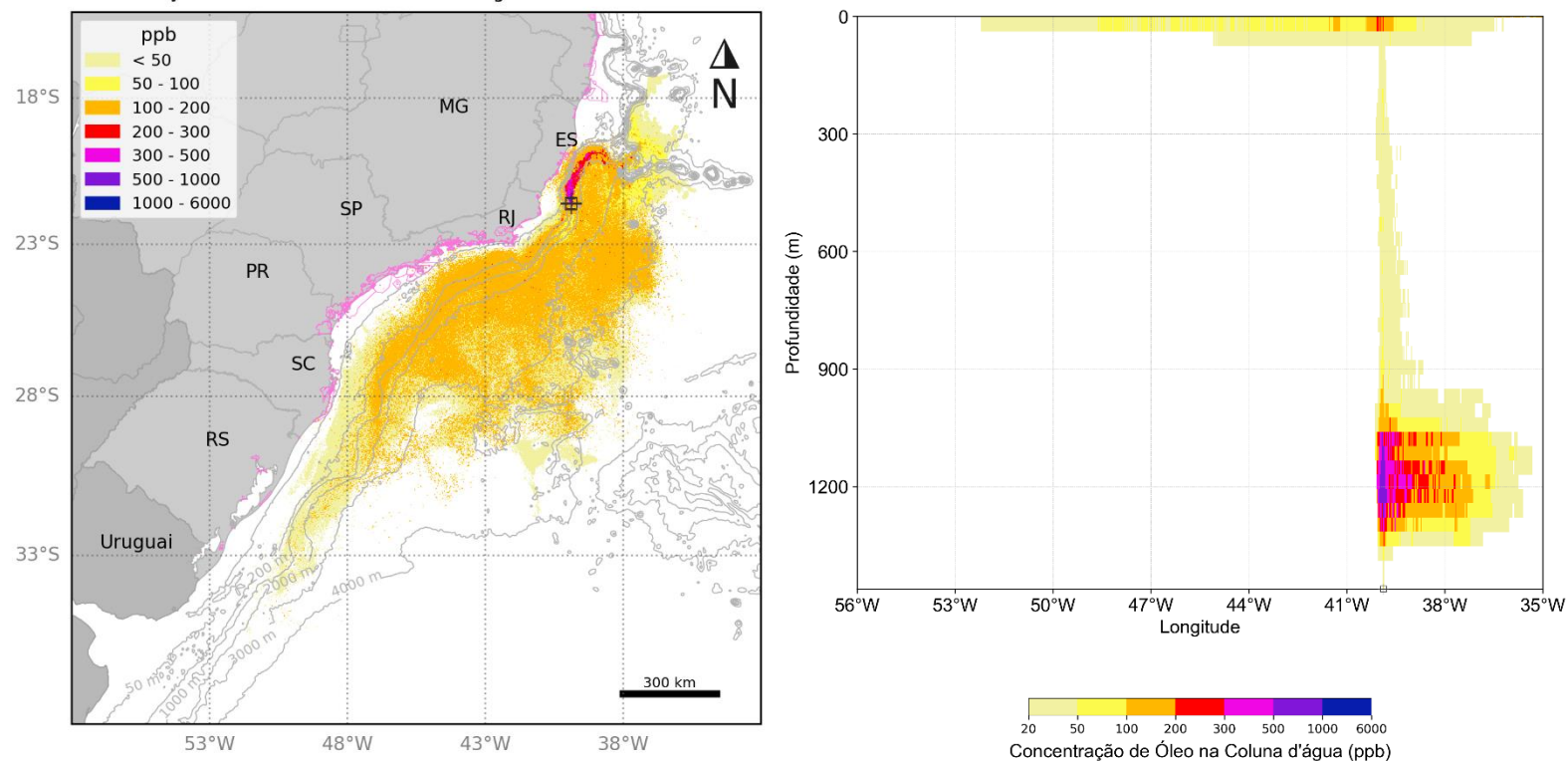


Figura 27: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

[Assinatura]

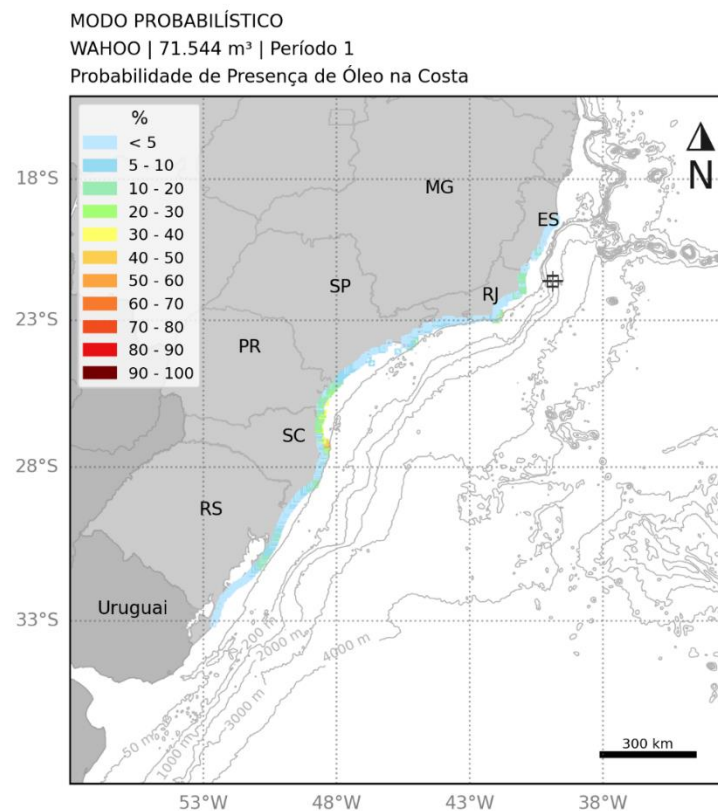
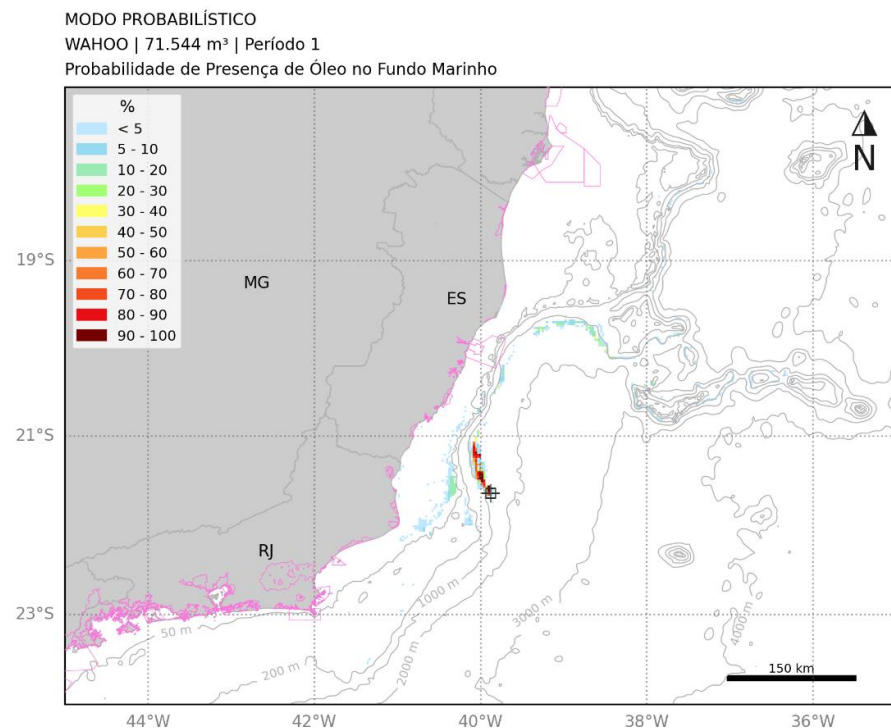


Figura 28: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho e na costa para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

[Assinatura]

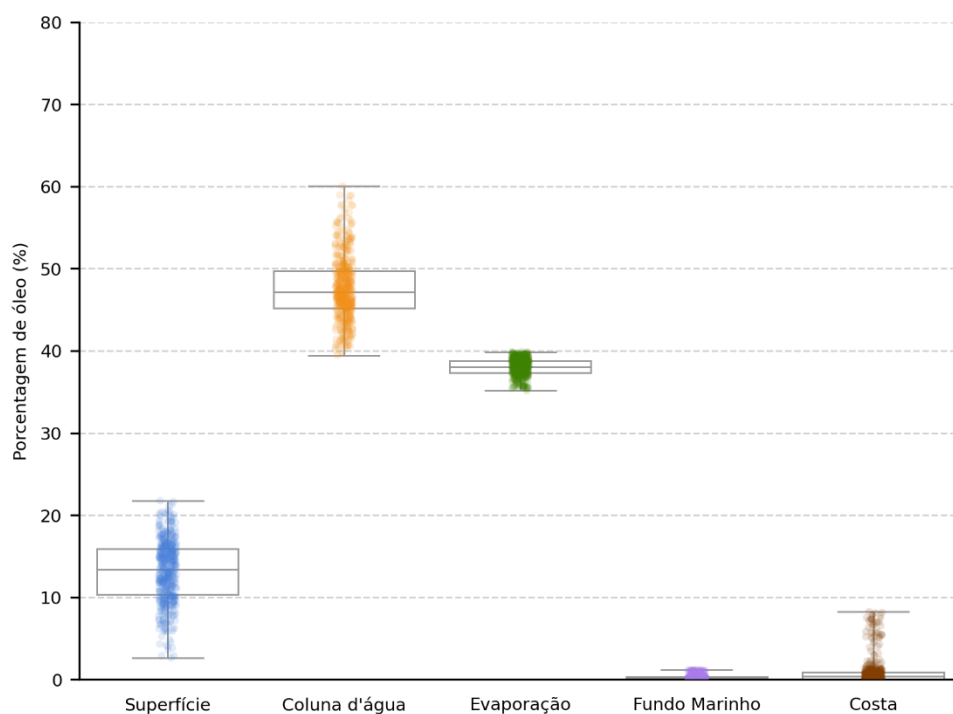


Figura 29: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

Tabela 15: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

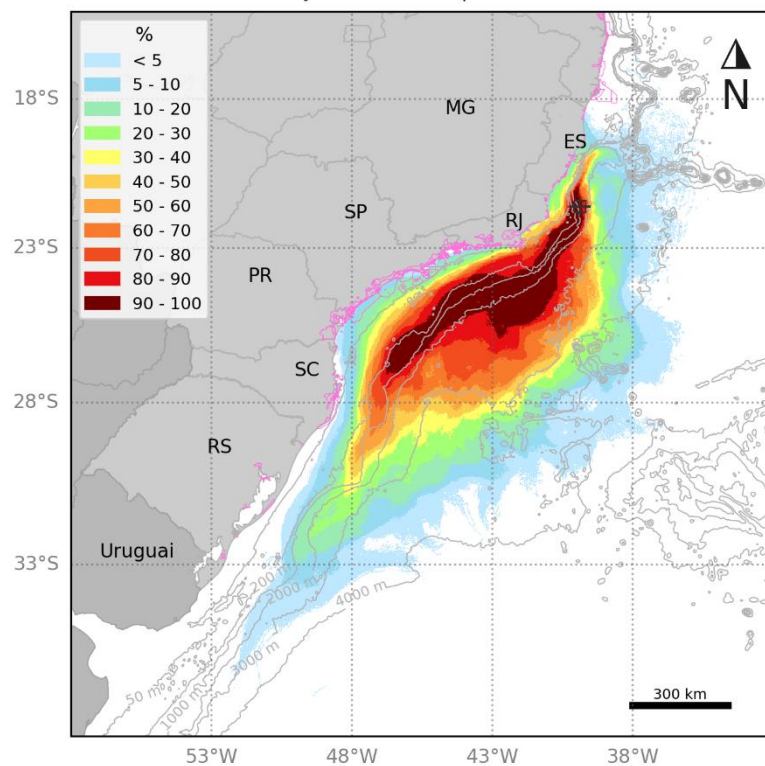
	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	2,6	39,5	35,2	< 0.05	-
Primeiro Quartil	10,3	45,2	37,3	0,1	< 0.05
Mediana	13,4	47,2	38,1	0,2	0,4
Terceiro Quartil	15,9	49,7	38,7	0,3	0,9
Máximo	21,7	60	39,9	1,2	8,3

5.1.1.3.2 Período 2

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 71.544 m³ | Período 2

Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 71.544 m³ | Período 2

Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

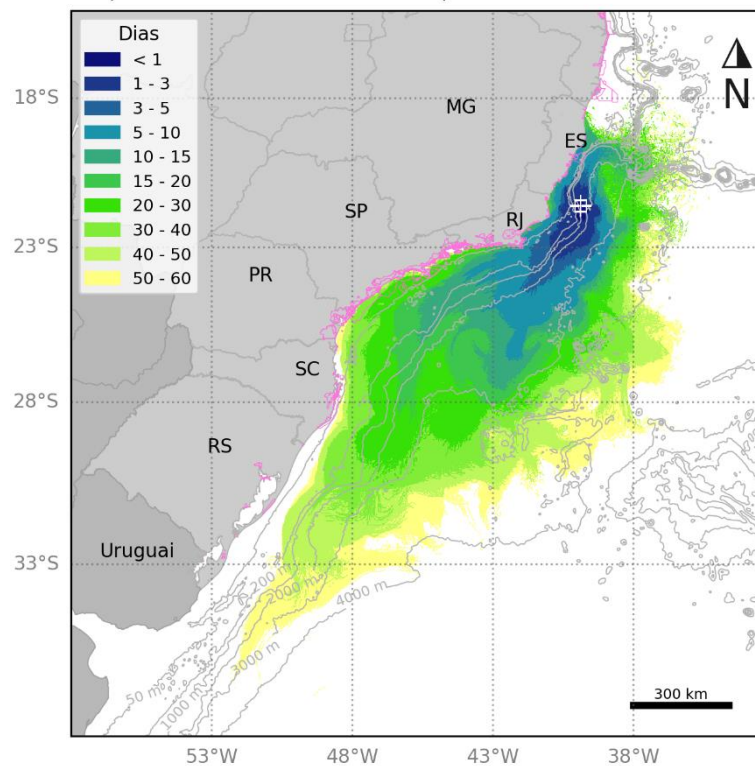


Figura 30: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

[Assinatura]

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 71.544 m³ | Período 2

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

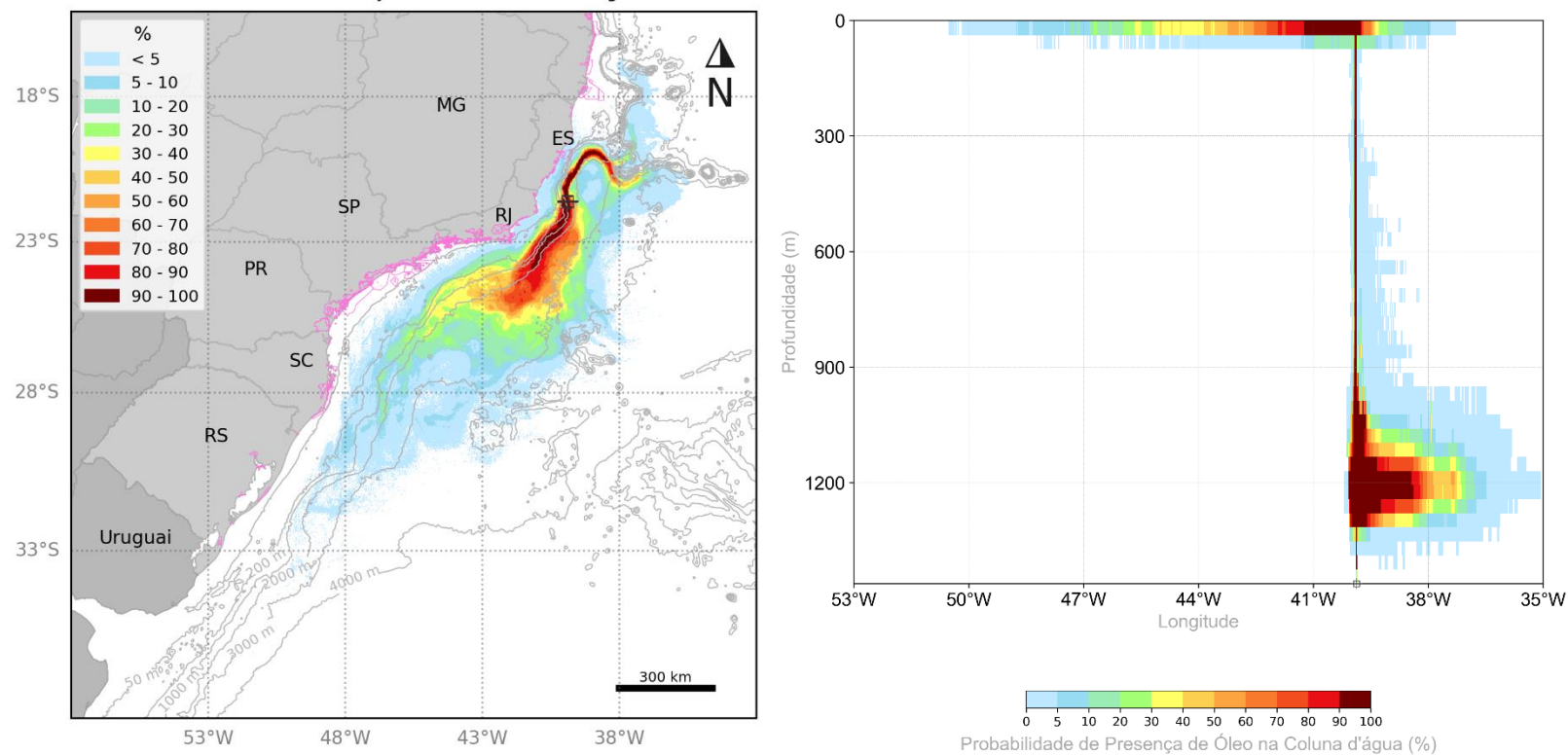


Figura 31: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

[Handwritten signature]

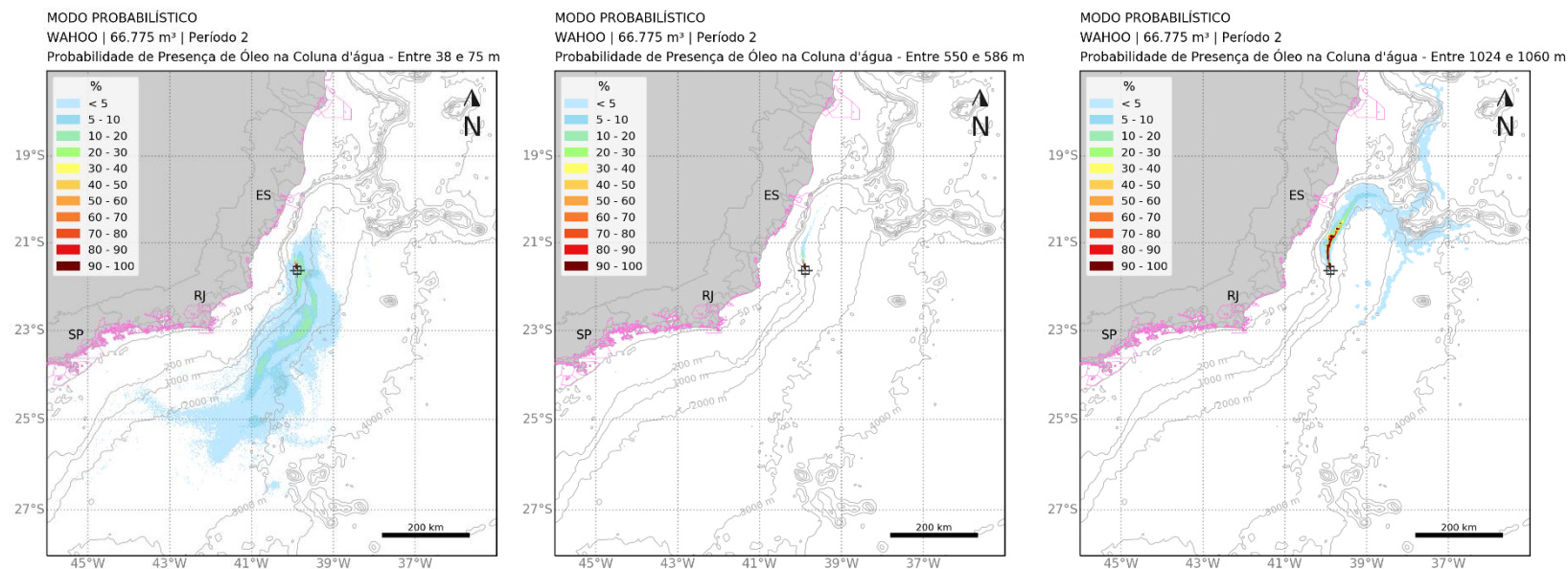


Figura 32: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo para diferentes profundidades na coluna d'água para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

[Handwritten signature]

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | 71.544 m³ | Período 2

Concentração Máxima de Óleo na Coluna d'água

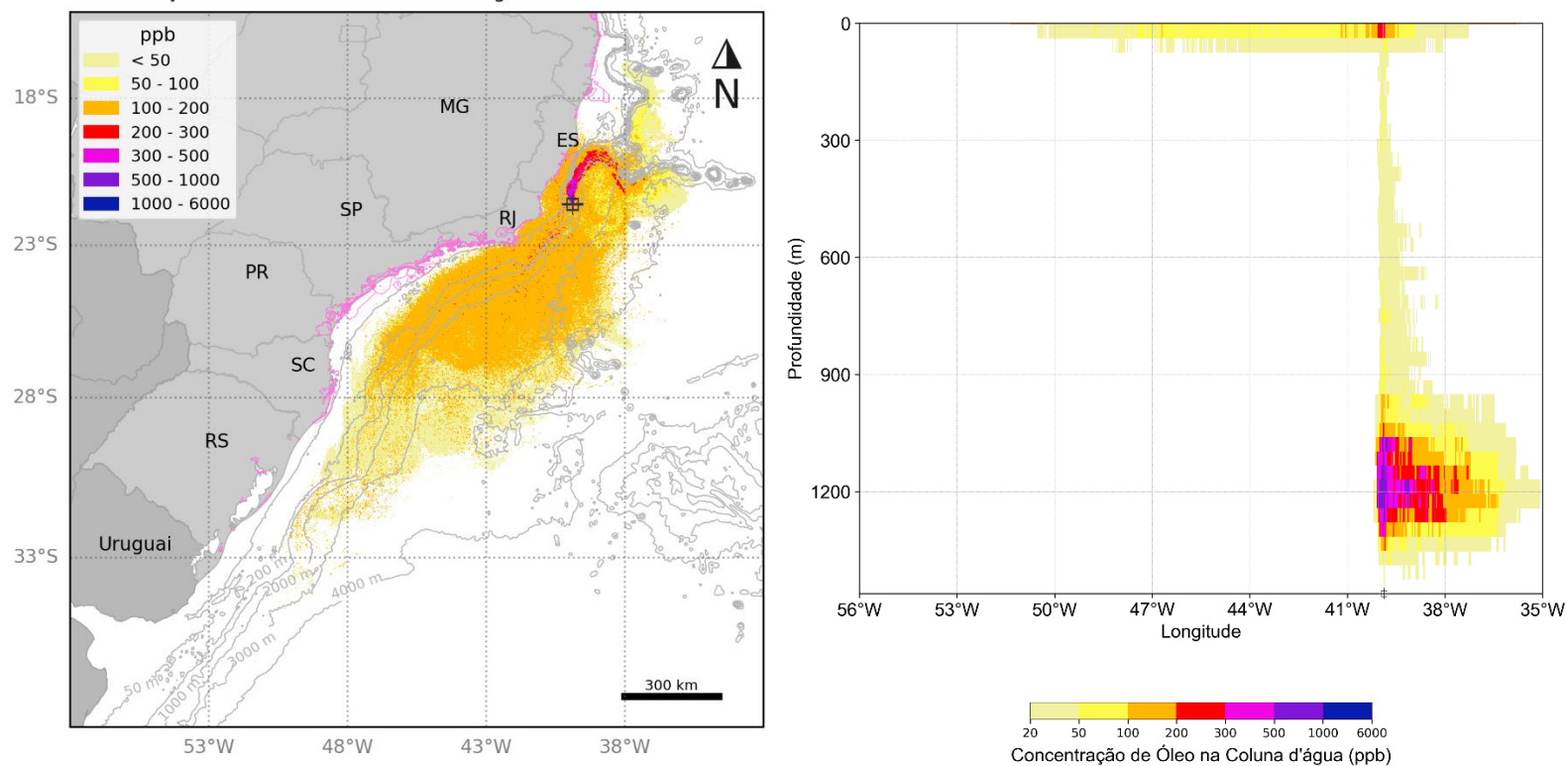


Figura 33: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

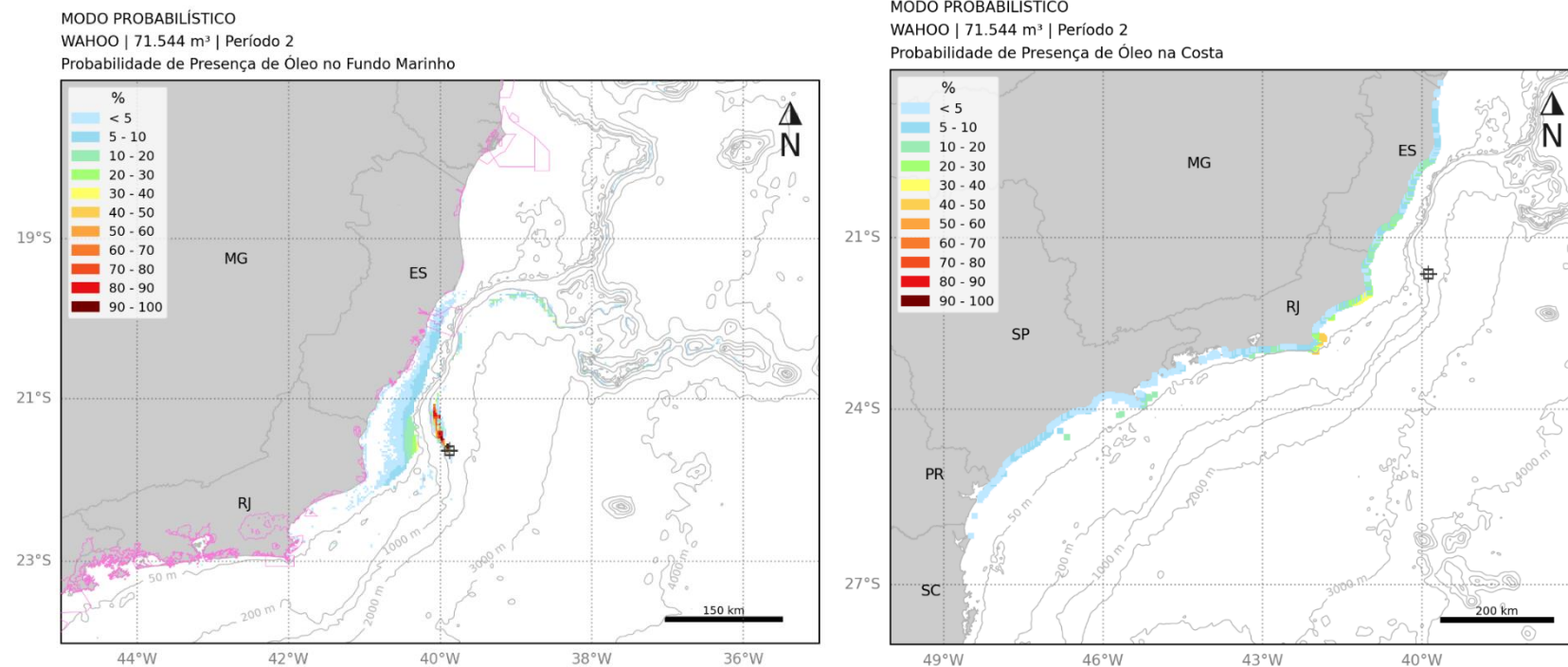


Figura 34: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho e na costa para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

[Assinatura]

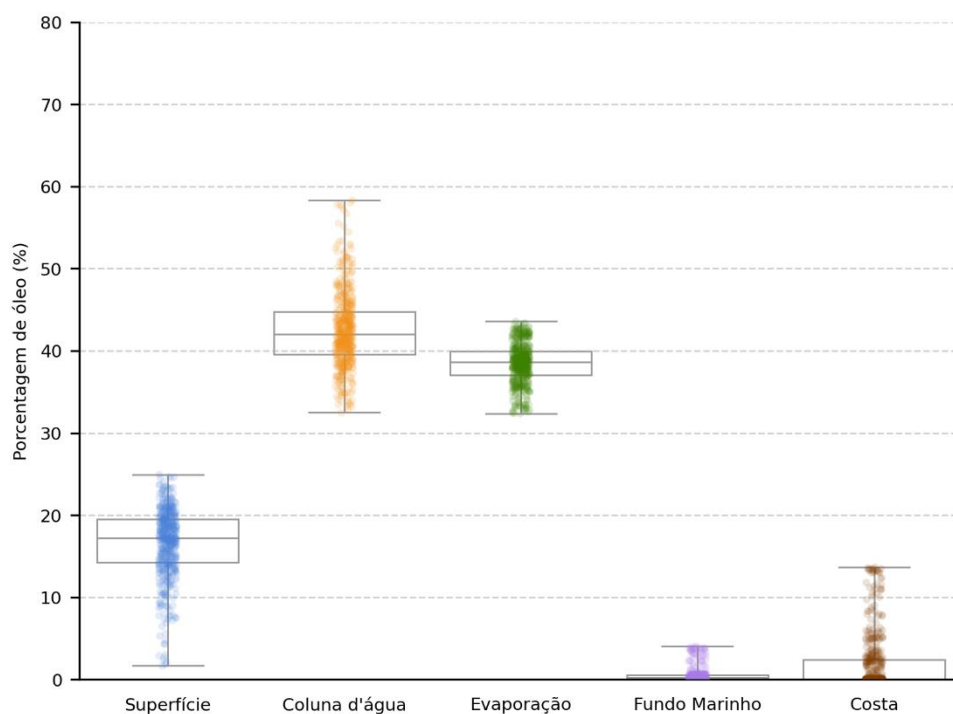


Figura 35: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

Tabela 16: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Wahoo, de pior caso (71.544 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1.440 horas (60 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	1,7	32,5	32,3	< 0.05	-
Primeiro Quartil	14,2	39,6	37,1	0,1	-
Mediana	17,2	42	38,6	0,2	< 0.05
Terceiro Quartil	19,5	44,8	40	0,5	2,4
Máximo	24,9	58,3	43,6	4,1	13,7

5.1.1.3.3 Tabelas Comparativas

A seguir são apresentados os resultados de óleo nos municípios (Tabela 17) e unidades de conservação (Tabela 18) para os vazamentos de pior caso (71.544 m³) em ambos os cenários sazonais.

Tabela 17: Probabilidade de presença, tempo mínimo de chegada, massa máxima e extensão de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento de pior caso (71.544 m³) no campo de Wahoo, nos cenários de Período 1 e Período 2.

UF	Município	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)		Massa Máxima (t/km)		Extensão (Km)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
ES	MUCURI	-	0,2	-	35,8	-	0,5	-	3,5
	CONCEIÇÃO DA BARRA	-	8,6	-	16,8	-	9,1	-	28,3
	SÃO MATEUS	-	8,8	-	14,9	-	9,1	-	70,7
	LINHARES	1,2	12,2	12,5	7,4	1,2	41,6	35,4	106,1
	ARACRUZ	1	13	17,4	7,6	1,2	41,8	38,9	81,3
	FUNDÃO	0,2	11	21,5	11	0,6	9,2	7,1	14,1
	SERRA	0,2	12,4	23,6	9,9	0,6	10,6	7,1	31,8
	VITÓRIA	0,8	12,2	21,7	9,9	0,6	10,2	7,1	24,7
	VILA VELHA	0,8	10,8	13,6	11,5	0,7	4,8	7,1	42,4
	GUARAPARI	14,8	20,4	4,9	8,1	4,1	34,2	24,7	42,4
	ANCHIETA	0,2	13	37,2	8,3	0,5	39,6	3,5	24,7
	PIÚMA	-	10,4	-	15,1	-	7,7	-	10,6
	ITAPEMIRIM	-	11,6	-	15,6	-	11,8	-	21,2
	MARATAÍZES	0,6	14,2	16,1	13,9	0,7	41,3	3,5	38,9
	PRESIDENTE KENNEDY	16,4	12,8	6,2	14,7	8,7	38,2	14,1	21,2
	SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	17	16,8	5,4	18,9	33,2	13,2	46	60,1
	SÃO JOÃO DA BARRA	17	22	5,3	17,9	33,2	30,6	49,5	56,6
RJ	CAMPOS DOS GOYTACAZES	17	36,9	5,4	7,9	10,7	41,9	28,3	67,2
	QUISSAMÃ	12,2	39,9	6,6	7,9	2,5	42,7	38,9	77,8
	CARAPEBUS	0,8	8,8	17,6	23,3	0,6	3,8	10,6	17,7
	MACAÉ	4,2	33,1	11,4	12,6	2,5	41,7	24,7	28,3
	RIO DAS OSTRAS	1	8,2	17,2	14,9	0,6	3,4	7,1	17,7
	CASIMIRO DE ABREU	0,8	4,2	22,1	12,5	0,6	40,6	7,1	10,6
	CABO FRIO	9,4	41,5	8,3	7,8	40,6	40,7	63,6	70,7
	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	31,5	43,5	8,9	8	21,7	42,3	42,4	53
	NITERÓI	4,4	10,2	20	18,7	-	11,4	-	14,1
	SAQUAREMA	2,6	10,4	14,8	15,9	1,3	5,7	7,1	38,9



	MARICÁ	9	15	16,6	15,9	1,9	17,4	21,2	60,1
	ARRAIAL DO CABO	34,1	47,3	8,6	8,1	40,6	41,4	63,6	67,2
	ARARUAMA	0,8	7	18,8	16	0,6	2,7	3,5	17,7
	MANGARATIBA	8,8	3,8	21,2	31,2	9,6	2,9	46	35,4
	RIO DE JANEIRO	9,8	11	16,7	18,9	36,7	25,7	67,2	88,4
	ITAGUAÍ	9,6	4	17,3	26,9	18,1	2,7	21,2	17,7
	ANGRA DOS REIS	7,6	2,6	25,3	33,3	5,7	2,9	42,4	17,7
	PARATY	8,2	7,2	23,9	36,6	5,2	5,9	56,6	42,4
SP	UBATUBA	8	2,8	29,8	34,4	4,1	2,4	53	53
	CARAGUATATUBA	4,6	0,2	34	59	2,2	-	17,7	-
	SÃO SEBASTIÃO	6,8	15,6	25	24,7	3	40,5	17,7	74,2
	ILHABELA	14,4	18,4	20,1	26,6	8,4	40,6	74,2	106,1
	SANTOS	10,6	18,2	25,4	23,5	-	-	-	-
	BERTIOGA	0,2	1,4	59,4	39,6	0,6	2,2	3,5	46
	GUARUJÁ	6,8	7	26,5	33,2	4,1	12	28,3	46
	PRAIA GRANDE	2,6	5,6	30,5	40,5	1,2	4	14,1	28,3
	MONGAGUÁ	1,8	5,6	30,9	39,2	1,2	7,3	7,1	17,7
	ITANHAÉM	9	13,4	25	27,6	25,2	40,4	17,7	38,9
	PERUÍBE	4,6	7,8	27,5	40,2	1,2	12	35,4	38,9
	IGUAPE	9	8,2	27,6	38,1	7,6	14,6	74,2	74,2
	ILHA COMPRIDA	9,8	8,2	27,7	38,1	24,6	13,9	81,3	70,7
	CANANÉIA	20,6	6,4	27,7	40	40,2	9,5	56,6	49,5
RJ	GUARAQUEÇABA	24,6	5,4	27,8	49,4	24,4	13,1	60,1	49,5
	PARANAGUÁ	22,8	2,2	29,4	53	27,7	2	31,8	10,6
	PONTAL DO PARANÁ	19	2,8	29,6	51,6	29,1	-	35,4	-
	MATINHOS	31,1	2	29,9	52,9	10	3,1	31,8	3,5
	GUARATUBA	19,8	-	36,5	-	15	-	24,7	-
SC	ITAPOÁ	20,2	0,2	36,1	59,6	14,1	-	42,4	-
	SÃO FRANCISCO DO SUL	36,3	1,4	32,7	53,6	32,9	1,4	67,2	3,5
	BALNEÁRIO BARRA DO SUL	34,9	0,2	33,8	59,9	26	-	31,8	-
	ARAQUARI	27,7	-	35	-	12	-	7,1	-
	BARRA VELHA	27,7	-	35	-	10	-	24,7	-
	BALNEÁRIO PIÇARRAS	23,2	-	36	-	6,1	-	14,1	-
	PENHA	37,7	-	34,6	-	26,1	-	21,2	-
	NAVEGANTES	8,6	-	36,8	-	4,8	-	17,7	-
	ITAJAÍ	6,4	-	36,1	-	3,4	-	10,6	-
	BALNEÁRIO CAMBORIÚ	35,7	-	35	-	18,8	-	24,7	-
	ITAPEMA	23,8	-	35,6	-	10,4	-	21,2	-
	PORTO BELO	38,7	-	35,2	-	10,1	-	35,4	-



	BOMBINHAS	49,1	-	34,3	-	25	-	42,4	-
	TIJUCAS	0,2	-	50,1	-	0,7	-	7,1	-
	FLORIANÓPOLIS	52,9	-	31,4	-	26	-	116,7	-
	GOVERNADOR CELSO RAMOS	6	-	38,3	-	2,7	-	24,7	-
	PALHOÇA	13,8	-	33,3	-	5,7	-	10,6	-
	PAULO LOPES	13,8	-	33,3	-	5,7	-	10,6	-
	GAROPABA	6,4	-	36,5	-	4,5	-	28,3	-
	IMBITUBA	12,4	-	32,1	-	7,5	-	31,8	-
	LAGUNA	24,2	-	32,1	-	18,3	-	46	-
	JAGUARUNA	10,8	-	33,4	-	5,6	-	49,5	-
	BALNEÁRIO RINCÃO	10	-	33,8	-	3,4	-	21,2	-
	ARARANGUÁ	10	-	36,5	-	3,6	-	24,7	-
	BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA	7	-	36,9	-	3,1	-	24,7	-
	BALNEÁRIO GAIVOTA	7,6	-	39,7	-	4,3	-	28,3	-
	PASSO DE TORRES	7,2	-	37,3	-	3,8	-	21,2	-
RS	TORRES	4,8	-	43,2	-	9,7	-	24,7	-
	ARROIO DO SAL	6	-	43,4	-	7,6	-	28,3	-
	CAPÃO DA CANOA	8,4	-	42,8	-	13	-	28,3	-
	TERRA DE AREIA	3,8	-	46,4	-	4,9	-	7,1	-
	XANGRI-LÁ	8,4	-	42,8	-	22,3	-	17,7	-
	OSÓRIO	7,8	-	43,2	-	16,9	-	10,6	-
	IMBÉ	7,8	-	41,6	-	16,7	-	21,2	-
	TRAMANDAÍ	10,2	-	41,1	-	9,5	-	24,7	-
	CIDREIRA	12	-	40,8	-	14,2	-	24,7	-
	BALNEÁRIO PINHAL	10,2	-	42,8	-	10	-	14,1	-
	PALMARES DO SUL	12,8	-	41,9	-	11,2	-	35,4	-
	MOSTARDAS	14,6	-	42,5	-	25,2	-	109,6	-
	TAVARES	13,6	-	43,7	-	7,8	-	60,1	-
	SÃO JOSÉ DO NORTE	4,2	-	44,9	-	2,8	-	120,2	-
	RIO GRANDE	0,6	-	51,2	-	0,8	-	28,3	-
	SANTA VITÓRIA DO PALMAR	0,6	-	51,9	-	1,1	-	35,4	-

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para os municípios que não apresentaram massa acumulada na costa acima do limiar monitorado. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da costa. Como os valores apresentados são da superfície e da coluna d'água, não são apresentados valores de massa acumulada na costa e extensão.



Tabela 18: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas em um vazamento de pior caso (71.544 m³) no campo de Wahoo, nos cenários de Período 1 e Período 2.

Unidades de Conservação	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
	1	2	1	2
APA Costa Dourada	-	0,2	-	35,8
PE de Itaúnas	-	0,4	-	25
RPPN Fazenda Sayonara	-	0,6	-	33
APA Conceição da Barra	-	8,6	-	16,8
ARIE do Degredo	-	9,2	-	12,6
REBIO DE COMBOIOS	0,6	12,2	12,3	7,3
APA Costa das Algas	34,1	46,5	6,1	5,8
PNM David Victor Farina	0,2	11,4	40,4	9,4
RVS de Santa Cruz	3,6	18,6	17,5	7,1
APA da Lagoa Jacumém	0,2	9,2	23,6	10,7
APA de Praia Mole	0,2	12,4	38,7	9,9
APA Baía das Tartarugas	0,2	11,8	16,4	10,1
Parque Atlântico	-	10,8	-	10,7
APA da Ilha do Frade	-	4,8	-	13,9
APP Morro do Moreno	0,6	5,4	16,4	13,9
PNM de Jacarenema	2	10	12,8	11,5
APA da Lagoa Grande	0,8	9,6	13,4	12,3
PE Paulo César Vinha	13,8	19,2	4,8	11,8
APA de Três Ilhas	16,4	21,2	4,3	9,2
PM Morro da Pescaria	3,2	18,2	5,8	16
RDS Concha D'ostra	2,2	14,2	6,2	10,5
APA Tartarugas	0,2	13	20,8	8,3
ESEC Papagaio	-	12	-	15,5
RDS Papagaio	-	12	-	15,5
ANT Ilha do Meio, Ilha dos Cabritos E Ilha do Francês	-	11,8	-	14,7
ANT Ilha do Gambá	-	9	-	15,7
RPPN Yara Brunini	-	11	-	15,4
APA de Guanandy	1,8	11,6	9,9	15
MN Falésias de Marataízes	1,6	14,2	8,6	13,9
ESEC de Guanandi	15,6	11	7,2	20
ANT Foz do Rio Paraíba	17	10,4	5,6	19,9
APA da Cehab	9,6	1,2	6,4	22,1
RPPN Fazenda Caruara	17	18,2	5,7	19,4
APA de Iquipari	17,2	21,2	5,3	18,7
PE da Lagoa do Açú	17,2	34,9	5,4	9,4
APA do Lagamar	21,2	34,1	5,5	9,5
PARNA Restinga de Jurubatiba	6	32,1	14,1	9,1



PNM da Restinga do Barreto	0,8	3,4	19,9	40,1
APA do Arquipélago de Santana	20	41,7	8,4	9,8
PNM Estuário do Rio Macaé	0,4	11	15,4	19,9
RPPN Sítio Shangrilah	2	11,8	15,1	19,3
RPPN Fazenda Barra do Sana	2	11,8	15,1	19,3
RPPN Sítio Sumidouro e Sítio Peito de Pomba	2	11,8	15,1	19,3
APA do Morro de Santana	2	11,8	15,1	19,3
PNM da Praia do Pecado	0,2	12,4	22,7	19,7
PNM do Arquipélago de Santana	4	33,7	11,4	12,6
ARIE de Itapebussus/PN Itapebussus	1,2	13,6	15,7	16,9
APA da Lagoa do Iriry	5	1,2	14,8	29,2
MN dos Costões Rochosos de Rio das Ostras	1,4	16	17,2	14,8
APA da Bacia do Rio São João (Mico Leão)	3	16,4	15,9	12,5
APA Marinha da Armação de Búzios	35,5	45,1	8,3	7,5
PM Mata do Rio São João	2	24,8	16,8	12,9
PNM dos Corais de Armação dos Búzios	14,4	42,3	9,8	9,3
PE da Costa do Sol	39,9	46,3	8,3	7,4
RESEC do Tauá	-	2,8	-	28,4
APA da Praia da Azeda e Azedinha	14,4	42,3	9,8	9,3
PM da Lagoinha	8,2	34,1	10,4	10,7
APA do Pau Brasil	11,8	43,1	8,3	7,7
PM da Lagoa de Geribá	4	27,3	10,6	11,5
PE do Cunhambebe	5,6	-	32,5	-
RVS Serras de Maricá (Revissermar)	1	8,6	20,6	23,2
ANT Dunas de Cabo Frio e Arraial do Cabo	7	23,6	16,9	22
PM da Praia do Forte	3,4	7,2	22,4	27,4
PM da Gamboa	0,8	7	29,8	27,4
PM da Boca da Barra	8	24,8	16,8	20,8
PM Dormitório das Garças	3,4	7	22,4	27,4
PM das Dunas	2,6	7,2	22,6	29,9
PNM Mico-Leão-Dourado	2,6	7,2	22,6	29,9
PE da Serra da Tiririca	4,4	10,2	20	18,6
PN da Tijuca	3	6,4	21,1	25,2
APA de Massambaba	2,6	10,4	14,8	14,1
REBIO Guaratiba	2,6	10,4	14,8	14,1
MN Pedra de Itapuca	-	0,2	-	51,5
MN Ilha da Boa Viagem	-	0,2	-	51,5
RESEX Marinha Arraial do Cabo	50,7	70,7	7,9	6,6
APA do Morro do Morcego, Fortaleza de Santa Cruz e dos Fortes do Pico e do Rio Branco	-	0,2	-	51,5
APA Serras de Maricá (Apasermar)	2,6	14,4	18,7	14,9
MN dos Morros do Pão de Açúcar e Urca	-	0,6	-	27
ARIE Baía de Guanabara	-	0,6	-	27



RESEC de Massambaba	0,8	9	18,8	14,1
PM da Praia do Forno	7,6	25,3	16,9	21,5
MN Ilha dos Amores	-	0,4	-	50,7
APA de Maricá	1,6	9,2	19,4	19,6
APA dos Morros da Babilônia e de São João	-	0,2	-	27,1
APA da Orla Marítima das Praias de Copacabana/Ipanema/Leblon/São Conrado e Barra da Tijuca	4	7,8	23,3	25,2
APA Marinha Boto-Cinza	10	8,2	18,5	27,5
APA Paisagem Carioca	-	0,6	-	27
ARIE Baía de Sepetiba	9,8	3,8	17,3	26,9
PNM de Niterói	-	0,4	-	50,7
RESEX Marinha de Itaipu	3	10,8	20	18,3
APA do Morro do Leme	-	0,6	-	27
APA da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	9,8	8,8	16,3	24,3
PNM Paisagem Carioca	-	0,6	-	27
MN Praia do Sossego	-	10,2	-	18,7
APA do Morro da Saudade	-	5,2	-	27,1
RESEC da Ilha do Cabo Frio	34,1	47,3	8,6	8,1
APA das Pontas de Copacabana e Arpoador e seus Entornos	1,2	5,6	23,5	27,5
APA das Brisas	1,6	0,2	19,5	54
APA de Mangaratiba	7,8	1,2	21,4	33,7
PNM da Cidade	0,2	1,6	45,3	35
ARIE de São Conrado	0,2	1,6	45,3	35
PNM Penhasco Dois Irmãos - Arquiteto Sérgio Bernardes	0,2	1,6	45,3	35
PNM Barra da Tijuca	4	7,6	23,3	26,8
PNM de Marapendi	4	7,6	23,3	26,8
APA do PNM de Marapendi	4	7,8	23,3	25,5
APA da Paisagem e do Areal da Praia do Pontal	3,8	8	23,5	26,8
APA de Grumari	9,8	8,8	16,1	24,3
PE da Pedra Branca	9,8	8,8	16,7	24,8
PNM da Prainha	8	8,4	19,9	25,9
REBIO Guaratiba	6,4	3,8	19,5	28,3
PNM Chico Mendes	3,8	8	23,5	26,8
APA da Prainha	8	8,4	19,9	25,9
MN das Ilhas Cagarras	9	11	18,7	18,9
PNM de Grumari	9,8	8,8	16,3	24,3
APA de Tamoios	9,6	6,2	22,8	31,5
PE da Ilha Grande	7,6	3,8	25,3	33,3
ESEC de Tamoios	5,4	-	31,8	-
APA Baía de Paraty, Paraty Mirim e Saco do Mamanguá	3	-	32	-
APA de Cairuçu	8,2	7,2	23,9	36,6
REBIO da Praia do Sul	4,6	1	25,8	36

RDS do Aventureiro	4,6	1,4	25,4	35,9
RESEC da Juatinga	8,2	7,2	23,9	36,6
PARNA da Serra da Bocaina	3,6	1,6	33,4	40,7
PE da Serra do Mar	3,6	5,6	30,9	40,3
APA Marinha do Litoral Norte	19,6	20,6	18,2	23,5
ESEC Tupinambás	8	15,6	24,9	24,5
PE da Ilha Anchieta	7	1,2	33,9	38,5
PNM do Juqueriquerê	0,6	-	37,7	-
PE Restinga de Bertiooga	0,2	1,4	59,1	53,5
PE de Ilhabela	14,8	18,4	20,1	26,6
APA Marinha do Litoral Centro	29,3	24	23,8	23
APA Baleia Sahy	-	0,6	-	54,2
APA Alcatrazes	-	1,8	-	53,9
ARIE de São Sebastião	-	1,6	-	53,6
APA Ilha de Itaçucê	-	0,4	-	58
APA da Serra do Guararu	0,8	1,4	34	41,2
RPPN Marina do Conde	-	1,4	-	44,5
PM Ilha Rio da Praia	-	1,2	-	41
PE Xixová-Japuí	2,6	1,8	29,2	46,3
PNM Piaçabuçu	-	0,4	-	57,4
RVS do Arquipélago de Alcatrazes	15,6	23,4	20,3	23,6
PE Marinho da Laje de Santos	10,6	18,2	25,5	23,5
PNM Restinga do Guaraú	0,4	3,2	31,1	43,9
APA de Cananéia-Iguapé-Peruíbe	11,2	7,8	27,3	38
ESEC Juréia-Itatins	3,4	8,4	29,9	39,7
ESEC dos Tupiniquins	27,7	9,2	26,8	37,9
RVS das Ilhas do Abrigo e Guararitama	0,4	6,2	35,5	40,2
ARIE Ilhas Queimada Grande e Queimada Pequena	9	13,4	25	27,6
PNM do Bougainville	2,6	7,2	27,5	40,2
PE do Itinguçu	3,4	7,2	27,5	40,2
PNM dos Manguezais do Rio Preto	0,4	6,2	35,6	40,2
PNM do Vilão	3,4	7,2	27,5	40,2
APA Marinha do Litoral Sul	45,3	13,6	24,5	28,4
RDS Barra do Una (Setor Marinho)	4,6	9,8	29,5	39,4
RDS da Barra do Una	4,6	7,8	29,6	40,2
PE do Prelado	7	6	29,9	39,6
APA Ilha Comprida	10,8	8,2	27,7	38
ARIE do Guará	8,4	7,8	27,7	38,1
ARIE da Ilha Comprida	9,4	7,4	27,8	40,3
PE Lagamar de Cananeia	18,6	3,2	27,8	49,7
PE da Ilha do Cardoso	20,6	5,4	27,7	40,7
RESEX Ilha do Tumba	15	4,4	29	48,7
PARNA do Superagui	26,7	5,4	27,8	49,4



APA de Guaraqueçaba	26,7	5,4	27,8	49,4
ESEC da Ilha do Mel	14,8	1,2	30	51,6
PE da Ilha do Mel	21,2	1	29,4	52
APA de Guaratuba	22,8	0,4	34,6	58,4
PARNA de Saint-Hilaire/Lange	22,8	0,4	34,6	58,4
PNM do Rio Perequê	15,4	1,8	29	51,6
PARNA Marinho das Ilhas dos Currais	31,3	2,6	29,5	51,4
PE do Rio da Onea	10,4	-	38,2	-
RPPN Fazenda Palmital	20,2	-	38,5	-
PE Acarai	37,7	0,4	33,3	57,2
PNM Caminho do Peabiru	11,8	-	36,3	-
PNM do Atalaia	5,4	-	38,2	-
RPPN Aroeira Vermelha	6,4	-	36,1	-
APA Costa Brava	23,8	-	35,6	-
RDS de Itapema	4,8	-	38,1	-
RPPN Morro dos Zimbros	3,2	-	38,4	-
PNM Costeira de Zimbros	3,6	-	38,4	-
REBIO Marinha do Arvoredo	55,9	0,6	31,2	43
PM Morro dos Macacos	32,5	-	34,8	-
APA Anhatomirim	3,8	-	44,8	-
AT Dunas dos Ingleses	25,1	-	35,6	-
PNM Lagoa do Jacaré das Dunas do Santinho	34,5	-	32,3	-
AT Dunas do Santinho	34,5	-	32,3	-
RPPN Morro das Aranhas	6,2	-	35,6	-
ESEC de Carijós	3	-	43,9	-
PE do Rio Vermelho	9,2	-	34,6	-
MN da Galheta	14,4	-	32,1	-
PNM da Galheta	14,4	-	32,1	-
PNM das Dunas da Lagoa da Conceição	8,4	-	31,8	-
AT da Lagoinha Pequena	0,8	-	40,3	-
MN da Lagoa do Peri	2,4	-	34,2	-
AT Dunas do Campeche	3,8	-	33,8	-
AT da Lagoa da Chica	3,8	-	33,8	-
PNM da Lagoa do Peri	2	-	36,1	-
APA da Baleia Franca	34,5	0,2	30,5	57,1
PNM da Lagoinha do Leste	8,4	-	33,4	-
PE DA SERRA DO TABULEIRO	26,7	-	30,7	-
APA do Entorno Costeiro	19,2	-	33,1	-
REBIO Praia do Rosa	5,6	-	34,6	-
RVS Ilha dos Lobos	9,6	-	41,5	-
PE de Itapeva	4	-	44,4	-
PE da Guarita	3,4	-	44,9	-
PARNA da Lagoa do Peixe	14,4	-	43,4	-

RDS do Molhe Leste	3,2	-	51	-
--------------------	-----	---	----	---

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para as UCs que não apresentaram probabilidade de chegada de óleo. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da UC.



5.1.1.4 Resumo dos Resultados Probabilísticos

A seguir é apresentado o resumo das simulações probabilísticas, com o menor tempo de chegada de óleo na costa, porcentagem de simulações que apresentaram toque e extensão na costa para os cenários que tiveram probabilidade de toque de óleo na costa. Para os cenários que não apresentaram probabilidade de toque na costa serão apresentados a menor distância da costa em quilômetros, qual a localidade da menor distância, assim como a menor distância para a UC e qual a respectiva UC.

Tabela 19: Resumo dos Resultados Probabilísticos para o ponto de risco no campo de Wahoo.

Cenário		COM Probabilidade de Chegada na Costa			SEM Probabilidade de Chegada na Costa			
		Tempo mínimo para atingir a costa (dias)	Porcentagem de simulações com toque de óleo (%)	Extensão total de toque na costa (km)	Menor distância em relação à costa		Menor distância em relação às UCs	
					Distância (km)	Localidade	Distância (km)	UC
8 m³	Período 1	-	-	-	68	CAMPOS DOS GOYTACAZES	68	PE da Lagoa do Açú - RJ
	Período 2	-	-	-	45	QUISSAMÃ	45	APA do Lagamar - RJ
200 m³	Período 1	8,2	0,8	2,8	-	-	-	-
	Período 2	9,6	6	254,6	-	-	-	-
71.544 m³	Período 1	4,9	78,2	2481,9	-	-	-	-
	Período 2	7,4	54,7	1902,1	-	-	-	-

O cenário que apresentou o menor tempo de chegada de óleo na costa e a maior porcentagem de simulações com toque de óleo na costa foi o de pior caso (75.544 m³) no Período 1, em 4,9 dias e com 78,2%, respectivamente. O cenário de pior caso - Período 1, também foi observada a maior extensão com probabilidade de chegada de óleo na costa (2.481,9 km). Apenas no cenário de 8 m³ não houve probabilidade de toque de óleo na costa e a menor distância foi de 45 km relativa ao município de Quissamã-RJ. Em relação à porcentagem de simulações com toque de óleo, o máximo observado refere-se à porcentagem de simulações em que chega óleo na costa independente da localidade, diferente da tabela comparativa de municípios (Tabela 17), na qual os valores se referem à porcentagem em cada ponto de grade na costa.

5.1.2 FPSO FRADE

A seguir serão apresentados os resultados do modo probabilístico para os vazamentos de 8, 200 e 15.899 m³ de óleo cru a partir de um ponto de risco no Campo de Frade, na Bacia de Campos, para dois cenários sazonais definidos, Período 1 (setembro a fevereiro) e Período 2 (março a agosto).

