

II.9. ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO

A) INTRODUÇÃO

A presente Análise de Riscos Ambientais (ARA) foi elaborada visando ao cumprimento do Termo de Referência Nº 35/14, de setembro de 2014 emitido pela CGPEG/DILIC/IBAMA no âmbito do Processo de Licenciamento Ambiental para a Atividade de Perfuração Marítima no Bloco CE-M-715, localizado na Bacia do Ceará (Figura II.9.1).

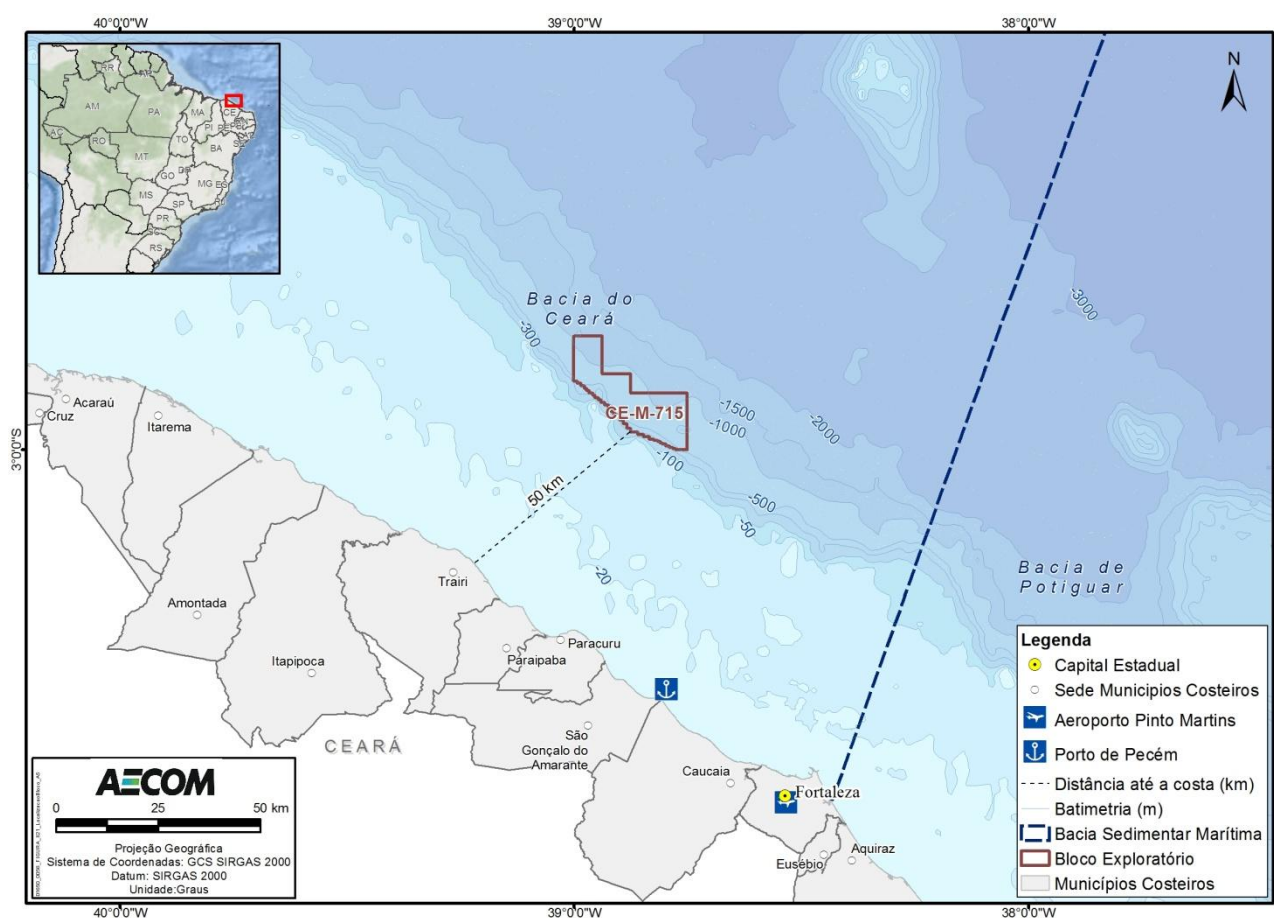


FIGURA II.9.1 – Localização do Bloco CE-M-715 - Bacia do Ceará.

De acordo com a Análise de Vulnerabilidade e o Diagnóstico Ambiental desenvolvido para essa atividade, a região com possibilidade de ser atingida por óleo possui grande diversidade físico-biológica, destacando-se a presença de manguezais, estuários e praias e bancos arenosos. Essas características asseguram à região o uso de recursos dos ecossistemas como fonte de renda.

Os manguezais da região são muito ricos em termos de biodiversidade, sendo alguns deles protegidos por Unidades de Conservação. Formam grandes cinturões dominados por espécies vegetais típicas, às quais se associam outros componentes da flora e da fauna, adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés, com grandes variações de salinidade (SOUZA-FILHO, 2005 *apud* MENEZES *et al.*, 2008; LEWIS *et al.*, 2011).

A área passível de ser atingida pelo óleo em caso de vazamentos de grandes volumes também abriga uma grande variedade de grupos faunísticos como tartarugas marinhas, cetáceos, sirênios, aves, recursos pesqueiros, recifes de corais e bancos de algas calcárias. Apresenta áreas de alimentação, reprodução e descanso de diversas espécies, muitas das quais classificadas como ameaçadas de extinção a nível nacional e/ou mundial.

Assim, considerando-se a sensibilidade dessa região, esta Análise de Risco Ambiental (ARA) foi elaborada a partir de uma metodologia desenvolvida pelas empresas AECOM e PROOCEANO visando o atendimento ao Termo de Referência N° 35/14, de setembro de 2014, bem como às orientações e diretrizes da CGPEG/DILIC/IBAMA para a determinação dos Riscos Ambientais associados às atividades de perfuração marítima. Tal metodologia será apresentada em detalhes a seguir e sequencialmente serão apresentados os resultados encontrados para essa atividade, assim como as conclusões estabelecidas.

B) METODOLOGIA

Para a análise e gerenciamento dos riscos ambientais do empreendimento são considerados tanto os aspectos da operação quanto os do meio ambiente no qual a atividade está inserida. Tal abordagem permite que esta seja uma análise abrangente, apesar da complexidade inerente ao processo. Dessa forma, enquanto o risco da operação está focado na falha do funcionamento dos equipamentos e procedimentos implementados, o risco relativo ao ambiente atenta-se para os recursos naturais existentes na região e no entorno de onde a atividade será desenvolvida e que conseqüentemente poderão ser impactados, assim como para seu tempo de recuperação.

De acordo com a metodologia proposta, o Risco Ambiental é expresso em termos da probabilidade de cada Componente e Subcomponente de Valor Ambiental (CVA/SVA) ser atingido por determinadas faixas de volume de óleo. Para tanto, são necessários o cálculo do Risco Operacional, os resultados das modelagens de Dispersão de Óleo no Mar e a identificação dos Componentes Ambientais e dos seus Tempos de Recuperação. Com a junção desses componentes é possível se calcular um valor de Risco Ambiental para cada faixa de volume e cenário sazonal (Figura II.9.2).



FIGURA II.9.2 – Componentes necessários para o Cálculo do Risco Ambiental.

Cada uma das etapas necessárias para a obtenção dos valores de Risco Ambiental será apresentada em detalhes a seguir. A Figura II.9.7, ao final deste item, resume o apresentado.

- **RISCO OPERACIONAL**

Para se estabelecer o Risco Operacional, é preciso identificar os Cenários e Tipologias Acidentais através da Análise Preliminar de Riscos (APR). Com isso, é possível, quando necessário, elaborar Árvores de Falhas e classificar os cenários acidentais identificados dentro das categorias de volume de óleo vazado. A partir desta informação são obtidas as frequências de ocorrências dos cenários analisados para cada faixa de volume, as quais, conforme a proposta metodológica, corresponderão às frequências dos eventos iniciadores das Árvores de Eventos. A elaboração das Árvores de Eventos viabiliza a determinação das frequências de ocorrência de cada uma das Tipologias Acidentais possíveis de ocorrer a partir dos eventos iniciadores analisados por faixa de volume, sendo este um dos componentes do cálculo do Risco Ambiental (Figura II.9.3).

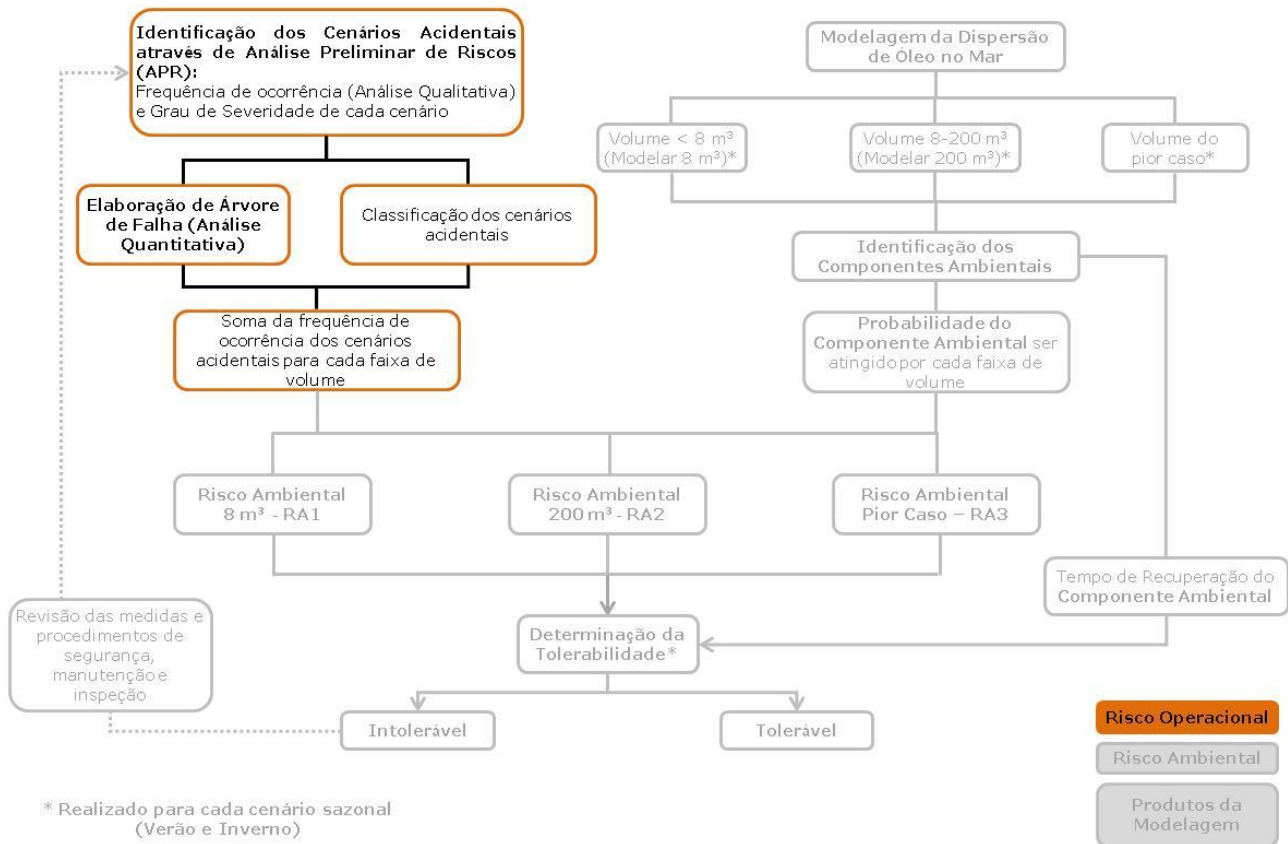


FIGURA II.9.3 – Etapas para o cálculo do Risco Operacional.

Os cenários e tipologias acidentais avaliados neste estudo foram formulados a partir da análise dos sistemas de perfuração, bem como dos sistemas auxiliares da unidade de perfuração a ser empregada na atividade, além das unidades de apoio envolvidas na operação, que pudessem gerar danos ao meio ambiente. Para esses sistemas e operações de apoio, foram identificados os perigos que pudessem resultar em liberação de hidrocarbonetos e/ou outros produtos químicos segundo as seguintes causas, conforme recomendações de normas internacionais:

- Falhas de processo (dispositivos de controle e segurança dos processos envolvidos na operação de perfuração);
- Falhas mecânicas (erosão ou corrosão de equipamentos, linhas e demais componentes);
- Falhas externas ao processo (falha operacional, falha humana, colisão, fatores naturais, etc.).

A metodologia empregada para identificar os cenários acidentais avaliados foi a Análise Preliminar de Riscos – APR, a qual corresponde a uma técnica estruturada para identificar os riscos associados à ocorrência de eventos indesejáveis, que tenham como consequência danos à integridade física de pessoas, propriedades ou meio ambiente.

Na APR, busca-se identificar as causas de cada um dos eventos perigosos e suas respectivas consequências. Além disso, é realizada uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência dos diferentes cenários

acidentais, da severidade (determinada com base no volume de óleo e/ou produto químico liberado associado a cada cenário analisado) e do risco associado.

É importante mencionar que todos os cenários acidentais identificados neste estudo foram classificados, com base na Resolução CONAMA N° 398/08, em três faixas de volume (pequeno, médio e grande vazamentos), de acordo com o seguinte critério:

- **Pequeno Vazamento (Faixa 1):** volume vazado¹ $\leq 8 \text{ m}^3$
- **Médio Vazamento (Faixa 2):** $8 \text{ m}^3 < \text{volume vazado}^1 \leq 200 \text{ m}^3$
- **Grande Vazamento (Faixa 3):** volume vazado¹ $> 200 \text{ m}^3$

Uma vez identificados os cenários/eventos acidentais por meio da APR, determinou-se as suas respectivas frequências de ocorrência para que, conjuntamente com a severidade em termos das faixas de volumes vazados de cada cenário pudesse ser determinado o risco operacional associado a cada sistema analisado.

Para a classificação quantitativa das frequências de ocorrência dos cenários acidentais foram analisados, através dos P&ID's (*Process and Instrument Diagrams*) da unidade de perfuração, os equipamentos envolvidos em cada um dos sistemas. Suas respectivas taxas de falhas foram obtidas de bancos de dados, tais como HSE² e TNO³, assim como a partir de uma análise histórica de acidentes. Os valores de frequência de ocorrência de alguns eventos acidentais foram calculados considerando a contribuição de todos os componentes do trecho em análise, para diferentes faixas de vazão de vazamento.

Para a análise dos sistemas, foi considerado que a falha em cada um dos equipamentos avaliados isoladamente resultaria na ocorrência de vazamento de óleo e/ou produtos químicos. Dessa forma, as frequências dos eventos iniciadores foram obtidas pela soma das taxas de falha de cada um dos equipamentos constituintes do sistema em análise. Estas frequências, obtidas para cada evento iniciador, foram consideradas como sendo a frequência de cada um dos cenários para efeitos de classificação das respectivas categorias, e conseqüente determinação, em conjunto com as severidades, do risco operacional associado aos cenários analisados nas planilhas de APR.

Por fim, árvores de eventos foram construídas, partindo-se dos eventos iniciadores e considerando-se o desdobramento do perigo referente a cada cenário da APR, em diferentes tipologias acidentais. Para o presente estudo, as tipologias acidentais consideradas foram incêndio em poça, incêndio/explosão, *flash* e contaminação ambiental.

A construção de árvores de eventos possibilitou o cálculo das frequências de ocorrência de contaminação ambiental por óleo associadas a cada um dos cenários acidentais identificados e analisados nas planilhas de APR. É importante mencionar que, para a construção das árvores de eventos, foram considerados apenas os cenários/eventos acidentais envolvendo derramamento de óleo no mar, por ser o efeito da contaminação

¹ O volume vazado corresponde ao volume total vazado de todos os sistemas da unidade de perfuração.

² HSE – Offshore Release Statistics, 2002.

³ Guidelines for Quantitative Risk Assessment “Purple Book” – Committee for the Prevention of Disasters – CPR 18E, 1st Edition, 1999 e Methods for Determining and Processing Probabilities “Red Book” – Committee for the Prevention of Disasters – CPR, 2nd Edition, Sdu Uitgevers, Netherlands, 1997.

ambiental o foco do presente estudo (conforme orientação da CGPEG/DILIC/IBAMA nos Termos de Referência para elaboração de estudos de Análise de Risco Ambiental).

Após a determinação, em cada um dos cenários analisados, das frequências associadas à contaminação ambiental, estas frequências foram somadas, para cada faixa de volume, conforme equação a seguir:

$$F_{\text{total-}y} = \sum_{i=1}^n f_i \quad (1)$$

F_{total} = Frequência de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume y .

y - Faixa de volume.

f – Frequência de ocorrência de um cenário acidental.

η – Número de cenários acidentais de mesma faixa de volume.

• PRODUTOS DA MODELAGEM DE ÓLEO

Conforme mencionado anteriormente, além das frequências de ocorrência dos cenários acidentais, os resultados da modelagem da dispersão de óleo no mar também são necessários para a obtenção do Risco Ambiental.

A partir da identificação e mapeamento dos componentes de valor ambiental e dos resultados da modelagem de dispersão de óleo no mar, é possível calcular a probabilidade de cada componente ambiental ser atingido por óleo. O processo de identificação dos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental, assim como o cálculo da probabilidade de cada componente ser atingido serão apresentados no próximo item.

Os resultados da modelagem contemplam dois cenários sazonais, verão e inverno, e três faixas de volume, para dois pontos de vazamento. Foi utilizada uma integração dos resultados dos dois pontos de vazamento, considerando a maior probabilidade possível em cada célula de grade. O relatório técnico de Modelagem de Transporte de Óleo é apresentado, na íntegra, em anexo à seção II.8 (Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais) do presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

Portanto, para o cálculo do Risco Ambiental foram considerados seis cenários simulados, os quais encontram-se representados a seguir.

	volumes	Cenários sazonais
Cenários simulados	8 m ³	{ verão inverno
	200 m ³	{ verão inverno
	13.307 m ³	{ verão inverno

Ressalta-se que nos cenários de 200 m³ e de pior caso (13.307 m³), por apresentarem área mais extensa na coluna d'água, foi realizada uma integração dos resultados em superfície e na coluna d'água para os cálculos da probabilidade em cada CVA/SVA.

- **COMPONENTES DE VALOR AMBIENTAL (CVA)**

A identificação dos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVA/SVA) se deu a partir das informações contidas no Estudo de Impacto Ambiental elaborado para essa atividade, principalmente aquelas constantes nos itens Análise de Vulnerabilidade e Diagnóstico Ambiental.

Como condições para o estabelecimento dos CVAs/SVAs considerou-se que esses componentes deveriam ter presença significativa na área afetada, ser vulneráveis à poluição por óleo e deveriam atender aos seguintes critérios:

- Ser importante (e não apenas financeiramente) para a população local, ou
- Ter interesse nacional ou internacional, ou
- Ter importância ecológica.

Além disso, a CGPEG/DILIC/IBAMA orienta que estes componentes sejam comunidades biológicas (Ex: aves marinhas oceânicas, cetáceos, tartarugas marinhas, etc.) ou ecossistemas (ex: manguezais, recifes de corais, etc.). Por fim, em adição aos critérios citados acima, deverá ser considerada a presença de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção.

Vale ressaltar que uma comunidade biológica pode ser definida por populações de diferentes espécies vivendo e interagindo em uma área e ecossistema como a interação de uma comunidade com seu meio físico e energia (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; MILLER JR., 2007).

Uma vez que os CVAs/SVAs foram identificados, realizou-se o mapeamento dos mesmos em termos de área de abrangência, utilizando-se informações disponíveis na literatura, entidades e órgãos ambientais, como também no próprio estudo ambiental desenvolvido. A bibliografia específica utilizada para o mapeamento de cada componente será fornecida nos resultados.

Os resultados desse mapeamento foram sobrepostos aos resultados das modelagens de deriva de óleo para o cálculo das probabilidades de toque de óleo nos componentes de valor ambiental, em cada um dos cenários identificados (Figura II.9.4).

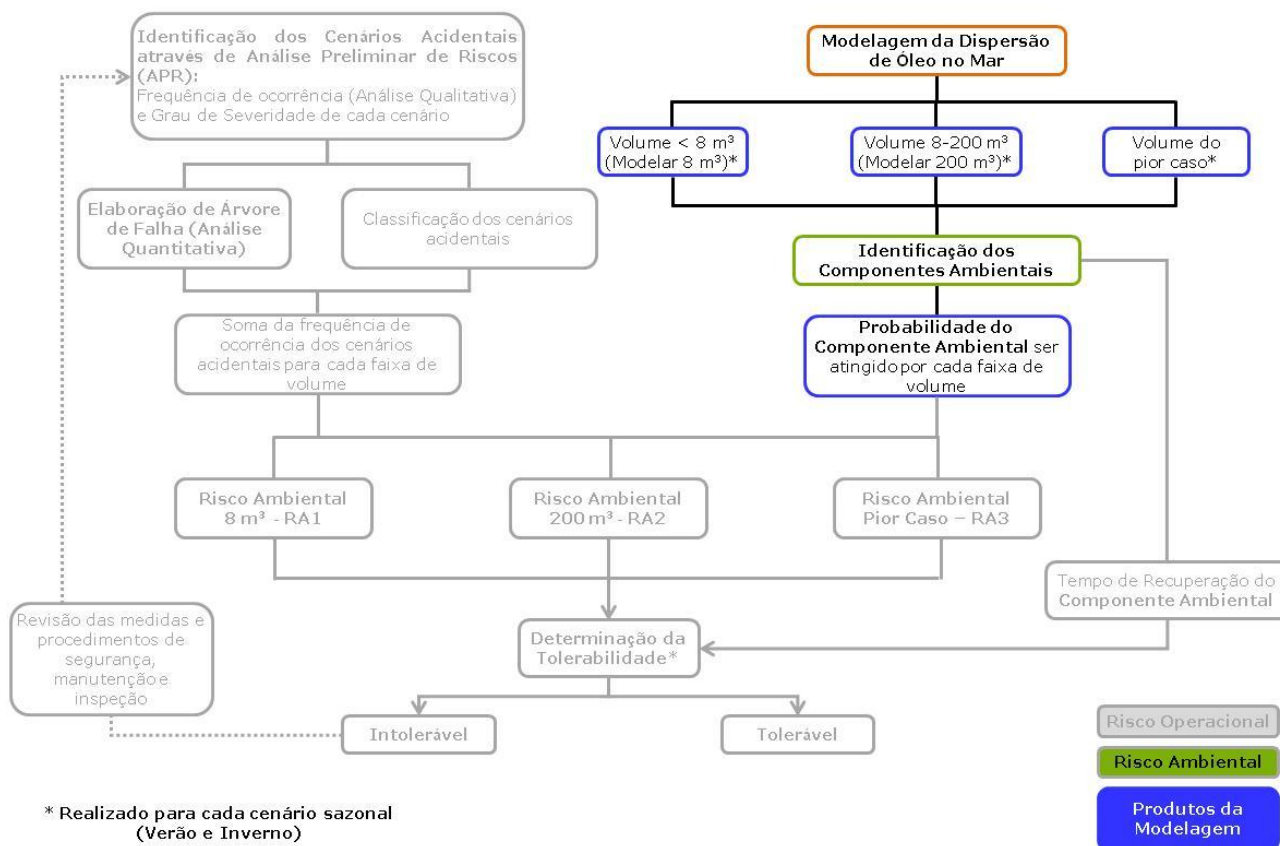


FIGURA II.9.4 – Etapas para o cálculo da probabilidade de um CVA/SVA ser atingido por óleo, em cada faixa de volume.

A probabilidade de presença de óleo foi calculada para cada CVA/SVA nas seis situações de derrame de óleo simuladas através da modelagem. Todos os Componentes identificados são de distribuição dispersa, que conforme orientado pela CGPEG/IBAMA, são aqueles para os quais não é possível se definir limites claros associados às suas áreas de concentração.

O cálculo da probabilidade de presença de óleo para cada CVA/SVA com distribuição dispersa constitui uma média ponderada da probabilidade pela área de interseção dos elementos de grade atingidos pelo óleo em cada CVA/SVA, por faixa de volume e por cenário sazonal, como se segue na Equação 2 e exemplificado na Figura II.9.5:

$$Prob(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

$Prob(x)$ – Probabilidade de o óleo atingir o CVA/SVA x ;

x – CVA/SVA;

n – número de elementos de grade com probabilidade de presença de óleo dentro do CVA/SVA x ;

P – Probabilidade de presença de óleo no elemento de grade n ;

A – Área do elemento de grade n .

Cada elemento de grade tem um valor de probabilidade de presença de óleo e uma área correspondente, como exemplificado na Figura II.9.5.

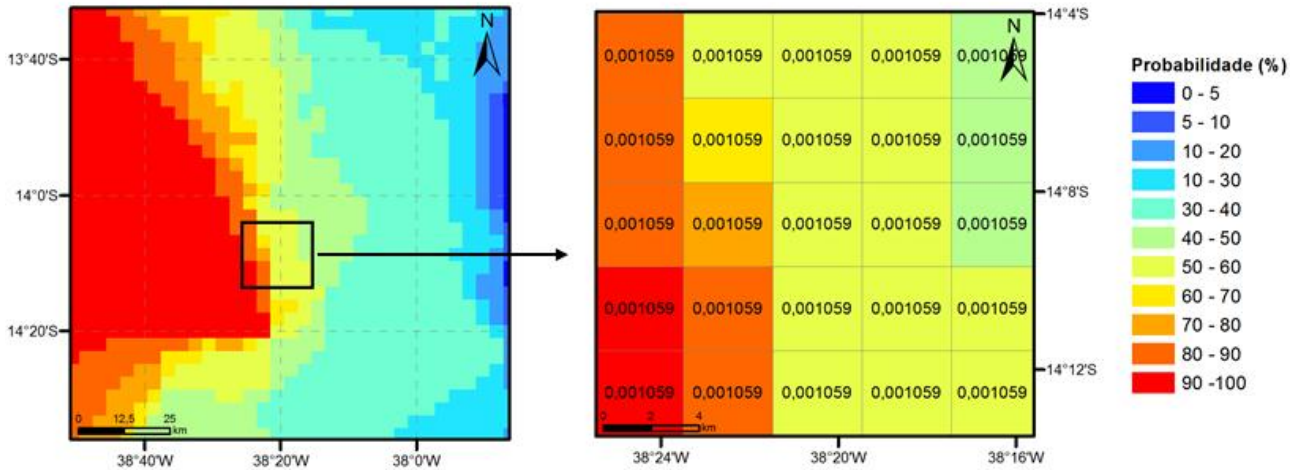


FIGURA II.9.5- Representação esquemática de um cenário probabilístico, detalhando a direita os valores de área em cada elemento de grade com suas respectivas cores representando a probabilidade.

Ressalta-se que, de forma conservadora, as regiões de baías/estuarinas estreitas em que a resolução da modelagem não é capaz de representar a chegada de óleo, como nas reentrâncias dos lençóis maranhenses, tiveram os valores de probabilidade na entrada extrapolados para seu interior.

• **RISCO AMBIENTAL**

Uma vez aferidas as frequências de ocorrência dos cenários acidentais e as probabilidades de cada CVA/SVA ser atingido por óleo, calcula-se o risco ambiental para cada componente, em cada faixa de volume e cenário sazonal (Figura II.9.6) pela fórmula abaixo:

$$RA_{(x)} = F_{total-y} \times Prob_{(x)} \tag{3}$$

RA - Risco Ambiental do CVA/SVA *x*.

x – CVA em determinado vazamento (faixa de volume) e cenário sazonal.

F_{total-y} - Frequência de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume *y*.

y - Faixa de volume.

Prob - Probabilidade de o óleo atingir o CVA/SVA *x*.

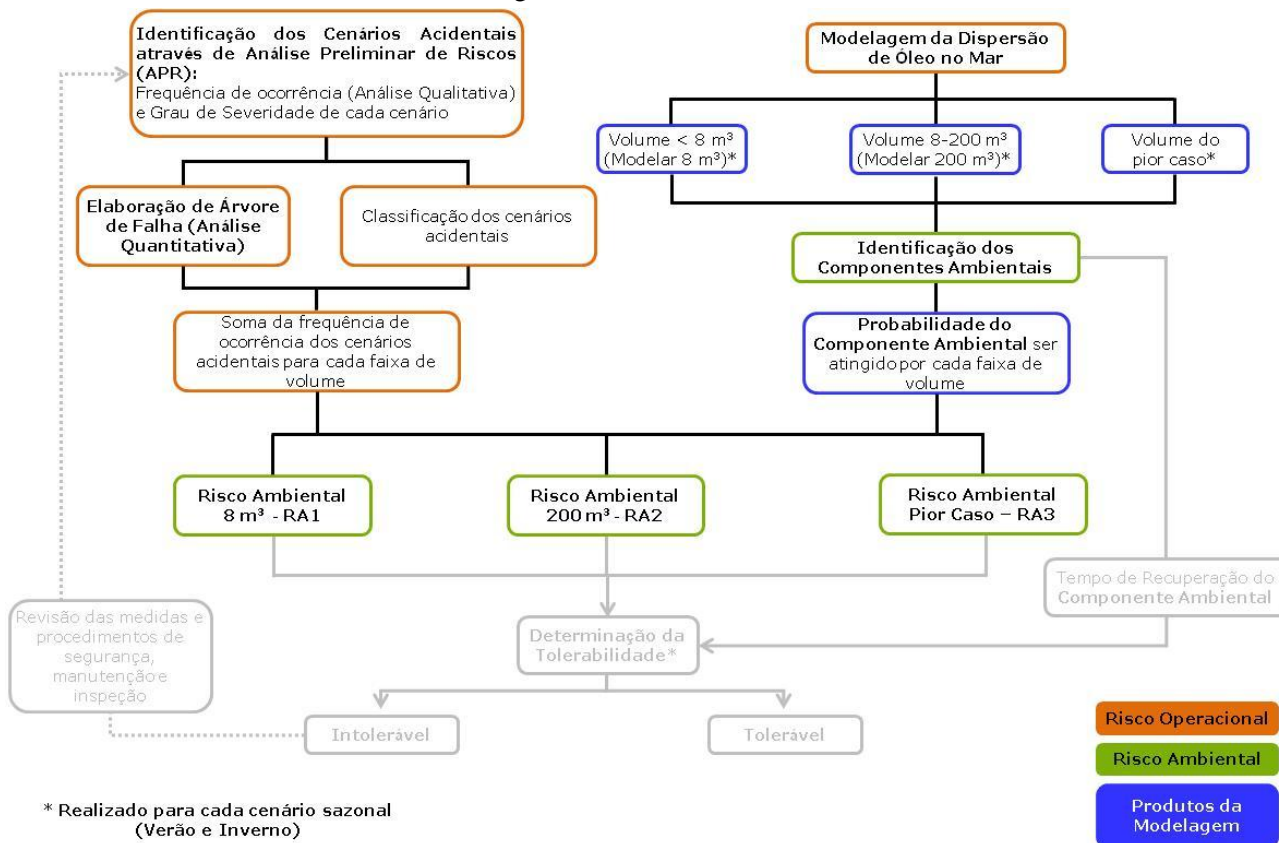


FIGURA II.9.6 – Fluxograma com as etapas para o cálculo do Risco Ambiental.

A Tabela a seguir exemplifica o resultado encontrado para cada componente em cada faixa de volume para um cenário sazonal.

TABELA II.9.1 – Exemplo de resultado encontrado após o cálculo do Risco Ambiental (RA) para cada componente.

CVA/SVA	8 m ³	200 m ³	>200 m ³
X	RA _{x, 8}	RA _{x, 200}	RA _{x, >200}
Y	RA _{y, 8}	RA _{y, 200}	RA _{y, >200}
Z	RA _{z, 8}	RA _{z, 200}	RA _{z, >200}
n

Conforme orientado no Termo de Referência N° 35/14, após o cálculo dos Riscos Ambientais, por faixa de volume, estes deverão ser somados, a fim de exprimir o risco total de cada CVA/SVA ser atingido.

Após o cálculo do valor de risco total é necessário, agora, determinar se o valor encontrado é considerado tolerável, ou seja, se o tempo de recuperação do CVA/SVA é insignificante em comparação com o tempo de recorrência do dano.

• TEMPO DE RECUPERAÇÃO

O tempo de recuperação de cada CVA, essencial para o cálculo da tolerabilidade, foi obtido com base nas informações disponíveis em bibliografias especializadas tanto nacionais quanto internacionais.

É digno de nota que diversos autores trabalharam definições para o que se entende como tempo de recuperação, como PARKER & MAKI (2003), KINGSTON (2002), JOHN & ROBILIARD (1997), entre outros. Além disso, os termos de referência emitidos pela CGPEG/DILIC/IBAMA estabelecem como definição que tempo de recuperação “o tempo que o componente, após ser atingido, levaria para se recompor aos níveis anteriores à exposição por óleo”.

A despeito das definições com relação à recuperação, algumas considerações relativas a tempos de recuperação são necessárias, tais como:

- Muitos dos recursos afetados pelos vazamentos possuem uma limitação de informações quanto ao seu *status* anteriormente aos acidentes. Adicionalmente, alguns dos dados pertinentes são resultados de uma amostragem limitada, que consequentemente produz grandes intervalos de confiança ao redor das estimativas populacionais (EVOSEC, 2010).
- A distribuição dos animais é um desafio para se conseguir uma contagem acurada dos tamanhos populacionais (especialmente para os mais móveis, como peixes, aves e mamíferos marinhos). A maior parte das estimativas populacionais tem uma ampla variabilidade associada aos dados.
- É extremamente difícil separar o que é um efeito prolongado de um acidente do que são mudanças naturais ou causadas por fatores não relacionados ao vazamento de óleo.

- É impossível afirmar o quanto uma comunidade que tenha se recuperado de um vazamento de óleo é a mesma, ou diferente, da que teria persistido na ausência do óleo (KINGSTON, 2002).
- A escala geográfica de estudos conduzidos ao longo dos anos tem variado entre os recursos e esta disparidade deve ser considerada quando os dados são interpretados, e aplicados os resultados para o *status* de recuperação. Alguns estudos foram realizados em uma grande escala espacial (e.g. BARTH, 2002; DICKS, 1998, HEUBECK *et al.*, 2003, entre outros) para responder às preocupações de populações e ecossistemas, enquanto outros estudos foram focados em exposição localizada e efeitos do óleo (e.g. BOERTMANN & AASTRUP, 2002; CARLS *et al.*, 2001; EPA, 1999; entre outros).
- O tempo de recuperação estabelecido para cada CVA não é necessariamente fixo, ou seja, o ambiente e as características da atividade que será realizada irão contribuir para o estabelecimento mais apropriado do tempo de recuperação para cada componente, que pode variar de estudo para estudo.
- Não se pode considerar um valor de tempo de recuperação igual para vazamentos que se originam perto da costa e para aqueles que se originam longe da costa, uma vez que no segundo caso o óleo sofre o processo de intemperização antes de atingir o litoral, chegando menos tóxico a esse ambiente (KINGSTON, 2002).
- Se uma área é suprimida de sua fauna, esta pode se recuperar através do recrutamento de populações próximas (KINGSTON, 2002).
- A existência de algumas espécies ameaçadas dentro da comunidade (valor não significativo), por si só, não aumenta o tempo de recuperação da comunidade como um todo, até porque o tempo de recuperação estabelecido nesse estudo é uma estimativa entre o pior e o melhor caso.

Detalhes dos valores encontrados e da bibliografia consultada estão descritos no item de resultados.

• TEMPO DE RECORRÊNCIA

O Tempo de Recorrência, o qual corresponde a outro fator essencial para o cálculo da tolerabilidade, pode ser definido como o espaço de tempo, em anos, entre a ocorrência de eventos de vazamento de óleo no mar, em cada faixa de volume e cenário sazonal, que, potencialmente, causariam danos a um determinado CVA/SVA. Desta forma, o tempo de recorrência está relacionado com a frequência de ocorrência dos cenários acidentais em cada faixa de volume e com a probabilidade de o óleo atingir cada CVA/SVA, podendo, portanto, ser definido como o inverso do Risco Ambiental, conforme a equação abaixo:

$$\text{Tempo de Recorrência}_{(x)} = \frac{1}{F_{\text{total-y}} \times \text{Prob}_{(x)}} = \frac{1}{\text{RA}_{(x)}} \quad (4)$$

x – CVA/SVA em determinado vazamento (faixa de volume) e cenário sazonal.

F_{total-y} - Frequência de ocorrência dos cenários acidentais na faixa de volume y.

y - Faixa de volume.

Prob - Probabilidade de o óleo atingir o CVA/SVA x .

RA - Risco Ambiental do CVA/SVA x .

Simplificadamente, o tempo de recorrência pode ser considerado como o tempo total que um dado CVA/SVA teria para se recuperar dos potenciais danos causados por um dado vazamento de óleo, até que um outro viesse a ocorrer.

• TOLERABILIDADE

Uma vez estabelecido o tempo de recuperação e os valores de Risco Ambiental para cada CVA/SVA, pode-se calcular a Tolerabilidade. A NORSOK Standard (1998, p. 82) afirma que:

“A recuperação seguida de um dano ambiental para os recursos mais vulneráveis deve ser insignificante em relação ao período esperado entre a ocorrência destes danos”.

Dessa forma, considera-se que o tempo de recuperação de um componente ambiental deve ter uma duração insignificante quando comparada ao período esperado de recorrência destes danos. Partindo-se desse princípio, a tolerabilidade dos riscos é calculada levando-se em consideração a relação entre o Tempo de Recuperação definido para cada CVA/SVA e o tempo de recorrência do dano, conforme a equação abaixo.

$$\text{Tolerabilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo de recuperação}}{\text{Tempo de recorrência}} \times 100$$

Portanto, a tolerabilidade foi calculada para cada CVA/SVA, considerando as modelagens de dispersão de óleo elaboradas, totalizando um resultado para cada CVA/SVA.

A Tolerabilidade ao risco pode ser entendida como um limite no qual os riscos são aceitáveis e a relação estabelecida deve variar de componente para componente. Conforme determinação da CGPEG/DILIC/IBAMA, em caso de ocorrência de risco intolerável, os procedimentos e instalações que originaram o quadro de riscos e cenários acidentais devem ser revistos e novos cálculos realizados, até que o risco ambiental seja considerado tolerável.

Vale ressaltar que para todos os cálculos realizados nessa Análise de Risco Ambiental não são consideradas as medidas preventivas e de contingência a derrames de óleo no mar previstas no Plano de Emergência Individual (PEI).

A Figura II.9.7 apresenta o fluxograma explicativo da metodologia adotada, sendo seguida pelos resultados para a atividade de perfuração marítima a ser desenvolvida no Bloco CE-M-715.

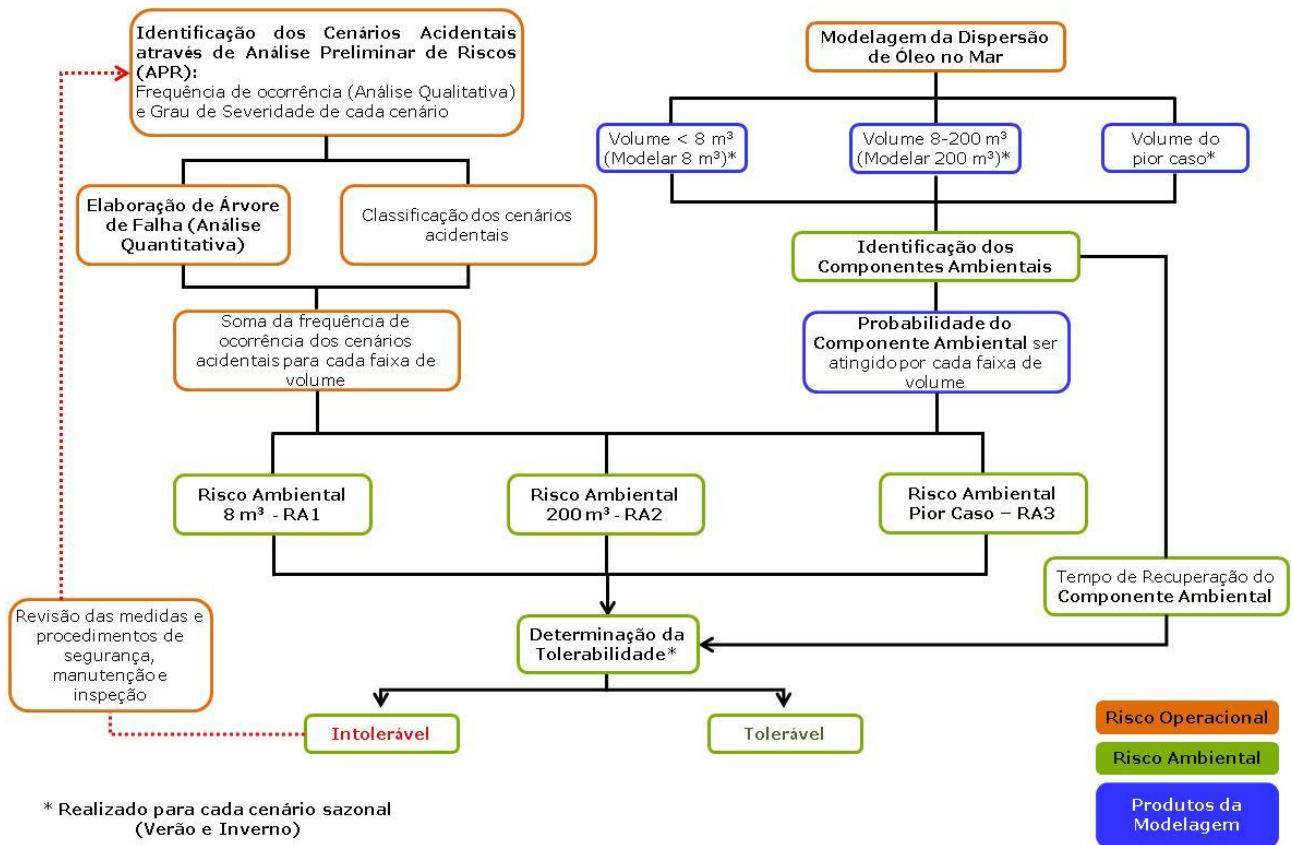


FIGURA II.9.7 – Fluxograma com as etapas para o cálculo do Risco Ambiental e Tolerabilidade.

C) RESULTADOS

II.9.1. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES

A descrição da Unidade de Perfuração do tipo navio-sonda a ser empregada na Atividade de Perfuração Marítima no Bloco CE-M-715, Bacia do Ceará, foi apresentada no Cadastro de Unidades Marítimas de Perfuração – CADUMP protocolado nesta CGPEG/DILIC/IBAMA em 14/02/2013, sob o número de protocolo 02022.001192/13-71, em conformidade com a Nota Técnica N.º. 04/2012, para abertura do processo administrativo n.º 02022.000971/2013-50. Este documento foi aprovado 07/11/2013 por meio do Ofício n.º 02022.006182/2013-22 CGPEG/IBAMA e respectivo Parecer Técnico CGPEG/IBAMA n.º 000458/2013.

Ressalta-se que no Anexo I – *Descrição da Unidade Marítima (DUM)* do CADUMP supramencionado são apresentados os principais sistemas e subsistemas da unidade de perfuração, incluindo os seus equipamentos de segurança mais relevantes. Como exemplos podem ser citados os equipamentos de controle do poço (BOP), os sistemas de detecção de gases e os equipamentos de combate a incêndio.

No que diz respeito aos critérios de segurança adotados na fase de planejamento, incluindo as medidas preventivas, pode-se dizer que estes corresponderam às medidas adotadas para minimizar os riscos de perda de controle do poço, as quais se encontram listadas a seguir:

➤ **Medidas para Minimizar os Riscos de Perda de Controle do Poço**

A segurança durante a perfuração de um poço com o objetivo permanente de manter o controle da pressão do mesmo inicia-se na fase de planejamento do poço e a escolha da sonda de perfuração. A Chevron tem normas técnicas globais (*Global Technical Standards*) que governam os diferentes aspectos da construção de poços, entre eles, são específicos desde o ponto de vista do controle de poço, a Norma Técnica Global de Sistemas de Controle de Poço (*Well Control Systems*) e a Norma Técnica Global de Requerimentos de Controle de Poço (*Well Control Requirements*).

O planejamento do poço envolve a análise de poços vizinhos ou correlatos, a análise de riscos rasos, perfis de pressão de poro e fratura, projeto de revestimento e assentamento das sapatas, fluidos de perfuração, cimentação, captação de dados, etc. Parte do planejamento envolve também o desenvolvimento de procedimentos específicos para a sonda que incluam, por exemplo, os papéis e responsabilidades de cada envolvido, protocolo de comunicações, resposta às emergências, monitoramento do poço e dos sistemas de controle do poço, assim como a preparação da equipe para tomar ações no sentido de manter o controle de poço em situações que indicam possível influxo para dentro do poço.

A sonda deverá se certificar de ter os equipamentos adequados para responder a situações de controle de poço. Os equipamentos devem ser capazes de suportar as pressões previstas, devem ser testados e mantidos em ótimas condições, para isso, precisa-se planejar o estoque de peças sobressalentes para evitar a falta das mesmas na sonda.

Desta forma, os procedimentos preventivos a serem seguidos durante a perfuração para manter o controle do poço são:

- Realizar testes de absorção (*leak off test*) e/ou integridade da formação e revestimento após o fim das operações de descida e cimentação de revestimento;
- Monitorar a pressão de poros, gases da formação e densidade equivalente de circulação (*Equivalent Circulating Density – ECD*) durante a perfuração, por meio da perfilagem durante a perfuração (*Pre-tests e Pressure While Drilling - PWD*) e do monitoramento por parte da unidade de *mud logging*;
- Usar BOP apropriado para conter e controlar o influxo.
- Testar o BOP, incluindo *manifolds* e válvulas de segurança, segundo a frequência estabelecidas pelas normas, a cada 7 dias o teste funcional e a cada 21 dias o teste de pressão, e cada vez que o BOP é descido e instalado;
- No caso de identificar o risco de formação de hidrato, planejar a injeção de glicol regularmente no BOP (*stack*) por meio do ROV da unidade de perfuração, com o objetivo de prevenir a formação espontânea de hidratos na cabeça do poço, e possuir estoque de metanol, caso seja necessário dissolver hidratos já formados na cabeça do poço;
- Monitorar constantemente o nível do fluido de perfuração nos tanques através de sensores de fluxo durante a perfuração e do tanque de manobra (*trip tank*) durante as retiradas e descidas de tubulares;
- Sempre que for retirada a coluna ou durante paradas de perfuração e conexões, verificar se o nível do fluido de perfuração está estável no anular, observando se não há perda excessiva, nem ganho de fluido;
- Efetuar periodicamente o treinamento de detecção e controle de “*kick*” com o objetivo de assegurar que as equipes envolvidas na perfuração estejam capacitadas para o controle do poço e testar sua capacidade de reação em situações inesperadas;
- Manter material de contingência estocado na sonda caso seja necessário combater uma perda excessiva de fluido de perfuração para a formação;
- Trabalhar com um volume adequado de fluido de perfuração, mantendo a densidade requerida para cada fase de perfuração, assim como uma reserva de segurança;
- Em caso de detecção de influxo indesejável no poço (*kick*), o procedimento imediato é parar a perfuração e fechar o BOP. Este equipamento isola o poço, prevenindo um influxo maior. As leituras das pressões na coluna de perfuração e no revestimento são utilizadas para se planejar e dar início à circulação do poço para retirada do fluido invasor (água, óleo ou gás) pelo método do Sondador ou do Engenheiro. Qualquer que seja o método adotado para circular o *kick*, após a expulsão controlada

do fluido invasor do poço, aumenta-se a densidade do fluido de perfuração para exercer uma pressão hidrostática maior do que a pressão da formação.

II.9.2. ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES AMBIENTAIS

II.9.2.1. Introdução

A análise histórica de acidentes ambientais foi baseada no banco de dados *Worldwide Offshore Accident Databank* (WOAD), base de dados elaborada e administrada pela *Det Norske Veritas* (DNV) que reúne informações sobre acidentes ocorridos em unidades marítimas a partir de 1970.

A versão digital deste banco de dados, a qual é atualizada periodicamente pela DNV, é acessada através de um *login* e uma senha disponibilizada por aquela empresa. O WOAD confere, segundo a DNV, informações de mais de seis mil acidentes e incidentes desde 1970 até os tempos atuais; informações técnicas sobre cerca de 3.700 unidades *offshore*, incluindo localização da unidade marítima/instalação e modo de operação; dados sobre uma série de parâmetros, tais como nome, tipo e modo de operação da unidade envolvida no acidente, a data, a localização geográfica, a cadeia de eventos, causas e consequências, e detalhes de evacuação.

Com relação aos acidentes/incidentes analisados, o WOAD utiliza as seguintes definições:

- **Falha de ancoragem:** Problemas com as âncoras e cabos de ancoragem, dispositivos de amarração e guinchos.
- **Emborcamento:** Perda de estabilidade transversal, resultando em virada de borco da unidade.
- **Colisão:** Contato acidental entre unidade *offshore* e embarcação marinha que está passando, quando pelo menos uma delas é propelida ou está sendo rebocada. Exemplos: navio tanque, cargueiro, barco de pesca. Também estão incluídas colisões com pontes, cais, etc., e embarcações engajadas na atividade de óleo e gás em outras plataformas que não a plataforma afetada, e entre duas instalações *offshore*.
- **Contato:** Colisões/contatos acidentais entre embarcações engajadas na atividade de óleo e gás na plataforma afetada, por exemplo, embarcações de apoio, de suprimentos ou *stand-by*, rebocadores ou helicópteros, e instalações *offshore* (móveis ou fixas).
- **Acidente com guindaste:** Qualquer evento causado por ou envolvendo guindastes, gruas ou qualquer outro equipamento de içamento de carga.
- **Explosão:** sobrepessão.
- **Queda de carga:** Queda de carga/objetos de guindastes, gruas ou qualquer outro equipamento de içamento de carga. Queda acidental de bote salva-vidas e homem ao mar, também estão incluídos nessa categoria.
- **Incêndio:** radiação térmica.
- **Afundamento:** Perda de flutuabilidade ou afundamento da unidade.
- **Encalhe:** Instalação flutuante em contato com o fundo do mar.
- **Acidente de helicóptero:** Acidente com helicóptero, tanto no heliponto quanto em contato com a instalação.
- **Inundação:** Entrada de água na unidade ou enchimento de poço ou outros compartimentos causando potencial perda de flutuabilidade ou problemas de estabilidade.

- **Adernamento:** Inclinação descontrolada da unidade para um dos bordos.
- **Falha de máquinas:** Falha de motores ou propulsores, incluindo sistemas de controle.
- **Perda de posição:** Unidade não intencionalmente fora de sua posição esperada ou deriva fora de controle.
- **Dano estrutural:** Quebra ou falha por fadiga de elementos estruturais.
- **Acidente de reboque:** Rompimento do cabo de reboque.
- **Problemas no poço:** Problema acidental, tal como perda da carga hidrostática ou outros no interior do poço.
- **Derramamento/vazamento:** Liberação de óleo ou gás para o entorno, a partir do próprio equipamento da unidade/embarcações ou tanques, causando potencial poluição e/ou risco de explosão e/ou incêndio.
- **Blowout:** Fluxo descontrolado de óleo, gás ou outros fluidos do reservatório, ou seja, perda da carga hidrostática ou do BOP ou da válvula de emergência do fundo do poço.
- **Outros:** Eventos outros que não os especificados acima.

As tabelas seguintes foram obtidas da versão digital do WOAD, em pesquisa realizada com seus dados mais recentes, em março/2013. Destaca-se na Tabela II.9.2.1 o número total de unidades daquele banco de dados. Esta tabela demonstra que o quantitativo de unidades fixas supera o quantitativo de unidades móveis pesquisadas. Para navio-sonda, tipo de unidade de perfuração a ser empregada na atividade de perfuração marítima escopo deste processo de licenciamento ambiental, foram 110 navios-sonda pesquisados.

TABELA II.9.2.1 – Número total de unidades marítimas por tipo de unidade/instalação (móvel, fixa ou outras) – 1970 – 2013 (WOAD on line).

Tipo de Unidade	Unidades Fixas	Unidades Móveis	Outras	Total
Ilha Artificial	2	0	0	2
Barcaça (sem perfuração)	0	0	63	63
Estrutura de concreto	31	0	0	31
Barcaça de perfuração	0	141	0	141
Navio-sonda	0	110	0	110
Embarcação de apoio à perfuração (<i>Drilling tender</i>)	0	0	16	16
Queimador	10	0	0	10
FPSO/FSU	0	24	0	24
Helicóptero - atividade <i>offshore</i>	0	0	275	275
Jaqueta	1303	0	0	1303
Autoelevatória (<i>Jackup</i>)	0	728	0	728
Embarcação de lançamento de linhas (<i>Lay barge</i>)	0	0	23	23
Boia de carga (<i>Loading buoy</i>)	0	0	30	30
Unidades móveis (sem perfuração)	0	0	18	18
Outros	0	0	8	8
Outras / Estruturas fixas não conhecidas	0	0	7	7
Oleoduto	1	0	0	1
Plataforma de perfuração	0	0	247	247
Semissubmersível	0	328	0	328
Navios (outros)	0	0	26	26
Submersível	0	43	0	43
Instalações submarinas	0	0	22	22
Plataforma <i>Tension leg</i>	13	0	0	13
Estruturas de suporte de poços	230	0	0	230
TOTAL	1590	1374	735	3699

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

A Tabela II.9.2.2, a seguir, foi gerada através do cruzamento dos tipos de unidades/instalações relacionadas ao quantitativo de acidentes.

TABELA II.9.2.2 – Número de ocorrências de acidentes por tipo de unidade/installação em todo o mundo – 1970 – 2013 (WOAD on line).

Tipo de Unidade	Quantidade de Acidentes
Ilha Artificial	1
Barcaça (sem perfuração)	41
Estrutura de concreto	81
Barcaça de perfuração	65
Navio-sonda	91
Embarcação de apoio à perfuração (<i>Drilling tender</i>)	10
Queimador	1
FPSO/FSU	10
Helicóptero - atividade <i>offshore</i>	238
Jaqueta	716
Autoelevatória (<i>Jackup</i>)	552
Embarcação de lançamento de linhas (<i>Lay barge</i>)	21
Boia de carga (<i>Loading buoy</i>)	13
Unidades móveis (sem perfuração)	18
Outras / Estruturas fixas não conhecidas	3
Oleoduto	139
Semissubmersível	277
Navios (outros)	6
Submersível	19
Instalações submarinas	4
Plataforma <i>Tension leg</i>	13
Estruturas de suporte de poços	122
Total	2431

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

Segundo o banco de dados WOAD (DNV, 2013), para navios-sonda há registro de 91 acidentes dentre um total de 110 navios-sonda pesquisados.

Vale ressaltar que um acidente pode compreender uma cadeia de acontecimentos consecutivos (resultados de acidentes ou ocorrências), por exemplo, uma explosão, resultando em incêndio, explosão e vazamento de óleo. Isto significa que um único acidente ou incidente pode dar origem a várias ocorrências. O número total de ocorrências será, assim, muito mais elevado do que o número total de acidentes registrados. Porém, a

Tabela II.9.2.2, anteriormente apresentada, é específica para registros de acidentes em navios-sonda durante o período de 1970-2013. Segundo o WOAD, ainda há 65 ocorrências de incidentes (situações de perigo), três ocorrências para quase acidentes e quatro ocorrências para eventos considerados insignificantes em navios-sonda registrados neste banco de dados. Portanto, quando é apresentado na Tabela II.9.2.2 o valor de 91 acidentes em navios-sonda, este número corresponde às ocorrências registradas e categorizadas como acidente, dentro do total de 163 ocorrências registradas para navios-sonda no WOAD.

II.9.2.2. Ocorrência de acidentes por tipologia acidental

Neste item serão apresentados os resultados encontrados no banco de dados WOAD (1970-2013 - versão digital) das ocorrências dos acidentes por tipologia acidental.

A Tabela II.9.2.3, a seguir, apresenta o número de acidentes em navios-sondas distribuídos por regiões.

TABELA II.9.2.3 – Número de ocorrências de acidentes em navios-sonda por tipo de acidentes e por região – 1970 – 2013 (WOAD on line).

Tipo de Acidentes	Região			Total
	Mar do Norte	Outros	Golfo do México	
<i>Blowout</i>	0	6	3	9
Quebra ou Fadiga	1	6	1	8
Emborcamento	0	5	0	5
Colisão	0	26	5	31
Explosão	2	6	0	8
Queda de carga	0	8	4	12
Incêndio	0	7	0	7
Encalhe	0	1	1	2
Derramamento / Vazamento	0	3	2	5
Falha de Máquinas	1	1	0	2
Problemas no poço (sem <i>blowout</i>)	0	0	1	1
Outros	0	0	1	1
Total	4	69	18	91

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

Dentre os eventos acidentais envolvendo navios-sonda, a colisão com embarcações da atividade *offshore* foram os mais frequentes. No que se refere ao grau do dano, o WOAD fornece as seguintes informações para navios-sonda, conforme a Tabela II.9.2.4 a seguir.

TABELA II.9.2.4 – Número de ocorrências em navio-sonda por tipo de acidentes e pelo grau de intensidade do dano – 1970 – 2013 (WOAD on line).

NAVIO-SONDA						
Tipo de Acidentes	Grau do Dano					Total
	Insignificante / Sem danos	Menor dano	Dano severo	Dano significativo	Perda total	
Blowout	7	0	1	1	0	9
Quebra ou Fadiga	0	2	2	4	0	8
Emborcamento	0	0	1	0	4	5
Colisão	2	8	2	19	0	31
Explosão	3	2	0	3	0	8
Queda de carga	0	2	2	8	0	12
Incêndio	0	5	0	2	0	7
Encalhe	0	0	1	1	0	2
Derramamento / Vazamento	0	0	0	5	0	5
Falha de Máquinas	0	1	0	1	0	2
Problemas no poço (sem blowout)	0	0	0	1	0	1
Outros	0	0	0	1	0	1
Total	12	20	9	46	4	91

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

A ocorrência em maior número está relacionada à colisão envolvendo embarcações *offshore* com dano significativo, sendo este tipo de dano o mais frequente segundo os dados apresentados.

Com relação a liberações acidentais com potencial direto de dano ao meio ambiente – óleo cru, óleo diesel ou outras substâncias químicas –, a Tabela II.9.2.5 apresenta o número de liberações ocorridas em navios-sonda em todo o mundo, em função da severidade do derrame.

TABELA II.9.2.5 – Número de liberações acidentais de óleo cru, óleo diesel ou outras substâncias químicas ocorridas em navios-sonda em todo o mundo.

Tipo de acidente	Intensidade do Vazamento					Total
	Pequeno	Moderado	Significante	Grande	Muito Grande	
<i>Blowout</i>	6	0	0	3	0	9
Quebra ou Fadiga	8	0	0	0	0	8
Emborcamento	4	0	0	0	1	5
Colisão	29	0	0	1	1	31
Explosão	8	0	0	0	0	8
Queda de carga	12	0	0	0	0	12
Incêndio	6	0	0	0	1	7
Encalhe	2	0	0	0	0	2
Derramamento / Vazamento	5	0	0	0	0	5
Falha de Máquinas	2	0	0	0	0	2
Problemas no poço (sem <i>blowout</i>)	1	0	0	0	0	1
Outros	1	0	0	0	0	1
Total	84	0	0	4	3	91

Fonte: DNV, 2013, (<http://woad.dnv.com/woad>)

Ainda com relação a derramamentos de óleo, a Tabela II.9.2.6 apresenta dados mais atuais provenientes do *International Oil Spill Database (IOSD)* relativos a derramamentos acidentais em atividades marítimas de E&P no período 1978-1997. Essa base de dados computa mais de 8.600 registros individuais de derramamentos de mais do que 10.000 galões americanos (aproximadamente 34 toneladas), valor este considerado o limite abaixo do qual os dados não são precisos. Para estimativa de derramamentos menores que 34 toneladas, a IOSD utiliza fatores de correção, aplicáveis ao número de derramamentos e à quantidade derramada. Esses fatores foram calculados pela IOSD com base nos registros da *US Coast Guard* no período de 1978 a 1997, considerando o valor limite de 50 galões americanos (aproximadamente 0,17 toneladas), que é o valor a partir do qual, em muitos estados americanos, se faz necessária a notificação do incidente.

TABELA II.9.2.6 – Derramamentos acidentais de óleo em atividades marítimas de E&P no período 1978-1997.

Ano	Número de derramamentos maiores que 34 t	Número de derramamentos maiores que 0,17 t	Quantidade total (t) derramada em derramamentos maiores que 34 t	Quantidade total (t) derramada em derramamentos maiores que 0,17 t
1978	4	125	3.507	4.155
1979	9	281	478.487	566.874
1980	14	438	43.881	51.987
1981	1	31	340	403
1982	4	125	3.007	3.526
1983	12	375	279.299	330.892
1984	4	125	1.707	2.023
1985	5	156	670	794
1986	5	156	35.371	41.904
1987	6	188	8.969	10.626
1988	6	188	2.020	2.394
1989	6	188	381	451
1990	6	188	7.128	8.623
1991	3	94	180	214
1992	5	156	2.663	3.155
1993	2	63	61	73
1994	2	63	129	153
1995	1	31	500	592
1996	0	-	0	-
1997	4	125	762	903

Fonte: IOSD, 1999

Como se pode observar, os anos de 1979 e 1983 registraram as maiores quantidades de óleo derramadas. Do total derramado em 1979, 476.190 toneladas são atribuídas à erupção do poço exploratório Ixtoc I, que vazou durante 295 dias, na baía da Campeche, na costa do Golfo do México. O outro grande vazamento ocorreu em 1983, devido à erupção de um poço no Campo de Nowruz, no Irã, que despejou 272.109 toneladas de óleo no Golfo Pérsico/Arábico, ao longo de 196 dias. O poço de Nowruz liberou óleo a uma taxa de 571 a 1.429 toneladas diárias, até ser fechado seis meses e meio mais tarde (IOSD, 1999).

Em 1988, o acidente com a plataforma *Piper Alpha* no Mar do Norte, na costa de Aberdeen, Escócia, provocou o derramamento de 750 t de óleo. Nesse mesmo ano, uma plataforma de produção flutuante derramou 1.500 t de óleo no Campo de Fulmar, no Mar do Norte, na costa do Reino Unido. Em 1990, um poço no Campo de Troll, na costa da Noruega, no Mar do Norte, vazou 361 t durante um teste de formação. Em 1992, um erro de operação causou um derramamento de 827 t no Campo de Statfjord, também na costa da Noruega. Ainda em 1992, ocorreu um derramamento de 1.643 t de óleo, devido à erupção de um poço de produção, na costa da Baía de Timbalier, Louisiana, no Golfo do México. Outra plataforma do Mar do Norte,

em 1995, derramou 500 t na costa da Alemanha, como resultado de danos estruturais. Em 1997, a plataforma flutuante de armazenamento *Captain Field* derramou 680 t de óleo no Mar do Norte, a 145 km da costa da Escócia (IOSD, 1999).

Ademais dos acidentes supramencionados vale mencionar que no mês de abril de 2010, houve um acidente no Golfo do México com a plataforma da Transocean *Deepwater Horizon* contratada pela BP, o qual resultou no vazamento de 3,19 milhões de barris de petróleo a 6,4 quilômetros da costa e atingiu a área costeira dos estados do Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama e Flórida, nos Estados Unidos.

Particularmente com relação a liberações de óleo decorrentes de *blowouts*, estudo da *Royal Society of Canada* (2004) relata algumas estimativas sobre a frequência de ocorrência destes eventos. A Tabela II.9.2.7 apresenta os valores calculados por LGL (2000, 2003) e Husky (2000) *apud* RSC (2004), com base em dados históricos, para a frequência de derramamentos de óleo decorrentes de *blowouts* em poços exploratórios e de desenvolvimento, respectivamente.

TABELA II.9.2.7 – Frequência de derramamentos de óleo decorrentes de *blowouts* (por poço perfurado).

Tipos de poço	Quantidade derramada	
	> 10.000 bbl (1.600 m ³)	> 150.000 bbl (24.000 m ³)
Exploração (LGL, 2000)	$1,5 \times 10^{-4}$	5×10^{-5}
Desenvolvimento (Husky, 2000)	$7,8 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-5}$

Fonte: RSC, 2004

Para fins de cálculo da frequência de *blowout* utilizou-se o banco de dados históricos mais atual do *Scandpower - SINTEF Offshore Blowout Database*, publicado em junho de 2006. Segundo os dados do SINTEF, para perfurações em poços exploratórios profundos (poços normais) a frequência é de $3,1 \times 10^{-4}$ por poço perfurado.

No Brasil, a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) emite anualmente relatórios de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural. Nestes relatórios são apresentados dados sobre os incidentes ocorridos em unidades marítimas e terrestres reportados à ANP. Os dados mais recentes disponibilizados referem-se ao ano de 2013, publicados em dezembro de 2014. A Tabela II.9.2.8 apresenta as informações disponibilizadas sobre o período de 2008 a 2013. Observa-se tendência de estabilização do número total de incidentes comunicados e uma diminuição no número absoluto de descargas ou vazamentos de petróleo e derivados, de água oleosa, além da redução de ocorrências de explosão/incêndio e abalroamentos quando comparados os anos de 2012 e 2013. Em contrapartida, observa-se aumento no número de feridos em incidentes operacionais.

TABELA II.9.2.8 – Distribuição histórica dos incidentes comunicados à ANP em unidades de perfuração e produção marítimas e terrestres¹.

Tipo de Acidentes	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Descarga ou vazamento de petróleo ou derivados	59	101	86	79	109	89
Descarga ou vazamento de água oleosa	2	7	24	95	34	21
Descarga ou vazamento de fluido de perfuração	5	15	27	42	33	35
Explosão e/ou incêndio	2	5	11	50	79	65
Parada não programada	6	32	43	56	58	62
<i>Blowout</i>	0	1	2	1	0	0
Abalroamento	4	3	3	6	10	1
Adernamento	0	0	2	1	1	0
Número de óbitos em incidentes operacionais	8	3	3	6	2	2
Número de feridos em incidentes operacionais	7	8	14	26	31	58
Total de incidentes comunicados	150	260	375	664	944	939

¹ A soma dos dados desta tabela não representa o total de incidentes, pois nem todos foram relacionados e, em alguns casos, um mesmo evento pode acarretar mais de uma das consequências listadas na referida tabela.

Fonte: ANP, 2014.

Ao contrário dos anos anteriores, o ano de 2013 apresentou número maior de registros de quase acidentes em relação ao número de acidentes, os quais apresentaram redução de 40% (Tabela II.9.2.9). A ANP classifica quase acidente como qualquer evento inesperado com potencial de risco para a segurança operacional, não causando danos à saúde humana, ao meio ambiente ou ao patrimônio próprio da empresa ou de terceiros, enquanto que acidentes são os eventos em que há danos.

Ao avaliar os tipos de incidentes mais comuns em unidades marítimas de perfuração (Figura II.9.2.1), observa-se que 24% envolvem eventos de quase acidente de alto potencial, seguidos por 22% de eventos com queda de objetos. Em relação a eventos com danos, as descargas menores de material oleoso, o vazamento de materiais de alto potencial de dano (principalmente fluido de perfuração) e os princípios de incêndio são os eventos mais frequentes.

TABELA II.9.2.9 – Evolução dos registros da ANP em relação à gravidade dos incidentes.

Gravidade dos Incidentes	2010	2011	2012	2013
Acidentes	341	578	604	367
Quase Acidentes	34	86	340	573

Fonte: ANP, 2014.

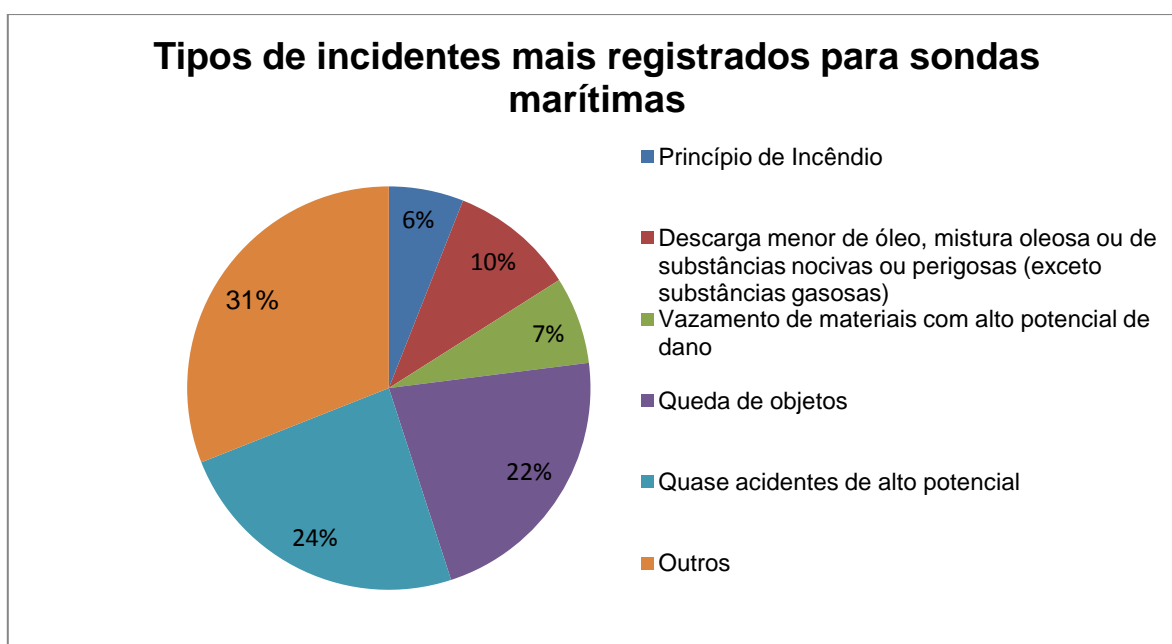


FIGURA II.9.2.1 – Tipos de incidentes mais comunicados à ANP para unidade marítimas de perfuração em 2013.

O número de eventos por atividade regulada é representado na Figura II.9.2.2, os incidentes ocorridos em sondas marítimas e plataformas de produção representam cerca de 80% dos eventos comunicados, enquanto campos terrestres cerca de 10%, e sondas terrestres e dutos representam, respectivamente 1,3 e 0,3%.

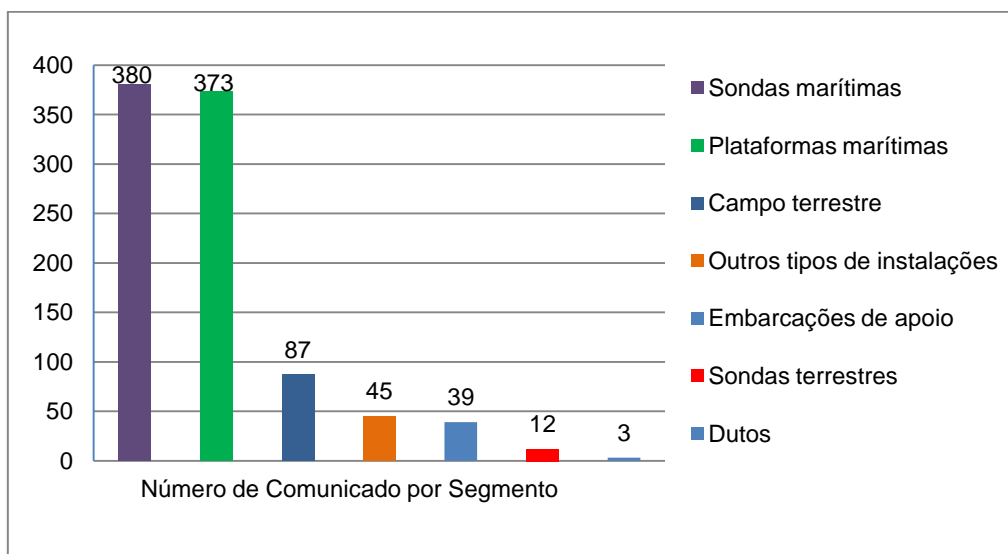


FIGURA II.9.2.2 – Incidentes comunicados à ANP por segmento em 2013.

A distribuição dos volumes descarregados dentre todos os incidentes comunicados à ANP é apresentada na Tabela II.9.2.10. Observa-se que grande parte dos incidentes comunicados com perda de contenção envolveu o derrame de fluidos e petróleo, água oleosa e óleos tratados. Entretanto, ao se contabilizar os volumes registrados, cada evento que envolve a descarga de fluido de perfuração tende a apresentar uma descarga de maior volume. Segundo os dados, houve considerável decréscimo do volume de descargas de petróleo e aumento significativo nos valores de descarga de água oleosa. A ANP aponta para a incapacidade de plantas de processo de produção atender aos valores máximos estipulados para óleos e graxas ao longo de sua vida útil, o que pode relacionar-se com causas como: sobrecarga de óleo bruto em relação à capacidade de tratamento ou óleo de características diferenciadas, problema temporário ou *by-pass* em algum de seus equipamentos entre outros.

TABELA II.9.2.10 – Distribuição dos volumes descarregados (m³) em incidentes com perda de contenção.

Tipo de Fluido	2010	2011	2012	2013
Petróleo	10,92	607,9	26,8	13,78
Óleo e derivados	10,35	1,18	7,96	11,32
Fluido de perfuração	370,43	250,35	56,85	92,66
Água Oleosa	24,85	6,49	24,28	57,29

Fonte: ANP, 2014.

II.9.2.3. Frequências associadas às tipologias acidentais

Neste item estão apresentados os dados estatísticos gerados através dos bancos de dados WOAD (1970-1997), elaborados pela DNV e publicados em seu WOAD Statistical Report 1998, e HSE (1990-2007), além de outros bancos de dados que apresentam taxas de falhas de equipamentos utilizados em sistemas e subsistemas das unidades marítimas da indústria a de óleo e gás.

O banco de dados *Healthy & Safety Executive* (HSE) do Reino Unido realizou uma pesquisa com o objetivo de obter as estatísticas dos acidentes no ambiente *offshore* para unidades fixas e flutuantes em operação na Plataforma Continental do Reino Unido (UKCS), gerando o relatório *Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990-2007* publicado pela *Oil & Gas UK* em abril de 2009.

O objetivo principal desta publicação foi a obtenção de estatísticas completas para os acidentes e incidentes ocorridos na atividade de exploração de petróleo e gás *offshore* através de unidades fixas e flutuantes na UKCS durante o período de 1990-2007, incluindo o número de acidentes e incidentes com frequências correspondentes por tipo de instalação / equipamento.

A Tabela II.9.2.11, abaixo, explicita o espaço amostral trabalho pelo banco de dados WOAD (DNV, 1999). Percebe-se que no período de 1980-1997 um total de 10.063 unidades móveis de perfuração formou a base amostral da pesquisa e, mais especificamente, 600 navios-sonda compuseram o universo amostral objeto deste estudo.

TABELA II.9.2.11 – Número de unidades móveis de perfuração (UM) e navios-sonda (NS) em operação por área geográfica e por período (unidades-ano).

Área Geográfica	Período					
	1970-1979		1980-1997		Total (1970-1997)	
	UM	NS	UM	NS	UM	NS
Golfo do México (EUA)	965	121	2.868	76	3.833	197
Mar do Norte	393	12	1.601	4	1.994	16
Outras Áreas	1.734	418	5.594	520	7.328	938
Total	3.092	551	10.063	600	13.155	1.151

Fonte: DNV, 1999, p. 3.5

Com relação à frequência dos eventos acidentais, a Tabela II.9.2.12 apresenta a frequência média de ocorrência de diferentes tipos de acidente em unidades móveis de perfuração e em navios-sonda, em todo o mundo, por tipo de acidente, para o período 1980-1997.

Cabe observar que os dados apresentados na Tabela II.9.2.12 podem ser considerados conservadores, pois incluem apenas unidades em operação no período de 1980 a 1997 no WOAD (DNV,1999). Em função da preocupação internacional da indústria com segurança, meio ambiente e avanços tecnológicos, tem sido implementados dispositivos de segurança adicionais nas unidades de perfuração mais modernas e práticas de

trabalho mais seguras, fato que poderia resultar na redução da ocorrência de tipologias acidentais associadas à sonda.

TABELA II.9.2.12 – Frequência média de ocorrência de acidentes em unidades móveis de perfuração (UM) e navios-sonda (NS) em todo o mundo no período 1980-1997 (ocorrências / 1.000 unidades-ano).

Tipo de Acidente	Número de ocorrências		Frequência (10 ⁻³)	
	UM	NS	UM	NS
Falha de Ancoragem	84	4	8,35	6,67
<i>Blowout</i>	108	6	10,73	10,00
Emborcamento	66	5	6,56	8,33
Colisão	28	2	2,78	3,33
Contato	116	10	11,53	16,67
Acidente com Guindaste	41	2	4,07	3,33
Explosão	28	1	2,78	1,67
Queda de Carga	81	4	8,05	6,67
Incêndio	131	8	13,02	13,33
Afundamento	53	3	5,27	5,00
Encalhe	32	1	3,18	1,67
Acidente de Helicóptero	6	-	0,60	-
Inundação	33	2	3,28	3,33
Adernamento	59	4	5,86	6,67
Falha de Máquinas	14	7	1,39	11,67
Perda de Posição	116	5	11,53	8,33
Derramamento	95	2	9,44	3,33
Dano Estrutural	172	12	17,09	20,00
Acidente de reboque	59	1	5,86	1,67
Problema no Poço	141	7	14,01	11,67
Outros	25	1	2,48	1,67

Fonte: DNV, 1999, p. 2.8

Da observação dos dados apresentados na Tabela II.9.2.12, conclui-se que, com relação à frequência média de ocorrência dos diferentes tipos de acidente em navios-sonda, a tipologia acidental mais frequente está relacionada ao dano estrutural, seguida por contato, incêndio, problema no poço, falha de máquinas e *blowout*.

As frequências de ocorrência de acidentes para unidades flutuantes na Plataforma Continental do Reino Unido (UKCS) no período 1990-2007 são estimadas com base na combinação dos bancos de dados ORION (RIDBOR 95), MAIB (*Marine Accident Investigation Branch*), WOAD e BLOWOUT (SINTEF). A Tabela II.9.2.13, a seguir, apresenta o número de acidentes com suas respectivas frequências, por tipo de

unidade, abrangendo o período de 1990 - 2007. Na tabela, “N” denota número de ocorrências e “F” denota a frequência anual média por unidade, ou seja, número de ocorrências por unidade ano.

Como resultados deste banco de dados para unidades móveis de perfuração, o HSE apresenta as seguintes taxas de frequência:

TABELA II.9.2.13 – Número de ocorrências de acidentes e respectivas frequências (por unidade ano) por tipo de unidade móvel de perfuração (UM). Plataforma Continental do Reino Unido, 1990-2007.

TIPO DE UM	PERÍODO					
	1990 - 1999		2000 - 2007		Total (1990 – 2007)	
	N	F	N	F	N	F
<i>Jack up</i>	493	2,002	254	1,367	747	1,729
<i>Semisub</i>	1070	2,666	494	1,852	1564	2,341
Navio-sonda	27	6,585	11	6,471	38	6,552
Total UM	1590	2,440	759	1,671	2349	2,124

Fonte: HSE - OIL & GAS UK, 2009

No período de 1990 a 2007, 38 acidentes com unidades marítimas de perfuração do tipo navio-sonda foram registrados na Plataforma Continental do Reino Unido (UKCS). Considerando o total de unidades móveis de perfuração, 2.349 acidentes foram computados. Sendo assim, a contribuição de acidentes com navios-sonda pode ser considerada baixa, sendo os acidentes com unidades semissubmersíveis de maior peso para as estatísticas de acidentes com unidade móveis de perfuração.

O banco de dados fornece, ainda, o número de ocorrência de acidentes e as suas respectivas frequências relacionadas ao tipo de acidente, como pode ser verificado na tabela a seguir:

TABELA II.9.2.14 – Unidades Móveis de Perfuração - UM - Número de ocorrências de acidentes e respectivas frequências (por unidade ano). Plataforma Continental do Reino Unido, 1990-2007.

TIPO DE EVENTO	PERÍODO					
	1990 - 1999		2000 - 2007		Total (1990 – 2007)	
	N	F	N	F	N	F
Falha de ancoragem	133	0,204	14	0,031	147	0,133
<i>Blowout</i>	13	0,020	3	6,6E-03	16	0,014
Emborcamento	1	1,5E-03	-	-	1	9,0E-04
Colisão	14	0,021	1	2,2E-03	15	0,014
Contato	108	0,166	25	0,055	133	0,120
Guindastes	697	1,070	410	0,902	1107	1,001
Explosão	10	0,015	-	-	10	9,0E-03
Queda de objetos	851	1,306	547	1,204	1398	1,264
Incêndio	100	0,153	46	0,101	146	0,132
Naufrágio	1	1,5E-03	-	-	1	9,0E-04
Encalhamento	1	1,5E-03	-	-	1	9,0E-04
Helicóptero	3	4,6E-03	-	-	3	2,7E-03
Vazamento	15	0,023	3	6,6E-03	18	0,016
Inclinação	9	0,014	2	4,4E-03	11	0,010
Falha no Maquinário	1	1,5E-03	3	6,6E-03	4	3,6E-03
Perda de Posição	25	0,035	1	2,2E-03	24	0,022
Liberação	160	0,246	78	0,172	238	0,215
Falha estrutural	29	0,045	4	8,8E-03	33	0,030
Reboque	13	0,020	1	2,2E-03	14	0,013
Problemas no poço	136	0,209	186	0,409	322	0,291
Outros	30	0,046	5	0,011	35	0,032

Fonte: HSE - OIL & GAS UK, 2009

De acordo com os dados apresentados na Tabela II.9.2.14, pode-se observar que as tipologias acidentais mais frequentes no período compreendido entre 1990 e 2007 para unidades móveis de perfuração foram, em ordem decrescente, queda de objetos, acidentes com guindastes e problemas no poço. Ainda de acordo com

os dados da tabela supramencionada, pode-se observar que houve uma redução na ocorrência das duas tipologias acidentais mais frequentes (período de 1990-2007), ao se comparar os eventos registrados nos períodos 1990-1999 e 2000-2007. Para queda de objetos, nota-se que houve uma redução de 851 eventos – frequência de 1,306 unidade ano - (1990-1999) para 547 eventos – frequência de 1,204 unidade ano - (2000-2007), representando uma redução de aproximadamente 36% ao se considerar o número de ocorrências de tal tipologia acidental em ambos os períodos citados. Para acidentes com guindastes, por sua vez, a redução no número de acidentes registrados foi de 697 – frequência de 1,070 unidade ano - para 410 - frequência de 0,902 unidade ano - (aproximadamente 41%). Já com relação a problemas no poço, ao se comparar o número de eventos registrados nos períodos 1990-1999 e 2000-2007 observa-se que, ao contrário do ocorrido para os dois eventos mais frequentes, queda de objetos e acidentes com guindastes, houve um aumento no número de registros para tal tipologia acidental de 136 – frequência de 0,209 unidade ano - (1990-1999) para 186 – frequência de 0,409 unidade ano - (2000-2007) representando um aumento de aproximadamente 37% no número de eventos registrados.

II.9.2.4. Conclusão da Análise Histórica de Acidentes Ambientais

Na Análise Histórica de Acidentes Ambientais apresentada neste capítulo pode ser observado que diferentes bancos de dados apresentam informações distintas relacionadas a incidentes *offshore*. A escolha por apresentar diferentes bancos de dados neste item teve por objetivo contemplar um maior espaço amostral, dadas as peculiaridades de cada referência bibliográfica. A DNV, por exemplo, embora possua uma versão *online* de seu WOAD, apenas disponibiliza dados relativos às frequências de acidentes com unidades *offshore* em sua versão impressa publicada em 1999; enquanto que na versão *online* são apresentados apenas os quantitativos de acidentes. Desta forma, neste item foram apresentados os dados das duas versões do WOAD, de modo que pudessem ser analisados dados atualizados, disponíveis na versão *online*, e valores de frequência de acidentes (para acidentes ocorridos no período de 1970-1997), disponíveis em sua versão impressa. Esta medida é importante pois para a classificação quantitativa de riscos é necessário utilizar valores de frequência, os quais, conforme mencionado anteriormente, estão disponíveis apenas na versão publicada em 1999. Vale mencionar aqui que o WOAD apresenta registros de acidentes ocorridos em todo o com unidades *offshore*.

Uma alternativa às frequências apresentadas na versão impressa do WOAD (DNV, 1999) seria o relatório *Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990-2007* publicado pela *Oil & Gas UK* em abril de 2009. Contudo, embora esta base de dados forneça dados estatísticos de acidentes (frequências) mais atualizados que o WOAD (DNV, 1999), o registro de acidentes se restringe ao Reino Unido. Sendo assim, neste estudo optou-se por utilizar as frequências apresentadas no WOAD (DNV, 1999), por este banco de dados incluir dados mundiais.

No que diz respeito aos dados nacionais, a ANP disponibiliza em seus relatórios anuais de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural apenas o quantitativo de acidentes reportados à Agência, sem que seja realizado um tratamento estatístico dos dados de modo a fornecer as frequências de acidentes (a última versão emitida apresenta dados reportados até 2013). Adicionalmente, o relatório mencionado apresenta dados de acidentes ocorridos nas atividades de E&P de petróleo e gás natural tanto *offshore* como *onshore*. Em função destas informações, também não foi possível utilizar os dados apresentados no relatório da ANP para a classificação quantitativa dos riscos analisados.

➤ **Magnitude dos Danos Ambientais em Relação a Eventuais Efeitos Tóxicos, Espécies Afetadas e à sua Importância para o Ecossistema em Análise.**

Para a análise histórica dos acidentes ambientais no que diz respeito aos seus efeitos tóxicos, espécies e ecossistemas afetados, foi feito um levantamento bibliográfico dos eventos ocorridos em atividades *offshore* nos quais houve vazamento de óleo no mar. Apesar da abundância de informações associadas a causas e consequências, tal como quantidade de produto derramado, ainda há poucos estudos quanto aos impactos crônicos sobre espécies ou ecossistemas (ITOPF, 2009; CEDRE, 2009). Mesmo quando esses estudos estão disponíveis, não se apresentam muitos dados quantitativos acerca desses impactos. Sendo assim, a Tabela II.9.2.15 apresenta as informações sobre acidentes para os quais foi reportado algum tipo de impacto ambiental sobre comunidades adjacentes. Dentre os impactos levantados, destacam-se aqueles resultantes dos acidentes com o navio-tanque Exxon-Valdez (1989), que ocorreu em uma área de alta importância biológica, com seus impactos podendo ser observados até os dias de hoje, e com o navio-tanque Jessica, devido à sensibilidade da área atingida (Ilhas Galápagos).

Em novembro de 2011 ocorreu no Campo de Frade, localizado na Bacia de Campos e operado pela Chevron, um acidente envolvendo vazamento de óleo (cerca de 3.700 bbls)⁴. De acordo com informações da empresa, o fechamento e abandono do poço, trabalho de contenção e demais respostas ao incidente contribuíram para evitar impactos sobre o meio ambiente. Ainda, segundo informações da empresa, formas de vida marinha não foram afetadas, nenhum óleo atingiu a costa brasileira, não houve feridos e não existe qualquer indicação de ter havido risco à saúde humana⁵. Desta forma, com base nas informações anteriores, este acidente não será reportado na Tabela II.9.2.15.

Como mencionado anteriormente, em abril de 2010, ocorreu um vazamento de gás seguido de explosão na plataforma Deepwater Horizon, a qual se encontrava trabalhando para a BP Exploration & Production Inc. no poço exploratório Macondo, no Golfo do México. O *blowout* provocado por este evento liberou 19 milhões de barris de petróleo a 6,4 quilômetros da costa e atingiu a área costeira dos estados do Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama e Flórida, nos Estados Unidos.

Cientistas da BP, das agências governamentais, de universidades e de outras organizações estão estudando uma variedade de espécies e *habitats* para entender como a fauna e o meio ambiente podem ter sido afetados pelo derramamento de óleo. Desde maio de 2010, mais de 240 planos de trabalho foram desenvolvidos pelas administrações estaduais e federais e pela BP para estudar recursos e *habitats*. Os dados do estudo irão permitir uma avaliação dos danos aos recursos naturais no Golfo do México e subsidiar o desenvolvimento de um plano de reabilitação. O plano abordará os danos identificados, incluindo o uso recreativo desses recursos, bem como o custo estimado de implementá-lo.

⁴ Informação disponível em:

<http://www.anp.gov.br/?pg=62011&m=chevron&t1=&t2=chevron&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1418229853689>
Acesso em junho de 2015.

⁵ Informação disponível em: <https://www.chevron.com.br/noticias/atuacao-campo-frade.aspx>. Acesso em junho de 2015.



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
Navio-tanque SS Witwater	Costa do Caribe no Panamá, a aproximadamente e 3,7 km a nordeste das ilhas Galeta	1968	588.000 gal (~1911 ton)	Diesel e Bunker C Oil	Ruptura por causa dos mares revoltos no Caribe	-	Atingiu praias arenosas, costões rochosos e manguezais das ilhas Galeta. Os ventos fortes causaram um spray de óleo misturado com água do mar que atingiu árvores e arbustos acima da zona de supralitoral (até cerca de 2m acima da média do nível da maré alta). Árvores de mangue-vermelho e mangue-preto foram severamente atingidas e houve a perda de muitas sementes de mangue-vermelho, de espécimes da comunidade algal e de invertebrados. Os pesquisadores também observaram tartarugas marinhas mortas nas praias dos manguezais da região após o vazamento, entretanto a real causa dessas mortalidades não foi determinada. Um estudo de acompanhamento realizado 2 meses após o derramamento descobriu que os recifes de coral foram os menos afetados de todas as comunidades estudadas. Uma vez que os recifes encontram-se na zona de infralitoral, não tiveram contato direto com o óleo, já que maré anormalmente alta causada pelos ventos fortes durante o acidente ajudou a evitar a contaminação.	[7] e [11]
Navio-tanque Arco Merchant	Nantucket Shoals (banco de areia), Massachusetts (EUA)	1976	28.000 ton	Óleo combustível	Encalhe	-	Contaminação do sedimento se restringiu à área ao redor do encalhe. Foram encontradas aves com óleo, entretanto o total de mortes foi difícil de avaliar. Concluiu-se que o vazamento provavelmente teve pouco efeito sobre as populações de aves costeiras e marinhas fora da costa da Nova Inglaterra.	[1] e [2]

⁶ As referências bibliográficas utilizadas estão apresentadas ao final deste item.