5.1.2.1 Vazamento de 8 m³

A dinâmica da região onde está localizado o ponto de vazamento é influenciada principalmente pelo sistema Corrente do Brasil, que apresenta escoamento principal para sul/sudoeste. Os ventos predominantes são do primeiro quadrante, sobretudo de NNE e de NE, ocorrendo maior frequência de ventos de terceiro quadrante (S, SE e SW) no Período 2.

Sob influência destas principais forçantes, em ambos os períodos, o óleo deriva predominantemente para sudoeste. Em superfície, os valores de probabilidade superiores a 30% podem alcançar até 10 km do ponto de vazamento no Período 1 e 7 km no Período 2. A distância máxima com probabilidade de presença está a 204 km do ponto de vazamento no Período 1 e 331 km no Período 2. Estes pontos mais afastados podem ser alcançados em até 5 dias no período 1 e 6 dias no período 2. Em até 3 dias (72 h) o óleo pode alcançar uma distância máxima de 140 km no Período 1, e 200 km no Período 2.

Na coluna d'água, observou-se valores de probabilidade abaixo de 5% nas proximidades do ponto de vazamento, majoritariamente a sul. O óleo pode alcançar até 56 km do ponto de vazamento no Período 1 e até 62 km no Período 2. Não houve probabilidade de chegada de óleo na costa, nas UCs e no fundo marinho acima do limiar estabelecido. A menor distância do óleo em superfície até a costa foi cerca de 62 km no Período 1 e 46 km no Período 2, relativos aos municípios de Armação dos Búzios-RJ e Campos dos Goytacazes-RJ, respectivamente. A menor distância observada do óleo em superfície em relação às UCs é de 62 km no Período 1 e 37 km no Período 2, relativas a PE da Costa do Sol-RJ e RESEX Marinha Arraial do Cabo -RJ, respectivamente.

Em relação aos processos intempéricos atuantes ao final dos 30 dias de simulação, observa-se que a retirada do óleo ocorreu, majoritariamente, por dispersão na coluna d'água no período 1 (mediana de 46%) e de evaporação (com mediana de 47%) no período 2. No período 1, a evaporação apresentou mediana de 45% e o óleo remanescente em superfície apresentou mediana de 9% ao final das simulações. No período 2, a dispersão na coluna d'água apresentou mediana de 41% e o óleo remanescente em superfície apresentou mediana de 10,8% ao final das simulações. No fundo marinho, o óleo apresentou mediana inferior a 0,05% em ambos os períodos.

5.1.2.1.1 Período 1

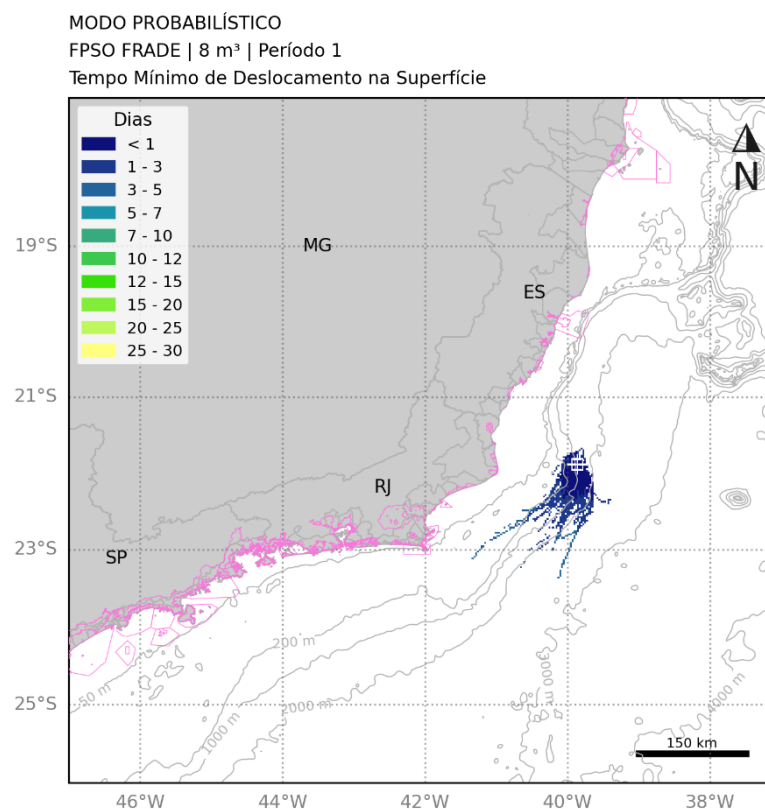
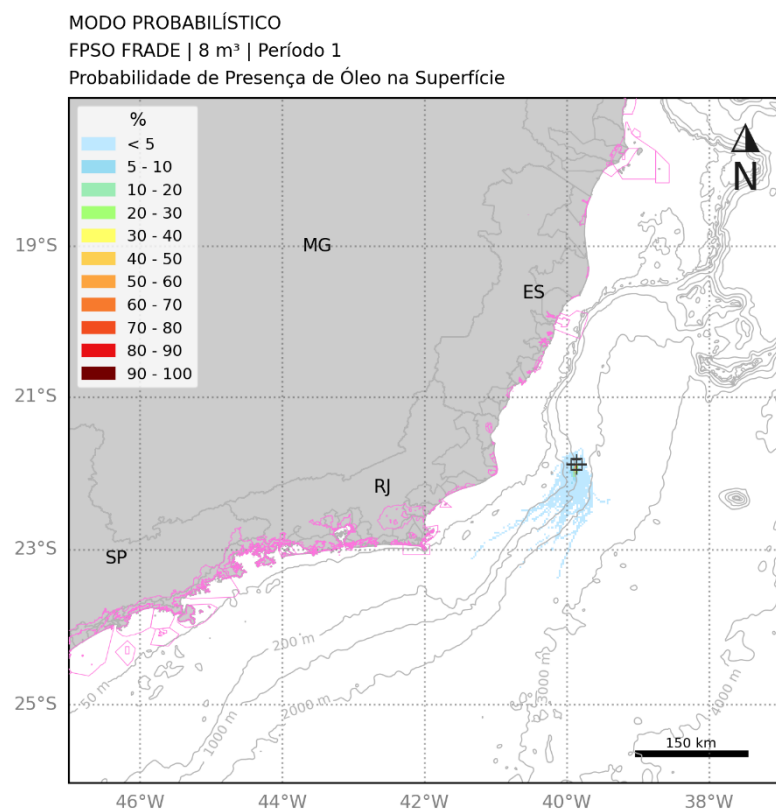


Figura 36: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

[Assinatura]

MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 8 m³ | Período 1

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

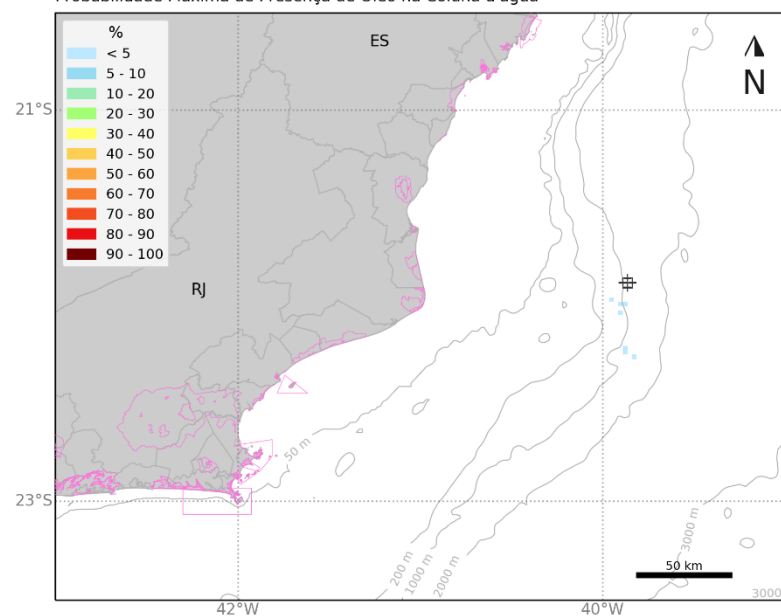


Figura 37: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro).
 Simulação de 720 horas (30 dias).



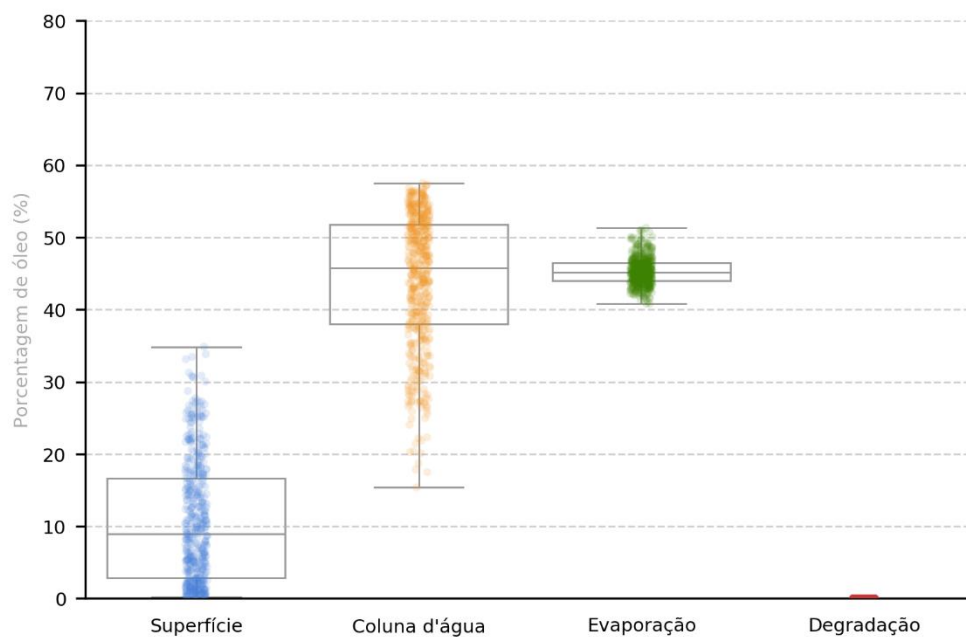


Figura 38: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 20: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho
Mínimo	0,2	15,4	40,8	-
Primeiro Quartil	2,8	38	44	-
Mediana	8,9	45,8	45,2	< 0.05
Terceiro Quartil	16,7	51,8	46,5	< 0.05
Máximo	34,9	57,5	51,3	0,5

5.1.2.1.2 Período 2

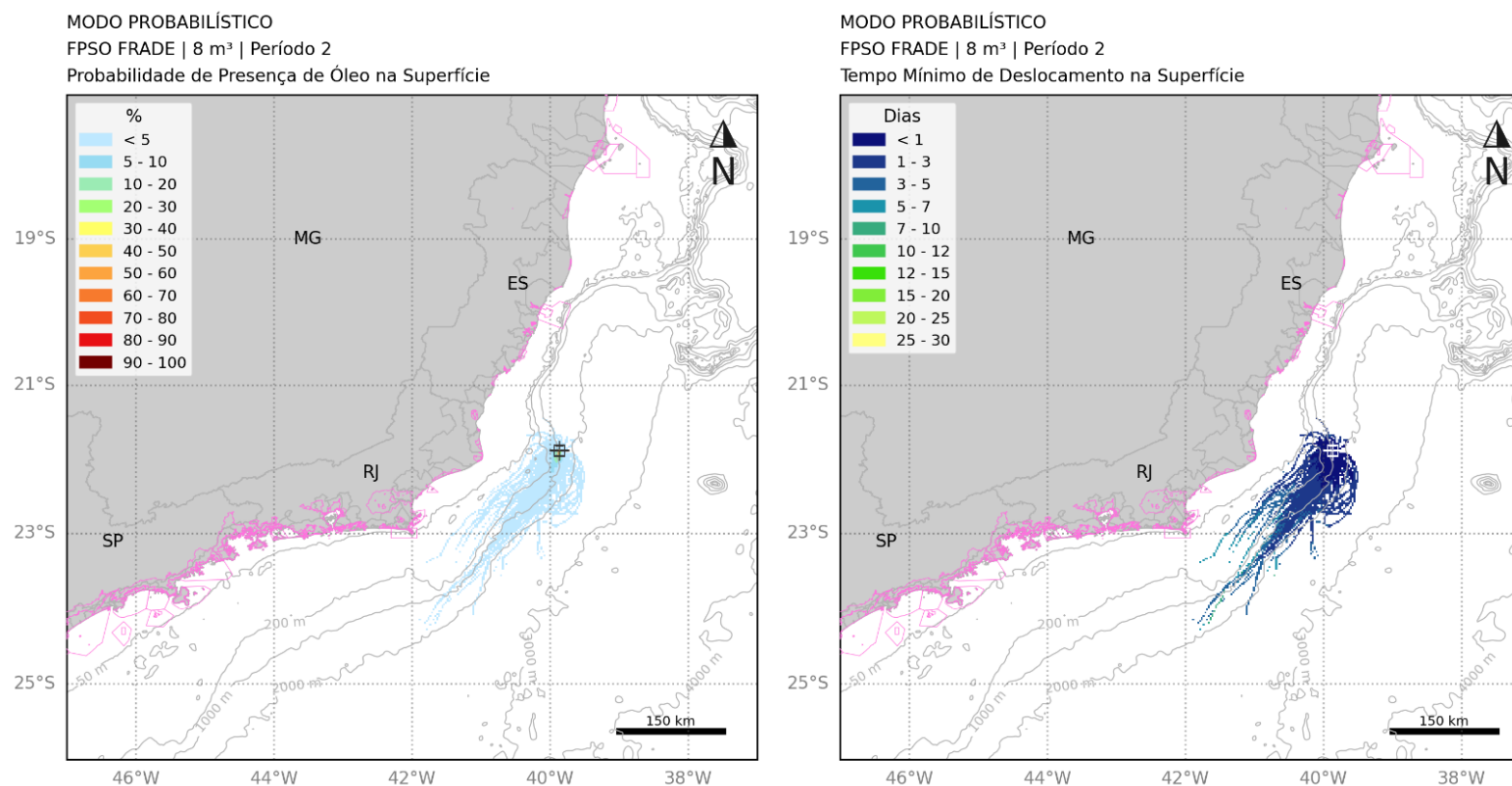


Figura 39: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 8 m³ | Período 2

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

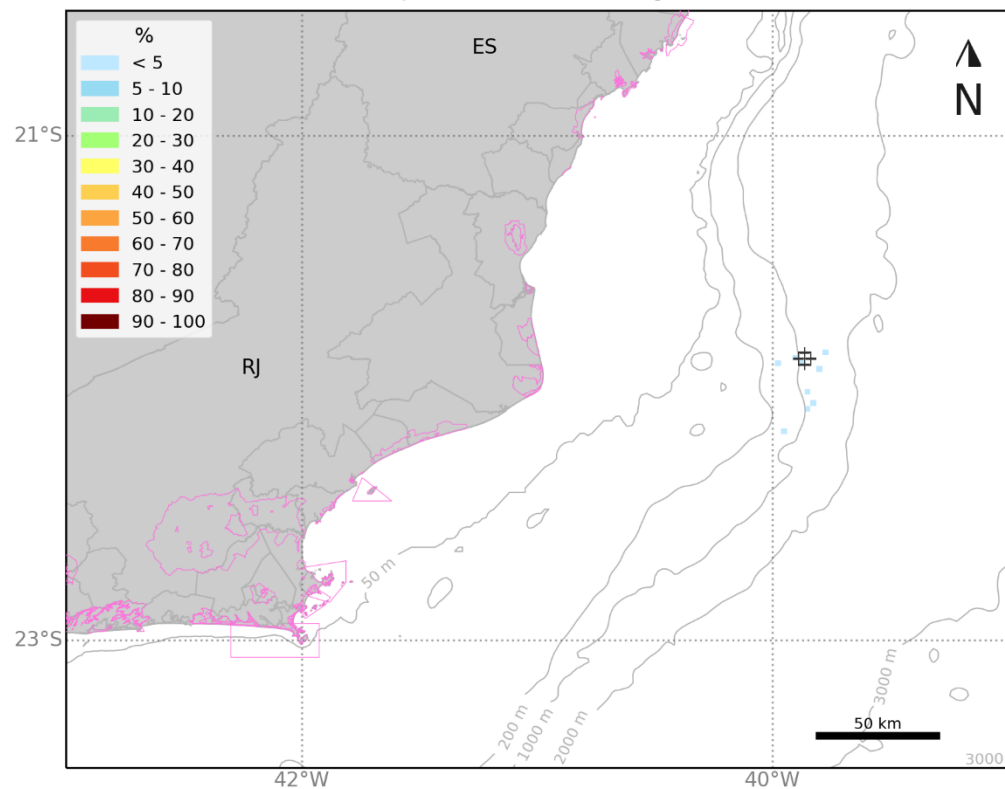


Figura 40: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

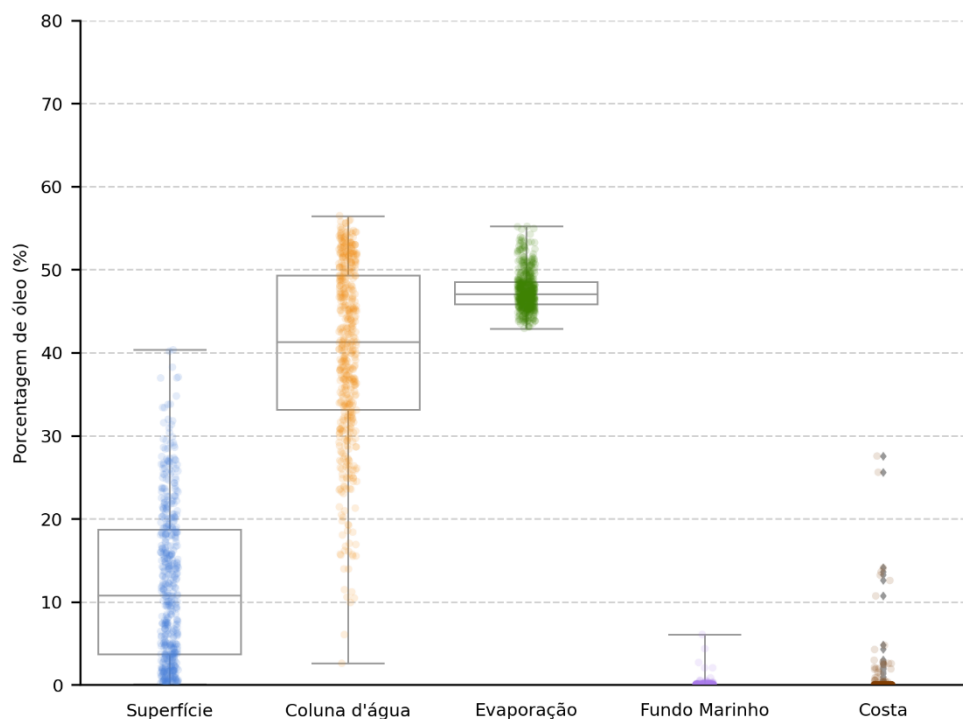


Figura 41: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 21: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 8 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	0,1	2,6	42,9	-	-
Primeiro Quartil	3,7	33,2	45,9	-	-
Mediana	10,8	41,3	47,1	< 0.05	-
Terceiro Quartil	18,7	49,3	48,5	< 0.05	-
Máximo	40,3	56,5	55,2	6,1	27,5

5.1.2.2 Vazamento de 200 m³

Para os vazamentos de 200 m³, assim como nos de pequeno porte, a direção preferencial de deriva do óleo foi para sudoeste do ponto de vazamento, seguindo a orientação do talude, sendo essa a orientação preferencial da CB.

Em superfície, valores de probabilidade superiores a 30% podem alcançar até 27 km no Período 1 e 15 km no Período 2. A distância máxima com probabilidade de presença de óleo está a 1.1104 km do ponto de vazamento no Período 1 e 933 km no Período 2. Estes pontos mais afastados podem ser alcançados em até 30 dias nos Períodos 1 e 2. Em até 3 dias (72 h) o óleo pode alcançar uma distância máxima de 252 km no Período 1, e 222 km no Período 2.

Na coluna d'água, a área com probabilidade de presença de óleo é inferior à observada em superfície. O óleo pode alcançar até 580 km do ponto de vazamento no Período 1 e até 534 km no Período 2. Não há probabilidade maior que 40% na coluna d'água e não houve probabilidade de chegada de óleo no fundo marinho acima do limiar estabelecido.

Há probabilidade de chegada de óleo em 19 municípios no Período 2, entre Guarapari-ES e São Sebastião-SP, sendo a maior probabilidade (1%) observada nos municípios de Campos dos Goytacazes-RJ e Arraial do Cabo-RJ e menor tempo de toque (8,2 dias) no município de Campo dos Goytacazes-RJ. No Período 1, não foi observada probabilidade de presença de óleo nos municípios, a menor distância de presença de óleo em superfície até a costa foi de 4,3 km relativo ao município de Angra dos Reis-RJ.

Para as UCs, há probabilidade de chegada de óleo em 29 unidades no Período 2 e 2 unidades no Período 1. A maior probabilidade de presença de óleo foi observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo, sendo de 0,4% no Período 1 e 2% no Período 2. O menor tempo de chegada de óleo nas UCs foi de 8,2 dias na PE Lagoa do Açu no Período 2 e 9,5 dias na RESEX Marinha Arraial do Cabo, no Período 1.

Em relação aos processos intempéricos atuantes ao longo dos 30 dias de simulação, observa-se que o principal processo foi evaporação (mediana em torno de 54%), seguida pela dispersão na coluna d'água (mediana entre 18% e 22%). Ao final da simulação, o óleo na costa apresentou valor máximo de 3,3% no Período 1 e 36,6% no Período 2. Ao fim de 30 dias, o máximo de óleo remanescente na superfície foi em torno de 40% em ambos os períodos, com mediana de 24,5% no período 1 e 25,7% no período 2. No fundo marinho, o valor máximo observado foi de 0,1% no Período 1 e 1,8% no Período 2, ao final da simulação.

5.1.2.2.1 Período 1

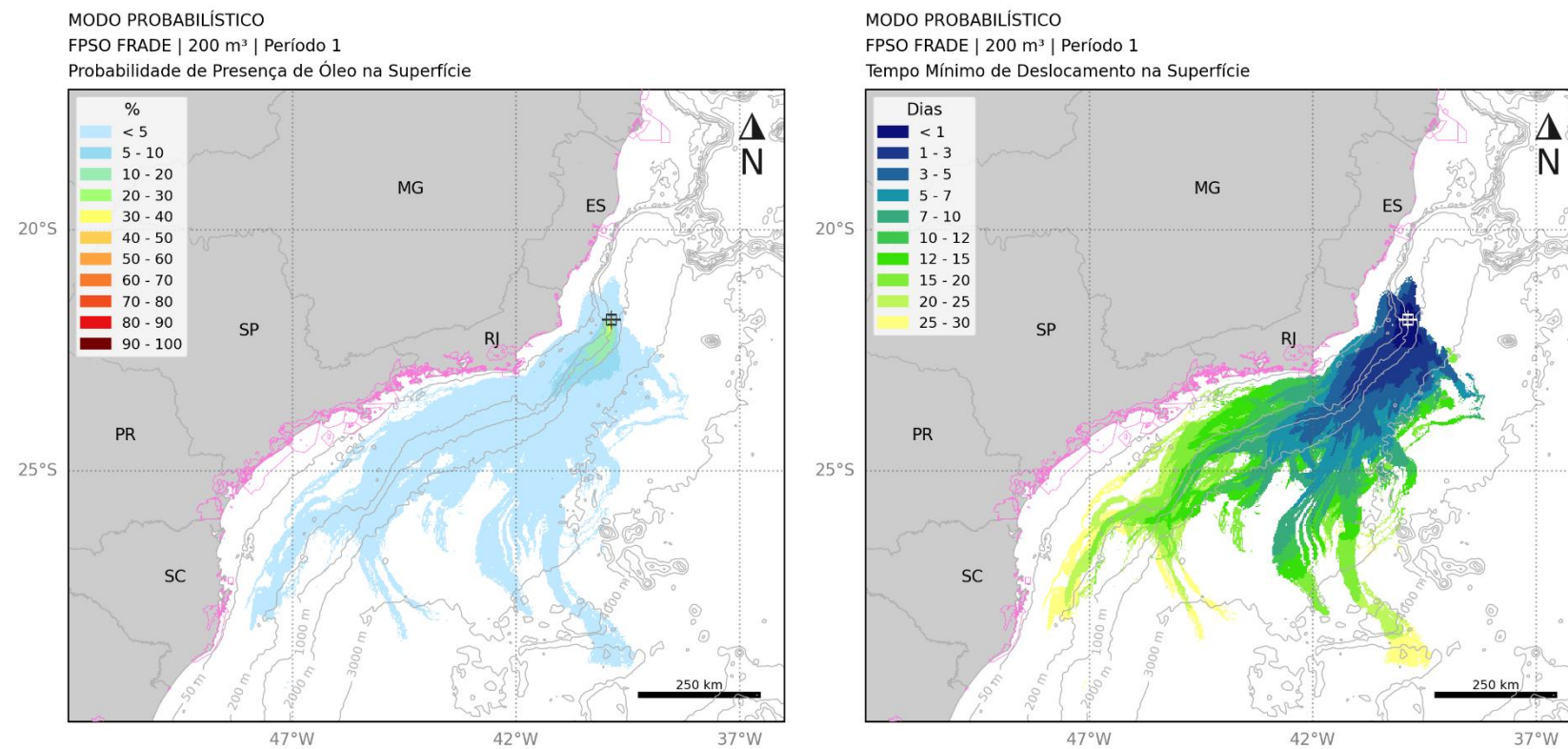


Figura 42: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 200 m³ | Período 1

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

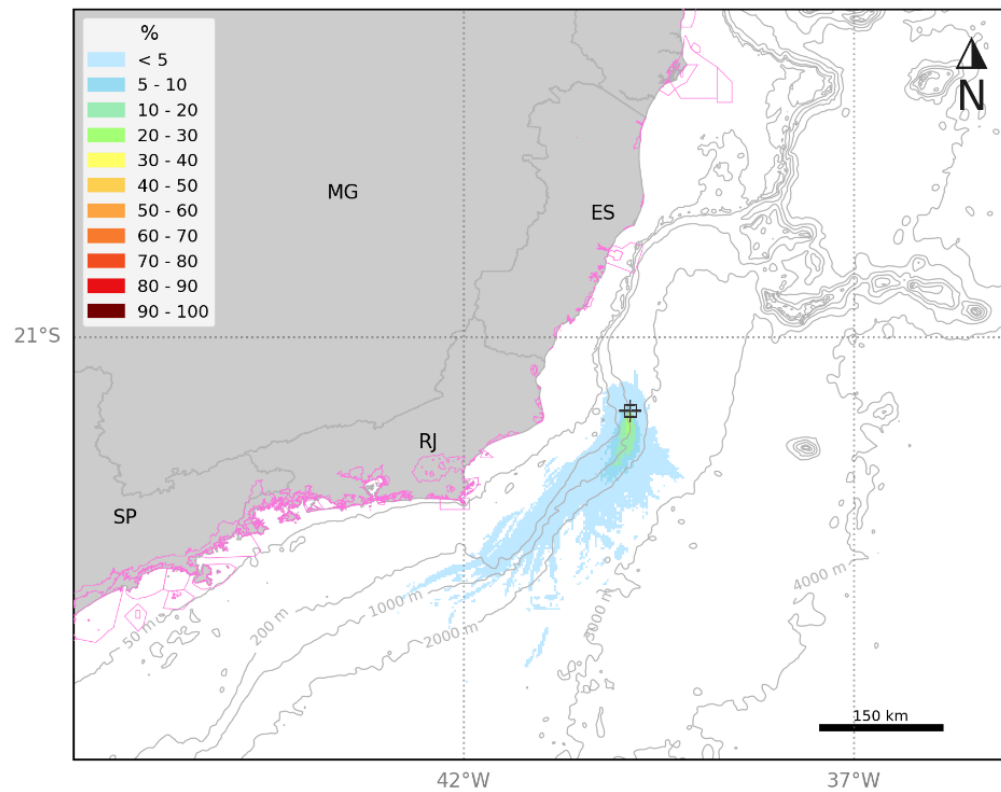


Figura 43: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

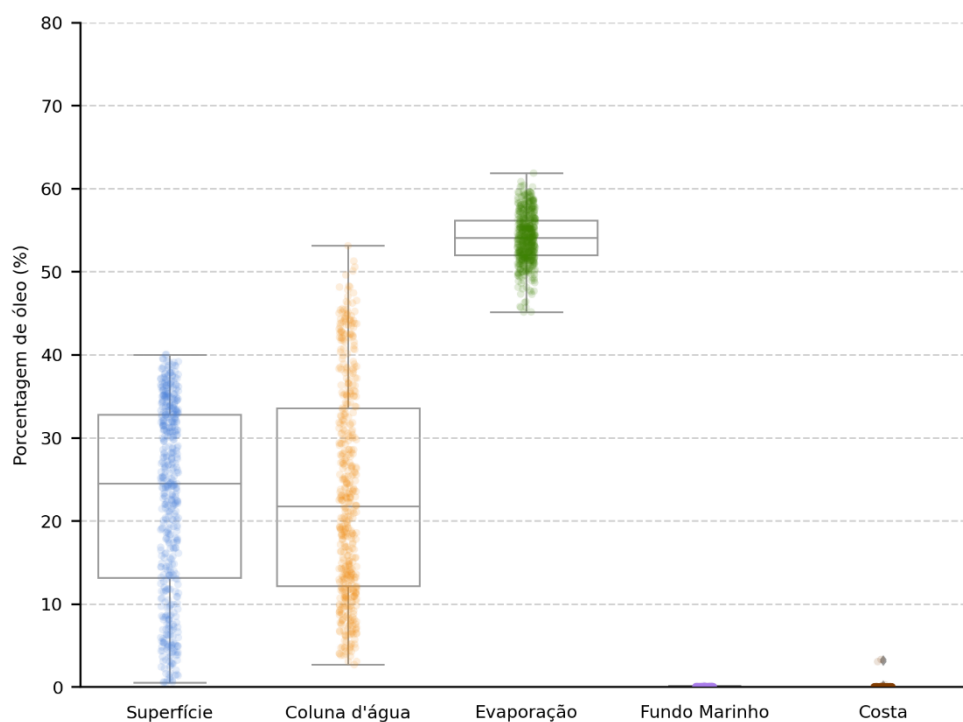


Figura 44: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 22: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 720 horas (30 dias).

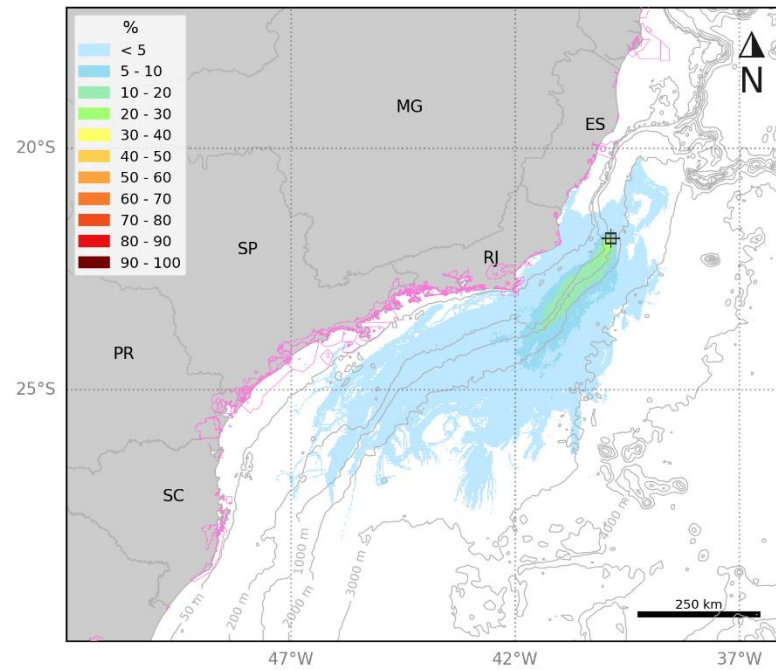
	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	0,5	2,7	45,1	-	-
Primeiro Quartil	13,1	12,1	52	-	-
Mediana	24,5	21,7	54,1	-	-
Terceiro Quartil	32,8	33,6	56,1	< 0.05	-
Máximo	40	53,1	61,8	0,1	3,3

5.1.2.2.2 Período 2

MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 200 m³ | Período 2

Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 200 m³ | Período 2

Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

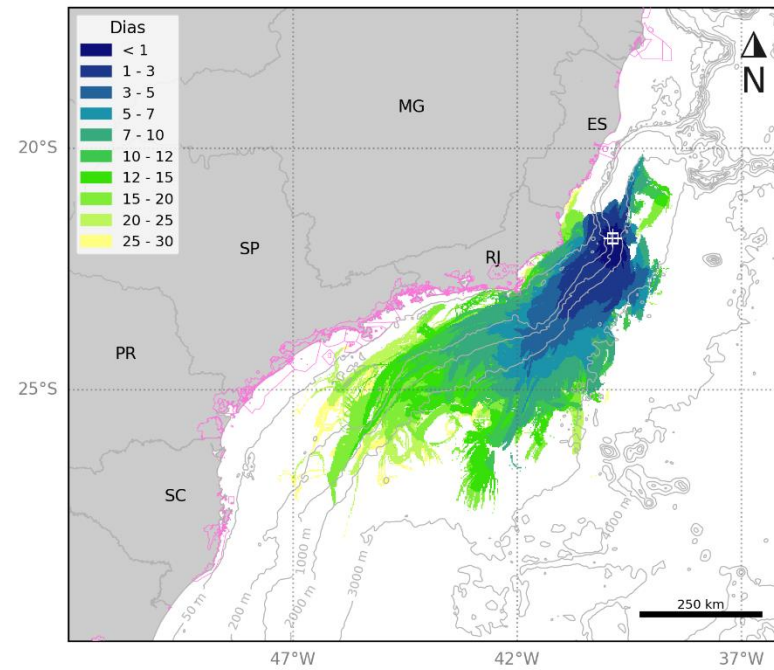


Figura 45: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

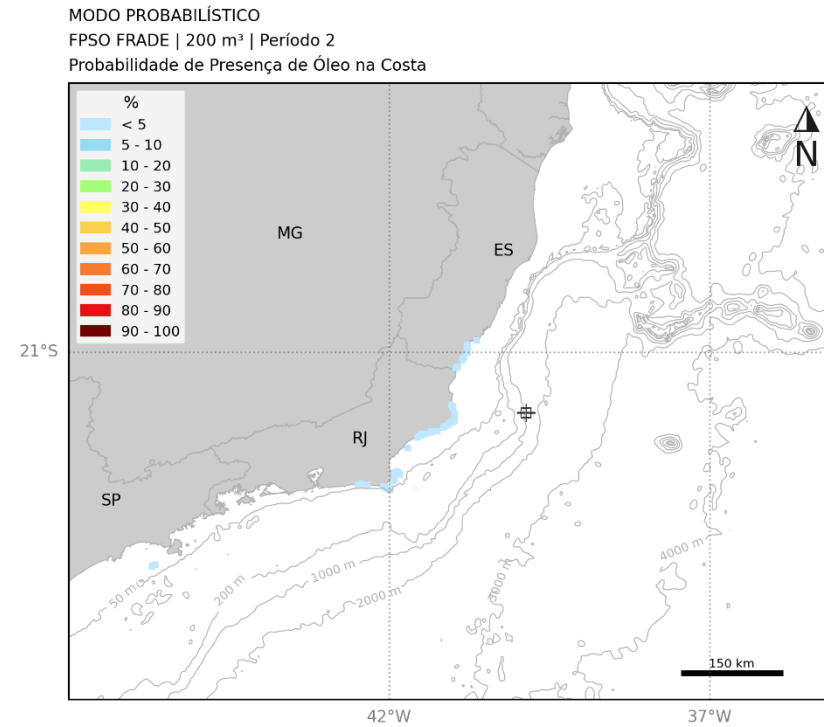
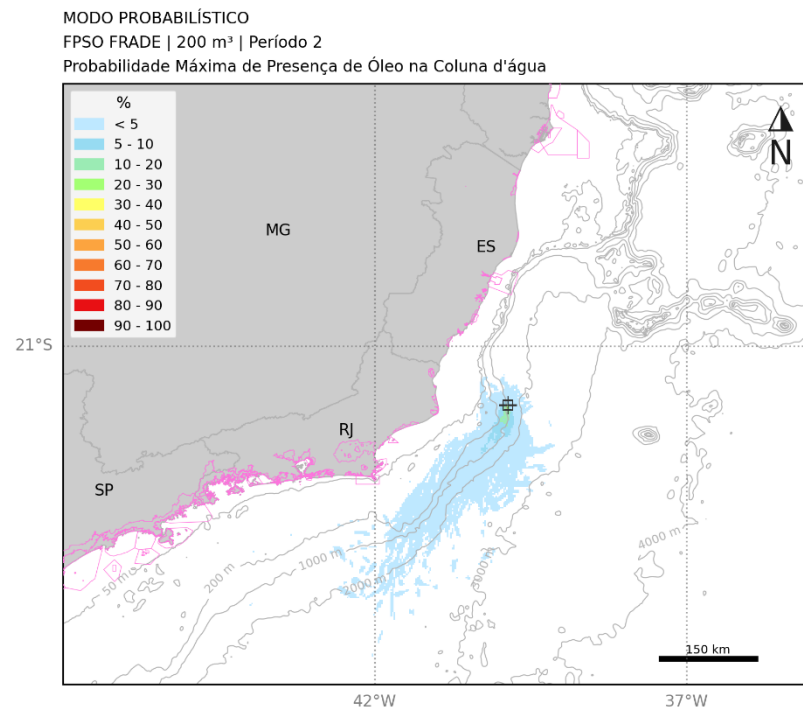


Figura 46: Mapa de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água e na costa para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

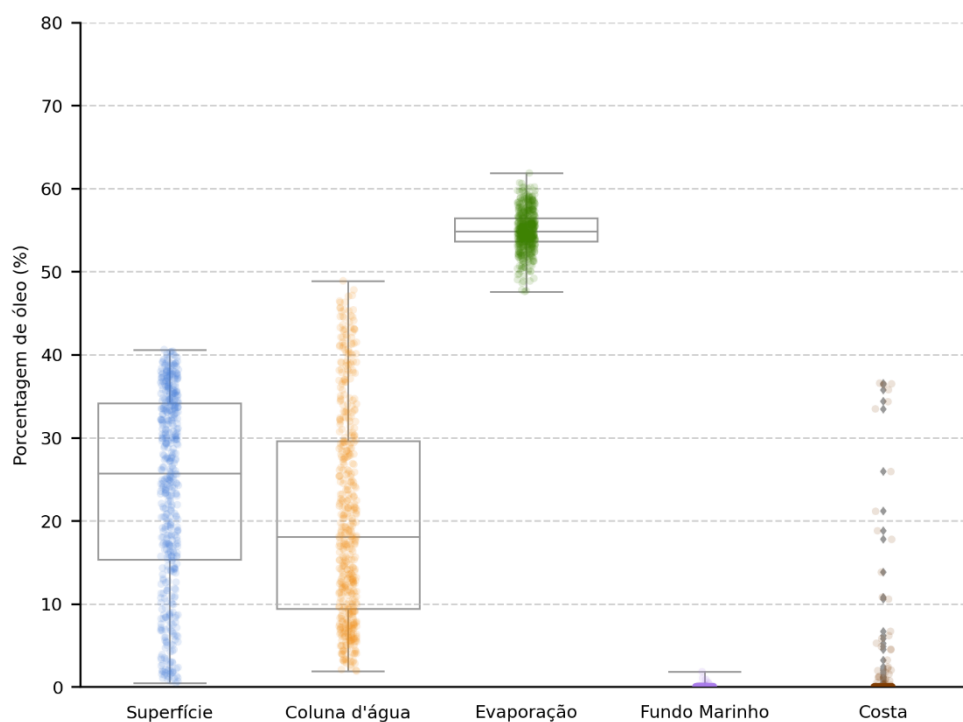


Figura 47: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

Tabela 23: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de 200 m³ no Período 2 (março a agosto). Simulação de 720 horas (30 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	0,5	1,9	47,6	-	-
Primeiro Quartil	15,4	9,4	53,6	-	-
Mediana	25,7	18,1	54,9	-	-
Terceiro Quartil	34,1	29,6	56,5	< 0.05	-
Máximo	40,6	48,9	61,9	1,8	36,6

5.1.2.2.3 Tabelas Comparativas

A seguir são apresentados os resultados de óleo nos municípios (Tabela 24) e unidades de conservação (Tabela 25) para os vazamentos 200m³ em ambos os cenários sazonais.

Tabela 24: Probabilidade de presença, tempo mínimo de chegada, massa máxima e extensão de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento de 200m³ no campo de Frade, nos cenários de Período 1 e Período 2.

UF	Município	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)		Massa Máxima (t/km)		Extensão (Km)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
		1	2	1	2	1	2	1	2
ES	GUARAPARI	-	0,2	-	23	-	-	-	-
	PIÚMA	-	0,4	-	26,5	-	-	-	-
	ANCHIETA	-	0,2	-	26,1	-	0,6	-	2,8
	ITAPEMIRIM	-	0,2	-	26,8	-	0,8	-	5,7
	MARATAÍZES	-	0,6	-	23,6	-	1,6	-	11,3
	PRESIDENTE KENNEDY	-	0,6	-	22,9	-	1,8	-	5,7
	SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	-	0,2	-	24,3	-	-	-	-
	SÃO JOÃO DA BARRA	-	0,8	-	14,1	-	7,3	-	11,3
	CAMPOS DOS GOYTACAZES	-	1	-	8,2	-	2,3	-	31,1
	QUISSAMÃ	-	0,6	-	8,5	-	7,8	-	31,1
RJ	CARAPEBUS	-	0,2	-	21	-	0,9	-	2,8
	MACAÉ	-	0,2	-	18	-	0,5	-	2,8
	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	-	0,8	-	12,5	-	2,5	-	11,3
	CABO FRIO	-	0,4	-	19,1	-	0,7	-	5,7
	MARICÁ	-	0,2	-	14,3	-	-	-	-
	SAQUAREMA	-	0,2	-	14	-	1,5	-	11,3
	ARARUAMA	-	0,2	-	13,9	-	0,8	-	5,7
	ARRAIAL DO CABO	-	1	-	10,4	-	3,5	-	14,1
	SÃO SEBASTIÃO	-	0,2	-	25	-	1,5	-	5,7

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para os municípios que não apresentaram massa acumulada na costa acima do limiar monitorado. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da costa. Como os valores apresentados são da superfície e da coluna d'água, não são apresentados valores de massa acumulada na costa e extensão.



Tabela 25: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas em um vazamento de 200 m³ no campo de Frade, nos cenários de Período 1 e Período 2.

Unidades de Conservação	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
RDS Concha D'ostra	-	0,2	-	23
APA Tartarugas	-	0,2	-	26,1
APA de Guanandy	-	0,4	-	26,5
ANT Ilha do Meio, Ilha dos Cabritos E Ilha do Francês	-	0,2	-	26,5
MN Falésias de Marataízes	-	0,4	-	23,6
ANT Foz do Rio Paraiba	-	0,2	-	24,3
APA da Cehab	-	0,2	-	24,3
RPPN Fazenda Caruara	-	0,6	-	17,9
APA de Iquipari	-	0,6	-	15,6
PE da Lagoa do Açú	-	1,2	-	8,2
APA do Lagamar	-	1,2	-	8,5
PARNA Restinga de Jurubatiba	-	0,4	-	13,4
APA do Arquipélago de Santana	-	0,2	-	18
PNM do Arquipélago de Santana	-	0,2	-	18
APA Marinha da Armação de Búzios	-	0,8	-	12,5
APA da Praia da Azeda e Azedinha	-	0,6	-	19,5
PE da Costa do Sol	-	1	-	10,4
PNM dos Corais de Armação dos Búzios	-	0,6	-	19,5
PM da Lagoinha	-	0,4	-	20,4
APA do Pau Brasil	-	0,4	-	19,1
APA Serras de Maricá (Apasermar)	-	0,2	-	14,4
APA de Massambaba	-	0,2	-	13,9
REBIO Guaratiba	-	0,2	-	13,9
RESEC de Massambaba	-	0,2	-	13,6
RESEX Marinha Arraial do Cabo	0,4	2	9,5	8,4
RESEC da Ilha do Cabo Frio	-	1	-	11,8
APA Marinha do Litoral Norte	0,2	-	23,6	-
ESEC Tupinambás	-	0,2	-	25
RVS do Arquipélago de Alcatrazes	-	0,2	-	25
APA Marinha do Litoral Centro	-	0,2	-	23,8

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para as UCs que não apresentaram probabilidade de chegada de óleo. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da UC



5.1.2.3 Vazamento de Pior Caso

Para os vazamentos de pior caso (15.899 m^3), a direção preferencial de deriva do óleo foi para sudoeste do ponto de vazamento. A deriva do óleo ocorre preferencialmente seguindo a orientação do talude continental, direção preferencial da CB. É também observado probabilidade de deriva do óleo para sul e sudeste devido à ocorrência de correntes nesta direção na região do ponto de vazamento, em função das atividades de mesoescala associadas ao sistema Corrente do Brasil, principalmente no Período 1, onde correntes para SSE são mais frequentes.

Para esse maior volume, assim como no cenário de pior caso do campo de Wahoo, é possível observar algumas diferenças quando comparamos os cenários dos Períodos 1 e 2. No Período 2, por apresentar uma maior variação da direção dos ventos e o enfraquecimento da Corrente do Brasil (CB), a extensão da área com probabilidades de chegada de óleo acima de 30% na direção sudoeste é menor, até 774 km, contudo esta área aproxima-se mais da costa norte do RJ e da costa do ES, enquanto no Período 1, a extensão da área com probabilidades de chegada de óleo acima de 30% é de até 944 km.

Em superfície, o óleo pode alcançar até 1.425 km do ponto de vazamento no Período 1, e até 1.292 km no Período 2. O ponto mais afastado é alcançado em até 31 dias em ambos os períodos. Em até 3 dias (72 h) o óleo pode alcançar uma distância máxima de 286 km no Período 1 e 239 km no Período 2.

Na coluna d'água, nota-se que valores de probabilidade de até 90% podem ser observados próximo ao ponto de vazamento. É possível verificar que a área com probabilidade de presença de óleo é semelhante à observada em superfície, alcançando até 1.343 km no Período 1 e até 1.260 km do Período 2. As maiores probabilidades de presença de óleo na coluna d'água são observadas a sudoeste do ponto de vazamento, sob influência da CB. Como o vazamento ocorre em superfície, as probabilidades de presença de óleo estão restritas às primeiras camadas da coluna d'água, até os primeiros 60-70 metros e as probabilidades acima de 30% restritas aos primeiros 30 metros.

Em relação as concentrações na coluna d'água, valores entre 1.000 e 6.000 ppb podem ser encontrados próximos ao ponto de vazamento, até os 40 metros de profundidade. Entre a costa norte do Rio de Janeiro e a isóbata de 50 metros é possível identificar concentrações de até 500 ppb.

No fundo marinho, são observadas probabilidades em profundidades menores que 200 m, próximas a costa de SP no período 1 e em profundidades menores que 50 m próximas do norte do RJ no período 2, ambas com valores inferiores a 5%.

Há probabilidade de chegada de óleo em 29 municípios no Período 1, entre São Francisco do Itabapoana-RJ e Jaguaruna-SC, e 34 municípios no Período 2, entre Aracruz-ES e Itanhaém-SP. A maior probabilidade é observada em Armação dos Búzios-RJ tanto no Período 1 (1,2%) como no período 2 (9%). No Período 1, o menor tempo de chegada de óleo na costa foi observado em São

João da Barra -RJ e Campos dos Goytacazes - RJ (5,6 dias), já no Período 2 foi de 7,6 dias em Armação dos Búzios-RJ.

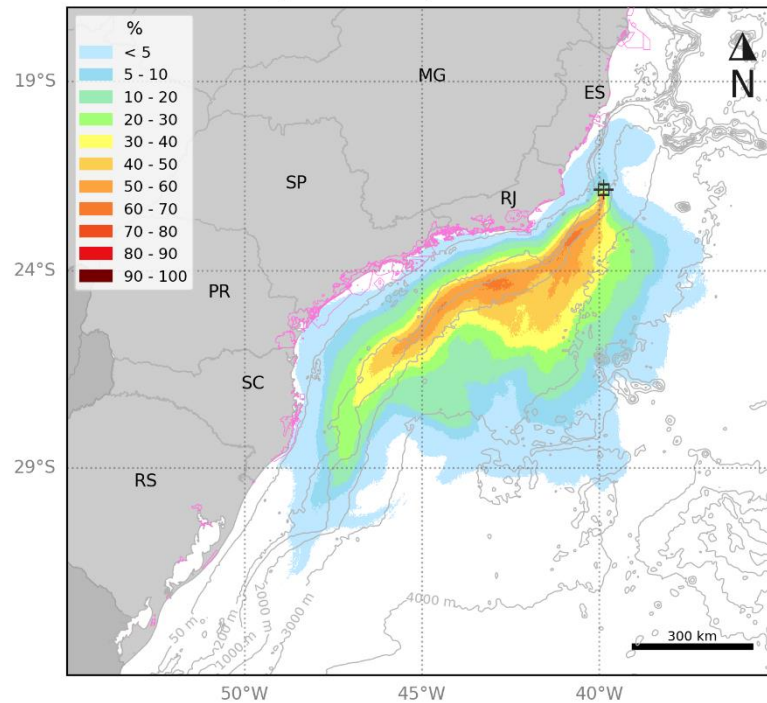
Para as UCs, há probabilidade de chegada de óleo em 77 unidades no Período 1 e 111 UCs no Período 2. A maior probabilidade de chegada de óleo é observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo-RJ, com 2,6% no período 1 e 14,2% no período 2. No Período 1, o menor tempo de chegada de óleo nas UCs foi de 5,6 dias na APA de Iquipari – RJ. Já para o Período 2, o menor tempo foi de 7,3 dias, observado na PE da Costa do Sol – RJ.

Em relação aos processos intempéricos atuantes ao longo dos 31 dias de simulação, observa-se que o principal processo foi a evaporação (mediana em torno de 57%). O óleo remanescente em superfície ao final das simulações apresentou mediana entre 34 e 37% e valor máximo de aproximadamente 51%. Já a dispersão na coluna d'água, apresentou mediana entre 5% e 8%. No fundo marinho as simulações apresentaram máximo de 0,1% e 0,2% nos Períodos 1 e 2, respectivamente. Na costa, o valor máximo observado nas simulações foi de 3% no Período 1 e 39,7% no Período 2.



5.1.2.3.1 Período 1

MODO PROBABILÍSTICO
FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 1
Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO
FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 1
Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

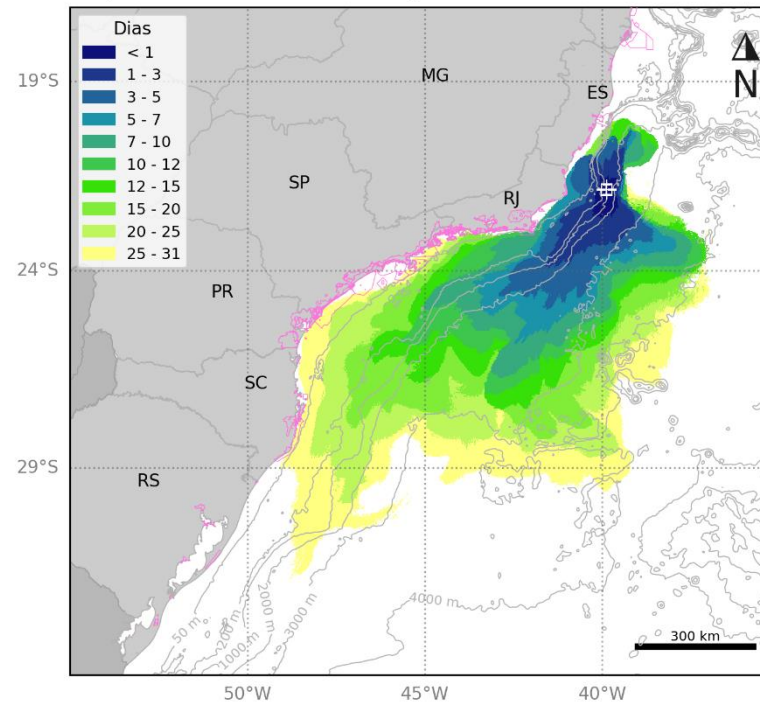


Figura 48: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 744 horas (31 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 1

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

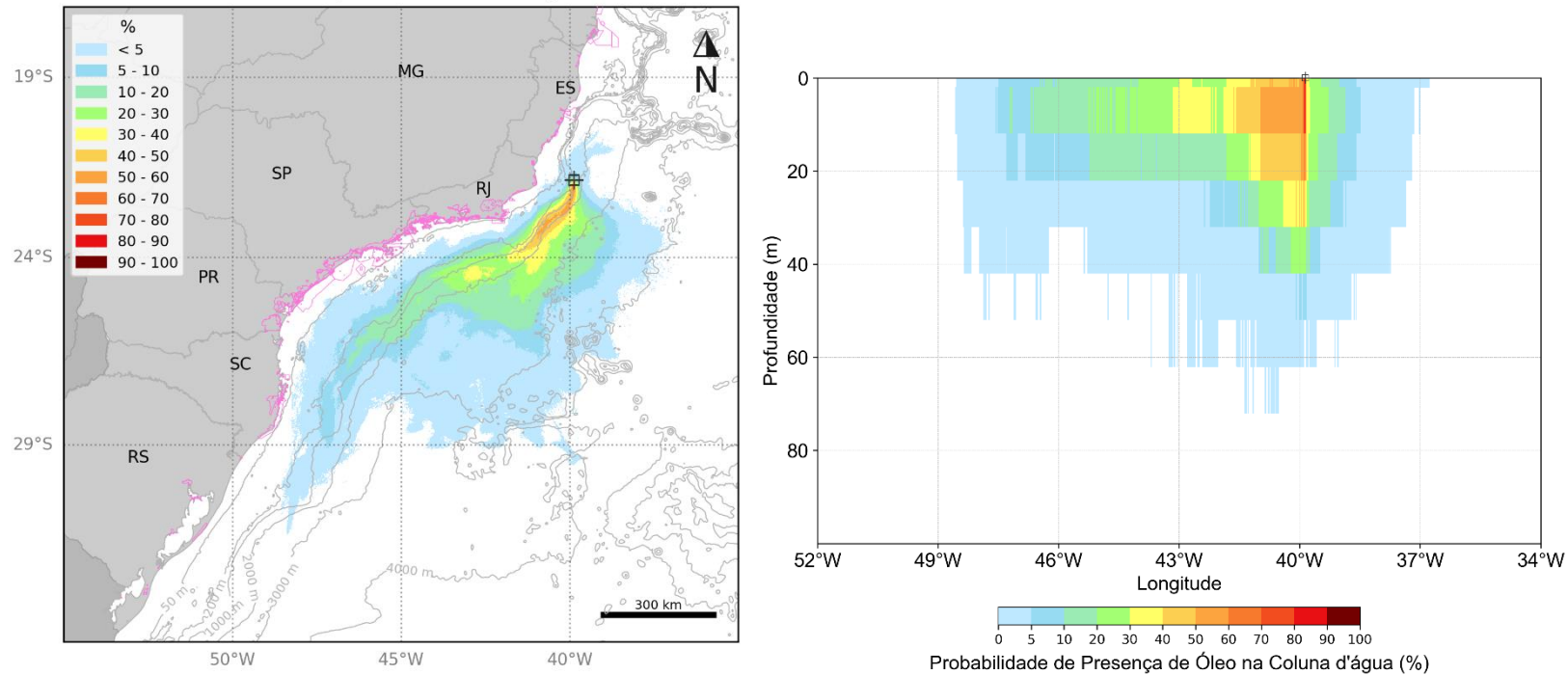


Figura 49: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 744 horas (31 dias).