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
VLCC (Very Large Crude Carrier) Atlantic Express	10 milhas de Tobago, oeste das Índias	1979	276.000 ton	Óleo cru	Colisão com a embarcação VLCC Aegean Captain durante uma tempestade tropical	-	Não foram feitos estudos de impactos, foi reportada pouca quantidade de óleo contaminando a costa de ilhas próximas.	[1], [2] e [3]
Poço Intox I	80 km da Ciudad del Carmen	1979	Milhares de barris de óleo antes do poço ser controlado somente em 1980	Óleo cru	<i>Blowout</i> (descontrole do poço)	Baía de Campeche e impactou parte da costa do México e Texas (257 km de costa)	O vazamento atingiu praias de importância comercial e com ecossistemas sensíveis na região do Texas e México. Foram encontradas alguns espécimes de tartarugas sujas com óleo e alguns indivíduos mortos.	[7]
Poço Nowruz	Golfo Pérsico, Irã	1983	42 milhões de galões de óleo (~136.500 ton)	Óleo cru	Guerra Irã-Iraque	-	Foram impactadas as praias arenosas, costões rochosos e ilhas costeiras. Muitos animais morreram e foram encontrados ao longo da costa do Golfo Pérsico, incluindo cerca de 56 tartarugas-verde e de pente que foram mortas nas ilhas de Jan e Karan. Estima-se que cerca de 500 indivíduos das duas espécies tenham morrido, representando redução significativa das populações locais de tartaruga-de-pente e de tartaruga-verde. Os impactos diretos e indiretos do óleo sobre as tartarugas marinhas, seus ninhos e seu habitat ainda permanecem desconhecidos, mas conclui-se que os impactos foram severos.	[7]



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
Navio-tanque Vista Bella	Nevis Island, Caribe	1991	2.000 ton	Óleo combustível pesado	Danos no navio	Atingiu 5 jurisdições: Saint Kitts e Nevis, ilhas Sabba e Saint Martin, Saint Bartholomew, as Ilhas Virgens Britânicas e Ilhas Virgens Americanas e Porto Rico.	Praias que são locais de desova de tartarugas marinhas foram atingidas.	[2] e [7]
Navio de carga combinada (óleo e minério Aegean Sea	Espanha, próximo ao porto de La Coruna na costa da Galícia	1992	67.000 (ton)	Óleo cru	Encalhe	Ocorreu em águas rasas a cerca de 50 metros da costa atingindo cerca de 300km da linha da costa.	O óleo impactou costões rochosos, pequenas praias arenosas e áreas planas de marisma. Populações de várias espécies de importância comercial como mexilhões foram afetadas, e houve restrição à pesca o que acabou impactando a indústria pesqueira.	[1], [2] e [3]
Barcaça Bouchard B155	Tampa Bay, Florida	1993	336.000 gal (~1092 ton)	Óleo combustível pesado	Colisão com outras embarcações	O óleo cobriu aproximadamente 23km de costa.	Foram atingidas praias arenosas, diversos manguezais, ilhas e diques. Também foram impactadas áreas de desova e forrageamento de tartarugas marinhas.	[7] e [9]



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
Navio-tanque Jessica	Ilhas Galápagos, Equador	2001	600 ton de óleo combustível leve + 200 ton de óleo combustível intermediário. ⁷	Óleo combustível leve e intermediário	Encalhe (condições meteorológicas e falha humana)	12 ilhas (450km)	Cerca de 370 animais foram atingidos pelo combustível como aves, mamíferos e répteis. 79 leões marinhos foram afetados pelo vazamento e 15.000 iguanas marinhas da ilha de Santa Fé foram mortas. Dezenas de milhares de peixes e invertebrados também foram afetados. Devido ao comportamento de muitos animais e a alta toxicidade do óleo, muitos animais podem ter morrido e afundado, não sendo reportados nas estatísticas. A pesca foi afetada em uma pequena escala.	[1], [2] e [10]
Navio-tanque monocasco Prestige	Espanha	2002	64.000 ton	Óleo combustível pesado	Danos do casco devido aos fortes mares no norte da Espanha	1.900 km de costa	O óleo se espalhou por longas distâncias com os ventos e correntes, atingindo, principalmente as costas da Espanha e França. No total, 6 países foram atingidos. Os ecossistemas mais impactados foram os costões rochosos. A pesca foi proibida em 90% da costa. Na França e Espanha também houve impacto no turismo no ano de 2003.	[1], [2]
Navio-tanque Amoco Cadiz	Bretanha, França	1978	223.000 ton	223.000 (ton) petróleo leve e óleo cru + 4.000 (ton) de diesel	Problemas mecânicos	320 km da costa da Bretanha até as Ilhas Channel.	Vários ecossistemas costeiros de importância ecológica foram atingidos, principalmente marismas e estuários. Cerca de 10.000 toneladas de solo contaminado foram biorremediados.	[1], [2] e [3]

⁷ Mistura de gasóleo e óleo combustível pesado.



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
Navio-tanque Castillo de Bellver	70 milhas ao norte de Cape Town, Baía de Saldanha, África do Sul	1983	~ 50-60.000 ton	Óleo cru	O navio pegou fogo e depois quebrou em dois.	-	Os efeitos ambientais foram mínimos apesar da quantidade considerável de óleo que vazou. Não foi exigida muita limpeza (foram utilizados alguns sprays de dispersantes). O impacto mais significativo foi observado foi a contaminação por óleo de 1.500 gansos-patola, a maioria dos quais foi coletada numa ilha perto da costa onde eles se reuniam para o início do período reprodutivo. Também foi observada uma série de focas próxima à superfície onde foram pulverizados os dispersantes, mas os animais parecem não ter sofrido nenhum efeito adverso.	[1], [2] e [3]
Navio-tanque Exxon-Valdez	Prince William Sound, Alaska, EUA	1989	38.500 (ton)	Óleo cru	Encalhe	30.000 km ² de costa. Foi o maior vazamento em águas norte-americanas, sendo, consequentemente, a resposta a vazamento de óleo mais cara da história (mais de US\$ 2 bilhões).	Vários ecossistemas costeiros foram atingidos, principalmente costões rochosos e praias. Cerca de 1.000 lontras marinhas e 400.000 aves morreram e foram observados danos a longo prazo para a população de peixes. A população residente de baleia Orca sofreu danos diretos e indiretos, resultando na diminuição da sua população.	[1], [2], [3], [5] e [6]



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
Poços	Golfo Pérsico	1991	entre 700.000 e 900.000 ton	Óleo cru	Guerra do Golfo	1.554 km ²	Matou milhares de animais, principalmente peixes, moluscos e corais. A alta mortalidade de peixes beneficiou a população de zôoplancton que se reproduziu rapidamente e se tornou muito abundante devido à falta de predadores. Os corais apresentaram sintomas de forte estresse, causando mortalidade e branqueamento. Milhares de quilômetros quadrados de bancos de algas foram inundados por óleo. Estima-se, também, que 30.000 aves marinhas foram mortas pela exposição direta ao óleo. Em relação às tartarugas marinhas não se sabe a extensão dos danos, mas sabe-se que foram severos, estima-se que centenas de indivíduos foram atingidos, mas isso não é bem documentado. Muitos recursos ambientais levaram mais tempo que o esperado para se recuperar.	[1], [2], [3] e [7]
Navio-tanque Braer	Ilhas Shetland, Reino Unido	1993	84.500 ton	84.700 (ton) de óleo cru pesado + 1.500 (ton) de heavy bunker oil	Condições de tempo severas, ventos fortes e tempestades causaram problemas mecânicos causando encalhe	-	Como o vazamento foi pequeno, a linha de costa atingida foi limpa com a ajuda de uma pequena força-tarefa. No entanto, uma grande quantidade de peixes e moluscos foi contaminado por óleo, resultando na exclusão de áreas de pesca por três meses.	[1], [2] e [3]



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
Navio-tanque Sea Empress	Milford Haven, Reino Unido	1996	73.000 (ton), somente 3.700-5.300 (ton) de óleo atingiram a costa	Óleo cru	Encalhe	200 km de costa	<p>Vários segmentos foram impactados direta e indiretamente como:</p> <p>Turismo → devido à rapidez na limpeza associado ao fato dos turistas da região serem "fiéis" ao local, o impacto no turismo foi considerado modesto.</p> <p>Pesca comercial → houve proibição da pesca comercial e de recreação, assim como a de coleta de algas. Também foi proibida a captura de salmão e truta nos rios dentro da zona impactada. Essas proibições diziam respeito a uma área de 2.100 km². Não foram relatadas mortalidades de peixes, crustáceos ou moluscos que pudessem ser atribuídos ao vazamento do óleo. Entretanto, não há evidência de que a desova dessas espécies não tenha sofrido danos em 1996 ou nos anos subsequentes.</p> <p>Impactos costeiros → costões rochosos, morte de gastrópodes em sua maioria em áreas de contaminação por óleo fresco (próximas ao vazamento).</p> <p>Aves → cerca de 7.000 aves contaminadas foram coletadas na área costeira e um número desconhecido morreu no mar.</p>	[1], [2], [3] e [8]



TABELA II.9.2.15 – Acidentes ambientais e descrição dos impactos ambientais reportados (1968 – 2006).

Unidade	Local	Ano	Óleo derramado	Tipo de óleo	Causas	Área atingida	Impactos observados	Referências Bibliográficas ⁶
Oleoduto	Baía de Guanabara	2000	300.000 galões (~975 ton)	Óleo	Ruptura de um duto devido a altas temperaturas	-	Uma das espécies mais impactadas foi a ave biquá (<i>Phalacrocorax brasilianus</i>) por causa do seu comportamento de mergulho. Entretanto é impossível determinar o grau de impacto na população local devido à falta de informações prévias sobre a abundância e distribuição da espécie. Após o acidente indivíduos da população residente de boto-cinza (<i>Sotalia guianensis</i>) foi vista saindo da baía em direção à linha de costa, evitando assim o contato com o óleo. Após a limpeza da área, a população foi observada de volta na Baía demonstrando comportamento normal de alimentação e reprodução.	[1] e [4]
Navio tanque: Solar 1	Filipinas	2006	2000 ton	Óleo combustível intermediário	Naufrágio	125km de costa	O acidente causou impacto em diferentes nas ilhotas da região, causando impactos severos a 500 hectares de manguezais e à a atividade pesqueira da região.	[2] e [12]

- **Referências Bibliográficas**

- [1] SILVA, F.Q.M. 2004. **Produção de biossurfactante por bactérias isoladas de sedimento de mangue (Apa de Guapimirim, RJ)**. Monografia. Bacharelado em Ciências Biológicas – Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense.
- [2] www.itopf.com. Acessado em junho de 2015.
- [3] www.cedre.fr. Acessado em junho de 2015.
- [4] BARCELLOS, L. & SILVA F. O, R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. *In: International Oil Spill Conference*. 4p.
- [5] MATKIN, C. & SAULITIS, E. 1997. **Killer Whales**. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. Restoration Notebook.
- [6] www.evostc.state.ak.us. Acessado em junho de 2015.
- [7] YENDER, R.A. & MEARNNS, A. J. 2003. Case Studies of spills that threaten sea turtles. *In: Oil and Sea Turtles*. NOAA. 116pp.
- [8] EDWARDS, R. & WHITE, I. 2009. The sea empress oil spill: Environmental Impact and Recovery. Disponível em: <http://www.martrans.org/eu-mop/library/CASE%20STUDIES/ITOPF/3.pdf>. Acessado em Dezembro de 2014.
- [9] <http://rpitt.eng.ua.edu>. Acessado em junho de 2015.
- [10] <http://www.galapagos.to/TEXTS/Jessica.HTM>. Acessado em junho de 2015.
- [11] NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2001. **Oil Spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations**. 80pp.
- [12] YENDER, R.; LLOYD, A. (2008). **Impacts and response challenges of the tanker SOLAR 1 oil spill, Guimaras, Philippines: Observations of international advisors**. Paper presented at: 20th Triennial International Oil Spill Conference, Savannah, Georgia, May 4-8, 2008.

II.9.3. IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS

II.9.3.1. INTRODUÇÃO

No contexto de uma Análise de Riscos, um cenário de acidente (também denominado hipótese acidental/cenário ou simplesmente acidente) é definido como uma sequência de eventos específicos, não proposital, que tenham consequências indesejáveis. O primeiro evento da sequência é o evento iniciador. Normalmente há um ou mais eventos entre o evento iniciador e a consequência, onde estes eventos intermediários podem ser decorrentes de variações de respostas do sistema e de seus operadores ao evento iniciador. Diferentes respostas ao mesmo evento iniciador podem determinar consequências distintas do acidente e, portanto, diferentes cenários acidentais. Mesmo quando as consequências são semelhantes quanto ao efeito físico, elas podem diferir em magnitude.

É importante encarar o cenário de acidente como uma sequência de eventos porque, teoricamente, cada evento representa uma oportunidade de redução da frequência e/ou da consequência do acidente.

Em Análise de Riscos, as palavras perigo e risco possuem significados particulares e que não coincidem com seus significados usuais.

Um perigo é definido como uma característica do sistema que representa a causa em potencial de um acidente de consequência indesejável, por exemplo, liberação de líquido inflamável num trecho da planta ou unidade.

Por outro lado, o risco é um conceito definido como combinação de dois outros – a frequência de ocorrência do cenário acidental e a severidade expressa através da sua consequência. De fato, o risco é definido como o produto da frequência do cenário acidental pela respectiva consequência, em símbolos:

$$\text{Risco} = f \times C$$

Observa-se, portanto que:

- 1 Ainda que as consequências de um dado cenário possam ser grandes, o risco pode ser pequeno desde que seja pequena sua frequência de ocorrência, e vice-versa;
- 2 Um perigo não identificado é um risco não avaliado.

II.9.3.2. METODOLOGIA EMPREGADA

A metodologia empregada para identificação e avaliação qualitativa dos eventos perigosos ao meio ambiente relacionados à atividade de perfuração marítima escopo deste processo de licenciamento ambiental foi a Análise Preliminar de Riscos (APR). A APR é uma técnica estruturada para identificar os riscos associados à ocorrência de eventos indesejáveis, que tenham como consequência danos à integridade física de pessoas, propriedades ou meio ambiente.

Na APR, busca-se identificar as causas de cada um dos eventos perigosos e suas respectivas consequências. Além disso, é realizada uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência dos diferentes cenários

acidentais (a partir da Análise Histórica de Acidentes, item II.9.2 deste estudo), da gravidade das suas consequências e do risco associado.

Todos os cenários identificados foram classificados, com base na Resolução CONAMA N° 398/08, em pequeno, médio e grande vazamento, de acordo com o seguinte critério:

- **Pequeno vazamento:** volume vazado $\leq 8 \text{ m}^3$
- **Médio vazamento:** $8 \text{ m}^3 < \text{volume vazado} \leq 200 \text{ m}^3$
- **Grande vazamento:** volume vazado $> 200 \text{ m}^3$

As frequências foram estimadas com base nos elementos que compõem cada sistema analisado, assim como possíveis causas para os cenários identificados, tendo sido utilizadas, sempre que disponíveis nos bancos de dados consultados, frequências de falha diferentes para cada magnitude considerada. Por sua vez, os graus de severidade foram estimados de acordo com o inventário derramado.

Um modelo da planilha utilizada na realização da APR é apresentado, a seguir, na Figura II.9.3.1.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA:				FOLHA:				
DEPARTAMENTO:				REVISÃO:				
SISTEMA:		SUBSISTEMA:		DATA:				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações	Cenário

FIGURA II.9.3.1 – Modelo de APR.

Para o preenchimento de cada uma das colunas da planilha de APR foram empregadas as seguintes definições:

1ª coluna: Perigo

São as fontes de risco identificadas no sistema sob análise, com potencial de dano às instalações, aos operadores, ao público ou ao meio ambiente. Tais fontes se encontram associadas à presença de substâncias perigosas capazes de causar danos caso venham a ser liberadas para o mar em consequência de eventos acidentais.

2ª coluna: Causas

São eventos simples ou combinados que levam à consumação dos perigos previamente identificados, tais como ruptura de tubulações, falhas de instrumentos, erros humanos, falhas de sistemas de proteção, etc.

3ª coluna: Modo de detecção

São as formas pelas quais é possível perceber a ocorrência de um determinado evento acidental, seja através da própria percepção humana ou por meio de instrumentos indicados para tal finalidade.

4ª coluna: Efeitos

São as consequências danosas ao meio ambiente e às instalações, advindas da consumação dos perigos identificados. São incluídas a fauna, flora e instalações (ecossistemas/meio ambiente).

5ª coluna: Categoria de frequência

Corresponde à indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência de cada cenário acidental identificado. As categorias de frequência utilizadas neste trabalho estão apresentadas na Tabela II.9.3.1.

TABELA II.9.3.1 – Categorias de frequência dos cenários acidentais.

Categoria	Denominação	Característica	Frequência (ocorrência/ano)
A	Extremamente Remota	Não deverá ocorrer durante a vida útil da instalação. Não há registro anterior de ocorrência para as condições operacionais da análise.	$F < 10^{-4}$
B	Remota	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação	$10^{-4} \leq F < 10^{-3}$
C	Ocasional	Improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação	$10^{-3} \leq F < 10^{-2}$
D	Provável	Provável de ocorrer durante a vida útil da instalação	$10^{-2} \leq F < 10^{-1}$
E	Frequente	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação	$F \geq 10^{-1}$

6ª coluna: Categoria de severidade

É a indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada cenário acidental identificado. De maneira geral, a categoria de severidade foi estimada com base na quantidade e na toxicidade das substâncias liberadas para o ambiente. As categorias de severidade utilizadas neste trabalho estão apresentadas na Tabela II.9.3.2.

TABELA II.9.3.2 – Categorias de severidade para danos ao meio ambiente.

Categoria	Denominação	Característica	Volume Liberado (m³)
I	MENOR	Sem danos ou com danos de baixa significância ao meio ambiente.	$0 < V \leq 8 \text{ m}^3$
II	MÉDIA	Pequenos danos ao meio ambiente (rápido restabelecimento do ecossistema e baixo custo de reparo).	$8 < V \leq 200 \text{ m}^3$
III	CRÍTICA	Severos danos ao meio ambiente (médio restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$200 < V \leq 11.200 \text{ m}^3$
IV	CATASTRÓFICA	Grandes danos ao meio ambiente (lento restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$V > 11.200 \text{ m}^3$

7ª coluna: Classificação de risco

É a indicação qualitativa do nível de risco residual de cada cenário acidental identificado, a partir das indicações anteriores das categorias de frequência e severidade. A matriz utilizada para classificação de risco dos cenários acidentais está apresentada na Tabela II.9.3.3.

TABELA II.9.3.3 – Matriz para classificação de risco dos cenários acidentais.

MATRIZ DE RISCO				
Frequência	Severidade			
	I - Menor	II - Média	III - Crítica	IV - Catastrófica
A – Extremamente Remota	Risco baixo	Risco baixo	Risco baixo	Risco médio
B - Remota	Risco baixo	Risco baixo	Risco médio	Risco médio
C – Ocasional	Risco baixo	Risco médio	Risco médio	Risco alto
D – Provável	Risco médio	Risco médio	Risco alto	Risco alto
E– Frequente	Risco médio	Risco alto	Risco alto	Risco alto

8ª coluna: Recomendações

Esta coluna contém recomendações de medidas de redução do risco associado aos perigos identificados.

9ª coluna: Cenário

Esta coluna contém a identificação numérica do cenário/evento acidental analisado, para referência posterior.

II.9.3.3. SISTEMAS E SUBSISTEMAS ANALISADOS

A identificação dos eventos perigosos na atividade de perfuração foi obtida a partir da investigação e análise dos processos, equipamentos, sistemas e subsistemas que compõem a unidade de perfuração do tipo navio-sonda a ser empregada na atividade de perfuração marítima escopo deste processo de licenciamento ambiental, bem como as embarcações de apoio previstas para a atividade. A análise buscou diagnosticar as falhas capazes de provocar vazamentos de óleo, derivados e produtos químicos para o ambiente, considerando, desta forma, todas as fases da atividade.

Os resultados obtidos na identificação dos eventos acidentais estão baseados na análise histórica de acidentes e na análise de desvios que provocam falhas, considerando as características dos processos e dos equipamentos.

Na análise, foram considerados os sistemas envolvidos nas operações de perfuração e de apoio onde haja possibilidade de ocorrência de eventos acidentais capazes de afetar o meio ambiente ou instalações de terceiros. Para esses sistemas, foram identificados os perigos que pudessem resultar em liberação de hidrocarbonetos ou outros produtos segundo as seguintes causas, conforme recomendações de normas internacionais:

- Falhas de processo (dispositivos de controle e segurança dos processos envolvidos na operação de perfuração);
- Falhas mecânicas (erosão ou corrosão de equipamentos, linhas e demais componentes);
- Falhas externas ao processo (falha operacional, colisão, fatores naturais, etc.).

Desta forma, os seguintes sistemas e respectivos subsistemas foram analisados:

TABELA II.9.3.4 – Identificação dos sistemas e subsistemas analisados para a atividade de perfuração no Bloco CE-M-715, Bacia do Ceará.

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	PRODUTO POTENCIALMENTE VAZADO
1. Perfuração do Poço	1.1 Preparo e tratamento do fluido de perfuração	- Fluido de perfuração
	1.2 Armazenamento e circulação de fluido de perfuração	- Fluido de perfuração
	1.3 Controle do poço	- Óleo cru/gás
2. Teste de Formação	2.1 Queimador	- Óleo cru
3. Armazenamento	3.1 Armazenamento e circulação de óleo combustível	- Óleo combustível
	3.2 Armazenamento e circulação de óleo lubrificante	- Óleo lubrificante
	3.3 Armazenamento e circulação de óleo hidráulico	- Óleo hidráulico
	3.4 Armazenamento e circulação de baritina/bentonita	- Baritina/Bentonita
	3.5 Armazenamento e circulação de cimento	- Cimento
4. Drenagem e Tratamento de Efluentes	4.1 Drenagem controlada de efluentes oleosos	- Efluente oleoso
5. Estabilidade da Unidade	5.1 Unidade de Perfuração	- Óleo (combustível, lubrificante, hidráulico, óleo sujo, óleo base e lama ativa)
	5.2 Embarcações de Apoio	- Óleo combustível
6. Atividade de Logística e de Apoio	6.1 Transferência de óleo combustível da embarcação de apoio para a unidade de perfuração	- Óleo combustível
	6.2 Embarcações de Apoio	- Óleo combustível
	6.3 Operações de carga e descarga	- Resíduo oleoso - Produtos químicos

Destes sistemas e subsistemas analisados resultaram os cenários apresentados na Tabela II.9.3.5. Cabe mencionar que os vazamentos ocorridos foram divididos em até três categorias de vazamento de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 398/08, conforme abaixo:

- **Pequeno vazamento:** $0 < \text{Volume} \leq 8 \text{ m}^3$;
- **Médio vazamento:** $8 < \text{Volume} \leq 200 \text{ m}^3$;
- **Grande vazamento:** $\text{Volume} > 200 \text{ m}^3$.

TABELA II.9.3.5 – Cenários acidentais analisados.

CENÁRIO DA APR	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO
01		Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.
02			Médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.
03			Grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.
04	Perfuração do Poço	Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.
05			Médio vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.
06		Controle do Poço	Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.
07	Médio vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.		
08	Grande vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.		
09	Teste de Formação	Queimador	Pequeno vazamento de óleo a partir do queimador, devido à falha no sistema de queima.
10	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.
11			Médio vazamento de óleo combustível devido furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.

TABELA II.9.3.5 – Cenários acidentais analisados.

CENÁRIO DA APR	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	
12	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	
13		Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante	Pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	
14			Médio vazamento de óleo lubrificante devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	
15		Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Hidráulico	Pequeno vazamento de óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.
16			Armazenamento e Circulação de Barita / Bentonita	Pequeno vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.
17				Médio vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.
18			Armazenamento e Circulação de Cimento	Pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.
19				Médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.
20			Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos
21	Médio vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa.			
22	Estabilidade da Unidade	Unidade de Perfuração	Grande vazamento de óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	
23		Embarcações de Apoio	Grande vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento.	
24	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência de Óleo Combustível da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.	

TABELA II.9.3.5 – Cenários acidentais analisados.

CENÁRIO DA APR	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO
25	Atividades de Logística e de Apoio	Embarcações de Apoio	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e possibilidade de derrame de óleo para o mar.
26			Médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e possibilidade de derrame de óleo para o mar.
27		Operações de Carga e Descarga	Pequeno vazamento de resíduo oleoso e/ou produtos químicos devido à queda de carga no mar.

Apesar do Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração a ser empregada na atividade considerar o cenário referente ao pequeno vazamento de querosene de aviação (QAV) a partir dos tanques de armazenamento deste composto, este cenário foi excluído desta ARA em função de não haver previsão de abastecimento de aeronaves na sonda durante a atividade de perfuração marítima escopo deste processo de licenciamento ambiental.

A Tabela II.9.3.6, a seguir, correlaciona as faixas de vazamentos da Resolução CONAMA nº 398/08 com as Categorias de Severidade (Tabela II.9.3.2).

TABELA II.9.3.6 – Categorias de severidade versus Faixas de volume CONAMA nº 398/08.

Categoria	Denominação	Característica	Volume Liberado (m ³)	Correlação CONAMA 398/08
I	MENOR	Sem danos ou com danos de baixa significância ao meio ambiente.	$0 < V \leq 8 \text{ m}^3$	Pequeno Vazamento
II	MÉDIA	Pequenos danos ao meio ambiente (rápido restabelecimento do ecossistema e baixo custo de reparo).	$8 < V \leq 200 \text{ m}^3$	Médio Vazamento
III	CRÍTICA	Severos danos ao meio ambiente (médio restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$200 < V \leq 11.200 \text{ m}^3$	Grande Vazamento
IV	CATASTRÓFICA	Grandes danos ao meio ambiente (lento restabelecimento do ecossistema e grande investimento no reparo).	$V > 11.200 \text{ m}^3$	

II.9.3.4. VOLUMES LIBERADOS DE ÓLEO

Na Tabela II.9.3.8 são apresentados os volumes liberados de óleo (óleo cru, óleo diesel/óleo combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico, fluido de perfuração (óleo base) e água oleosa/efluente oleoso), para cada um dos cenários analisados envolvendo vazamentos de óleo. É importante mencionar que para fins de cálculo do Risco Ambiental associado à atividade de perfuração marítima, foram selecionados apenas os cenários capazes de resultar em contaminação ambiental, ou seja, os cenários envolvendo vazamentos de hidrocarboneto para o mar (cenários listados na Tabela II.9.3.5).

Para a realização dos cálculos dos volumes liberados de óleo, as seguintes considerações foram feitas:

- Para a determinação da severidade dos sistemas envolvendo armazenamento de óleo foi considerado o inventário total do maior tanque de cada um dos produtos dos sistemas analisados;
- De acordo com informações fornecidas pelo proprietário da unidade de perfuração, foi considerado que todos os vazamentos de óleo identificados na Análise Preliminar de Riscos (APR) ocorridos nas áreas internas do navio-sonda não atingiriam o mar. Tal consideração deve-se ao fato de todos os vazamentos ocorridos dentro da unidade serem contidos por anteparas metálicas (trincanizes), as quais evitam que qualquer vazamento de óleo interno à unidade vá para o mar. Adicionalmente, os principais equipamentos e linhas das unidades contam com bacias de contenção cujo conteúdo é direcionado para o sistema de drenagem não acarretando, portanto, em vazamento de óleo para o mar e consequente contaminação ambiental (estas informações são também aplicáveis aos equipamentos do teste de formação);
- A determinação das áreas assistidas pelo sistema de drenagem do navio-sonda, quando da ocorrência de um vazamento de óleo, bem como as suas respectivas capacidades de contenção de óleo foram fornecidas pela empresa proprietária da unidade de perfuração através de desenhos técnicos, P&IDs e informações técnicas. O **Anexo A** apresenta os desenhos técnicos e P&IDs dos sistemas e subsistemas analisados desta unidade;
- Complementarmente, de forma conservativa, foi considerado que, caso a capacidade de contenção do sistema de drenagem fosse inferior ao volume de óleo liberado em cada sistema analisado, o sistema seria considerado como sendo 100% não contido, ou seja, que todo o volume de óleo liberado atingiria o mar, resultando, portanto, em contaminação ambiental;
- Ainda de forma conservativa, para os cenários envolvendo vazamentos de fluido de perfuração de base sintética considerou-se a ocorrência de vazamentos de óleo base. Tal consideração deve-se ao fato de o óleo base ser composto por 100% de óleo enquanto fluidos de base sintética apresentam em média cerca de 62% de óleo em suas composições. Desta forma, um vazamento de óleo base apresenta uma maior severidade para o meio ambiente que o vazamento do fluido de base sintética, o qual será circulado no poço;

- Para a determinação do volume máximo de óleo cru devido à ocorrência de *blowout* foi considerada a liberação de óleo durante trinta dias a uma vazão de 443,57 m³/dia, resultando em um volume final de 13.307 m³;
- Para a determinação do volume máximo de óleo cru possível de ser liberado em função da falha do sistema de queima durante o teste de formação, considerou-se um vazamento durante 10 minutos, com a vazão máxima de produção de óleo do poço, 443,57 m³/dia, resultando em um volume final de 3,1 m³;
- A vazão de transferência de óleo diesel/combustível para o navio-sonda, dependente do barco de apoio, foi estimada como sendo de 150 m³/h para efeitos de cálculos (limite operacional pelas condições de transferência em alto mar);
- O tempo máximo de detecção e interrupção do bombeio foi estimado como sendo de no máximo 03 (três) minutos;
- Ainda com relação aos barcos de apoio, o volume máximo de óleo liberado a partir dos tanques destas unidades foi considerado como sendo de 187,1 m³, correspondendo à capacidade total de armazenamento do maior tanque de óleo dentre as embarcações previstas para a atividade;
- No que diz respeito ao afundamento das embarcações de apoio, para a determinação da severidade deste sistema considerou-se como volume máximo de óleo combustível capaz de ser liberado o volume de 1.250 m³, correspondente à maior capacidade total de armazenamento de óleo combustível dentre as embarcações de apoio tipo previstas para serem empregadas durante a atividade de perfuração exploratória;
- Para a determinação da severidade do cenário relacionado ao vazamento de óleo devido à perda de estabilidade da Unidade de Perfuração resultando em seu afundamento foi calculada a soma dos tanques de óleo existentes na unidade de perfuração (óleo combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico, óleo sujo (*bilge oil tank*), óleo base e fluido de perfuração ativo) presentes no navio-sonda. Vale mencionar ainda que os tanques de armazenamento de querosene de aviação não foram considerados para a determinação do volume total de óleo liberado devido ao afundamento da unidade de perfuração, pois durante a atividade de perfuração marítima não está prevista a ocorrência de abastecimento de aeronaves;
- Nas liberações de água oleosa/efluente oleoso, conservativamente considerou-se que o inventário do tanque de drenagem oleosa (utilizado para determinar o volume máximo deste sistema) seria composto 100% por óleo;
- Na análise dos sistemas foram considerados isolamentos/contenções;
- Considerou-se que em caso de furo/ruptura do casco duplo o volume total do óleo vazado atingirá o mar.

De acordo com as premissas supracitadas, dentre todos os sistemas e subsistemas analisados foram identificados os cenários listados abaixo como sendo capazes de causar liberação de óleo que possa atingir o mar:

TABELA II.9.3.7 – Cenários envolvendo vazamento de óleo para o mar.

Cenário da APR	Sistema	Subsistema
06, 07 e 08	Perfuração do Poço	Segurança do Poço
20 e 21	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos
22	Estabilidade	Unidade de Perfuração
23		Embarcações de Apoio
24	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração
25 e 26		Embarcações de Apoio
27		Operações de Carga e Descarga

É importante observar, conforme mencionado anteriormente, que alguns cenários envolvendo vazamentos de óleo identificados na APR não foram considerados para efeitos do cálculo do Risco Ambiental em função de estes vazamentos ficarem contidos no sistema de drenagem da unidade de perfuração, não resultando, portanto, em contaminação ambiental. Ressalta-se, no entanto, que estes cenários tiveram seus riscos devidamente levantados e registrados, conforme estabelecido na metodologia da APR.



TABELA II.9.3.8 – Cálculo dos volumes liberados de óleo.

Cenário da APR	Produto	Volume armazenado em tanques e linhas [m ³]	Vazão de bombeio / fluxo	Tempo de interrupção	Volume de óleo liberado na transferência [m ³]	Ocorrência de contaminação ambiental	Volume de óleo liberado no mar ⁸ [m ³]
01	Fluido de Perfuração (Óleo Base)	743,5	-	-	-	Não	-
02	Fluido de Perfuração (Óleo Base)	743,5	-	-	-	Não	-
03	Fluido de Perfuração (Óleo Base)	743,5	-	-	-	Não	-
04	Fluido de Perfuração (Óleo Base)	80,0	-	-	-	Não	-
05	Fluido de Perfuração (Óleo Base)	80,0	-	-	-	Não	-
06	Óleo Cru	-	443,57 m ³ /d	30 dias	8,0	Sim	8,0
07	Óleo Cru	-			200,0	Sim	200,0
08	Óleo Cru	-			13.307,0	Sim	13.307,0
09	Óleo Cru	-	443,57 m ³ /d	10 min	3,1	Não	-
10	Óleo Combustível	2.310,8	-	-	-	Não	-
11	Óleo Combustível	2.310,8	-	-	-	Não	-
12	Óleo Combustível	2.310,8	-	-	-	Não	-
13	Óleo Lubrificante	52,3	-	-	-	Não	-
14	Óleo Lubrificante	52,3	-	-	-	Não	-
15	Óleo Hidráulico	5,0	-	-	-	Não	-
20	Efluentes Oleosos	54,5	-	-	-	Sim	8,0
21	Efluentes Oleosos	54,5	-	-	-	Sim	54,5
22	Óleo Combustível / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Lama Ativa	10.599,2	-	-	-	Sim	10.599,2
23	Óleo Combustível	1.250,0 m ³	-	-	-	Sim	1.250,0 m ³
24	Óleo Combustível	7,5	150 m ³ /h	3 min	-	Sim	7,5
25	Óleo Combustível	187,1	-	-	-	Sim	8,0
26	Óleo Combustível	187,1	-	-	-	Sim	187,1
27	Resíduo Oleoso e/ou Produtos Químicos	8,0	-	-	-	Sim	8,0

⁸ Não considerando a contenção secundária devido ao casco duplo, quando aplicável.

II.9.3.5. AVALIAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE OCORRÊNCIA DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS

Apresenta-se neste item a Análise Quantitativa de Riscos realizada para a determinação das frequências de ocorrência dos cenários ambientais analisados que envolvem derramamento de óleo para o mar, causando contaminação ambiental. Esta análise foi subsidiada pelos P&IDs (*Piping and Instrumentation Diagrams*) dos principais sistemas da Unidade, os quais estão apresentados no **Anexo A**, e por bancos de dados como TNO (*The Netherlands Organization of Applied Scientific Research*) e HSE dos quais foram extraídas as taxas de falha dos equipamentos envolvidos em cada um dos sistemas analisados.

Com as taxas de falha dos equipamentos, foi possível determinar a frequência de ocorrência dos eventos iniciadores dos cenários identificados nas planilhas de APR. Considerou-se que cada um dos equipamentos dos sistemas analisados pode, individualmente, causar um vazamento. Dessa forma, o cálculo da frequência consiste em somar as taxas de falha de cada dos equipamentos que constitui os sistemas/subsistemas analisados.

É importante mencionar que as frequências apresentadas neste estudo referentes à unidade de perfuração correspondem às frequências apresentadas no Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração a ser empregada, documento já aprovado por esta CGPEG/DILIC/IBAMA. Desta forma, no que diz respeito aos cenários acidentais referentes à unidade de perfuração, neste item estão sendo apresentadas apenas as frequências finais de cada cenário, conforme constantes no Anexo III do CADUMP da unidade de perfuração.

- **Cenários 01, 02 e 03**

Para o cálculo do volume de fluido de perfuração liberado durante o seu preparo e tratamento, considerou-se o inventário do tanque de base oleosa existente na unidade (743,5 m³). Ressalta-se que a opção pela adoção da capacidade do tanque de base oleosa como o volume máximo possível de ser liberado durante a preparação e tratamento do fluido de perfuração é uma abordagem conservativa em virtude de a base oleosa ser composta 100% por óleo enquanto o fluido de perfuração de base não aquosa possui, em média, 62% de óleo em sua composição. Desta forma, podem ser consideradas as três classes de magnitude de vazamento para este sistema, cada uma resultando em um cenário acidental, com severidades distintas, conforme abaixo:

- **Cenário 01** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 02** – Médio vazamento (até 200 m³): severidade média (II).
- **Cenário 03** – Grande vazamento (até 743,5 m³): severidade crítica (III).

Com relação à frequência e categoria de ocorrência destes cenários, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 01, 02 e 03 são aquelas apresentadas na Tabela II.9.3.9, a seguir:

TABELA II.9.3.9 – Frequência e categoria dos cenários 01, 02 e 03.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
01	1,26E-03	Ocasional (C)
02	2,19E-03	Ocasional (C)
03	1,12E-03	Ocasional (C)

- **Cenários 04 e 05**

Para o cálculo do volume máximo de fluido de perfuração liberado durante a sua estocagem e circulação considerou-se o inventário do maior tanque de armazenamento do sistema ativo de fluidos da Unidade (80 m³).

Embora o fluido de perfuração de base não aquosa tenha em sua composição cerca de 60% de óleo, assumiu-se, conservativamente, que o volume total do tanque do sistema ativo de fluido corresponde a óleo base (100% óleo). Desta forma, devem ser consideradas duas classes de magnitude, cada uma delas resultando em um cenário acidental, com severidades distintas para o sistema envolvendo a estocagem e circulação do fluido de perfuração:

- **Cenário 04** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 05** – Médio vazamento (até 80 m³): severidade média (II).

Com relação à frequência e categoria de ocorrência destes cenários, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 04 e 05 são aquelas apresentadas na Tabela II.9.3.10, a seguir:

TABELA II.9.3.10 – Frequência e categoria dos cenários 04 e 05.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
04	9,92E-04	Remota (B)
05	1,92E-03	Ocasional (C)

- **Cenários 06, 07 e 08**

Para o cálculo do volume de óleo cru e gás liberado em função da perda de controle do poço (*blowout*) considerou-se uma liberação máxima durante 30 dias a uma taxa de produção de óleo de 443,57 m³/dia, resultando, portanto, em um volume total de 13.307 m³ de óleo cru e gás. Desta forma, têm-se os seguintes cenários de liberação possíveis:

- **Cenário 06** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 07** – Médio vazamento (até 200 m³): severidade média (III).
- **Cenário 08** – Grande vazamento (até 13.307 m³): severidade catastrófica (IV).

Ressalta-se que estes cenários contemplam também o vazamento de óleo cru e gás durante o abandono do poço. No entanto, uma vez que o volume de óleo possível de ser liberado neste caso é inferior ao volume de

blowout, ou seja, a possibilidade de vazamento de óleo durante o abandono do poço está incluída no cenário de perda de controle do poço, optou-se por não criar novos cenários acidentais associados exclusivamente ao abandono do poço de modo a evitar a duplicidade do sistema relativo ao controle do poço.

Com relação à frequência de ocorrência de *blowout*, não foi possível determinar distinção entre diferentes magnitudes, com base nos dados disponíveis em bancos de dados. Para esta análise realizada, o banco de dados adotado para a obtenção taxa de frequência para ocorrência de *blowout* foi o *Scandpower, 2006*, o qual fornece o valor de 3,10E-04, conforme Tabela II.9.3.11:

TABELA II.9.3.11 – Frequência e categoria dos cenários 06, 07 e 08.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
06	3,10E-04	Remota (B)
07	3,10E-04	Remota (B)
08	3,10E-04	Remota (B)

- **Cenário 09**

De forma a determinar o volume máximo de óleo capaz de ser liberado durante a realização do teste de formação devido à falha do queimador, considerou-se a ocorrência de um vazamento durante até 10 (dez) minutos (tempo considerado necessário para a detecção e interrupção do vazamento) à vazão máxima esperada para a produção de óleo pelo poço, 443,57 m³/dia, resultando em um volume máximo de óleo liberado de 3,1 m³ devido à falha do queimador. Assim, os seguintes cenários são obtidos:

- **Cenário 09** – Pequeno vazamento (até 3,1 m³): severidade menor (I).

No que diz respeito à frequência dos referidos cenários acidentais, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que a frequência associada ao cenário 09 é aquela apresentada na Tabela II.9.3.12, a seguir:

TABELA II.9.3.12 – Frequência e categoria do cenário 09.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
09	1,33E-02	Provável (D)

- **Cenários 10, 11 e 12**

O máximo volume de óleo combustível liberado decorrente da ruptura da linha desde o tanque de estocagem até o ponto de consumo foi de 2.310,8 m³, correspondendo ao volume do maior tanque de estocagem de óleo diesel da unidade de perfuração (evidenciado no plano de capacidade apresentado no **Anexo B** deste documento), resultando nos seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 10** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 11** – Médio vazamento (até 200 m³): severidade média (II).
- **Cenário 12** – Grande vazamento (até 2.310,8 m³): severidade crítica (III).

Com relação à frequência e categoria de ocorrência destes cenários, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 10, 11 e 12 são aquelas apresentadas na Tabela II.9.3.13, a seguir:

TABELA II.9.3.13 – Frequência e categoria dos cenários 10, 11 e 12.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
11	1,24E-03	Ocasional (C)
12	1,80E-03	Ocasional (C)
13	8,44E-04	Remota (B)

- **Cenários 13 e 14**

Para a determinação da severidade do sistema envolvendo a estocagem e a circulação de óleo lubrificante, considerou-se o maior tanque de estocagem deste tipo de óleo presente na Unidade (52,3 m³, conforme apresentado no plano de capacidades da unidade constante no **Anexo B** deste documento), como sendo o máximo volume de óleo lubrificante possível de ser liberado, resultando nos seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 13** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 14** – Médio vazamento (até 52,3 m³): severidade média (II).

Com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 13 e 14 são aquelas apresentadas na Tabela II.9.3.14, a seguir:

TABELA II.9.3.14 – Frequência e categoria dos cenários 13 e 14.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
13	1,24E-03	Ocasional (C)
14	1,87E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 15**

O máximo volume de óleo hidráulico possível de ser liberado decorrente da ruptura da linha desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo é de 5,00 m³, correspondendo ao volume do maior tanque de armazenamento deste tipo de produto existente no navio-sonda resultando no seguinte cenário com a respectiva severidade:

- **Cenário 15** – Pequeno vazamento (até 5 m³): severidade menor (I).

Com relação à frequência de ocorrência deste cenário, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a

Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, a frequência referente ao armazenamento de óleo hidráulico é aquela apresentada na Tabela II.9.3.15, a seguir:

TABELA II.9.3.15 – Frequência e categoria do cenário 15.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
15	4,00E-10	Extremamente Remota (A)

• **Cenários 16 e 17**

O máximo volume de barita/bentonita que pode ser liberado durante o seu armazenamento e circulação é de 113 m³, correspondendo ao volume de um dos silos de armazenamento de barita/bentonita presente na Unidade (todos possuem o mesmo volume, conforme pode ser verificado no fluxograma da unidade para o sistema de barita/bentonita, o qual é apresentado no **Anexo A** deste documento). É importante mencionar que, por serem a barita e a bentonita compostos químicos menos impactantes ao meio ambiente que o óleo, foram adotadas classificações de severidade um nível abaixo à severidade correspondente ao volume liberado de acordo com a Tabela II.9.3.2. Como resultante obtém-se os seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 16** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 17** – Médio vazamento (até 113 m³): severidade menor (I).

Com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários 16 e 17 são aquelas apresentadas na Tabela II.9.3.16, a seguir:

TABELA II.9.3.16 – Frequência e categoria dos cenários 16 e 17.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
17	1,78E-03	Ocasional (C)
18	2,42E-03	Ocasional (C)

• **Cenários 18 e 19**

O máximo volume de cimento que pode ser liberado durante o seu armazenamento e circulação é de 113 m³, correspondendo ao volume de um dos silos de armazenamento deste produto existentes na Unidade (todos os silos de cimento possuem o mesmo volume). É digno de nota que, a exemplo do que ocorrera para o sistema envolvendo a baritina/bentonita, também para o cimento foi adotada uma classificação de severidade um nível abaixo à correspondente ao volume liberado, de acordo com a Tabela II.9.3.2. Desta forma, como resultante do sistema envolvendo a liberação de cimento durante o seu armazenamento e circulação obtém-se os seguintes cenários e respectivas severidades:

- **Cenário 18** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 19** – Médio vazamento (até 113 m³): severidade menor (I).

Com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários referentes ao armazenamento e circulação de cimento são aquelas apresentadas na Tabela II.9.3.17, a seguir:

TABELA II.9.3.17 – Frequência e categoria dos cenários 18 e 19.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
18	1,79E-03	Ocasional (C)
19	2,35E-03	Ocasional (C)

- **Cenários 20 e 21**

O volume máximo de resíduo oleoso possível de ser liberado a partir do tanque de drenagem oleosa/efluentes oleosos considerado para determinar a severidade deste cenário acidental é de 54,5 m³, correspondendo ao volume do óleo contido no tanque de óleo sujo com a maior capacidade de armazenamento existente da unidade (considerando-se, conservativamente que o volume contido no tanque seja 100% óleo e não água oleosa). Tal volume de óleo resultou, de acordo com a Tabela II.9.3.2, nos dois cenários abaixo listados:

- **Cenário 21** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 22** – Médio vazamento (até 54,5 m³): severidade média (II).