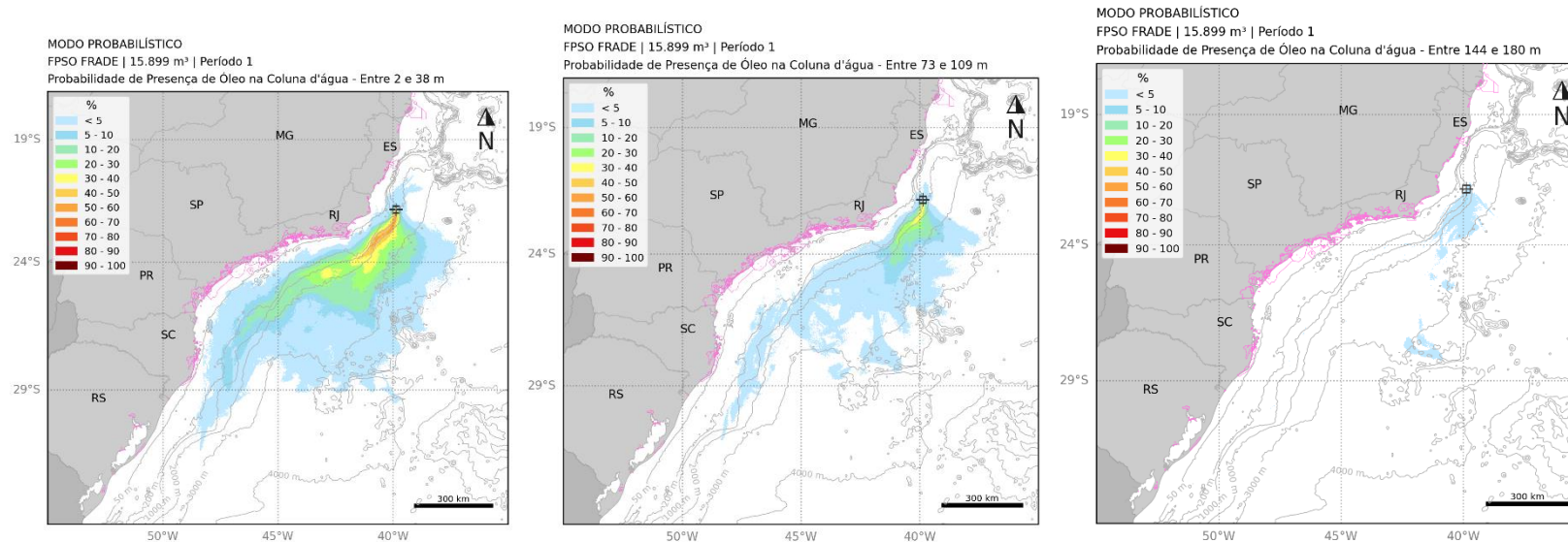


Figura 50: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo para diferentes profundidades na coluna d'água para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 744 horas (31 dias).



MODO PROBABILÍSTICO
FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 1
Concentração Máxima de Óleo na Coluna d'água

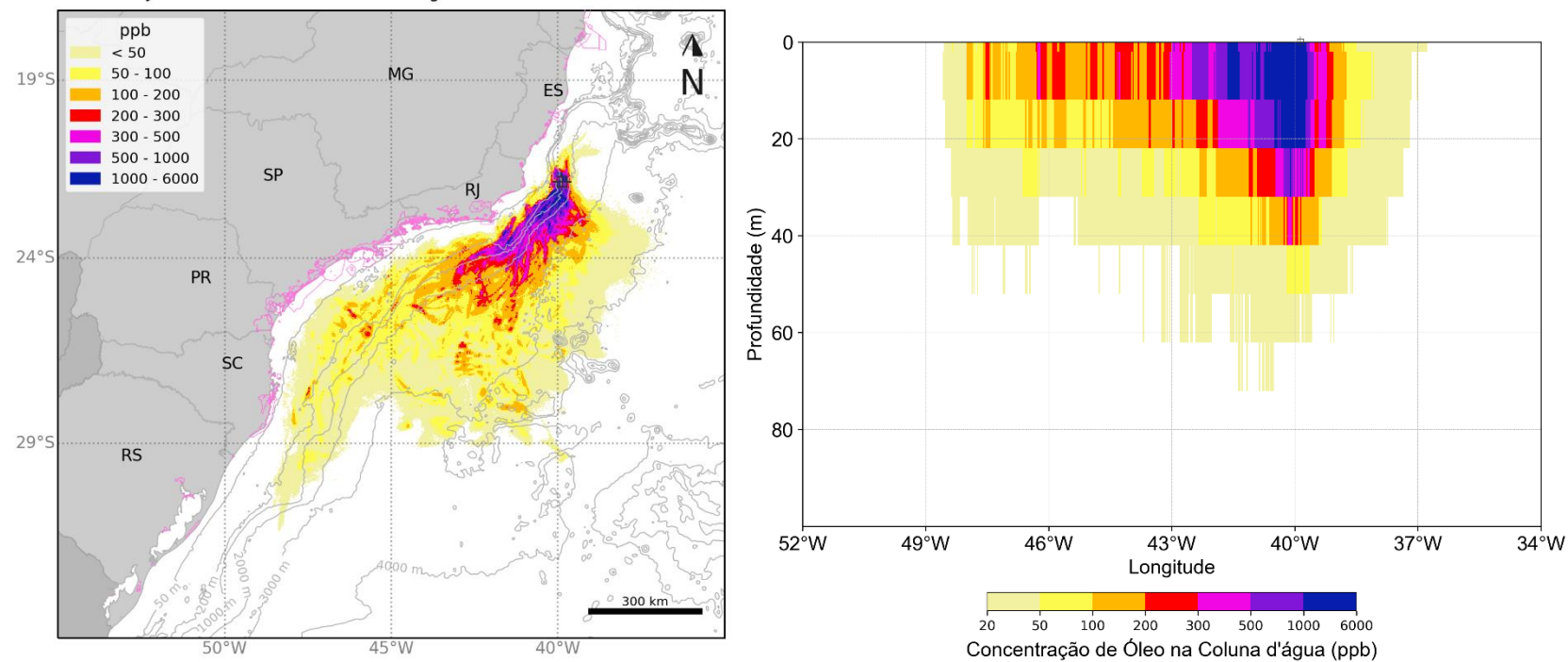


Figura 51: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 744 horas (31 dias).

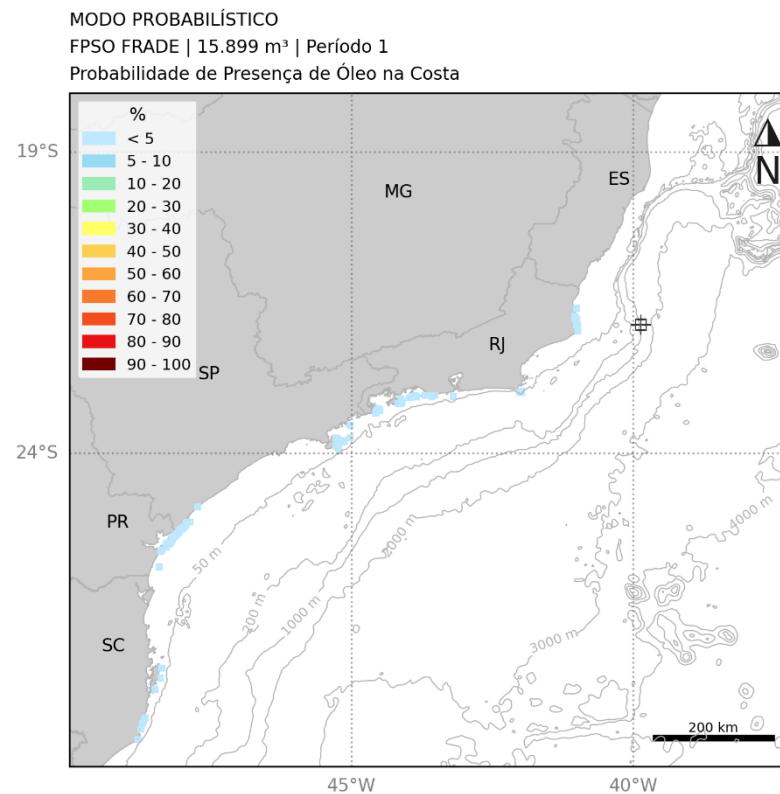
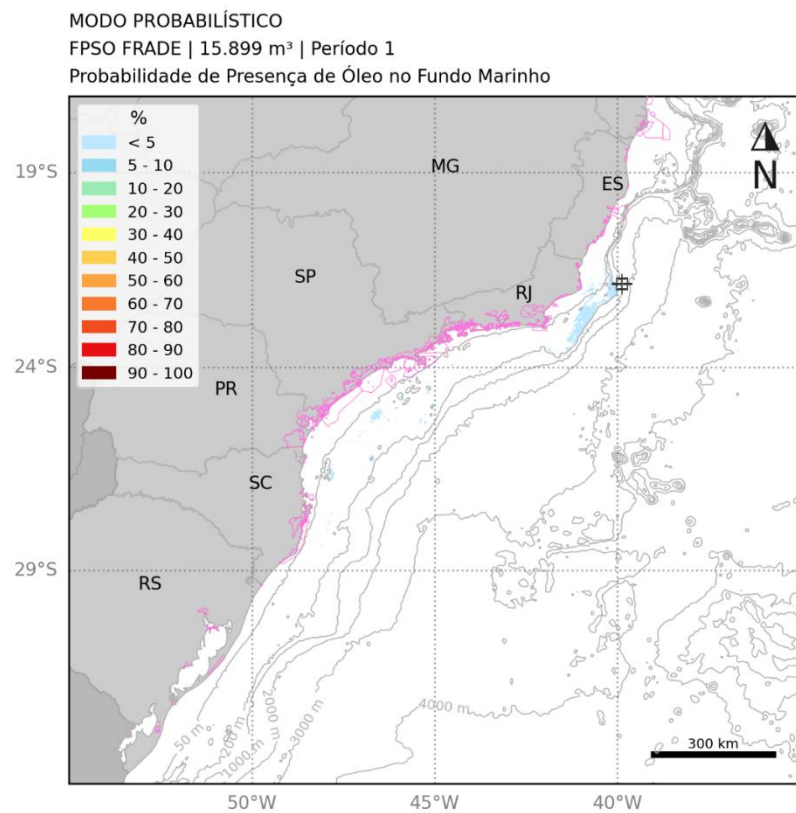


Figura 52: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho e na costa para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 744 horas (31 dias).

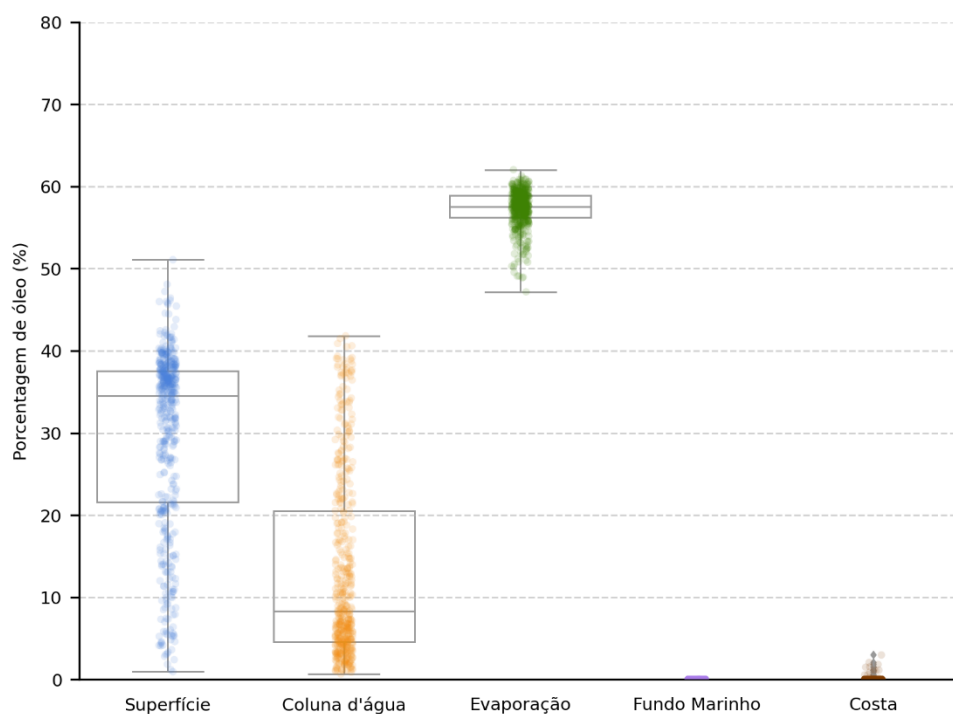


Figura 53: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 744 horas (31 dias).

Tabela 26: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 744 horas (31 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	0,9	0,7	47,2	-	-
Primeiro Quartil	21,6	4,6	56,2	-	-
Mediana	34,5	8,3	57,5	-	-
Terceiro Quartil	37,6	20,5	58,9	< 0.05	-
Máximo	51,1	41,8	62	0,1	3

5.1.2.3.2 Período 2

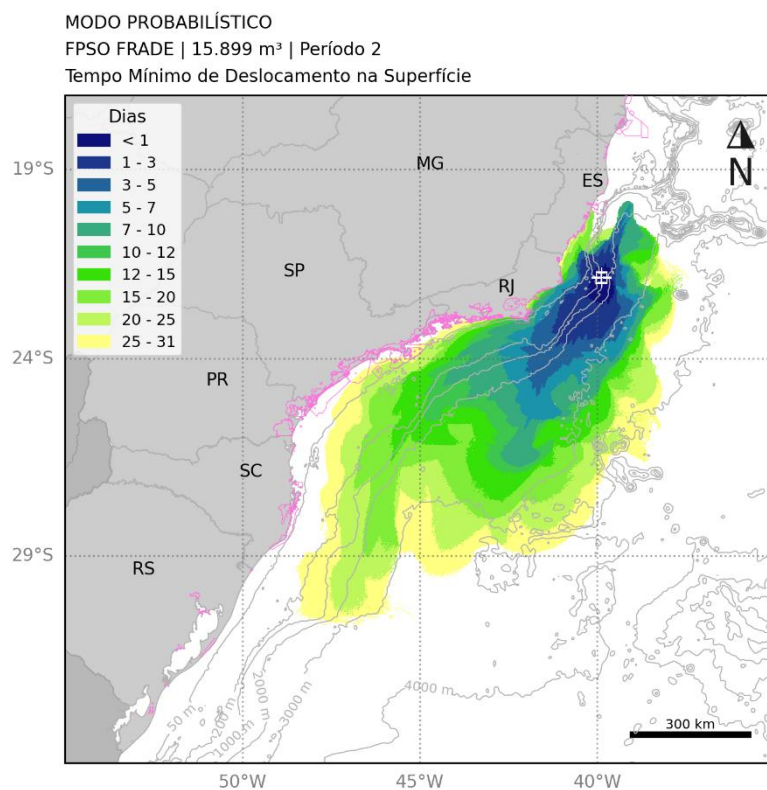
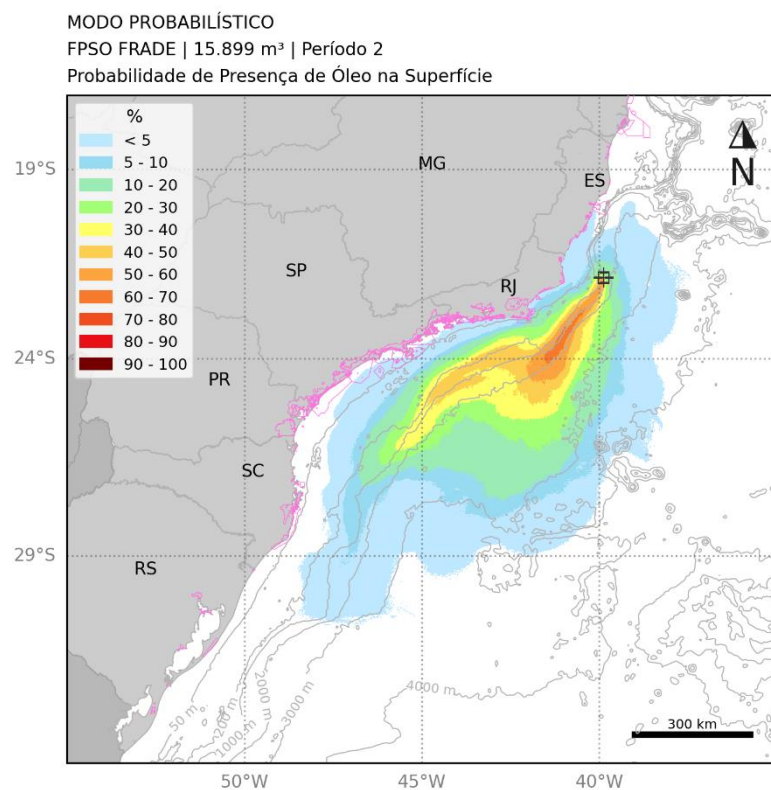


Figura 54: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 744 horas (31 dias).

[Assinatura]

MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 2

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

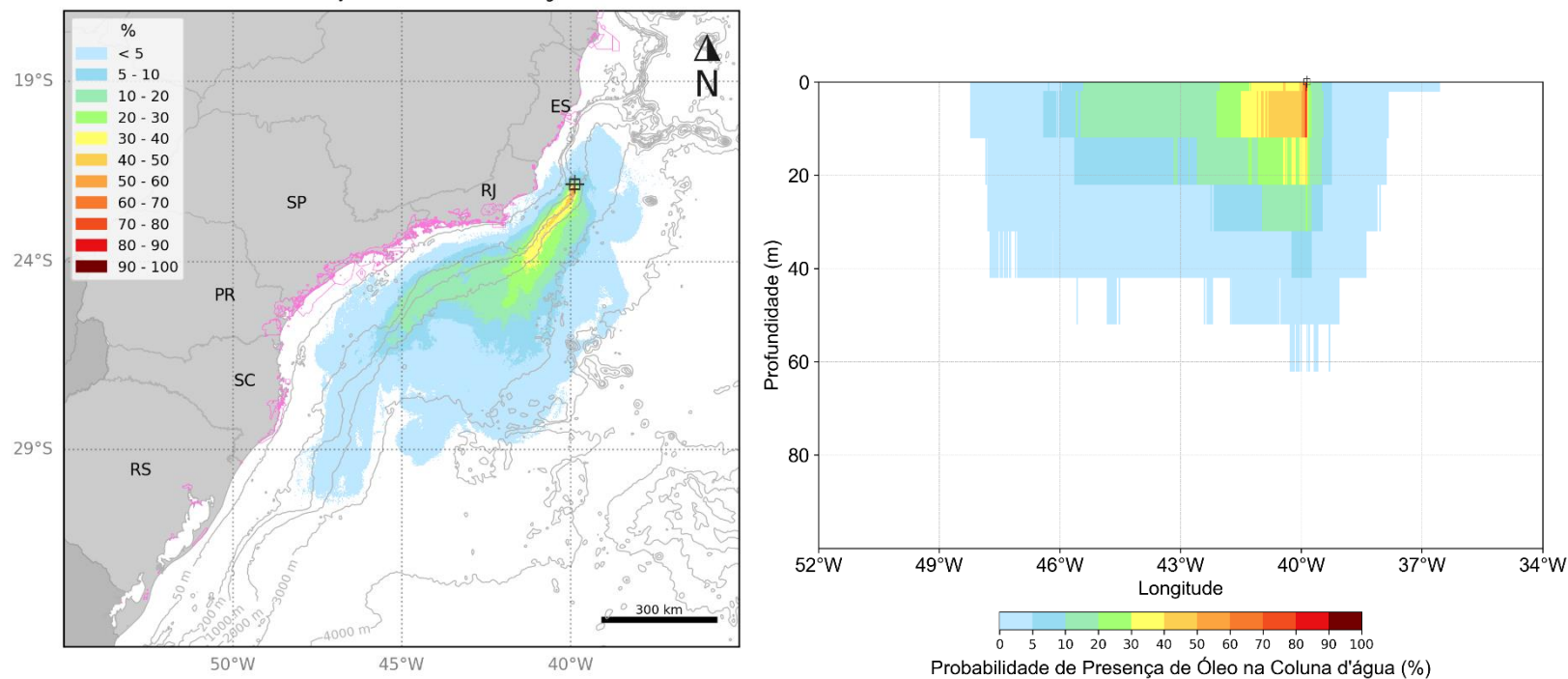


Figura 55: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 744 horas (31 dias).

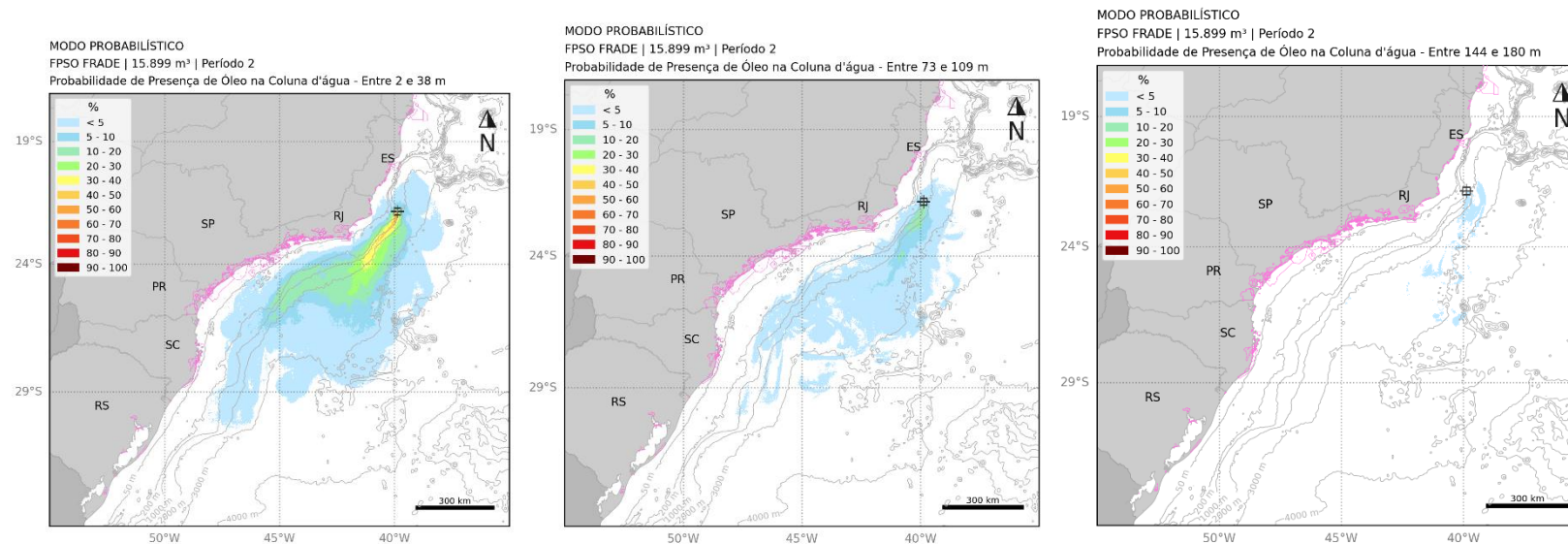


Figura 56: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo para diferentes profundidades na coluna d'água para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 744 horas (31 dias).



MODO PROBABILÍSTICO
FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 2
Concentração Máxima de Óleo na Coluna d'água

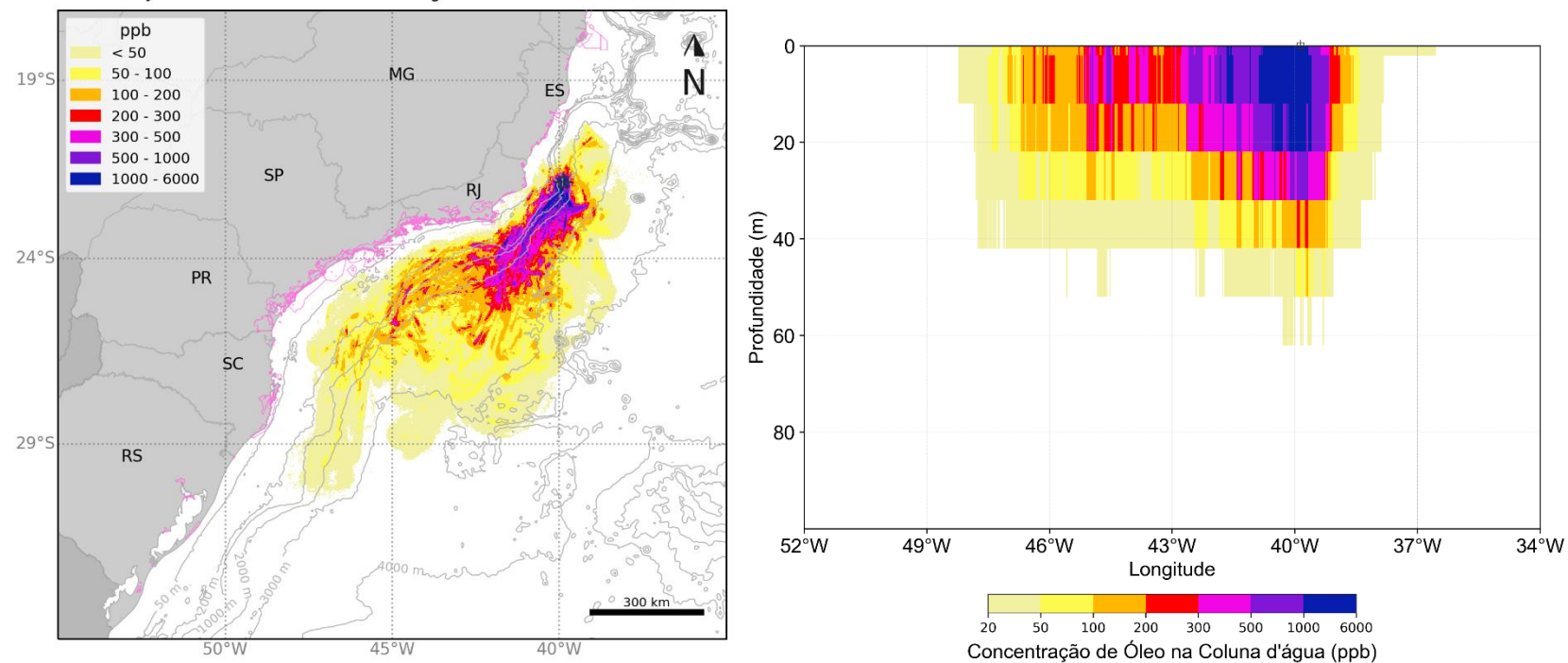
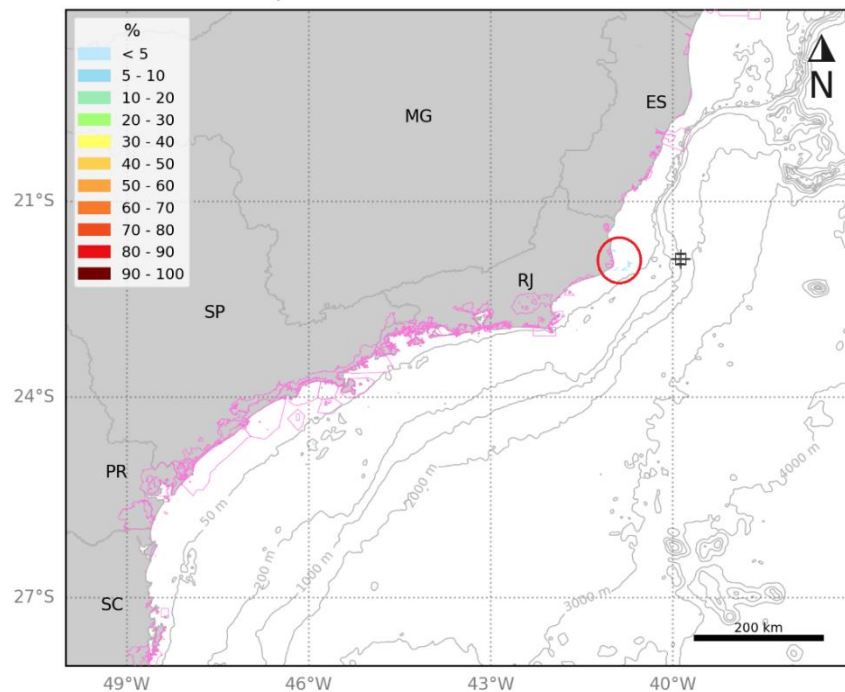


Figura 57: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água e perfil vertical em longitude para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 744 horas (31 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 2

Probabilidade de Presença de Óleo no Fundo Marinho



MODO PROBABILÍSTICO

FPSO FRADE | 15.899 m³ | Período 2

Probabilidade de Presença de Óleo na Costa

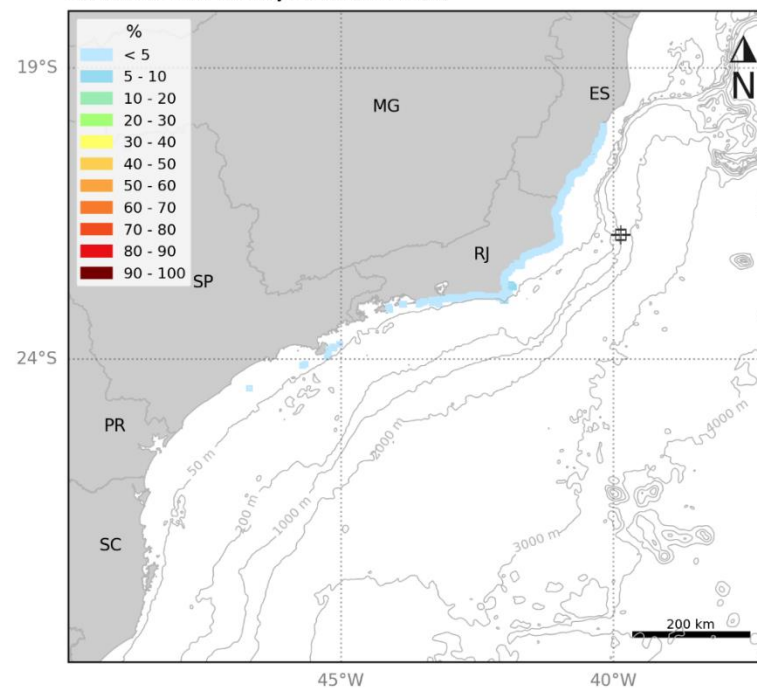


Figura 58: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho e de probabilidade de presença de óleo na costa para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 744 horas (31 dias).

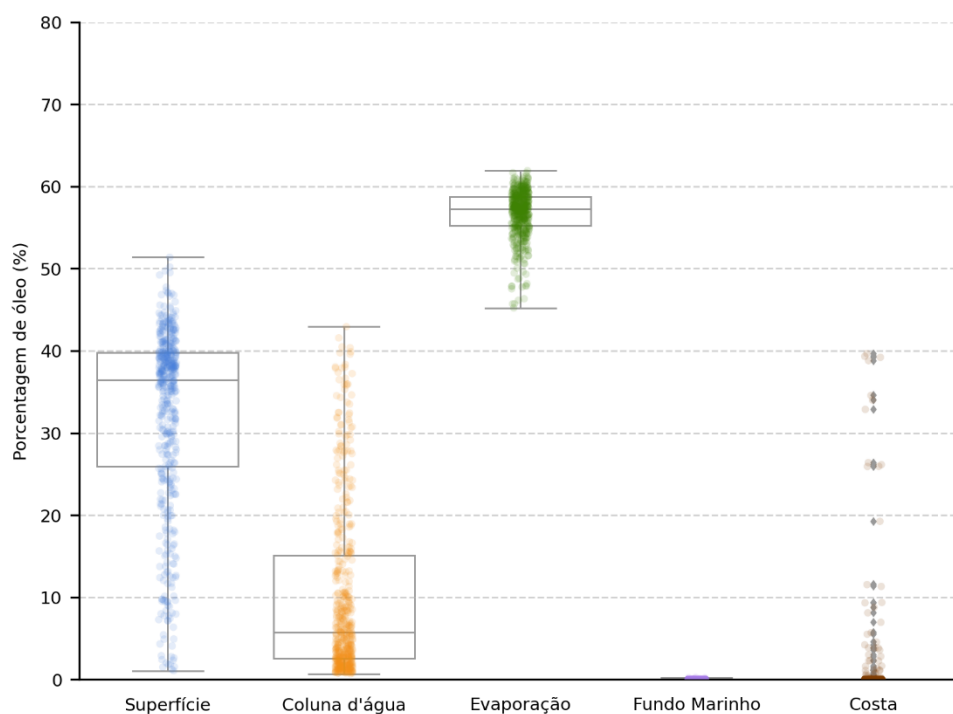


Figura 59: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (15.899 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 744 horas (31 dias).

Tabela 27: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento no campo de Frade, de pior caso (66.775 m³) no Período 2 (março a agosto). Simulação de 744 horas (31 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	1,1	0,7	45,2	-	-
Primeiro Quartil	25,9	2,5	55,2	-	-
Mediana	36,5	5,8	57,2	-	-
Terceiro Quartil	39,8	15,1	58,7	< 0.05	-
Máximo	51,4	42,9	61,9	0,2	39,7

5.1.2.3.3 Tabelas Comparativas

A seguir são apresentados os resultados de óleo nos municípios (Tabela 28) e unidades de conservação (Tabela 29) para os vazamentos de pior caso (15.899 m³) em ambos os cenários sazonais.

Tabela 28: Probabilidade de presença, tempo mínimo de chegada, massa máxima e extensão de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um vazamento de pior caso (15.899 m³) no campo de Frade, nos cenários de Período 1 e Período 2.

UF	Município	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)		Massa Máxima (t/km)		Extensão (Km)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
		1	2	1	2	1	2	1	2
ES	ARACRUZ	-	0,2	-	22,8	-	-	-	-
	FUNDÃO	-	0,2	-	23,3	-	1	-	3,5
	SERRA	-	0,4	-	20,1	-	10,3	-	28,3
	VITÓRIA	-	0,4	-	19,4	-	41	-	24,7
	VILA VELHA	-	0,4	-	21,1	-	15,8	-	21,2
	GUARAPARI	-	1,2	-	21,9	-	40,9	-	35,4
	ANCHIETA	-	1,2	-	23	-	40,9	-	24,7
	PIÚMA	-	0,8	-	25,1	-	17,1	-	10,6
	ITAPEMIRIM	-	1	-	25,8	-	29,2	-	17,7
	MARATAÍZES	-	1,2	-	23,5	-	41	-	31,8
	PRESIDENTE KENNEDY	-	1,2	-	22,3	-	41	-	21,2
RJ	SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	0,4	1,4	6	15,7	6,1	41	3,5	56,6
	SÃO JOÃO DA BARRA	0,6	2	5,6	13,9	40,7	40,9	35,4	56,6
	CAMPOS DOS GOYTACAZES	0,6	3,8	5,6	8,2	18,2	41,1	17,7	70,7
	QUISSAMÃ	0,8	3,8	6,2	8,2	-	40,9	-	81,3
	CARAPEBUS	-	1,2	-	20,9	-	40,8	-	21,2
	MACAÉ	-	2,6	-	15,7	-	40,8	-	17,7
	RIO DAS OSTRAS	-	0,8	-	22,4	-	16	-	17,7
	CABO FRIO	0,4	3,8	10,4	9,6	-	40,8	-	67,2
	CASIMIRO DE ABREU	-	0,2	-	29,6	-	40,7	-	10,6
	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	1,2	9	8,4	7,6	-	40,8	-	49,5
	SAQUAREMA	-	1,2	-	13,6	-	40,7	-	46
	ARRAIAL DO CABO	0,8	8,6	8,7	7,6	40,6	40,8	10,6	70,7
	ARARUAMA	-	1,8	-	13,5	-	40,6	-	17,7
	MARICÁ	-	1	-	14,4	-	39	-	60,1
	NITERÓI	-	0,8	-	18,1	-	8,4	-	10,6
	RIO DE JANEIRO	0,4	0,8	15,8	18,4	8,4	32,5	17,7	49,5



	ITAGUAÍ	0,6	0,4	16,3	29,6	13,4	5,9	17,7	7,1
	MANGARATIBA	0,6	0,4	20,9	29,9	12,5	2,1	21,2	7,1
	ANGRA DOS REIS	0,4	0,2	21,8	30,3	3,1	0,7	14,1	7,1
	PARATY	0,4	-	28,2	-	5,1	-	21,2	-
	UBATUBA	0,4	-	28,9	-	1,2	-	3,5	-
	SÃO SEBASTIÃO	0,2	1	30,9	24,1	-	40,6	-	7,1
	SANTOS	-	1,4	-	23,1	-	-	-	-
SP	ILHABELA	0,6	0,4	26,5	26,1	9,6	40,6	42,4	28,3
	ITANHAÉM	-	0,6	-	27,3	-	40,6	-	3,5
	ILHA COMPRIDA	0,2	-	29,5	-	0,8	-	3,5	-
	CANANÉIA	0,6	-	28,7	-	10,2	-	42,4	-
	GUARAQUEÇABA	0,6	-	28,7	-	12	-	46	-
	PARANAGUÁ	0,2	-	29,6	-	2,4	-	7,1	-
PR	PONTAL DO PARANÁ	0,2	-	30,7	-	2,6	-	7,1	-
	MATINHOS	0,2	-	30,6	-	2,2	-	3,5	-
	SÃO FRANCISCO DO SUL	0,2	-	29,1	-	-	-	-	-
	BALNEÁRIO BARRA DO SUL	0,2	-	29,2	-	-	-	-	-
	FLORIANÓPOLIS	0,2	-	29,9	-	1,7	-	10,6	-
SC	PAULO LOPES	0,6	-	29,8	-	-	-	-	-
	GAROPABA	0,6	-	30,5	-	-	-	-	-
	IMBITUBA	0,4	-	30,3	-	0,9	-	10,6	-
	LAGUNA	0,6	-	30,2	-	1,2	-	10,6	-
	JAGUARUNA	0,2	-	30,8	-	-	-	-	-

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para os municípios que não apresentaram massa acumulada na costa acima do limiar monitorado. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da costa. Como os valores apresentados são da superfície e da coluna d'água, não são apresentados valores de massa acumulada na costa e extensão.



Tabela 29: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas em um vazamento de pior caso (15.899 m³) no campo de Frade, nos cenários de Período 1 e Período 2.

Unidades de Conservação	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
RVS de Santa Cruz	-	0,2	-	22,8
APA Costa das Algas	0,4	0,4	15,5	19,3
APA da Lagoa Jacumém	-	0,2	-	21,2
APA de Praia Mole	-	0,4	-	20,1
Parque Atlântico	-	0,4	-	20,5
APA Baía das Tartarugas	-	0,4	-	20,2
APA da Ilha do Frade	-	0,2	-	22,1
APP Morro do Moreno	-	0,2	-	23
PNM de Jacarenema	-	0,2	-	22,1
APA da Lagoa Grande	-	0,2	-	23,1
APA de Três Ilhas	-	1,2	-	21,9
PE Paulo César Vinha	-	0,8	-	22,4
PM Morro da Pescaria	-	1,2	-	22,6
RDS Concha D'ostra	-	1,2	-	22
APA Tartarugas	-	1,2	-	23
ESEC Papagaio	-	0,2	-	29,2
RDS Papagaio	-	0,2	-	29,2
ANT Ilha do Meio, Ilha dos Cabritos E Ilha do Francês	-	1	-	25,1
ANT Ilha do Gambá	-	0,8	-	25,1
RPPN Yara Brunini	-	1	-	25,7
APA de Guanandy	-	1	-	25,8
MN Falésias de Marataízes	-	1,2	-	23,5
ESEC de Guanandi	-	1	-	26,8
ANT Foz do Rio Paraíba	0,4	1,2	6	26,5
APA da Cehab	0,4	0,8	6	27,4
RPPN Fazenda Caruara	0,4	1,6	6,1	16
APA de Iquipari	0,6	2	5,6	14,8
PE da Lagoa do Açú	0,8	3,4	5,6	8,1
APA do Lagamar	0,2	3,4	6,8	8,1
PARNA Restinga de Jurubatiba	-	2,6	-	12
PNM da Restinga do Barreto	-	1,6	-	17,8
APA do Arquipélago de Santana	-	5,8	-	9
PNM Estuário do Rio Macaé	-	1,2	-	18,9
RPPN Sítio Shangrilah	-	1,4	-	17,9
RPPN Fazenda Barra do Sana	-	1,4	-	17,9
RPPN Sítio Sumidouro e Sítio Peito de Pomba	-	1,4	-	17,9
APA do Morro de Santana	-	1,4	-	17,9
PNM do Arquipélago de Santana	-	3,4	-	15,5



PNM da Praia do Pecado	-	1,4	-	18,6
ARIE de Itapebussus/PN Itapebussus	-	1,4	-	20,7
APA da Lagoa do Iriry	-	0,4	-	22,4
MN dos Costões Rochosos de Rio das Ostras	-	1	-	22,2
APA da Bacia do Rio São João (Mico Leão)	-	0,2	-	29,6
ARIE Baía de Guanabara	-	0,4	-	25,2
APA Marinha da Armação de Búzios	0,6	9,8	10,2	7,5
PM Mata do Rio São João	-	1,4	-	22,2
PARNA da Serra da Bocaina	0,4	-	29,9	-
PE da Costa do Sol	1,2	10,6	8,4	7,3
PNM dos Corais de Armação dos Búzios	-	5,6	-	14,9
APA da Praia da Azeda e Azedinha	-	5,6	-	17,6
PM da Lagoinha	-	3,6	-	9,7
APA do Pau Brasil	0,6	6	8,7	7,8
PM da Lagoa de Geribá	-	2	-	11,8
PM da Boca da Barra	-	2,6	-	12
PM Dormitório das Garças	-	0,4	-	28,7
PM da Gamboa	-	0,4	-	28,7
PM das Dunas	-	0,4	-	28,7
PM da Praia do Forte	-	0,4	-	28,7
PNM Mico-Leão-Dourado	-	0,4	-	28,7
ANT Dunas de Cabo Frio e Arraial do Cabo	-	2,2	-	11,5
PNM de Niterói	-	0,8	-	18,5
APA de Massambaba	-	2	-	12,9
REBIO Guaratiba	-	2	-	12,9
RESEC de Massambaba	-	2	-	12,9
RESEX Marinha Arraial do Cabo	2,6	14,2	7,9	7,5
PM da Praia do Forno	-	2,4	-	11,4
RVS Serras de Maricá (Revissermar)	-	0,4	-	15,8
APA Serras de Maricá (Apasermar)	-	0,4	-	14,4
MN dos Morros do Pão de Açúcar e Urca	-	0,4	-	25,2
APA Paisagem Carioca	-	0,4	-	25,2
APA de Maricá	-	0,6	-	18,1
ARIE Baía de Sepetiba	0,8	0,4	16,3	29,7
PE da Serra da Tiririca	-	0,8	-	18,1
RESEX Marinha de Itaipu	0,2	0,8	18,4	17,7
APA dos Morros da Babilônia e de São João	-	0,4	-	25,2
PNM Paisagem Carioca	-	0,4	-	25,2
MN Praia do Sossego	-	0,8	-	18,5
APA do Morro do Leme	-	0,4	-	25,2
APA do Morro da Saudade	-	0,4	-	25,6
APA da Orla Marítima das Praias de Copacabana/Ipanema/Leblon/São Conrado e Barra da Tijuca	0,2	0,4	19,8	25,3



RESEC da Ilha do Cabo Frio	0,8	8,6	8,7	7,6
APA das Pontas de Copacabana e Arpoador e seus Entornos	-	0,4	-	25,6
APA Marinha Boto-Cinza	0,8	0,4	19,6	29,6
PNM da Cidade	-	0,4	-	25,2
ARIE de São Conrado	-	0,4	-	25,2
PNM Penhasco Dois Irmãos - Arquiteto Sérgio Bernardes	-	0,4	-	25,2
APA das Brisas	-	0,2	-	30,7
REBIO Guaratiba	0,4	0,2	17	26,8
PN da Tijuca	-	0,4	-	25,7
APA de Mangaratiba	0,6	0,2	21,9	30,9
APA do PNM de Marapendi	0,2	0,4	19,8	26
PNM de Marapendi	0,2	0,4	19,8	26,2
PNM Barra da Tijuca	0,2	0,4	19,8	26,2
APA da Prainha	0,6	0,8	19	25,8
APA de Grumari	0,6	1	15,8	24,8
PNM Chico Mendes	0,6	0,4	19	25,9
MN das Ilhas Cagarras	0,4	0,8	17,3	18,4
APA da Paisagem e do Areal da Praia do Pontal	0,6	0,4	19	25,9
PNM da Prainha	0,6	0,8	19	25,8
PE da Pedra Branca	0,4	0,8	15,8	25,8
APA da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	0,4	1	15,8	25,8
PNM de Grumari	0,4	1	15,8	25,8
APA de Tamoios	1	0,2	21,8	30,3
PE da Ilha Grande	0,8	0,2	21,8	30,3
APA Baía de Paraty, Paraty Mirim e Saco do Mamanguá	0,2	-	30,8	-
ESEC de Tamoios	0,2	-	30,8	-
APA de Cairuçu	0,4	-	28,2	-
RDS do Aventureiro	0,4	0,2	28,7	30,9
REBIO da Praia do Sul	0,4	-	28,7	-
PE da Serra do Mar	0,4	-	29,9	-
RESEC da Juatinga	0,4	-	28,2	-
APA Marinha do Litoral Norte	1,8	1,4	20,1	24
ESEC Tupinambás	0,4	1	28,9	24
PE da Ilha Anchieta	0,4	-	30	-
PE de Ilhabela	1	0,8	24,3	26
APA Marinha do Litoral Centro	1,2	1,6	23,4	22,7
RVS do Arquipélago de Alcatrazes	0,8	1	25,9	22,9
PE Marinho da Laje de Santos	-	1,4	-	23,1
ARIE Ilhas Queimada Grande e Queimada Pequena	-	0,6	-	27,3
APA Marinha do Litoral Sul	2,4	-	24,8	-
APA Ilha Comprida	0,4	-	29,5	-
ARIE da Ilha Comprida	0,2	-	29,5	-



PE Lagamar de Cananeia	0,8	-	28,8	-
APA de Cananéia-Iguapé-Peruíbe	0,2	-	30,5	-
PE da Ilha do Cardoso	0,8	-	28,7	-
ESEC dos Tupiniquins	1	-	27	-
RESEX Ilha do Tumba	0,4	-	28,7	-
APA de Guaraqueçaba	0,8	-	28,7	-
PARNA do Superagui	0,8	-	28,7	-
ESEC da Ilha do Mel	0,4	-	30,1	-
PE da Ilha do Mel	0,2	-	30,1	-
PNM do Rio Perequê	0,2	-	30,5	-
PARNA Marinho das Ilhas dos Currais	0,8	-	29	-
PE Acaraí	0,2	-	29,1	-
REBIO Marinha do Arvoredo	0,6	-	29,1	-
AT Dunas dos Ingleses	0,4	-	30,4	-
AT Dunas do Santinho	0,2	-	30,5	-
PNM Lagoa do Jacaré das Dunas do Santinho	0,2	-	30,5	-
RPPN Morro das Aranhas	0,4	-	30,4	-
PE do Rio Vermelho	0,4	-	30,4	-
MN da Galheta	0,4	-	30,4	-
PNM da Galheta	0,4	-	30,4	-
PNM das Dunas da Lagoa da Conceição	0,2	-	30,9	-
AT da Lagoinha Pequena	0,2	-	30,7	-
AT Dunas do Campeche	0,2	-	30,5	-
AT da Lagoa da Chica	0,2	-	30,5	-
APA da Baleia Franca	0,6	-	29,2	-
PNM da Lagoinha do Leste	0,2	-	30,9	-
PE DA SERRA DO TABULEIRO	0,6	-	29,5	-
REBIO Praia do Rosa	0,2	-	30,4	-

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para as UCs que não apresentaram probabilidade de chegada de óleo. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da UC.



5.1.2.4 Resumo dos Resultados Probabilísticos

Tabela 30: Resumo dos Resultados Probabilísticos para o ponto de risco no campo de Frade.

Cenário		COM Probabilidade de Chegada na Costa			SEM Probabilidade de Chegada na Costa			
		Tempo mínimo para atingir a costa (dias)	Porcentagem de simulações com toque de óleo (%)	Extensão total de toque na costa (km)	Menor distância em relação à costa		Menor distância em relação às UCs	
					Distância (km)	Localidade	Distância (km)	UC
8 m³	Período 1	-	-	-	61,5	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	61,5	PE da Costa do Sol
	Período 2	-	-	-	45,7	CAMPOS DOS GOYTACAZES	37,2	RESEX Marinha Arraial do Cabo
200 m³	Período 1	-	-	-	4,3	ANGRA DOS REIS	-	-
	Período 2	8,2	6,8	147,1	-	-	-	-
15.899 m³	Período 1	5,6	4,6	300,5	-	-	-	-
	Período 2	7,6	12,8	873,3	-	-	-	-

O cenário que apresentou o menor tempo de chegada de óleo na costa foi o de pior caso (15.899 m³), no Período 1, de 5,6 dias. Em relação a porcentagem de simulações com toque de óleo na costa, o máximo observado foi de 12,8% no cenário de pior caso no Período 2. No cenário de pior caso - Período 2, também foi observada a maior extensão com probabilidade de chegada de óleo na costa (873,3 km). Nos cenários de 8 m³ e 200m³ que não houve probabilidade de toque de óleo na costa, a menor distância foi de 4,3 km relativa ao município de Angra dos Reis-RJ o cenário de 200 m³ - Período 1, a menor distância até UC foi de 37,2 km referente a RESEX Marinha Arraial do Cabo no cenário de 8 m³ Período 2. Em relação à porcentagem de simulações com toque de óleo, o máximo observado refere-se à porcentagem de simulações em que chega óleo na costa independente da localidade, diferente da tabela comparativa de municípios (Tabela 28), na qual os valores se referem à porcentagem em cada ponto de grade na costa.

5.1.3 Integração dos Resultados

A seguir serão apresentados os resultados do modo probabilístico integrados para os vazamentos de 71.544 m³ e de 15.899m³ de óleo cru a partir dos pontos de risco nos campos de Frade e Wahoo (V1 e V2), Bacia de Campos, para os dois cenários sazonais definidos, Período 1 (setembro a fevereiro) e Período 2 (março a agosto).

O óleo deriva preferencialmente para sudoeste do ponto de vazamento, como visto para cada ponto separadamente, seguindo a orientação preferencial da Corrente do Brasil (CB). No entanto, também se observa probabilidade de deriva do óleo para sul e sudeste devido à ocorrência de correntes nesta direção na região dos pontos de vazamento, em função das atividades de mesoescala associadas ao sistema da Corrente do Brasil. Isto ocorre principalmente no Período 1, onde correntes para SSE são mais frequentes.

Ao final das simulações, o óleo se espalhou mais extensamente no cenário de vazamento no campo de Wahoo em superfície, alcançando até 2.243 km no período 1 e 2.050 km no período 2. Ao analisar a faixa de probabilidade entre 30 e 40%, nota-se que as maiores extensões também foram registradas no vazamento no campo de Wahoo, onde o óleo se estendeu por 1.842 km no Período 1 e 1.330 km no Período 2. Entretanto, no cenário de vazamento no campo de Frade, o óleo em superfície alcançou maiores áreas nos primeiros 3 dias de simulação (72h), atingindo uma distância máxima do ponto de vazamento de 286 km no Período 1 e 239 km no Período 2.

Na coluna d'água, a área com probabilidade de presença de óleo é similar à observada em superfície. O óleo pode alcançar até 2.013 km do ponto de vazamento no Período 1 e até 1.957 km no Período 2. Em ambos os períodos é observado maior espalhamento horizontal em profundidades mais próximas ao ponto de vazamento de fundo e nas camadas mais superficiais. Tendo essas regiões com maiores probabilidades à medida em que se aproxima dos respectivos pontos de vazamento. Em relação as concentrações, é possível observar valores de até cerca de 4.474 ppb no Período 1 e de até 5.673 ppb, ambos próximos ao local do vazamento, em camadas mais superficiais. Nota-se a presença de óleo acima do limiar em toda a coluna d'água. Na superfície se observa maiores valores (> 500ppb) entre as longitudes de 44°W e 39°W até 100 m de profundidade. Já em camadas mais profundas, as maiores concentrações (>500ppb) são verificadas entre os 1000 e 1300 m de profundidade, com espalhamento horizontal variando entre o ponto de vazamento e a longitude de 39°W.

No fundo marinho, são observadas probabilidades de presença de óleo em regiões com profundidades menores que 2000 metros. Há um máximo de 99,8% no Período 1 e no Período 2, ambos em região de menos 1000 metros de profundidade próximas ao ponto de vazamento do campo de Wahoo a aproximadamente 115 km da costa. No Período 2 observa-se uma área de probabilidade maior que o Período 1.

No Período 1, há probabilidade de chegada de óleo na costa em 92 municípios no Período 1, entre Linhares-ES e Santa Vitória do Palmar - RS, e em 56 municípios no Período 2, entre Mucuri-BA e Balneário Barra do Sul-SC. A maior probabilidade é observada em Florianópolis-SC (52,9 %), no

Período 1, e em Arraial do Cabo – RJ (47,3%) no Período 2. O menor tempo de chegada óleo na costa foi observado em Guarapari-ES no período 1 (4,9 dias) e em Linhares-ES (7,4 dias) no Período 2.

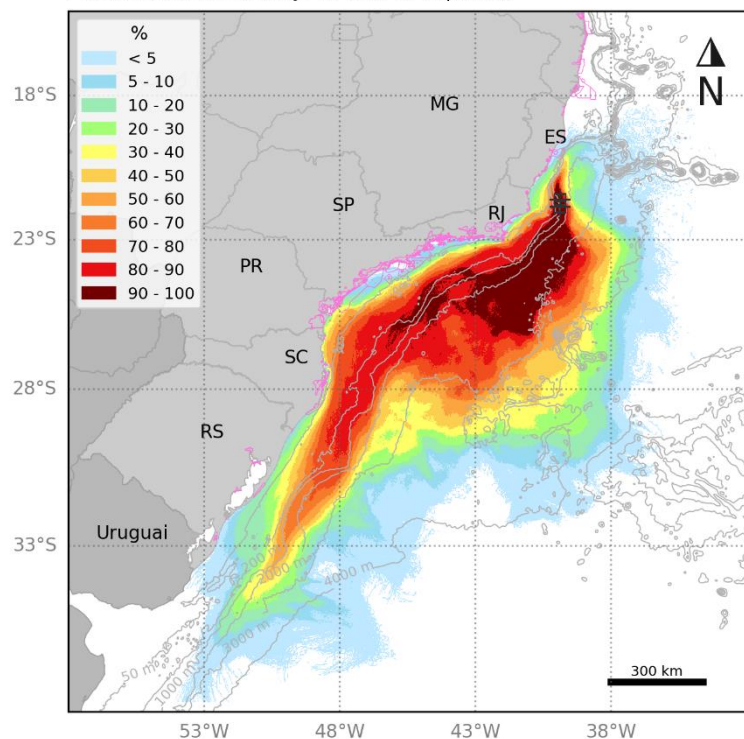
Para as UCs, há probabilidade de chegada de óleo em 174 unidades no Período 1 e 169 UCs no Período 2. No Período 1, a maior probabilidade foi de 55,9% na REBIO Marinha do Arvoredo e no Período 2 a maior probabilidade foi de 70,7% na RESEX Marinha Arraial do Cabo. O menor tempo de chegada de óleo no período 1 ocorreu na APA de Três Ilhas (4,3 dias) e no período 2 ocorreu na APA Costa das Algas (5,8 dias).

Em relação aos processos intempéricos atuantes ao longo dos 60 dias de simulação, observa-se que o principal processo foi a evaporação (mediana em torno de 44%), seguida pela dispersão na coluna d'água (mediana entre 34-41%). O óleo remanescente em superfície ao final das simulações apresentou mediana entre 16-21%. No Período 1, uma porcentagem máxima de 1,2% ficou no fundo marinho e o máximo na costa foi de 8,3%. No Período 2, a porcentagem máxima de 4,1% ficou no fundo marinho e o máximo de 39,7% ficou na costa. Como mencionado anteriormente no item 3, para resultados mais conservadores, a biodegradação foi desligada na simulação.