Já com relação à frequência de ocorrência destes cenários, de acordo com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração e a Tabela II.9.3.1 constante neste estudo, tem-se que as frequências associadas aos cenários referentes à drenagem e tratamento de efluentes são aquelas apresentadas na Tabela II.9.3.18:

TABELA II.9.3.18 – Frequência e categoria dos cenários 20 e 21.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
21	2,15E-03	Ocasional (C)
22	3,16E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 22**

Para a determinação da severidade do cenário acidental relacionado ao vazamento de óleo em caso de afundamento da Unidade devido à perda de estabilidade foi calculada a soma de todos os tanques de óleo existentes na unidade de perfuração: óleo combustível (8.549,0 m³); óleo lubrificante (182,3 m³); óleo hidráulico (16,2 m³); base oleosa (743,5 m³), óleo sujo (148,2 m³) e armazenamento de lama ativa (960 m³), resultando em volume total de 10.599,2 m³:

- **Cenário 22** – Grande vazamento (até 10.599,2 m³): severidade crítica (III)

Ressalta-se que no somatório dos tanques de óleo existentes na unidade de perfuração não foram considerados os tanques de querosene de aviação (QAV) em função de não haver previsão de abastecimento de aeronaves durante a atividade de perfuração. Desta forma, os tanques de QAV da unidade de perfuração permanecerão vazios durante toda a atividade.

Com relação à determinação da frequência de ocorrência deste cenário acidental, de acordo com a Tabela II.9.2.9 apresentada na Análise Histórica de Acidentes Ambientais (item II.9.2 desta seção) e com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração tem-se a seguinte frequência associada à perda de estabilidade da unidade de perfuração resultando em seu afundamento:

TABELA II.9.3.19 – Frequência e categoria do cenário 22.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
22	5,00E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 23**

Para a determinação da severidade do cenário acidental relacionado ao vazamento de óleo diesel devido à perda de estabilidade e conseqüente afundamento das embarcações de apoio considerou-se a maior capacidade de estocagem deste produto, 1.250 m³, dentre as embarcações de apoio tipo previstas para a atividade perfuração exploratória, escopo deste processo de licenciamento ambiental. Desta forma tem-se o seguinte possível cenário acidental:

- **Cenário 23** – Grande vazamento (até 1.250 m³): severidade crítica (III)

É importante mencionar que o volume total de óleo diesel armazenado na embarcação de apoio engloba o volume de óleo necessário para o consumo próprio da embarcação de apoio e o volume de óleo a ser empregado no abastecimento da unidade de perfuração. Vale mencionar ainda que este cenário contempla também a possibilidade de vazamento de fluido de perfuração de base não aquosa a partir das embarcações de apoio. No entanto, no descritivo do cenário está sendo considerado o volume do maior tanque de óleo combustível em função de o teor de óleo neste tipo de fluido ser inferior a 100% (aproximadamente 62%), além do fato de o inventário do tanque de óleo combustível ser superior ao do tanque de fluido de perfuração,

Com relação à frequência de ocorrência deste cenário, esta se encontra apresentada na Tabela II.9.3.20. Ressalta-se que a frequência apresentada na tabela mencionada foi determinada de forma qualitativa, de modo que este evento tenha uma frequência associada da ordem de 1,00E-03, de modo a possuir a mesma ordem de grandeza da frequência associada ao afundamento de um navio-sonda apresentada no banco de dados WOAD (DNV, 1999). Tal consideração foi feita em virtude de não ter sido encontrado em banco de dados uma frequência associada à perda total do inventário da embarcação de apoio.

TABELA II.9.3.20 – Frequência e categoria do cenário 23.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
23	1,00E-03	Ocasional (C)

- **Cenário 24**

Para o cálculo do máximo volume liberado de óleo durante a transferência do barco de apoio para a unidade de perfuração considerou-se um vazamento durante 03 (três) minutos, tempo considerado suficiente para a detecção e interrupção do vazamento uma vez que a operação é assistida, ou seja, durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração há um técnico de prontidão em cada uma das unidades. Com relação à taxa de liberação de óleo, considerou-se a vazão de 150 m³/h, a qual corresponde a maior vazão de transferência de óleo dentre todas as embarcações de apoio a serem utilizadas na atividade (conforme reportado pela empresa operadora). Desta forma o volume total liberado é de 7,5 m³, determinando o seguinte possível cenário accidental:

- **Cenário 25** – Pequeno vazamento (até 7,5 m³): severidade média (II)

Com relação à frequência de ocorrência deste cenário, de acordo com a Tabela II.9.2.9 apresentada na Análise Histórica de Acidentes Ambientais (item II.9.2 desta seção) e com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Accidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração tem-se a seguinte frequência associada ao vazamento de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração:

TABELA II.9.3.21– Frequência e categoria do cenário 24.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
25	9,07E-03	Ocasional (C)

- **Cenários 25 e 26**

Os cenários correspondentes ao vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio têm como volume máximo possível de ser liberado 187,1m³, correspondente ao volume do maior tanque de estocagem de óleo combustível dentre as embarcações de apoio recentemente empregadas pela empresa (o maior tanque de óleo dentre as embarcações de apoio tipo previstas para a atividade).

Com base no exposto anteriormente, tem-se os seguintes possíveis cenários accidentais decorrentes do vazamento de óleo diesel marítimo devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio:

- **Cenário 25**– Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).
- **Cenário 26**– Médio vazamento (até 187,1 m³): severidade média (II).

Já com relação à frequência de ocorrência deste cenário accidental, a análise do evento iniciador resultou em frequências de ocorrência de 1,00E-06 (pequeno vazamento) e 1,00E-08 (médio vazamento), as quais

correspondem às taxas de falha para furo (vazamento instantâneo e contínuo) e ruptura de tanques atmosféricos, respectivamente, independente do volume vazado correspondente (TNO, 1998). As classificações das frequências dos cenários em questão estão apresentadas na Tabela II.9.3.22:

TABELA II.9.3.22 – Frequência e categoria dos cenários 25 e 26.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
25	1,00E-06	Extremamente Remota (A)
26	1,00E-06	Extremamente Remota (A)

- **Cenário 27**

Para o cenário acidental relacionado à queda de carga durante as operações de carga e descarga, a frequência de ocorrência foi obtida diretamente de banco de dados WOAD (DNV, 1999) possuindo o valor de 6,67E-03 conforme dados apresentados na Tabela II.9.2.9, sendo, portanto, classificado na categoria C (ocasional), de acordo com a Tabela II.9.3.1. Com relação à sua severidade foi considerado, de forma qualitativa, que o volume total de resíduo oleoso e/ou produtos químicos possível de ser liberado é de até 8 m³, resultando no seguinte cenário:

- **Cenário 27** – Pequeno vazamento (até 8 m³): severidade menor (I).

Com relação à determinação da frequência de ocorrência deste cenário acidental, de acordo com a Tabela II.9.2.9 apresentada na Análise Histórica de Acidentes Ambientais (item II.9.2 desta seção) e com o Anexo III – *Identificação dos Cenários Acidentais da Unidade Marítima de Perfuração* do CADUMP da unidade de perfuração tem-se a seguinte frequência associada queda de carga no mar:

TABELA II.9.3.23 – Frequência e categoria do cenário 27.

Cenário	Frequência (ano ⁻¹)	Categoria de Frequência
27	6,67E-03	Ocasional (C)

A Tabela II.9.3.24 apresentada a seguir contém o sumário dos resultados obtidos na determinação das frequências e das severidades dos cenários acidentais.



TABELA II.9.3.24– Sumário dos resultados obtidos.

CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
01	Perfuração do Poço	Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	1,26E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
02			Médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	2,19E-03	Ocasional	C	200,0	Média	II	Médio



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
03	Perfuração do Poço	Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração	Grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	1,12E-03	Ocasional	C	743,5	Crítica	III	Médio
04		Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	9,92E-04	Remota	B	8,0	Menor	I	Baixo



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
05	Perfuração do Poço	Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração	Médio vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	1,92E-03	Ocasional	C	80,0	Média	II	Médio
06		Controle do Poço	Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	3,10E-04	Remota	B	8,0	Menor	I	Baixo
07		Controle do Poço	Médio vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	3,10E-04	Remota	B	200,0	Média	II	Baixo



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
08	Perfuração do Poço	Controle do Poço	Grande vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	3,10E-04	Remota	B	13.307	Catastrófica	IV	Médio
09	Teste de Formação	Queimador	Pequeno vazamento de óleo a partir do queimador, devido à falha no sistema de queima.	1,33E-02	Provável	D	3,1	Menor	I	Médio
10	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,24E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
11	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Médio vazamento de óleo combustível devido furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,80E-03	Ocasional	C	200,0	Média	II	Médio
12			Grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	8,44E-04	Remota	B	2.310,8	Crítica	III	Médio



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
13	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante	Pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,24E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
14			Médio vazamento de óleo lubrificante devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	1,87E-03	Ocasional	C	52,3	Média	II	Médio



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
15	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Óleo Hidráulico	Pequeno vazamento de óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	4,00E-10	Extremamente Remota	A	5,0	Menor	I	Baixo
16		Armazenamento e Circulação de Barita / Bentonita	Pequeno vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	1,78E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
17		Armazenamento e Circulação de Barita / Bentonita	Médio vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	2,42E-03	Ocasional	C	113,0	Menor	I	Baixo
18		Armazenamento e Circulação de Cimento	Pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	1,79E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
19	Armazenamento	Armazenamento e Circulação de Cimento	Médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	2,35E-03	Ocasional	C	113,0	Menor	I	Baixo
20	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Pequeno vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.	2,15E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo
21			Médio vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa.	3,16E-03	Ocasional	C	54,5	Média	II	Médio
22	Estabilidade da Unidade	Unidade de Perfuração	Grande vazamento de óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	5,00E-03	Ocasional	C	10.599,2	Crítica	III	Médio



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
23	Estabilidade da Unidade	Embarcações de Apoio	Grande vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento.	1,00E-03	Ocasional	C	1.250,0	Crítica	III	Médio
24	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência de Óleo Combustível da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.	9,07E-03	Ocasional	C	7,5	Menor	I	Baixo
25		Embarcações de Apoio	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e possibilidade de derrame de óleo para o mar.	1,00E-06	Extremamente Remota	A	8,0	Menor	I	Baixo



CENÁRIO ACIDENTAL	SISTEMA	SUBSISTEMA	PERIGO	FREQUÊNCIA			SEVERIDADE			RISCO
				Valor (ano ⁻¹)	Denominação	Categoria	Volume Máximo (m ³)	Denominação	Categoria	
26	Atividades de Logística e de Apoio	Embarcações de Apoio	Médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e possibilidade de derrame de óleo para o mar.	1,00E-08	Extremamente Remota	A	187,1	Média	II	Baixo
27		Operações de Carga e Descarga	Pequeno vazamento de resíduo oleoso e/ou produtos químicos devido à queda de carga no mar.	6,67E-03	Ocasional	C	8,0	Menor	I	Baixo



➤ Resultados

Uma vez determinadas as frequências de ocorrência e as severidades dos cenários acidentais levantados na avaliação da atividade de perfuração escopo deste processo de licenciamento ambiental, são apresentadas a seguir as planilhas de Análise Preliminar de Riscos (APR) para cada um dos cenários acidentais.

A Figura II.9.3.2 apresentada a distribuição dos cenários levantados na APR realizada na matriz de classificação de risco.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes. ($0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$)	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• falha na vedação de juntas e conexões;• trincas e furos;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	I	Baixo	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	01




ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 02/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes. ($8 < MV \leq 200 \text{ m}^3$)	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• falha na vedação de juntas e conexões;• trincas e furos;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	II	Médio	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	02




ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 03/03			
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00			
SISTEMA: Perfuração do Poço			SUBSISTEMA: Preparo e Tratamento do Fluido de Perfuração		DATA: Junho de 2015			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes. (200 < GV ≤ 743,5 m ³) ⁹	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> • corrosão; • falha na vedação de juntas e conexões; • ruptura de tanque; • falha operacional. 	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	III	Médio	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	03

⁹ Volume referente ao tanque de óleo base existente na unidade de perfuração.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 01/02					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Perfuração do Poço			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração		DATA: Junho de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
<p>Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.</p> <p>(0 < PV ≤ 8 m³)</p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • corrosão; • falha na vedação de juntas e conexões; • trincas e furos; • falha operacional. 	<p>- Instrumentação</p> <p>- Visual</p>	<p>- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).</p>	B	I	Baixo	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	04		



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 02/02					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Perfuração			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração		DATA: Junho de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
Médio vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes. (8 < MV ≤ 80 m ³) ¹⁰	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> • corrosão; • falha na vedação de junta e conexões; • ruptura de tanque; • falha operacional. 	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	II	Médio	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	05		

¹⁰ Volume referente a um dos tanques de lama ativa existente na unidade de perfuração.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Controle do Poço		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar. ($0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$)	- Fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço (<i>kick</i>) e falha nos dispositivos e procedimentos de retomada do controle ou fechamento do poço.	- Instrumentação de controle do poço	- <i>Blowout</i> - Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	B	I	Baixo	R1) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço. R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R3) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> . O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.	06



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 02/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Controle do Poço		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar. (8 < MV ≤ 200 m ³)	- Fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço (<i>kick</i>) e falha nos dispositivos e procedimentos de retomada do controle ou fechamento do poço.	- Instrumentação de controle do poço	- <i>Blowout</i> - Contaminação ambiental - Possibilidade de explosão e incêndio	B	II	Baixo	R1) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço. R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R3) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> . O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.	07



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 03/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Perfuração do Poço		SUBSISTEMA: Controle do Poço		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Grande vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar. ($200 < GV \leq 13.307 \text{ m}^3$) ¹¹	- Fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço (<i>kick</i>) e falha nos dispositivos e procedimentos de retomada do controle ou fechamento do poço.	- Instrumentação de controle do poço	- <i>Blowout</i> - Contaminação ambiental - Possibilidade de explosão e incêndio	B	IV	Médio	R1) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço. R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R3) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> . O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.	08

¹¹ Volume calculado considerando a vazão de produção de óleo do poço de aproximadamente 443,57 m³/d e a ocorrência de um vazamento durante 30 dias.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Teste de Formação		SUBSISTEMA: Queimador		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de óleo a partir do queimador, devido à falha no sistema de queima. ($0 < PV \leq 3,1 \text{ m}^3$) ¹²	- Falha no sistema de queima.	- Visual - Instrumentação de controle	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	D	I	Médio	R4) Manter um observador presente durante o início da realização do teste de formação. O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O4) Existência de procedimentos e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para o queimador.	09

^{12 12} Volume calculado considerando a vazão de produção de óleo do poço de aproximadamente 443,57 m³/d e a ocorrência de um vazamento durante 10 minutos.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 01/03			
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00			
SISTEMA: Armazenamento			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível		DATA: Junho de 2015			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes. (0 < PV ≤ 8 m ³)	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• trincas e furos;• falha na vedação de juntas e conexões;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	I	Baixo	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	10




ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 02/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de óleo combustível devido furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes. (8 < MV ≤ 200 m ³)	- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• trincas e furos;• falha na vedação de juntas e conexões;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	II	Médio	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	11



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 03/03				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes. (200 < GV ≤ 2.310,8 m ³) ¹³	- Vazamento em tanques, bombas, centrífugas, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• ruptura do tanque;• falha na vedação de juntas e conexões;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	B	III	Médio	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	12

¹³ Volume referente ao maior tanque de óleo combustível existente na unidade de perfuração.




ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 01/02					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Armazenamento			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante		DATA: Junho de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
<p>Pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.</p> <p>(0 < PV ≤ 8 m³)</p>	<p>- Vazamento em tanques, bombas, tubulações ou válvulas devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • corrosão; • trincas e furos; • falha na vedação de juntas e conexões; • falha operacional. 	<p>- Instrumentação</p> <p>- Visual</p>	<p>- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).</p>	C	I	Baixo	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>	13		



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de óleo lubrificante devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes. (8 < MV ≤ 52,3 m ³) ¹⁴	- Vazamento em tanques, bombas, centrífugas tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• ruptura do tanque;• falha na vedação de juntas e conexões;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	C	II	Médio	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	14

¹⁴ Volume correspondente ao maior tanque de óleo lubrificante existente na unidade de perfuração.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR										
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 01/01					
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00					
SISTEMA: Armazenamento			SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Óleo Hidráulico		DATA: Junho de 2015					
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário		
Pequeno vazamento de óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes. $(0 < PV \leq 5 \text{ m}^3)^{15}$	- Vazamento em tanques, bombas, centrífugas tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none"> • corrosão; • ruptura do tanque; • falha na vedação de juntas e conexões; • falha operacional. 	- Instrumentação - Visual	- Vazamento contido na Unidade Marítima de Perfuração (UMP).	A	I	Baixo	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	15		

¹⁵ Volume correspondente ao maior tanque de óleo hidráulico existente na unidade de perfuração.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Barita/Bentonita		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade. ($0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$)	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• falha na vedação de juntas e conexões;• trincas e furos;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	16



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Barita/Bentonita		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade. (8 < MV ≤ 113 m ³) ¹⁶	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• falha na vedação de juntas e conexões;• ruptura do silo;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	17

¹⁶ Volume correspondente ao maior silo de barita/bentonita existente na unidade de perfuração.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Cimento		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade. ($0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$)	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• falha na vedação de juntas e conexões;• trincas e furos;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	18



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Armazenamento		SUBSISTEMA: Armazenamento e Circulação de Cimento		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade. (8 < MV ≤ 113 m ³) ¹⁷	- Vazamento em silos, tubulações ou válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• falha na vedação de juntas e conexões;• ruptura do silo;• falha operacional.	- Instrumentação - Visual	- Contaminação ambiental	C	I	Baixo	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	19

¹⁷ Volume correspondente ao maior silo de cimento existente na unidade de perfuração.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/02				
DEPARTAMENTO: HSE								
SISTEMA: Drenagem e Tratamento de Efluentes		SUBSISTEMA: Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos			DATA: Junho de 2015			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa. ($0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$)	- Vazamento em tubulações, tanques, no separador água/óleo, bombas e válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• trincas e furos;• falha na vedação de juntas e conexões;• falha operacional.	- Visual	- Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	C	I	Baixo	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	20



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 02/02				
DEPARTAMENTO: HSE								
SISTEMA: Drenagem e Tratamento de Efluentes		SUBSISTEMA: Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos			DATA: Junho de 2015			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa. (8 < MV ≤ 54,5 m ³) ¹⁸	- Vazamento em tubulações, tanques, no separador água/óleo, bombas e válvulas devido a: <ul style="list-style-type: none">• corrosão;• ruptura de tanques;• falha na vedação de juntas e conexões;• falha operacional.	- Visual	- Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	C	II	Médio	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	21

¹⁸ Volume do *bilge oil tank* (óleo sujo) com a maior capacidade de armazenamento existente na unidade de perfuração (considerando-se, conservativamente que o volume contido no tanque seja 100% óleo e não água oleosa).



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Estabilidade da Unidade		SUBSISTEMA: Unidade de Perfuração		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Grande vazamento de óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade. (GV ≤ 10.599,2 m ³) ¹⁹	- Inundação - Danos Estruturais - Choques mecânicos com outras embarcações - Perda de lastro - Condições meteoceanográficas adversas	- Visual - Odor	- Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio e explosão.	C	III	Médio	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões. O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade. O5) O nível de água do tanque de lastro será controlado. O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações. O7) A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes. O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.	22


¹⁹ Volume correspondente à capacidade total de óleo armazenado na unidade de perfuração (óleo combustível + óleo lubrificante + óleo hidráulico + óleo base + óleo sujo + lama ativa).



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								Cenário
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Estabilidade da Unidade		SUBSISTEMA: Embarcação de Apoio		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Grande vazamento de óleo devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento. (GV ≤ 1.250 m ³) ²⁰	- Inundação - Danos Estruturais - Colisão com embarcações - Condições meteoceanográficas adversas	- Visual - Odor	- Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio e explosão.	C	III	Médio	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações. O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.	23

²⁰ Volume correspondente à capacidade máxima de estocagem de óleo dentre as embarcações de apoio tipo previstas para a atividade.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 01/01				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio		SUBSISTEMA: Transferência de Óleo Combustível da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração. ($0 < PV \leq 7,5 \text{ m}^3$) ²¹	<ul style="list-style-type: none"> - Furo ou desconexão de mangote de transferência. - Falha em bomba ou válvula. - Falha operacional. 	- Visual	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminação ambiental - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i>. 	C	I	Baixo	<p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R6) Priorizar a realização de operações de transferência no período diurno.</p> <p>R7) Somente utilizar mangotes submetidos a testes hidrostáticos periódicos.</p> <p>R9) Manter bornais de drenagem fechados durante a transferência.</p> <p>R9) Manter operadores na unidade de perfuração e na embarcação de apoio munidos de rádio para supervisão da operação.</p> <p>R10) Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p> <p>O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p> <p>O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p>	24

²¹ Volume calculado considerando uma vazão de transferência de 150 m³/h e um tempo de 03 (três) minutos para detectar e interromper o vazamento.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 01/02			
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00			
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio			SUBSISTEMA: Embarcações de Apoio			DATA: Junho de 2015		
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes possibilidade de derrame de óleo para o mar. (0 < PV ≤ 8 m ³)	Vazamentos em tanques devido à: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosão; • Trincas e furos. 	- Visual	- Contaminação ambiental. - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	A	I	Baixo	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações. O7) A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes. O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.	25



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron				FOLHA: 02/02				
DEPARTAMENTO: HSE				REVISÃO: 00				
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio		SUBSISTEMA: Embarcações de Apoio		DATA: Junho de 2015				
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e possibilidade de derrame de óleo para o mar. ($8 < MV \leq 187,1 \text{ m}^3$) ²²	Vazamentos em tanques devido à: <ul style="list-style-type: none">• Corrosão;• Ruptura do tanque;• Colisão com outras embarcações.	- Visual	- Contaminação ambiental. - Possibilidade de incêndio em poça e <i>flash</i> .	A	II	Baixo	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações. O7) A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes. O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.	26

²² Volume correspondente ao maior tanque de armazenamento de óleo combustível dentre as embarcações previstas para a atividade.



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR								
EMPRESA: Chevron					FOLHA: 01/01			
DEPARTAMENTO: HSE					REVISÃO: 00			
SISTEMA: Atividades de Logística e de Apoio			SUBSISTEMA: Operações de Carga e Descarga			DATA: Junho de 2015		
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações / Observações	Cenário
Pequeno vazamento de resíduo oleoso e/ou produtos químicos devido à queda de carga no mar. ($0 < PV \leq 8 \text{ m}^3$) ²³	Queda de carga no mar devido à falha no cabo do guindaste	- Visual.	- Contaminação ambiental.	C	I	Baixo	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores. O9) Existência de procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes. O10) Existência de procedimentos para operações de carga e descarga.	27

²³ Volume determinado de forma qualitativa.

A Figura II.9.3.2, a seguir, apresenta o resultado da APR. No total foram identificados 27 (vinte e sete) cenários acidentais. Destes, com relação à severidade dos danos ambientais para o meio ambiente, quinze foram classificados como sendo de severidade menor (55,6%), sete como sendo de severidade média (25,9%), quatro como severidade crítica (14,8%) e um como severidade catastrófica (3,7%). Já com relação à frequência de ocorrência, três cenários acidentais foram classificados como sendo de ocorrência extremamente remota (11,1%), cinco foram classificados com frequência remota (18,5%), dezoito como sendo ocasionais (66,7%), um cenário foi classificado como provável (3,7%) e nenhum cenário acidental classificado como frequente. Por fim, em relação à categoria de risco, dezesseis cenários acidentais resultaram na estimativa de risco baixo (59,3%), onze com risco médio (40,7%) e nenhum cenário foi considerado com alto risco, conforme pode ser observado na matriz de risco apresentada abaixo.

MATRIZ DE RISCO				
Frequência	Severidade			
	I - Menor	II - Média	III - Crítica	IV - Catastrófica
A – Extremamente Remota	C15 e C25	C26	--	--
B - Remota	C04 e C06	C07	C12	C08
C – Ocasional	C01, C10, C13, C16, C17, C18, C19, C20, C24 e C27	C02, C05, C11, C14 e C21	C03, C22 e C23	--
D – Provável	C09	--	--	--
E- Frequente	--	--	--	--

SEVERIDADE				
MENOR	MÉDIA	CRÍTICA	CATASTRÓFICA	
15	07	04	01	
55,6%	25,9%	14,8%	3,7%	
FREQUÊNCIA				
EXTREMAMENTE REMOTA	REMOTA	OCASIONAL	PROVÁVEL	FREQUENTE
03	05	18	01	--
11,1%	18,5%	66,7%	3,7%	0,0%

RISCO		
Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto
16	11	--
59,3%	40,7%	0,0%

FIGURA II.9.3.2 – Distribuição dos cenários acidentais na matriz de risco.



Ainda com relação às planilhas de Análise Preliminar de Riscos, a Tabela II.9.3.25, apresentada a seguir, contém a distribuição das medidas preventivas/mitigadoras resultantes da APR realizada e a distribuição destas medidas ao longo dos cenários levantados e analisados.

TABELA II.9.3.25 – Distribuição das recomendações / observações resultantes da APR nos cenários analisados.

Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																										
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
R1	Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.																											
R2	Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.																											
R3	Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> .																											
R4	Manter um observador presente durante o início da realização do teste de formação.																											



Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																											
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
R10	Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada.																												
O1	Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.																												
O2	Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.																												
O3	A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.																												
O4	Existência de procedimentos e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para o queimador.																												



Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																										
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
O5	O nível de água do tanque de lastro será controlado.																											
O6	A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.																											
O7	A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes.																											
O8	Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.																											
O9	Existência de procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes.																											



Nº	Recomendações / Observações	Cenários Acidentais																											
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
010	Existência de procedimentos para operações de carga e descarga.																												

II.9.3.6. ÁRVORES DE EVENTOS

A fim de determinar os possíveis cenários/tipologias acidentais decorrentes da evolução dos eventos iniciadores dos cenários identificados por meio da Análise Preliminar de Riscos (APR), foram elaboradas árvores de eventos, nas quais foram associadas probabilidades de ocorrência de situações que poderiam culminar em tipologias/cenários acidentais, que assim tiveram suas frequências determinadas.

São apresentadas neste item as árvores de eventos construídas a partir dos cenários da APR envolvendo vazamentos de óleo para o mar, os quais viabilizaram a determinação da frequência de ocorrência de contaminação ambiental por óleo associada, aonde aplicável, aos cenários analisados nas planilhas de Análise Preliminar de Riscos.

Vale ressaltar que aqueles cenários em que não foi identificada a possibilidade de contaminação ambiental por óleo não são aqui contemplados (subsistemas que envolvem Barita/Bentonita e Cimento), de forma a manter coerência com as orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA).

Ainda de forma a manter as orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA), também não foram contemplados neste item os cenários identificados na APR envolvendo vazamentos de óleo em áreas cobertas pelo sistema de drenagem do navio-sonda, uma vez que o volume de óleo liberado quando da ocorrência de um vazamento nestas áreas ficaria contido no sistema de drenagem da sonda, não resultando, portanto, em contaminação ambiental (subsistemas envolvendo fluido de perfuração, teste de formação e vazamentos de óleo combustível, lubrificante e hidráulico no navio-sonda).

As árvores de eventos foram construídas a partir dos eventos iniciadores, cujas frequências correspondem às frequências obtidas a partir da Análise Quantitativa de Riscos. Por sua vez, as probabilidades associadas aos desdobramentos acidentais foram extraídas da *International Association of Oil & Gas Procedures, Risk Assessment Data Directory* (OGP, 2010). Como exemplo, apresentam-se na Tabela II.9.3.26, valores para a probabilidade de ignição de óleos.

TABELA II.9.3.26 – Probabilidades de Ignição.

TAXA DE VAZAMENTO (kg/s)	PROBABILIDADE DE IGNIÇÃO	
	Tanque de Óleo Diesel	Líquidos Inflamáveis – Processo <i>Offshore</i>
0,1	0,0010	0,0010
0,2	0,0010	0,0013
0,5	0,0010	0,0019
1	0,0010	0,0026
2	0,0011	0,0035
5	0,0011	0,0051
10	0,0014	0,0067
20	0,0021	0,0090
50	0,0024	0,0131
100	0,0024	0,0175
200	0,0024	0,0175
500	0,0024	0,0175
1.000	0,0024	0,0175

Fonte: OGP, 2010

De acordo com as premissas adotadas pela OGP, as probabilidades de ignição apresentadas na Tabela II.9.3.26 contemplam o somatório das probabilidades de ignição imediata e retardada, sendo que a probabilidade de ignição imediata definida no estudo é sempre de 0,0010. Desta forma, para a obtenção da probabilidade de ignição retardada deve-se subtrair 0,0010 do valor da probabilidade de ignição associada a cada taxa de vazamento apresentada anteriormente na Tabela II.9.3.26.

Nas Tabelas II.9.3.27 e II.9.3.28 são apresentadas as informações utilizadas para calcular as frequências dos cenários/tipologias acidentais. Para o cálculo das probabilidades dos desdobramentos acidentais e suas respectivas frequências algumas considerações foram feitas:

- Para a determinação da árvore de eventos foram considerados apenas os sistemas envolvendo derramamento de óleos (óleo cru, óleo combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico e óleo base) de forma a atender às orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA), segundo as quais devem ser considerados apenas os efeitos de contaminação ambiental por óleo. Desta forma não foram aqui contemplados os cenários analisados na APR envolvendo barita/bentonita e cimento, bem como vazamentos de óleo e fluido de perfuração em áreas cobertas pelo sistema de drenagem do navio-sonda sendo, portanto, contidos pelo sistema de drenagem, não resultando, desta forma, em contaminação ambiental;
- Uma vez que a probabilidade de ignição disponível no banco de dados empregada está associada a vazões mássicas de vazamento, foram determinadas as massas das substâncias envolvidas em cada um dos cenários analisados, a partir dos volumes correspondentes e das densidades associadas às substâncias;
- Ainda com relação às probabilidades de ignição, de acordo com as premissas adotadas no banco de dados empregado nesse estudo (OGP, 2010), a probabilidade de ignição imediata possui o valor de 0,0010, sendo a probabilidade de ignição retardada obtida pela subtração do valor da probabilidade

de ignição imediata (0,0010) da probabilidade de ignição total (imediate + retardada) associada a cada taxa de vazamento;

- Para determinar a vazão mássica das substâncias envolvidas em cada um dos cenários analisados relativo ao armazenamento e circulação de óleo foi considerado o tempo de vazamento de 10 minutos, o qual corresponde ao tempo mínimo de detecção e intervenção adotado por referências bibliográficas de Análise de Riscos, como, por exemplo, o “Manual de Elaboração de Estudos de Análise de Riscos” da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo);
- Por sua vez, para determinar a vazão mássica associada ao volume de óleo liberado durante o abastecimento da unidade de perfuração foi considerado o tempo de 03 minutos, o qual corresponde ao tempo máximo para a detecção e interrupção do bombeio de óleo, uma vez que esta é uma operação assistida;
- Para o óleo cru, considerou-se a densidade aproximada de 865 kg/m³;
- Para os cenários envolvendo a perda de controle do poço, *blowout*, a OGP (*International Association of Oil and Gas Producers*) fornece uma probabilidade de ignição imediata de 9% e uma probabilidade de ignição retardada de 16%, tendo sido estes valores empregados no presente estudo;
- Para o cenário envolvendo a perda de estabilidade da Unidade de Perfuração, cenário 22, considerou-se os volumes dos tanques de óleo diesel, óleo lubrificante, óleo hidráulico, óleo sujo (*bilge tank*), fluido de perfuração (ativo) e óleo base, presentes na unidade de perfuração, descartando-se, portanto, os volumes de barita/bentonita e cimento, fluido reserva e querosene de aviação (não há previsão de abastecimento na unidade de perfuração durante a atividade), uma vez que o objetivo na construção das árvores de evento era determinar a contaminação ambiental oriunda de vazamento de óleos, atendendo, desta forma, ao estabelecido pela CGPEG/DILIC/IBAMA nas diretrizes para elaboração de Análise de Risco Ambiental (ARA);
- De acordo com informações fornecidas pelo proprietário da unidade de perfuração, todos os vazamentos de óleo ocorridos no interior da unidade de perfuração (incluindo os equipamentos associados ao teste de formação) ficam contidos nesta, não resultando, portanto em contaminação ambiental. Desta forma, os cenários referentes aos vazamentos de óleo no interior da unidade de perfuração não estão sendo aqui contemplados para o cálculo do risco ambiental;
- A unidade de perfuração dispõe de um casco duplo (conforme evidenciado no arranjo geral da sonda apresentado no **Anexo B**) o qual funciona como um sistema de contenção secundária para vazamentos ocorridos na área de armazenamento e sistemas de circulação de fluidos de perfuração, óleo diesel/combustível, óleo lubrificante e efluente oleoso. É importante mencionar que vazamentos ocorridos nessas áreas ficarão contidos no casco duplo, não atingindo o mar. Desta forma, apenas haverá contaminação ambiental, ou seja, o óleo vazado atingirá o mar, no caso de áreas não cobertas pela proteção do casco duplo;

- Nas árvores de evento elaboradas, os três eventos de decisão considerados foram: possibilidade de poça confinada; possibilidade de ignição imediata e possibilidade de ignição retardada resultando em *flash* ou incêndio, tendo estes sido considerados na ordem citada;
- O evento de decisão referente à poça confinada está sendo apresentado nas árvores de evento apenas de forma ilustrativa, já que para os cenários acidentais considerados no cálculo do risco ambiental está sendo adotada a premissa que 100% do inventário de óleo atinge o mar;
- Para o cenário referente à queda de carga no mar durante as operações de carga e descarga (cenário 27 da APR) não foi construída uma árvore de eventos, pois para este cenário foi considerado como cenário acidental apenas a possibilidade de contaminação ambiental, não sendo aplicável os demais desdobramentos acidentais;
- As tipologias/cenários acidentais consideradas no estudo foram incêndio em poça, *flash*, explosão e contaminação ambiental, sendo a primeira, incêndio, decorrente da ignição imediata e as tipologias acidentais *flash* e explosão, decorrentes da ignição retardada. Com relação à contaminação ambiental, tipologia acidental com a maior frequência associada, esta foi considerada quando não há probabilidade de ignição;
- Para os cenários/tipologias acidentais de incêndio em poça, *flash* e explosão, considerou-se que a frequência obtida para estas tipologias acidentais corresponde unicamente aos eventos de incêndio em poça, *flash* e explosão causadores apenas de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental.



TABELA II.9.3.27 – Probabilidades de ignição e de explosão dos cenários acidentais.

Cenário da APR	Sistema	Subsistema	Substância	Volume (m³)	Densidade (kg/m³)	Massa (kg)	Tempo de Vazamento (s)	Vazão (kg/s)	Probabilidade Total de Ignição (Ignição Imediata + Ignição Retardada)	Probabilidade de Ignição Imediata	Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Flash	Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Explosão
6	Perfuração do Poço	Segurança do Poço	Óleo Cru	8	893	-	-	-	0,0900	0,0900	-	-
7				200		-	-	-	0,2500	0,0900	-	0,1600
8				13.307,00		-	-	-	0,2500	0,0900	-	0,1600
20	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	8	930	7.440	600	12,40	0,0015	0,0010	0,0005	-
21			54,5	50.685		84,48		0,0024	0,0010	0,0014	-	
22	Estabilidade da Unidade	Unidade de Perfuração	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	10.599,20	850	9.009.320	600	15.015,53	0,0024	0,0010	-	0,0014
23		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	1.250	850	1.062.500		1.770,83	0,0024	0,0010	-	0,0014
24	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Óleo Combustível	7,5	850	6.375	180	35,42	0,0114	0,0010	0,0104	-
25		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	8	850	6.800	600	11,33	0,0015	0,0010	0,0005	-
26				187,1		159.035		265,06	0,0024	0,0010	0,0014	-
27		Operações de Carga e Descarga	Óleo	8	930	7.440	-	-	-	-	-	-

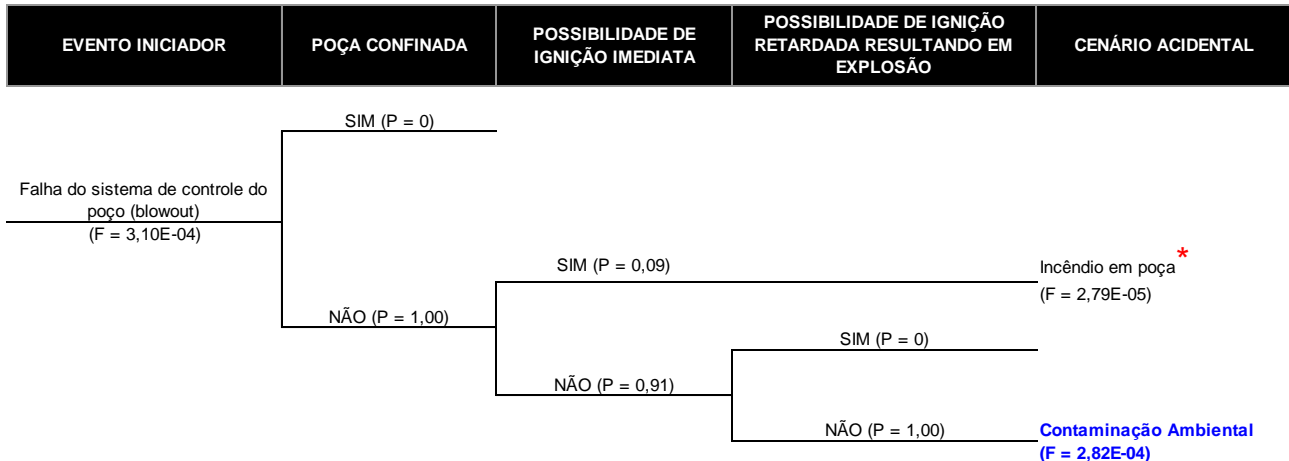


TABELA II.9.3.28 – Frequências dos cenários acidentais.

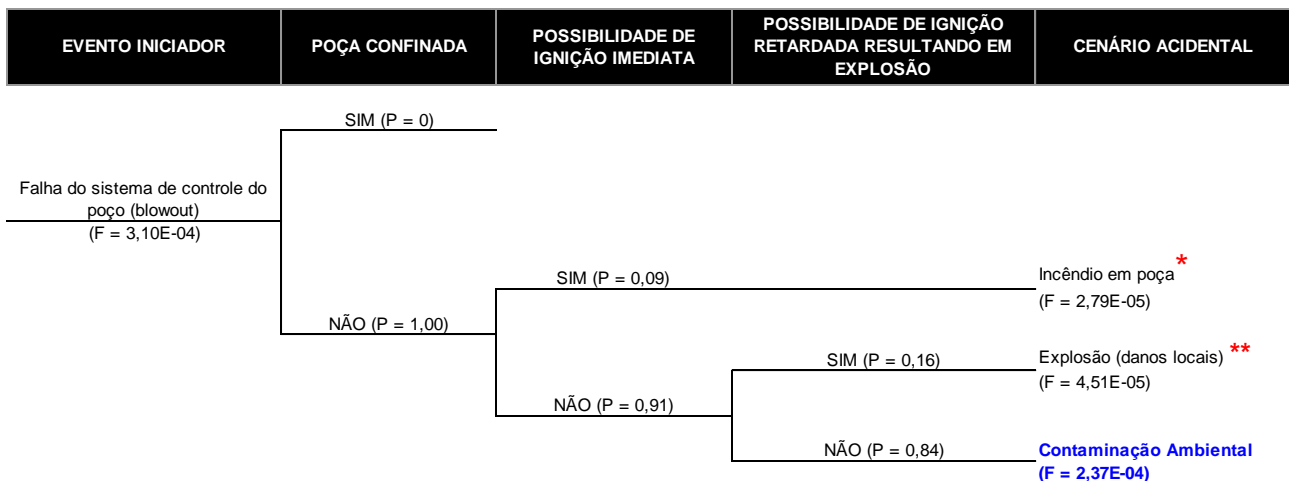
Cenário da APR	Sistema	Subsistema	Substância	Volume (m³)	Frequência (ano ⁻¹)	Poça Confinada		Probabilidade de Ignição Imediata		Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Flash		Probabilidade de Ignição Retardada Resultando em Explosão		Frequência de Ocorrência de Incêndio (ano ⁻¹)	Frequência de Ocorrência de Flash (ano ⁻¹)	Frequência de Ocorrência de Explosão (ano ⁻¹)	Frequência de Ocorrência de Contaminação Ambiental (ano ⁻¹)
						SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO				
6	Perfuração do Poço	Segurança do Poço	Óleo Cru	8,0	3,10E-04	-	1,00	0,0900	0,9100	-	1,0000	-	1,0000	2,79E-05	-	-	2,82E-04
7				200,0	3,10E-04	-	1,00	0,0900	0,9100	-	1,0000	0,1600	0,8400	2,79E-05	-	4,51E-05	2,37E-04
8				13.307,0	3,10E-04	-	1,00	0,0900	0,9100	-	1,0000	0,1600	0,8400	2,79E-05	-	4,51E-05	2,37E-04
20	Drenagem e Tratamento de Efluentes	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo	8,0	1,79E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0005	0,9995	-	1,0000	1,79E-06	8,94E-07	-	1,79E-03
21			Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	54,5	2,53E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0014	0,9986	-	1,0000	2,53E-06	3,54E-06	-	2,52E-03
22	Estabilidade e da Unidade	Unidade de Perfuração	Óleo Diesel / Óleo Lubrificante / Óleo Hidráulico / Óleo Base / Fluido de Perfuração	10.599,2	5,00E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	-	1,0000	0,0014	0,9986	5,00E-06	-	6,99E-06	4,99E-03
23		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	1.250,0	1,00E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	-	1,0000	0,0014	0,9986	1,00E-06	-	1,40E-06	9,98E-04
24	Atividades de Logística e de Apoio	Transferência da Embarcação de Apoio para a Unidade de Perfuração	Óleo Combustível	7,5	9,07E-03	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0014	0,9986	-	1,0000	9,07E-06	1,27E-05	-	9,05E-03
25		Embarcações de Apoio	Óleo Combustível	8,0	1,00E-06	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0005	0,9995	-	1,0000	1,00E-09	5,00E-10	-	9,99E-07
26				187,1	1,00E-08	-	1,00	0,0010	0,9990	0,0014	0,9986	-	1,0000	1,00E-11	1,40E-11	-	9,98E-09
27	Operações de Carga e Descarga	Óleo	8,0	6,67E-03	-	1,00	-	1,0000	-	1,0000	-	1,0000	-	-	-	6,67E-03	

A seguir são apresentadas as árvores de eventos elaboradas para cada um dos cenários analisados na APR envolvendo vazamento de óleo para o mar com as respectivas frequências tanto para os eventos iniciadores como para os desdobramentos acidentais (cenários/tipologias acidentais), bem como as probabilidades associadas a estes desdobramentos.

- **Cenário 05:** Pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.²⁴



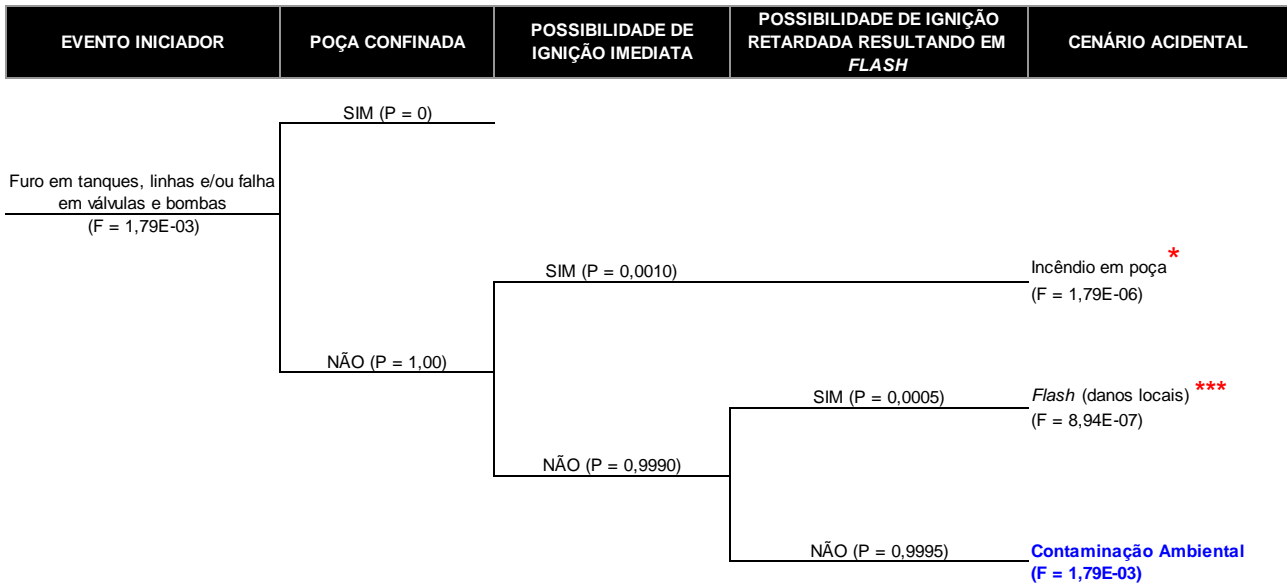
- **Cenários 06 e 07:** Médio e Grande vazamentos de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.²⁵



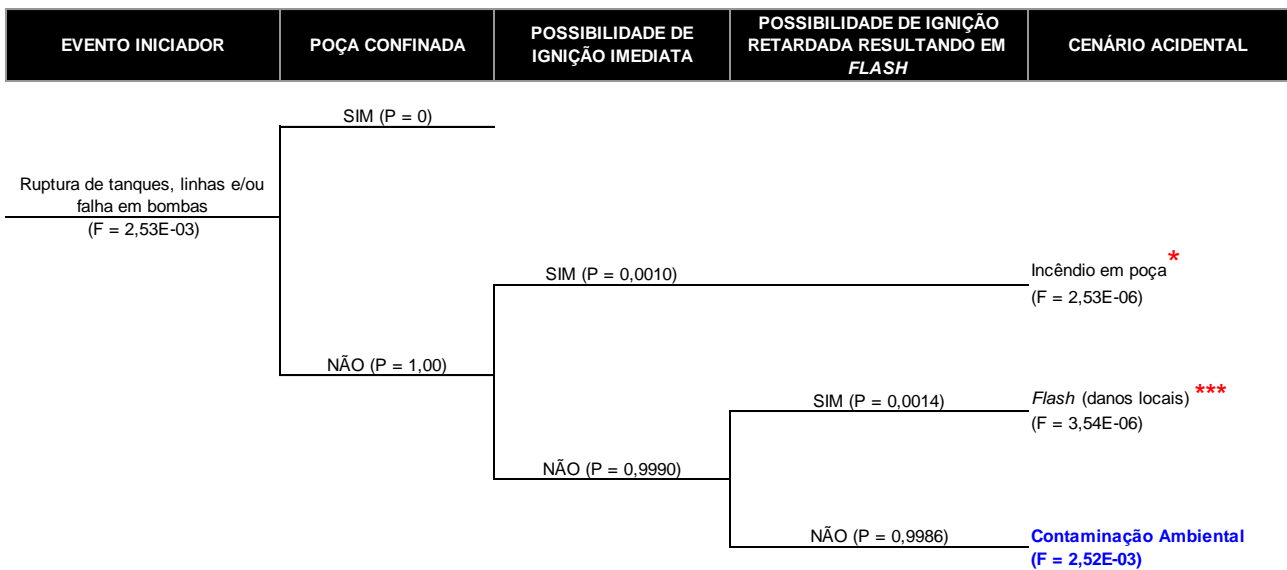
²⁴ * Para o cenário acidental de incêndio em poça, considerou-se que a frequência obtida para este cenário corresponde unicamente ao evento de incêndio em poça, causador apenas de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental. Ressalta-se que esta consideração é válida para todas as demais árvores de eventos.

²⁵ ** Para o cenário acidental de explosão, considerou-se que a frequência obtida para este cenário corresponde unicamente ao evento de explosão, causador apenas de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental. Ressalta-se que esta consideração é válida para todas as demais árvores de eventos.

- **Cenário 20:** Pequeno vazamento de efluentes oleosos/água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.²⁶

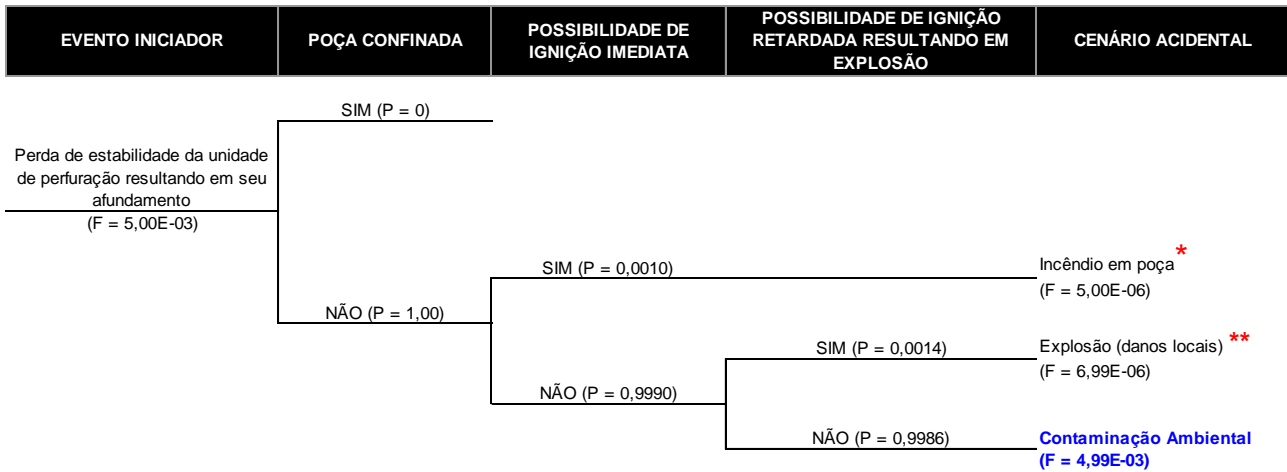


- **Cenário 21:** Médio vazamento de efluentes oleosos/água oleosa devido à ruptura total de tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.

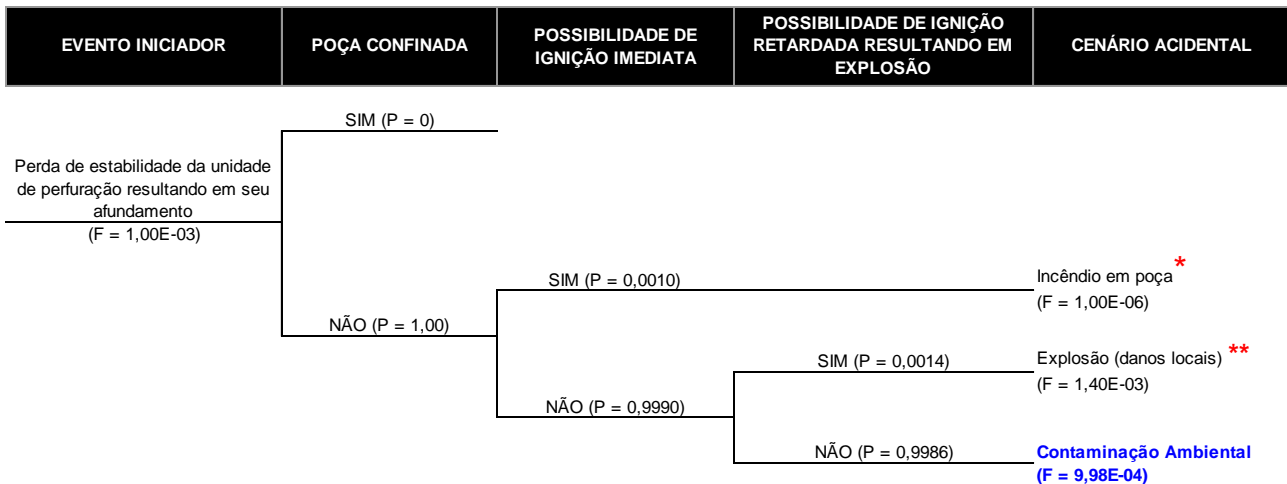


²⁶ *** Para o cenário acidental de flash, considerou-se que a frequência obtida para este cenário corresponde unicamente ao evento de flash, causador de danos locais, sem a ocorrência de contaminação ambiental. Ressalta-se que esta consideração é válida para todas as demais árvores de eventos.

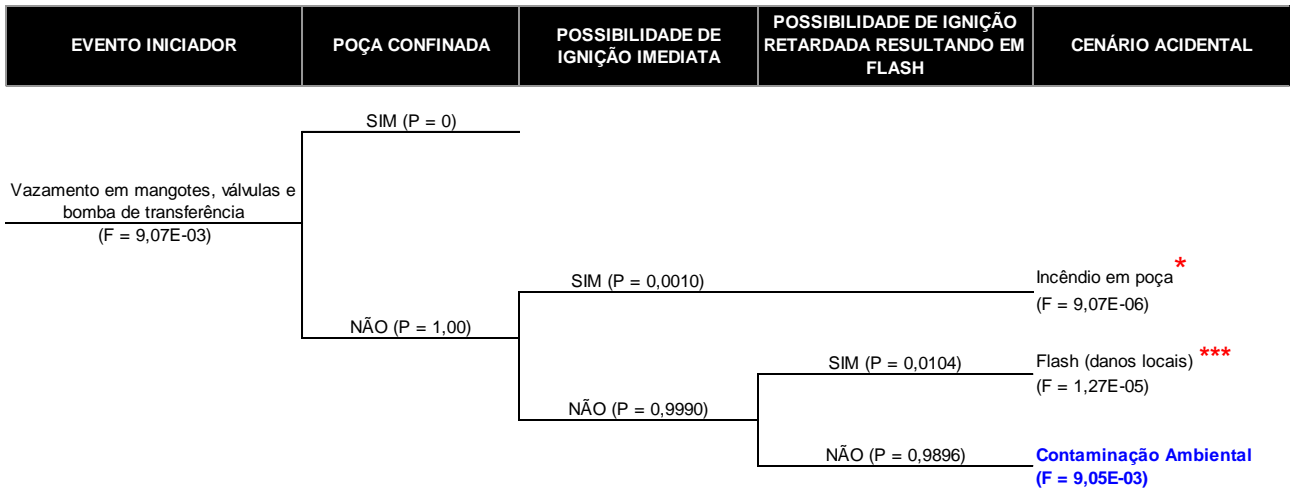
- **Cenário 22:** Grande vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido ao afundamento da unidade de perfuração devido à perda de estabilidade.



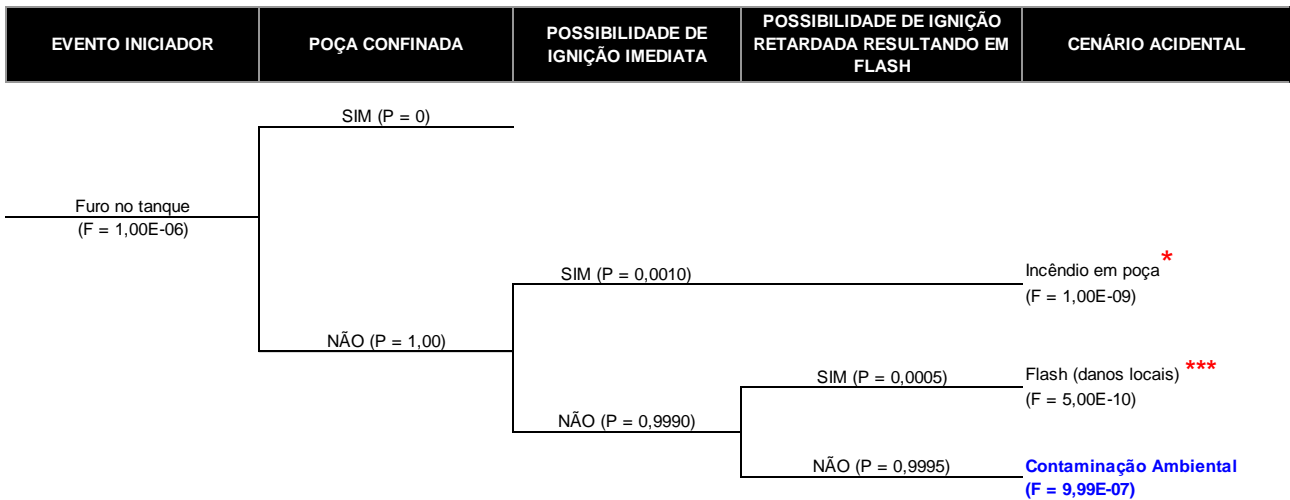
- **Cenário 23:** Grande vazamento de óleo devido à perda de estabilidade da embarcação de apoio resultando em seu afundamento.



- **Cenário 24:** Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.

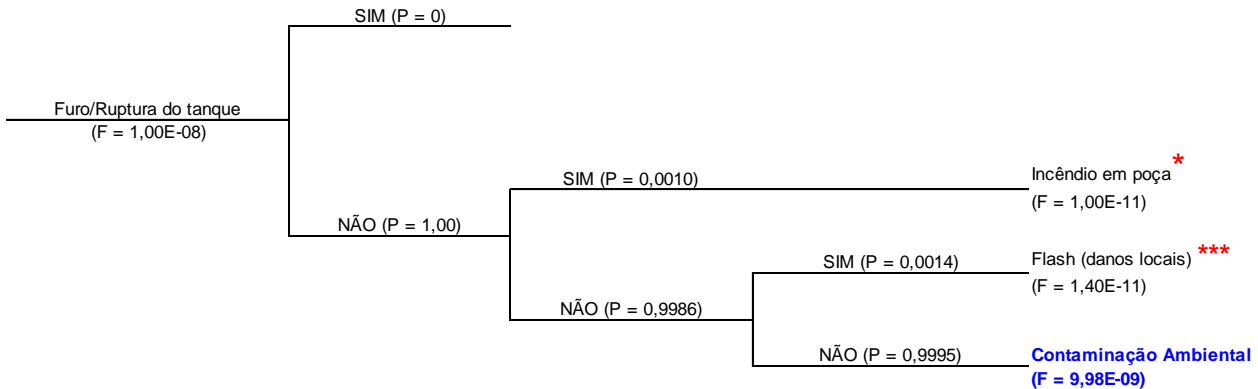


- **Cenário 25:** Pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e consequente derrame de óleo para o mar.



- **Cenário 26:** Médio vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos/ruptura no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes e consequente derrame de óleo para o mar.

EVENTO INICIADOR	POÇA CONFINADA	POSSIBILIDADE DE IGNIÇÃO IMEDIATA	POSSIBILIDADE DE IGNIÇÃO RETARDADA RESULTANDO EM FLASH	CENÁRIO ACIDENTAL
------------------	----------------	-----------------------------------	--	-------------------



Com o desenvolvimento das árvores de eventos foi possível obter as frequências associadas a cada um dos cenários/tipologias acidentais identificados como decorrentes dos eventos iniciadores oriundos da Análise Preliminar de Riscos. De acordo com o exposto anteriormente, apenas as frequências obtidas para os cenários/tipologias acidentais correspondentes à contaminação ambiental foram utilizadas no cálculo do Risco Ambiental.

II.9.4. AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS

II.9.4.1. Modelagem da Dispersão de Óleo

A seguir serão apresentados os resultados da Modelagem do Transporte do Óleo no Mar, os quais contemplam dois cenários sazonais, verão e inverno, e três faixas de volume de vazamento, conforme Tabela II.9.4.1.1 a seguir, estabelecidas pela Resolução CONAMA N°398/08. O relatório técnico de Modelagem de Transporte de Óleo é apresentado na íntegra em anexo à seção II.7 (Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais) do presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

TABELA II.9.4.1.1 - Cenários realizados para o ponto de risco na Bacia Ceará.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)
1	Verão	8
2	Inverno	8
3	Verão	200
4	Inverno	200
5	Verão	13.307
6	Inverno	13.307

As características dos pontos de vazamento utilizados para a modelagem (definidas considerando as locações dos poços previstas pela Chevron) são apresentadas na Tabela II.9.4.1.2. Ressalta-se que para a Análise de Risco Ambiental, foi utilizada a integração dos resultados dos dois pontos.

TABELA II.9.4.1.2 - Coordenadas dos pontos de vazamento na Bacia Ceará (Datum SIRGAS 2000).

Poço	Latitude	Longitude
Gaivota	2° 55' 4,171" S	38° 47' 56,124" O
Pinguim	2° 50' 53,301" S	38° 53' 43,264" O

Segundo informações da contratante, para a Bacia Ceará, o óleo esperado é de 32,1° API. Dessa forma, para utilização nas simulações, foi escolhido um óleo de grau API próximo no banco de dados do OSCAR, cujas características são apresentadas a seguir, na Tabela II.9.4.1.3.

TABELA II.9.4.1.3 - Características do óleo cru utilizado na simulação.

Tipo de Óleo	Cru
API	32,1°
Densidade	0,865 g/cm ³
Viscosidade dinâmica	24,5 cP (5 °C)
Ponto de fluidez (<i>Pour point</i>)	-27 °C
Conteúdo Máximo de Água	57 %

Em todas as simulações optou-se pela modelagem tridimensional, que 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. No caso de *blowout*, o vazamento foi considerado ocorrendo no fundo do mar porque, segundo informações obtidas com a contratante, na eventualidade de um *blowout*, ocorre uma desconexão do *riser* e o vazamento passa a ocorrer a partir do fundo. Para os vazamentos instantâneos de pequeno (8 m³) e médio (200 m³) porte, optou-se por considerar os vazamentos ocorrendo na superfície do mar, uma vez que esta situação é mais compatível com a frequência de ocorrência de vazamentos deste porte. Os vazamentos de *blowout*, devido ao fato de o vazamento ser no fundo, e os de 200 m³ apresentaram áreas de probabilidade na coluna d'água mais extensas do que as observadas em superfície. Portanto, para os cálculos da Análise de Risco, nos volumes de 200 m³ e pior caso, foi considerada uma integração dos resultados de superfície e coluna d'água, considerando os maiores valores de probabilidade possíveis.

A seguir, são apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo para os vazamentos de volume pequeno (8 m³) (Figuras II.9.4.1.1 e II.9.4.1.2), volume médio (200 m³) (Figuras II.9.4.1.3 e II.9.4.1.4) e pior caso (13.307 m³) (Figura II.9.4.1.5 e II.9.4.1.6).

MODO PROBABILÍSTICO

CE-M-715 | Integração | Inverno

Volume: 8 m³

Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície (%)

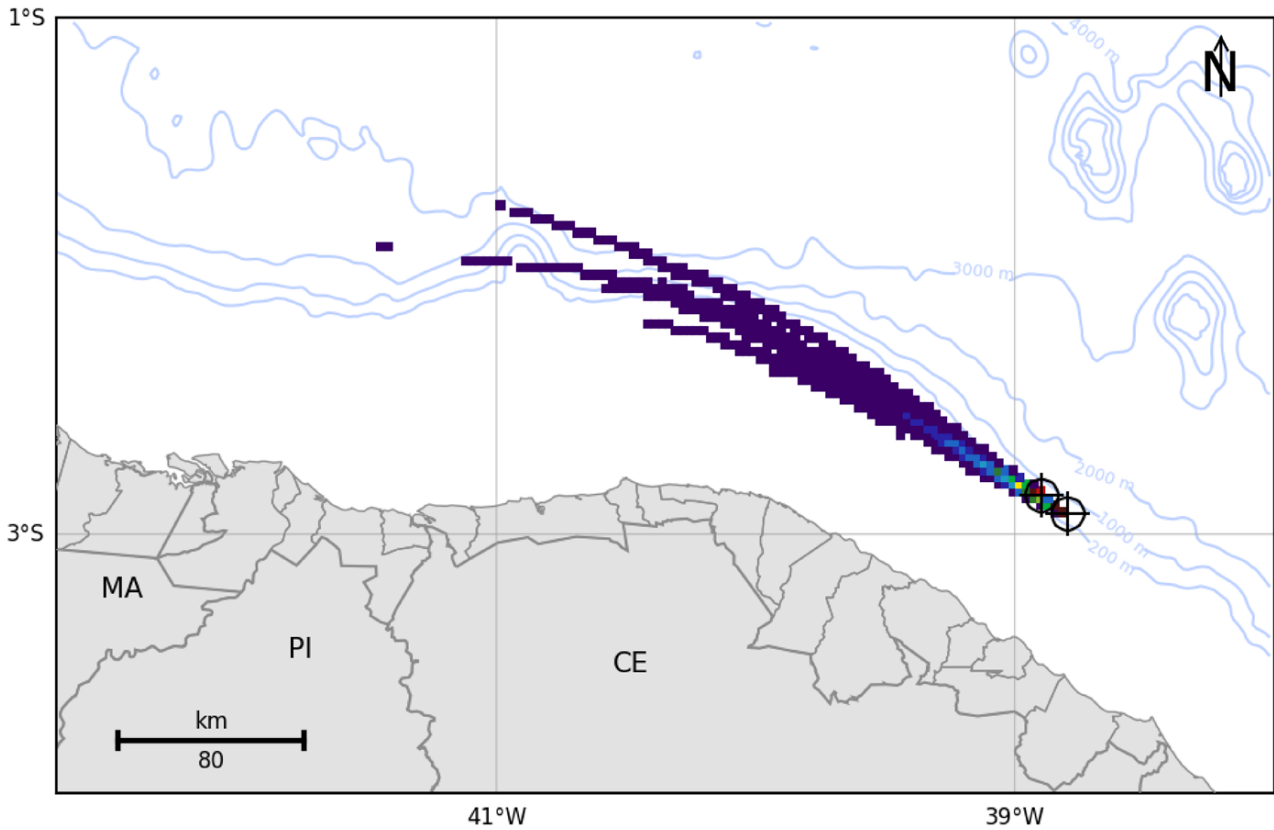
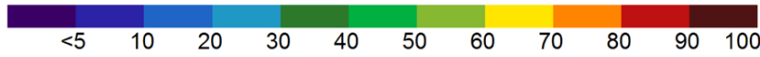


FIGURA II.9.4.1.1 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 1 (verão; volume: 8 m³; 30 dias de simulação).

MODO PROBABILÍSTICO

CE-M-715 | Integração | Inverno

Volume: 8 m³

Probabilidade de Presença de Óleo na Superfície (%)

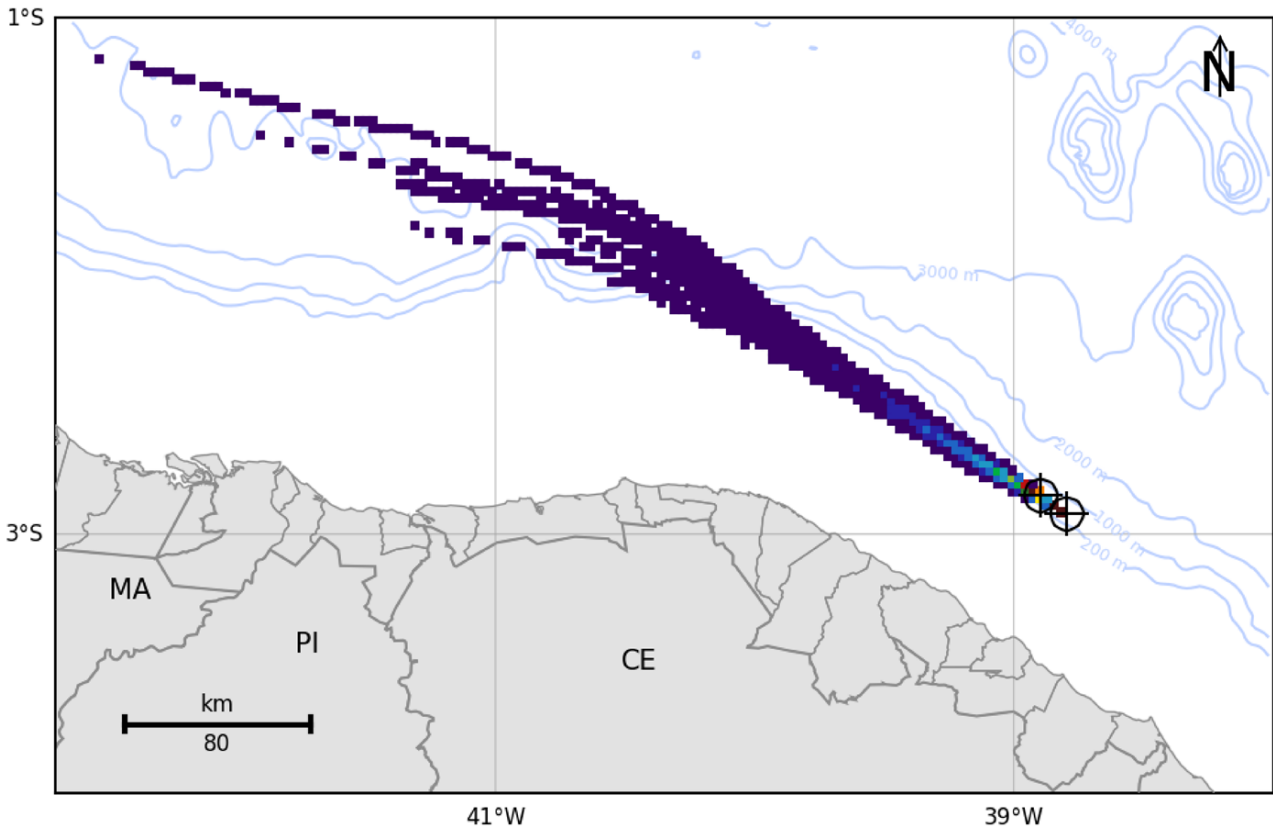
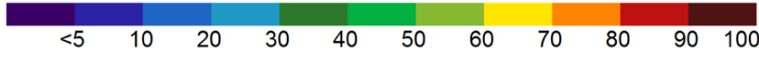


FIGURA II.9.4.1.2 – Probabilidade de presença de óleo em superfície para o CENÁRIO 2 (inverno; volume: 8m³; 30 dias de simulação).

MODO PROBABILÍSTICO

CE-M-715 | Integração | Inverno

Volume: 200 m³

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Superfície e Coluna d'Água

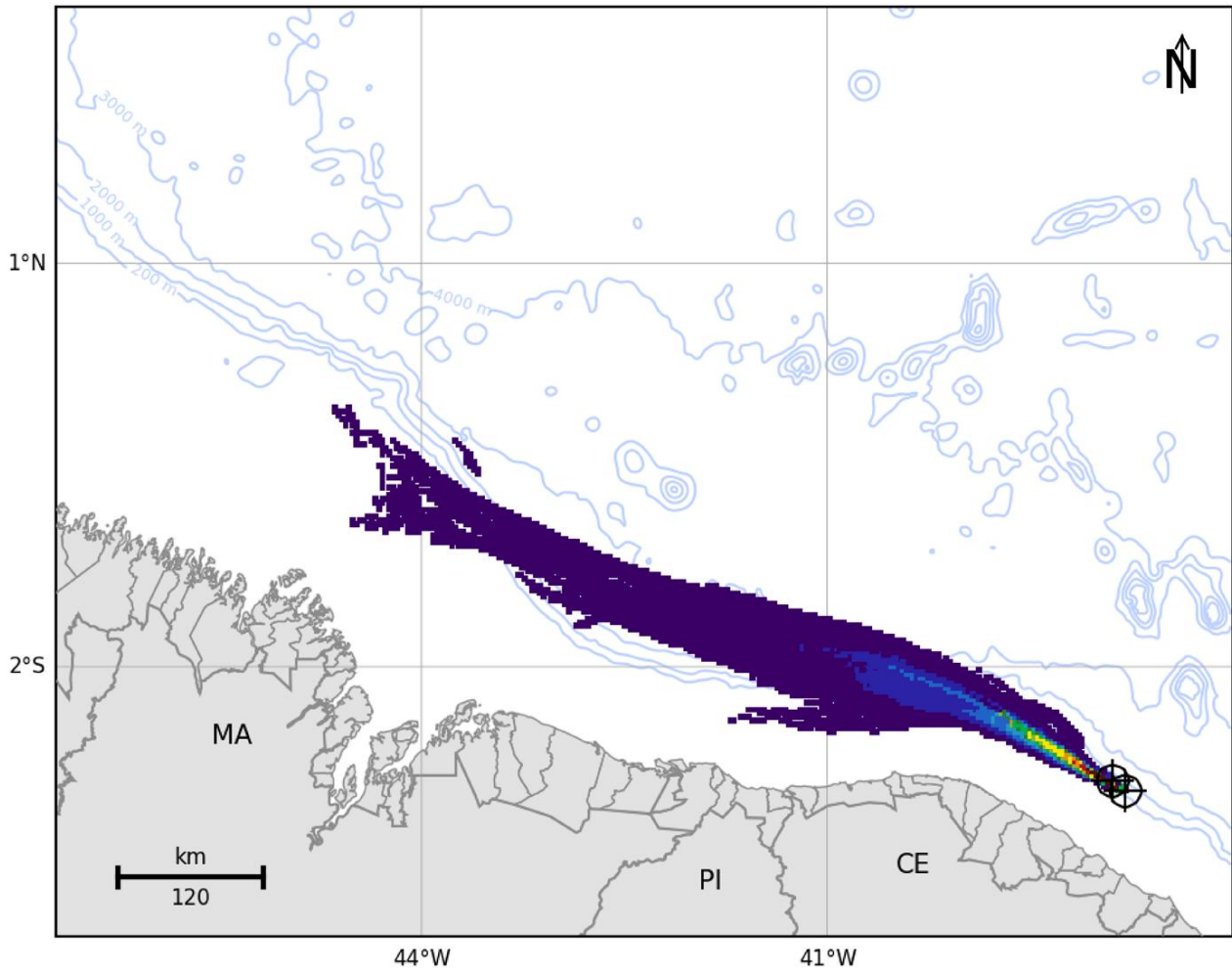
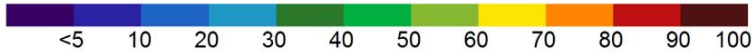


FIGURA II.9.4.1.3 – Probabilidade de presença de óleo em superfície e na coluna d'água para o CENÁRIO 3 (verão; volume: 200 m³; 30 dias de simulação).

MODO PROBABILÍSTICO

CE-M-715 | Integração | Inverno

Volume: 200 m³

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Superfície e Coluna d'Água

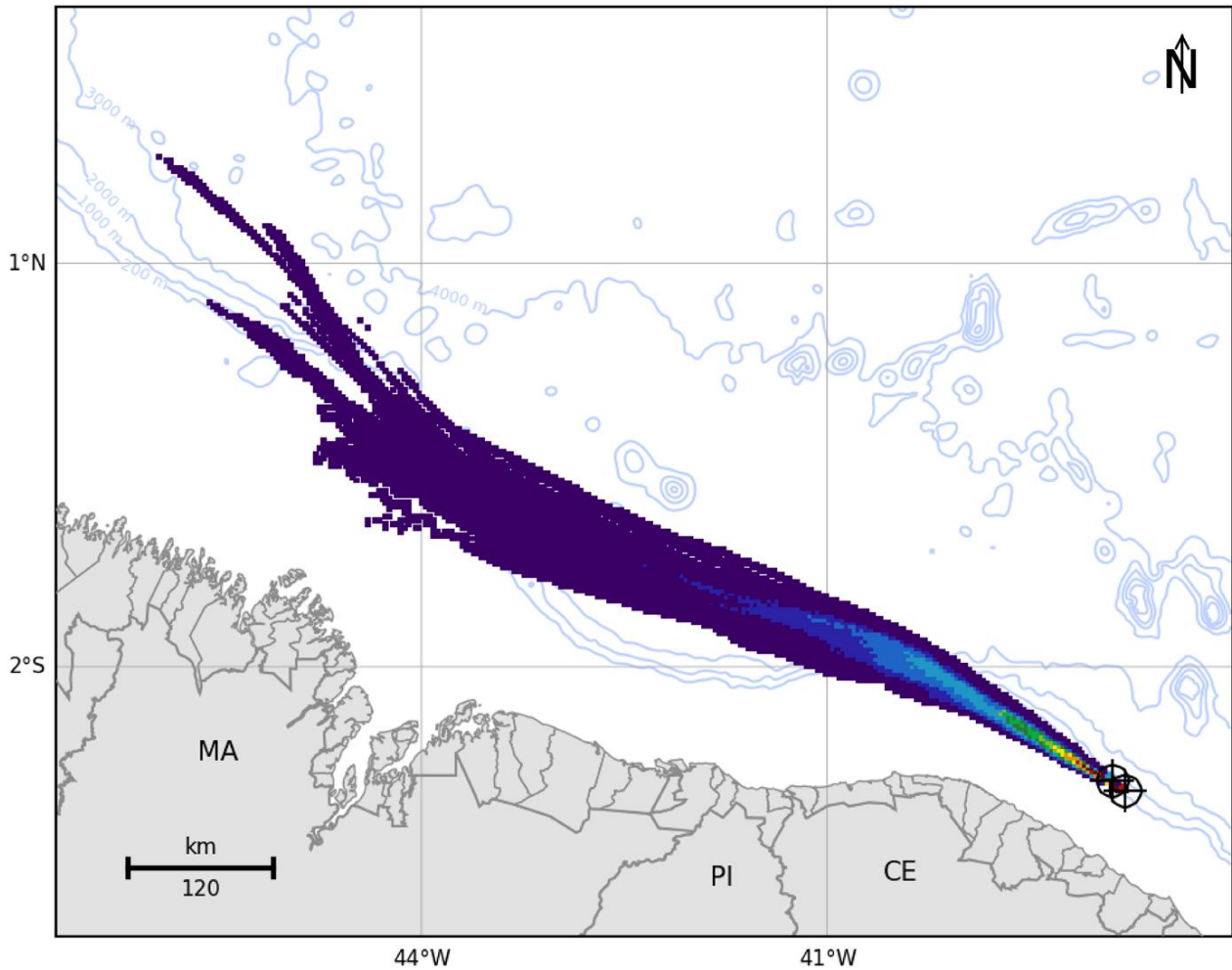
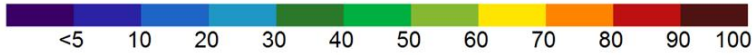


FIGURA II.9.4.1.4 – Probabilidade de presença de óleo em superfície e na coluna d'água para o CENÁRIO 4 (inverno; volume: 200 m³; 30 dias de simulação).

MODO PROBABILÍSTICO

CE-M-715 | Integração | Inverno

Volume: 13.307 m³

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Superfície e Coluna d'Água

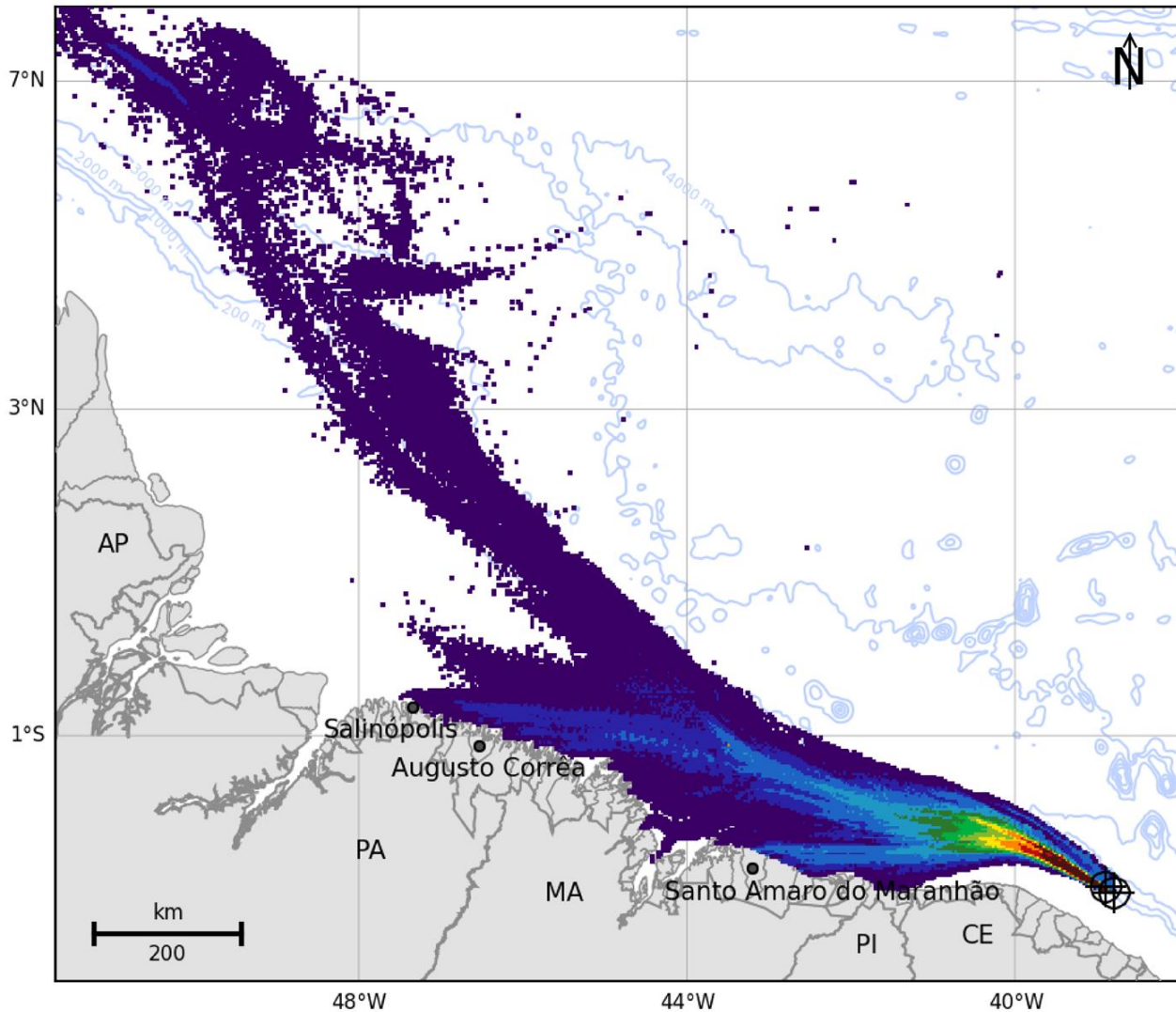
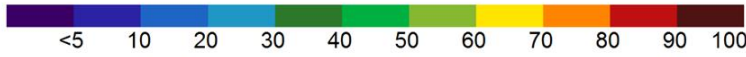


FIGURA II.9.4.1.5 – Probabilidade de presença de óleo em superfície e na coluna d'água para o CENÁRIO 5 (verão; volume: 13.307 m³; 60 dias de simulação).

MODO PROBABILÍSTICO

CE-M-715 | Integração | Inverno

Volume: 13.307 m³

Probabilidade Máxima de Presença de Óleo na Superfície e Coluna d'Água

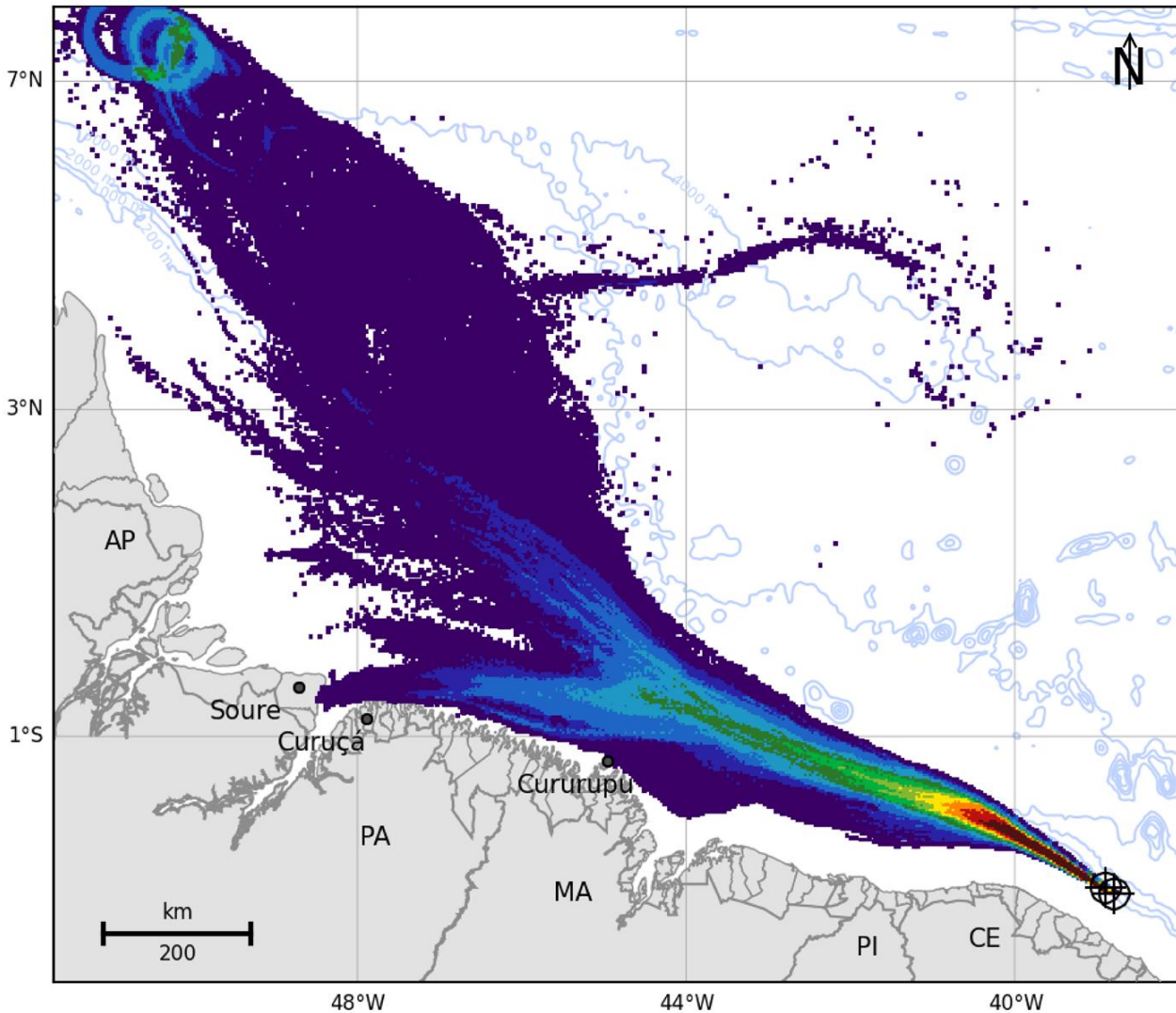
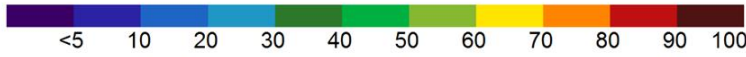


FIGURA II.9.4.1.6 – Probabilidade de presença de óleo em superfície e na coluna d'água para o CENÁRIO 6 (inverno; volume: 13.307 m³; 60 dias de simulação).

II.9.4.2. Identificação, Mapeamento e Tempo de Recuperação dos Componentes de Valor Ambiental

Os Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVA e SVA respectivamente) passíveis de serem atingidos, considerando os resultados da modelagem de óleo para os cenários de vazamento de óleo ao mar com origem no Bloco CE-M-715, foram identificados a partir das informações constantes na Análise de Vulnerabilidade e no Diagnóstico Ambiental, componentes do Estudo Ambiental de Perfuração elaborado para a atividade de perfuração marítima, na bacia do Ceará. Destaca-se que algumas informações de distribuição de componentes e subcomponentes específicos (CVA Aves marinhas costeiras, SVA boto-cinza e SVA desova de tartarugas marinhas) são provenientes do diagnóstico ambiental realizado pela AQUASIS – Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos.

Foram identificados, ao todo, 11 componentes, sendo quatro ecossistemas e sete comunidades biológicas. Além disso, foram identificados três subcomponentes, que representam áreas de grande importância para reprodução e/ou concentração de espécies. (Figura II.9.4.2.1).

	Componentes	Subcomponentes
Ecossistemas	Manguezais	
	Estuários	
	Praias e bancos de areia (expostos e abrigados)	
	Recifes de corais	
Comunidades	Recursos pesqueiros costeiros	
	Recursos pesqueiros oceânicos	
	Tartarugas marinhas	Desova de tartarugas marinhas
	Cetáceos	Boto-cinza (<i>Sotalia guianensis</i>)
		boto-vermelho (<i>Inia geoffrensis</i>)
	Sirênios	
	Aves marinhas costeiras	
Aves marinhas oceânicas		

FIGURA II.9.4.2.1 – Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental identificados.

É válido destacar que foram considerados como componentes distintos os recursos pesqueiros oceânicos e recursos pesqueiros costeiros assim como as aves marinhas costeiras e as aves marinhas oceânicas, buscando-se atender aos requerimentos dessa CGPEG/DILIC/IBAMA manifestados em pareceres técnicos já emitidos para Análises de Riscos Ambientais desenvolvidas em outros processos. No caso dos recursos pesqueiros tais requerimentos fundamentam-se nas diferenças entre os ciclos de vida, taxas de crescimento das populações presentes nesses dois ambientes. Já no caso das aves a separação tem relação tanto à área de ocorrência e uso do habitat, quanto no que se refere aos ciclos de vida, que são claramente distintos para cada grupo.

Para definição dos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental, foi considerada toda área com probabilidade de presença de óleo. Considerando a realização da modelagem de vazamento de superfície para os volumes de pequeno e médio portes (8 m³ e 200 m³, respectivamente) e da modelagem de vazamento de fundo para o pior caso (*blowout*), o comportamento de dispersão do óleo foi diferente e, por isso, os casos foram analisados separadamente. No caso dos vazamentos de superfície, foi considerado o maior volume modelado (200 m³) e para o vazamento de fundo o volume analisado foi o de pior caso (*blowout*). Para todos os volumes vazados foi considerada a integração entre o óleo presente na coluna d'água e o óleo presente na superfície do mar.

Após a definição dos componentes e subcomponentes relevantes para a presente análise, suas respectivas áreas de ocorrência foram delimitadas espacialmente utilizando-se, prioritariamente, informações acerca de áreas de concentração, reprodução, alimentação e rotas migratórias de espécies. Quando essas informações não estiveram disponíveis, utilizou-se registros de ocorrência, sendo a abordagem, nesses casos, sempre a mais conservadora possível.