5.1.3.1 Período 1

MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | Integração V1 e V2 | Período 1
Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | Integração V1 e V2 | Período 1
Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

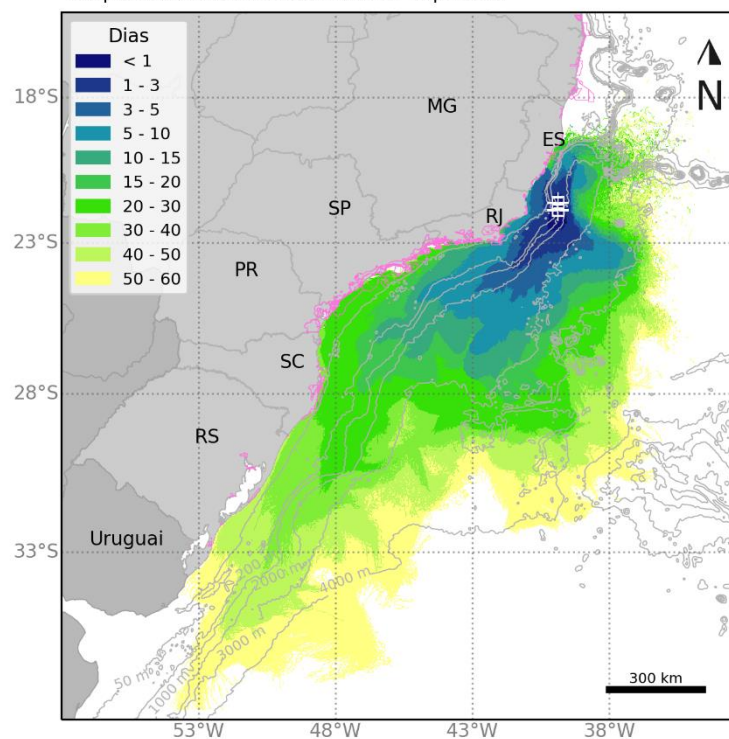


Figura 60: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

[Assinatura]

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | Integração V1 e V2 | Período 1

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

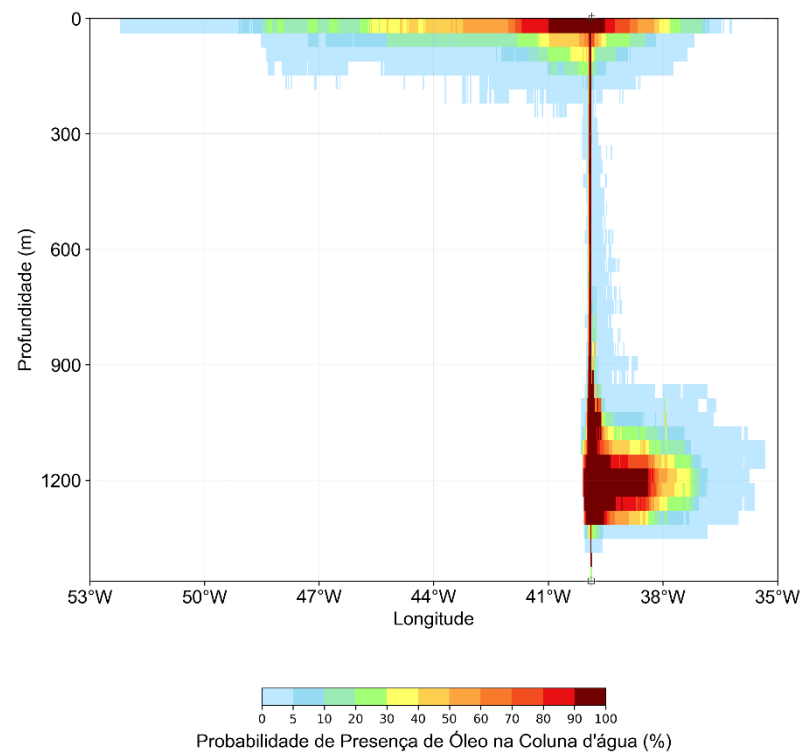
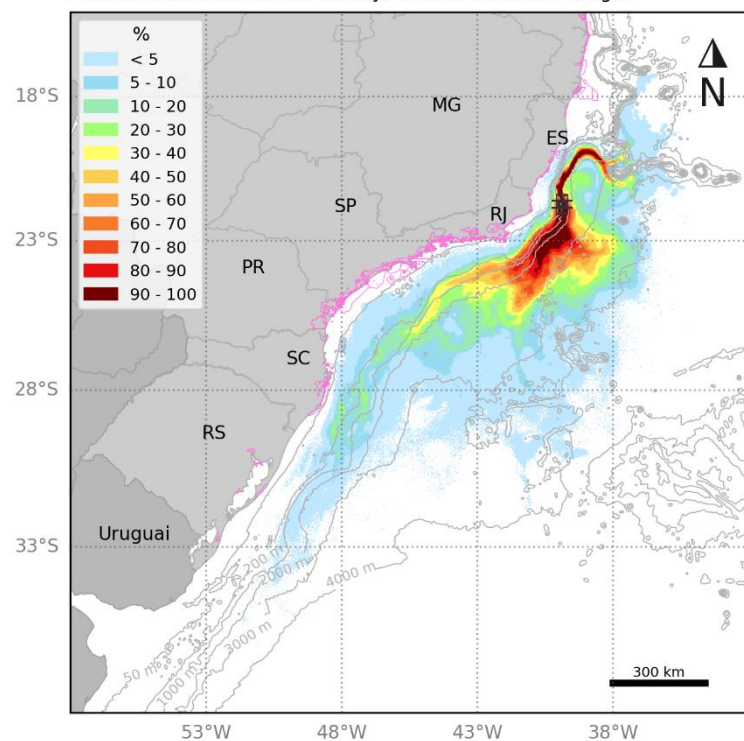


Figura 61: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água e perfil vertical em latitude para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

[Assinatura]

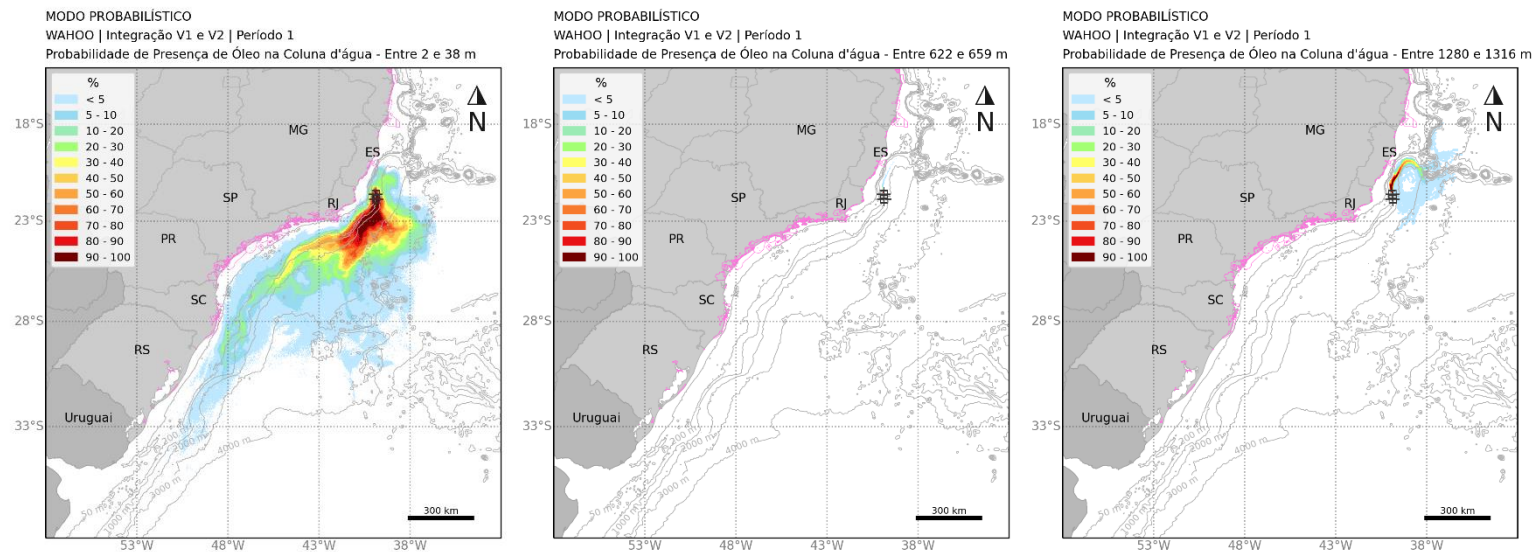


Figura 62: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo para diferentes profundidades na coluna d'água para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

[Handwritten signature]

MODO PROBABILÍSTICO

WAH00 | Integração V1 e V2 | Período 1

Concentração Máxima de Óleo na Coluna d'água

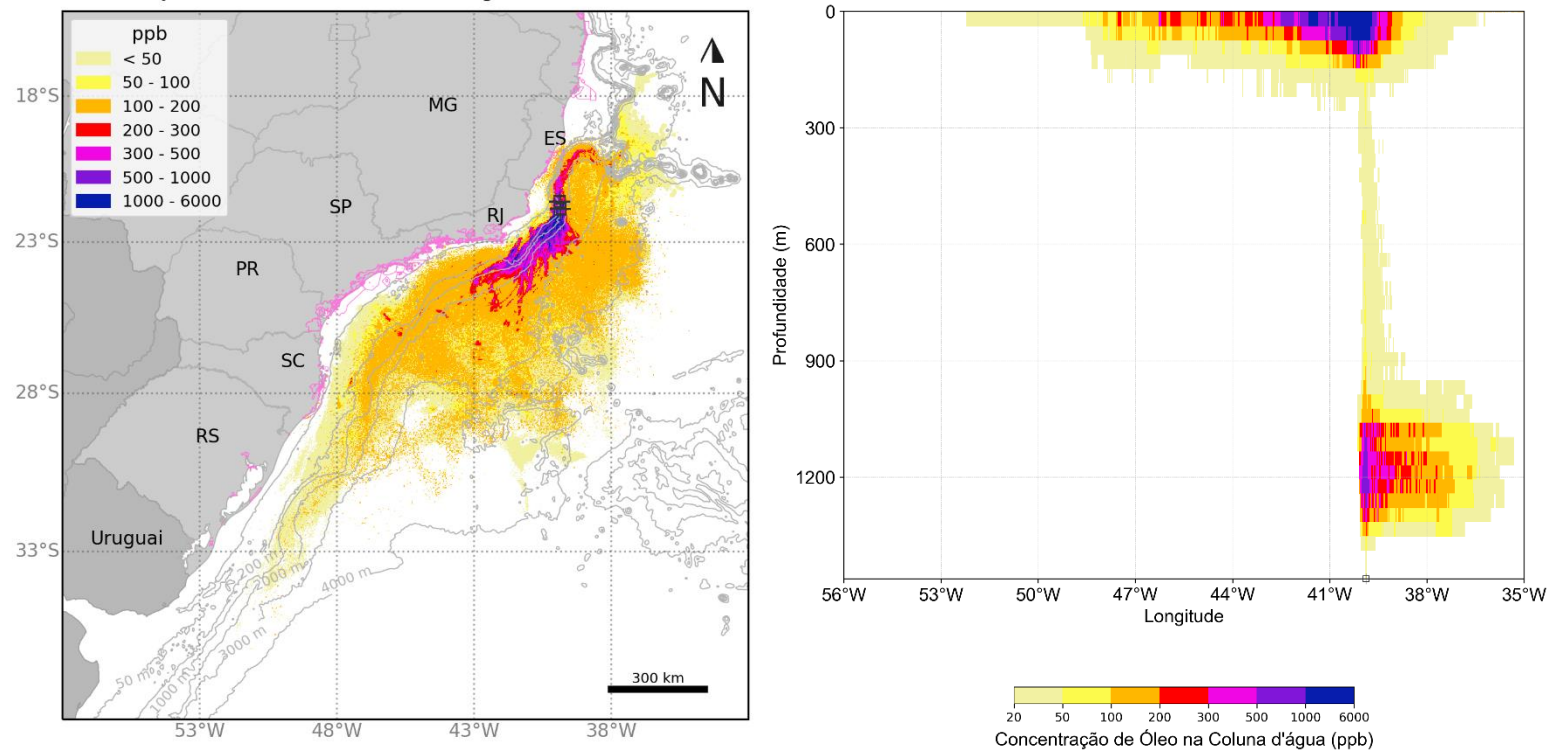
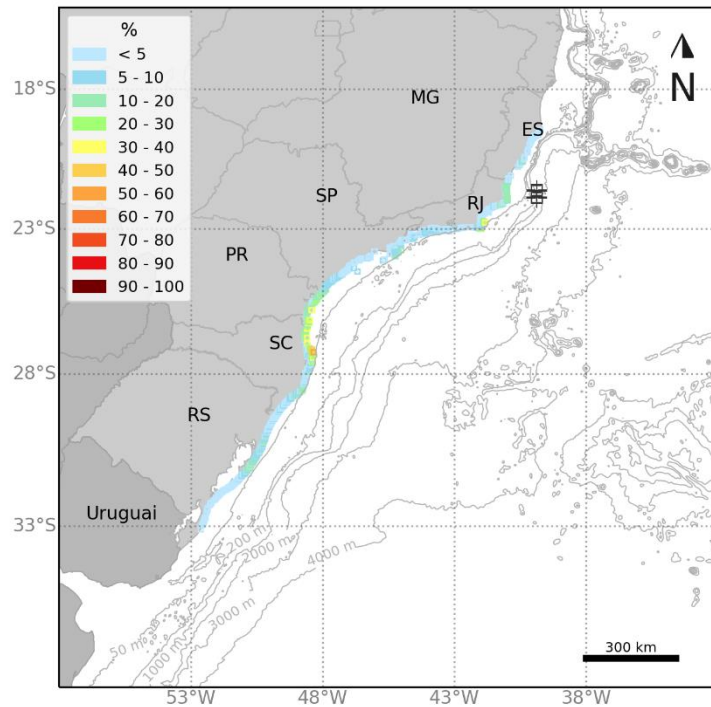


Figura 63: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água e perfil vertical em latitude para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

[Handwritten signature]

MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | Integração V1 e V2 | Período 1
Probabilidade de Presença de Óleo na Costa



MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | Integração V1 e V2 | Período 1
Probabilidade de Presença de Óleo no Fundo Marinho

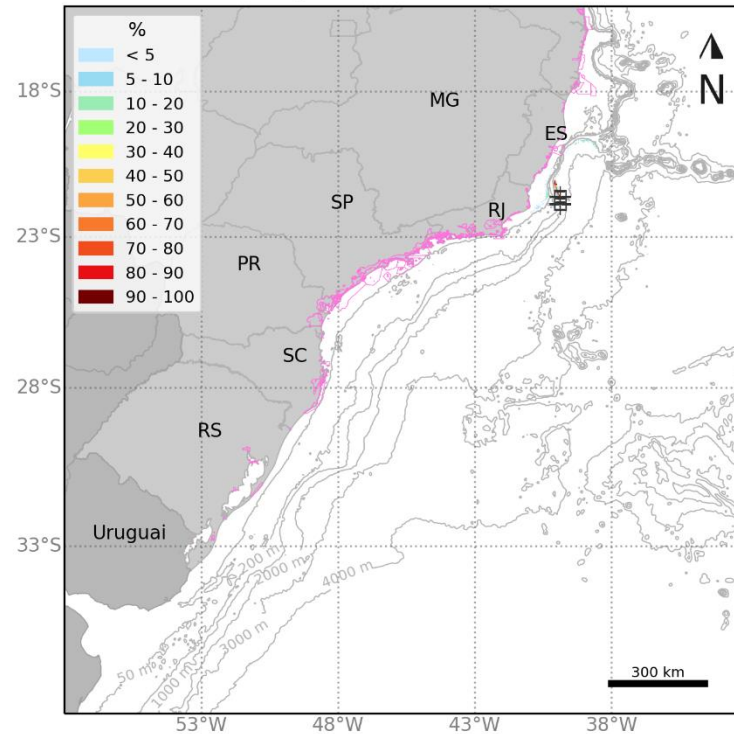


Figura 64: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho e na costa para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

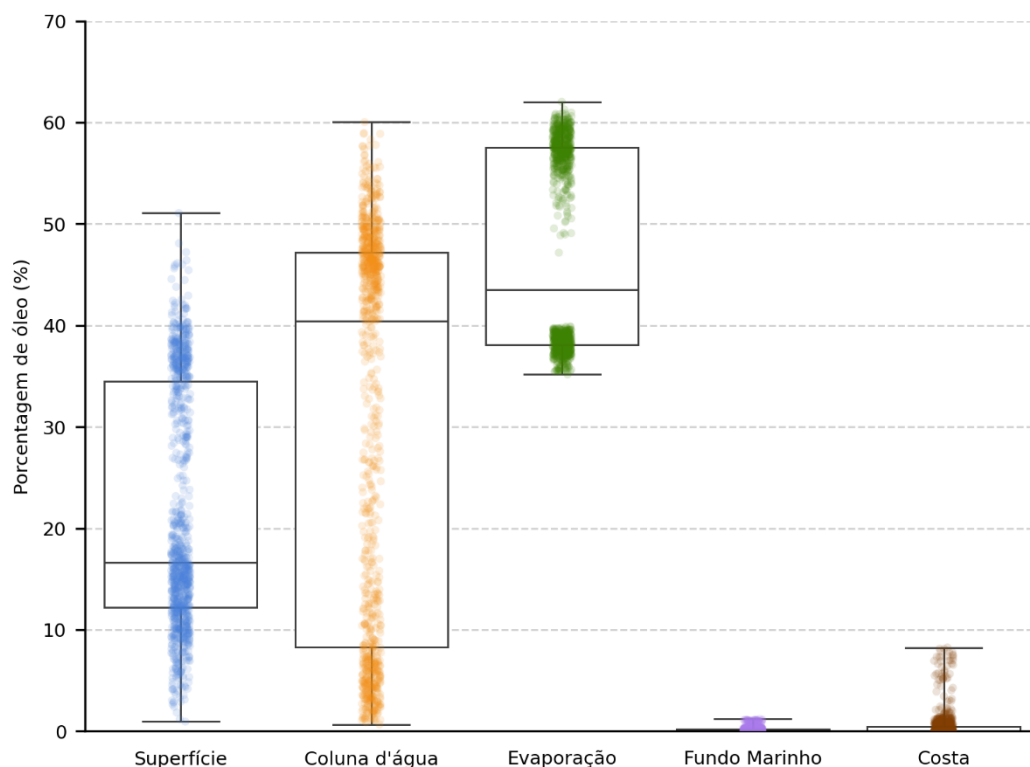


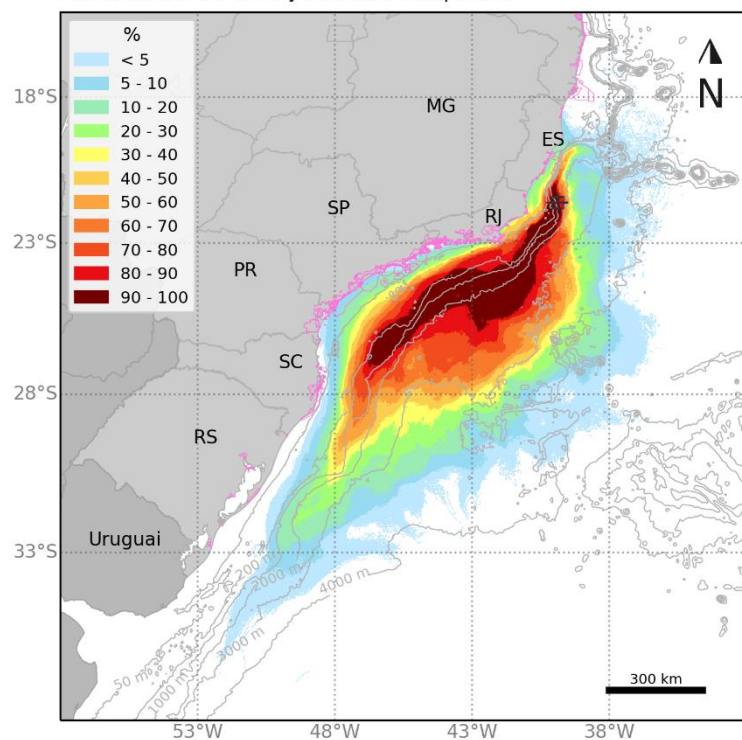
Figura 65: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Tabela 31: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 1 (setembro a fevereiro). Simulação de 1440 horas (60 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	0,9	0,7	35,2	-	-
Primeiro Quartil	12,2	8,3	38,1	-	-
Mediana	16,6	40,4	43,5	< 0.05	-
Terceiro Quartil	34,5	47,2	57,5	0,2	0,5
Máximo	51,1	60	62	1,2	8,3

5.1.3.2 Período 2

MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | INTEGRAÇÃO | Período 2
Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície



MODO PROBABILÍSTICO
WAHOO | INTEGRAÇÃO | Período 2
Tempo Mínimo de Deslocamento na Superfície

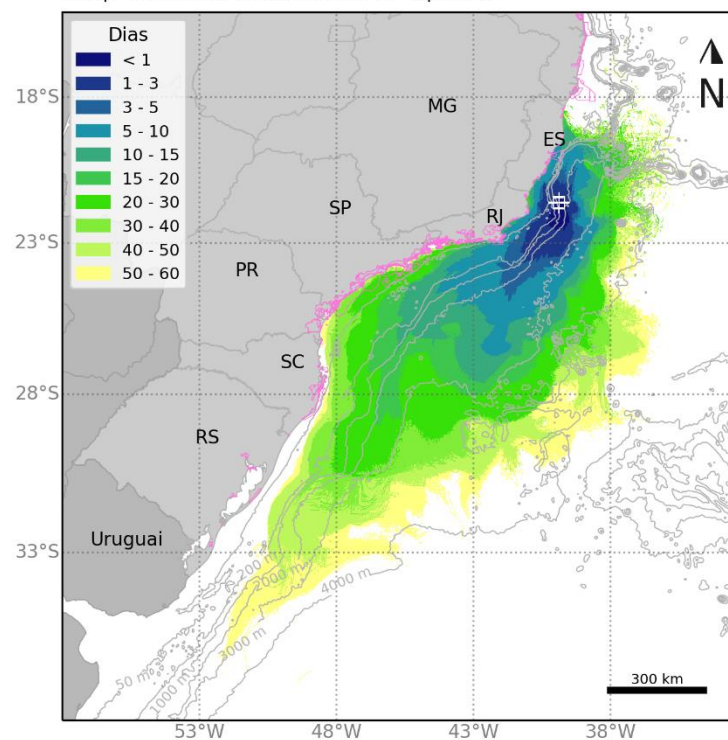


Figura 66: Mapa de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada de óleo em superfície para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1440 horas (60 dias).

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | INTEGRAÇÃO | Período 2

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Coluna d'água

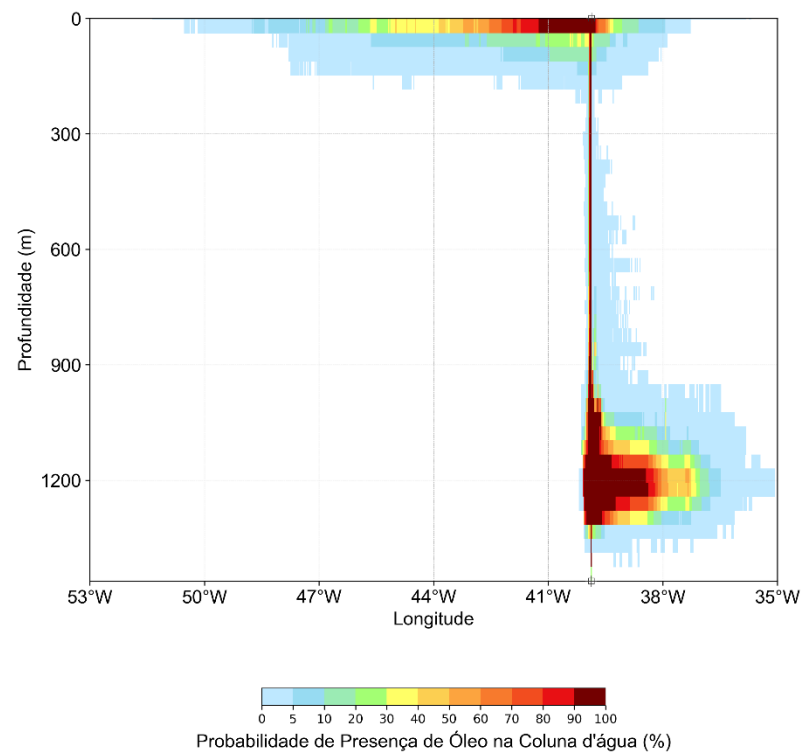
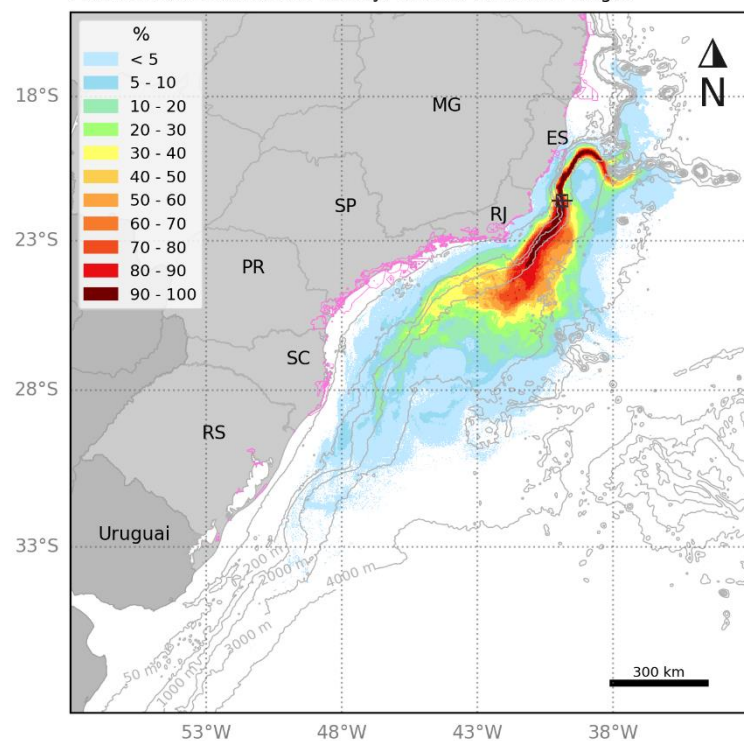


Figura 67: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água e perfil vertical em latitude para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1440 horas (60 dias).

[Assinatura]

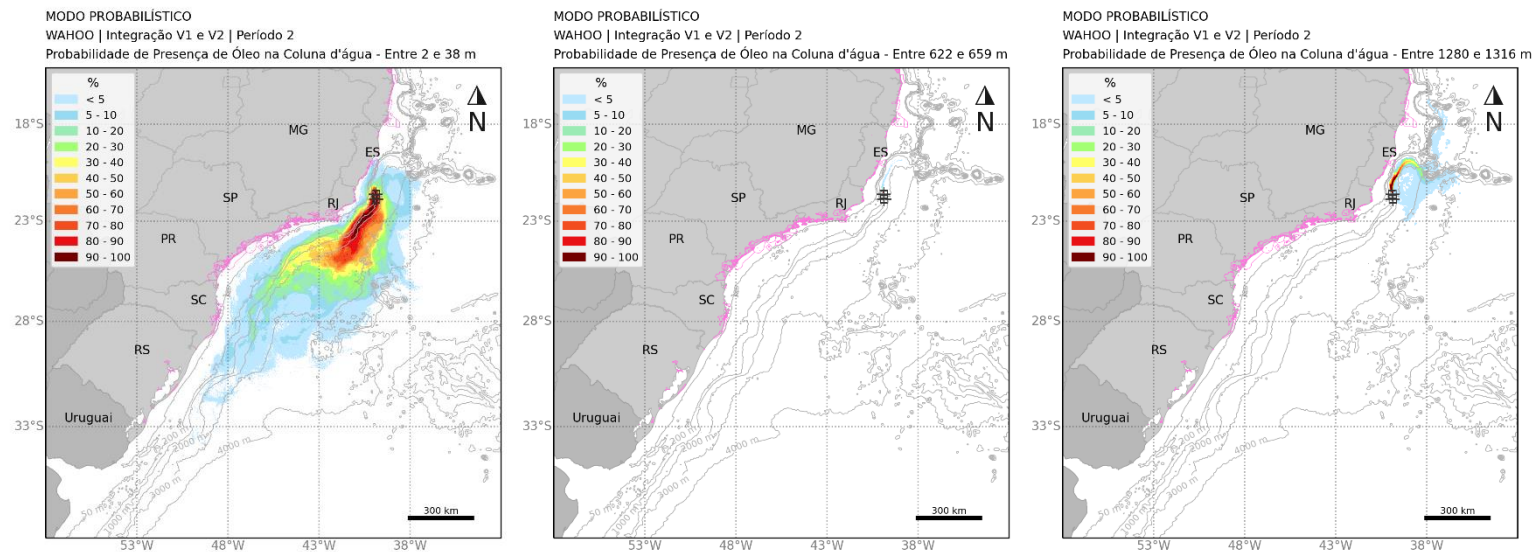


Figura 68: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo para diferentes profundidades na coluna d'água para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1440 horas (60 dias).

[Handwritten signature]

MODO PROBABILÍSTICO

WAHOO | Integração V1 e V2 | Período 2

Concentração Máxima de Óleo na Coluna d'água

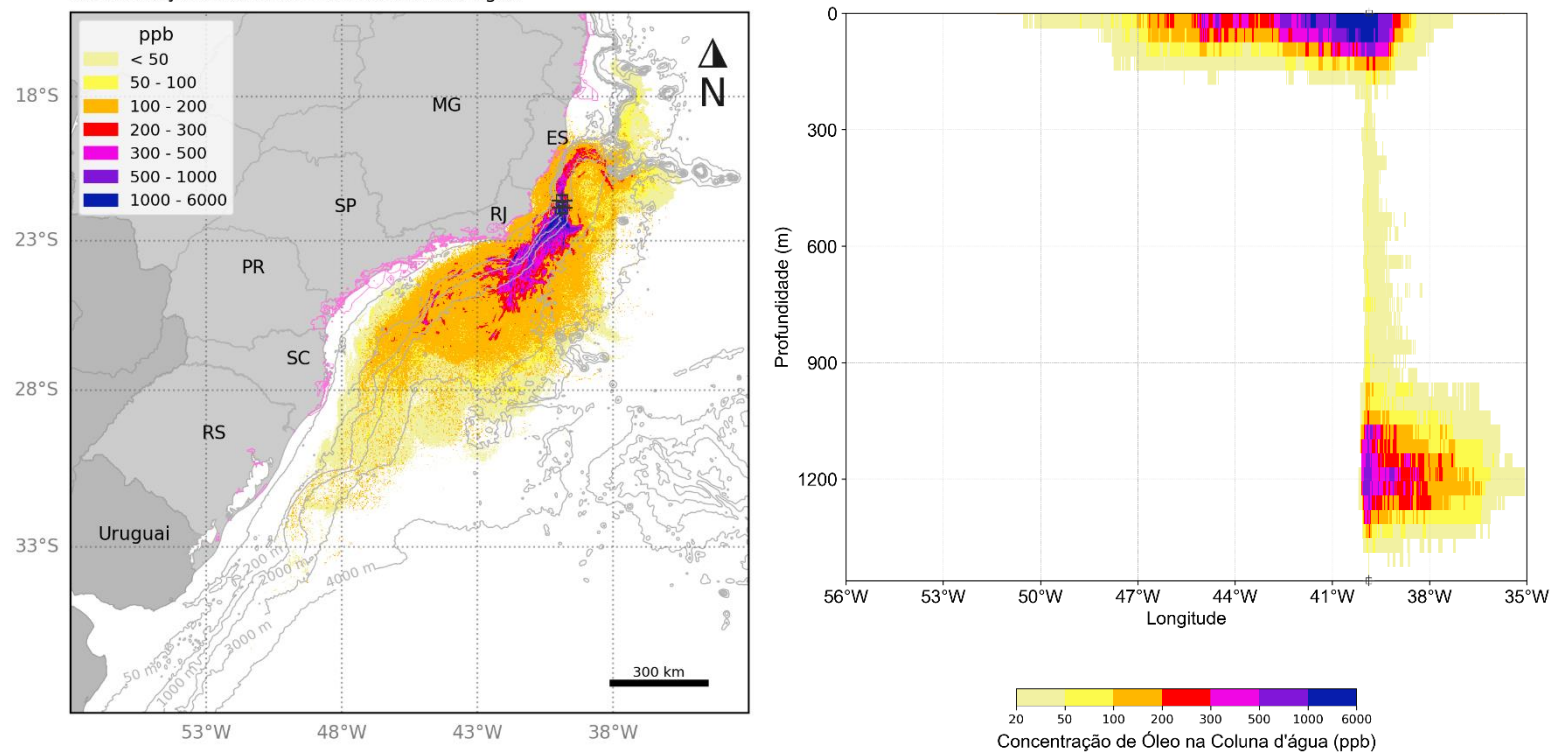


Figura 69: Mapa de concentração máxima de óleo na coluna d'água e perfil vertical em latitude para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1440 horas (60 dias).

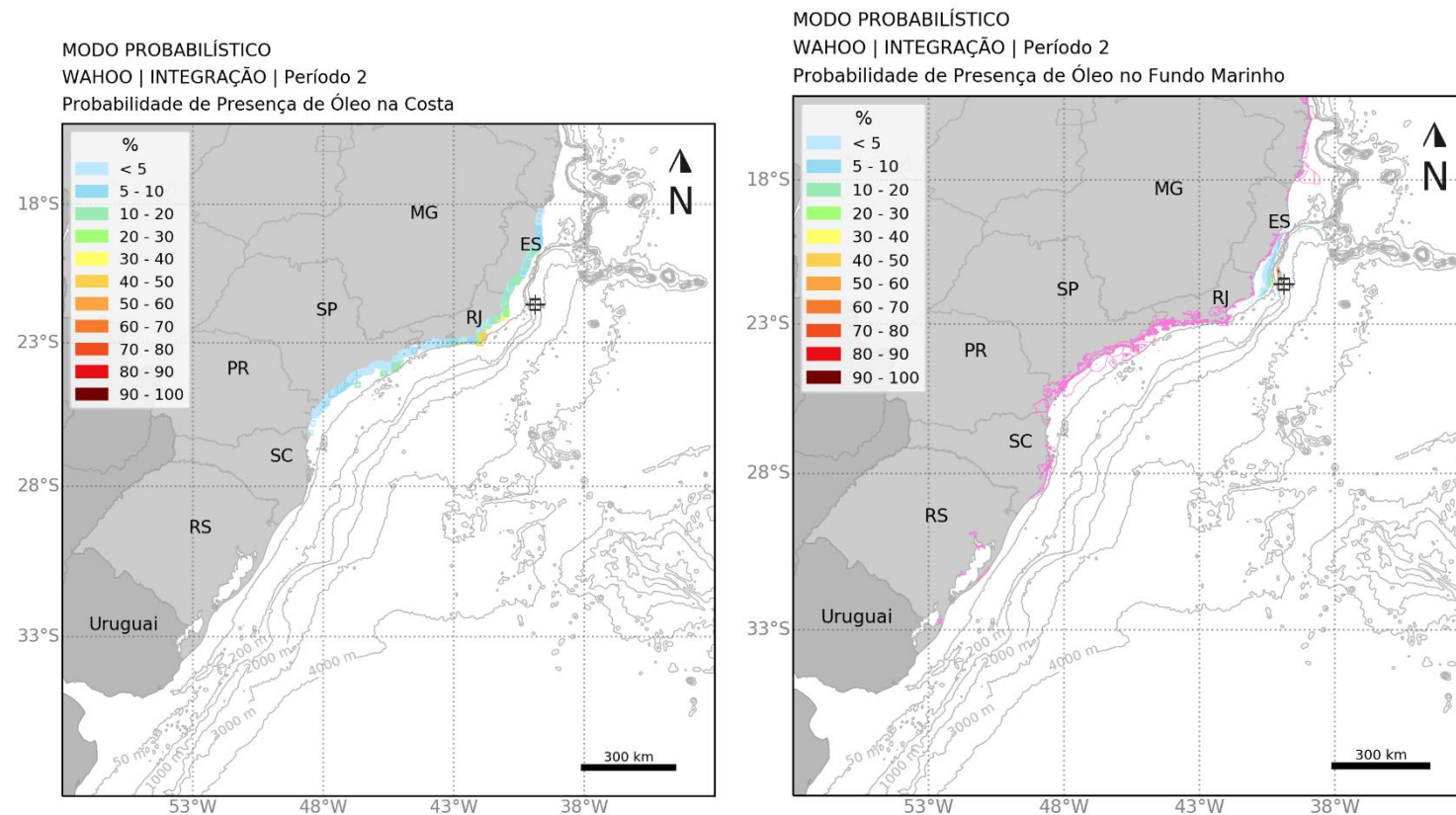


Figura 70: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho e na costa para o vazamento de pior caso (71.544m^3 e 15.899m^3) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1440 horas (60 dias).

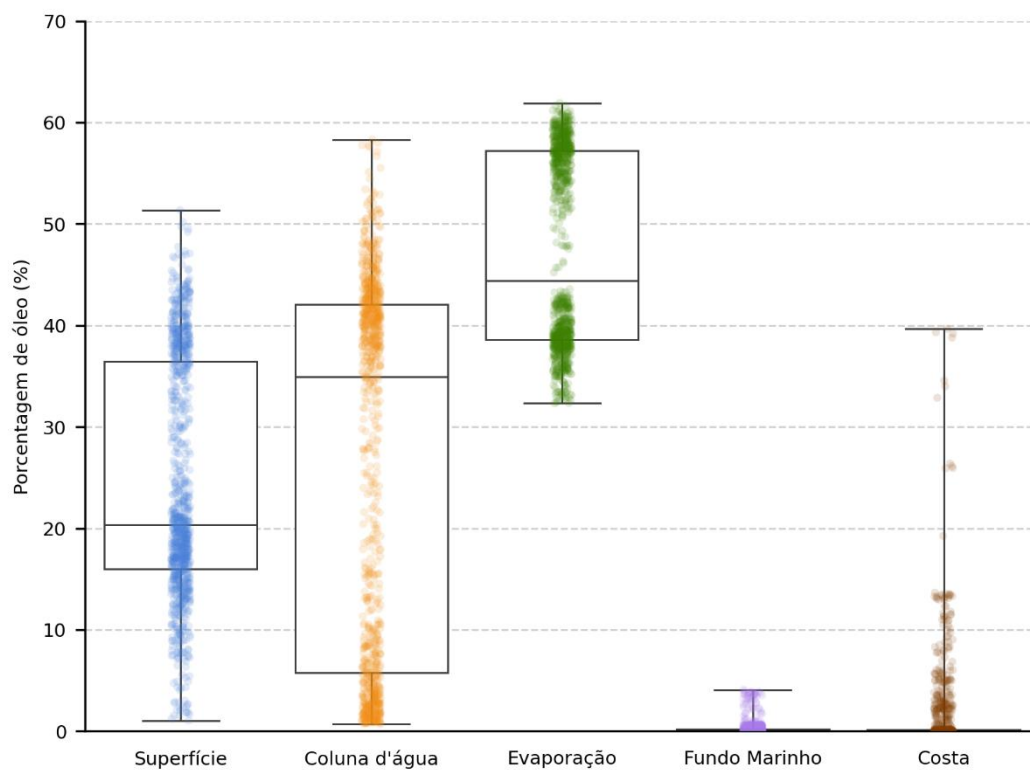


Figura 71: Balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento de pior caso (71.544m³ e 15.899 m³) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1440 horas (60 dias).

Tabela 32: Tabela de balanço de massa final das simulações probabilísticas para o vazamento de pior caso (71.544m³ e 15.899 m³) para a integração dos pontos V1 e V2 no Período 2 (março a agosto). Simulação de 1440 horas (60 dias).

	Superfície	Coluna d'água	Evaporação	Fundo Marinho	Costa
Mínimo	1,1	0,7	32,3	-	-
Primeiro Quartil	16	5,8	38,6	-	-
Mediana	20,4	34,9	44,4	< 0.05	-
Terceiro Quartil	36,5	42,1	57,2	0,2	0,2
Máximo	51,4	58,3	61,9	4,1	39,7

5.1.3.3 Tabelas Comparativas

A seguir são apresentados os resultados de óleo nos municípios (Tabela 33) e unidades de conservação (Tabela 34) para os vazamentos de pior caso nos pontos V1 e V2 em ambos os cenários sazonais.

Tabela 33: Probabilidade de presença, tempo mínimo de chegada, massa máxima e extensão de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos para o vazamento de pior caso (71.544m³ e 15.899 m³) para a integração dos pontos V1 e V2.

UF	Município	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)		Massa Máxima (t/km)		Extensão (Km)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
ES	MUCURI	-	0,2	-	35,8	-	-	-	3,5
	CONCEIÇÃO DA BARRA	-	8,6	-	16,8	-	-	-	28,3
	SÃO MATEUS	-	8,8	-	14,9	-	-	-	70,7
	LINHARES	1,2	12,2	12,5	7,4	1,2	-	35,4	106,1
	ARACRUZ	1	13	17,4	7,6	1,2	-	38,9	81,3
	FUNDÃO	0,2	11	21,5	11	0,6	-	7,1	14,1
	SERRA	0,2	12,4	23,6	9,9	0,6	-	7,1	31,8
	VITÓRIA	0,8	12,2	21,7	9,9	0,6	-	7,1	28,3
	VILA VELHA	0,8	10,8	13,6	11,5	0,7	-	7,1	42,4
	GUARAPARI	14,8	20,4	4,9	8,1	4,1	-	24,7	42,4
	ANCHIETA	0,2	13	37,2	8,3	0,5	-	3,5	24,7
	PIÚMA	-	10,4	-	15,1	-	-	-	10,6
	ITAPEMIRIM	-	11,6	-	15,6	-	-	-	21,2
	MARATAÍZES	0,6	14,2	16,1	13,9	0,7	-	3,5	38,9
	PRESIDENTE KENNEDY	16,4	12,8	6,2	14,7	8,7	-	14,1	21,2
RJ	SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	17	16,8	5,4	15,7	33,2	-	46	63,6
	SÃO JOÃO DA BARRA	17	22	5,3	13,9	40,7	-	49,5	56,6
	CAMPOS DOS GOYTACAZES	17	36,9	5,4	7,9	18,2	-	28,3	70,7
	QUISSAMÃ	12,2	39,9	6,6	7,9	2,5	-	38,9	81,3
	CARAPEBUS	0,8	8,8	17,6	20,9	0,6	-	10,6	21,2
	MACAÉ	4,2	33,1	11,4	12,6	2,5	-	24,7	28,3
	RIO DAS OSTRAS	1	8,2	17,2	14,9	0,6	-	7,1	17,7
	CASIMIRO DE ABREU	0,8	4,2	22,1	12,5	0,6	-	7,1	10,6
	CABO FRIO	9,4	41,5	8,3	7,8	40,6	-	63,6	74,2
	ARMAÇÃO DOS BÚZIOS	31,5	43,5	8,9	7,6	21,7	-	42,4	53
	NITERÓI	4,4	10,2	20	18,1	-	-	-	14,1
	SAQUAREMA	2,6	10,4	14,8	13,6	1,3	-	7,1	46
	MARICÁ	9	15	16,6	14,4	1,9	-	21,2	60,1

	ARRAIAL DO CABO	34,1	47,3	8,6	7,6	40,6	-	63,6	70,7
	ARARUAMA	0,8	7	18,8	13,5	0,6	-	3,5	17,7
	MANGARATIBA	8,8	3,8	20,9	29,9	12,5	-	46	35,4
	RIO DE JANEIRO	9,8	11	15,8	18,4	36,7	-	67,2	88,4
	ITAGUAÍ	9,6	4	16,3	26,9	18,1	-	21,2	17,7
	ANGRA DOS REIS	7,6	2,6	21,8	30,3	5,7	-	42,4	17,7
	PARATY	8,2	7,2	23,9	36,6	5,2	-	56,6	42,4
SP	UBATUBA	8	2,8	28,9	34,4	4,1	-	53	53
	CARAGUATATUBA	4,6	0,2	34	59	2,2	-	17,7	-
	SÃO SEBASTIÃO	6,8	15,6	25	24,1	3	-	17,7	74,2
	ILHABELA	14,4	18,4	20,1	26,1	9,6	-	74,2	106,1
	SANTOS	10,6	18,2	25,4	23,1	-	-	-	-
	BERTIOGA	0,2	1,4	59,4	39,6	0,6	-	3,5	46
	GUARUJÁ	6,8	7	26,5	33,2	4,1	-	28,3	46
	PRAIA GRANDE	2,6	5,6	30,5	40,5	1,2	-	14,1	28,3
	MONGAGUÁ	1,8	5,6	30,9	39,2	1,2	-	7,1	17,7
	ITANHAÉM	9	13,4	25	27,3	25,2	-	17,7	38,9
	PERUÍBE	4,6	7,8	27,5	40,2	1,2	-	35,4	38,9
	IGUAPE	9	8,2	27,6	38,1	7,6	-	74,2	74,2
	ILHA COMPRIDA	9,8	8,2	27,7	38,1	24,6	-	81,3	70,7
	CANANÉIA	20,6	6,4	27,7	40	40,2	-	56,6	49,5
RJ	GUARAQUEÇABA	24,6	5,4	27,8	49,4	24,4	-	60,1	49,5
	PARANAGUÁ	22,8	2,2	29,4	53	27,7	-	31,8	10,6
	PONTAL DO PARANÁ	19	2,8	29,6	51,6	29,1	-	35,4	-
	MATINHOS	31,1	2	29,9	52,9	10	-	31,8	3,5
	GUARATUBA	19,8	-	36,5	-	15	-	24,7	-
SC	ITAPOÁ	20,2	0,2	36,1	59,6	14,1	-	42,4	-
	SÃO FRANCISCO DO SUL	36,3	1,4	32,7	53,6	32,9	-	67,2	3,5
	BALNEÁRIO BARRA DO SUL	34,9	0,2	33,8	59,9	26	-	31,8	-
	ARAQUARI	27,7	-	35	-	12	-	7,1	-
	BARRA VELHA	27,7	-	35	-	10	-	24,7	-
	BALNEÁRIO PIÇARRAS	23,2	-	36	-	6,1	-	14,1	-
	PENHA	37,7	-	34,6	-	26,1	-	21,2	-
	NAVEGANTES	8,6	-	36,8	-	4,8	-	17,7	-
	ITAJAÍ	6,4	-	36,1	-	3,4	-	10,6	-
	BALNEÁRIO CAMBORIÚ	35,7	-	35	-	18,8	-	24,7	-
	ITAPEMA	23,8	-	35,6	-	10,4	-	21,2	-
	PORTO BELO	38,7	-	35,2	-	10,1	-	35,4	-
	BOMBINHAS	49,1	-	34,3	-	25	-	42,4	-
	TIJUCAS	0,2	-	50,1	-	0,7	-	7,1	-
	FLORIANÓPOLIS	52,9	-	29,9	-	26	-	116,7	-



GOVERNADOR CELSO								
RAMOS	6	-	38,3	-	2,7	-	24,7	-
PALHOÇA	13,8	-	33,3	-	5,7	-	10,6	-
PAULO LOPES	13,8	-	33,3	-	5,7	-	10,6	-
GAROPABA	6,4	-	36,5	-	4,5	-	28,3	-
IMBITUBA	12,4	-	30,3	-	7,5	-	31,8	-
LAGUNA	24,2	-	30,2	-	18,3	-	46	-
JAGUARUNA	10,8	-	33,4	-	5,6	-	49,5	-
BALNEÁRIO RINCÃO	10	-	33,8	-	3,4	-	21,2	-
ARARANGUÁ	10	-	36,5	-	3,6	-	24,7	-
BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA	7	-	36,9	-	3,1	-	24,7	-
BALNEÁRIO GAIVOTA	7,6	-	39,7	-	4,3	-	28,3	-
PASSO DE TORRES	7,2	-	37,3	-	3,8	-	21,2	-
TORRES	4,8	-	43,2	-	9,7	-	24,7	-
ARROIO DO SAL	6	-	43,4	-	7,6	-	28,3	-
CAPÃO DA CANOA	8,4	-	42,8	-	13	-	28,3	-
TERRA DE AREIA	3,8	-	46,4	-	4,9	-	7,1	-
XANGRI-LÁ	8,4	-	42,8	-	22,3	-	17,7	-
OSÓRIO	7,8	-	43,2	-	16,9	-	10,6	-
IMBÉ	7,8	-	41,6	-	16,7	-	21,2	-
TRAMANDAÍ	10,2	-	41,1	-	9,5	-	24,7	-
CIDREIRA	12	-	40,8	-	14,2	-	24,7	-
BALNEÁRIO PINHAL	10,2	-	42,8	-	10	-	14,1	-
PALMARES DO SUL	12,8	-	41,9	-	11,2	-	35,4	-
MOSTARDAS	14,6	-	42,5	-	25,2	-	109,6	-
TAVARES	13,6	-	43,7	-	7,8	-	60,1	-
SÃO JOSÉ DO NORTE	4,2	-	44,9	-	2,8	-	120,2	-
RIO GRANDE	0,6	-	51,2	-	0,8	-	28,3	-
SANTA VITÓRIA DO PALMAR	0,6	-	51,9	-	1,1	-	35,4	-

Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para os municípios que não apresentaram massa acumulada na costa acima do limiar monitorado. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da costa. Como os valores apresentados são da superfície e da coluna d'água, não são apresentados valores de massa acumulada na costa e extensão.



Tabela 34: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidas para o vazamento de pior caso (71.544m³ e 15.899 m³) para a integração dos pontos V1 e V2.

Unidades de Conservação	Probabilidade (%)		Tempo Mínimo (dias)	
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
	1	2	1	2
APA Costa Dourada	-	0,2	-	35,8
PE de Itaúnas	-	0,4	-	25
RPPN Fazenda Sayonara	-	0,6	-	33
APA Conceição da Barra	-	8,6	-	16,8
ARIE do Degredo	-	9,2	-	12,6
REBIO DE COMBOIOS	0,6	12,2	12,3	7,3
APA Costa das Algas	34,1	46,5	6,1	5,8
PNM David Victor Farina	0,2	11,4	40,4	9,4
RVS de Santa Cruz	3,6	18,6	17,5	7,1
APA da Lagoa Jacumém	0,2	9,2	23,6	10,7
APA de Praia Mole	0,2	12,4	38,7	9,9
APA Baía das Tartarugas	0,2	11,8	16,4	10,1
Parque Atlântico	-	10,8	-	10,7
APA da Ilha do Frade	-	4,8	-	13,9
APP Morro do Moreno	0,6	5,4	16,4	13,9
PNM de Jacarenema	2	10	12,8	11,5
APA da Lagoa Grande	0,8	9,6	13,4	12,3
PE Paulo César Vinha	13,8	19,2	4,8	11,8
APA de Três Ilhas	16,4	21,2	4,3	9,2
PM Morro da Pescaria	3,2	18,2	5,8	16
RDS Concha D'ostra	2,2	14,2	6,2	10,5
APA Tartarugas	0,2	13	20,8	8,3
ESEC Papagaio	-	12	-	15,5
RDS Papagaio	-	12	-	15,5
ANT Ilha do Meio, Ilha dos Cabritos E Ilha do Francês	-	11,8	-	14,7
ANT Ilha do Gambá	-	9	-	15,7
RPPN Yara Brunini	-	11	-	15,4
APA de Guanandy	1,8	11,6	9,9	15
MN Falésias de Marataízes	1,6	14,2	8,6	13,9
ESEC de Guanandi	15,6	11	7,2	20
ANT Foz do Rio Paraíba	17	10,4	5,6	19,9
APA da Cehab	9,6	1,2	6,4	22,1
RPPN Fazenda Caruara	17	18,2	5,7	16
APA de Iquipari	17,2	21,2	5,3	14,8
PE da Lagoa do Açú	17,2	34,9	5,4	8,1
APA do Lagamar	0,2	34,1	6,8	8,1
PARNA Restinga de Jurubatiba	6	32,1	14,1	9,1

PNM da Restinga do Barreto	0,8	3,4	19,9	40,1
APA do Arquipélago de Santana	20	41,7	8,4	9
PNM Estuário do Rio Macaé	0,4	11	15,4	18,9
RPPN Sítio Shangrilah	2	11,8	15,1	17,9
RPPN Fazenda Barra do Sana	2	11,8	15,1	17,9
RPPN Sítio Sumidouro e Sítio Peito de Pomba	2	11,8	15,1	17,9
APA do Morro de Santana	2	11,8	15,1	17,9
PNM da Praia do Pecado	0,2	12,4	22,7	18,6
PNM do Arquipélago de Santana	4	33,7	11,4	12,6
ARIE de Itapebussus/PN Itapebussus	1,2	13,6	15,7	16,9
APA da Lagoa do Iriy	5	1,2	14,8	22,4
MN dos Costões Rochosos de Rio das Ostras	1,4	16	17,2	14,8
APA da Bacia do Rio São João (Mico Leão)	3	16,4	15,9	12,5
APA Marinha da Armação de Búzios	35,5	45,1	8,3	7,5
PM Mata do Rio São João	2	24,8	16,8	12,9
PNM dos Corais de Armação dos Búzios	14,4	42,3	9,8	9,3
PE da Costa do Sol	39,9	46,3	8,3	7,3
RESEC do Tauá	-	2,8	-	28,4
APA da Praia da Azeda e Azedinha	14,4	42,3	9,8	9,3
PM da Lagoinha	8,2	34,1	10,4	9,7
APA do Pau Brasil	11,8	43,1	8,3	7,7
PM da Lagoa de Geribá	4	27,3	10,6	11,5
PE do Cunhambebe	5,6	-	32,5	-
RVS Serras de Maricá (Revissermar)	1	8,6	20,6	15,8
ANT Dunas de Cabo Frio e Arraial do Cabo	7	23,6	16,9	11,5
PM da Praia do Forte	3,4	7,2	22,4	27,4
PM da Gamboa	0,8	7	29,8	27,4
PM da Boca da Barra	8	24,8	16,8	12
PM Dormitório das Garças	3,4	7	22,4	27,4
PM das Dunas	2,6	7,2	22,6	28,7
PNM Mico-Leão-Dourado	2,6	7,2	22,6	28,7
PE da Serra da Tiririca	4,4	10,2	20	18,1
PN da Tijuca	3	6,4	21,1	25,2
APA de Massambaba	2,6	10,4	14,8	12,9
REBIO Guaratiba	2,6	10,4	14,8	12,9
MN Pedra de Itapuca	-	0,2	-	51,5
MN Ilha da Boa Viagem	-	0,2	-	51,5
RESEX Marinha Arraial do Cabo	50,7	70,7	7,9	6,6
APA do Morro do Morcego, Fortaleza de Santa Cruz e dos Fortes do Pico e do Rio Branco	-	0,2	-	51,5
APA Serras de Maricá (Apasermar)	2,6	14,4	18,7	14,4
MN dos Morros do Pão de Açúcar e Urca	-	0,6	-	27
ARIE Baía de Guanabara	-	0,6	-	27

RESEC de Massambaba	0,8	9	18,8	12,9
PM da Praia do Forno	7,6	25,3	16,9	11,4
MN Ilha dos Amores	-	0,4	-	50,7
APA de Maricá	1,6	9,2	19,4	18,1
APA dos Morros da Babilônia e de São João	-	0,2	-	27,1
APA da Orla Marítima das Praias de Copacabana/Ipanema/Leblon/São Conrado e Barra da Tijuca	4	7,8	23,3	25,2
APA Marinha Boto-Cinza	10	8,2	18,5	27,5
APA Paisagem Carioca	-	0,6	-	27
ARIE Baía de Sepetiba	9,8	3,8	16,3	26,9
PNM de Niterói	-	0,4	-	50,7
RESEX Marinha de Itaipu	3	10,8	20	17,7
APA do Morro do Leme	-	0,6	-	27
APA da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	9,8	8,8	15,8	24,3
PNM Paisagem Carioca	-	0,6	-	27
MN Praia do Sossego	-	10,2	-	18,5
APA do Morro da Saudade	-	5,2	-	25,6
RESEC da Ilha do Cabo Frio	34,1	47,3	8,6	7,6
APA das Pontas de Copacabana e Arpoador e seus Entornos	1,2	5,6	23,5	25,6
APA das Brisas	1,6	0,2	19,5	54
APA de Mangaratiba	7,8	1,2	21,4	30,9
PNM da Cidade	0,2	1,6	45,3	25,2
ARIE de São Conrado	0,2	1,6	45,3	25,2
PNM Penhasco Dois Irmãos - Arquiteto Sérgio Bernardes	0,2	1,6	45,3	25,2
PNM Barra da Tijuca	4	7,6	23,3	26,2
PNM de Marapendi	4	7,6	23,3	26,2
APA do PNM de Marapendi	4	7,8	23,3	25,5
APA da Paisagem e do Areal da Praia do Pontal	3,8	8	23,5	25,9
APA de Grumari	9,8	8,8	15,8	24,3
PE da Pedra Branca	9,8	8,8	15,8	24,8
PNM da Prainha	8	8,4	19	25,8
REBIO Guaratiba	6,4	3,8	19,5	26,8
PNM Chico Mendes	3,8	8	23,5	25,9
APA da Prainha	8	8,4	19	25,8
MN das Ilhas Cagarras	9	11	17,3	18,4
PNM de Grumari	9,8	8,8	15,8	24,3
APA de Tamoios	9,6	6,2	21,8	30,3
PE da Ilha Grande	7,6	3,8	21,8	30,3
ESEC de Tamoios	5,4	-	30,8	-
APA Baía de Paraty, Paraty Mirim e Saco do Mamanguá	3	-	32	-
APA de Cairuçu	8,2	7,2	23,9	36,6
REBIO da Praia do Sul	4,6	1	25,8	36
RDS do Aventureiro	4,6	1,4	25,4	35,9

RESEC da Juatinga	8,2	7,2	23,9	36,6
PARNA da Serra da Bocaina	3,6	1,6	33,4	40,7
PE da Serra do Mar	3,6	5,6	30,9	40,3
APA Marinha do Litoral Norte	19,6	20,6	18,2	23,5
ESEC Tupinambás	8	15,6	24,9	24
PE da Ilha Anchieta	7	1,2	33,9	38,5
PNM do Juqueriquerê	0,6	-	37,7	-
PE Restinga de Bertioiga	0,2	1,4	59,1	53,5
PE de Ilhabela	14,8	18,4	20,1	26
APA Marinha do Litoral Centro	29,3	24	23,4	22,7
APA Baleia Sahy	-	0,6	-	54,2
APA Alcatrazes	-	1,8	-	53,9
ARIE de São Sebastião	-	1,6	-	53,6
APA Ilha de Itaucê	-	0,4	-	58
APA da Serra do Guararu	0,8	1,4	34	41,2
RPPN Marina do Conde	-	1,4	-	44,5
PM Ilha Rio da Praia	-	1,2	-	41
PE Xixová-Japuí	2,6	1,8	29,2	46,3
PNM Piaçabuçu	-	0,4	-	57,4
RVS do Arquipélago de Alcatrazes	15,6	23,4	20,3	22,9
PE Marinho da Laje de Santos	10,6	18,2	25,5	23,1
PNM Restinga do Guaraú	0,4	3,2	31,1	43,9
APA de Cananéia-Iguapé-Peruíbe	11,2	7,8	27,3	38
ESEC Juréia-Itatins	3,4	8,4	29,9	39,7
ESEC dos Tupiniquins	27,7	9,2	26,8	37,9
RVS das Ilhas do Abrigo e Guararitama	0,4	6,2	35,5	40,2
ARIE Ilhas Queimada Grande e Queimada Pequena	9	13,4	25	27,3
PNM do Bougainville	2,6	7,2	27,5	40,2
PE do Itinguçu	3,4	7,2	27,5	40,2
PNM dos Manguezais do Rio Preto	0,4	6,2	35,6	40,2
PNM do Vilão	3,4	7,2	27,5	40,2
APA Marinha do Litoral Sul	45,3	13,6	24,5	28,4
RDS Barra do Una (Setor Marinho)	4,6	9,8	29,5	39,4
RDS da Barra do Una	4,6	7,8	29,6	40,2
PE do Prelado	7	6	29,9	39,6
APA Ilha Comprida	10,8	8,2	27,7	38
ARIE do Guará	8,4	7,8	27,7	38,1
ARIE da Ilha Comprida	9,4	7,4	27,8	40,3
PE Lagamar de Cananeia	18,6	3,2	27,8	49,7
PE da Ilha do Cardoso	20,6	5,4	27,7	40,7
RESEX Ilha do Tumba	15	4,4	28,7	48,7
PARNA do Superagui	26,7	5,4	27,8	49,4
APA de Guaraqueçaba	26,7	5,4	27,8	49,4

ESEC da Ilha do Mel	14,8	1,2	30	51,6
PE da Ilha do Mel	21,2	1	29,4	52
APA de Guaratuba	22,8	0,4	34,6	58,4
PARNA de Saint-Hilaire/Lange	22,8	0,4	34,6	58,4
PNM do Rio Perequê	15,4	1,8	29	51,6
PARNA Marinho das Ilhas dos Currais	31,3	2,6	29	51,4
PE do Rio da Onega	10,4	-	38,2	-
RPPN Fazenda Palmital	20,2	-	38,5	-
PE Acaraí	37,7	0,4	29,1	57,2
PNM Caminho do Peabiru	11,8	-	36,3	-
PNM do Atalaia	5,4	-	38,2	-
RPPN Aroeira Vermelha	6,4	-	36,1	-
APA Costa Brava	23,8	-	35,6	-
RDS de Itapema	4,8	-	38,1	-
RPPN Morro dos Zimbros	3,2	-	38,4	-
PNM Costeira de Zimbros	3,6	-	38,4	-
REBIO Marinha do Arvoredo	55,9	0,6	29,1	43
PM Morro dos Macacos	32,5	-	34,8	-
APA Anhatomirim	3,8	-	44,8	-
AT Dunas dos Ingleses	25,1	-	35,6	-
PNM Lagoa do Jacaré das Dunas do Santinho	34,5	-	30,5	-
AT Dunas do Santinho	34,5	-	30,5	-
RPPN Morro das Aranhas	6,2	-	35,6	-
ESEC de Carijós	3	-	43,9	-
PE do Rio Vermelho	9,2	-	34,6	-
MN da Galheta	14,4	-	32,1	-
PNM da Galheta	14,4	-	32,1	-
PNM das Dunas da Lagoa da Conceição	8,4	-	30,9	-
AT da Lagoinha Pequena	0,8	-	40,3	-
MN da Lagoa do Peri	2,4	-	34,2	-
AT Dunas do Campeche	3,8	-	33,8	-
AT da Lagoa da Chica	3,8	-	33,8	-
PNM da Lagoa do Peri	2	-	36,1	-
APA da Baleia Franca	34,5	0,2	29,2	57,1
PNM da Lagoinha do Leste	8,4	-	30,9	-
PE DA SERRA DO TABULEIRO	26,7	-	29,5	-
APA do Entorno Costeiro	19,2	-	33,1	-
REBIO Praia do Rosa	5,6	-	34,6	-
RVS Ilha dos Lobos	9,6	-	41,5	-
PE de Itapeva	4	-	44,4	-
PE da Guarita	3,4	-	44,9	-
PARNA da Lagoa do Peixe	14,4	-	43,4	-
RDS do Molhe Leste	3,2	-	51	-



Os valores em cinza foram retirados dos resultados em superfície e na coluna d'água para as UCs que não apresentaram probabilidade de chegada de óleo. Estes resultados foram obtidos a uma distância de menos de 2,5 km (um ponto de grade) da UC.