Uma vez identificados e mapeados os CVAs e SVAs, definiu-se o tempo de recuperação para cada componente. Para a classificação do tempo de recuperação foi consultada bibliografia especializada sobre impactos de óleo em organismos e ecossistemas e tempos de recuperação, além dos guias da IPIECA. A sensibilidade dos componentes e subcomponentes foi avaliada em função do seu tempo de recuperação.

Ressalta-se que estabelecer o tempo de recuperação de uma comunidade biológica em região tropical é extremamente difícil e subjetivo, uma vez que os estudos existentes sobre o assunto se limitam a poucas espécies (o que não reflete a comunidade como um todo), cuja maioria habita ambientes temperados (e.g. acidente com Exxon Valdez no Alaska).

Além disso, após muitos vazamentos de óleo relatados, medidas mitigadoras são adotadas podendo acelerar e em alguns casos até retardar o processo de recuperação. Dessa maneira, dificulta-se ainda mais o estabelecimento do tempo de recuperação para áreas atingidas que não contam com qualquer tipo de ação.

- **Componentes (CVA) e Subcomponentes (SVA) de Valor Ambiental**

A seguir, é apresentada uma breve consideração em relação a cada CVA e SVA identificado, seguida dos respectivos resultados obtidos referentes ao mapeamento e ao tempo de recuperação estimado para cada um deles.

- **CVA Manguezais**

A. Introdução

Manguezal é um ecossistema que se destaca por sua alta produtividade e diversidade funcional, possuindo elevada importância ecológica, econômica e social (SOARES *et al.*, 2006). É dominado por espécies vegetais típicas, às quais se associam outros componentes da flora e da fauna, adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés, com grandes variações de salinidade. Além disso, atuam na

estabilização da costa, evitando a erosão e, também, constituem barreiras físicas e geoquímicas para os contaminantes (LEWIS *et al.*, 2011).

Segundo REZENDE *et al.* (2009), estudos mostram que a distribuição da vegetação do mangue pode variar conforme as características, localização e o gradiente de inundação do estuário. Exemplo desta dinâmica, segundo o autor, pode ser evidenciado em estudos sobre a distribuição das espécies no litoral do estado do Maranhão, visto que apresentam um padrão de distribuição quase completos seguindo de jusante para montante no estuário do rio Preguiça, com a sequência: *Rizophora mangle*, *R. harrisonii* e *R. racemosa*. Entretanto, padrões de zonação das espécies de mangue, ou seja, as formações de faixas bem delimitadas de vegetação característica ao longo do gradiente de inundação, na grande maioria dos manguezais são difíceis de identificar.

Os manguezais da costa dos estados do Pará e do Maranhão formam um cinturão contínuo (MENEZES *et al.*, 2008; SOUZA-FILHO, 2005), estendendo-se da Baía de Marajó (PA) até o estuário do rio Preguiças (MA), ocupando cerca de 650 km de litoral (SOUZA-FILHO, 2005 *apud* MENEZES *et al.*, 2008).

A costa maranhense é caracterizada por um regime de macromarés (OLIVEIRA & MOCHEL, 2001) com precipitação média anual de 2.500 mm, alcançando valores de 4.000 mm em alguns municípios das Reentrâncias Maranhenses (ABREU, 2007). Essas condições favorecem o desenvolvimento estrutural dos manguezais que, em algumas localidades, atingem uma biomassa de 280 t e árvores com altura de até 40 m (HERZ, 1991; LACERDA & SCHAEFFER-NOVELLI, 1992; KJERFVE & LACERDA, 1993; ROBELO-MOCHEL, 1995 *apud* OLIVEIRA & MOCHEL, 2001).

Segundo ABREU (2007), os manguezais do estado do Pará apresentam um regime de macromarés semidiurnas (maior do que 4 m de altura) e são protegidos por restingas e abrigados no interior de estuários. Além disso, PROST *et al.* (2001) alegam ainda que em função da atuação dos processos geomorfológicos, sedimentológicos e hidrodinâmicos é possível observar três padrões de gradientes de sucessão para os manguezais paraenses. O primeiro está associado às zonas lamosas e ilhas de manguezais evoluídas a partir de bancos arenosos, onde a sucessão normalmente é constituída por um estrato de *Spartina* em sua margem externa, seguido por bosques jovens de *Laguncularia* e *Rhizophora*, e mais internamente por bosques maduros de *Avicennia*. O segundo desenvolve-se em zonas de erosão associadas às porções côncavas de meandros e/ou pontas de ilhas, constituindo-se de árvores adultas, com predomínio de *Avicennia* seguido de *Rhizophora*. E o terceiro, onde a distribuição das espécies vegetais é concêntrica, caracterizando-se pela presença de indivíduos jovens de *Avicennia* e posteriormente, por uma franja de *Spartina*.

O litoral piauiense, por sua vez, apresenta quatro zonas estuarinas ocupadas por manguezais o delta do Parnaíba (na divisa com o estado do Maranhão), a região estuarina de Luís Correia, o estuário do rio Camurupim (Barra Grande) e o complexo estuarino dos rios Timonha-Ubatuba, localizado na divisa com o estado do Ceará (NASCIMENTO & SASSI, 2001), que incluem o litoral limoso das ilhas e ilhotas presentes nas embocaduras destes rios (MARCELINO *et al.*, 1999).

Dessa maneira, a zona costeira da região passível de ser atingida caso ocorra um vazamento de óleo de pior caso é rica em manguezais, sendo alguns deles protegidos por Unidades de Conservação. Entretanto, observa-se que muitos desses ecossistemas encontram-se degradados devido à ação antrópica (BP/AECOM, 2012). Segundo BAHIATURSA (2000) pode-se destacar os seguintes impactos nesses ambientes: aterros e consequente assoreamento; pesca predatória e mariscagem por pessoas que não fazem parte das comunidades locais; o não respeito à época do defeso dos crustáceos; lixo e o esgoto sanitário.

Apesar do quadro de degradação em que os manguezais brasileiros se encontram, no tocante ao aspecto legal, são ecossistemas protegidos pelo Código Florestal Brasileiro no artigo 2, de número 4.771 do ano de 1965, o qual prevê que toda área de manguezal é de preservação permanente protegendo, assim, a flora e a fauna destes ambientes tropicais. Além disso, o ecossistema faz parte das zonas úmidas de importância internacional da Convenção de Ramsar de 1971.

B. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.2 e II.9.4.2.3 apresentam a localização dos manguezais nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, tanto no inverno como no verão. As áreas ocupadas por manguezais foram delimitadas através de referências bibliográficas apresentadas no Diagnóstico Ambiental e na Análise de Vulnerabilidade, como BAPTISTA, 1981; MMA, 2002; SOUZA-FILHO, 2005; MAIA et al., 2006; CASTRO et al., 2012; MENEZES et al., 2008; MMA/ICMBio, 2010; MAGRIS & BARRETO, 2010 e OLMOS et al., 2013. Destaca-se que no vazamento de 200 m³ não há probabilidade de toque na costa, e, por isso, esse CVA não sofreria interferência do óleo.

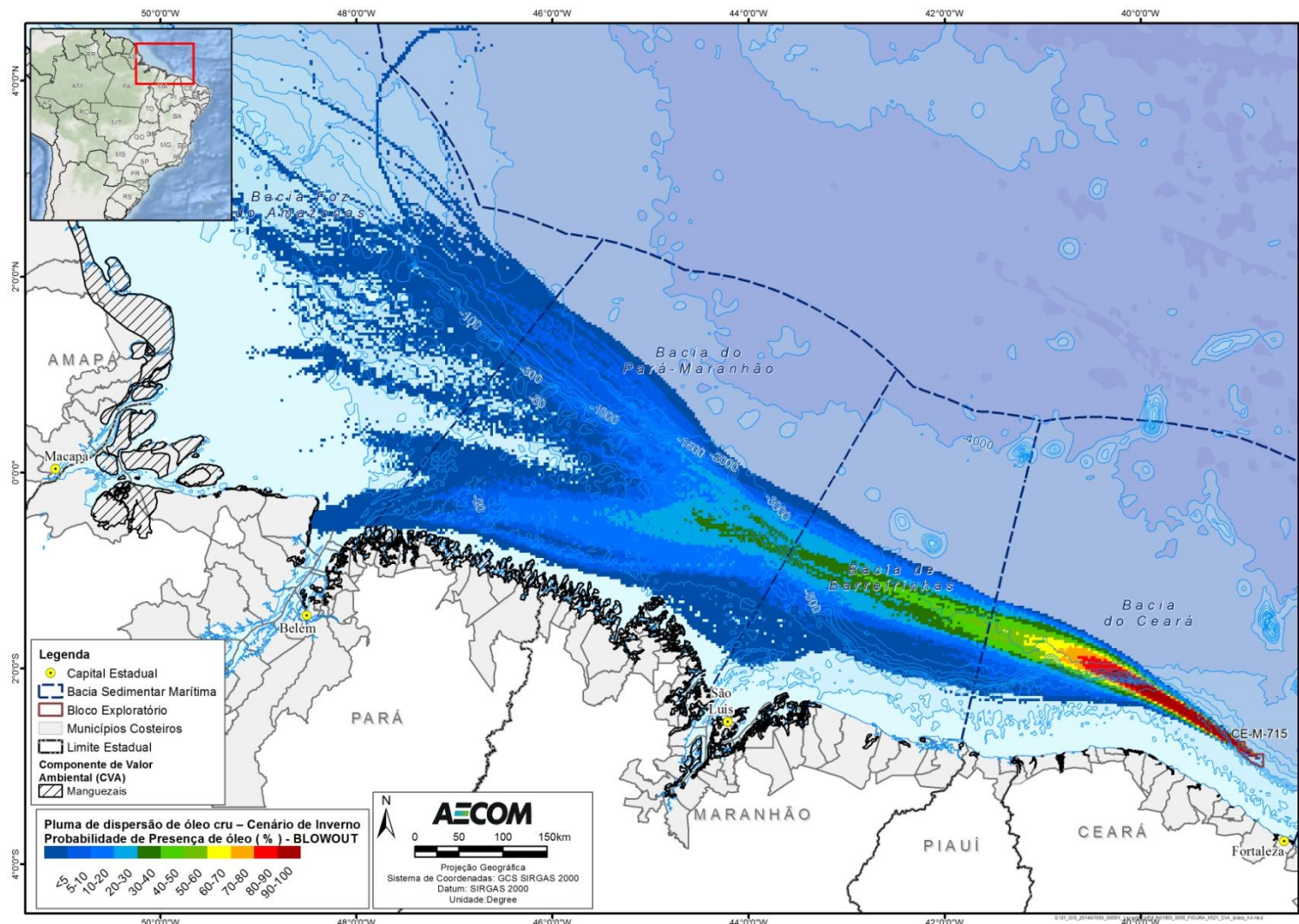


FIGURA II.9.4.2.2 – Localização dos manguezais na área com probabilidade de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

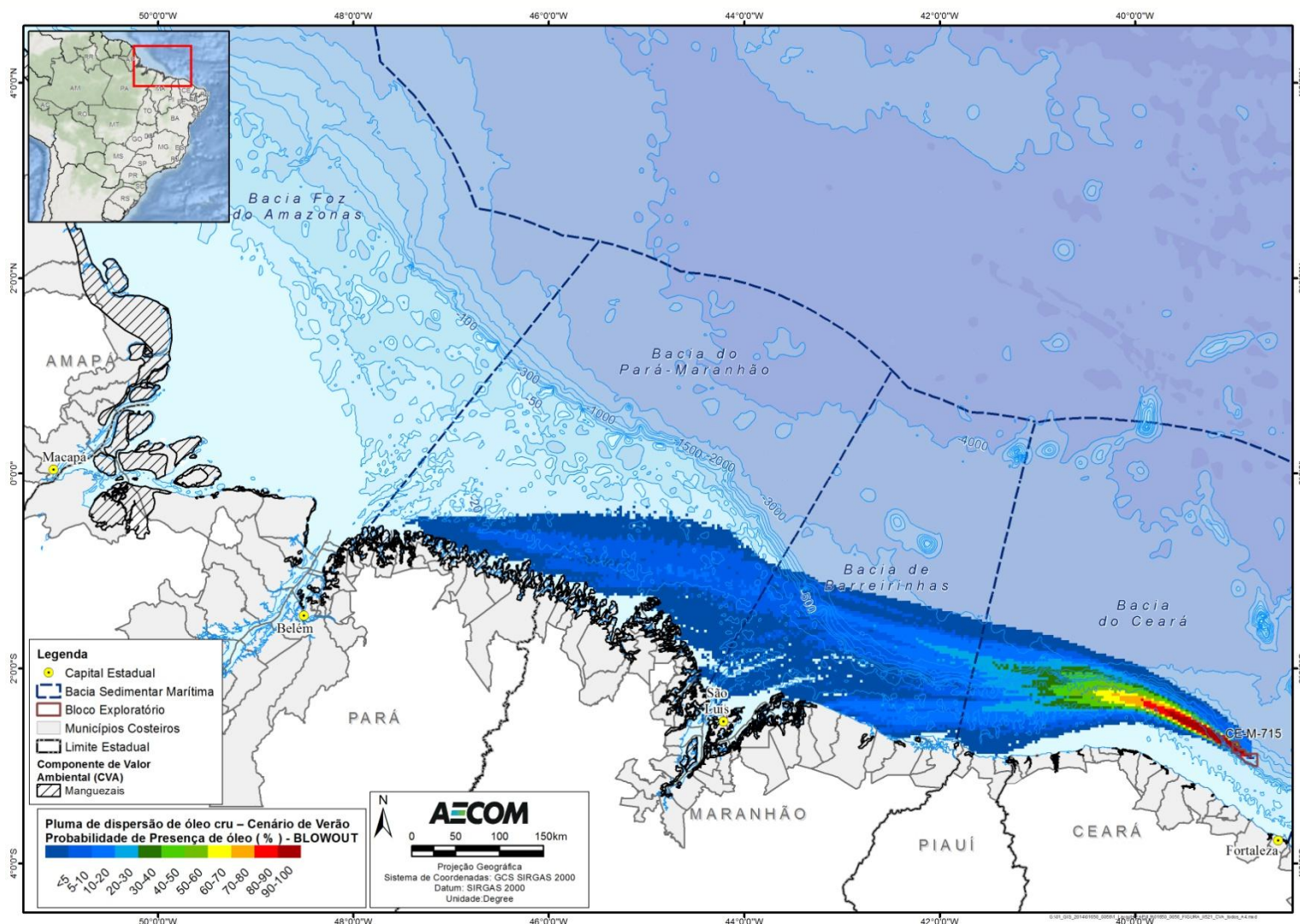


FIGURA II.9.4.2.3 – Localização dos manguezais na área com probabilidade de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

C. Tempos de Recuperação

Os manguezais são considerados um dos ecossistemas mais sensíveis ao óleo (JACOBI & SCHAEFFER-NOVELLI, 1990; NOAA, 2002) e áreas prioritárias de proteção em caso de vazamentos. De acordo com o MMA (2001), os manguezais possuem Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) a derrames de óleo de valor 10, ou seja, o valor máximo de sensibilidade. O que torna o impacto do óleo nos manguezais extremamente danoso e delicado é a persistência do mesmo nesses ecossistemas, podendo prolongar os efeitos letais e subletais, bem como retardar seu processo de recuperação (SOARES, 2003). De acordo com o mesmo autor, o impacto do óleo nos manguezais irá depender de diversos fatores como o tipo e a quantidade de óleo derramado, características geomorfológicas, frequência de inundação pelas marés, energia das marés, características do sedimento, espécies vegetais, atividade da macrofauna bentônica e atividades microbianas. Os manguezais são áreas de baixa energia de ondas e de difícil atuação de limpeza (BAKER, 1982; NOAA, 2002). Muitas vezes, a limpeza pode causar mais danos que o próprio óleo e, nestes casos, a recuperação natural pode ser a melhor opção, sendo a escolha adequada no caso de óleos leves, como a gasolina e o querosene de aviação (GETTER & LEWIS, 2003). No caso de óleos pesados, a recuperação natural deve ser considerada apenas se o pisoteio puder causar penetração do óleo no sedimento (NOAA, 2002; GETTER & LEWIS, 2003).

De acordo com GETTER *et al.* (1984), os efeitos do óleo sobre o ecossistema de manguezal podem ser agudos, se manifestando a curto prazo, ou crônicos, se manifestando em médio e longo prazos. O impacto inicial pode levar à mortalidade em massa dos bosques de mangue devido à asfixia e, posteriormente, o impacto crônico pode levar a uma gradual expansão da área morta. Isso ocorre devido ao enfraquecimento de indivíduos que sobreviveram ao impacto inicial, e aos efeitos residuais do impacto agudo associados à exposição crônica a produtos tóxicos que permanecem no substrato. Além disso, há o efeito da alta toxicidade de alguns constituintes do petróleo sobre a cobertura vegetal. De acordo com SOARES *et al.* (2006), diversos autores relatam a mortalidade em massa e imediata de bosques de mangue afetados por derramamentos de petróleo e derivados.

O óleo penetra nos manguezais durante a maré alta e, então, é depositado nas raízes aéreas e na superfície do sedimento quando a maré retrocede. Os organismos que vivem no ecossistema são afetados de duas formas: primeiro poderá haver altas taxas de mortalidade como resultado direto do contato com o óleo e, depois, haverá perda de habitat para os organismos que vivem nos ramos e copas das árvores, e no sistema de raízes aéreas (IPIECA, 1993). Os impactos no mangue podem levar ao amarelecimento das folhas, desfolhamento e morte das árvores (JACOBI & SCHAEFFER-NOVELLI, 1990; NOAA, 2002; RODRIGUES *et al.*, 1989). É importante ressaltar que, quando um manguezal é atingido, nem todas as árvores recobertas por óleo são mortas, o que, em geral, ocorre apenas em parte da área afetada (GETTER *et al.*, 1984; BURNS *et al.*, 1993; KELLER & JACKSON, 1993; GARRITY *et al.*, 1994; DUKE *et al.*, 1997; DUKE *et al.*, 1999; YENDER *et al.*, 2008), possivelmente naquelas de maior retenção de óleo (KELLER & JACKSON, 1993).

Outros impactos na vegetação dos manguezais incluem a ramificação de pneumatóforos, falha na germinação, redução da cobertura vegetal, aumento da taxa de mutação e uma maior sensibilidade a outras perturbações (NOAA, 2002). De acordo com o mesmo trabalho, a quantidade e o período de tempo que o óleo foi derramado no manguezal são variáveis essenciais para determinar a severidade do impacto.

A fauna de invertebrados e as macroalgas associadas à vegetação, em geral, apresentam elevada mortalidade, mas com rápida recuperação (CHAN, 1977; NADEAU & BERGQUIST, 1977; GILFILLAN *et al.*, 1981; LEVINGS *et al.*, 1994; OTITOLUJU *et al.*, 2007; MELVILLE *et al.*, 2009). Os impactos de mais longo prazo estão associados ao óleo retido nos sedimentos, que pode persistir por muitos anos (CORREDOR *et al.*, 1990; BURNS *et al.*, 1994; WARD *et al.*, 2003) e vir a ser uma fonte crônica de contaminação, sendo liberado continuamente para o ambiente e causando potencialmente efeitos subletais (BURNS *et al.*, 1993; GARRITY *et al.*, 1993; SNEDAKER *et al.*, 1996).

A recuperação de todo o ecossistema de manguezal dependerá dos processos naturais subsequentes. No caso de manguezais reflorestados estudados por SOARES (2003), a regeneração imediata não foi possível devido à persistência de óleo no sedimento, o que provocou a inibição do recrutamento de propágulos e a morte de plantas adultas. Sendo assim, um banco de plantas jovens saudável se faz fundamental para o processo de recuperação dos bosques de mangues contaminados por hidrocarbonetos (SOARES, 2003).

As evidências de um vazamento de óleo podem permanecer nos manguezais por décadas e, de acordo com alguns autores, o ecossistema pode não voltar completamente ao estado original (NOAA, 2002; WASSERMAN *et al.*, 2002). GETTER *et al.* (1984) afirmam que a recuperação do manguezal em termos estruturais não garante que esse sistema tenha se recuperado em termos da sua funcionalidade (incluindo a interação com ecossistemas costeiros adjacentes). Por outro lado, esses autores destacam que uma função similar a do sistema original pode ser observada num bosque com estrutura diferente da original. É válido salientar que em seus trabalhos, WHITE & BAKER (1998) e KINGSTON (2002) definem o conceito de “recuperação” como sendo o momento em que a saúde da comunidade biológica é reestabelecida e não necessariamente quando as características estruturais do ecossistema estão totalmente igualadas ao momento prévio ao impacto.

É raro encontrar estudos sobre a recuperação de manguezais a longo prazo, a maior parte se resume a avaliações realizadas poucos anos após o vazamento. É ainda mais raro encontrar estudos que avaliem as comunidades de invertebrados associadas. A maioria dos estudos se limita à avaliação das árvores por si só (NOAA, 2002). A densidade de árvores de mangue e a saúde destas são os únicos indicadores amplamente medidos em várias situações de impactos pelo vazamento de óleo. A Tabela II.9.4.2.1 mostra o tempo de recuperação de manguezais no mundo, porém baseados somente em dados da vegetação. É preciso ter em mente que o tempo indicado provavelmente será maior se for considerada a recuperação do ecossistema como um todo (NOAA, 2002).

TABELA II.9.4.2.1 – Impactos e tempo de recuperação de árvores de manguezais em oito vazamentos de óleo e cinco locais.

Localização	Tipo de Óleo	Impactos no manguezal	Tempo de Recuperação	Bibliografia
<i>Era</i> , Austrália Agosto, 1992	Bunker (combustível)	<i>Avicennia marina</i> 75-100 ha impactados	>4 anos	WARDROP <i>et al.</i> , 1997
<i>Santa Augusta</i> , Ilhas Virgens (EUA), 1971	Óleo cru	<i>Rhizophora mangle</i>	>7 anos (pouca ou nenhuma recolonização)	LEWIS, 1979
<i>Zoe Colocotronis</i> , Porto Rico Março, 1973	Venezuela cru	<i>Rhizophora mangle</i> <i>Avicennia nitida</i>	>6 anos (área exposta)	NADEAU & BERGQUIST, 1977; GILFILLAN <i>et al.</i> , 1981
* <i>Witwater</i> Panamá, 1968	Óleo cru	49 ha desmatados	23 anos (franja – área exposta) >23 anos (área abrigada)	DUKE <i>et al.</i> , 1997
<i>Bahía las Minas</i> , Panamá Abril, 1986	Combustível de aviação (JP-5)	<i>Rhizophora mangle</i> <i>Laguncularia racemosa</i> <i>Avicennia germinans</i> <i>Pelliciera rhizophorae</i>	>5 anos (mangue exposto) >6 anos (recuperação em andamento)	GARRITY <i>et al.</i> , 1994; DUKE <i>et al.</i> , 1997
<i>Roosevelt Roads</i> , Porto Rico Novembro de 1986 a Outubro de 1999	Nº 6 & Nº 2 (combustível)	<i>Laguncularia racemosa</i> 6 ha mortos (1986)	>1 ano	BALLOU & LEWIS, 1989; WILKINSON <i>et al.</i> , 2001
		31 acres impactados (1999)	>1,5 ano	
<i>Baía Tampa</i> Agosto de 1993	-	<i>Avicennia germinans</i> <i>Rhizophora mangle</i> <i>Laguncularia racemosa</i> 5,5 acres impactados	>2 anos	LEVINGS & GARRITY, 1995

* Único estudo em que foi observada a recuperação das árvores da região exposta do manguezal.

Nos ambientes tropicais, onde o clima é mais quente e há mais luminosidade, a degradação do óleo é mais rápida (NOAA, 1994), assim como nas áreas do manguezal onde a inundação é maior, onde os teores de hidrocarbonetos irão diminuir mais rapidamente (GARRITY *et al.*, 1994). A recuperação da vegetação pode ser avaliada pela restauração das clareiras, já que esse processo acontece através do recrutamento periódico e sobrevivência de plântulas e propágulos nas áreas afetadas, gerando a recomposição do bosque. Durante todo esse processo, os efeitos tóxicos da contaminação crônica pela disponibilização do óleo enterrado no sedimento e o impacto físico da queda e arraste de árvores e raízes mortas costumam causar atrasos na recuperação (GETTER & LEWIS, 2003). Após cinco a sete anos do evento, a estrutura do bosque se torna mais estável e a contaminação se torna menor.

Alguns autores sugerem que os manguezais podem levar entre 10 e 50 anos para se recuperar, sendo esse valor determinado não apenas pela taxa de degradação do óleo, mas também pelo restabelecimento de todo o equilíbrio ecológico do ecossistema, incluindo o repovoamento com árvores e consequente recuperação de toda fauna e flora associadas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2003).

Em um estudo realizado no Panamá, 10 anos após um vazamento de óleo, foi observado que a população de árvores viáveis era apenas metade da original (BOYD *et al.*, 2001). Em outro estudo, 20 anos de observação e amostras de substrato revelaram a persistência do óleo no ambiente e a diminuição do repovoamento dos manguezais, bem como a erosão do substrato (SCHULER & BACA, 2007).

BURNS *et al.* (1993) estimaram um período de 20 anos de recuperação para um derramamento de óleo em manguezal no Panamá. DUKE & BURNS (1999) verificaram que um manguezal impactado por óleo na Austrália só se recuperou 25 anos após o evento, quando não foi mais detectado óleo no sedimento.

De acordo com NOAA (2002), a dinâmica de marés é crítica para determinar a recuperação do manguezal, podendo o ecossistema levar mais de 30 anos para se recuperar. Após 29 anos de um vazamento de óleo em Porto Rico, as florestas exteriores tinham se recuperado totalmente, no entanto, parte da floresta que ocupava a zona de marés ainda estava se recuperando. BARTH (2002) considera que a recuperação dos manguezais no Kuwait, no vazamento ocorrido durante a Guerra do Golfo, foi mais rápida que a dos marismas da região, devido à fortes correntes, uma alta taxa de inundação e uma rede de estreitos canais, o que facilitou a limpeza natural do ecossistema.

WASSERMAN *et al.* (2002) propõem o estabelecimento de uma ordem de grandeza temporal para a recuperação de manguezais atingidos por vazamentos de óleo, levando-se em consideração a taxa de degradação do óleo no ambiente, conforme Tabela II.9.4.2.2.

TABELA II.9.4.2.2 – Ordem de grandeza temporal de cada um dos processos de degradação do ambiente manguezal quando de significativa contaminação por óleo.

Tempo de exposição	Impactos observados
Agudo	
0 a 15 dias	Morte de aves, tartarugas, peixes e invertebrados.
15 a 30 dias	Desfoliação, morte de pequenas árvores de mangue, e desaparecimento das comunidades associadas às raízes.
Crônico	
30 dias a 1 ano	Desfoliação e morte de árvores maiores (1 a 3 m), danos irreparáveis aparecem nos tecidos das raízes.
1 a 5 anos	Morte das grandes árvores de mangue (mais de 3 m). Nas sobreviventes, ocorre perda das raízes sujas de óleo e crescimento de outras raízes (mas frequentemente deformadas).
1 a 10 anos	Redução da produção de serrapilheira, redução da capacidade de reprodução e redução da sobrevivência de plântulas.

Fonte: WASSERMAN *et al.*, 2002.

C.1. Estudos de Caso

Os manguezais têm sido expostos ao óleo tanto por vazamentos individuais, geralmente associados a efeitos agudos, como por poluição crônica, associados a pequenos vazamentos de refinarias e descartes de tanques de armazenamento. De acordo com NOAA (2002), a extensão dos danos aos manguezais não é aparente por muitos meses ou anos após um incidente, independentemente do tipo de combustível e a extensão da resposta. A Tabela II.9.4.2.3 apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados nos manguezais.

TABELA II.9.4.2.3 – Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os manguezais.

Vazamento	Efeitos reportados
1973: <i>Zoe Colocotronis</i> , La Parguera, Porto Rico. Volume do óleo derramado: 1,58 milhões de galões de óleo cru.	Houve desfolhação e morte da vegetação durante os três anos após o vazamento. Um estudo realizado oito meses após o vazamento observou que apesar da concentração de óleo permanecer alta, a substância já estava altamente degradada, sugerindo que os componentes tóxicos já teriam sido eliminados após cerca de meio ano. Entretanto, onze anos após o vazamento foi encontrada uma concentração de 10.000 a 100.000 ppm em uma camada de 6 cm abaixo do sedimento aparentemente limpo.
1978: <i>Peck Slip</i> , Porto Rico. Volume do óleo derramado: entre 440.000 e 450.000 galões de óleo.	Foi estimado que 3,5 toneladas de óleo cobriram as raízes dos manguezais. Com dois a três meses houve desfolhação em alguns manguezais, que continuou ocorrendo na vegetação mais atingida entre 10 e 18 meses depois.
1986 e 1999: <i>Jet Fuel</i> , Porto Rico. Volume do óleo derramado: 1986 – 59.000 galões de combustível. 1999 – 112.000 galões de combustível.	1986: Após dez dias do vazamento foram observados efeitos visíveis em árvores adultas. Pesquisas detalhadas realizadas cinco meses depois encontraram a maioria das árvores adultas mortas ou desfolhadas. 1999: Neste incidente, os manguezais da enseada de maré foram altamente danificados. Em uma das áreas foi observada alguma recuperação após dois anos do vazamento. No entanto, em outra área, não houve sinais de recuperação. Do total de 50 acres de manguezal afetado, aproximadamente 30 acres não mostraram sinais de recuperação após dois anos.
1991: Barcaça <i>Vesta Bella</i> , Ilhas Virgens americanas. Volume do óleo derramado: desconhecido.	Os mangues brancos de um local sofreram alta desfolhação, mas também alto crescimento após seis a doze meses do vazamento. Houve algum sinal de clorose e nenhum sinal de óleo nas raízes. Os mangues vermelhos continuaram saudáveis.
1992: Navio-tanque <i>Era</i> , Sul da Austrália. Volume do óleo derramado: 974.000 galões de uma mistura de diesel e óleo residual pesado.	O óleo penetrou 50 m no manguezal, cobrindo folhas, caules, troncos e sedimento. Três meses após o vazamento foi observada uma extensiva desfolhação em uma determinada área e, após os quatro anos de estudo, a área afetada ainda não havia se recuperado.

Vazamento	Efeitos reportados
<p>1968 e 1986: Tanques de armazenamento Witwater e Texaco, Bahia Las Minas, Panamá.</p> <p>Volume do óleo derramado: 1968: 588.000 galões de óleo diesel e combustível. 1986: 10,1 milhões de galões de óleo cru.</p>	<p>1968 (Witwater): Tanto as árvores de mangue vermelho como de mangue preto foram altamente atingidas pelo óleo e a maioria das mudas de mangue vermelho foi morta. O óleo também danificou muitos organismos que habitam o manguezal e 4% da área total da floresta de mangue foi completamente desmatada cinco anos após o vazamento. Grande parte da área tinha novo recrutamento onze anos após o vazamento, porém 3 ha foram perdidos pela invasão do mar. Vinte e três anos após o vazamento os impactos do óleo permaneciam no manguezal.</p> <p>1986 (Texaco): Um total de 82 km de costa foi altamente impactado pelo óleo, incluindo alguns manguezais recuperados do vazamento de 1968. Um estudo detalhado das árvores do manguezal mostrou que as mudas de um a dois anos sobreviveram, enquanto as árvores adultas ao redor não. Estudos posteriores indicaram que a recuperação estava bem avançada em 1992 devido, em parte, a uma extensiva restauração. No entanto, aproximadamente 5 ha de floresta foram perdidos pela invasão do mar e houve grandes diferenças entre as áreas expostas e abrigadas. Mesmo a quantidade de óleo derramada no vazamento de 1986 sendo dez vezes maior do que em 1968, os danos para os manguezais não foram dez vezes maior. Diversos fatores como ventos mais calmos, marés mais baixas, diferentes tipos de óleo e o longo tempo de intemperismo antes do impacto resultaram em uma menor toxicidade.</p>
<p>1993: Barcaça <i>Bouchard B-155</i>, Tampa Bay, Flórida.</p> <p>Volume do óleo derramado: 338.000 galões de óleo combustível.</p>	<p>Árvores adultas de mangue vermelho se deterioraram com moderada a alta desfolhação e apodrecimento de raízes. Um a dois anos após o derramamento e limpeza da área, estudos sugeriram que efeitos subletais podem ser comuns em mangues com óleo.</p>
<p>2000: Refinaria de Duque de Caxias, Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.</p> <p>Volume do óleo derramado: 1,3 milhões de litros de óleo combustível.</p>	<p>O acidente resultou na morte massiva de grande parte da vegetação de mangue e, devido ao período da maré, grande parte do óleo acumulou-se no fundo causando grande impacto na comunidade bentônica. Após cinco anos de monitoramento, observou-se que a floresta indicou apenas um processo de regeneração em estágio inicial. Entretanto, ainda existem vários indícios de que o óleo presente no substrato local ainda esteja afetando esse processo de forma a limitar o potencial máximo de regeneração.</p>

Fonte: NOAA (2002); SOARES *et al.* (2006).

É importante salientar que muitos autores estimam tempos de recuperação para manguezais impactados por óleo, porém, deve-se atentar para o fato de que nem todos representam a realidade encontrada neste estudo, pois contam com agentes que agravam o impacto gerado.

Como exemplo, podem-se citar alguns casos:

- SANTOS *et al.* (2012) analisaram o impacto de um vazamento de óleo cru ocasionado pelo rompimento de um oleoduto em terra, sobre manguezais às margens do canal de Bertioga, na Baixada Santista (SP), Sudeste do Brasil. Comparando com dados anteriores ao vazamento, foi possível identificar uma recuperação progressiva, com uma diminuição no número de lacunas entre as árvores, aumento de área das zonas interna e de franja e diminuição da área da zona de transição. Os resultados mostram que 22 anos após o vazamento,

o manguezal estava coberto por árvores mais baixas e com menor diâmetro do que as árvores que ocupavam o mesmo ambiente antes do incidente. Mesmo assim, esse caso não reflete à realidade já que, segundo estudo feito por KINGSTON (2002) deve-se considerar que vazamentos costeiros apresentam maior gravidade do que vazamentos ocorridos em áreas oceânicas. O mesmo autor afirma ocorrer evaporação e dispersão de partículas de óleo durante a sua viagem até a costa. Dessa forma, o óleo perde grande parte de seus componentes tóxicos e não se mostra tão impactante quanto um óleo em seu primeiro estágio de vazamento (NOAA, 2002).

- Ao analisarem as estimativas de tempos de recuperação para manguezais atingidos por vazamentos de óleo na Austrália e no Panamá, DUKE et al. (1999) obtiveram um valor médio de 36 anos. Uma vez que entre os casos analisados estão incidentes ocorridos na costa e em locais posteriormente atingidos por catástrofes climáticas como furacões (o que aumenta o tempo de recuperação), o tempo médio de recuperação sofre automaticamente um aumento. Desta forma, esse valor não deve ser tomado como base para recuperação de manguezais atingidos por evento único de vazamento em alto mar. Além disso, DUKE *et al.* (1999) afirmam em seu estudo que todos os manguezais australianos estudados pertencem a ambientes temperados e que, por esse motivo, possuem tempo de recuperação maior quando comparados aos manguezais de regiões tropicais. Esse argumento é corroborado pela IPIECA (1993), em estudo que defende que a degradação do óleo é significativamente mais rápida em regiões tropicais.

- No trabalho realizado por GETTER & LEWIS (2003), observações feitas através do levantamento de estudos sobre manguezais que sofreram impactos com vazamento de óleo, demonstraram que após 21-30 anos, a maioria dos manguezais estava praticamente recuperado em sua totalidade, com copas fechadas, porém, com árvores de tamanhos menores. Deve-se considerar que entre os manguezais avaliados estavam também aqueles afetados por múltiplos vazamentos ou catástrofes ambientais, o que, como já visto, contribui para o aumento do tempo de recuperação.

C2. Conclusão

Considerando o já exposto, associado ao fato da atividade estar localizada a cerca de 50 km da costa, o impacto passível de acontecer sobre os manguezais da região configura-se um cenário de menor gravidade quando comparado àqueles resultantes de vazamentos originados em regiões costeiras. Além disso, a região está localizada em área de clima tropical e, por isso, espera-se que a degradação do óleo seja substancialmente mais rápida do que aquelas descritas aqui com base em estudos dirigidos a áreas de clima temperado.

Ainda assim, reconhece-se a importância dos manguezais como filtro biológico e habitat para espécies produtoras e exportadoras de detritos, controladoras da hidrodinâmica e da erosão, além de estabilizadoras da linha costeira (KILCA et al., 2010). Por esse motivo, o tempo de recuperação desse componente será definido como sendo maior de 10 anos, podendo chegar até 30 anos.

- **CVA Estuários**

A. Introdução

Os ecossistemas estuarinos são caracterizados por serem corpos costeiros semi-fechados, onde há uma variação mensurável da salinidade devido à mistura de água salina proveniente do oceano e água doce proveniente de drenagens continentais (PERILLO, 1995). As comunidades, que habitualmente colonizam os estuários, são constituídas tipicamente por um conjunto de espécies endêmicas e espécies que neles penetram vindas do mar, além de um pequeno número de espécies com a capacidade osmorreguladora, que lhes permite entrar ou sair do meio da água doce (ODUM, 1997).

Do ponto de vista ecológico, a importância dos estuários se traduz pela alta diversidade, constituindo-se em berçários e habitats para inúmeros organismos bentônicos (REMANE & SCHLIEPER, 1971; WOLFF, 1983), nectônicos (MELLO & MOCHEL, 2013) e planctônicos (SERPE et al., 2010) além de componentes da avifauna (ARAÚJO et al., 2006). Por ser uma interface entre o rio e o oceano, todas as espécies presentes nos estuários apresentam grande tolerabilidade a variações de componentes físicos como salinidade e temperatura.

Os estuários exercem um papel importante no equilíbrio do meio ambiente por proporcionarem condições para manutenção das teias tróficas (MELLO & MOCHEL, 2013). Esses ambientes sofrem influência constante das correntes havendo intensas trocas de água e energia (HICKENBICK et al., 2004). Sua alta produtividade primária torna-se ainda mais elevada porque associados aos estuários existem áreas de manguezal. Os manguezais, por sua vez, funcionam como verdadeiros exportadores de nutrientes para os ambientes estuarinos, visto que por serem províncias lênticas acumulam muita matéria orgânica (HICKENBICK et al., 2004).

Na área com probabilidade de presença de óleo, ocorre um litoral muito recortado que forma várias baías, caracterizando uma grande área estuarina, onde são abundantes os manguezais e os bancos de areia (MMA, 2002).

B. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.4 e II.9.4.2.5 apresentam a localização dos estuários nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, tanto no inverno como no verão. As áreas ocupadas por estuários foram delimitadas através de mapeamento digital, GeoEye resolução 0,5 m, Google Earth Pro™ serviço de mapa (15/07/2015). Destaca-se que no vazamento de 200 m³ não há probabilidade de toque na costa, e, por isso, esse CVA não sofreria interferência do óleo.

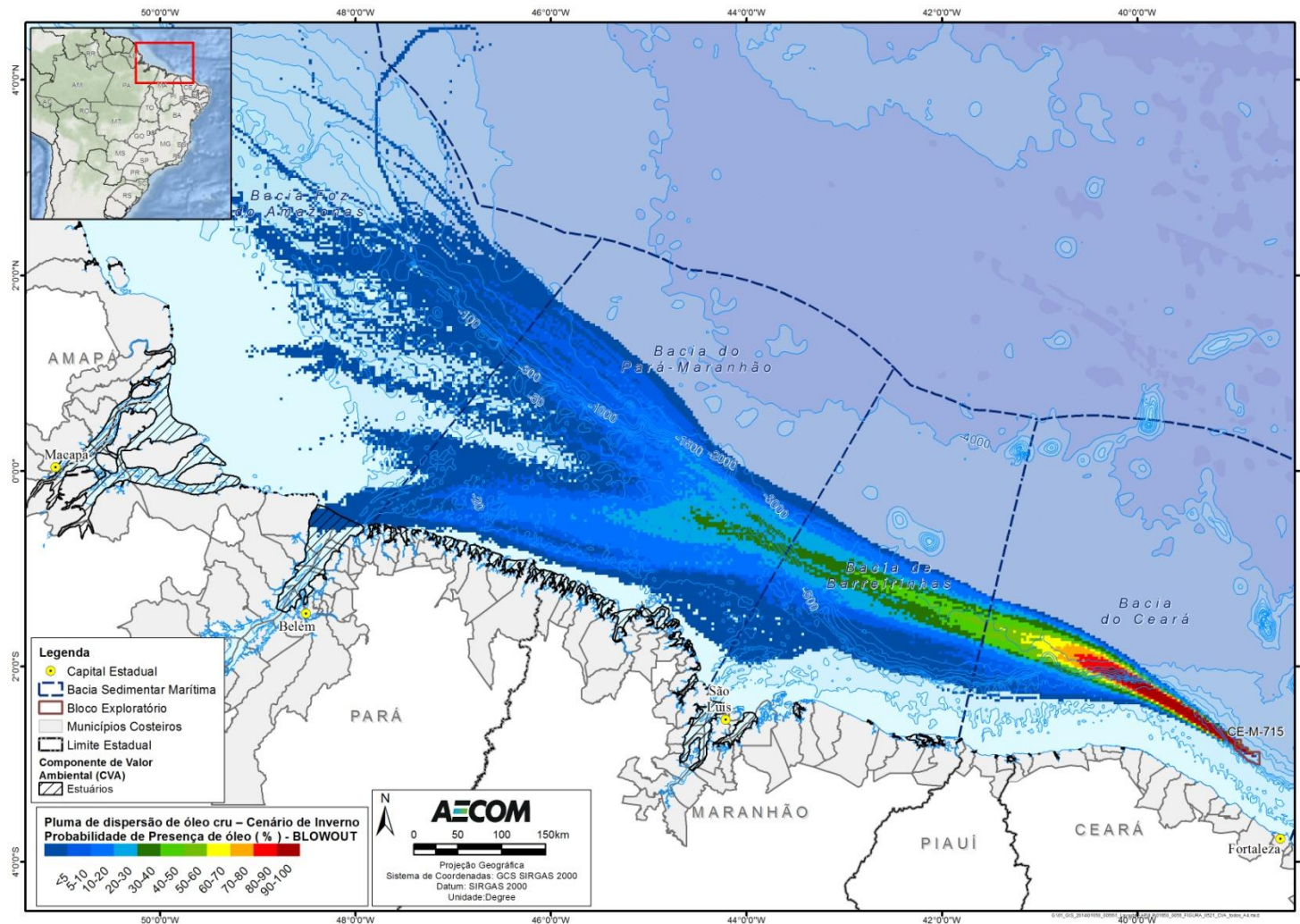


FIGURA II.9.4.2.4 – Localização dos estuários na área com probabilidade de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

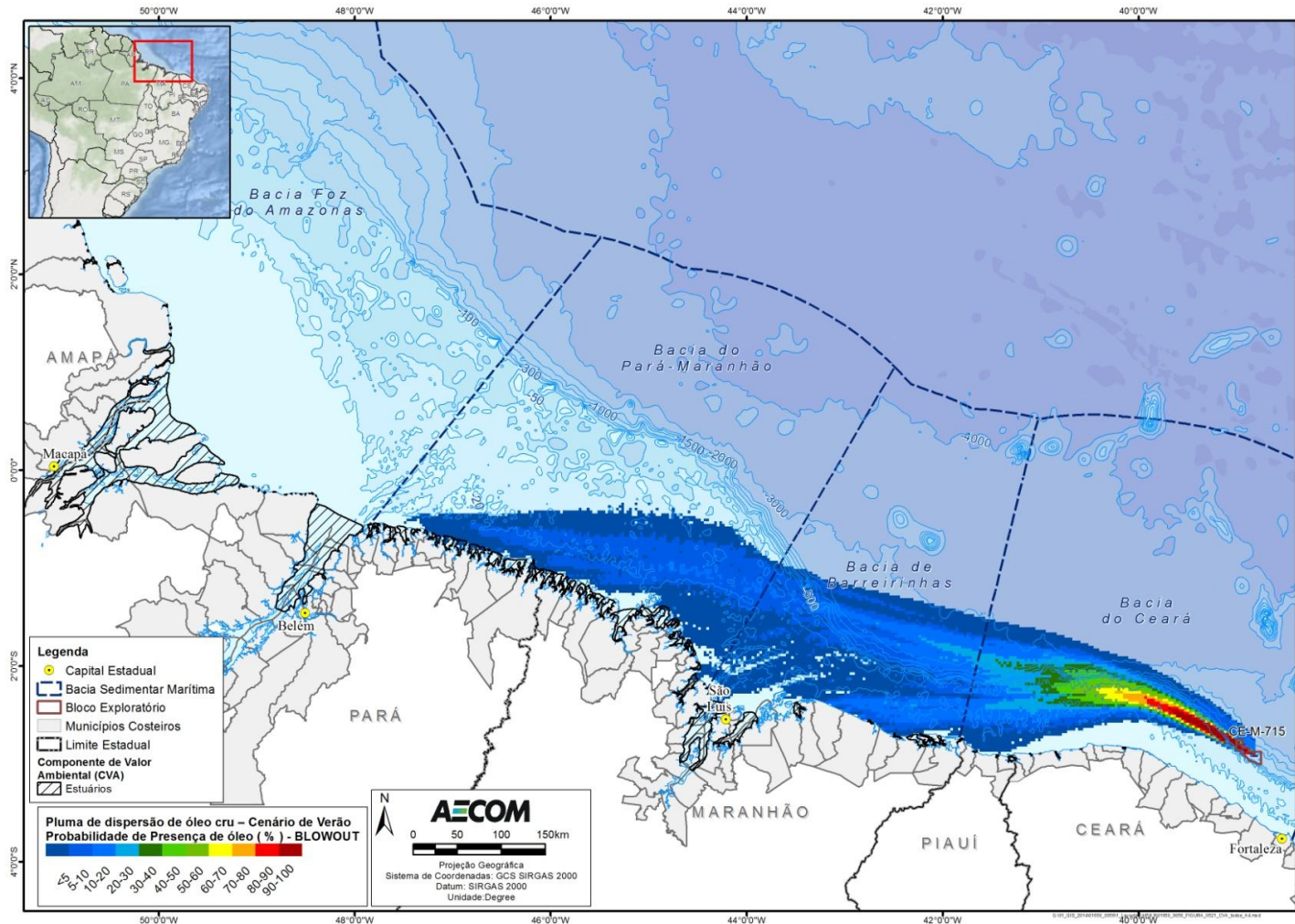


FIGURA II.9.4.2.5 – Localização dos estuários na área com probabilidade de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

C. Tempos de Recuperação

Estudos a respeito do impacto do óleo em ambientes estuarinos ainda são escassos na literatura científica. Apesar de existir um volume considerável de informações quanto aos impactos do óleo em marismas e manguezais, muito pouco se é abordado a respeito propriamente dos estuários.