5.2. Resultados Determinísticos

Com base nos resultados obtidos nas simulações probabilísticas, foram identificadas as condições críticas para ocorrência de ambos os vazamentos de pior caso: de 71.775 m³ na localização do Campo de Wahoo; e de 15.899m³ na localização do Campo de Frade, situados na Bacia de Campos.

A situação de **menor tempo** de chegada de óleo na costa ocorreu no Período 1, enquanto a situação de **maior massa** acumulada ocorreu no Período 2, as duas ocorreram no vazamento de pior caso no Campo de Wahoo. Na Tabela 35 são apresentadas as informações dessas condições críticas selecionadas.

Tabela 35: Informações das simulações determinísticas críticas consideradas para o vazamento de pior caso.

Cenário	Data da simulação (GMT)	Primeira localidade de toque	Tempo de toque na costa (dias)	Massa final de óleo na costa (t)
Tempo mínimo de toque de óleo na costa	01/10/2014 às 20 h	Guarapari - ES	4,9	459,8
Maior massa de óleo acumulada na costa	06/04/2012 às 09 h	Linhares - ES	27,75	7.967

5.2.1 Menor tempo de chegada de óleo à costa

A seguir são apresentadas informações relacionadas aos ventos e correntes do período simulado que se estendeu de 01/10/2014 às 20h até 30/11/2014 às 20h. Os valores estão relacionados ao ponto de grade mais próximo do local do vazamento.

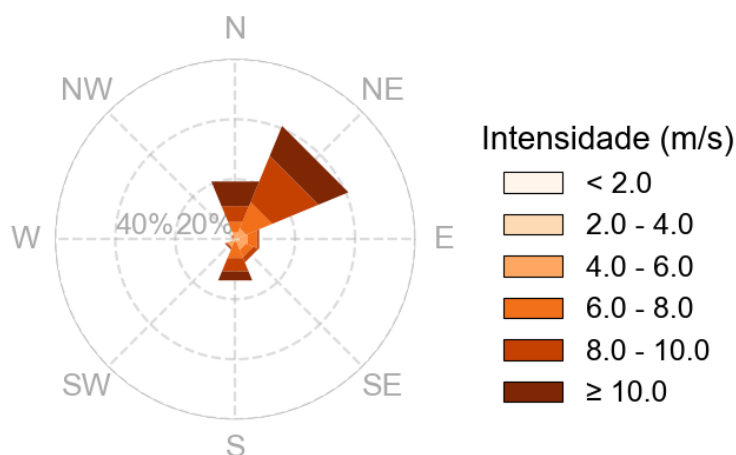


Figura 72: Rosa dos ventos para o período de simulação da situação de menor tempo de toque na costa.

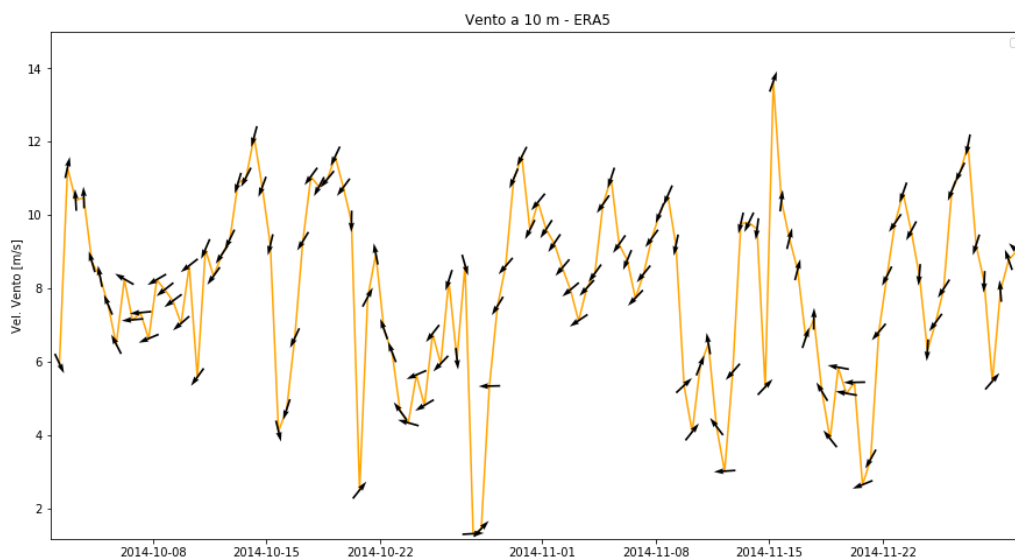


Figura 73: Stickplot dos dados de ventos próximo ao ponto de vazamento para o período de simulação da situação de menor tempo de toque na costa.

Tabela 36: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade dos ventos para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção -> Intensidade (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq (%)
< 2.0	2	-	-	-	-	6	5	1	1
2.0 - 4.0	4	11	21	11	4	10	5	1	4,6
4.0 - 6.0	29	46	43	45	12	24	6	10	14,9
6.0 - 8.0	55	136	49	39	82	4	-	8	25,9
8.0 - 10.0	82	241	8	25	69	7	-	3	30,2
≥ 10.0	128	155	3	1	47	3	-	-	23,4
Freq (%)	20,8	40,9	8,6	8,4	14,9	3,7	1,1	1,6	-

Tabela 37: Estatística do vento para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção média (°)	Direção de maiores intensidades (°)	Velocidade média (m/s)	Velocidade mínima (m/s)	Velocidade máxima (m/s)	Desvio Padrão(m/s)
47	193	8	0,5	14,3	2,4

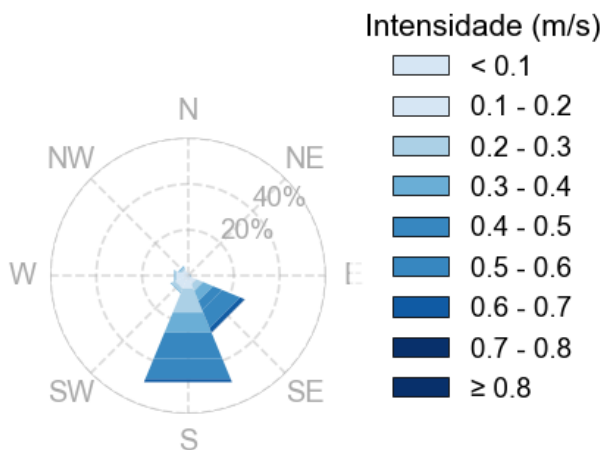


Figura 74: Rosa de corrente para o período de simulação da situação de menor tempo de toque na costa.

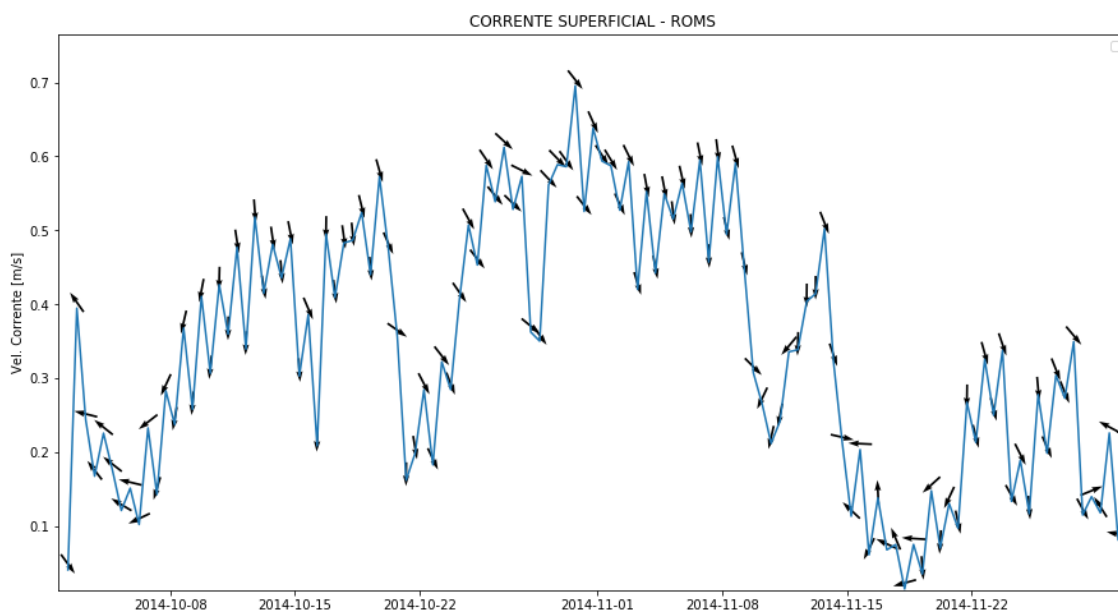


Figura 75: Stickplot dos dados de corrente próximo ao ponto de vazamento para o período de simulação da situação de menor tempo de toque na costa.



Tabela 38: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade de corrente para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção -> Intensidade (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq (%)
< 0.1	4	2	1	5	12	15	12	5	7,8
0.1 - 0.2	6	1	4	24	31	29	27	17	19,3
0.2 - 0.3	1	-	2	23	82	13	7	8	18,9
0.3 - 0.4	-	-	1	34	68	3	2	4	15,5
0.4 - 0.5	-	-	1	30	88	-	-	-	16,5
0.5 - 0.6	-	-	-	62	70	-	-	-	18,3
0.6 - 0.7	-	-	-	15	11	-	-	-	3,6
0.7 - 0.8	-	-	-	1	-	-	-	-	0,1
≥ 0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Freq (%)	1,5	0,4	1,2	26,9	50,2	8,3	6,7	4,7	-

Tabela 39: Estatística de corrente para o período da condição de menor tempo de toque na costa.

Direção média (°)	Direção de maiores intensidades (°)	Velocidade média (m/s)	Velocidade mínima (m/s)	Velocidade máxima (m/s)	Desvio Padrão(m/s)
167	141	0,3	0	0,7	0,2

Pelos dados de vento no período da simulação nota-se a predominância de ventos de nordeste (40,9%) e predominância de ventos com intensidades entre 8 e 10 m/s (~30%). As informações de correntes mostram que a direção das correntes é preferencialmente para sul (50,2%) e que as velocidades mais frequentes são entre 0.1 e 0.2 m/s (19,3 %), a intensidade máxima foi de 0,7 m/s.

A seguir, é apresentada a deriva do óleo em superfície e na coluna d'água, além da área varrida (em amarelo claro nas figuras) pela mancha de óleo durante toda a simulação. O resultado na coluna d'água representa a integração dos valores de concentração de óleo ao longo da longitude, isto é, é apresentado o maior valor de concentração em cada ponto de grade relativo à longitude e a profundidade.



MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 02-10-2014 20h

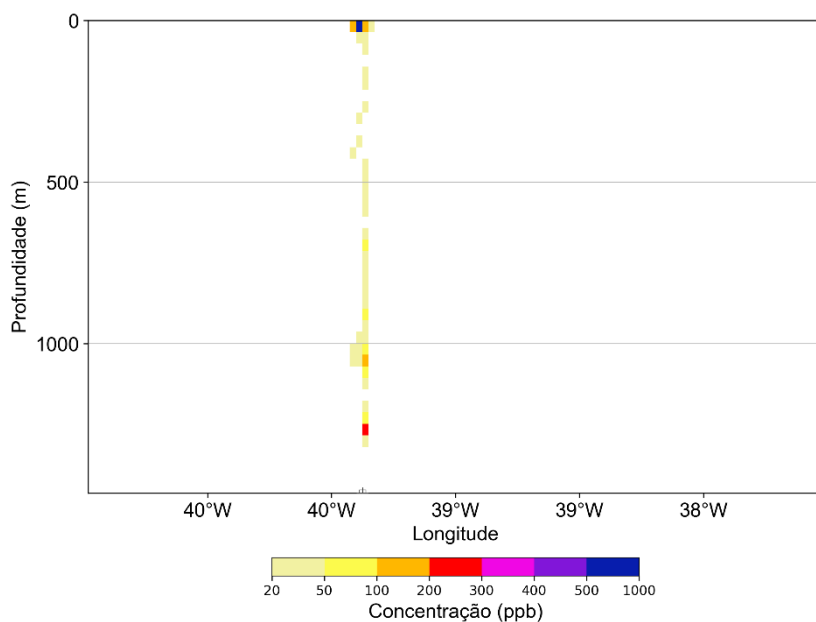
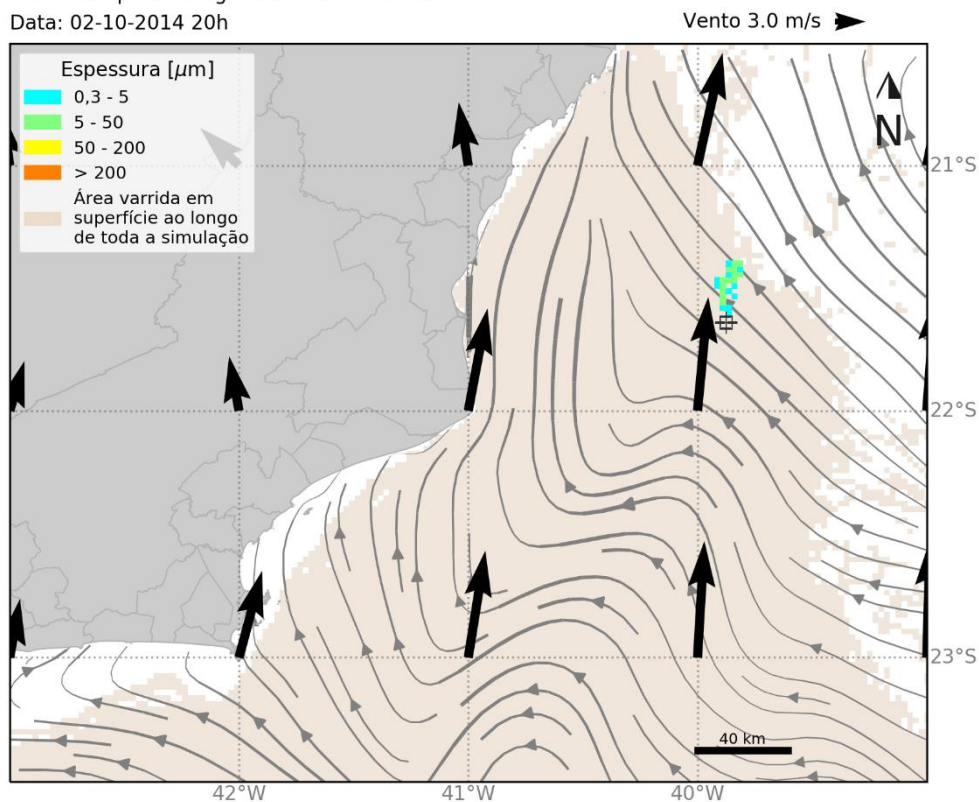


Figura 76: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 24 h do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 03-10-2014 20h

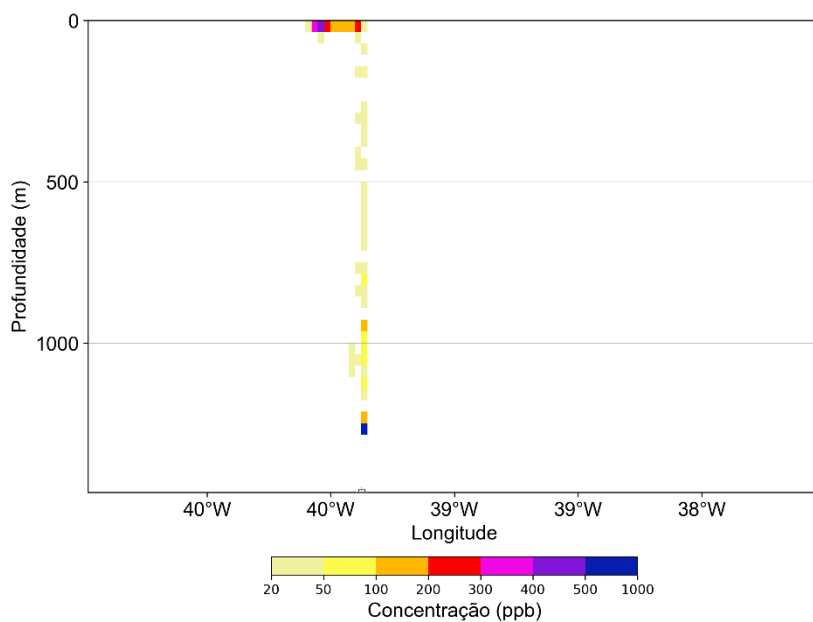
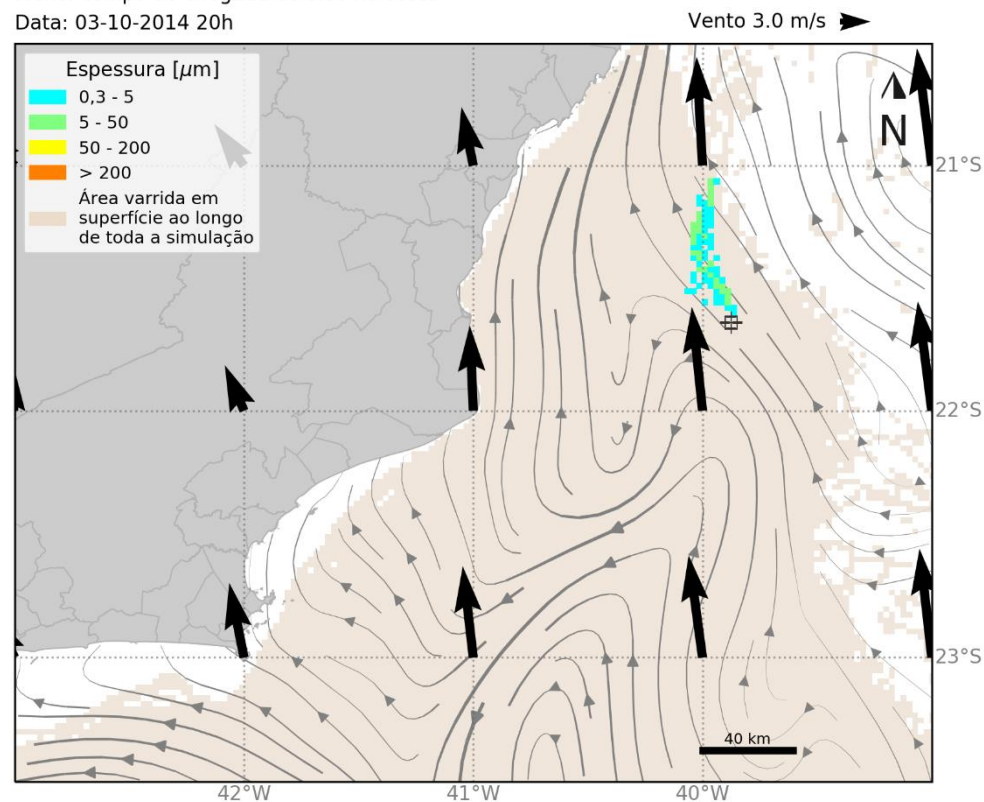


Figura 77: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 48 h do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 05-10-2014 20h

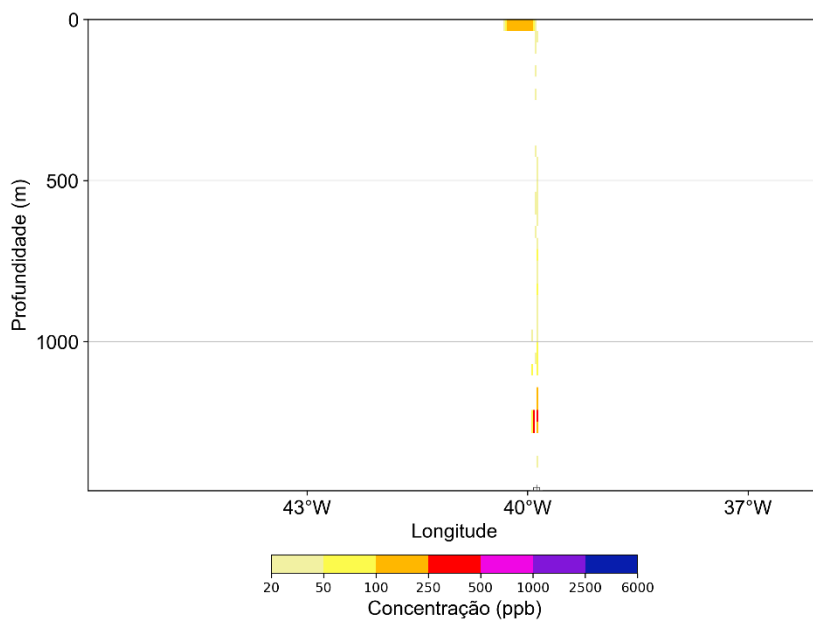
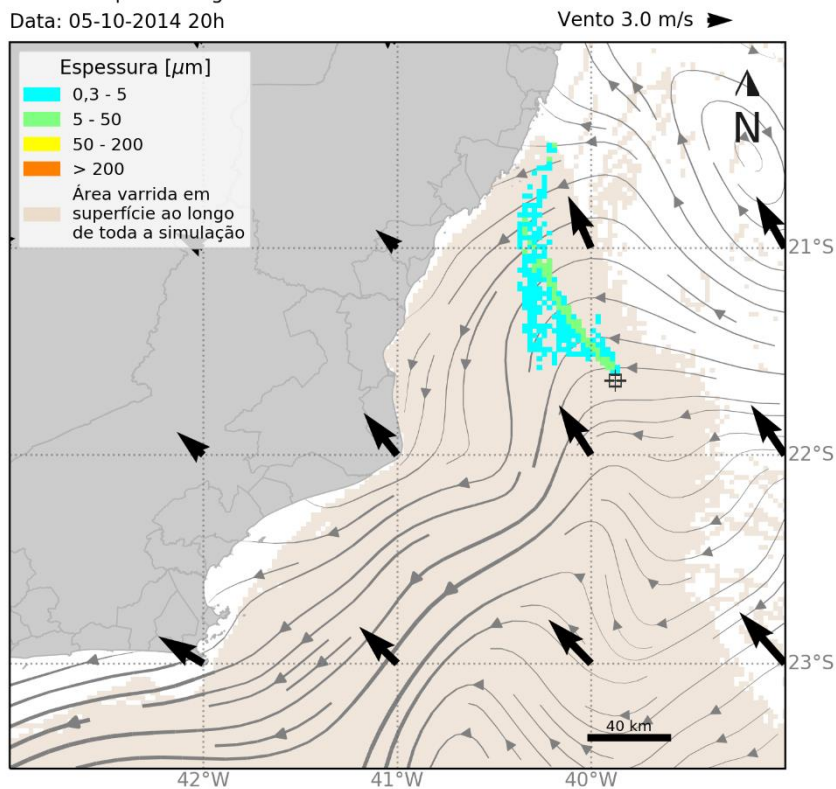


Figura 78: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 96 h do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 06-10-2014 19h

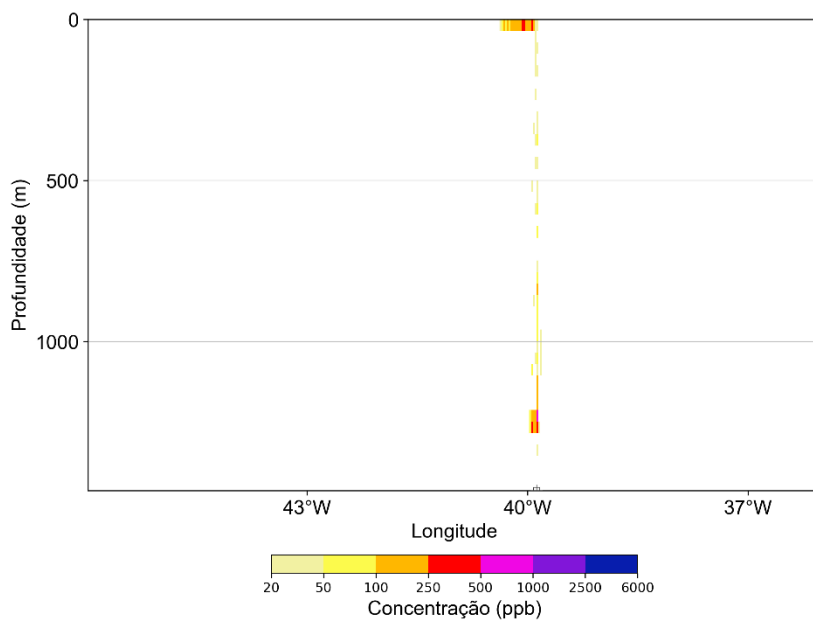
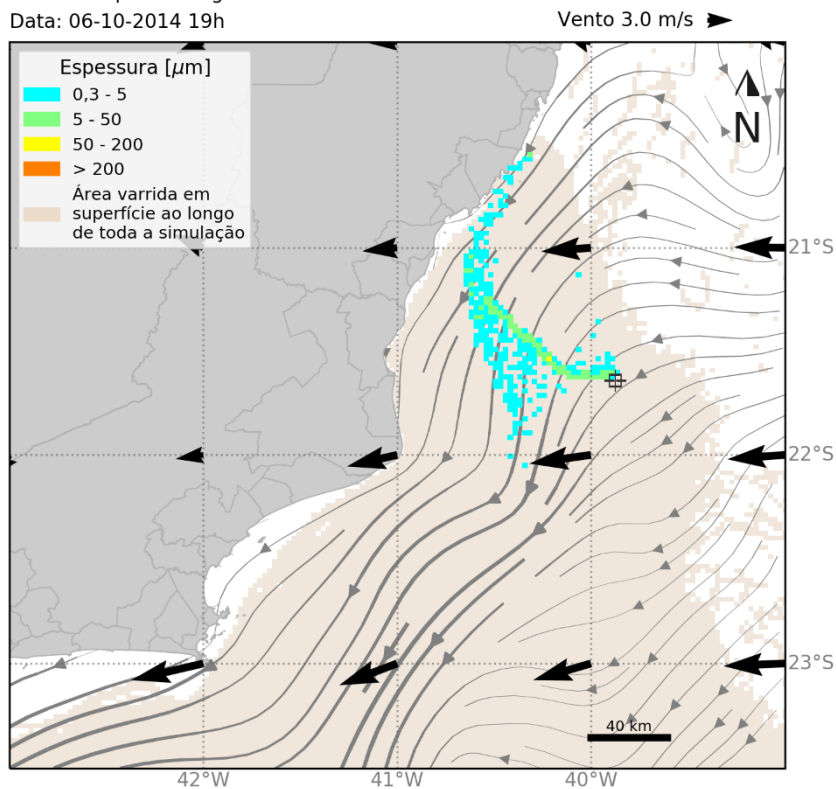


Figura 79: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 119 h (tempo do primeiro toque de óleo na costa – 4,9 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 11-10-2014 20h

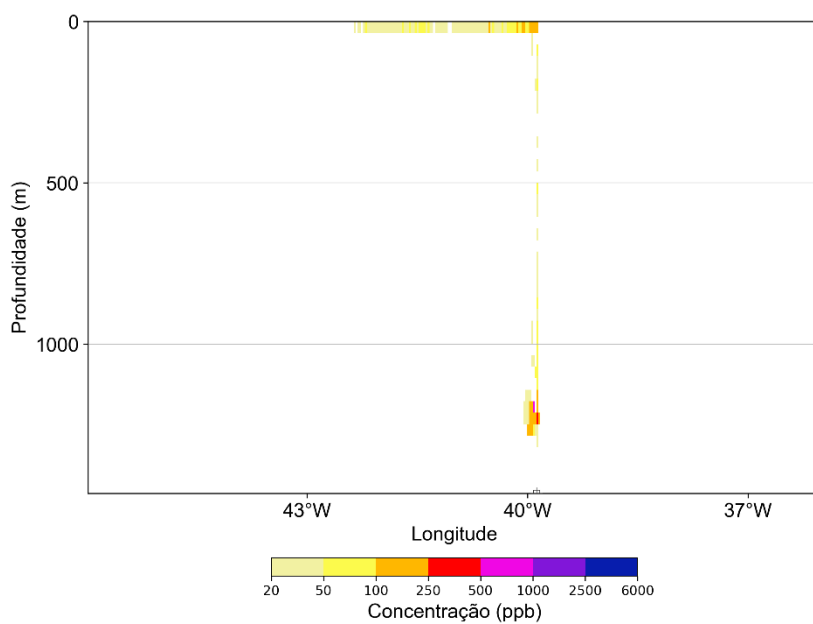
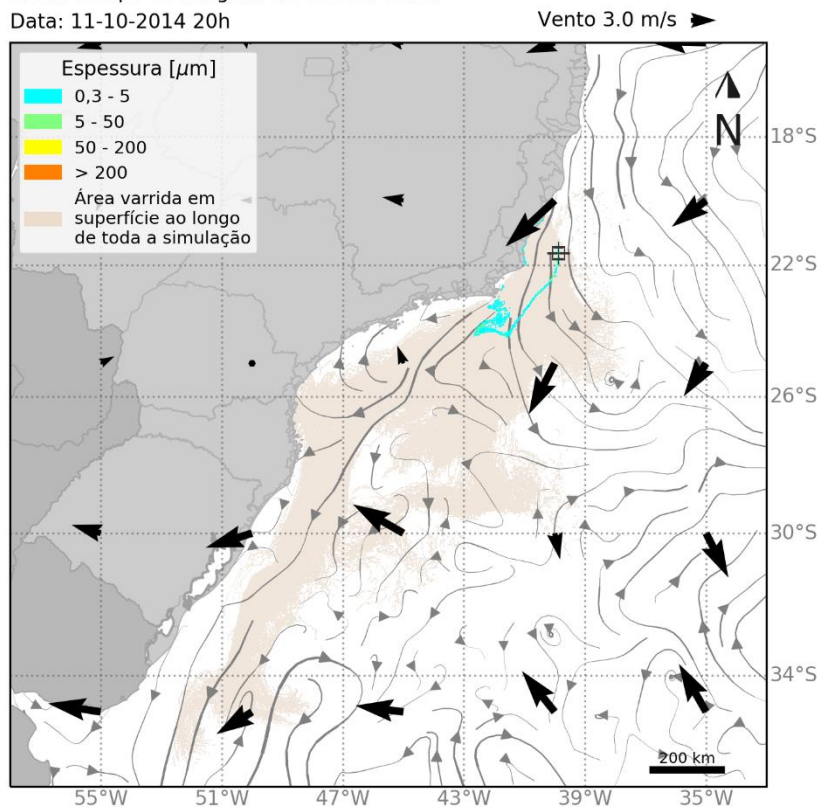


Figura 80: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 240 h (10 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 16-10-2014 20h

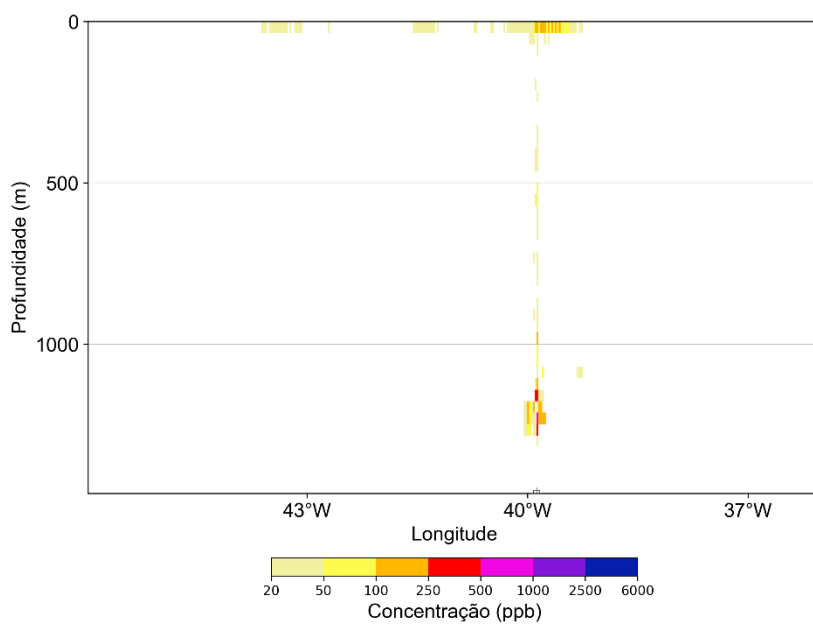
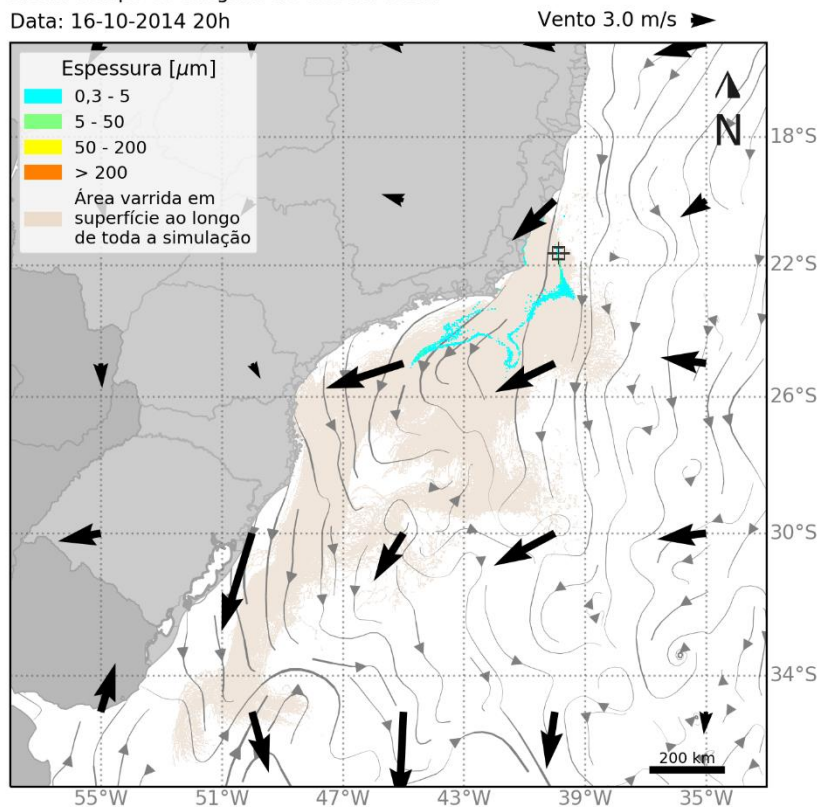


Figura 81: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 360 h (15 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 21-10-2014 20h

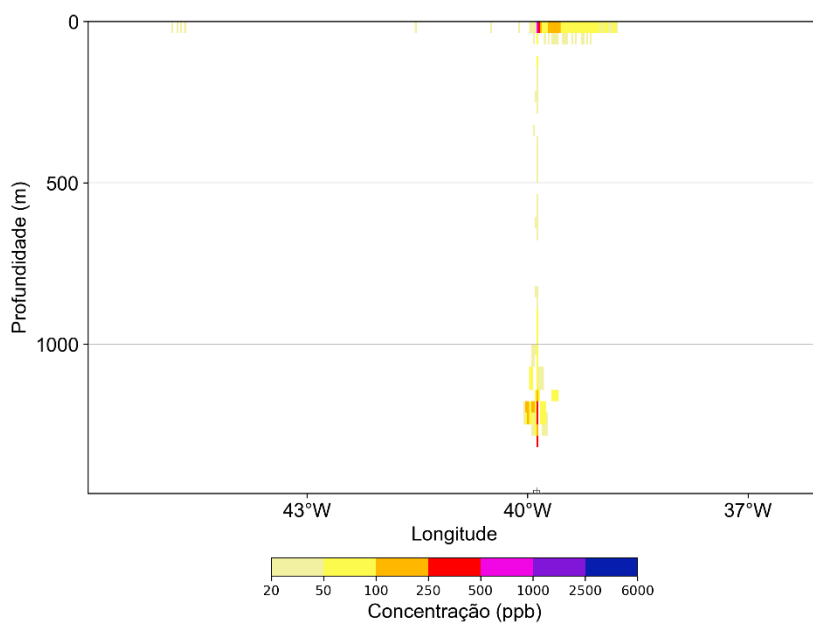
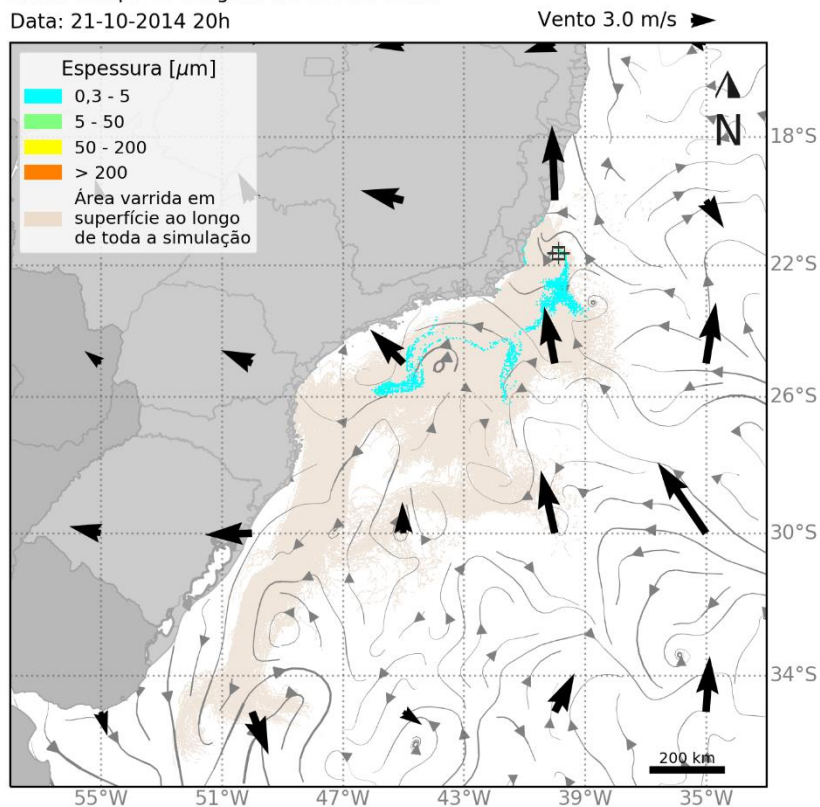


Figura 82: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 480 h (20 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 29-10-2014 20h

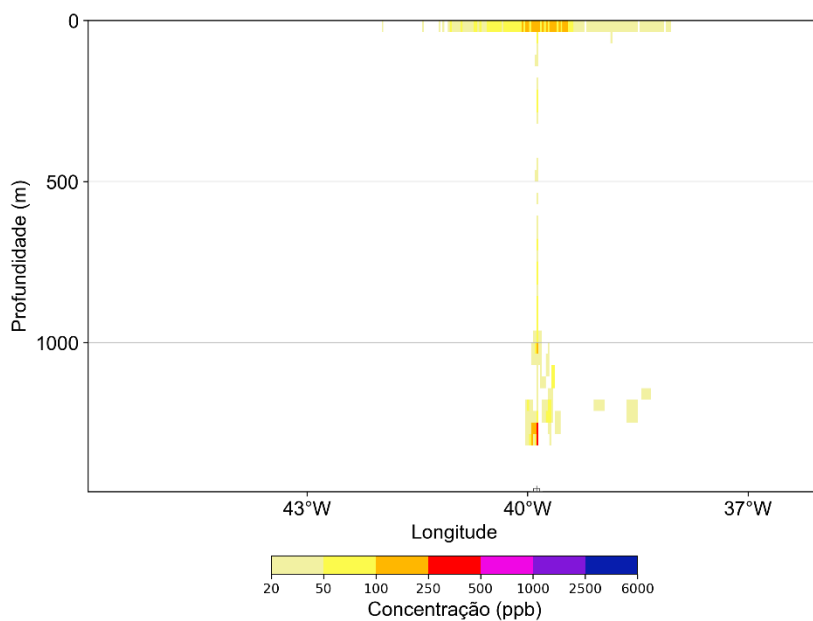
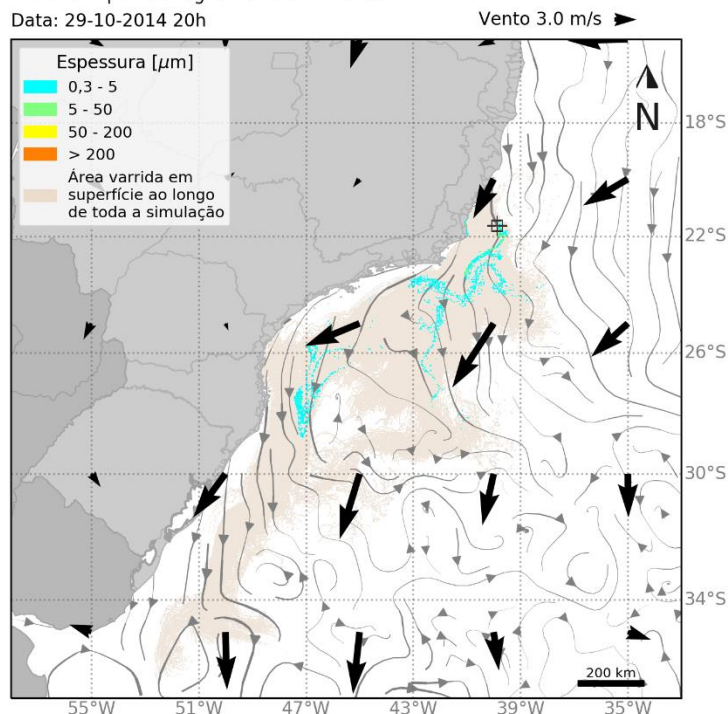


Figura 83: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 672 h (28 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 31-10-2014 20h

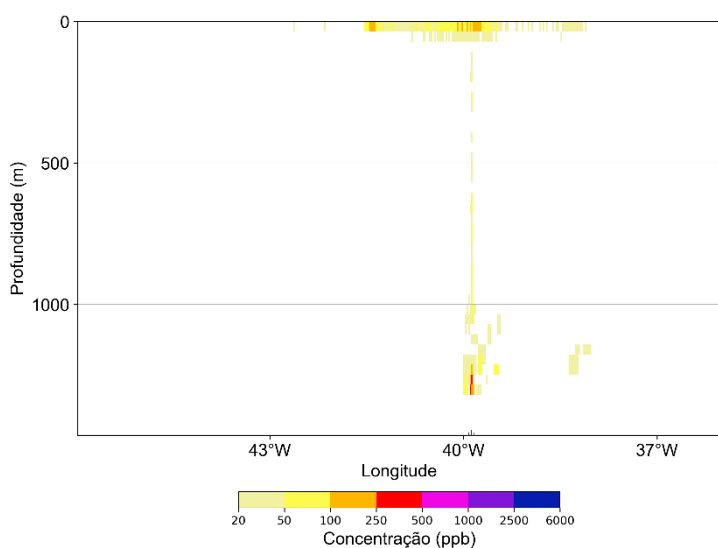
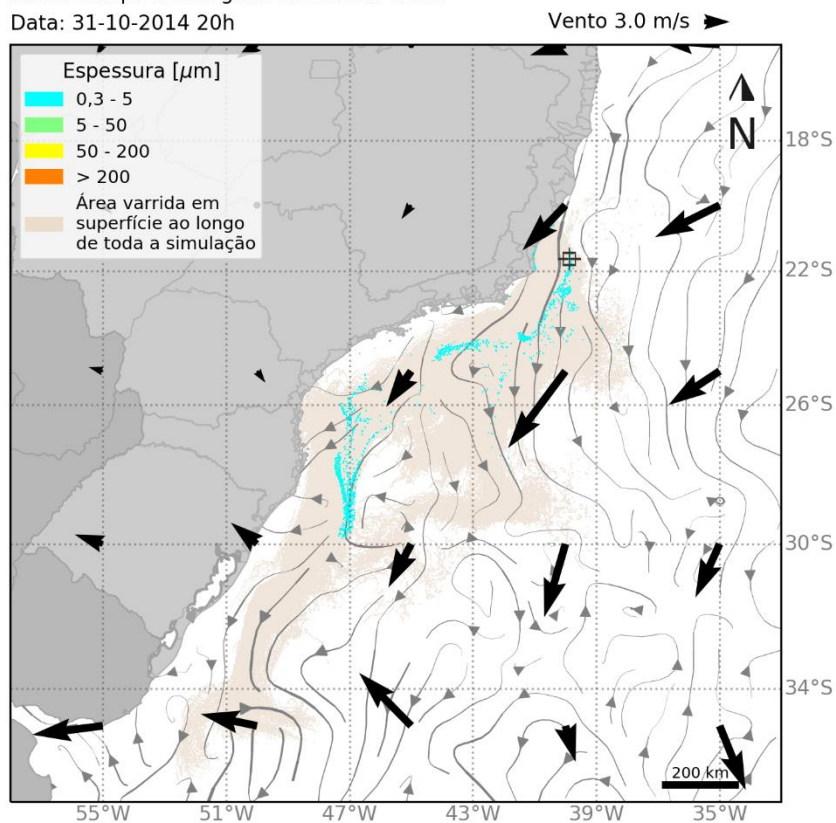


Figura 84: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 720 h (30 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 05-11-2014 20h

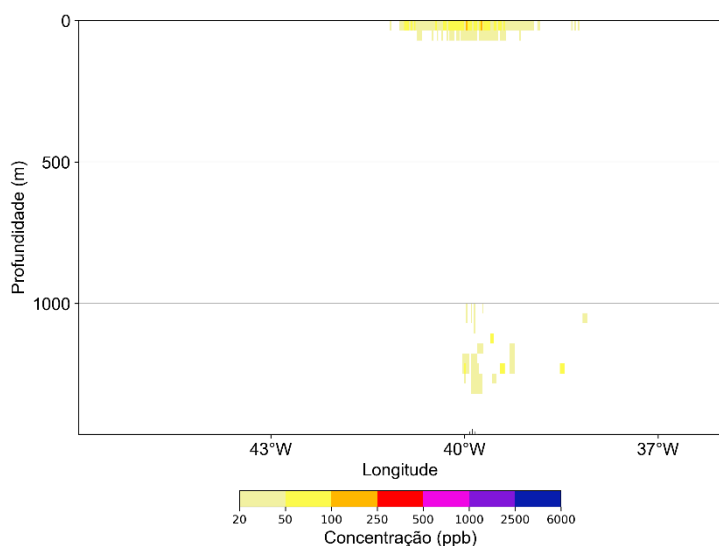
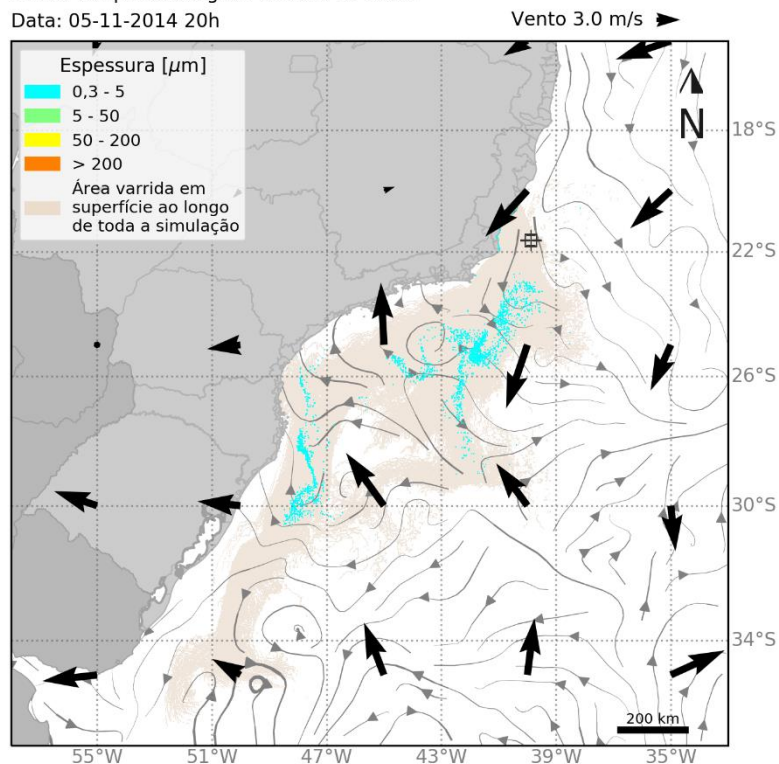


Figura 85: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 840 h (35 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 15-11-2014 20h

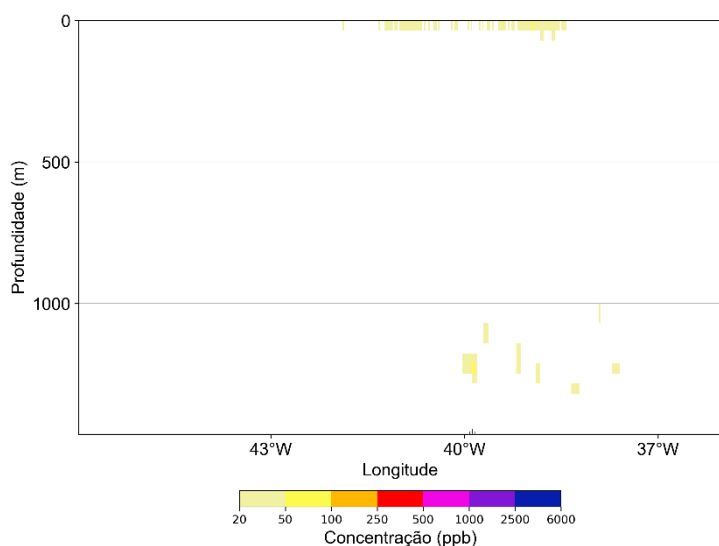
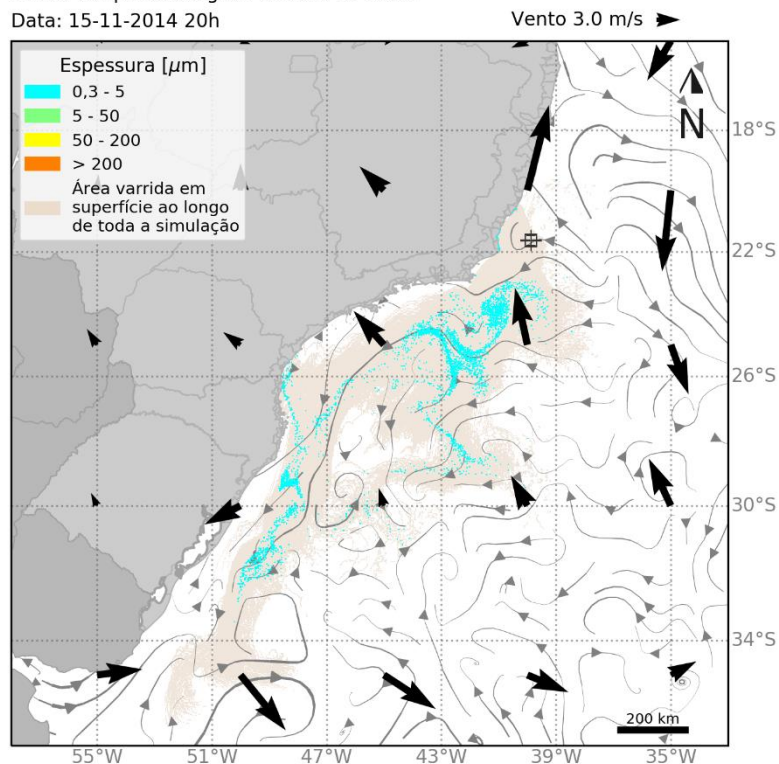


Figura 86: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 1080 h (45 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Menor tempo de chegada de óleo na costa

Data: 30-11-2014 20h

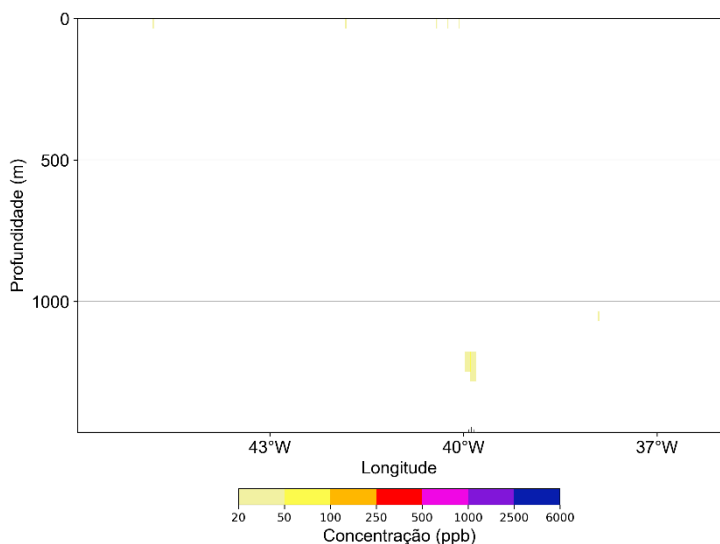
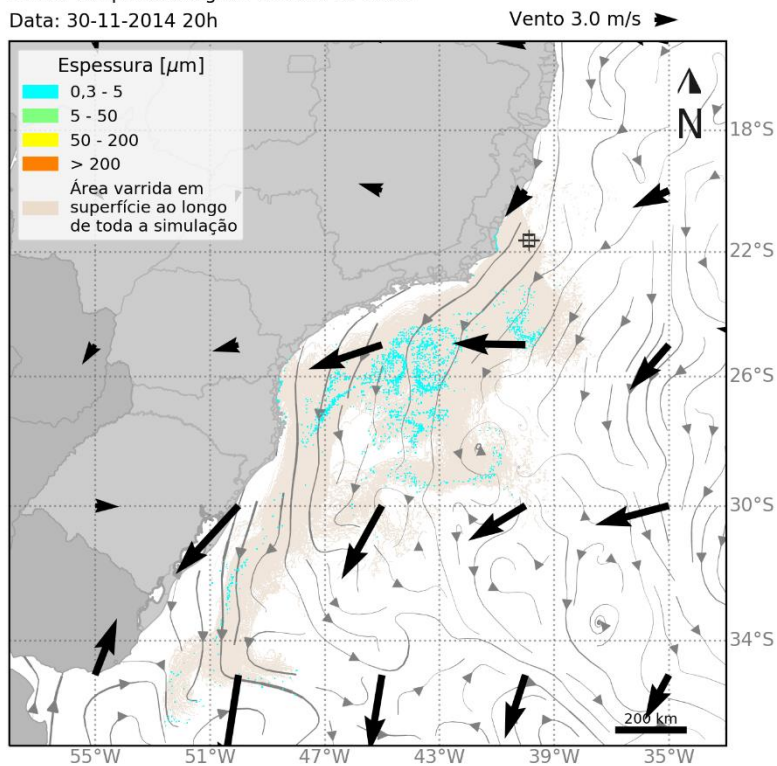


Figura 87: Resultado da simulação determinística em condição crítica de menor tempo de chegada, após 1440 h (60 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

Inicialmente, em função dos ventos de sul/sudeste e das correntes com direção oeste/noroeste, a deriva do óleo ocorre preferencialmente para norte e noroeste, em direção a costa, até que em

119h (aproximadamente 4,9 dias) ocorre o primeiro toque de óleo na costa no município de Guarapari-ES. A partir deste momento, os ventos rotacionam para leste e as correntes seguem para sul/sudoeste, ao largo do talude e da plataforma continental, transportando a mancha de óleo para sudoeste e ocasionando em toque no sul do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro. A mancha segue o escoamento médio da CB, sofrendo espalhamento devido, principalmente, aos processos de mesoescala e ação dos ventos. A partir de 45 dias, a mancha atinge a costa do PR e SC e segue em direção sudoeste, com espessura entre 0,3 e 5 μm até a latitude de aproximadamente 36°S.

Em relação à coluna d'água foi observado maior espalhamento horizontal na superfície, especialmente após as 240 horas do início do incidente. Ao longo de toda a coluna d'água, foram registradas concentrações variando entre 20 e 50 partes por bilhão (ppb) até o término do vazamento em 720 horas. Até os 30 primeiros dias de simulação, foram identificadas concentrações até 500 ppb em regiões com profundidade superior a 1000 metros e próximas ao ponto de vazamento. Nas camadas subsuperficiais é possível observar concentrações acima de 20 ppb durante toda a simulação, as maiores concentrações (até 500 ppb) são observadas nos primeiros 20 dias de simulação. Em 1440 horas é possível observar concentrações acima de 20 ppb até a longitude de 45°W em subsuperfície, e em profundidades acima de 1.000 metros próximo ao ponto de vazamento.

Neste cenário não se observa óleo associado ao fundo marinho com concentrações acima do valor limiar de 1 g de óleo/ m^2 ².

A seguir, é apresentada a evolução temporal do balanço de massa do óleo e a evolução da área e a massa de óleo durante a simulação.

² Valor baseado em Long et al. (1995) considerando uma espessura de contaminação de 10 cm, densidade de sedimentos de 2,6 g/ cm^3 .

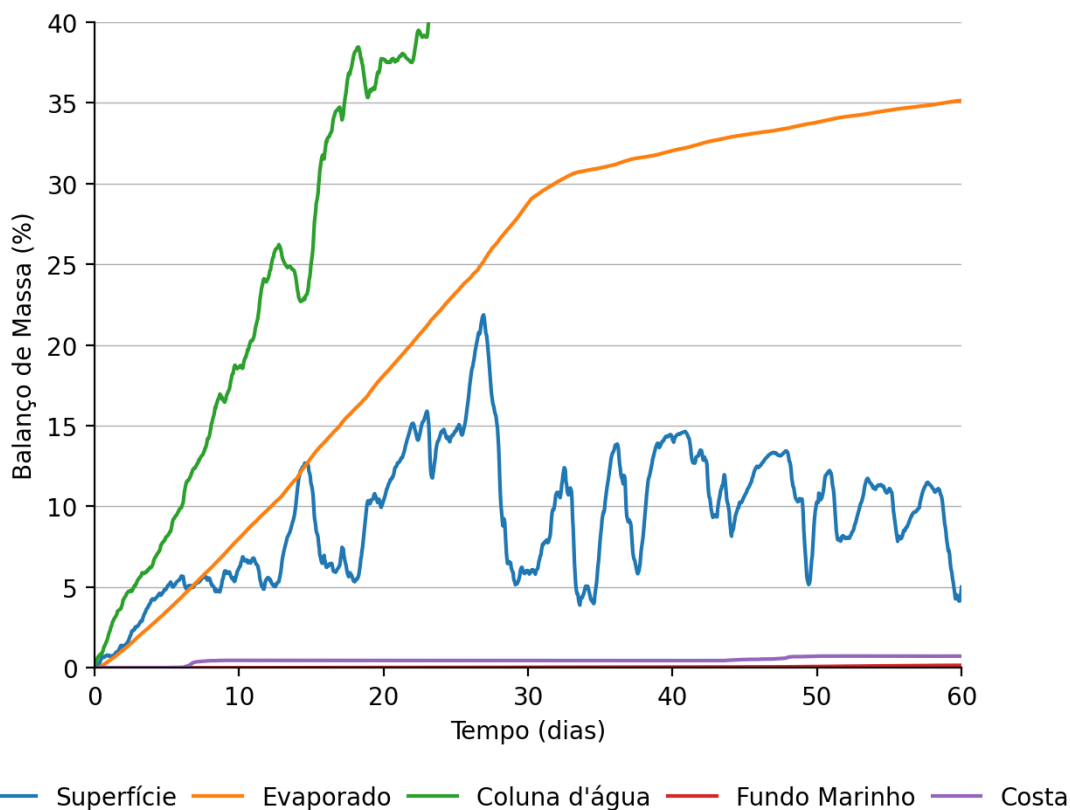


Figura 88: Balanço de massa do óleo durante a simulação da trajetória em condição crítica de menor tempo de chegada.

Tabela 40: Balanço de massa do óleo durante a simulação em valores percentuais em condição crítica de menor tempo de chegada.

Tempo (horas)	Superfície		Evaporado		Coluna d'água		Fundo Marinho		Costa	
	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)
24	0,7	458,6	0,4	276,4	2,2	1371	-	-	-	-
48	1,3	829,7	1,1	709,2	4,2	2674	-	-	-	-
96	4,3	2701	2,7	1707	6,4	4018	-	-	-	-
119	4,9	3108	3,5	2203	8,1	5130	< 0.05	0,5	< 0.05	2,4
240	6,2	3926	8	5072	18,6	11770	< 0.05	4,2	0,5	291
360	11,3	7166	13	8239	25,1	15890	< 0.05	5,4	0,5	290,5
480	10,4	6557	18,1	11440	37,7	23830	< 0.05	9,7	0,5	287,7
672	12,8	8059	26,5	16760	53,6	33850	< 0.05	18	0,5	286,9
720	6	3795	28,8	18190	64,7	40900	< 0.05	19,4	0,5	286,5
840	8,1	5104	31	19570	60,5	38200	< 0.05	25,9	0,5	285,5
1080	10,7	6750	33	20870	55,7	35210	0,1	34,9	0,5	326,6
1440	5	3163	35,2	22210	59	37250	0,2	98,7	0,7	459,8

É observado que grande parte do óleo ao final da simulação ficou disperso na coluna d'água (59%). A evaporação também foi um processo de intemperismo significativo, responsável pela retirada de 35,2% do total de óleo. Ao final de 60 dias uma porcentagem de 5% ficou em superfície (3.163 tons) e 0,7% acumulada na costa (459,8 tons).

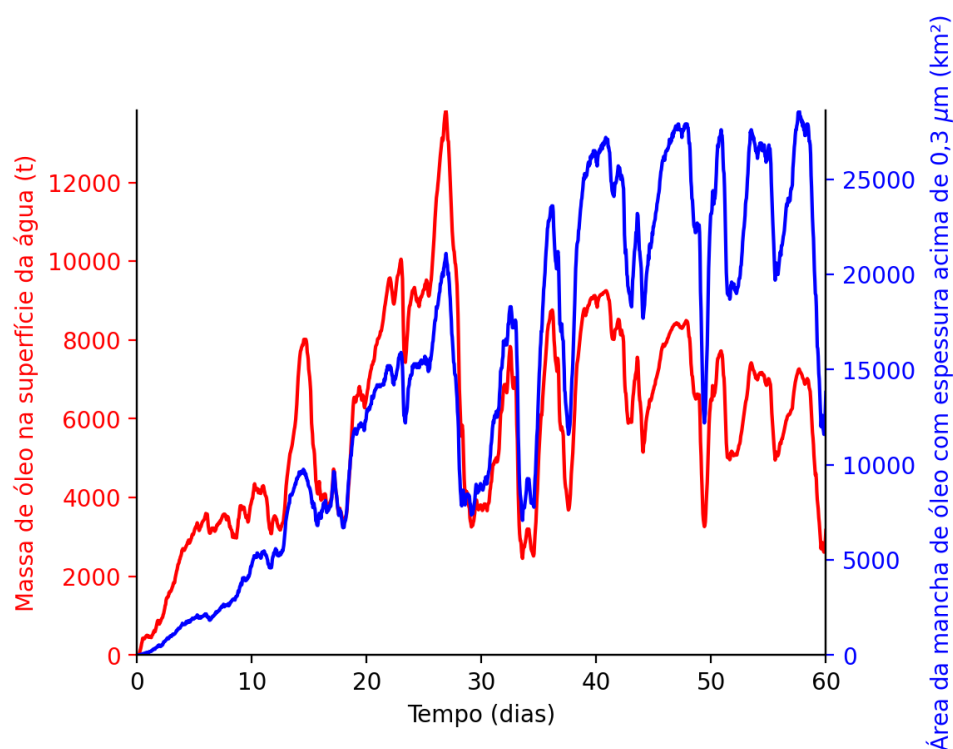


Figura 89: Área superficial da mancha de óleo e a massa de óleo na superfície do mar durante a simulação da trajetória em condição crítica de menor tempo de chegada.

Tabela 41: Área superficial, massa de óleo e espessura máxima da mancha de óleo durante a simulação em condição crítica de menor tempo de chegada.

Tempo (horas)	Área (km ²)	Massa (t)	Espessura máxima (um)
24	150	459	33
48	475	830	30
96	1630	2701	43
119	1900	3108	54
240	4710	3926	18
360	8830	7166	28
480	12700	6557	74
672	11900	8059	57
720	8870	3795	15
840	14200	5104	15
1080	22500	6750	14
1440	13800	3163	13

Os gráficos da massa e da área da mancha de óleo em superfície mostram um crescimento até os primeiros 27 dias. Após esse período, com o término do vazamento ocorrendo no 30º dia, os processos de intemperismo e as condições ambientais atuantes fazem com que a massa do óleo e área em superfície sofram maiores oscilações, fazendo com que a massa da mancha decaia gradativamente em função dos processos intempéricos e a área da mancha aumente em função do maior espalhamento do óleo remanescente em superfície, atingindo 13.800 km² ao final da simulação.

A espessura do óleo em superfície se mantém alta quando ainda ocorre o vazamento, nos primeiros 27 dias. Após o término do vazamento até o final da simulação observa-se uma diminuição para valores de 13 µm.



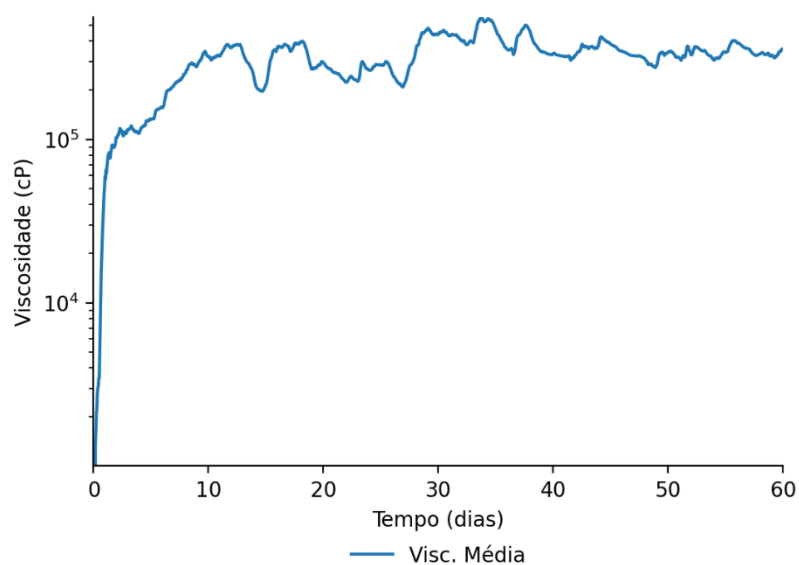


Figura 90: Viscosidade média do óleo durante a simulação em condição crítica de menor tempo.

Tabela 42: Tabela de viscosidade média do óleo durante a simulação em condição crítica de menor tempo de chegada.

Tempo (horas)	Visc. Média (cP)
24	59430
48	101700
96	109700
119	133300
240	320300
360	216800
480	294900
672	339400
720	438800
840	467300
1080	382100
1440	355500

A viscosidade média apresentou um aumento exponencial nos primeiros dois dias, em seguida ocorre um aumento mais gradativo, com oscilações, até atingir 355.500 cP ao final da simulação.

5.2.2 Maior massa acumulada na costa

A seguir são apresentadas informações relacionadas aos ventos e correntes do período simulado que se estendeu de 06/04/2012 às 09h até 05/06/2012 às 09h. Os valores estão relacionados ao ponto de grade mais próximo do local do vazamento.

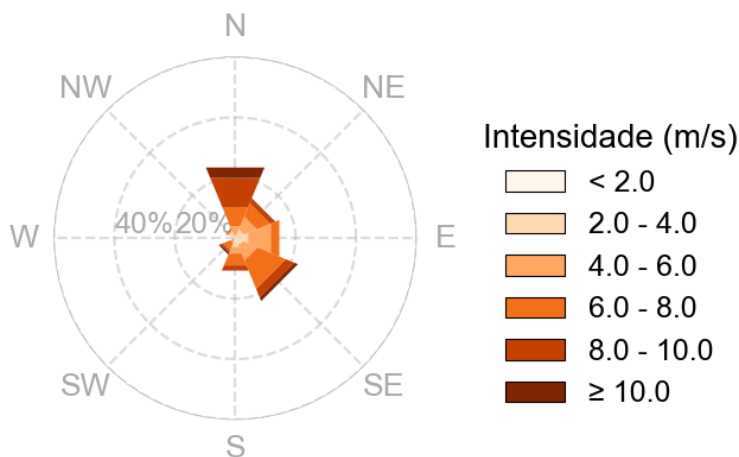


Figura 91: Rosa dos ventos para o período de simulação da situação de maior massa de óleo acumulada na costa.

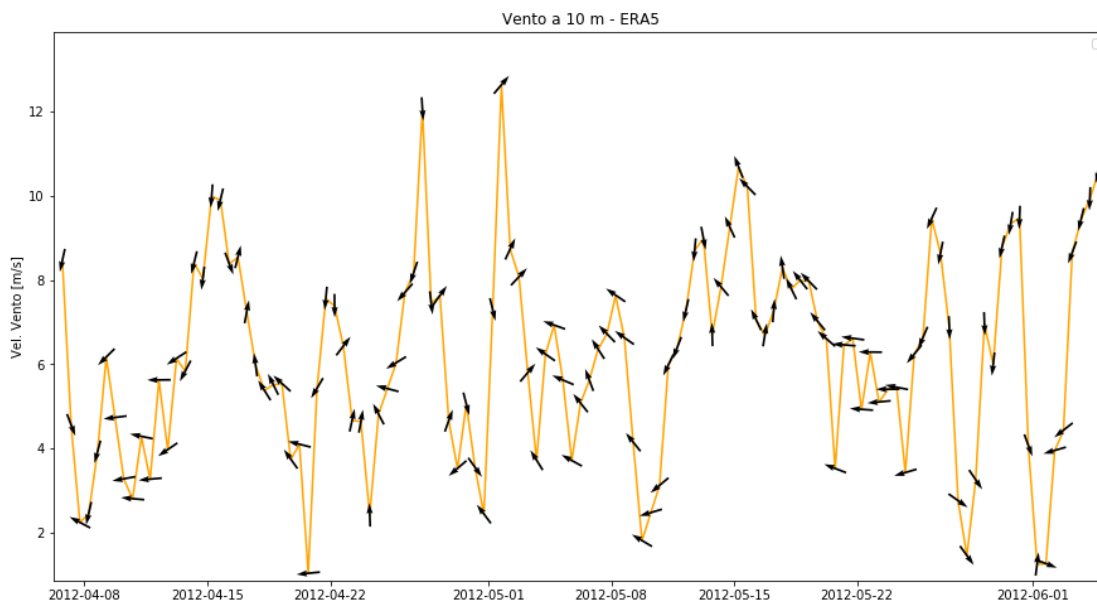


Figura 92: Stickplot dos dados de vento próximo ao ponto de vazamento para o período de simulação de maior massa de óleo acumulada na costa.

Tabela 43: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade dos ventos para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção ->	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq (%)
Intensidade (m/s)									
< 2.0	3	7	8	11	16	3	6	9	4,4
2.0 - 4.0	13	39	59	28	29	1	6	25	13,9
4.0 - 6.0	47	66	117	76	34	22	3	8	25,9
6.0 - 8.0	95	69	44	147	61	38	-	7	32
8.0 - 10.0	153	21	-	43	25	10	-	1	17,6
≥ 10.0	54	5	-	19	2	11	-	-	6,3
Freq (%)	25,3	14,4	15,8	22,5	11,6	5,9	1	3,5	-

Tabela 44: Estatística do vento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção média (°)	Direção de maiores intensidades (°)	Velocidade média (m/s)	Velocidade mínima (m/s)	Velocidade máxima (m/s)	Desvio Padrão(m/s)
73	220	6,3	0,3	12,6	2,4

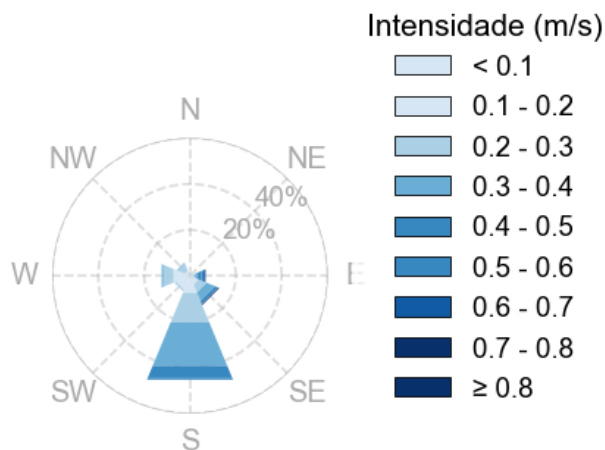


Figura 93: Rosa de corrente para o período de simulação da situação de maior massa de óleo acumulada na costa.

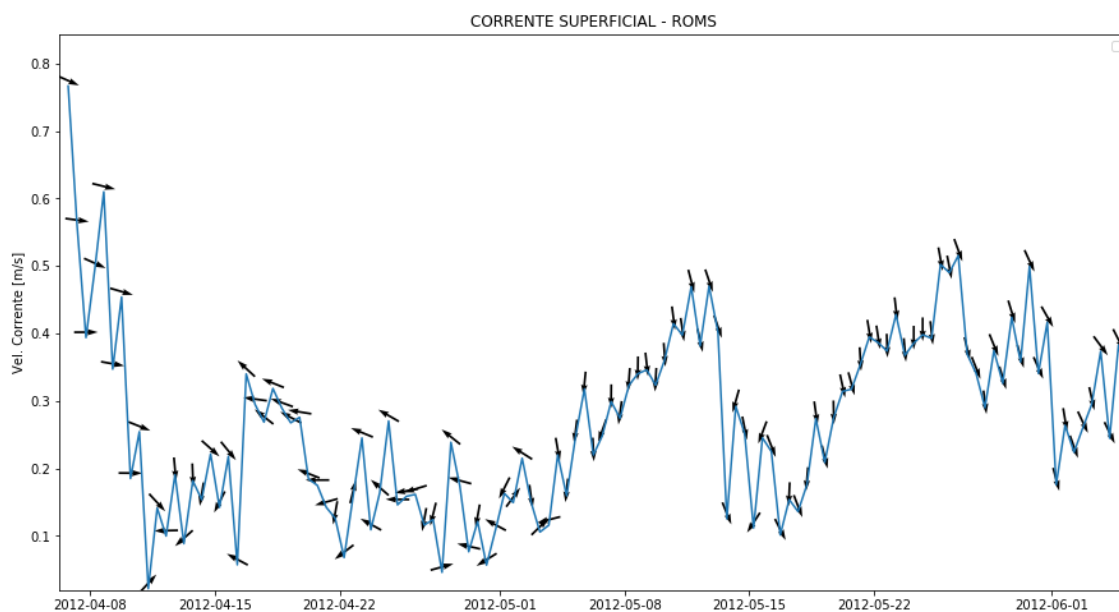


Figura 94: Stickplot dos dados de corrente próximo ao ponto de vazamento para o período de simulação de maior massa de óleo acumulada na costa.

Tabela 45: Ocorrência conjunta entre direção e intensidade de corrente para o ponto mais próximo do local do vazamento para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção -> Intensidade (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Freq (%)
< 0.1	4	5	4	10	5	23	12	5	9,4
0.1 - 0.2	4	4	6	20	53	25	44	13	23,5
0.2 - 0.3	2	-	8	27	101	6	34	24	28,1
0.3 - 0.4	-	-	9	29	147	-	6	3	26,9
0.4 - 0.5	-	-	11	9	42	-	-	-	8,6
0.5 - 0.6	-	-	9	1	5	-	-	-	2,1
0.6 - 0.7	-	-	5	1	-	-	-	-	0,8
0.7 - 0.8	-	-	1	3	-	-	-	-	0,6
≥ 0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Freq (%)	1,4	1,2	7,4	13,9	49	7,5	13,3	6,2	-

Tabela 46: Estatística de corrente para o período da condição de maior massa de óleo acumulada na costa.

Direção média (°)	Direção de maiores intensidades (°)	Velocidade média (m/s)	Velocidade mínima (m/s)	Velocidade máxima (m/s)	Desvio Padrão(m/s)
170	114	0,3	0	0,8	0,1



Ao analisar os dados de vento no período da simulação nota-se que ocorre a predominância de ventos de norte (25,3%), seguidos pelos ventos de sudeste (22,5%), com intensidades mais frequentes entre 6 e 8 m/s (32%). As informações de correntes mostram que a direção das correntes é principalmente para sul (49%) e que as velocidades predominantes estão entre 0,2 e 0,3 m/s (28,1%).

A seguir é apresentada a deriva do óleo em superfície e na coluna d'água, além da área varrida (em amarelo claro nas figuras) pela mancha de óleo durante toda a simulação. O resultado na coluna d'água representa a integração dos valores de concentração de óleo ao longo da longitude, isto é, é apresentado o maior valor de concentração em cada ponto de grade relativo à longitude e a profundidade.



MODOS DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 07-04-2012 09h

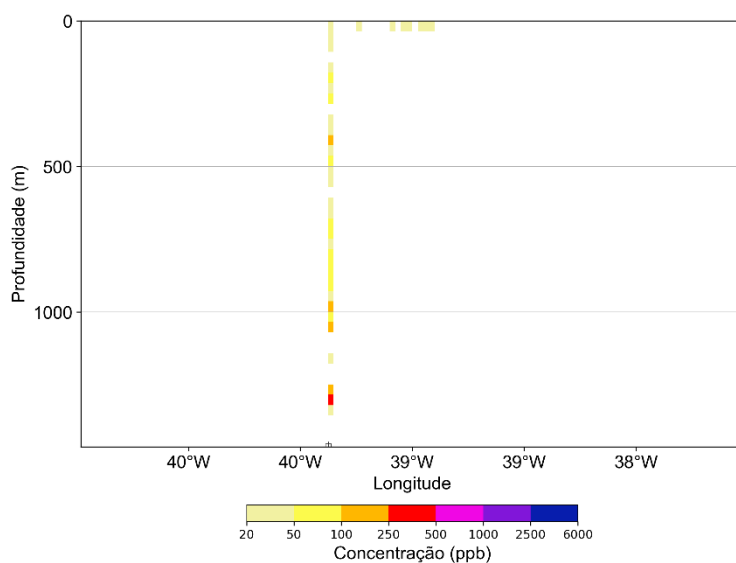
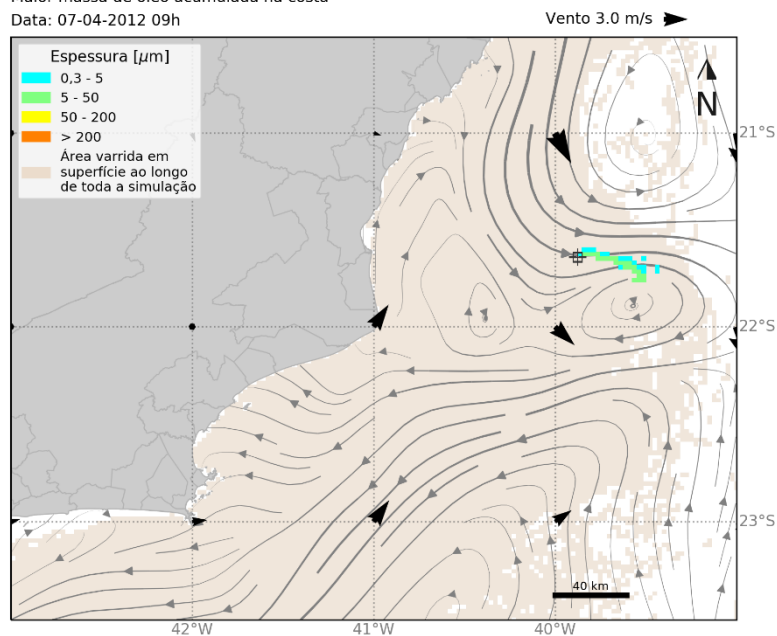


Figura 95: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 24 h do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 08-04-2012 09h

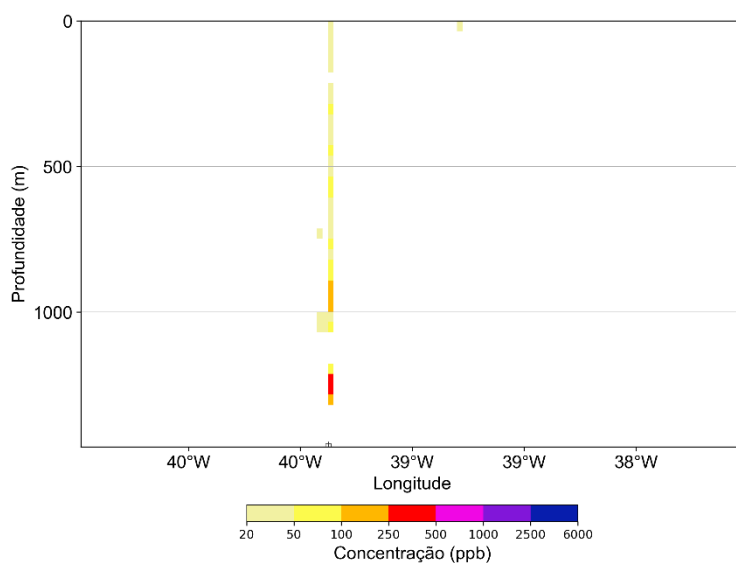
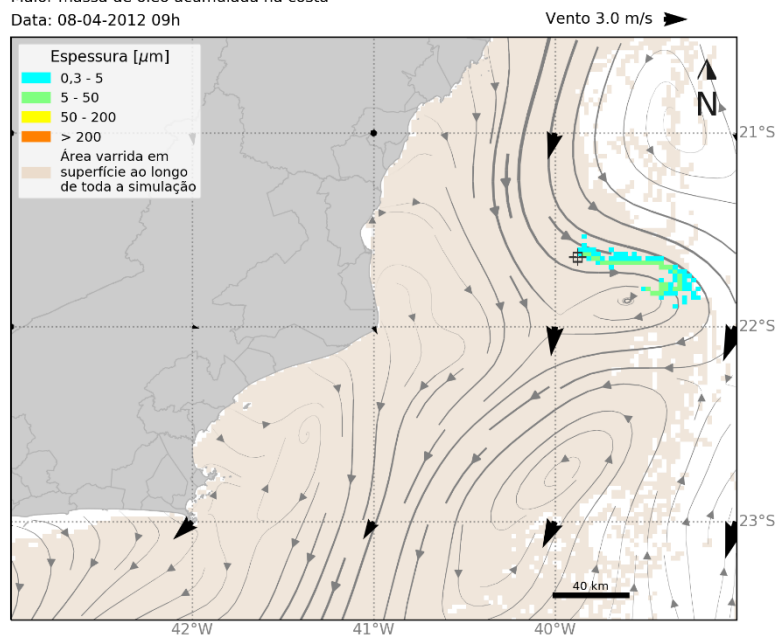


Figura 96: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 48 h do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MOD0 DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 10-04-2012 09h

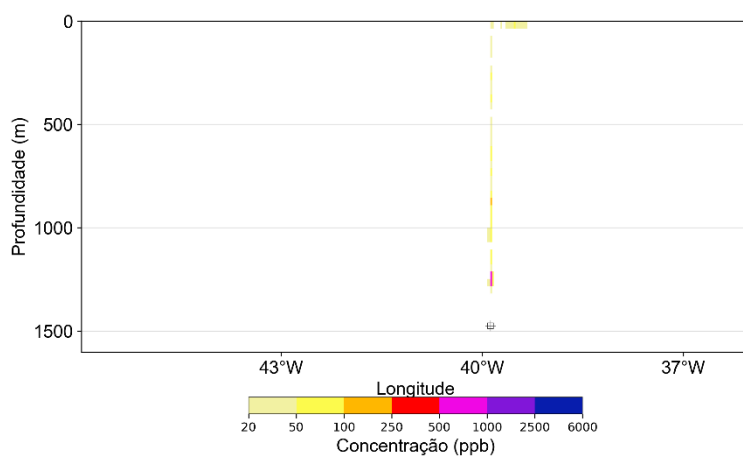
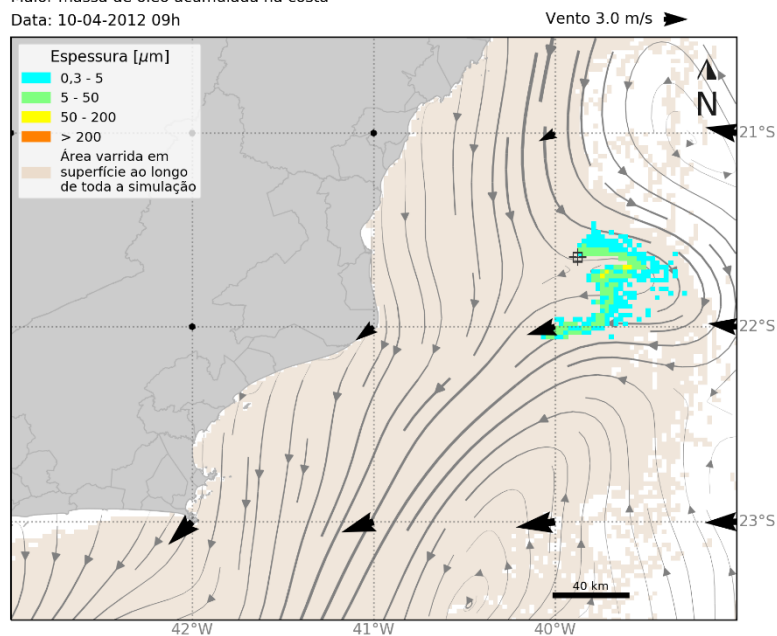


Figura 97: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 96 h do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 11-04-2012 09h

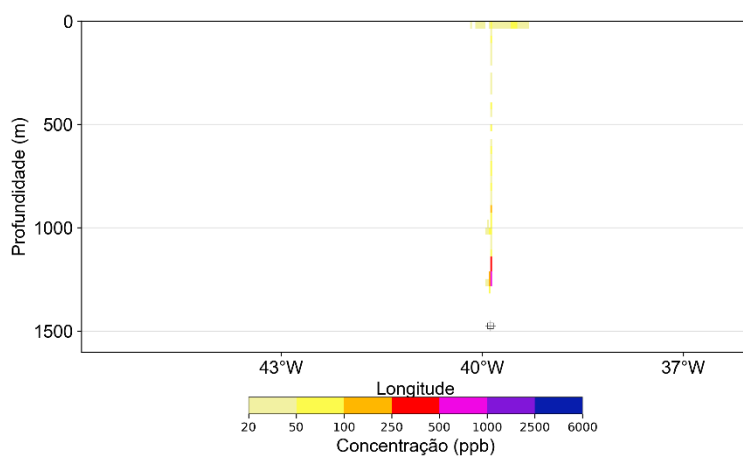
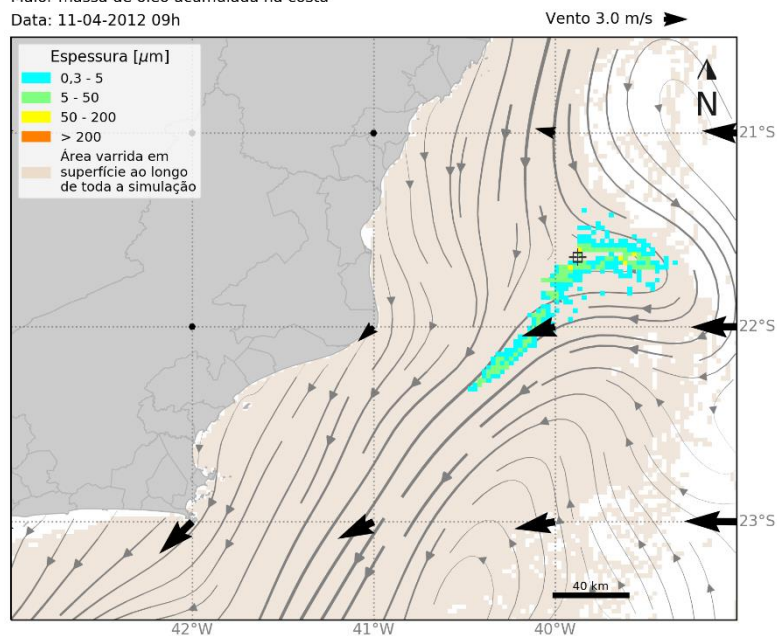


Figura 98: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 120 h do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 16-04-2012 09h

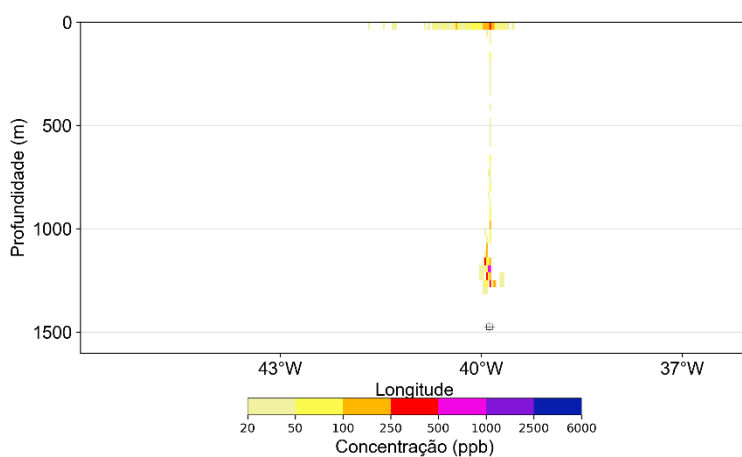
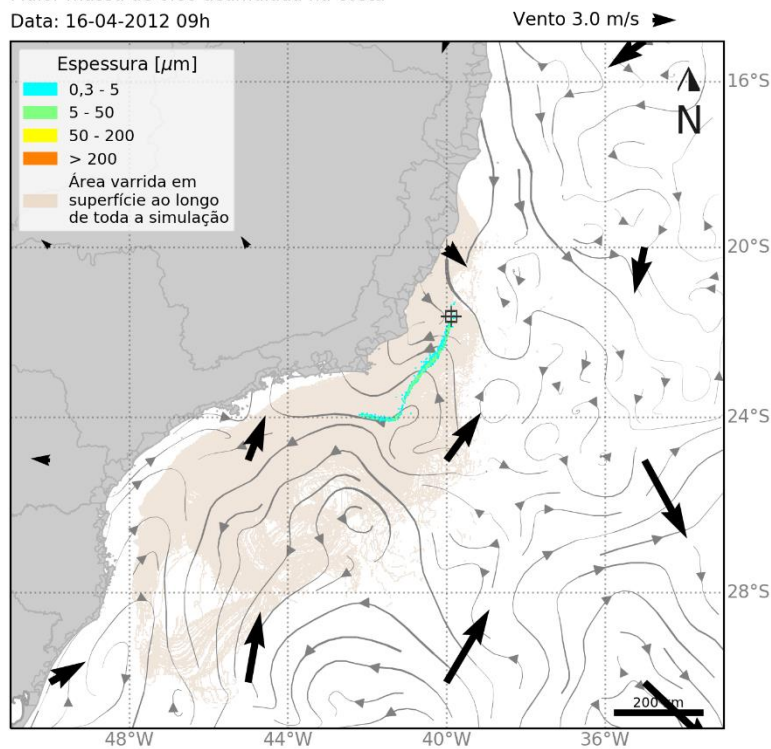


Figura 99: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 240 h (10 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 21-04-2012 09h

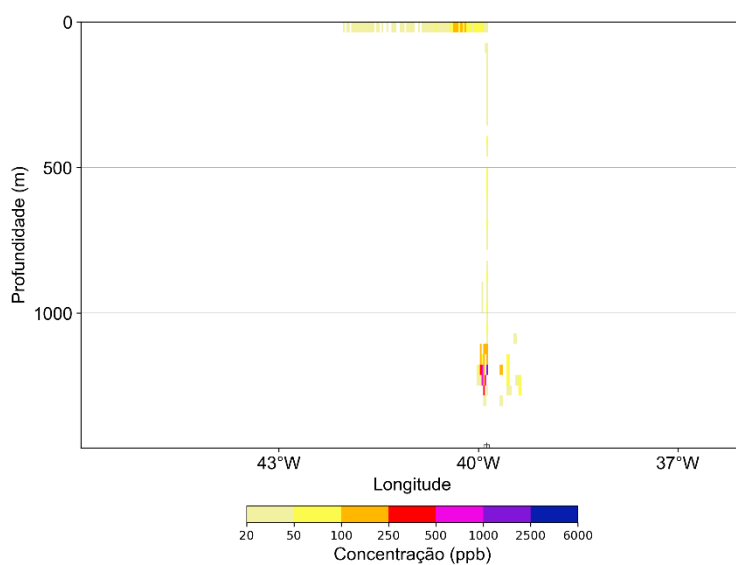
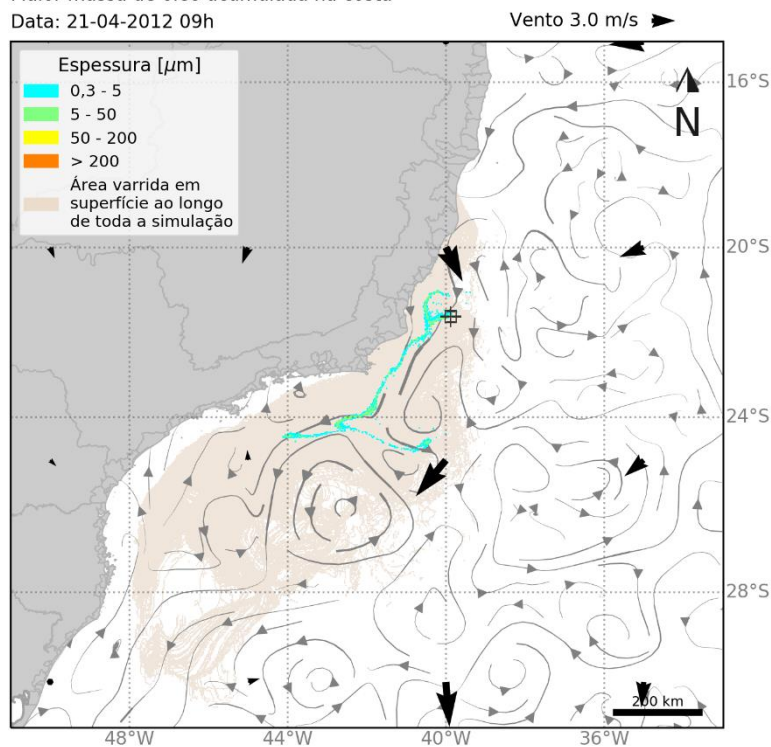


Figura 100: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 360 h (15 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 26-04-2012 09h

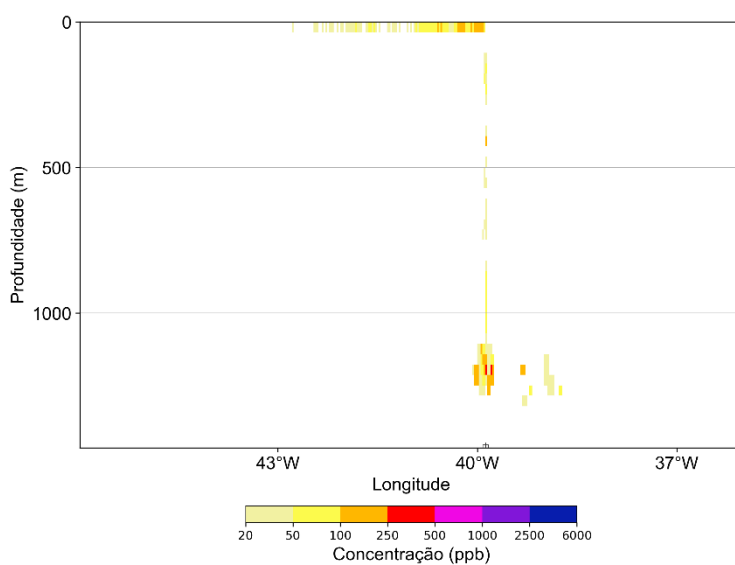
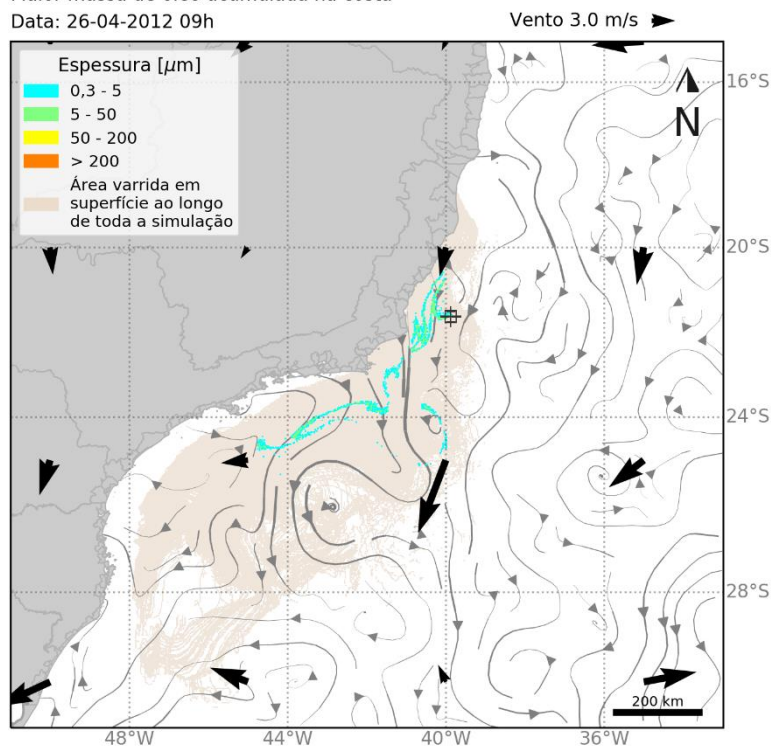


Figura 101: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 480 h (20 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 04-05-2012 03h

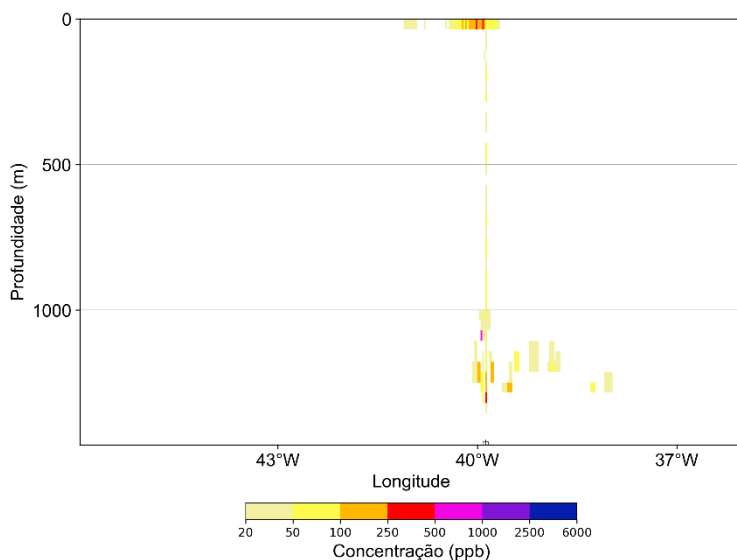
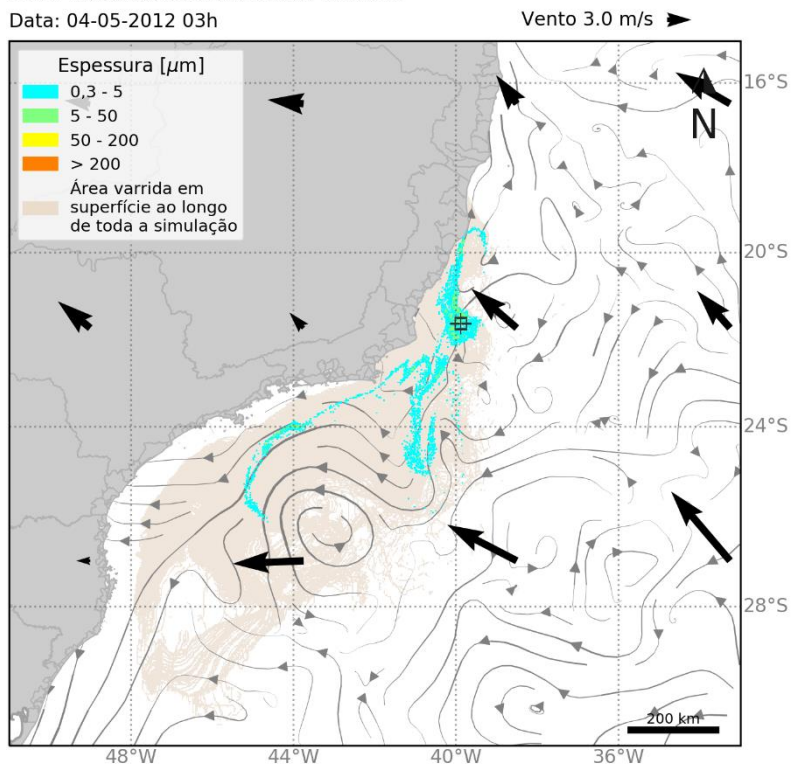


Figura 102: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 666 h (tempo do primeiro toque de óleo na costa – 27,75 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 06-05-2012 09h

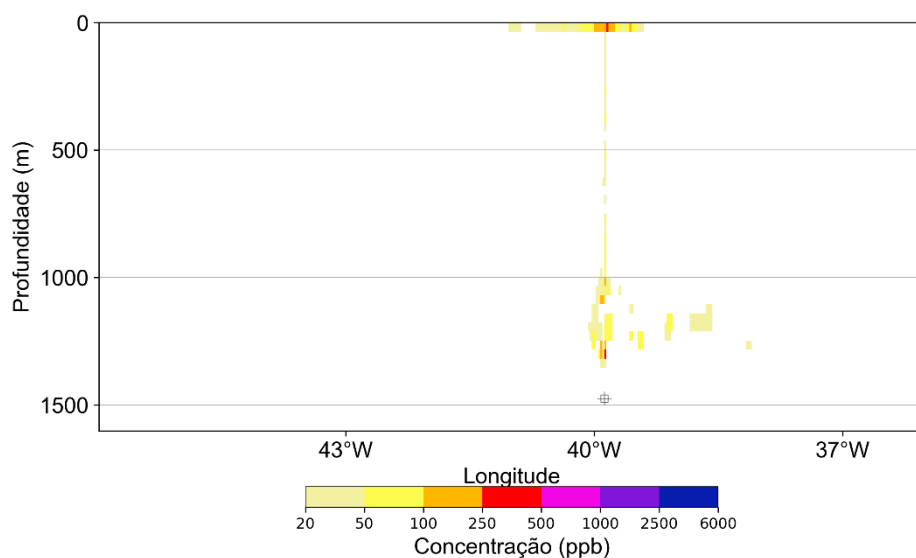
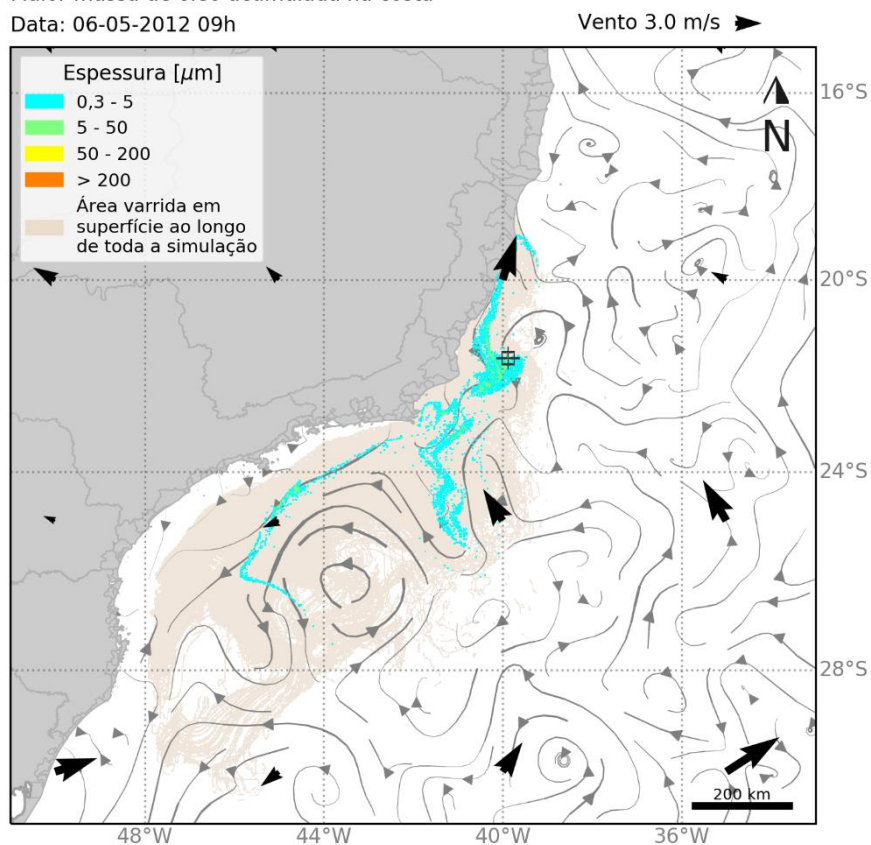


Figura 103: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 720 h (30 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 11-05-2012 09h