Os ambientes estuarinos são altamente sensíveis ao vazamento de óleo por serem áreas muito complexas que abrigam um mosaico de ecossistemas sensíveis e uma alta biodiversidade, além de fonte de extração de recursos por muitas comunidades (CANTAGALLO et al., 2008). Ao atingir um estuário, o óleo impacta animais e plantas marinhas, pois impede que o oxigênio penetre na água e conseqüentemente acarreta a asfixia em diversas espécies mais sensíveis. No caso das aves marinhas, o impacto também é significativo, levando em consideração que quando atingidas pelo óleo podem sofrer asfixia ou ainda perderem a impermeabilização das penas, gerando posterior quadro de hipotermia, que pode levar à morte.

Analisando o conjunto de fatores de sensibilidade em um estuário, pode-se concluir que o impacto de um vazamento de óleo nesse ambiente pode ser definido como direto, quando são considerados os efeitos em organismos presentes naquele próprio ecossistema ou ainda indiretos quando são considerados os efeitos em outros organismos, através da cadeia trófica e/ou da ciclagem de nutrientes. Apesar do tempo de recuperação de ambientes estuarinos atingidos por óleo ser desconhecido, sabe-se que esse ecossistema pode se tornar mais frágil a cada impacto sofrido, uma vez que a recuperação é lenta e pode ocorrer acúmulo espaço-temporal de efeitos antrópicos de origens diferenciadas (MEAGHER, 2010).

O impacto de óleo nos estuários varia em função de vários fatores incluindo a quantidade de óleo derramado, o tipo de óleo, distância da fonte de vazamento, latitude, estação do ano e ainda a estrutura física e biológica dos próprios estuários como fluxo de correntes marinhas (GETTER *et al.*, 1984).

C1. Estudos de caso

GUNDLACH & HAYES (1978) descreveram dois incidentes onde houve impacto em ambientes estuarinos. O primeiro deles foi o vazamento de Metula, no Chile, em agosto de 1974, onde nenhuma medida de controle foi tomada devido ao acesso remoto à área. Cerca de 53 mil toneladas de óleo vazaram, atingindo 150 km de costa e afetando praias e estuários. O segundo incidente descrito foi o de Urquiola, na Espanha, em maio de 1976, quando houve o vazamento de 110 mil toneladas de óleo que atingiram cerca de 215 km de costa e afetaram diversos ecossistemas entre praias, estuários e pântanos. Vale ressaltar que em ambos os casos não houve um detalhamento profundo dos incidentes, e nem do acompanhamento da recuperação dos estuários impactados.

Em outro estudo, HAWKINS *et al.* (2002) descreveram o impacto de um vazamento no estuário de Mersey e previam um tempo de recuperação de 40 anos para o mesmo. Porém, esse valor não poderá ser tomado como base para a estimativa do tempo médio de recuperação de estuários atingidos por óleo, tendo em vista que considera um ambiente previamente impactado por efluentes industriais. Segundo os autores as conseqüências do impacto pelo óleo foram relativamente pequenas quando comparadas àquelas causadas pelo impacto de décadas de despejo de efluentes industriais.

C2. Conclusão

Entende-se que o conhecimento sobre o tempo de recuperação específico para estuários atingidos por óleo ainda é incipiente devido à escassez de trabalhos publicados na área. Ainda assim, deve-se destacar que GETTER & LEWIS (2003) descrevem um tempo de recuperação muito maior para locais abrigados como os manguezais e marismas do que para locais expostos como os estuários. Por sofrerem forte interferência da ação das correntes de marés, os estuários apresentam constante renovação das águas e esse dinamismo, por sua vez, acelera o processo de recuperação. Sendo assim, o tempo de recuperação do CVA Estuário deve ser considerado menor do que o tempo estimado para manguezais e dessa forma será definido como 20 anos.

- **CVA Praias e bancos de areia (expostos e abrigados)**

A. Introdução

O litoral norte do Brasil corresponde a um setor extremamente dinâmico, onde modificações morfológicas e sedimentológicas são regras e ocorrem em escalas espaciais e temporais, as quais variam constantemente. A região de estudo é caracterizada por manguezais, planícies lamosas e planícies de maré, restando poucas praias “verdadeiras”. O litoral apresenta relevo suave e a ocorrência de cordões litorâneos arenosos sugere a ação eventual de grandes tempestades que erodem e retrabalham a parte mais interna dessas planícies, constituindo praias arenosas recobertas por deposição lamosa (OGX/HABTEC, 2009).

Para esse item são considerados, além das faixas de praia, os bancos de areia, expostos durante a maré baixa. A presença desses bancos é uma peculiaridade da região norte, que é fortemente influenciada pela maré. De doze em doze horas há uma variação significativa do nível do mar, fazendo com que na maré baixa, a água recue centenas de metros formando muitas lagoas naturais (TADAIESKY *et al.*, 2008 *apud* OGX/HABTEC, 2009).

De acordo com CALLIARI *et al.* (2003), os bancos arenosos são uma das feições mais notáveis dos ambientes praias e desempenham importante papel no balanço sedimentar desses sistemas e na determinação do espectro de energia que alcança a face da praia, uma vez que são responsáveis pela dissipação de uma boa parte da energia de ondas provenientes de mar aberto. Embora possuam características universais, o comportamento e ocorrência dos bancos arenosos variam amplamente dependendo das condições ambientais.

Quanto ao grau de exposição, as praias podem ser identificadas desde muito expostas a muito protegidas, sendo a variabilidade física resultante da combinação de parâmetros como nível energético das ondas e granulometria do sedimento. Destes dependem a morfologia do fundo, o padrão de circulação e a dinâmica de correntes (VILLWOCK, 1987 *apud* AMARAL *et al.*, 2002).

A fauna de praias é composta, principalmente, por animais permanentes, normalmente com distribuição agregada que, conforme o modo de vida compõe a epifauna e a infauna e, com relação ao tamanho, a macrofauna, a mesofauna e a microfauna. Além dessas categorias, devem ser incluídos organismos que visitam temporariamente a praia e/ou dela dependem como fonte essencial de alimento. A fauna de praias é representada pela maioria dos grupos taxonômicos como Cnidaria, Turbellaria, Nemertinea, Nematoda,

Annelida, Mollusca, Echiura, Sipuncula, Crustacea, Pycnogonida, Brachiopoda, Echinodermata e Hemichordata. Entre esses, os numericamente mais importantes são Polychaeta, Mollusca e Crustacea. Muitas espécies têm importância econômica direta, como é o caso dos crustáceos e moluscos utilizados na alimentação humana ou como isca para pesca (BROWN & MCLACHLAN, 1990 *apud* AMARAL *et al.*, 2002).

Segundo EL-ROBRINI *et al.* (2014) as praias localizadas no litoral paraense apresentam tipologia altamente influenciada pela sua localização na linha de costa, com morfologia intimamente dependente dos processos hidrodinâmicos estuarinos (setores 2 e 3 - Insular Estuarino e Continental Estuarino) que atuam na ZCEP – Zona Costeira do Estado do Pará. Segundo o mesmo autor, o litoral oriental do Maranhão é formado por areias médias a grossas, ocasionalmente cascalhos (próximo à foz dos rios maiores), com abundantes restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados.

Já na costa do Piauí, diversas praias estão sujeitas às influências das marés e de grandes rios. No entanto, a maior expressão espacial na região é reservada ao campo de dunas móveis (BITTENCOURT *et al.*, 1990). Trabalhos feitos na praia de Atalaia, no Delta do Parnaíba, indicam o caráter dissipativo das praias da região, com uma face praial ampla e baixa declividade, onde inexistem bermas, aliada a uma grande abundância de areia na plataforma continental adjacente (BITTENCOURT *et al.*, 1990).

B. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.6 e II.9.4.2.7 apresentam a localização das praias e bancos arenosos arenosas nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, tanto no inverno como no verão. As áreas ocupadas por praia foram delimitadas através de referência bibliográficas consultadas como SILVA *et al.* (2010), AMARAL *et al.* (2008), SILVEIRA *et al.* (2011), MMA (2002), EL-ROBRINI (2014) e MELLO & MOCHEL (1999). Destaca-se que no vazamento de 200 m³ não há probabilidade de toque na costa, e, por isso, esse CVA não sofreria interferência do óleo.

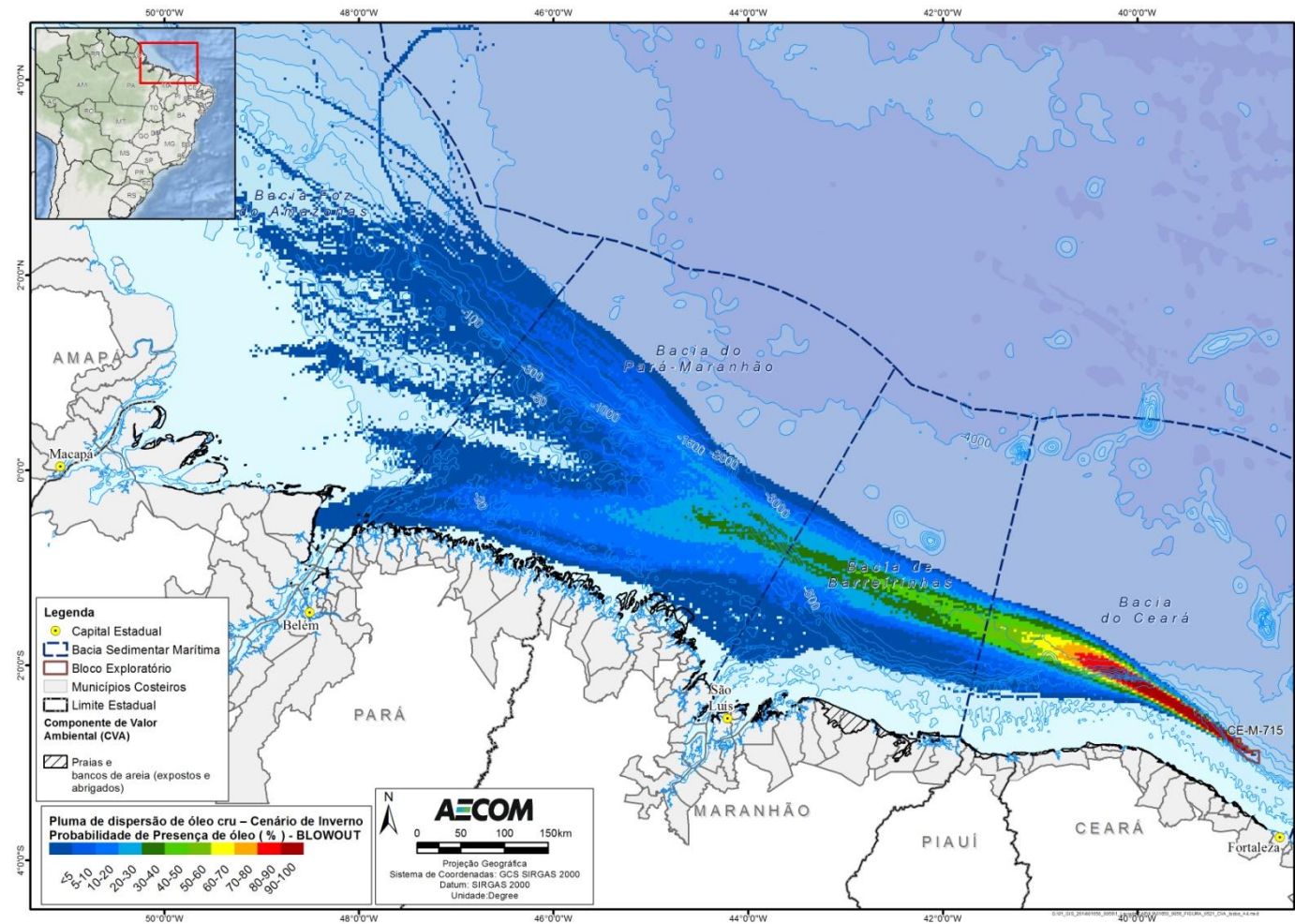


FIGURA II.9.4.2.6 – Localização das praias e bancos de areia na área com probabilidade de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

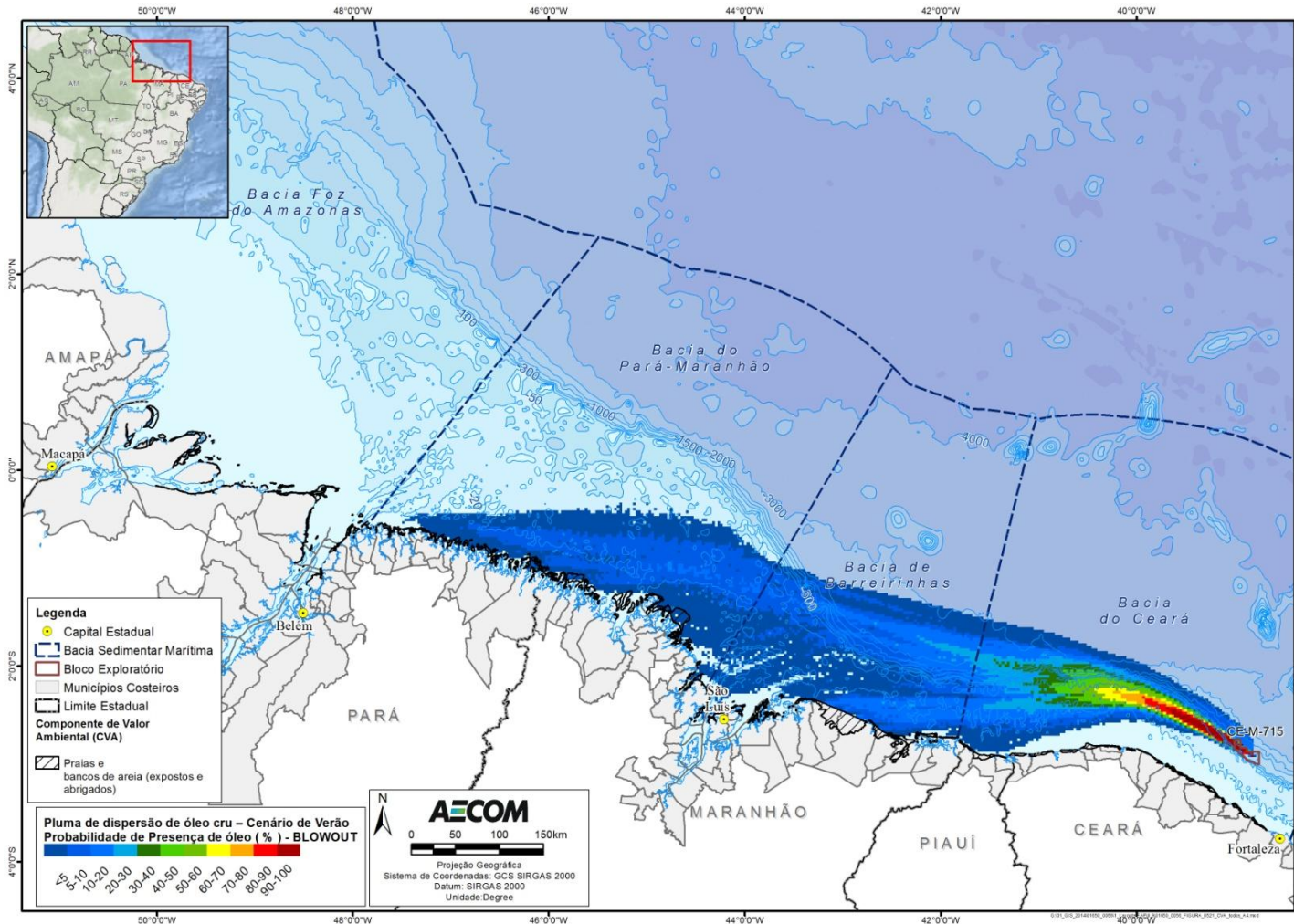


FIGURA II.9.4.2.7 – Localização das praias e bancos de areia na área com probabilidade de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (blowout - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

Apesar de os bancos de areia serem considerados dentro desse componente é importante ressaltar que não existem informações sobre tempo de recuperação para bancos de areia, sendo considerado para avaliação do seu tempo de recuperação os estudos realizados para praias arenosas, devido à semelhança entre esses ambientes. Quanto aos organismos que habitam os bancos, estes são normalmente encontrados em manguezais e, portanto, já estarão sendo considerados dentro da avaliação do CVA manguezais.

C. Tempos de Recuperação

De acordo com MONTEIRO (2003) o ciclo das praias arenosas, representado pela entrada e saída de areia em diferentes épocas do ano é um fator importante no grau de impacto do petróleo nesses ambientes. Se o contato ocorrer previamente à fase em que há entrada de areia na praia, o petróleo sofre um soterramento pelo sedimento, dando a falsa impressão de que a praia está limpa. No entanto, o óleo se encontra abaixo da areia, chegando a um metro de profundidade em algumas praias, e tende a recontaminar o ambiente com a chegada do ciclo destrutivo (retirada do sedimento).

O tipo de substrato também irá influenciar no grau de impacto. Nos substratos não consolidados, como em praias arenosas, o petróleo penetra verticalmente no sedimento atingindo camadas mais profundas. Quanto maior o tamanho do grão, maior a penetração do óleo no sedimento. Outros fatores que influenciarão no impacto são o tipo de óleo, a presença de tocas de animais e poros de raízes (IPIECA, 2000a). O tipo de comunidade presente também influenciará no grau de impacto. As praias arenosas são ambientes muito dinâmicos, com elevado estresse físico, portanto possuem espécies mais resistentes e menor diversidade. Organismos que possuem conchas e carapaças externas, como cracas e mexilhões, são mais resistentes, pois a superfície do corpo não entra em contato direto com o petróleo (MONTEIRO, 2003).

Quando o petróleo atinge o sedimento das praias, principalmente a zona entremarés, todos os componentes da comunidade podem ser diretamente afetados. Os danos imediatos são consequência do recobrimento e intoxicação (MONTEIRO, 2003). Poderão ocorrer alterações na estrutura e composição das comunidades uma vez que haverá alterações nas características físicas e químicas do sedimento, como aumento da temperatura e redução da circulação e renovação da água intersticial. Poderá haver bioacumulação de petróleo pela comunidade biológica de praias, principalmente através do processo de filtragem da água intersticial pelas espécies filtradoras e pela ingestão direta de sedimento pelas espécies depositívoras. Além disso, algumas perturbações poderão levar a uma redução na diversidade e riqueza, com aumento da dominância de espécies oportunistas e resistentes (MONTEIRO, 2003).

O processo de recuperação das praias afetadas por vazamento de óleo é muito variável, dependendo de diversos fatores, como hidrodinamismo, tipo de sedimento, tempo de permanência do óleo no ambiente, circulação de massas d'água e proximidade de centros de dispersão de espécies. Outro fator importante é a sensibilidade dos organismos presentes no ecossistema (IPIECA, 2000a).

C1. Estudos de Caso

Em um estudo sobre o efeito do vazamento da Exxon Valdez no Alasca, em 1989 (PETERSON et al., 2003) constatou-se que a abundância de infauna dos sedimentos declinou e a densidade de moluscos foi reduzida

diretamente, sendo que mais de oito anos após o vazamento a recuperação não era completa. No mesmo estudo foi constatado que os impactos em habitats do infralitoral foram menos intensos do que na zona entre-marés. A abundância de caranguejos e estrelas-do-mar foi muito reduzida, com a recuperação de algumas espécies de maior mobilidade ocorrendo em dois anos. Durante quatro anos após o acidente houve redução da densidade de grama marinha e dos animais associados. A abundância de anfípodos declinou drasticamente e não havia se recuperado mais de seis anos após o vazamento. Porém, em geral, muitos invertebrados da infauna do infralitoral aumentaram em abundância, especialmente oligoquetas e alguns poliquetas. De acordo com o autor esse fato pode ter ocorrido por um aumento de bactérias degradadoras de hidrocarbonetos no sedimento, mas reflete também uma redução de predadores.

BARTH (2008) realizou um estudo sobre os efeitos do vazamento de óleo durante a Guerra do Golfo nos ecossistemas costeiros 10 anos depois. O autor cita que todas as praias foram cobertas por óleo em 1991 e em torno de 80% delas haviam se recuperado em 2001, embora os resíduos de óleo continuassem na areia. Apesar disso, a composição das espécies era similar as locais de controle sem óleo. Na maioria dos casos a energia física das ondas é suficiente para remover parte do óleo em dois a quatro anos. Além disso, a grande concentração de O₂ na maioria das praias arenosas leva a uma significativa degradação do óleo de uma maneira que há a colonização de organismos depois de cinco anos.

Na Tabela II.9.4.2.4 são apresentados outros casos de vazamento com impacto em praias arenosas:

TABELA II.9.4.2.4 - Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre as praias.

Vazamento (toneladas)	Efeitos reportados
2001: Navio-tanque Jessica, Ilhas Galápagos. Volume do óleo derramado: 600 toneladas de diesel e 300 toneladas de óleo combustível.	Foi o maior vazamento de óleo nas Ilhas Galápagos e tinha potencial para causar danos irreparáveis à vulnerável e exclusiva fauna marinha do local. Felizmente, a ação de ventos e correntes levou o óleo para longe da costa de San Cristóbal, a ilha onde ocorreu o acidente, sendo rapidamente dispersado. Apesar de muitas ilhas serem impactadas, foi encontrado pouco óleo e houve um pequeno impacto imediato na biota. A contaminação por óleo foi medida em 13 diferentes locais e foi considerada baixa em todos eles, não excedendo a 50ppm, considerado um nível em que há pouca probabilidade da fauna ser afetada. Em estudo realizado 14 dias após o vazamento foi constatado que as praias arenosas próximas ao naufrágio estavam livres da contaminação por hidrocarboneto
1996: Navio-tanque Sea Empress, País de Gales. Volume do óleo derramado: 72.000 toneladas de óleo cru.	Apesar de a região ser dominada por costões, algumas praias arenosas foram atingidas. O maior impacto nessas praias foi o desaparecimento ou diminuição no número de anfípodes e outros crustáceos e poliquetas e a substituição temporária desses por espécies oportunistas. No entanto, estudos realizados após um ano sugeriram que houve uma grande recuperação da fauna.

Fonte: Kingston et al., 2002, Edwards & White (2010)

C2. Conclusão

Por serem ambientes dinâmicos, onde na maioria dos casos, a energia física das ondas é suficiente para remover os resquícios de óleo entre dois e quatro anos após um vazamento de óleo, além da grande concentração de oxigênio na maioria dos sedimentos arenosos levar a uma degradação significativa do óleo, podendo haver recolonização da fauna em torno de cinco anos, o tempo de recuperação das praias e bancos arenosos foi considerado entre 3 e 10 anos.

- **CVA Recifes de corais e bancos de algas calcárias**

A. Introdução

Os recifes de corais são, do ponto de vista geomorfológico, uma estrutura rochosa e rígida, edificada por organismos marinhos (animais e vegetais) portadores de esqueleto calcário (LEÃO, 1994). Do ponto de vista biológico, recifes coralíneos são estruturas construídas através da ação de comunidades de cnidários, denominados genericamente de corais (LEÃO, 1994). Embora a estrutura básica dos recifes biogênicos seja, em geral, formada pelo acúmulo dos esqueletos de corais, para sua formação é necessária a atuação conjunta de uma infinidade de outros organismos, formando uma complexa teia de associações e de eventos em sucessão. Em alguns recifes, inclusive do Brasil, o crescimento de outros organismos, como as algas calcárias, pode assumir uma relevância igual ou maior que a dos próprios corais (KIKUCHI & LEÃO, 1997).

Os recifes de corais formam ecossistemas altamente diversificados, ricos em recursos naturais e de grande importância ecológica, econômica e social, abrigando estoques pesqueiros importantes e contribuindo para a subsistência de várias comunidades costeiras tradicionais (MMA/SBF, 2002). Dentre os grupos animais presentes nesses ambientes estão esponjas, cnidários, moluscos, crustáceos, equinodermos, poliquetas, peixes e tartarugas marinhas, além de algas calcárias (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002; CASTRO, 2000).

No Brasil, comunidades coralíneas foram registradas do Parcel Manuel Luís (MA) até os recifes de Viçosa, na área de Abrolhos (BA), além de ilhas oceânicas como o Atol das Rocas e Fernando de Noronha. Algumas comunidades significativas também são observadas mais ao sul, no que é chamado de “zona de desaparecimento das comunidades coralíneas”, estendendo-se até Cabo Frio (RJ). Os recifes e comunidades coralíneas do Brasil apresentam poucas espécies de corais, sendo que as suas principais espécies formadoras ocorrem somente em águas brasileiras (CASTRO, 2000; MMA/SBF, 2002).

No que se refere à área com probabilidade de presença de óleo, os recifes coralíneos se limitam, praticamente, ao Parcel de Manuel Luís e ao Banco do Álvaro, ambos localizados no litoral do estado do Maranhão, considerados o limite norte de ocorrência de recifes de corais para a costa brasileira (LEÃO et al., 2003). O Parcel está situado na plataforma continental do litoral Norte do Estado do Maranhão (00°50' S e 044°15' W), distando cerca de 86 km do ponto mais próximo de terra, e 51 km da borda da plataforma continental. Já o Banco do Álvaro está localizado a cerca de 100 km a noroeste do Parcel (00°17,5' S e 044°49,5' W), situado a aproximadamente 120 km da costa e a 40 km da borda da plataforma continental.

A elevada diversidade foi notada por AMARAL *et al.* (1998), que registraram a presença de 16 espécies de corais e hidrocorais, elevando o Parcel a segunda formação recifal mais rica do Atlântico Sul em termos de número de espécies de coral, atrás apenas do banco de Abrolhos, no sul da Bahia. Dentre as 16 espécies de coral presentes no Parcel, bem como no Banco do Álvaro, destacam-se em concentrações as espécies: *Siderastrea stellata*, *Montastrea cavernosa*, *Meandrina brasiliensis*, *Scolymia wellsi* e *Millepora alcicornis*. Ressalta-se ainda a presença de uma espécie endêmica do Parcel, o coral de fogo *Millepora laboreli* (AMARAL *et al.*, 2007).

No que diz respeito às formações de algas calcárias sabe-se que, de maneira geral, sua presença associada à areia é muito rara na costa Norte do Brasil, tendendo a desaparecer em direção a noroeste. Esse desaparecimento gradativo das algas calcárias na costa Norte é provavelmente causado pela influência dos Rios Parnaíba e Amazonas e pelo enorme fornecimento de material terrígeno nas costas do Maranhão e Pará (REVIZEE, 2000). Porém, sabe-se que no litoral do Maranhão existem algumas áreas com depósitos significativos de algas calcárias ainda que muito pouco se saiba a respeito dessas regiões. O maior conhecimento ocorre sobre o Banco do Tarol, que é formado quase que exclusivamente por fragmentos das algas calcárias do gênero *Lithothamnium*. O Banco do Tarol encontra-se a cerca de 80 km a oeste do Parcel (0° 58'S; 44° 54'W), situado a aproximadamente 30 km da costa e a 100 km da borda da plataforma continental (MOURA *et al.*, 1999).

B. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.8 a II.9.4.2.11 apresentam as áreas de ocorrências de recifes de corais e bancos de algas calcárias nas regiões com probabilidade de chegada de óleo, considerando o cenário de vazamento de 200 m³ e de pior caso, tanto no inverno como no verão.

Para a definição dessas áreas foram usadas as informações provenientes do documento “Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA N° 09, de 23 de janeiro de 2007” (MMA, 2007). Além disso, também foram utilizadas informações presentes na Análise de Vulnerabilidade e no Diagnóstico Ambiental elaborados para a atividade no bloco CE-M-715.

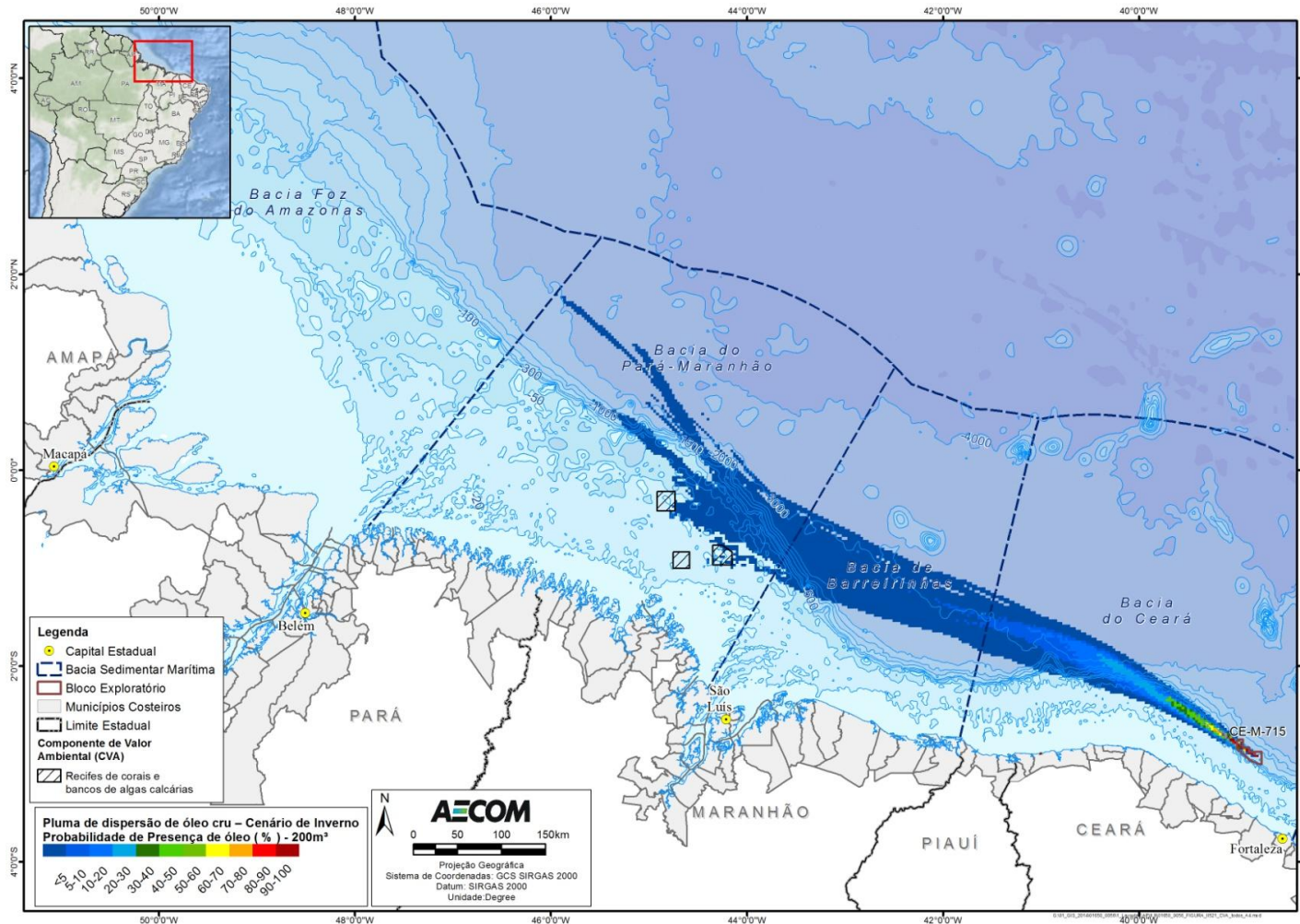


FIGURA II.9.4.2.8 – Localização dos recifes de corais e bancos de algas calcárias na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de inverno (integração coluna d’água e superfície).

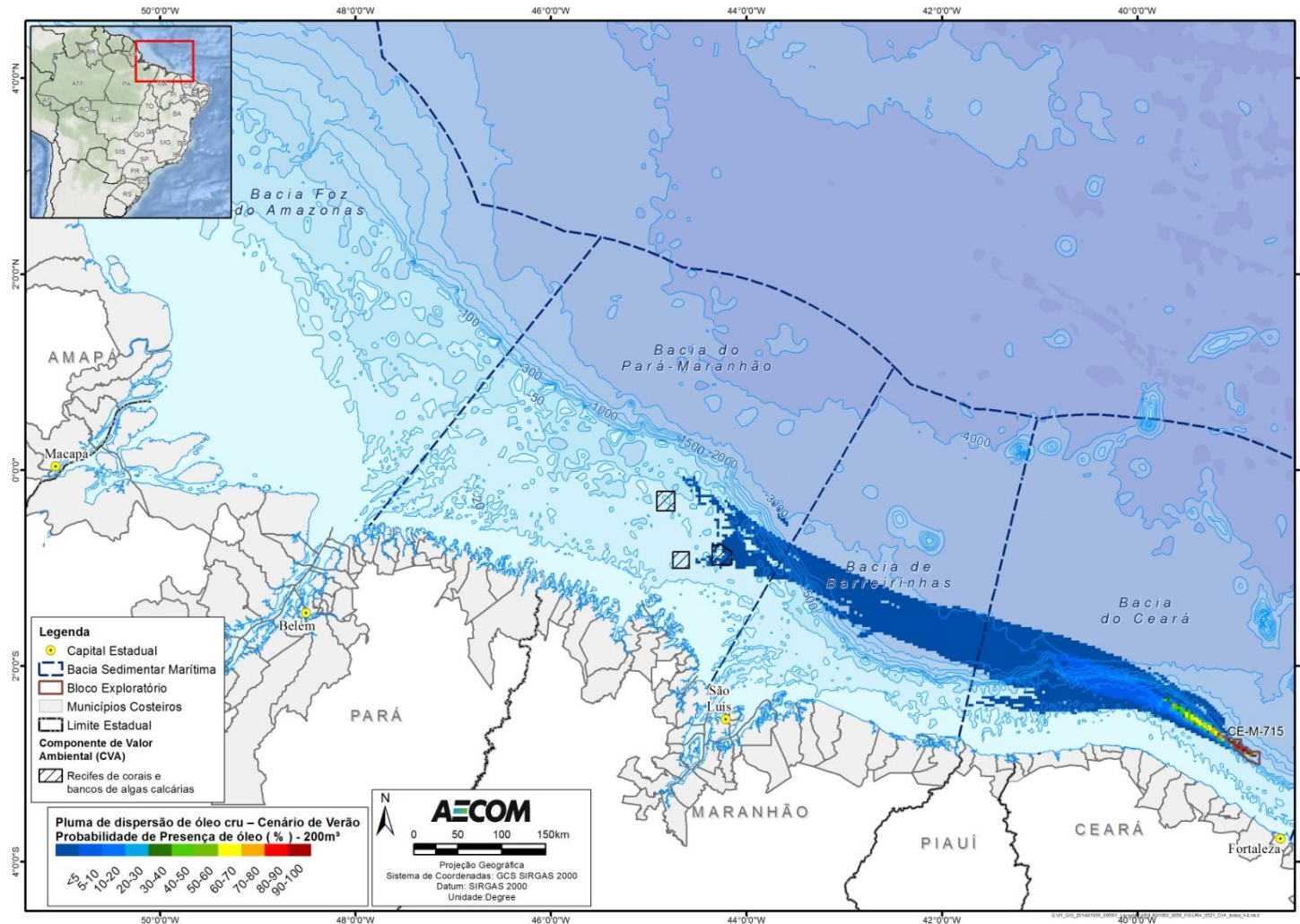


FIGURA II.9.4.2.9 – Localização dos recifes de corais e bancos de algas calcárias na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

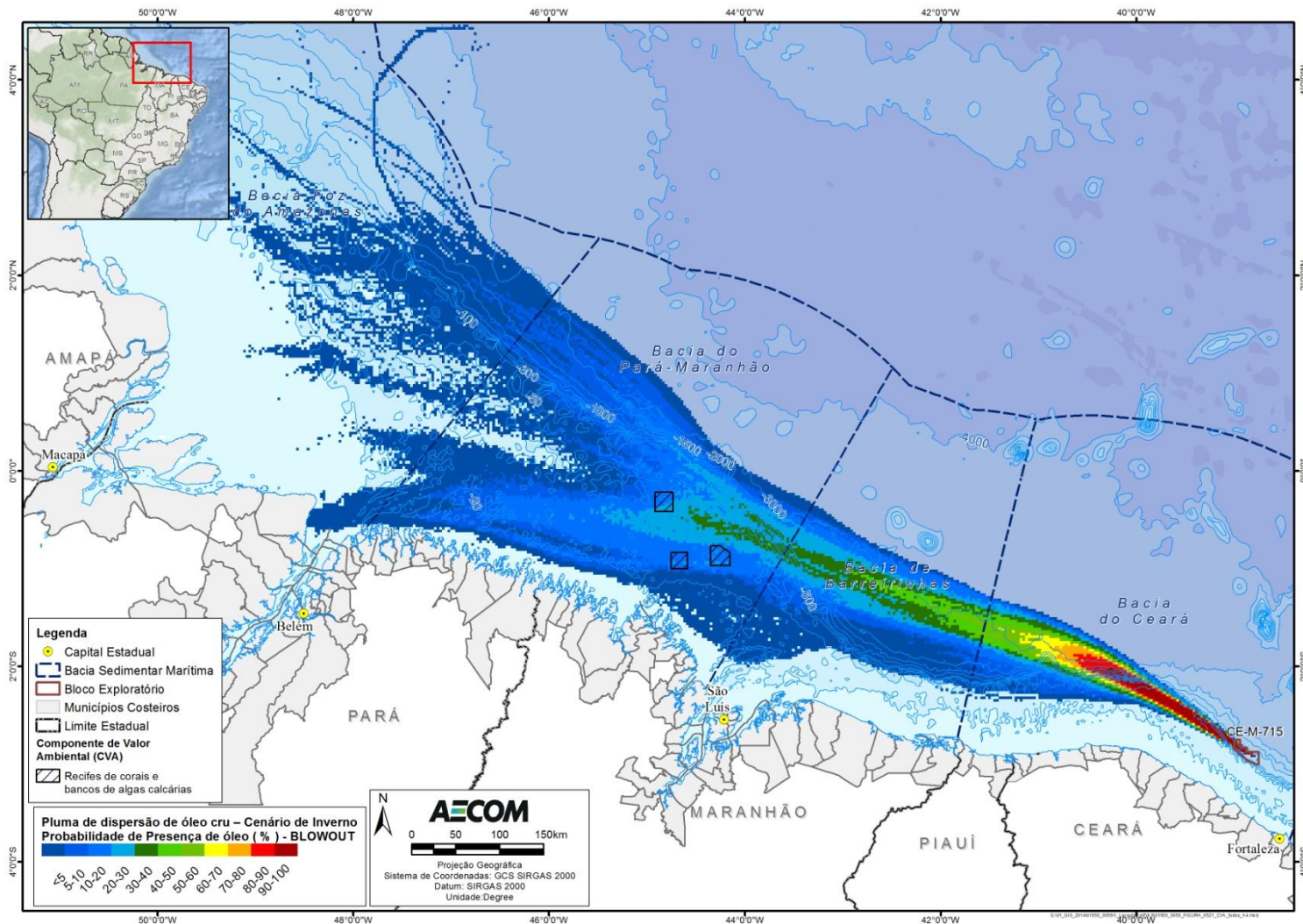


FIGURA II.9.4.2.10 – Localização dos recifes de corais e bancos de algas calcárias na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

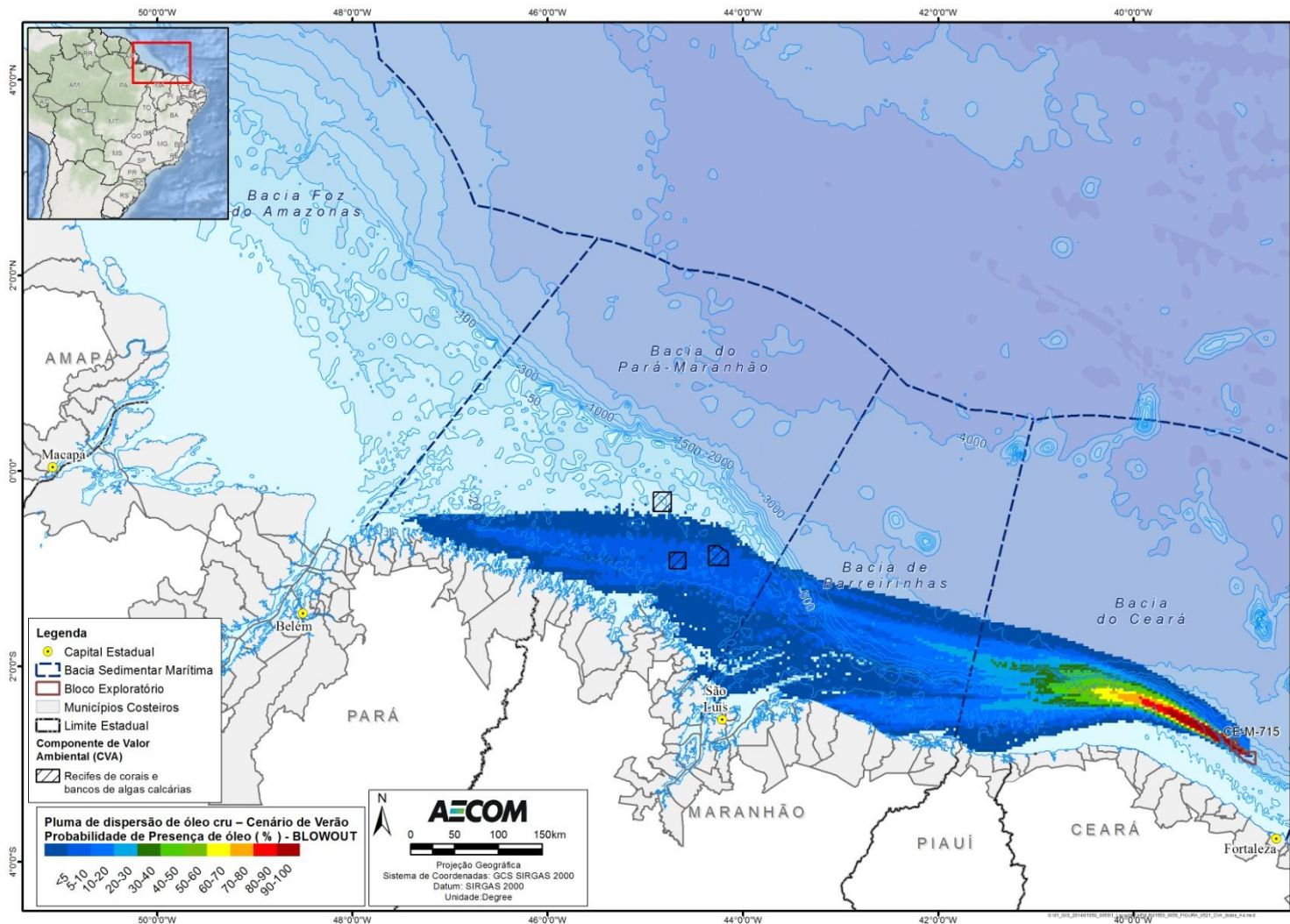


FIGURA II.9.4.2.11 – Localização dos recifes de corais e bancos de algas calcárias na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

C. Tempo de Recuperação

Considerando que são muito escassos os dados referentes aos efeitos do óleo sobre as algas calcárias e além disso, que é incipiente o conhecimento sobre a própria dinâmica de vida desse grupo biológico, os impactos e os estudos sobre tempos de recuperação irão se basear nos efeitos sobre os corais que, em grande parte das vezes ocorrem em associação com as algas calcárias.

A severidade dos impactos da exposição dos corais ao óleo e o tempo de recuperação pode variar de acordo com uma série de fatores como o tipo e quantidade de óleo, a composição e estrutura das espécies e a natureza da exposição ao óleo (IPIECA, 1992; NOAA, 2010a). O óleo pode matar o coral dependendo da espécie e exposição. Corais com colônias arborescentes são mais sensíveis aos impactos por óleo do que corais de colônias massivas. Estudos apontam que a exposição prolongada a baixos níveis de óleo pode matar os corais assim como exposições com menor duração e maior concentração (LOYA & RINKEVICH, 1980; NOAA, 2010a). A toxicidade crônica do óleo impede a reprodução dos corais, seu crescimento e desenvolvimento. A época do ano em que ocorre um vazamento também pode ser crítica, uma vez que a reprodução e os corais nos primeiros estágios de vida são particularmente sensíveis. No entanto, o cálculo do risco nos corais é complexo e depende de diversos fatores como o tipo de óleo e as condições do mar (NOAA, 2010a).