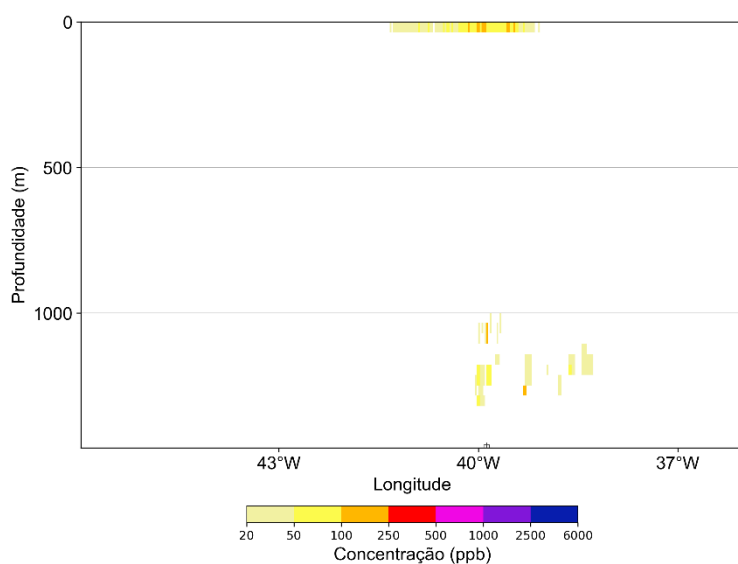
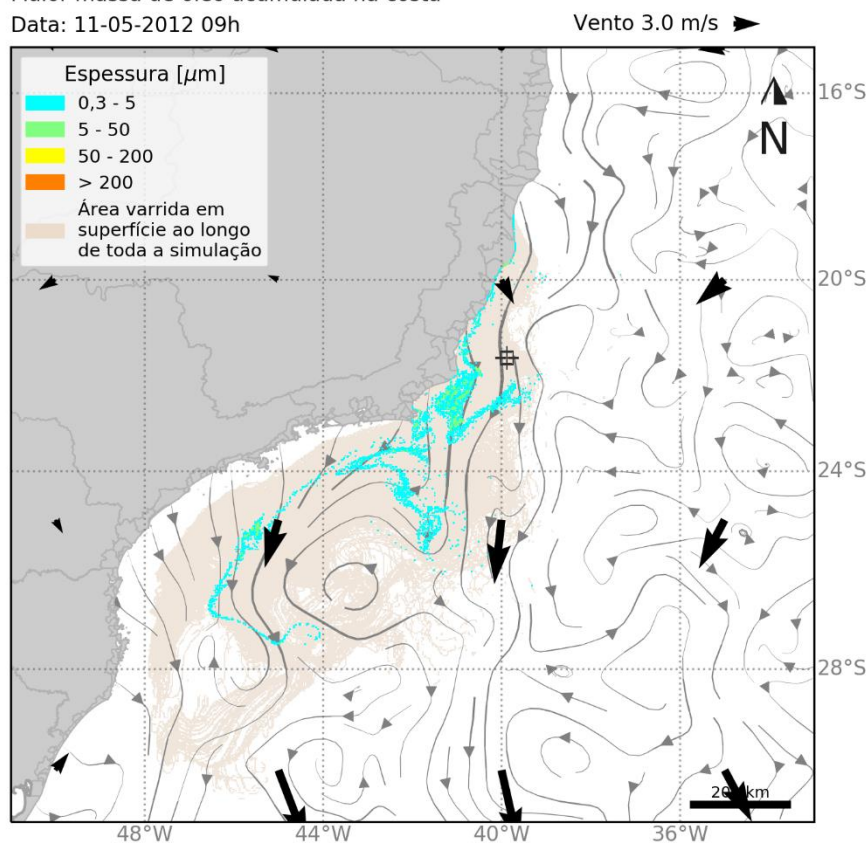


Figura 104: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 840 h (35 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 21-05-2012 09h

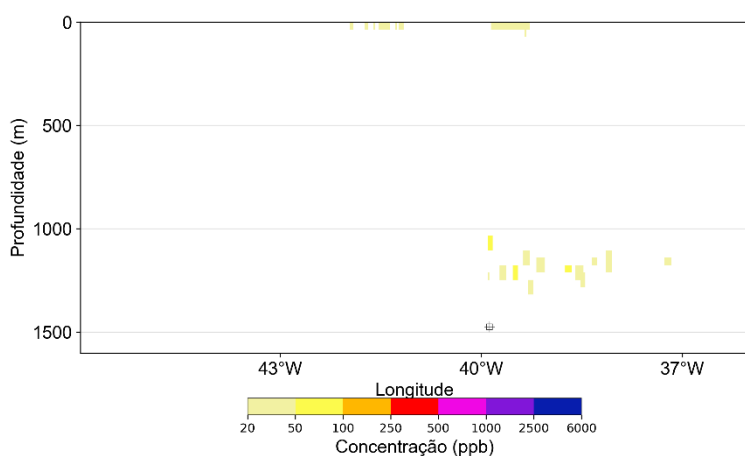
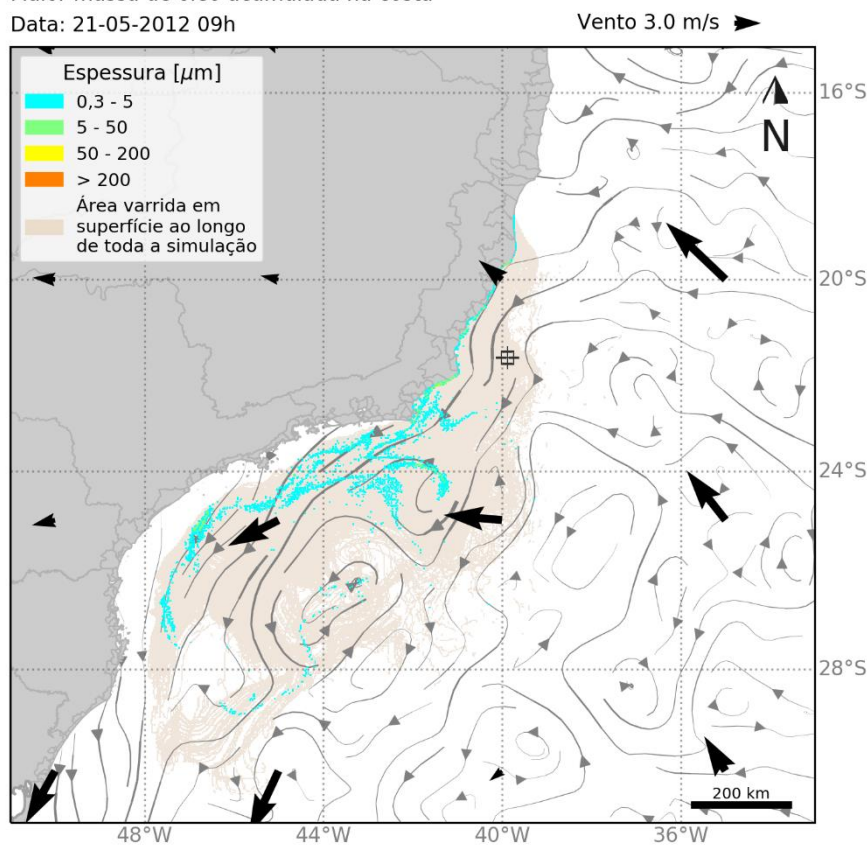


Figura 105: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 1080 h (45 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 05-06-2012 09h

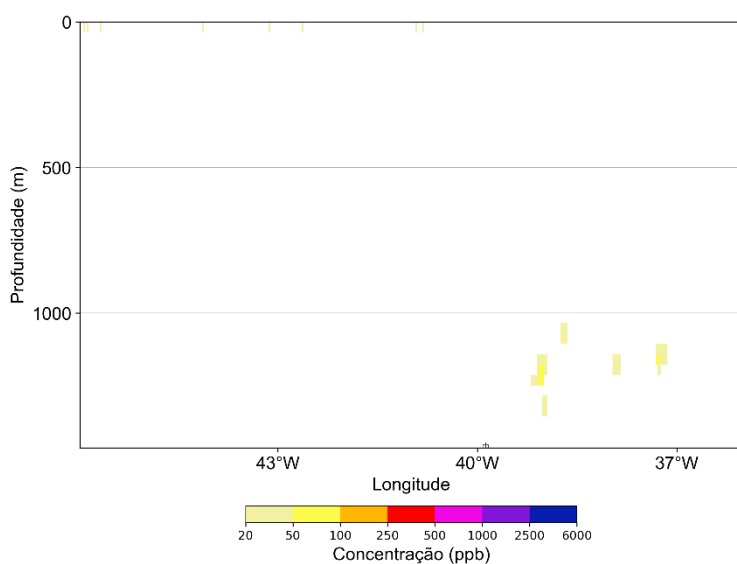
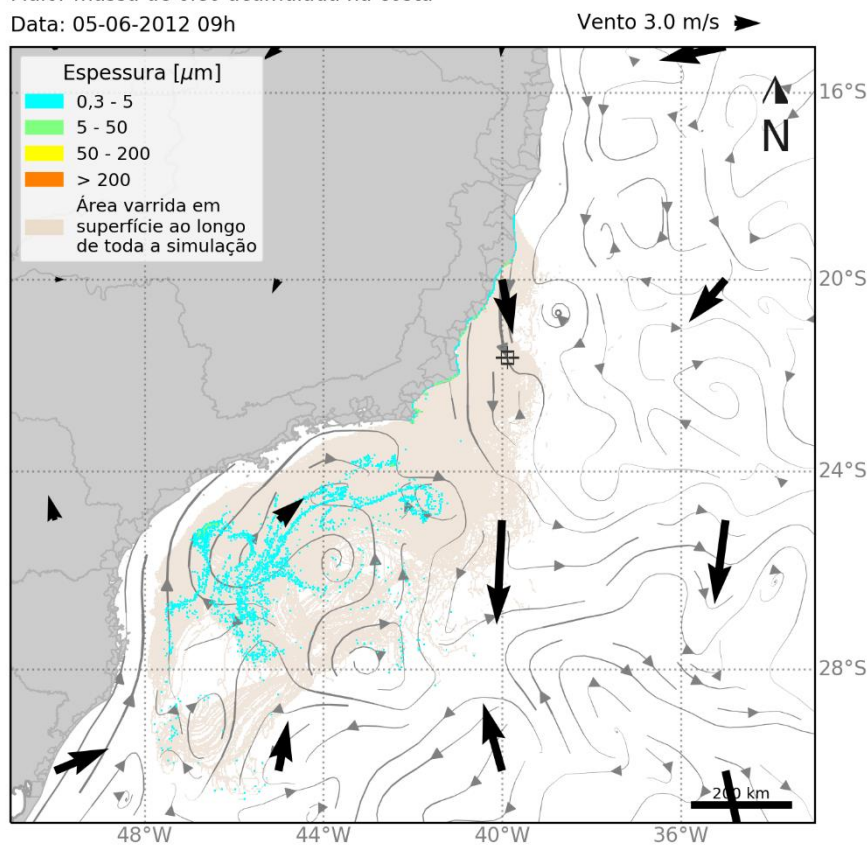


Figura 106: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 1440 h (60 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de espessura em superfície e concentração total de óleo na coluna d'água.

MODO DETERMINÍSTICO

Maior massa de óleo acumulada na costa

Data: 05-06-2012 09h

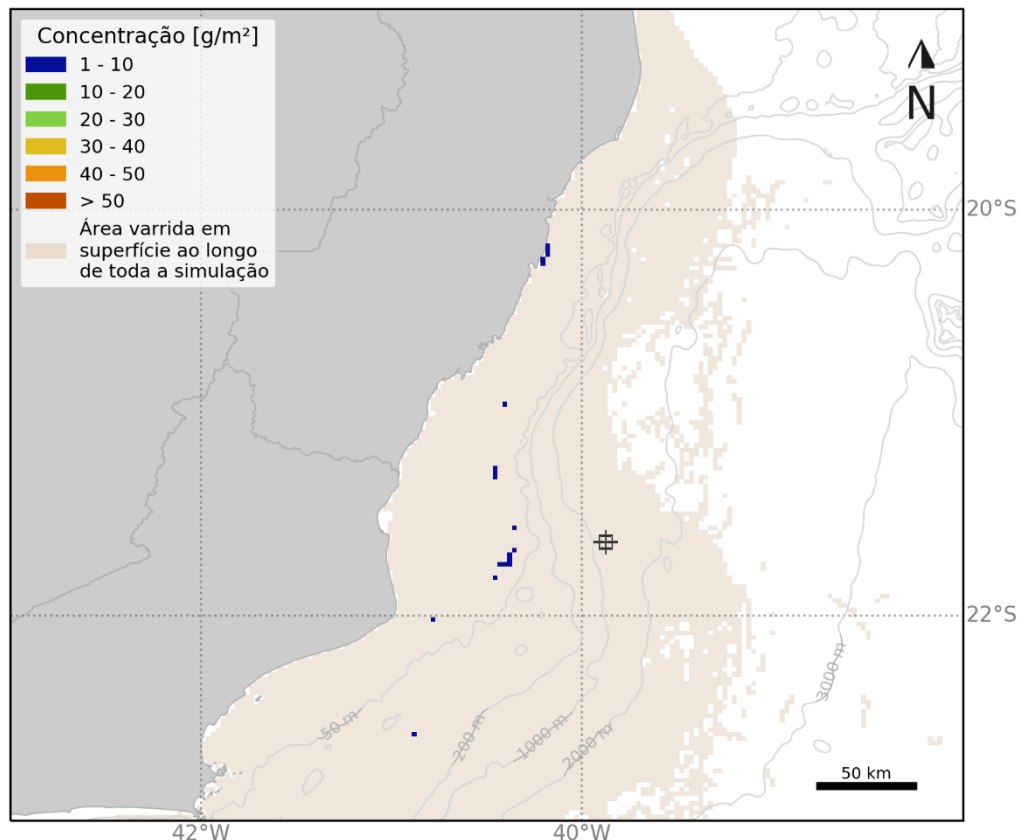


Figura 107: Resultado da simulação determinística em condição crítica de maior massa acumulada na costa, após 1440 h (60 dias) do início do vazamento de pior caso. Resultado de presença de óleo no fundo marinho.

Durante as primeiras 48 horas após o vazamento, a deriva do óleo segue para leste do ponto de vazamento, acompanhando um vórtice presente na região. Em 96 horas, a trajetória do óleo mudou para sudoeste, alinhando-se à direção predominante da Corrente do Brasil ao longo da costa, impulsionada por ventos de leste e correntes para sudoeste. Entretanto, após 666 horas (27,75 dias) os ventos na área do vazamento mudaram de direção, vindo de sudeste/sul. Isso ocasionou o deslocamento de parte da deriva do óleo em direção à costa do estado do Espírito Santo, atingindo, posteriormente, o município de Linhares. A partir do 28º dia, a mancha seguiu uma rota preferencial para o sudoeste, alcançando outros municípios do Espírito Santo e do Rio de Janeiro. Ao final da simulação, espessuras em superfície entre 0,3 e 5 µm podem alcançar até a latitude de 30°S.

Durante as primeiras 72 horas após o vazamento, foi observado concentrações de até 100 ppb em subsuperfície e até 1.000 ppb em profundidade próxima ao ponto de vazamento. Como o vazamento é de fundo, é possível observar concentrações acima de 20 ppb ao longo de toda a

coluna d'água, até o término do vazamento em 30 dias (720 horas). Em 35 dias, foram observadas concentrações variando entre 20 e 250 ppb tanto em profundidades abaixo de 1.00 metros quanto em camadas superficiais. Ao final da simulação, é possível observar concentrações até 100 ppb em profundidades abaixo de 1.000 metros próximo ao ponto de vazamento, e em subsuperfície até a longitude de 46°W.

Neste cenário determinístico crítico de maior massa foram observados valores de óleo no fundo entre 1 e 10 g/m² na plataforma continental frente ao estado do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

A seguir, é apresentada a evolução temporal do balanço de massa do óleo e a evolução da área e a massa de óleo durante a simulação.

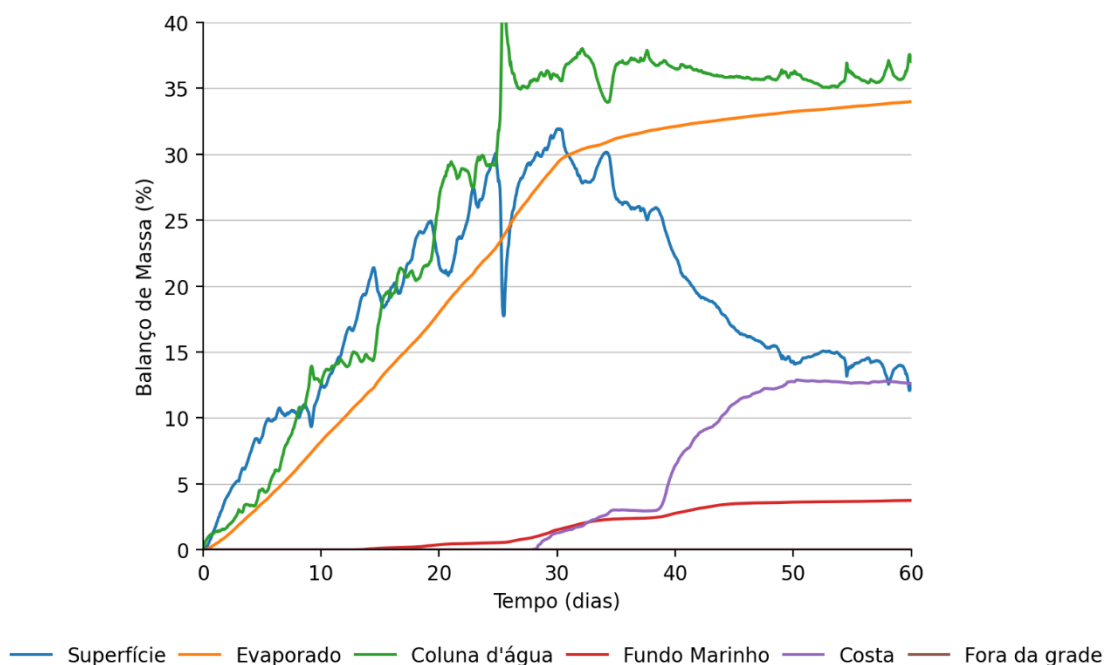


Figura 108: Balanço de massa do óleo durante a simulação da trajetória em condição crítica de maior massa acumulada na costa.

Tabela 47: Balanço de massa do óleo durante a simulação em valores percentuais em condição crítica de maior massa acumulada na costa.

Tempo (horas)	Superfície		Evaporado		Coluna d'água		Fundo Marinho		Costa	
	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)
24	1,6	1017	0,4	254,4	1,3	834,8	-	-	-	-
48	4	2506	1	650,3	1,7	1057	-	-	-	-
96	7,3	4623	2,7	1696	3,3	2107	-	-	-	-
120	8,5	5396	3,5	2226	4,6	2910	-	-	-	-
240	12,5	7905	8,2	5179	12,6	7979	-	-	-	-
360	19,3	12180	13	8189	17,6	11150	0,1	79,4	-	-
480	21,7	13680	18	11350	26,7	16850	0,4	249,1	-	-
666	29,3	18510	26,8	16960	35,5	22410	0,9	568,1	< 0.05	4,3
720	31,9	20150	29,3	18510	36	22750	1,5	960,8	1,3	810,3
840	26,7	16870	31,2	19710	36,7	23220	2,3	1482	3	1909
1080	16,9	10660	32,7	20680	35,8	22640	3,5	2209	11,1	7000
1440	12,6	7971	34	21480	37	23400	3,7	2366	12,6	7967

É observado que grande parte do óleo ao final da simulação ficou disperso na coluna d'água (37%). A evaporação foi um processo de intemperismo significativo, responsável pela retirada de 34% do total de óleo. Ao final de 60 dias, uma porcentagem de 12,6% ficou em superfície (7.971 tons), 3,7% no fundo marinho e 12,6% ficou acumulada na costa, equivalente a 7.967 toneladas.



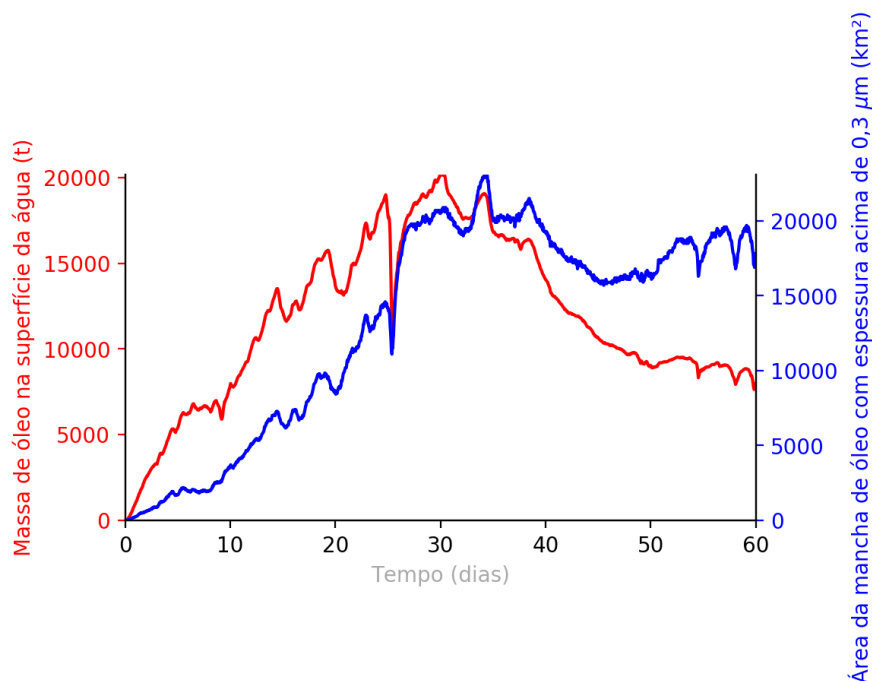


Figura 109: Área superficial da mancha de óleo e a massa de óleo na superfície do mar durante a simulação da trajetória em condição crítica de maior massa acumulada na costa.

Tabela 48: Área superficial, massa de óleo e espessura máxima da mancha de óleo durante a simulação em condição crítica de maior massa acumulada na costa.

Tempo (horas)	Área (km²)	Massa (t)	Espessura máxima (µm)
24	250	1017	39
48	581	2506	40
96	1560	4623	113
120	1710	5396	70
240	3660	7905	46
360	6440	12180	46
480	8540	13680	43
666	19800	18510	78
720	20500	20150	54
840	20100	16870	36
1080	16000	10660	181
1440	17800	7971	31

Os gráficos da massa e da área da mancha de óleo em superfície mostram um crescimento nos primeiros 30 dias em função da continuidade do vazamento de óleo. Após encerrado o vazamento, há um decaimento da massa até o final da simulação. A área da mancha aumenta ao longo de quase toda simulação, sofrendo algumas oscilações devido as forçantes ambientais atuantes, o óleo se

dispersa em superfície e aumenta sua área até 17.800 km² ao final da simulação. A espessura do óleo oscila ao longo da simulação, alcançando até 181 µm em 45 dias e 31 µm ao final da simulação.

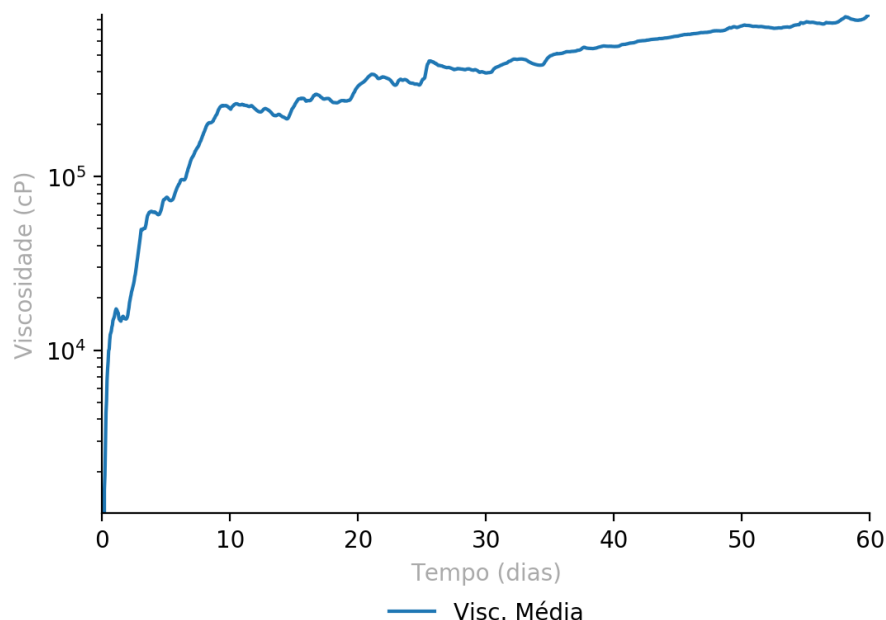


Figura 110: Viscosidade média do óleo durante a simulação em condição crítica de maior massa na costa.

Tabela 49: Tabela de viscosidade média do óleo durante a simulação em condição crítica de maior massa na costa.

Tempo (horas)	Visc. Média (cP)
24	16380
48	15960
96	62200
120	75610
240	245300
360	254300
480	332200
666	417300
720	394800
840	494200
1080	643200
1440	848900

O gráfico e a tabela de viscosidade mostram que a viscosidade média apresentou um aumento ao longo de toda simulação, com aumento exponencial nos primeiros dias. Ao final da simulação, a viscosidade média do óleo foi de 848.900 cP.

6. Considerações Finais

Os resultados das simulações probabilísticas indicaram que o óleo tende a se mover preferencialmente para sudoeste, influenciado pela direção dos ventos e correntes sobre o talude e plataforma continental. As diferenças entre os dois períodos simulados na integração dos vazamentos de pior caso são notáveis: no Período 1, devido a ventos frequentes do primeiro quadrante e correntes mais intensas para sudoeste, o óleo alcança distâncias maiores na direção sudoeste, atingindo regiões mais costeiras ao sul do Rio Grande do Sul, com uma extensão da área de probabilidades acima de 30% de até 1.840 km. Já no Período 2, com maior variação na direção dos ventos e enfraquecimento da Corrente do Brasil, a extensão da área com probabilidade acima de 30% é menor, chegando a 1.330 km, se aproximando mais da costa norte do RJ e da costa do ES. Além disso, devido à maior frequência de correntes para SSE no Período 1, o óleo se desloca para maiores distâncias no sentido offshore.

Para os cenários de vazamento com um volume de 8 m³ no Campo de Wahoo, não foram identificadas probabilidades de toque de óleo na costa e em UCs. Para estes cenários, a menor distância do óleo em superfície até a costa foi de aproximadamente 68 km no Período 1 e 45 km no Período 2, em relação aos municípios de Campos dos Goytacazes-RJ e Quissamã-RJ, respectivamente. Em relação às Unidades de Conservação (UCs), as menores distâncias observadas do óleo em superfície foram de 68 km no Período 1, associadas à PE da Lagoa do Açu-RJ, e 45 km no Período 2, em relação à APA do Lagamar-RJ.

Nos cenários com volume de vazamento de 200 m³ no Campo de Wahoo, a maior probabilidade de chegada de óleo no período 1 ocorreu em Quissamã-RJ (0,4%), e o tempo mínimo estimado para o toque foi em João da Barra-RJ (6 dias). Já no Período 2, a maior probabilidade foi observada em Arraial do Cabo-RJ (1,4%) e o menor tempo estimado para toque na costa foi de 9,6 dias, também no município de Arraial do Cabo - RJ. Em relação às UCs, a maior probabilidade foi observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo, atingindo 0,6% no Período 1 e 2% no Período 2. Quanto ao tempo mínimo de chegada do óleo nas UCs, foi registrado um tempo mínimo de 8,4 dias na RESEX Marinha Arraial do Cabo durante o Período 2, enquanto no Período 1, o menor tempo foi de 6,1 dias na RPPN Fazenda Caruara-RJ e na APA de Iguipari-RJ.

No cenário de pior caso para o vazamento no campo de Wahoo, a maior probabilidade de chegada do óleo foi observada em Florianópolis-SC (52,9%) durante o Período 1 e em Arraial do Cabo-RJ (47,3%) no Período 2. O óleo alcançou a costa em um tempo mínimo de 4,9 dias durante o Período 1 e 7,4 dias no Período 2, respectivamente em Guarapari-ES e Linhares-ES. Durante o Período 1, houve probabilidade de chegada do óleo em 92 municípios, abrangendo a área entre Linhares-ES e Santa Vitória do Palmar-RS, enquanto no Período 2 houve probabilidade em 56 municípios, situados entre Mucuri-BA e Balneário Barra do Sul-SC.

Em relação às UCs nos cenários de pior caso no campo de Wahoo, foi identificada probabilidade de chegada de óleo em 174 unidades de conservação (UCs) durante o Período 1 e 169 UCs no Período 2. Durante o Período 1, a maior probabilidade registrada foi de 55,9%, observada na REBIO Marinha



do Arvoredo-SC. Já no Período 2, a maior probabilidade foi de 70,7%, observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo-RJ. O tempo mínimo de chegada do óleo nas UCs durante o Período 1 foi de 4,3 dias, constatado na APA de Três Ilhas-ES. Já para o Período 2, o menor tempo registrado foi de 5,8 dias, observado na APA Costa das Algas-ES.

Nos cenários de 8 m³ no campo de Frade, as menores distâncias do óleo em superfície até a costa foram aproximadamente 45,7 km no Período 2 e 61,5 km no Período 1, impactando os municípios de Campos dos Goytacazes - RJ e Armação de Búzios - RJ, respectivamente. Em relação às UCs, as menores distâncias identificadas do óleo em superfície foram de 61,5 km no Período 1, relacionadas à PE Costa do Sol - RJ, e 37,2 km no Período 2, associadas à RESEX Marinha Arraial do Cabo.

Nos cenários de vazamento de 200m³ no campo de Frade, não foi observada probabilidade de presença de óleo nos municípios no Período 1, a menor distância de presença de óleo em superfície até a costa foi de 4,3 km relativo ao município de Angra dos Reis-RJ. O menor tempo para o toque do óleo foi de 8,2 dias no município de Campos dos Goytacazes-RJ (Período 2), a maior probabilidade (1%) foi observada nos municípios de Campos dos Goytacazes e Arraial do Cabo-RJ. Em relação às UCs, a maior probabilidade de presença de óleo foi observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo, com 0,4% no Período 1 e 2% no Período 2. No Período 1, o menor tempo de chegada de óleo na costa também ocorreu na RESEX Marinha Arraial do Cabo, com 9,5 dias. No Período 2, o menor tempo registrado para a chegada do óleo nas UCs foi de 8,2 dias, na PE Lagoa do Açú-RJ.

No cenário de pior caso para o vazamento no campo de Frade, há probabilidade de chegada de óleo em 29 municípios no Período 1, entre São Francisco do Itabapoana-RJ e Jaguaruna-SC, e 34 municípios no Período 2, entre Aracruz-ES e Itanhaém-SP. A maior probabilidade é observada em Armação dos Búzios-RJ tanto no Período 1 (1,2%) como no período 2 (9%). No Período 1, o menor tempo de chegada de óleo na costa foi observado em São João da Barra -RJ e Campos dos Goytacazes - RJ (5,6 dias), já no Período 2 foi de 7,6 dias em Armação dos Búzios-RJ.

Nos cenários de vazamento de pior caso de Frade, foi identificada probabilidade de chegada de óleo em 77 unidades de conservação (UCs) durante o Período 1 e 111 UCs no Período 2. Durante o Período 1, a maior probabilidade de chegada do óleo foi observada na RESEX Marinha Arraial do Cabo-RJ, com 2,6%. Já no Período 2, essa probabilidade foi de 14,2% na mesma UC. O menor tempo para a chegada do óleo nas UCs durante o Período 1 foi de 5,6 dias, observado na APA de Iquipari-RJ. Já para o Período 2, o menor tempo registrado foi de 7,3 dias, identificado na PE da Costa do Sol-RJ.

Em relação à coluna d'água nos cenários com vazamento de pior caso no campo de Wahoo, como se trata de um vazamento de fundo, o óleo sobe como em uma coluna vertical, desde 1.462 metros à superfície. Comparado a superfície, na coluna d'água observam-se maiores probabilidades de presença de óleo ao norte do ponto de vazamento, ao largo do talude, em virtude das correntes com sentido norte/nordeste associadas a Contra Corrente Intermediária (CCI). Em relação às concentrações, os maiores valores (> 1.000 ppb) são observados próximos do ponto de vazamento e em profundidades maiores que 1.000 metros.



Em relação à coluna d'água nos cenários com vazamento de pior caso no campo de Frade, é possível verificar que a área com probabilidade de presença de óleo é semelhante à observada em superfície. As maiores probabilidades de presença de óleo na coluna d'água são observadas a sudoeste do ponto de vazamento, sob influência da CB. Como o vazamento ocorre em superfície, as probabilidades de presença de óleo estão restritas às primeiras camadas da coluna d'água, até os primeiros 60-70 metros e as probabilidades acima de 30% restritas aos primeiros 30 metros. Em relação às concentrações na coluna d'água, valores entre 1.000 e 6.000 ppb podem ser encontrados próximos ao ponto de vazamento, até os 40 metros de profundidade.

No cenário de pior caso de Wahoo, ao longo dos 60 dias de simulação, os processos predominantes foram a dispersão na coluna d'água, com mediana entre 42% e 47%, seguida pela evaporação, com uma mediana em torno de 38%. Ao final das simulações, constatou-se que o óleo remanescente em superfície apresentou uma mediana entre 13% e 17%, com o valor máximo variando entre 22% e 25%. Em relação ao fundo marinho, a mediana das simulações foi de 0,2%, enquanto o máximo observado na costa foi de 13,7%.

Durante os 31 dias de simulação no cenário de pior caso de Frade, o principal processo observado foi a evaporação, com mediana de aproximadamente 57%. O óleo remanescente na superfície ao término das simulações variou entre uma mediana de 34% a 37%, atingindo um valor máximo próximo de 51%. Quanto à dispersão na coluna d'água, a mediana foi de 8% no Período 1 e 5% no Período 2. No fundo marinho, as simulações apresentaram uma porcentagem máxima de 0,1% no Período 1 e 0,2% no Período 2. Em relação à costa, a porcentagem máxima observada durante as simulações foi de 3% no Período 1 e 39,7% no Período 2.

As simulações determinísticas foram baseadas nos resultados probabilísticos dos pontos de vazamento no campo de Wahoo e no campo de Frade, em cenários de pior caso. Duas condições específicas foram selecionadas para representar o tempo mínimo de chegada de óleo à costa e a máxima quantidade de óleo na costa decorrente do ponto de risco escolhido. Ambas as condições foram observadas no vazamento de pior caso de Wahoo. No entanto, o período 1 demonstrou o menor tempo de chegada do óleo à costa, enquanto o período 2 evidenciou a maior massa de óleo acumulada. Em ambas as simulações, a deriva preferencial foi para sudoeste. O menor tempo de chegada do óleo à costa foi registrado em Guarapari - ES, com 4,9 dias, enquanto a maior massa acumulada na costa foi de 7.967 toneladas, com o primeiro toque de óleo ocorrendo em Linhares - ES, após 27,75 dias.

No fundo marinho, para o vazamento de pior caso do campo de Wahoo, a área com probabilidades inferiores a 5% é maior no Período 2 do que no Período 1. São observadas probabilidades de presença de óleo acima de 90% próximas ao ponto de vazamento, em ambos os períodos. A área de probabilidade no fundo marinho está localizada em frente aos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro tanto para o Período 1 quanto para o Período 2. Para o vazamento de pior caso no campo de Frade, as probabilidades no fundo marinho inferiores a 5% são observadas na plataforma continental, em ambos os períodos. Contudo, no Período 1 essas probabilidades estão localizadas

em frente ao estado de São Paulo, já no Período 2, estas probabilidades estão localizadas próximas a costa norte do estado do Rio de Janeiro.



7. Bibliografia

- AMANTE, C., and B.W. EAKINS. 2009. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 19 pp, Whole-world grids available on-line at [<http://ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>] from the NOAA, NESDIS, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado U.S.A.
- ASTM, 2013. Standard Practice for Development and Use of Oil-Spill Trajectory Models. Designation: F2067-13. American Society for Testing and Materials. DOI: 10.1520/F2067-13.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2007. Resolução Conama nº 393. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/> > Acesso em 13/03/2015.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2008. Resolução Conama nº 398. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/> > Acesso em 05/11/2021.
- ELLIOT, A.J. A probabilistic description of the wind over Liverpool Bay with application to oil spill simulations Estuarine, Coastal and Shelf Science 61 (2004) 569–581.
- ELPN/IBAMA. Informação Técnica nº 023/2002. Modelagem de Derramamento de Óleo no Mar.
- GABARDO, I. T., 2007. Caracterização Química e Toxicológica da água Produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande Norte. UFRN.
- HAIDVOGEL, D. B., H. ARANGO, W. P. BUDGELL, B. D. CORNUELLE, E. CURCHISTER, E. DI LORENZO, K. FENNEL, W. R. GEYER, A. J. HERMANN, L. LANEROLLE, J. LEVIN, J. C. McWILLIAMS, A. J. MILLER, A. M. MOORE, T. M. POWELL, A. F. SHCHEPETKIN, C. R. SHERWOOD, R. P. SIGNELL, J. C. WARNER, and J. WILKIN, 2008. Ocean forecasting in terrain-following coordinates: Formulation and skill assessment of the Regional Ocean Modeling System. Journal of Computational Physics, 227, 3595-3624.
- HENNERMANN, K. ERA5 Data Documentation. Disponível em: <https://software.ecmwf.int/wiki/display/CKB/ERA5+data+documentation> Acesso em 20/09/2017.
- ICMBIO, 2018. Sistema Informatizado de Monitoria de RPPN. Disponível em: <http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/>. Acesso em 18 de dezembro de 2018.
- LONG, E. R.; MACDONALD, D. D.; SMITH, S.L.; CALDER, F. D. (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environ. Manage. 19, 81-97.

- MMA, 2019. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados>.
Acesso em 04 de janeiro de 2019.
- MMA, 2021. Cartas de Sensibilidade ao Óleo. Disponível em: <
<https://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-de-sensibilidade-ao-oleo.html> >. Acesso
em 07/04/2021.
- MAREM. Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar – MAREM (Projeto de
Proteção e Limpeza da Costa – PPLC; Projeto de Proteção à Fauna – PPF). Rio de Janeiro.
Acordo de Cooperação Técnica – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
Renováveis (IBAMA) e Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP), 2016.
Disponível em: <www.marem-br.com.br>. Acesso em 01/03/2021.
- OSPAR COMMISSION. 2014. Background document. Establishment of a list of Predicted No Effect
Concentration (PNECs) for naturally occurring substances in produced water. OSPAR
Agreement 2014-05.
- RYE, H.; REED, M.; DITLEVSEN, M.K.; BERNTSEN, S. The “Environment Impact Factor” (EIF) for
produced water discharges – a tool for reducing environmental impacts. In: Development and
Application of Computer Techniques to Environmental Studies. WIT Press, 2004.
- SMIT, M.G.; BECHMANN, R.K.; HENDRIKS, A.J.; SKADSHEIM, A.; LARSEN, B.K.; BAUSSANT, T.; SHAW,
B.; SANNI, S. 2009. Relating biomarkers to whole-organisms effects using species sensitivity
distributions: A pilot study for marine species exposed to oil. Environmental Toxicology and
Chemistry, vol. 28, no. 5, pp. 1104-1109.
- WWF, 2016. Observatório de UCs. Disponível em: <http://observatorio.wwf.org.br/mapa/>. Acesso em
10 de dezembro de 2016.



8. Anexos

ANEXO I Descrição do modelo de transporte de óleo

ANEXO II Mapa com Unidades de Conservação consideradas no estudo

ANEXO III Mapa com detalhamento de linha de costa utilizado para a definição da grade do modelo do OSCAR

ANEXO IV Descrição do modelo hidrodinâmico

ANEXO V Cadastro Técnico Federal da equipe técnica



- ANEXO I -

Descrição do Modelo de Transporte de Óleo

Modelo de Dispersão de Óleo

Descrição do modelo OSCAR

RELATÓRIO TÉCNICO [REV.00]

Preparado por:

CLS Brasil

CLS Brasil

Av. Rio Branco, 311/1205 - Centro
CEP 20.040-009 - Rio de Janeiro - RJ
Tel./Fax + 55 21 2532.5666

© CLS Brasil 2023

The copyright in this document is vested in CLS Brasil. 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 P CLS Brasil.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da CLS Brasil. 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 CLS Brasil.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 02

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 03

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 04

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 05

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:



Equipe técnica

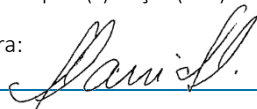
Flávia Pozzi Pimentel

Registro no Conselho de Classe: Não Aplicável

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

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura:



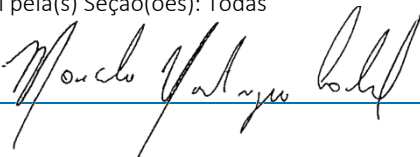
Marcelo Montenegro Cabral

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:



Sumário

1. Introdução.....	5
2. Escolha do modelo e limitações.....	5
3. Processos Físico-Químicos do Óleo.....	6
3.1. Advecção.....	7
3.2. Espalhamento	8
3.3. Evaporação.....	8
3.4. Dispersão Natural.....	9
3.5. Emulsificação	10
3.6. Dissolução	10
3.7. Degradação	11
3.8. Sedimentação	13
4. Propriedades Físicas do Óleo	14
5. Concentração na coluna d'água.....	15
6. Óleo na Costa	16
7. Massa Máxima de Óleo na Costa.....	17
8. Blowout Submerso.....	18
9. Resumo dos Parâmetros Físicos e Numéricos	20
10. Bibliografia	23

1. Introdução

O presente relatório apresenta o modelo computacional OSCAR utilizado em estudos de dispersão de óleo tanto em regiões offshore como para corpos d'água interiores. O OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*), modelo desenvolvido pela SINTEF, é capaz de avaliar a evolução de óleo na superfície da água, ao longo de costas, na coluna d'água e no sedimento. Os principais componentes do sistema OSCAR são um modelo de intemperismo, um modelo de trajetória em três dimensões e um modelo de combate a vazamentos acidentais (REED, 2001; REED *et al.*, 2004).

Na Figura 1 é apresentado um esquema ilustrativo das três principais etapas no processo da simulação: os dados de entrada (características do vazamento e condições ambientais), os processos realizados em diferentes intervalos de tempo (intemperismo atuante no óleo) e os resultados (balanço de massa do óleo, distribuição geográfica e propriedades).

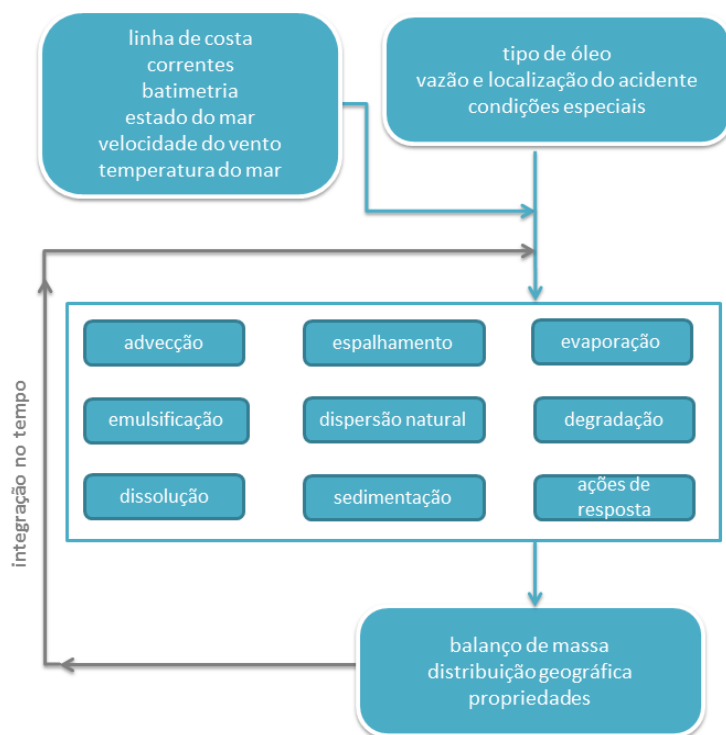


Figura 1: Esquema simplificado dos dados de entrada, processos e dados de saída (resultados) usados e obtidos pelo modelo OSCAR. Adaptado de Reed (2001).

2. Escolha do modelo e limitações

Para a modelagem probabilística e determinística de transporte de óleo foi utilizado o modelo OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*), o qual incorpora o “estado da arte” no tema de modelagem de dispersão de óleo. De uma forma geral, no entanto, modelos de transporte e destino de óleo no mar são ferramentas que representam de maneira simplificadas um grande número de

fenômenos, onde cada um desses fenômenos é transformado em equações matemáticas que guardam em si diversas simplificações. Pela dificuldade de medições *in situ* (realizadas em alguns experimentos controlados ou em eventos acidentais), estes processos físico-químicos são parametrizados, majoritariamente através de estudos em laboratório. Assim, pode-se apontar que essas são limitações presentes em qualquer sistema de modelagem de dispersão de óleo.

Spaulding (2017) aponta que os modelos atuais (OSCAR, SIMAP/OILMAP, GNOME/ADIOS e outros) apresentam a mesma estrutura básica, utilizando:

- a formulação de partículas lagrangianas para os processos de transporte, utilizando o método de *random walk* (passeio aleatório);
- todos focam no transporte tridimensional e processos de intemperismo, e que podem ser aplicados para vazamentos superficiais ou subsuperficiais;
- os algoritmos que descrevem os processos de intemperismo são baseados em princípios fundamentais básicos e são calibrados/validados em observações de laboratório e de campo, onde os processos são modelados com a transferência de massa entre os compartimentos (superfície, coluna d'água, costa, fundo marinho) e na alteração das propriedades do óleo.

Dessa forma, pode-se apontar que essas são limitações presentes em qualquer modelo de óleo e no atual estágio da modelagem de dispersão de óleo, os modelos que são estado-da-arte devem apresentar resultados muito próximos.

3. Processos Físico-Químicos do Óleo

Uma breve descrição dos processos físicos/químicos atuantes no óleo e de como eles são representados no modelo OSCAR, será apresentada a seguir, com base no relatório desenvolvido por Reed (2001).

O modelo OSCAR utiliza a aproximação de multicomponentes. Tal metodologia consiste na especificação de um número de componentes individuais ou pseudo-componentes para representação da massa de óleo. Cada componente é associado com um conjunto de parâmetros que governam os processos de transformação do óleo.

Os processos de evaporação, dissolução e degradação estão diretamente relacionados com a massa de cada um dos componentes do óleo e são calculados dinamicamente a cada passo de tempo do modelo. Detalhes sobre a formação de multicomponentes do OSCAR podem ser vistos em Reed *et al.* (2000).

Outros processos como espalhamento, entranhamento e mistura vertical estão mais diretamente relacionados com “macro-características” do óleo, como densidade e viscosidade.

No entanto, como apresentado a seguir, existe uma inter-relação entre todos os processos de intemperismo.

3.1. Advecção

A advecção é calculada a partir da soma de uma velocidade local média e de uma componente turbulenta de base aleatória. A velocidade local média é a soma das velocidades de correntes, ventos e a componente governada pela onda (Stokes) e a componente turbulenta (w') é expressa como:

$$w' = R\sqrt{6k/\Delta t} \quad 3-1$$

onde R é um número aleatório entre -1 e 1, K é o coeficiente de dispersão turbulenta, estimado para as direções horizontais e verticais, e t o tempo.

O coeficiente de dispersão horizontal pode ser calculado a partir de dados aproximados de estudos de dispersão de traçadores (OKUBO (1971, 1974) apud REED, 2001; BOWDEN, 1983):

$$K_x = 0,0027t^{1,34} \quad 3-2$$

para K em cm^2/s e t em segundos.

O coeficiente de difusão turbulenta acima da pycnoclina relacionado às condições de onda, segundo Ichiye (1967, apud REED, 2001), é:

$$K_z = 0,0028 \frac{H^2}{T} \exp(-2Kz) \quad 3-3$$

sendo H a altura de onda, T o período de onda e K o número de onda. Abaixo da profundidade da pycnoclina, Kz é assumido como uma constante igual a 10^{-4} m/s^2 (KULLENBERG, 1984 apud REED, 2001). Na ausência da pycnoclina, a equação de Ichiye é aplicada da superfície ao fundo.

O deslocamento vertical das gotículas de óleo é calculado pela soma da velocidade turbulenta de base aleatória e uma velocidade vertical (subida ou descida). As velocidades verticais são calculadas usando a média harmônica de dois extremos, sendo o coeficiente de arrasto em função do número de Reynolds (JOHANSEN, 2000):

$$w_{\text{ascendente}} = 1/(w_1^{-1} + w_2^{-1})$$

onde

$$w_1 = d^2 g' / 18\nu, \text{ (para número de Reynolds} < 1000), \text{ e}$$

$$w_2 = \sqrt{3d/|g'|}, \text{ (para número de Reynolds} > 1000),$$

sendo $g' = g(\rho_a - \rho_0)/\rho_a$ onde g é a aceleração gravitacional e ν a viscosidade cinemática da água ($\sim 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

O coeficiente de arrasto do vento na deriva superficial do óleo utilizada neste estudo foi **3,5% da intensidade do vento**.

3.2. Espalhamento

O espalhamento do óleo na superfície do mar envolve diversas interações entre forças e processos, e alguns estudos (FAY, 1969 apud REED, 2001, HOULT, 1972; FANNELØP & WALDMAN, 1972 apud REED, 2001) já mostraram que o espalhamento passivo do óleo ocorre devido às forças da gravidade, momento e viscosidade. Para a representação do espalhamento transversal de uma mancha de vazamento contínuo, é utilizada neste modelo uma equação unidimensional:

$$x_{LE} = C_0 \left(\frac{g \Delta \rho}{\rho_w^2} \right)^{1/4} \frac{m^{1/2}}{(\rho_w \mu_w)^{1/8}} t^{3/8} \quad 3-4$$

onde x_{LE} é a largura da mancha de óleo (m), g é a aceleração da gravidade (m/s^2), $\Delta \rho$ é a diferença entre as densidades da água e do óleo (kg/m^3), ρ_w é a densidade da água (kg/m^3), μ_w é a viscosidade da água (cP), m é $\frac{1}{2}$ da taxa de liberação de massa dividido pela corrente superficial (kg/m) e C_0 é a constante de espalhamento.

Esta equação representa o regime de gravidade-viscosidade no processo de espalhamento e somente é utilizado para a parte espessa da mancha de óleo.

3.3. Evaporação

A taxa de evaporação é controlada pela pressão de vapor dos componentes individuais do óleo as suas frações molares em qualquer localização da mancha superficial, e calculada como. (MACKAY *et al.*, 1980; SEBASTIÃO & SOARES, 1995; REED *et al.*, 1999):

$$dm_i / dt = K_e P_i A M_i F_i / (RT) \quad 3-5$$

onde m_i é a massa associada ao i -ésimo componente do vazamento; t é o tempo (s); K_e é o coeficiente de transferência de massa evaporada (m/s); T é a temperatura (K); P_i é a pressão de vapor para o i -ésimo componente (atm); A é a área da mancha de óleo (m^2); M_i é o peso molecular da i -ésimo componente (g/mol); F_i é a fração molar do i -ésimo componente remanescente na mancha; e R é a constante universal dos gases, $8,206 \times 10^{-5}$ atm- m^3 /mol-K.

O coeficiente de transferência de massa, K_e , depende do vento e é calculado por (AMOROCHO & DEVRIES, 1980 apud REED, 2001):

$$K_e = C_d U(t) \quad 3-6$$

sendo C_d o coeficiente de atrito entre a atmosfera e o ar, e $U(t)$ a velocidade do vento (m/s). O coeficiente de arrasto C_d é calculado em função da velocidade do vento:

$$C_d = \left(\frac{U^*}{U(t)} \right)^2 \quad 3-7$$

em que

$$U^* = CU(t), \text{ quando } U(t) < u_1$$

$$U^* = Cu_1 + (Du_2 - Cu_1) \frac{U(t) - u_1}{u_2 - u_1}, \text{ quando } u_1 \leq U(t) \leq u_2$$

$$U^* = DU(t), \text{ quando } U(t) > u_2$$

sendo C , D , u_1 e u_2 valores constantes (0,0323; 0,0474, 7 e 20, respectivamente).

3.4. Dispersão Natural

A dispersão de óleo na superfície do mar é obtida por (DELVIGNE & SWEENEY, 1988):

$$Q_{di} = C^* D^{0,57} S F d_i^{0,7} \Delta d \quad 3-8$$

onde Q_{di} é a taxa de dispersão por unidade de área das gotículas de óleo com diâmetros entre $(d_i - \Delta d)$ e $(d_i + \Delta d)$ ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$); C^* é um coeficiente de dispersão derivado empiricamente; D é a energia da onda dissipada por unidade de área (kg/s^2); S é a fração da superfície do oceano coberta por óleo; F é a fração da superfície do mar coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo ($1/\text{s}$); d_i é o diâmetro médio das partículas na classe de tamanho i (m); e Δd é o intervalo do diâmetro das partículas (m).

O coeficiente empírico C^* é uma função da viscosidade do óleo:

$$C^* = 4450 \nu^{-0,4} \quad 3-9$$

onde ν é a viscosidade cinemática do óleo (m^2/s). A energia dissipada da quebra da onda D , é aproximadamente:

$$D = 0,0034 \rho_w g H_b^2 \quad 3-10$$

onde ρ_w é a densidade da água do mar (kg/m^3); g é a aceleração da gravidade (m/s^2); e H_b é altura de quebra da onda (m). A fração F de superfície do oceano coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo é, aproximadamente:

$$F = 3 \cdot 10^{-6} U(t)^{3,5} \quad 3-11$$

onde $U(t)$ é a velocidade do vento (m/s). O tamanho das partículas é dado por:

$$d_0 = \frac{C_0 \nu^{0,34}}{\sqrt{e}} \quad 3-12$$

sendo ν é a viscosidade cinemática do óleo (m^2/s); ϵ é a taxa de dissipação de energia (geralmente $1000 \text{ J}/\text{m}^3\text{s}$); C_0 é, aproximadamente, 500 para o menor tamanho de partícula e 3400 para o maior tamanho de partícula. As gotículas são divididas em intervalos entre os tamanhos, mínimo e máximo, encontrados.

3.5. Emulsificação

A emulsificação $W(t)$ é calculada a partir de uma regressão exponencial:

$$W(t + \Delta t) = W_m(t) - [W_m(t) - W(t)]0,5^{\frac{\Delta t}{t_{1/2}}} \quad 3-13$$

onde $W_m(t)$ é o teor máximo de água (%); Δt é o passo de tempo (s); $t_{1/2}$ é o tempo de meia-vida dependente do vento para emulsificação (s).

O valor $t_{1/2}$ e a função $W_m(t)$ são derivados de dados de laboratório e, correlacionam a taxa de emulsificação e o teor máximo de água pela fração evaporada. A partir desses dados, a meia-vida de referência t_{ref} para um vento de 10 m/s de velocidade, é encontrada em:

$$t_{ref} = C t_{lab} \quad 3-14$$

onde, t_{lab} é a média de valores de meia-vida encontrados em laboratório para amostras de óleo artificialmente intemperizados (s), e C é uma constante empírica. Esses dados são baseados no estudo de Cormack (1983):

$$t_{1/2} = \left[\frac{1 + U_{ref}}{1 + U(t)} \right]^2 t_{ref} \quad 3-15$$

onde U_{ref} , é de 10 (m/s), e $U(t)$ é a velocidade do vento (m/s). W_m como função da fração evaporada é obtida a partir de dados de laboratório, assumindo-se que a quantidade máxima de água é linearmente dependente da fração evaporada.

3.6. Dissolução

Como a evaporação, a dissolução, é dependente da fração molar de cada componente em uma mancha de óleo.

$$dm_i / dt = K_d A (F_i S_i - C_i) \quad 3-16$$

onde K_d é o coeficiente de transferência de massa por difusão (m/s); A é a área superficial da mancha de óleo (m^2); F_i é a fração molar do componente i remanescente na mancha; S_i é a solubilidade do componente i (g/m^3 , ppm); e C_i é a concentração ambiente do componente i (g/m^3).

Para uma mancha de óleo, o coeficiente de transferência de massa K_d é calculado (THIBODEAUX, 1979 *apud* REED, 2001):

$$K_d = Sh_i D_i / L \quad 3-17$$

Para manchas na superfície, é feita a correlação de superfície plana para o Número de Sherwood:

$$Sh_i = 0,578 Re^{0,5} Sc_i^{0,33} \quad 3-18$$

onde Re é o número de Reynolds; Sc_i é o número de Schmidt; U_{rel} é a velocidade relativa entre o óleo e a água (m/s); L é a extensão da mancha (m); ν_w é a viscosidade cinemática da água ($\sim 8,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ a 25°C) e D_i a difusividade molecular do componente i (m^2/s).

Para as partículas de óleo, a correlação da transferência de massa para esferas é usada para o número de Sherwood:

$$Sh = 2 + 0,347 Re^{0,62} Sc_i^{0,31i} \quad 3-19$$

3.7. Degradação

O cálculo da degradação do óleo no modelo OSCAR é feita através da soma da transformação de cada componente do óleo por diferentes formas de degradação. A Figura 2 mostra o esquema de transformação dos componentes considerados no modelo OSCAR.

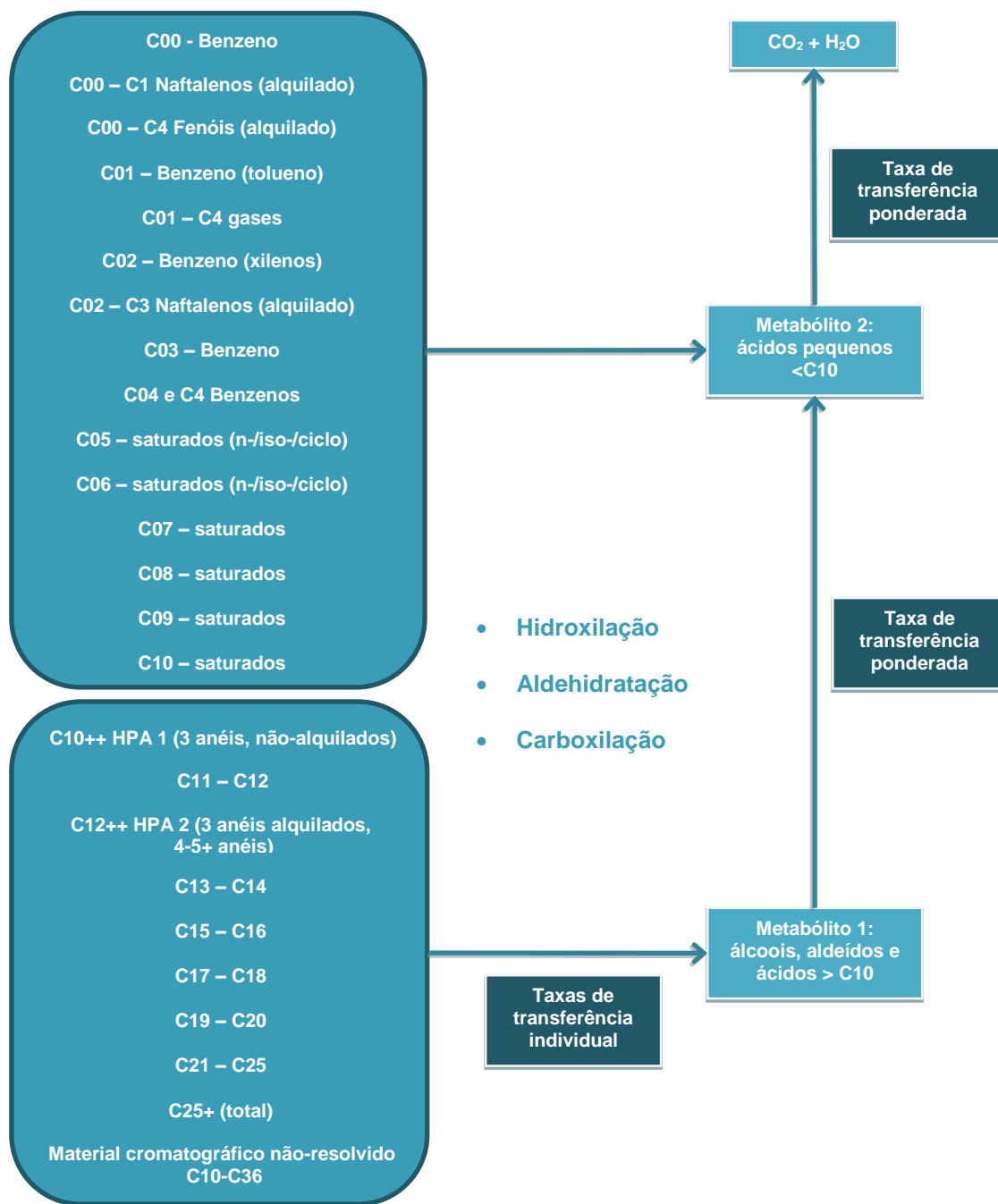


Figura 2: Esquema da degradação dos principais componentes do óleo. Adaptado de Reed (2001).

3.8. Sedimentação

No OSCAR a separação entre a fase dissolvida e particulada/adsorvida é calculada com base na teoria de equilíbrio linear. A fração de óleo particulada, ou adsorvida em material particulado, é passível de sedimentação no fundo, misturando-se aos sedimentos, e podendo ser dissolvida novamente para a coluna d'água (REED *et al.*, 1996).

A relação entre a concentração de equilíbrio de um poluente na fase aquosa (C_w) e a concentração de equilíbrio na fase sólida (C_s) pode ser obtida a uma determinada temperatura. Existem várias teorias que descrevem as isotermas de adsorção, tais como as isotermas de Langmuir (Equação 1-20) e de Freundlich (Equação 1-21) (REED, 2001).

$$C_s = \frac{K_1 K_2 C_w}{1 + K_1 C_w} \quad 3-20$$

$$C_s = K_f C_w^{1/n} \quad 3-21$$

Segundo Reed (2001), em ambiente aquático, o valor da fase aquosa do poluente, C_w , é geralmente baixo, e em consequência, o termo n na equação 1-21 é geralmente igual a 1 e o termo $K_1 C_w$ na equação 1-20 é muito menor do que 1. Dessa forma, as equações podem ser reduzidas a uma equação linear

$$C_s = K_p C_w C_{ss} \quad 3-22$$

onde C_{ss} é a concentração de sedimentos suspensos. O coeficiente de partição de uma substância química, K_p , é dependente da temperatura, do pH e das características físicas e químicas do sólido adsorvido. Através de estudo do comportamento de compostos orgânicos, principalmente os hidrofóbicos não-iônicos, observou-se que o carbono orgânico é o fator predominante no processo de adsorção (REED, 2001). Assim, se K_p é normalizado pela fração de carbono orgânico do sólido (f_{oc})

$$K_{oc} = \frac{K_p}{f_{oc}} \quad 3-23$$

então K_{oc} torna-se independente de sorventes. Somado a isso, o coeficiente de partição baseado no carbono orgânico apresenta ótima correlação tanto com K_{ow} (coeficiente de partição octanol/água) como com a solubilidade em água (S) (Equações 1-24 e 1-25, respectivamente).

$$\log K_{oc} = A \log K_{ow} + B \quad 3-24$$

$$\log K_{oc} = a \log S + b \quad 3-25$$

Assim, é possível determinar K_{oc} tanto do valor de K_{ow} como da solubilidade, sendo que as constantes de correlação (A , B , a e b) são normalmente dependentes da estrutura do composto. A Tabela 1 mostra algumas equações de correlação entre K_{oc} , K_{ow} e S usados no modelo.

Tabela 1: Equações de regressão para estimativa dos parâmetros K_{oc} e K_{ow} para diferentes componentes químicos. Fonte: Reed, 2001.

Equação	R ²	Classe
Parâmetro: K_{ow}		
$\log 1/S = 1,113 \log K_{ow} - 0,926$	0,935	Álcool
$\log 1/S = 1,229 \log K_{ow} - 0,720$	0,960	Cetona
$\log 1/S = 1,013 \log K_{ow} - 0,520$	0,980	Éster
$\log 1/S = 1,182 \log K_{ow} - 0,935$	0,880	Éter
$\log 1/S = 1,294 \log K_{ow} - 1,043$	0,908	Alcino
$\log 1/S = 1,294 \log K_{ow} - 0,248$	0,970	Alceno
$\log 1/S = 0,996 \log K_{ow} - 0,339$	0,951	Aromático
$\log 1/S = 1,237 \log K_{ow} - 0,248$	0,908	Alcano
Parâmetro: K_{oc}		
$\log K_{oc} = 0,937 \log K_{ow} - 0,006$	0,950	Aromático
$\log K_{oc} = 0,544 \log K_{ow} + 1,377$	0,740	Todos os outros

Embora seja possível especificar um valor constante de concentração de sedimentos suspensos nas simulações, neste estudo adotou-se um valor nulo de concentração de sedimentos suspensos. Dessa forma, se objetiva uma abordagem mais conservadora que não permite a retirada de óleo da superfície e da coluna d'água por esse processo. Os valores de sedimentação apresentados nas simulações são referentes ao óleo na coluna d'água que toca diretamente o fundo marinho.

4. Propriedades Físicas do Óleo

As principais propriedades do óleo utilizadas pelo modelo são a densidade e a viscosidade do óleo. Essas propriedades variam de acordo com curvas obtidas em laboratório em função da fração de óleo evaporado. A seguir são apresentadas as equações das curvas obtidas em laboratório para os cálculos das propriedades do óleo (JOHANSEN, 1991 *apud* REED, 2001):

$$\text{Densidade (g/L)} \quad \rho_0 = a_p + b_p f \quad 4-1$$

$$\text{Viscosidade (cP)} \quad \mu_0 = e^{(a\mu + b\mu f)} \quad 4-2$$

sendo f a fração evaporada (%) e a e b fatores de regressão. Os parâmetros de ajuste a e b fazem parte do banco de dados da SINTEF que integra o modelo OSCAR e são obtidas através de ensaios laboratoriais. A densidade da emulsão $\rho(t)$ é calculada:

$$\rho(t) = \frac{W(t)\rho_w + [100 - W(t)]\rho_0(t)}{100} \quad 4-3$$

sendo $W(t)$ a porcentagem de água (%), ρ_w a densidade da água do mar, e $\rho_o(t)$ a densidade do óleo livre de água (g/L).

A equação de Mooney, de 1951, é usada para calcular a viscosidade de emulsão $\mu(t)$:

$$\mu(t) = \mu_o(t) e^{\frac{aW(t)}{100-bW(t)}} \quad 4-4$$

onde a e b são constantes empíricas.

5. Concentração na coluna d'água

Como a grande maioria dos modelos numéricos de transporte de contaminantes, o OSCAR utiliza um modelo de partículas (modelagem lagrangiana) para obter aproximações da equação do transporte advectivo-difusivo:

$$\frac{\delta C_i}{\delta t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} C_i = \vec{\nabla} \cdot D_k \vec{\nabla} C_i + \sum_{j=1}^n r_j C_i + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n r_{ij} C_i \quad 5-1$$

onde C_i é a concentração do i -ésimo constituinte químico do vazamento; t é o tempo; \vec{V} é o vetor do transporte advectivo; e D_k é o coeficiente de difusão turbulenta para $k = x, y$ e z .

O primeiro termo da equação é a taxa de variação temporal da concentração de um determinado constituinte em uma determinada localização espacial. Esta taxa de variação é calculada através da determinação dos outros termos da equação utilizando partículas lagrangeanas para representar o campo de concentração. Os termos r_j são taxas de vários processos, tais como a evaporação, emulsificação e espalhamento das manchas superficiais e volatilização dos compostos do óleo.

Os termos de degradação r_{ij} aparecem no modelo para determinar os subprodutos da degradação como transferência de massa de um componente à outro. Desta forma, as modificações nas propriedades toxicológicas são incorporadas no modelo.

A equação de transporte advectivo e difusivo determina a variação das concentrações no tempo e no espaço e serve como base para os modelos de partículas (ver, por exemplo, Fischer, 1979). Em contraste com os modelos de partículas, existem modelos que resolvem numericamente a equação de transporte advectivo e difusivo de maneira convencional, isto é, através de esquemas baseados em métodos de diferenças finitas, volumes finitos ou elementos finitos. Estas aproximações conhecidas como modelagem euleriana fornecem diretamente os valores de concentrações e suas variações no espaço e no tempo em uma grade fixa, pré-definida. Este tipo de modelagem é inviável para o problema em questão devido às dimensões do domínio e as escalas envolvidas no transporte de óleo em bacias oceânicas.

Os modelos de partículas apresentam uma série de vantagens em relação aos modelos eulerianos, pois são capazes de representar os fenômenos de transporte e calcular a distribuição de massa do

contaminante de maneira acurada independentemente de uma grade, além de não estarem sujeitos a oscilações numéricas espúrias e efeitos de difusão numérica (ver por exemplo Andrade, 2006).

Enquanto os modelos eulerianos calculam diretamente os valores das concentrações, os modelos de partículas calculam a distribuição espacial de massa do contaminante representada por uma nuvem de partículas, sendo cada partícula uma representação discreta de uma parcela da massa total do contaminante no ambiente.

Se valores de concentração são requeridos, os resultados dos modelos de partículas precisam ser transformados e representados em uma grade. Como apresentado em Jong (2004), o OSCAR tem a vantagem em relação a outros modelos de partículas, pois permite essa transformação, inclusive fazendo a distinção entre as parcela da massa de óleo que está dissolvida, dispersa ou na superfície.

Existem várias maneiras de fazer essa transformação. A maneira mais simples é através da contagem de partículas que estão dentro das células da grade. Uma maneira mais avançada, que é a utilizada no OSCAR, é considerar a partícula como uma pequena nuvem que cresce com o tempo, usando funções de espalhamento gaussiano (ver por exemplo Andrade, 2006).

No OSCAR, a célula da grade em três dimensões é definida pelos espaçamentos meridional, zonal e vertical definidos pelo usuário. Embora os processos de mistura e de intemperismos do óleo estejam sendo resolvidos de maneira acurada e independentemente da grade, os resultados de concentração devem ser interpretados considerando o tamanho da célula da grade utilizada. Os resultados de concentração devem ser vistos como valores médios no volume definido pelas dimensões das células da grade. Sendo assim, plumas ou manchas de contaminantes que tenham dimensões inferiores às dimensões da grade estão sujeitos a uma “diluição numérica” artificial.

6. Óleo na Costa

Para modelagens probabilísticas, principalmente para vazamentos em áreas *offshore*, a prática atual é fazer uma aproximação de acumulação de óleo na costa através de uma estimativa das capacidades de armazenamento e remoção de óleo na costa derivadas empiricamente. Tal procedimento é utilizado na maioria dos modelos de transporte de óleo que incluem algum tipo de algoritmo de interação do óleo com a costa. (GUNDALACH & REED, 1986; GUNDALACH, 1987; FRENCH *et al.*, 1996; REED *et al.* 1999, 2000; CHENG *et al.*, 2000; FRENCH MCCAY, 2004 *apud* ETKIN *et al.*, 2007).

O modelo OSCAR incorpora uma dinâmica, relativamente simples, para simular as interações óleo-costa. Estes procedimentos representam uma simplificação dos conjuntos desenvolvidos para um modelo de derramamento de óleo em uma zona costeira mais complexa.

A partir de trabalhos científicos, grupos de capacidade máxima de absorção de óleo foram estimados juntamente com uma série de taxas de remoção. As capacidades de absorção destinam-se a refletir tanto a inclinação da costa como a sua permeabilidade, e em alguns casos, a exposição às ondas e aos ventos.

O volume máximo de óleo, V_{\max} (m^3), quando há o encontro da mancha de óleo com a linha de costa, pode ser expresso como:

$$V_{\max} = \delta_i L W_i \quad 6-1$$

Onde δ_i é a máxima capacidade de retenção por tipo de costa i , L é o comprimento da célula de praia e W_i é a largura da região de deposição por tipo de costa

Durante as simulações computacionais, se este volume máximo já estiver sido atingido, a massa de óleo que chega à costa não é mais depositada e o óleo continua a ser transportado pelos ventos e correntes para outras regiões:

O modelo também considera que ao longo da simulação uma quantidade de óleo vai sendo removida através da seguinte equação:

$$\Delta m = m_i (1 - \exp[-r_i \Delta t]) \quad 6-2$$

Onde Δm é a massa removida no passo de tempo Δt , m_i é a massa na célula de costa i , e r_i é a taxa de remoção de por tipo de costa i .

Na Tabela 2 são apresentadas as capacidades máximas de retenção e taxas de remoção do óleo do modelo para vários tipos de linha de costa.

Tabela 2: Capacidades máximas de retenção (mm) e taxas de remoção de óleo (por dia), para três classes de óleo e vários tipos de linha de costa.

	Manguezal / Barra de Rio Vegetada	Areia	Areia / Cascalho	Rocha protegida	Rocha exposta	Estrutura Artificial
Capacidade máxima de retenção (mm)						
$\mu < 30$ cP	70	30	70	5	5	1
$\mu < 2000$ cP	70	25	40	15	15	2
$\mu > 2000$ cP	70	20	30	20	20	5
Taxas de remoção de óleo (por dia)						
$\mu < 30$ cP	0,001	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5
$\mu < 2000$ cP	0,001	0,01	0,005	0,01	0,1	0,1
$\mu > 2000$ cP	0,001	0,01	0,005	0,01	0,1	0,1

7. Massa Máxima de Óleo na Costa

Para obter a massa máxima de óleo na costa, os elementos de grade são monitorados ao longo de toda a simulação. São armazenadas as informações de massa máxima de óleo que atingiram **cada elemento de grade** ao longo das n simulações. Ao final, têm-se um mapa das massas máximas por ponto de grade ou célula de costa que atingiram os elementos de grade que representam a costa.

Em seguida, é calculada a distribuição de massa ao longo da linha de costa considerando que o tamanho da linha de costa de cada ponto de grade é a sua diagonal. Assim se tem a quantidade de massa por unidade de comprimento (Ex: toneladas por quilômetro).

8. Blowout Submerso

Nos últimos anos diversos modelos foram desenvolvidos para simular o transporte de misturas de óleo e gás em águas profundas. Lindersen (2013) apresenta alguns desses modelos e as bases teóricas para os seus desenvolvimentos.

De maneira geral os modelos de *blowout* submerso levam em consideram três diferentes fases: A fase de jato, a fase de pluma e uma fase passiva com velocidade vertical controlada pelo tamanho das gotículas de óleo, conforme ilustrado na Figura 4.

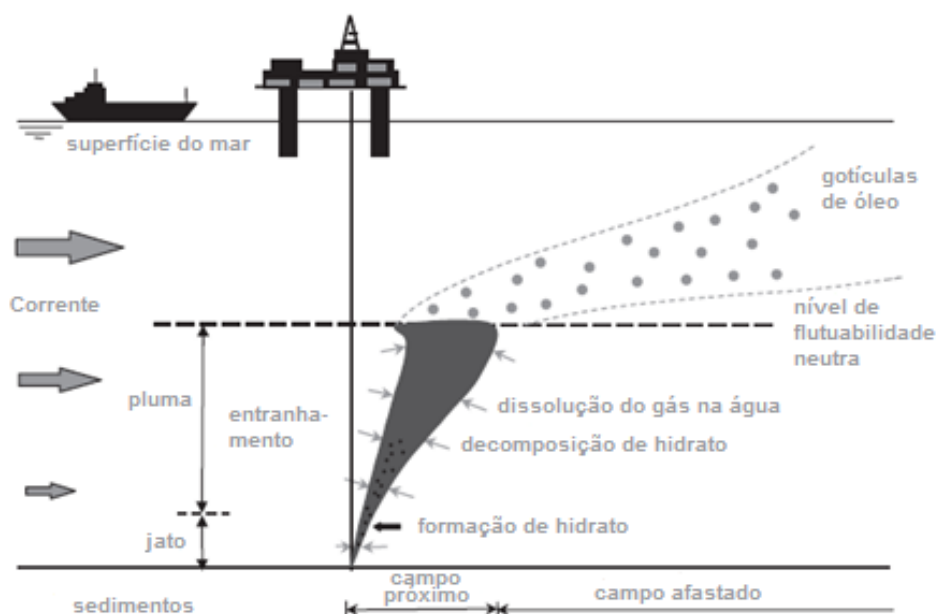


Figura 3: Esquema geral de plumas de *blowout* de óleo em profundidade. Adaptado de Lindersen (2013).

O modelo OSCAR contém um módulo específico para a modelagem de vazamentos de óleo em profundidade. Este módulo, chamado Plume3D, contém um modelo de pluma multifásico geral desenvolvido pela SINTEF, com acoplamento entre o campo próximo (*Near-Field*), que inclui as fases de jato e a fase de pluma, e o campo afastado (*Far-Field*), que permite o acompanhamento das gotículas dispersas, bolhas e partículas minerais decorrentes de descargas de óleo e gás oriundas do fundo do oceano. Detalhes sobre esse modelo podem ser encontradas em Johansen & Durgut (2006) e em Johansen *et al.* (2012).

Vazamentos de óleo e gás no fundo oceânico resultarão na formação de gotículas de óleo e bolhas de gás respectivamente. Na fase de jato os movimentos são dominados pelas correntes induzidas pelo próprio vazamento e o tamanho dessas bolhas e gotículas não são consideradas.

Na fase de pluma, as gotículas e bolhas de diversos tamanhos se movem em conjunto como uma mistura integral. Nesta fase, a dissolução dos gases, a formação de hidratos e o estranhamento de água do ambiente têm papel dominante na densidade da pluma, que por sua vez, controla o movimento vertical da pluma. Nesta fase, os tamanhos das gotículas e bolhas não afetam de maneira significativa o movimento da pluma. Aspectos importantes da fase de pluma em águas profundas, considerados no Plume3D são:

- Comportamento de gás não ideal;
- Dissolução de gás das bolhas para a água do ambiente;
- Efeito de correntes do ambiente;
- Formação e dissociação de Hidratos.

Após a fase de pluma é atingido o nível terminal da pluma dinâmica e inicia-se a fase passiva onde a velocidade vertical do óleo no ambiente é controlada pelo tamanho das gotículas de óleo formadas nas plumas. O Plume3d contém um algoritmo desenvolvido pela SINTEF para estimativa das distribuições do tamanho das gotículas de óleo a partir de experimentos realizados nos tanques dos laboratórios da SINTEF. Detalhes sobre esses experimentos podem ser encontrados em Brandvik *et al.* (2012).

A partir do nível terminal da pluma dinâmica a trajetória do óleo na coluna d'água é afetada pelo tamanho das gotículas de óleo formadas a partir do *blowout* em águas profundas. Como ilustração, considerando uma profundidade de 1.000 m, pequenas gotículas, com diâmetros inferiores a 0,5 mm, precisam de aproximadamente 1 dia para chegar a superfície. Na mesma situação, gotículas maiores, com diâmetro maiores que 5 mm, podem chegar a superfície em algumas poucas horas, enquanto que partículas menores do que 1.000 μm podem ficar retidas na coluna d'água por grandes períodos antes de chegarem a superfície. Além do tamanho das gotículas, fatores como correntes, turbulência vertical e estratificação vertical de densidade também são considerados na velocidade de subida dessas gotículas.

Detalhes sobre o algoritmo e as formulações utilizadas para cálculo da distribuição dos tamanhos das gotículas podem ser vistos em Brandvik *et al.* (2012) e Lindersen (2013).

O cálculo do tamanho das gotículas de óleo é feito em função de:

- Macro-características do óleo (viscosidade, densidade, etc);
- Dimensões do vazamento;

- Vazão do *blowout*;
- Correntes.

O acoplamento do Plume3D com o modelo de partículas lagrangiano do OSCAR permite um mapeamento tridimensional das partículas em cada instante e, conseqüentemente, o cálculo das concentrações de óleo na coluna d'água e espessuras de óleo em superfície, conforme ilustrado na Figura 4.

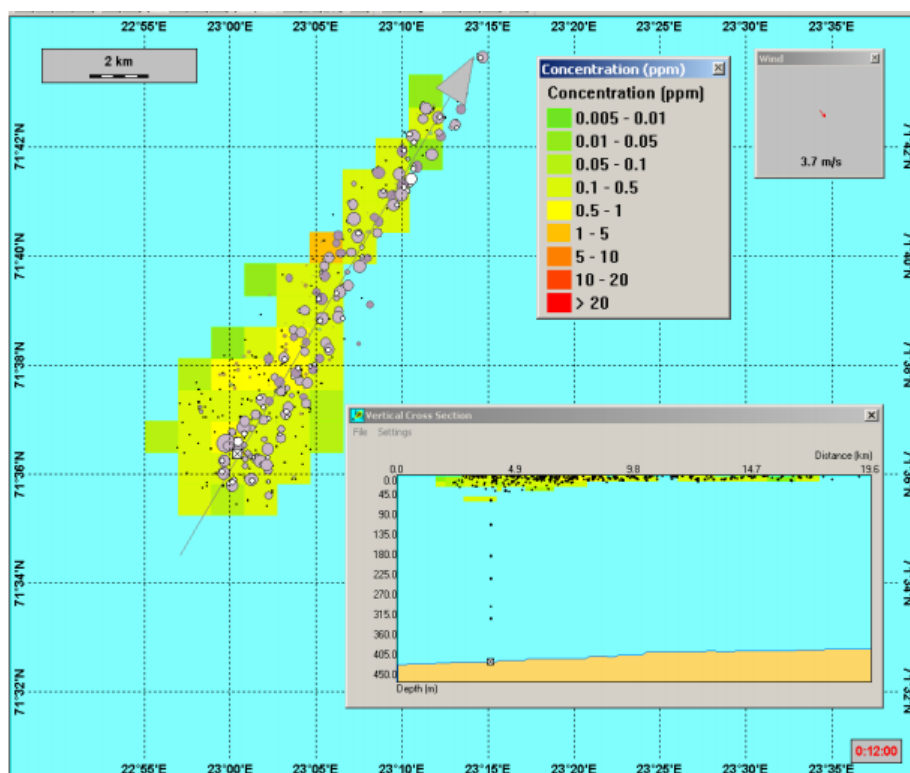


Figura 4: Ilustração de uma simulação de *blowout* no fundo oceânico com o OSCAR. O mapa mostra a distribuição de partículas representando o óleo em superfície (círculos em cinza) e as partículas representando o óleo na coluna d'água (pontos pretos e marrons).

9. Resumo dos Parâmetros Físicos e Numéricos

Os parâmetros físicos utilizados no modelo de dispersão de óleo são apresentados na Tabela 3 enquanto as constantes são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3: Parâmetros físicos e químicos utilizados no modelo de óleo.

Parâmetro	Descrição
w'	componente turbulenta
K	coeficiente de dispersão turbulenta

K_x	coeficiente de dispersão horizontal
H e H_b	altura de onda
$T(1)$	período de onda
x_{le}	largura da mancha de óleo
$\Delta\rho$	diferença entre as densidades da água e do óleo
m	1/2 da taxa de liberação de massa dividido pela corrente superficial
m_i	massa associada ao i-ésimo componente de vazamento
K_e	coeficiente de transferência de massa evaporada
$T(2)$	Temperatura do óleo
P_i	pressão de vapor para o i-ésimo componente
F_i	fração molar do i-ésimo componente remanescente na mancha
C_d	coeficiente de atrito entre a atmosfera e o ar
$U(t)$	velocidade do vento
Q_{di}	taxa de dispersão por unidade de área das gotículas de óleo
C^*	coeficiente de dispersão derivado empiricamente
D	energia da onda dissipada por unidade de área
S	fração da superfície do oceano coberta por óleo
F	fração da superfície do mar coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo
d_i	diâmetro média das partículas na classe de tamanho i
Δd	intervalo do diâmetro das partículas
ν	viscosidade cinemática do óleo
e	taxa de dissipação de energia
$W(t)$	emulsificação
$W_m(t)$	teor máximo de água no óleo
$t_{1/2}$	tempo de meia-vida dependente do vento para emulsificação
t_{ref}	tempo de meia-vida de referência
t_{lab}	média de valores de meia-vida encontrados em laboratório
K_d	coeficiente de transferência de massa por difusão
A	área superficial da mancha de óleo
S_i	solubilidade do componente i
C_i	concentração ambiente do componente i
Sh_i	Número de Sherwood
Re	Número de Reynolds
Sc_i	Número de Schmidt
U_{rel}	velocidade relativa entre o óleo e a água
L	extensão da mancha
D_i	difusividade molecular do componente i
C_w	concentração de equilíbrio de um poluente na fase aquosa
C_s	concentração de equilíbrio na fase sólida

C_{ss}	concentração de sedimentos suspensos
K_p	parâmetro dependente da temperatura, pH e das características físico-químicas do sólido adsorvido
A, B, a, b	constantes de correlação dependentes da estrutura do composto
$a'_{\mu, \rho, p}$	fatores de regressão
$b'_{\mu, \rho, p}$	fatores de regressão
ρ_o	densidade da água do óleo
D_k	coeficiente de difusão turbulenta para $k = x, y$ e z .
ρ_w	densidade da água
μ_w	viscosidade dinâmica da água
ν	viscosidade cinemática da água

Tabela 4: Constantes físicas utilizadas no modelo de óleo.

Constante	Valor	Descrição
K_z	10^{-4} m/s^2	coeficiente de dispersão vertical
g	$9,81 \text{ m/s}^2$	aceleração gravitacional
ν	$1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	viscosidade cinemática da água
R	$8,206 \times 10^{-5} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol} \cdot \text{K}$	constante universal dos gases
C	0,0323	constante
D	0,0474	constante
u_1	7	constante
u_2	20	constante
$C_o(2)$	500 a 3400	constante
a	2,5	constante empírica
b	0,654	constante empírica
C_{wind}	3,5%	coeficiente de arrasto do vento

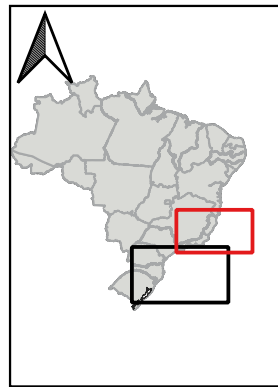
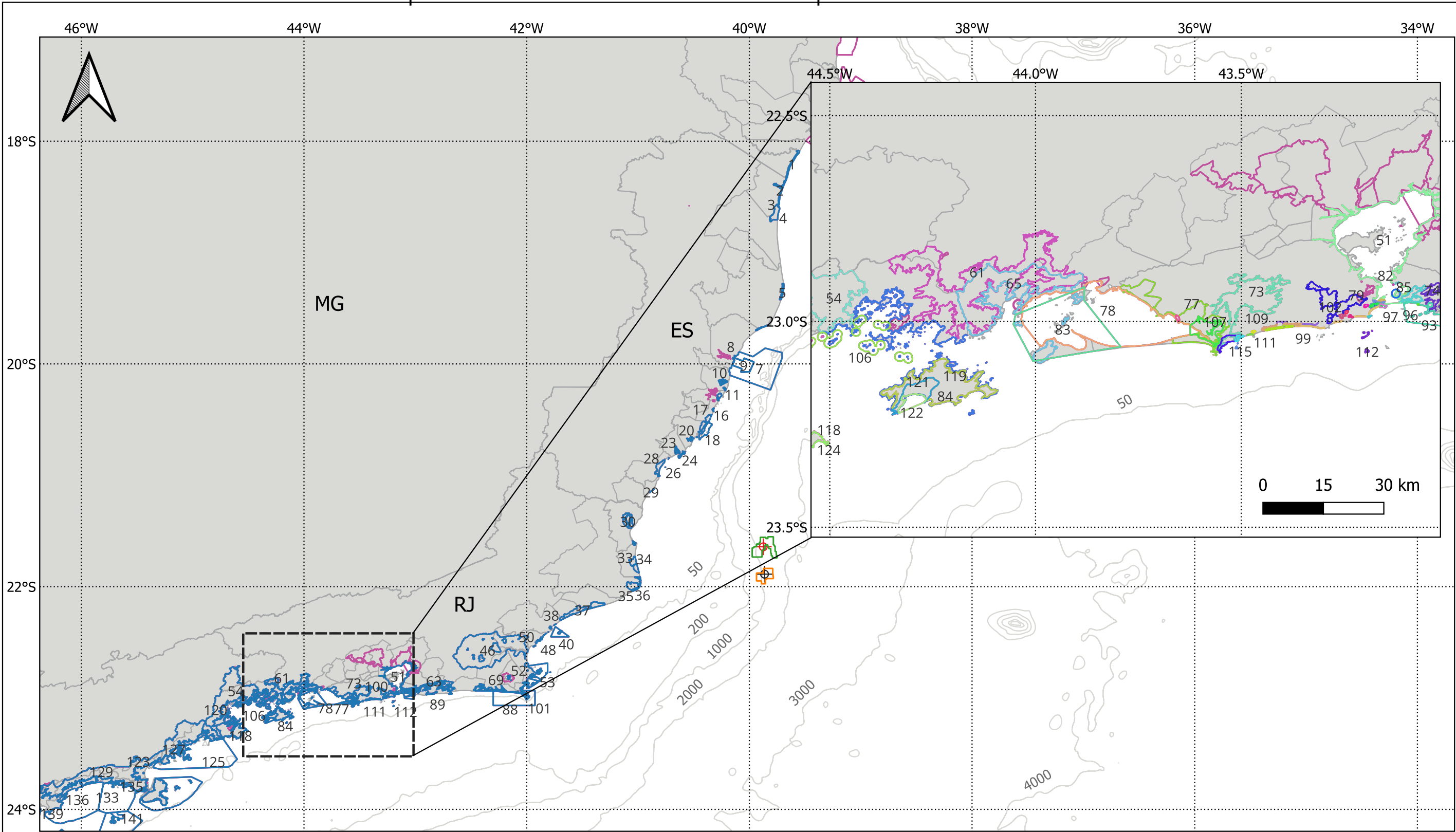
10. Bibliografia

- ANDRADE, R.C., 2006 Uma Nova Abordagem para a Solução Numérica de Problemas de Advecção e Difusão Multidimensional, em Corpos de Água Naturais. Tese de doutorado do Programa de Engenharia Oceânica – Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica – COPPE/UFRJ.
- BOWDEN, K.F. 1983. Physical oceanography of coastal waters. John Wiley, NY, 302 p.
- BRANDVIK, P., JOHANSEN, Ø., LEIRVIK, F., FAROOQ, U. and DALING, P. (2012). Droplet breakup in sub-surface oil releases - Part 1: Experimental study of droplet breakup and effectiveness of dispersant injection, Submitted to Marine Pollution Bulletin October 2012 .
- DELVIGNE, G. A. L.; SWEENEY, C. E.. Natural dispersion of Oil. Oil & Chemical Pollution 4 (1988) 281-310.
- ETKIN, D.S., FRENCH-MCCAY, D.; MICHEL, J. 2007. Review of the State-of-the-Art on Modeling Interactions between Spilled Oil and Shorelines for the Development of Algorithms for Oil Spill Risk Analysis Modeling. Available from BOEM Environmental Division, Branch of Environmental Sciences. OCS Study MMS 2007-063. 161 p.
- FISCHER, H. B.; LIST, E. J.; KOH, R. C. Y.; IMBERGER, J.; BROOKS, N.,1979. Mixing in Inland and Coastal Waters., Academic Press, New York,1979
- HOULT, D. P. Oil spreading on the sea. Annual Review of Fluid Mechanics, p. 341-367, 1972.
- JOHANSEN, Ø. 2000. DeepBlow – A Lagrangian Plume Model for Deep Water Blowouts. Spill Science & Technology Bulletin. Vol. 6, No. 2: 103 – 111.
- JOHANSEN, Ø. and DURGUT, I. (2006). Implementation of the near-field module in theERMS model, Technical report, SINTEF.
- JONG, K, 2004 A Comparison of Four Particle Models. A Comparison of DemWaq, DREAM, GNOME, and SIMPAR. Ministeriere Van Verkeer en Waterstraat.
- LINDERSEN, P, J, B, 2013. Modelling of Subsurface Releases of Oil and Gas. Master's Thesis. Norwegian University of Science and Technology. Department of Chemical Engineering. Trondheim, Norway.
- MACKAY, D., I. BUIST, R. MASCARENHAS & S. PATERSON. 1980. Oil Spill Processes and Models. Environmental Protection Service. Canada. Report EE-8.
- REED, M. 2001. Technical Description and Verification Tests of OSCAR 2000, a Multi-Component 3-Dimensional Oil Spill Contingency And Response Model. SINTEF Report. 52p.





-
- REED, M., AAMO, O. M., DOWNING, K. (1996): Calibration and Testing of IKU's Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Model System. Proceedings of the 1996 Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar, pp.689-726.
- REED, M.; DALING, P.; LEWIS, A.; DITLEVSEN, M. K.; BRØRS, B.; CLARK, J.; AURAND, D. 2004. Modelling of dispersant application to oil spills in shallow coastal waters. Environmental Modelling & Software, v. 19, p. 681-690.
- REED, M. 2000; SINGSAAS, I.; DALING, P.S; FAKNES, L; BRAKSTAD, O.G.; HETLAND, B. A.; HOKSTAD, J. 2000. Modeling the Water-Accommodated Fraction in OSCAR2000. In: 2001 International Oil Spill Conference. Computer Technology and Oil Spills. SINTEF Report. pp.1083-1091.
- REED, M.; JOHANSEN, Ø.; BRANDVIK, P. J.; DALING, P.; LEWIS, A.; FIOCCO, R.; MACKAY, D.; PRENTKI, R. 1999. Oil Spill Modelling towards the Close of the 20th Century: Overview of the State of the Art. Spill Science and Technology Bulletin, 5 (1): pp 3-16.
- SEBASTIÃO, P.; SOARES, C. G. 1995. Modeling the Fate of Oil Spills at Sea. Spill Science and Technology Bulletin, 2 (2): pp 121-131.
- SPAULDING, M. L. 2017. State of the art review and future directions in oil spill modeling. Marine Pollution Bulletin: Feb 15;115(1-2):7-19. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.001.

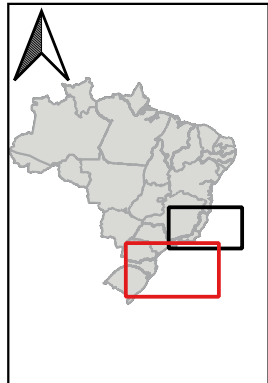
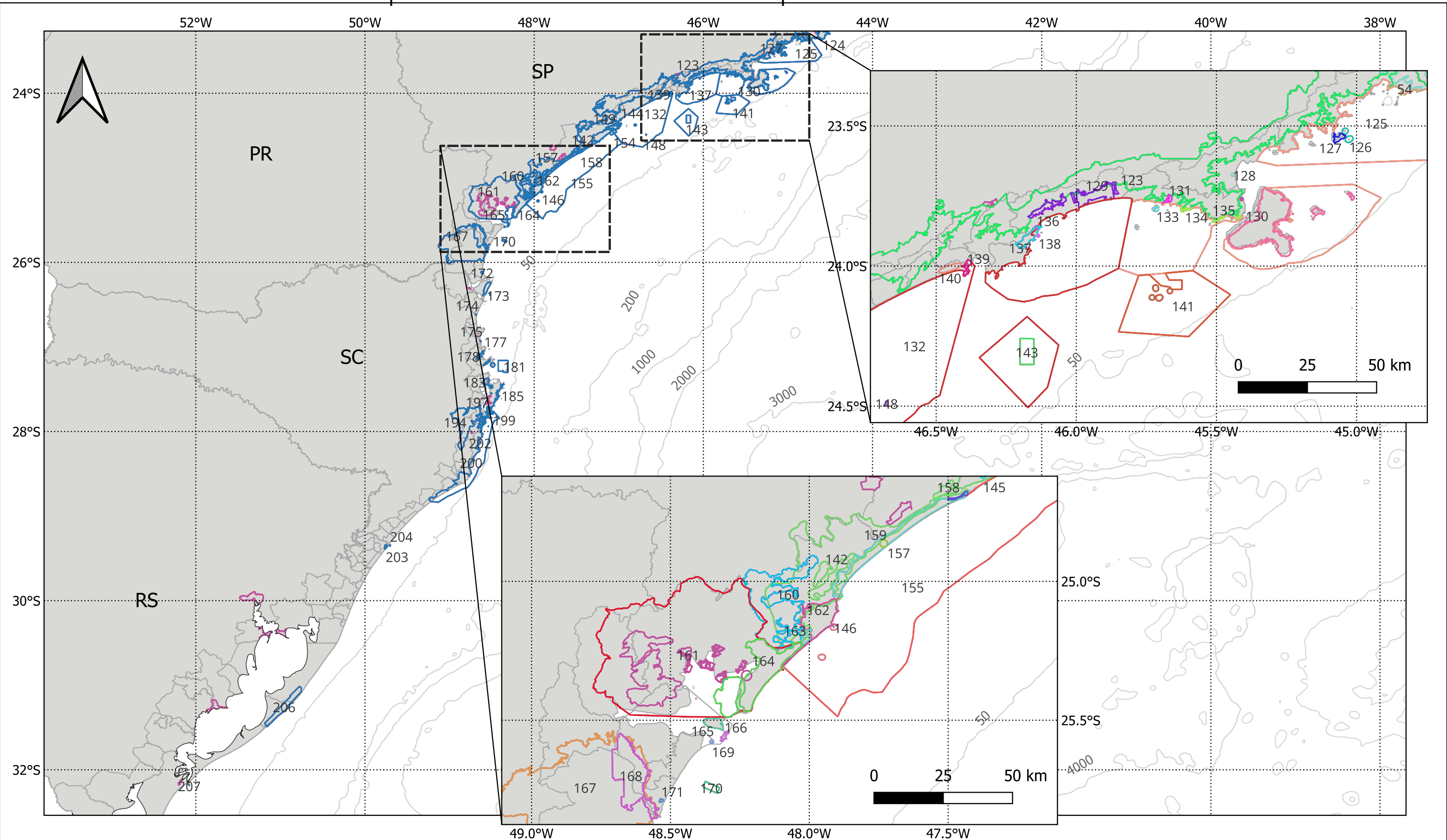
- ANEXO II -

Mapa com Unidades de Conservação Consideradas
no Estudo



Legenda	
	Campo de Frade
	Campo de Wahoo
	Ponto de Vazamento V1
	Ponto de Vazamento V2
	UCs na Região
	UCs com Probabilidade de Chegada de Óleo





EMPRESA: 		CLIENTE: 	
EMREENDIMENTO: Atividade de Exploração Marítima nos Campos de Wahoo e Frade		Número de Referência:	
PROJETO: Relatório Técnico de Modelagem de Transporte de Óleo		ÁREA: BACIA DE CAMPOS	
TÍTULO: Unidades de Conservação que apresentaram probabilidade de presença de óleo na modelagem de dispersão de óleo nos Campos de Wahoo e Frade.			
Sist. de Coord.: SIRGAS 2000	EXEC.: Ingrid Trindade / Jonatan Nascimento	VERIF. Flávia Pozzi	APROV. Marcelo Cabral
ESCALA: 66 km 	REV.:	DESC.: Emissão Original	FOLHA: 1
DATA: 25/01/2024	Ass: 	N.º	





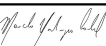
Legenda

UCs na Região

UCs com Probabilidade de Chegada de Óleo

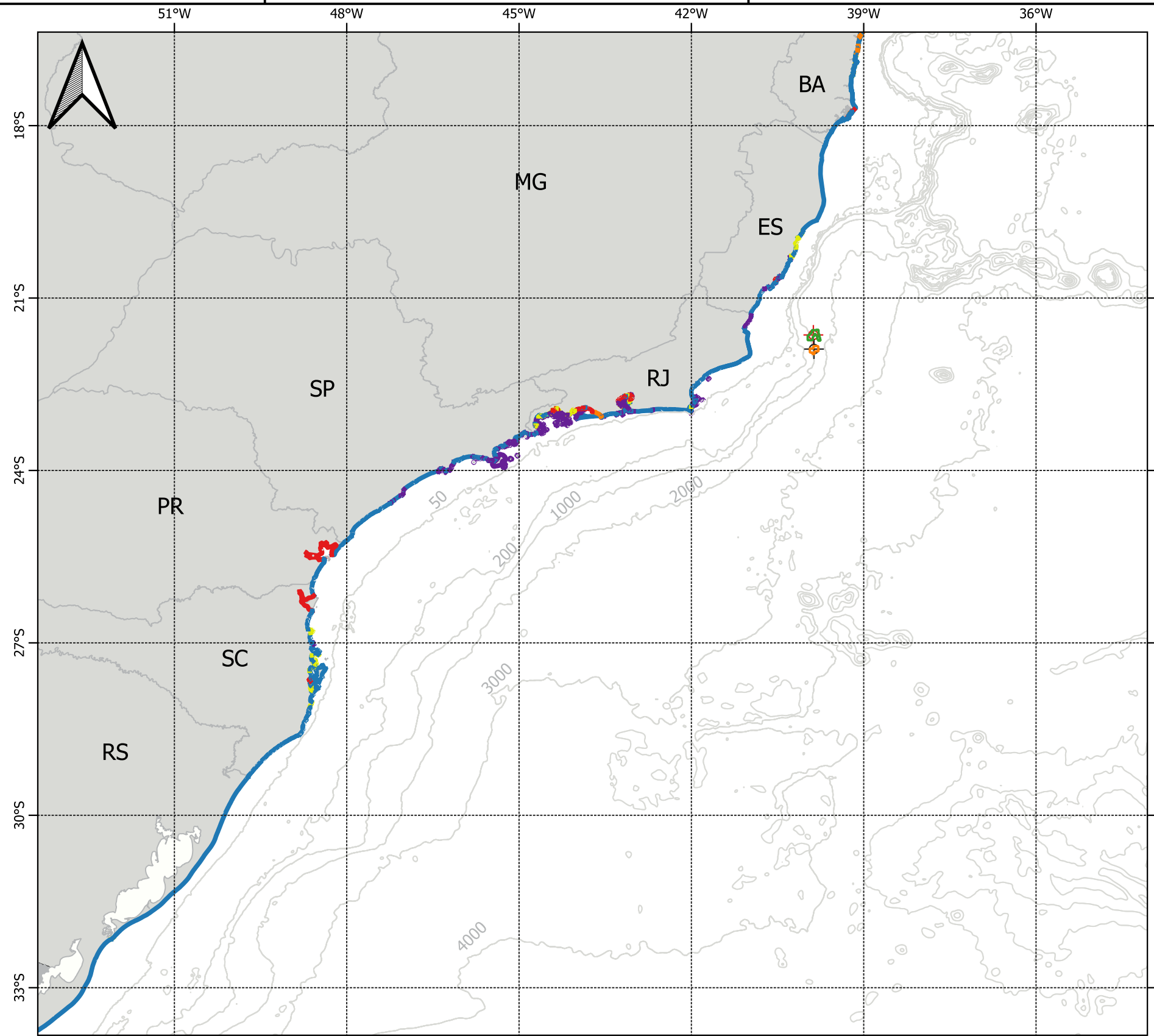
EMPRESA: 		CLIENTE: 	
EMPREENDIMENTO: Atividade de Exploração Marítima nos Campos de Wahoo e Frade		Número de Referência:	
PROJETO: Relatório Técnico de Modelagem de Transporte de Óleo		ÁREA: BACIA DE CAMPOS	
TÍTULO: Unidades de Conservação que apresentaram probabilidade de presença de óleo na modelagem de dispersão de óleo nos Campos de Wahoo e Frade.			
Sist. de Coord.: SIRGAS 2000	EXEC.: Ingrid Trindade / Jonatan Nascimento	VERIF. Flávia Pozzi	APROV. Marcelo Cabral
ESCALA: 45 90 km 	REV.:	DESC.: Emissão Original	FOLHA: 2
DATA: 25/01/2024	Ass: 	N.º	

Número		Unidade de Conservação	67	PM da Boca da Barra	132	APA Marinha do Litoral Centro	185	AT Dunas dos Ingleses
1		APA Costa Dourada	68	PM da Gamboa	133	APA Alcatrazes	186	AT Dunas do Santinho
2		PE de Itaúnas	69	REBIO Guaratiba	134	ARIE de São Sebastião	187	ESEC de Carijós
3		APA Conceição da Barra	70	APA de Massambaba	135	APA Ilha de Itaçucê	188	RPPN Morro das Aranhas
4		RPPN Fazenda Sayonara	71	PM da Praia do Forte	136	RPPN Marina do Conde	189	PE do Rio Vermelho
5		ARIE do Degredo	72	ANT Dunas de Cabo Frio e Arraial do Cabo	137	APA da Serra do Guararu	190	MN da Galheta
6		REBIO DE COMBOIOS	73	PE da Pedra Branca	138	PM Ilha Rio da Praia	191	PNM da Galheta
7		APA Costa das Algas	74	PE da Serra da Tiririca	139	PE Xixová-Japuí	192	PNM das Dunas da Lagoa da Conceição
8		PNM David Víctor Farina	75	PM das Dunas	140	PNM Piaçabuçu	193	AT da Lagoinha Pequena
9		RVS de Santa Cruz	76	PNM Mico-Leão-Dourado	141	RVS do Arquipélago de Alcatrazes	194	PE DA SERRA DO TABULEIRO
10		APA da Lagoa Jacumém	77	APA da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	142	APA de Cananéia-Iguapé-Peruíbe	195	AT Dunas do Campeche
11		APA de Praia Mole	78	ARIE Baía de Sepetiba	143	PE Marinho da Laje de Santos	196	AT da Lagoa da Chica
12		APA Baía das Tartarugas	79	PN da Tijuca	144	PNM Restinga do Guaraú	197	MN da Lagoa do Peri
13		Parque Atlântico	80	PNM de Niterói	145	ESEC Juréia-Itatins	198	PNM da Lagoa do Peri
14		APA da Ilha do Frade	81	MN Pedra de Itapuca	146	ESEC dos Tupiniquins	199	PNM da Lagoinha do Leste
15		APP Morro do Moreno	82	MN Ilha da Boa Viagem	147	RVS das Ilhas do Abrigo e Guararitama	200	APA da Baleia Franca
16		PNM de Jacarenema	83	APA Marinha Boto-Cinza	148	ARIE Ilhas Queimada Grande e Queimada Pequena	201	APA do Entorno Costeiro
17		APA da Lagoa Grande	84	APA de Tamoios	149	PE do Itinguçu	202	REBIO Praia do Rosa
18		APA de Três Ilhas	85	APA do Morro do Morcego	150	PNM dos Manguezais do Rio Preto	203	PE de Itapeva
19		PE Paulo César Vinha	86	Fortaleza de Santa Cruz e dos Fortes do Pico e do Rio Branco	151	PNM do Bougainville	204	RVS Ilha dos Lobos
20		RDS Concha D'ostra	87	RESEC de Massambaba	152	RDS da Barra do Una	205	PE da Guarita
21		PM Morro da Pescaria	88	MN Ilha dos Amores	153	PNM do Vilão	206	PARNA da Lagoa do Peixe
22		RDS Papagaio	89	RESEX Marinha Arraial do Cabo	154	RDS Barra do Una (Setor Marinho)	207	RDS do Molhe Leste
23		ESEC Papagaio	90	APA de Maricá	155	APA Marinha do Litoral Sul		
24		APA Tartarugas	91	MN dos Morros do Pão de Açúcar e Urca	156	PE do Prelado		
25		ANT Ilha do Gambá	92	APA Paisagem Carioca	157	APA Ilha Comprida		
26		ANT Ilha do Meio, Ilha dos Cabritos E Ilha do Francês	93	PM da Praia do Forno	158	ARIE do Guará		
27		RPPN Yara Brunini	94	RESEX Marinha de Itaipu	159	ARIE da Ilha Comprida		
28		APA de Guanandy	95	APA dos Morros da Babilônia e de São João	160	PE Lagamar de Cananeia		
29		MN Falésias de Marataízes	96	PNM Paisagem Carioca	161	APA de Guaraqueçaba		
30		ESEC de Guanandi	97	MN Praia do Sossego	162	PE da Ilha do Cardoso		
31		ANT Foz do Rio Paraíba	98	APA do Morro do Leme	163	RESEX Ilha do Tumba		
32		APA da Cehab	99	APA do Morro da Saudade	164	PARNA do Superagui		
33		RPPN Fazenda Caruara		APA da Orla Marítima das Praias de Copacabana/Ipanema	165	ESEC da Ilha do Mel		
34		APA de Iquipari		Leblon/São Conrado e Barra da Tijuca	166	PE da Ilha do Mel		
35		PE da Lagoa do Açú	100	PNM da Cidade	167	APA de Guaratuba		
36		APA do Lagamar	101	RESEC da Ilha do Cabo Frio	168	PARNA de Saint-Hilaire/Lange		
37		PARNA Restinga de Jurubatiba	102	ARIE de São Conrado	169	PNM do Rio Perequê		
38		PNM da Restinga do Barreto	103	PNM Penhasco Dois Irmãos - Arquiteto Sérgio Bernardes	170	PARNA Marinho das Ilhas dos Currais		
39		PNM Estuário do Rio Macaé	104	APA das Brisas	171	PE do Rio da Onea		
40		APA do Arquipélago de Santana	105	APA das Pontas de Copacabana e Arpoador e seus Entornos	172	RPPN Fazenda Palmital		
41		RPPN Sítio Shangrilah	106	ESEC de Tamoios	173	PE Acarai		
42		RPPN Fazenda Barra do Sana	107	REBIO Guaratiba	174	PNM Caminho do Peabiru		
43		RPPN Sítio Sumidouro e Sítio Peito de Pomba	108	APA do PNM de Marapendi	175	PNM do Atalaia		
44		APA do Morro de Santana	109	PNM de Marapendi	176	RPPN Aroeira Vermelha		
45		PNM do Arquipélago de Santana	110	PNM Barra da Tijuca	177	APA Costa Brava		
46		APA da Bacia do Rio São João (Mico Leão)	111	PNM Chico Mendes	178	RDS de Itapema		
47		PNM da Praia do Pecado	112	MN das Ilhas Cagarras	179	PNM Costeira de Zimbros		
48		ARIE de Itapebussus/PN Itapebussus	113	APA da Paisagem e do Areal da Praia do Pontal	180	RPPN Morro dos Zimbros		
49		APA da Lagoa do Iriry	114	PNM da Prainha	181	REBIO Marinha do Arvoredo		
50		MN dos Costões Rochosos de Rio das Ostras	115	APA de Grumari	182	PM Morro dos Macacos		
51		ARIE Baía de Guanabara	116	PNM de Grumari	183	APA Anhatomirim		
52		PM Mata do Rio São João	117	APA da Prainha	184	PNM Lagoa do Jacaré das Dunas do Santinho		
53		APA Marinha da Armação de Búzios	118	APA de Cairuçu				
54		PARNA da Serra da Bocaina	119	PE da Ilha Grande				
55		PE da Costa do Sol	120	APA Baía de Paraty, Paraty Mirim e Saco do Mamanguá				
56		PNM dos Corais de Armação dos Búzios	121	REBIO da Praia do Sul				
57		APA da Praia da Azeda e Azedinha	122	RDS do Aventureiro				
58		RESEC do Tauá	123	PE da Serra do Mar				
59		PM da Lagoinha	124	RESEC da Juatinga				
60		PM da Lagoa de Geribá	125	APA Marinha do Litoral Norte				
61		PE do Cunhambebe	126	ESEC Tupinambás				
62		APA do Pau Brasil	127	PE da Ilha Anchieta				
63		RVS Serras de Maricá (Revissermar)	128	PNM do Juqueriquerê				
64		APA Serras de Maricá (Apasermar)	129	PE Restinga de Bertioga				
65		APA de Mangaratiba	130	PE de Ilhabela				
66		PM Dormitório das Garças	131	APA Baleia Sahy				
			132	APA Marinha do Litoral Centro				

EMPRESA:		CLIENTE:	
EMREENDIMENTO:	Atividade de Exploração Marítima nos Campos de Wahoo e Frade	Número de Referência:	
PROJETO:	Relatório Técnico de Modelagem de Transporte de Óleo	ÁREA:	BACIA DE CAMPOS
TÍTULO:Unidades de Conservação que apresentaram probabilidade de presença de óleo na modelagem de dispersão de óleo nos Campos de Wahoo e Frade.			
Sist. de Coord.:	SIRGAS 2000	EXEC.:	Ingrid Trindade / Jonatan Nascimento
VERIF.	Flávia Pozzi	APROV.	Marcelo Cabral
ESCALA:		REV.:	
DESC.:	Emissão Original	FOLHA:	3
DATA:	25/01/2024	Ass:	
		N.º	

- ANEXO III -

Mapa com Detalhamento de Linha de Costa
Utilizado para a Definição da Grade do Modelo do
OSCAR



Tipos de Costa

Costão Rochoso

Praia Arenosa

Recifes

Planície de Maré

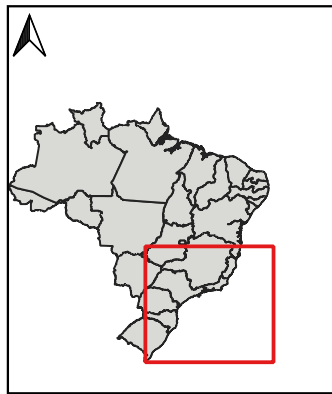
Manguezal / Barra de Rio




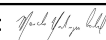
Campo de Wahoo

Campo de Frade

Ponto de Vazamento V1

Ponto de Vazamento V2



EMPRESA: 		CLIENTE: 	
EMREENDIMENTO: Atividade de Exploração Marítima nos Campos de Wahoo e Frade		Número de Referência:	
PROJETO:Relatório Técnico de Modelagem de Transporte de Óleo		ÁREA: BACIA DE CAMPOS	
TÍTULO: Detalhamento da linha de costa considerada na modelagem de dispersão de óleo nos Campos de Wahoo e Frade			
Sist. de Coord.SIRGAS 2000	EXEC.: Ingrid Trindade / Jonatan Nascimento	VERIF.Flávia Pozzi	APROV.: Marcelo Cabral
ESCALA: 0 50 100 km 	REV.:	DESC.:Emissão Original	FOLHA:
DATA: 29/12/2023	Ass: 	N.º	