De acordo com NOAA (2010a), a toxicidade aguda pode não ser o melhor indicador dos impactos de óleo, pois os efeitos adversos aos corais podem ser percebidos em longo prazo. Resultados de um estudo realizado por Harrison mostrou que exposições a baixos níveis de óleo, desintegraram quase completamente os tecidos dos corais depois de 48 horas. Os resultados sugerem que exposições mais longas (4-48 horas) a baixas concentrações de óleo podem ser mais tóxicas do que exposições mais curtas a altas concentrações (NOAA, 2010a), apesar de não haver maiores detalhes sobre os valores dessas concentrações. LEGORE (1989) constatou ainda, após um ano de testes, que os corais de recifes saudáveis conseguem tolerar exposições breves (1 a 5 dias) ao óleo flutuante, não havendo efeitos observáveis sobre eles. Portanto, apesar de ligeiramente conflitantes, as informações encontradas na literatura científica mostram, em linhas gerais, que eventos de vazamento de óleo crônicos são mais impactantes para os corais do que uma única exposição mesmo que essa seja mais visível (IPIECA, 1992; LOYA & RINKEVICH, 1980). De acordo com BLUMER *et al.* (1971) *apud* LOYA & RINKEVICH (1980), muito tempo após traços visíveis de óleo provenientes de um vazamento em Buzzards Bay desaparecerem, muitas frações de óleo continuaram presentes em quantidades consideráveis nos sedimentos de fundo, a 13 m de profundidade.

Ao contrário dos estudos com toxicidade aguda, quase todos os estudos com efeitos crônicos, ou seja, após determinado tempo, mostram mudanças subletais nos corais expostos, podendo matar toda a colônia. Mesmo envolvendo menores concentrações de hidrocarbonetos, os efeitos crônicos da exposição ao óleo parecem ter maior potencial de comprometimento sobre os corais. Em Israel, por exemplo, dois terminais de petróleo próximos a uma comunidade recifal liberaram pequenas quantidades de óleo ao longo de 10 anos de operação (1969-1979). A exposição crônica ao óleo afetou a reprodução do sistema coralíneo e provocou a queda da diversidade de espécies recifais (corais e peixes) e a diminuição da colonização do recife por corais hermatípicos (LOYA & RINKEVICH, 1979 *apud* LOYA & RINKEVICH, 1980). O óleo reduz a fertilidade do coral, diminui o sucesso reprodutivo e inibe o desenvolvimento dos estágios primários de vida. A substância também prejudica dois componentes fundamentais para toda a comunidade recifal: a produção

primária pelas zooxantelas simbiotes e a transferência de energia através do muco de corais. Outro efeito adverso é a bioacumulação de forma rápida nos tecidos dos corais. Além dos efeitos nos corais, o óleo irá impactar os organismos associados como plantas, peixes e invertebrados, causando danos a todo ecossistema (NOAA, 2010a).

Segundo MARCHIORO & NUNES (2003), os riscos mais elevados de efeitos letais são atribuídos aos recifes da zona entremarés e aos recifes rasos, devido ao contato direto destes com o óleo. Os corais se recuperam lentamente de distúrbios, sejam naturais ou causados pelo homem. O tempo de recuperação de um recife de coral depende de vários fatores como o grau e tipo de dano, a localização, as espécies afetadas e muitos outros fatores. Segundo NOAA (2010a), a recuperação pode ser medida usando-se o percentual da cobertura de coral afetada, a diversidade de espécies, a altura média da colônia e, em geral, a cor e a saúde do coral. Se os corais foram danificados, mas não foram mortos, os sobreviventes podem se regenerar. No entanto, se a maioria dos corais for morta, a recuperação dependerá quase que exclusivamente do recrutamento e crescimento das larvas provenientes de outras áreas, sendo esse um processo muito mais lento.

No caso de exposição ao óleo, a capacidade de recuperação do coral depende também da viscosidade do derivado de petróleo a ele exposto. Em um estudo realizado em ambientes coralíneos do Caribe, observou-se que as colônias expostas a hidrocarbonetos apresentaram um padrão eficiente de rejeição ao óleo aderido em sua superfície, dependendo do tamanho e densidade das partículas de sedimento de petróleo. O padrão de rejeição é típico de espécies de corais, e apresenta taxas mínimas e máximas. A viscosidade do óleo determina o tamanho das partículas. Partículas diminutas (>0,06 mm) são naturalmente removidas através da eliminação da camada mais superficial do tecido do coral. Nesse caso, parece que o contato com partículas físicas é menos prejudicial para os corais que os efeitos tóxicos dos óleos (BAK & ELGERSHUIZEN, 1976 *apud* NOAA, 2010a).

C.1. Estudos de Caso

A Tabela II.9.4.2.5 apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados nos recifes de coral, mostrando a complexidade e variabilidade desse tipo de acidente.

TABELA II.9.4.2.5 – Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre os recifes de corais.

Vazamento	Efeitos reportados
1967: Navio-tanque RC Stoner, Wake Island, Oceano Pacífico Norte. Volume do óleo derramado: 600.000 galões de mistura de combustível.	O impacto aos corais foi pouco mencionado. Um óleo de cor preta foi observado impregnando corais após a passagem de um furacão no local.
1968: Navio-tanque SS Witwate, Panamá. Volume do óleo derramado: 20.000 barris de óleo diesel.	Um estudo conduzido após dois meses do vazamento mostrou que não houve grandes impactos aos corais. Isso ocorreu provavelmente porque os corais da região não são expostos, não havendo contato direto com o óleo.

Vazamento	Efeitos reportados
1973: Navio-tanque Zoe Colocotronis, Bahia Súcía, Porto Rico. Volume do óleo derramado: 37.000 barris de óleo cru.	Como nos outros casos citados, nesse derramamento também não foi dada a devida atenção aos impactos potenciais do petróleo nos recifes de coral.
1986: Rompimento de refinaria, Bahia Lãs Minas, Panamá. Volume do óleo derramado: 60.000 a 100.00 barris de óleo cru.	O incidente mostrou ter efeitos letais e subletais em todos os ambientes, incluindo os recifes de coral. A cobertura, tamanho e diversidade dos recifes de coral diminuíram substancialmente após o vazamento. Logo após o vazamento, estudos relataram uma mortalidade extensiva de várias formas e espécies de coral.
1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico. Volume do óleo derramado: 6,3 milhões de barris de óleo.	Apesar da grande quantidade de óleo derramada, pode-se dizer que o impacto foi bem menor que o esperado. Alguns recifes de coral foram impactados nesse derramamento, com a morte de várias colônias de coral. No entanto, foi observado um novo crescimento dos corais na parte impactada.
1993: Navio Pesqueiro Jin Shiang Fa, Refúgio Nacional da Vida Selvagem Rose Atol, Samoa. Volume do óleo derramado: 100.000 galões de óleo diesel, 500 galões de óleo lubrificante e 1,1 toneladas de amônia.	Devido ao naufrágio do navio, houve diversos impactos físicos ao atol. No entanto, os pesquisadores afirmam que os impactos mais graves e generalizados foram devido ao óleo diesel.

Fonte: NOAA (2010a).

Apesar dos casos encontrados na bibliografia abordarem efeitos de incidentes em recifes de coral, pouquíssimas informações a respeito do tempo de recuperação dos mesmos após o impacto estão disponibilizadas.

Segundo NOAA (2010a), um ano após o rompimento da refinaria Bahia Lãs Minas, no Panamá, em 1986, ainda era possível encontrar corais recém-mortos. Após três anos do mesmo incidente ainda era possível observar uma desaceleração do crescimento dos corais e consequente diminuição da sua cobertura no fundo marinho, havendo diminuição de 76% em pequenas profundidades (0.5 - 3 m) e 56% em profundidades um pouco maiores (3 - 6 m). Ainda é válido ressaltar que uma espécie de coral, apesar de ter praticamente desaparecido do local impactado, aumentou sua ocupação em locais não impactados em 38%. Foi também observado que espécies do gênero *Zoanthus* retomaram seus níveis de abundância originais um ano e meio após o incidente (JACKSON et al., 1989).

Em um incidente ocorrido com o navio pesqueiro Jin Shiang Fa, observou-se a necessidade de se realizar a remoção adicional de resíduos provenientes do vazamento cinco anos após o mesmo, tendo havido uma retirada de mais de 100 toneladas de óleo. Sendo assim, análises de monitoramento ambiental mostraram ligeira recuperação dos recifes de coral atingidos, nove anos após o vazamento (NOAA, 2012).

Em seu trabalho, LOYA & RINKEVICH (1980) afirmam que após o impacto de um vazamento de óleo, a comunidade recifal pode sofrer alterações por longos períodos. O incidente de Tampico Maru, no México, acarretou impactos que determinaram a diferença da abundância de espécies mesmo 12 anos após seu acontecimento (MITCHEL *et al.*, 1970 *apud* LOYA & RINKEVICH, 1980). No mar vermelho, um incidente com dois terminais de óleo causaram impactos na reserva natural de corais de Eliat, havendo um abalo da estrutura dos corais por efeitos crônicos do óleo, comprometendo sua estrutura reprodutiva. Dez anos após

esse incidente, o recife de coral atingido ainda não havia retomado a sua estrutura original (LOYA, 1976 *apud* LOYA & RINKEVICH, 1980).

CONNEL *et al.* (1997) identificaram, a partir da observação das comunidades de corais atingidos por óleo na Grande Barreira de Corais da Austrália que, após 30 anos, foi possível perceber a recuperação total dos distúrbios agudos nesses organismos. Acredita-se que os distúrbios crônicos apresentem um tempo ainda maior de recuperação, porém esta é uma estimativa incerta, haja vista que em muitas situações a recuperação é interrompida por novos incidentes que retardam ainda mais a recuperação completa.

C.2. Conclusão

Ainda que existam alguns estudos sobre a recuperação dos recifes de coral, eles se concentram em análises em curto prazo, não prevendo os impactos crônicos (em longo prazo) dos vazamentos de óleo, dificultando a estimativa do seu tempo de recuperação. Alguns estudos científicos publicados na área concentram seu objetivo na análise laboratorial da toxicidade do óleo sobre os corais. Apesar de serem importantes fontes de consulta, essas publicações possuem limitações quanto ao uso em ambientes naturais. Em vazamentos reais, as concentrações de óleo variam e começam a declinar rapidamente devido às próprias ações atmosféricas (NOAA, 2010a) e, por isso, não podem ser iguais às condições impostas nos ensaios laboratoriais. Deve-se considerar, ainda, que os efeitos agudos e crônicos causados em corais não são considerados iguais para todas as espécies presentes nos ambientes recifais. Por esse motivo, o estabelecimento do tempo de recuperação do ecossistema de recife de coral de maneira mais ampla se torna ainda mais complexo (JACKSON *et al.*, 1989).

É importante salientar, ainda, que a recuperação dos recifes de coral após a exposição ao óleo irá depender parcialmente da recuperação de outras comunidades associadas, como manguezais e bancos de algas marinhas, os quais podem ser mais seriamente afetados (NOAA, 2010a). Os manguezais possuem uma função primordial na proteção dos ambientes recifais já que exercem função de berçário para juvenis de muitas espécies lá encontradas, além de exercerem importante papel na filtração da água e no escoamento costeiro (NOAA, 2010a).

Sendo assim, com base nas informações consultadas na literatura, conclui-se que o tempo de recuperação dos recifes de coral a um vazamento de óleo será superior a 10 anos, podendo chegar a 30 anos.

- **CVA Recursos pesqueiros costeiros e CVA Recursos pesqueiros oceânicos**

A. Introdução

Buscando atender aos requerimentos da CGPEG manifestados em pareceres técnicos relativos a Análises de Riscos Ambientais desenvolvidas para outras atividades semelhantes, buscou-se mapear separadamente os recursos pesqueiros costeiros dos oceânicos, e considerá-los na análise desta ARA separadamente, como dois CVAs. É importante esclarecer que a separação desse componente será feita apenas através do mapeamento, sendo o valor de tempo de recuperação o mesmo para os dois componentes, ainda que se considere que este seja bastante conservador quando atribuído a recursos pesqueiros oceânicos.

Isso se justifica uma vez que, as referências encontradas sobre tempo de recuperação e impacto de óleo em recursos pesqueiros não fazem diferenciação espacial entre espécies costeiras e oceânicas (e.g. ITOFF, 2004; HJERMANN *et al.*, 2007; MOSBECH *et al.*, 2000; IPIECA, 2000b; TEAL & HOWARTH, 1984). Soma-se a isso, ainda, o fato de a maior parte dos impactos identificados em recursos pesqueiros se referirem a acidentes que atingiram a região costeira, com os impactos em região oceânica sendo pouco avaliados, até pela dificuldade de se coletar dados nesse ambiente.

As espécies que habitam a região oceânica normalmente são capazes de evitar a contaminação física, já que nadam para longe da área contaminada, evitando, assim, efeitos em longo prazo nas populações locais (MOSBECH *et al.*, 2000). Segundo alguns autores (IPIECA, 2000b; ITOFF, 2004) não existem evidências ou informações de um vazamento de óleo que tenha causado a morte de um número suficiente de peixes adultos ou estágios jovens em mar aberto a ponto de afetar significativamente as populações adultas. Isso ocorre principalmente porque em mar aberto as concentrações tóxicas são raramente alcançadas (MOSBECH *et al.*, 2000). No entanto, MASCARELLI (2010) afirma que os organismos oceânicos que foram expostos ao óleo quando larva ou embriões podem sofrer sérios danos. Na verdade, podem-se levar muitos anos para entender como a exposição ao óleo no início da vida irá afetar a população de peixes que não irá amadurecer e ser pescada por um tempo. Aqueles peixes que vivem por décadas, como as garoupas, podem se recuperar rapidamente, no entanto animais que vivem apenas de um a três anos, como os camarões, poderiam ser altamente afetados, podendo reduzir drasticamente suas populações por um tempo, afetando também a comunidade de pessoas que depende desse recurso (MASCARELLI, 2010).

B. Mapeamento

Para realizar o mapeamento, utilizou-se como referência o REVIZEE, segundo a qual os recursos tradicionalmente explorados na zona costeira estão distribuídos até cerca de 100 m de profundidade (MAGRO *et al.*, 2000). Assim, os recursos costeiros foram considerados aqueles que ocorrem a até 100 m de profundidade, e os oceânicos aqueles que ocorrem em profundidades maiores que 100 m. As Figuras II.9.4.2.12 à II.9.4.2.19 apresentam a localização dos recursos pesqueiros costeiros e oceânicos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo nos cenários de médio porte (200 m³) e pior caso, tanto no inverno como no verão. Por apresentarem uma área abrangente de ocorrência, estes CVAs foram classificados como difusos.

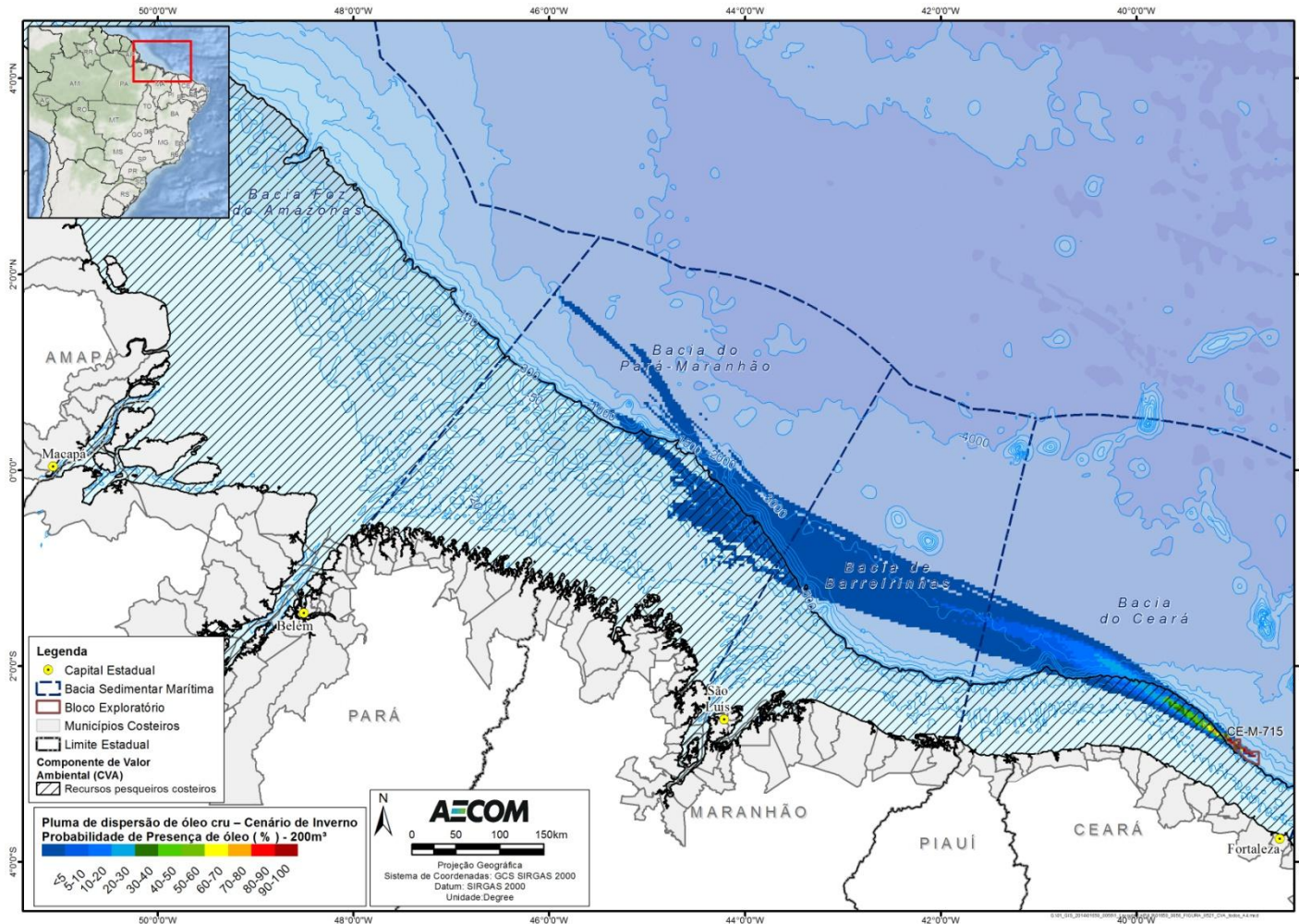


FIGURA II.9.4.2.12 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros costeiros na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

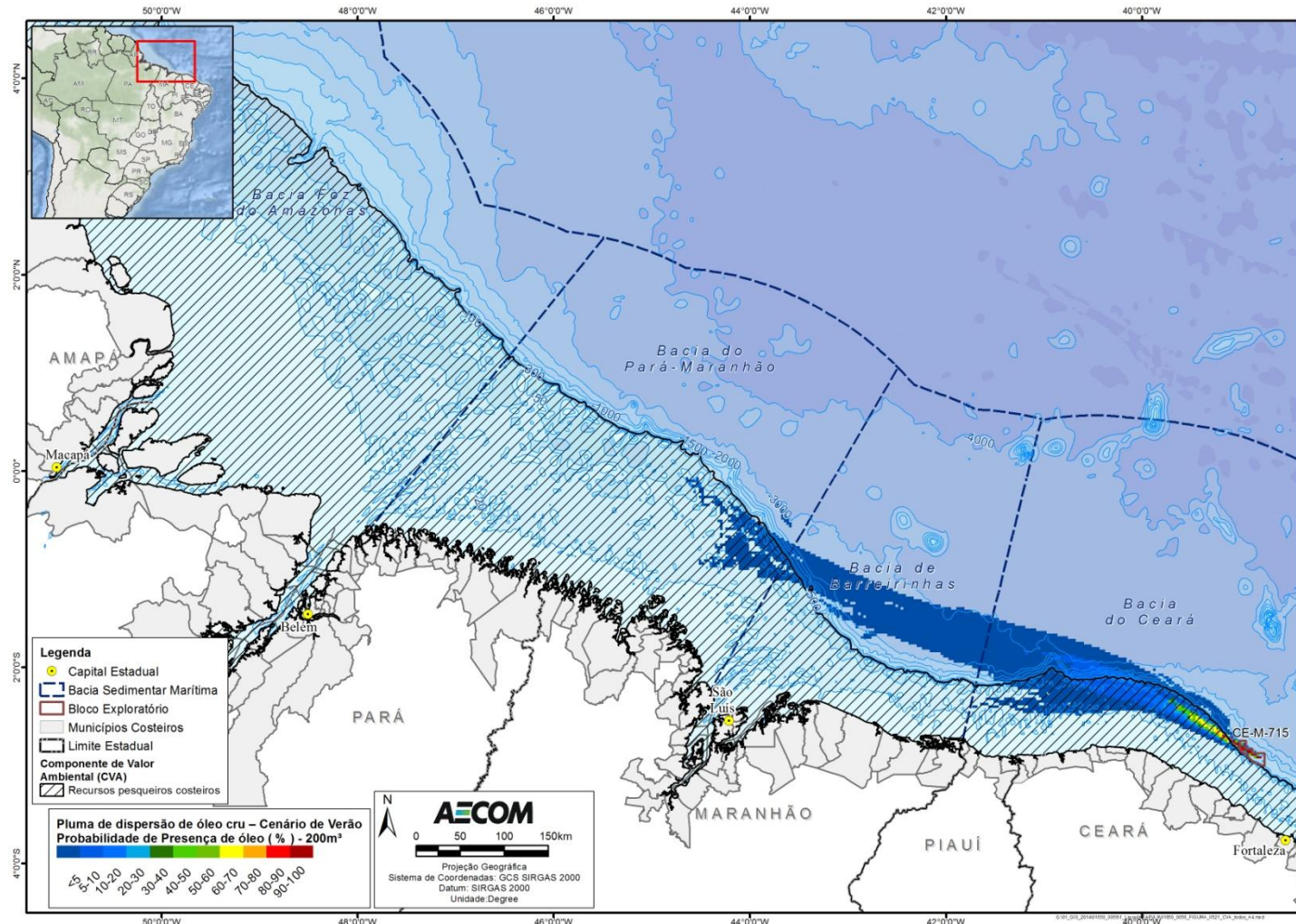


FIGURA II.9.4.2.13 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros costeiros na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

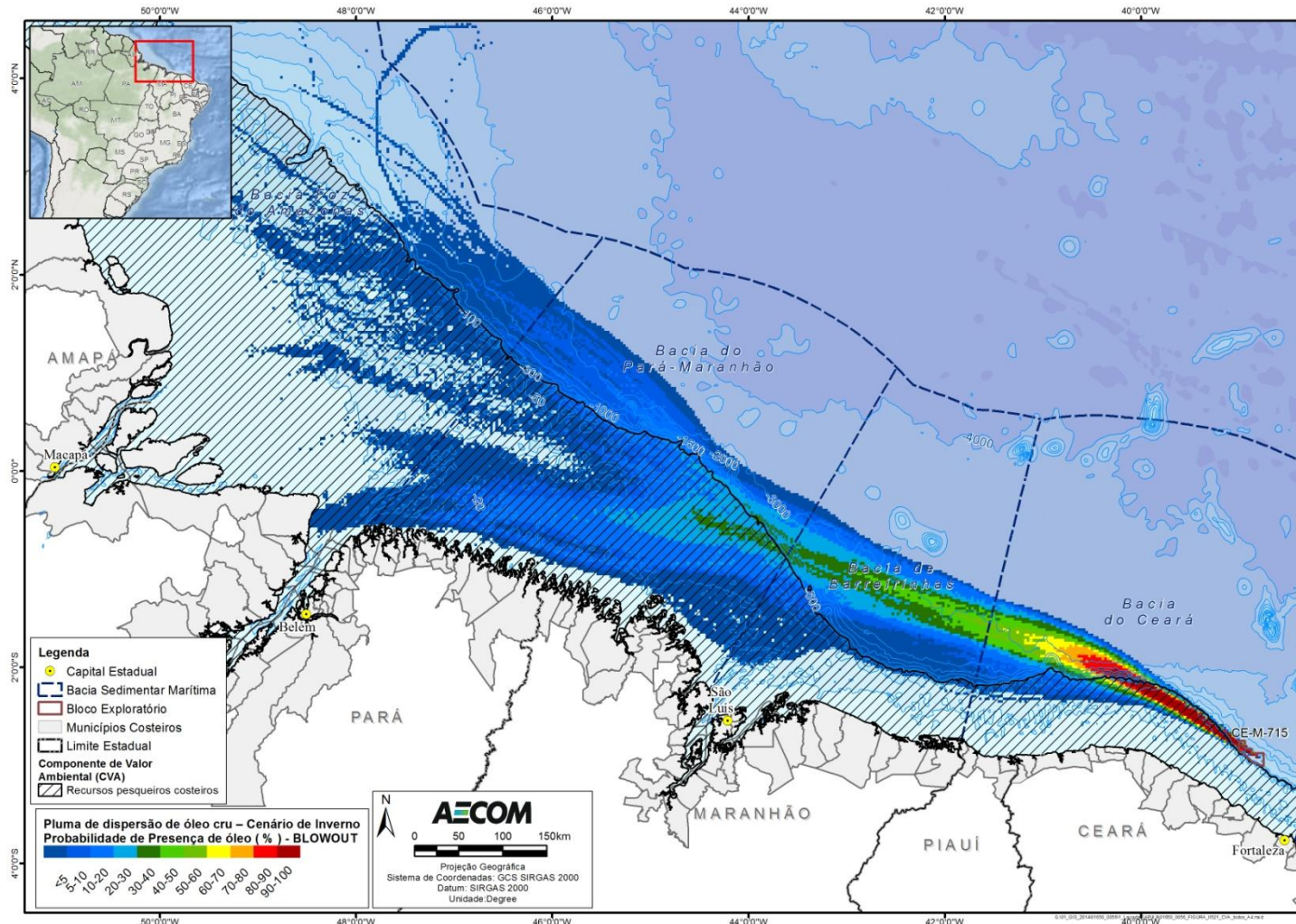


FIGURA II.9.4.2.14 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros costeiros na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

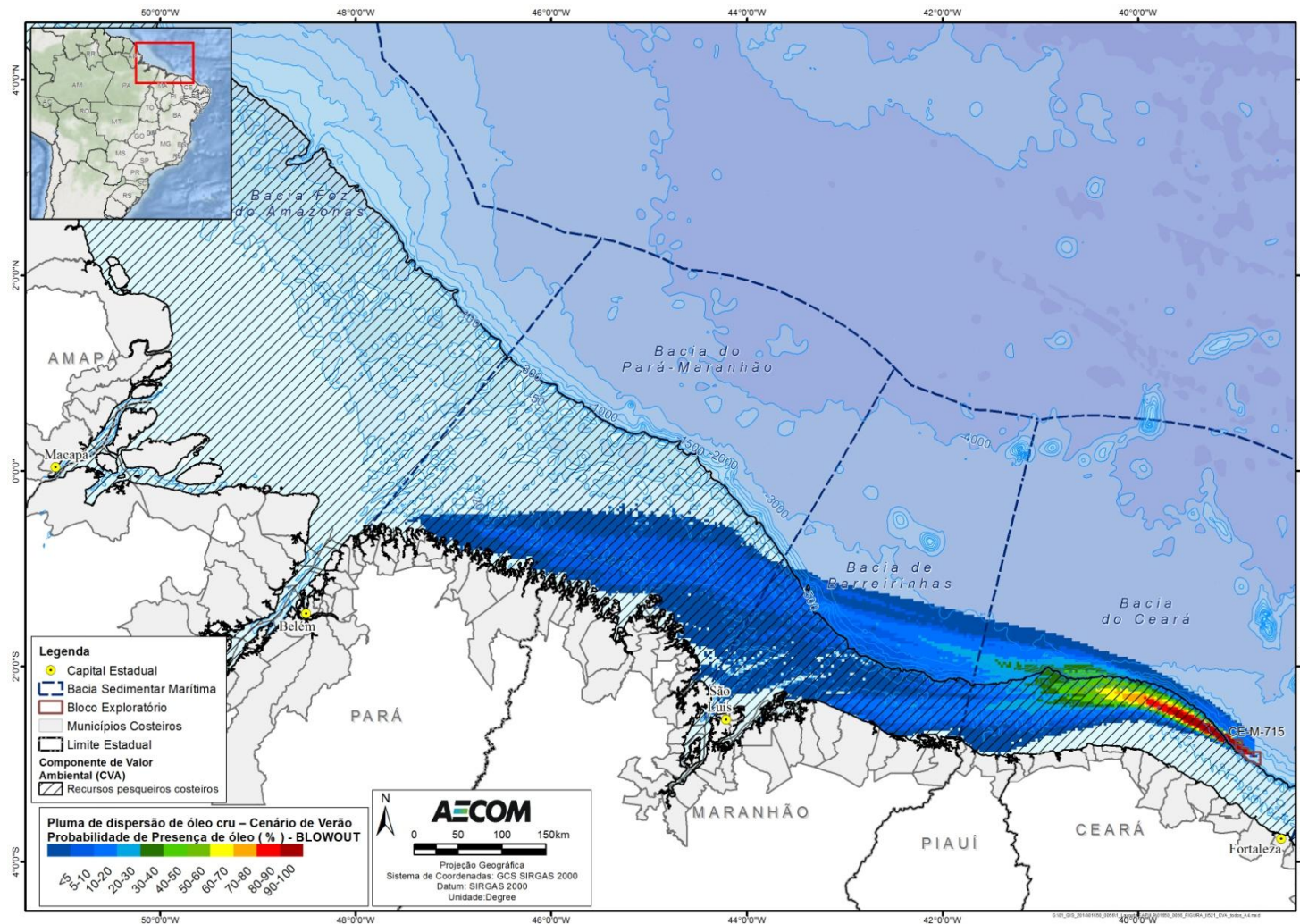


FIGURA II.9.4.2.15 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros costeiros na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

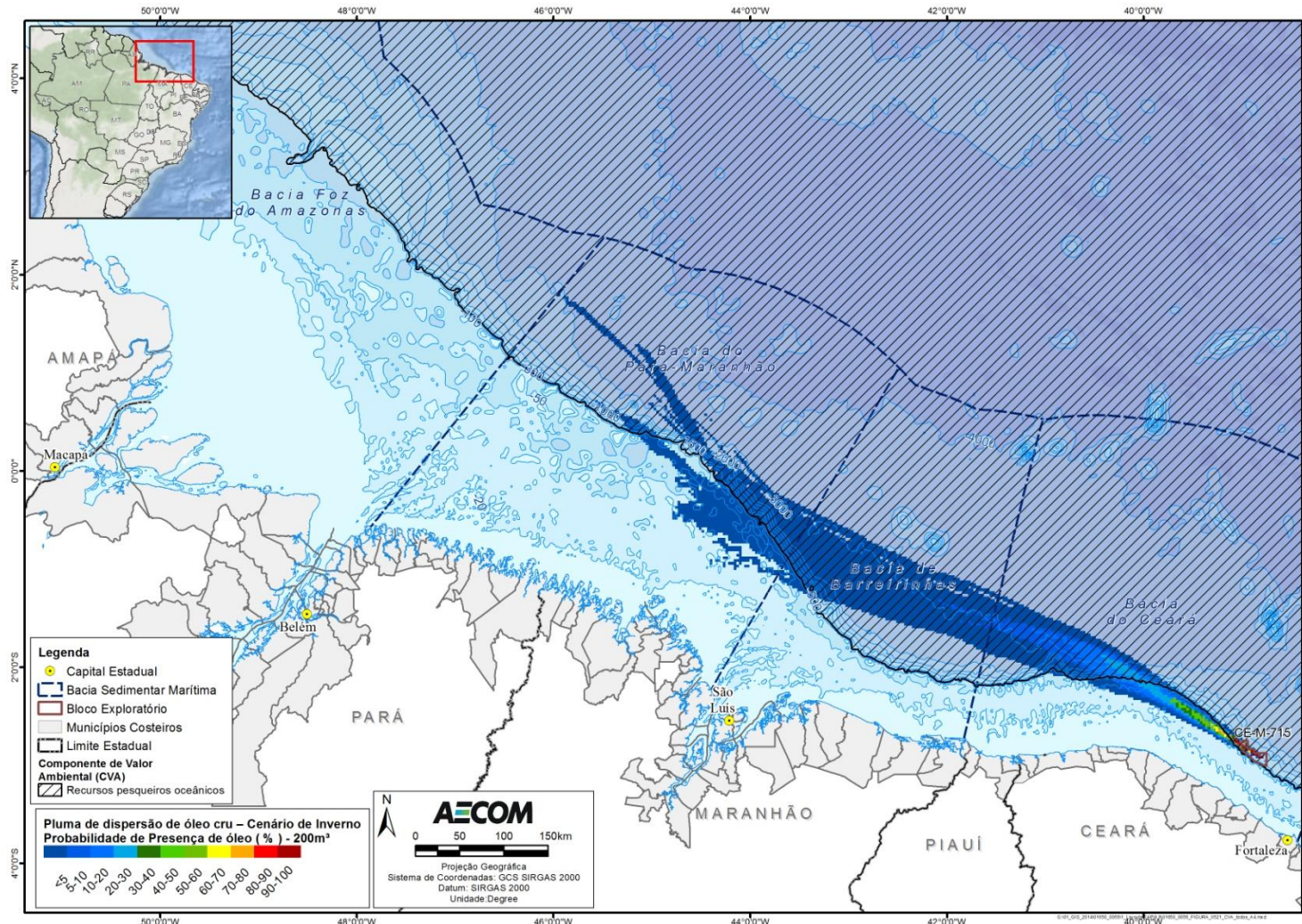


FIGURA II.9.4.2.16 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros oceânicos na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de inverno (integração coluna d’água e superfície).

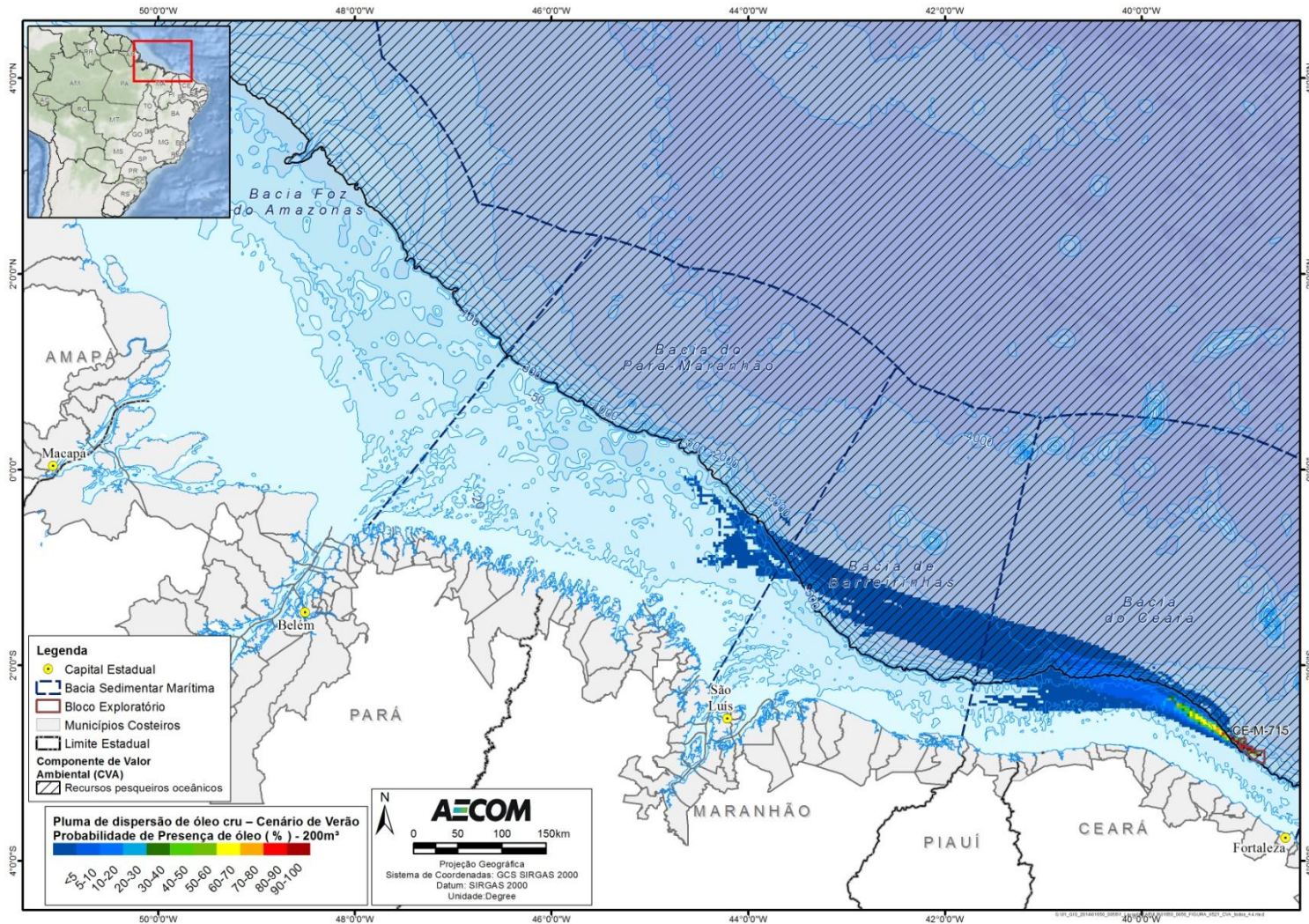


FIGURA II.9.4.2.17 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros oceânicos na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

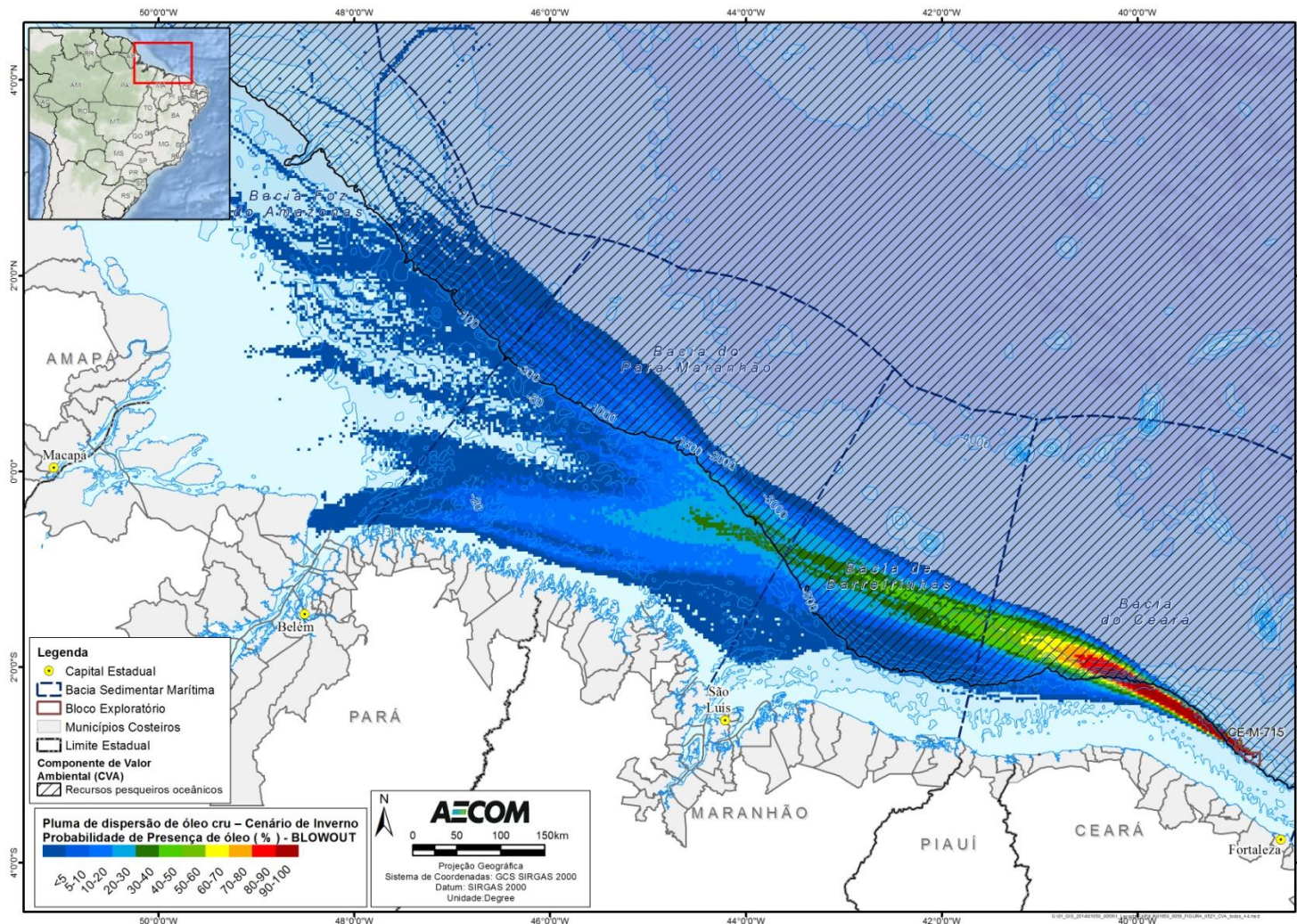


FIGURA II.9.4.2.18 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros oceânicos na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

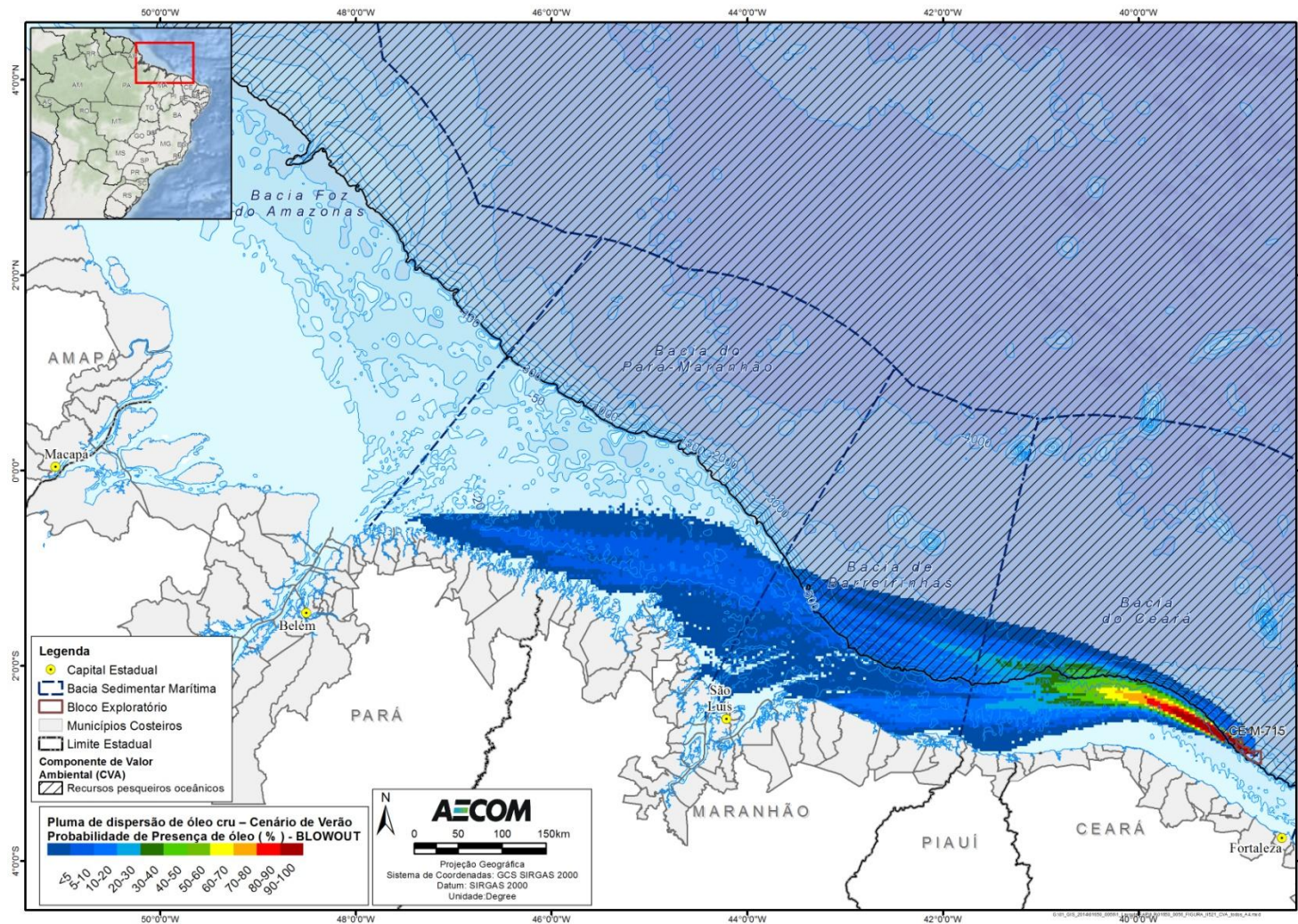


FIGURA II.9.4.2.19 – Área de ocorrência de recursos pesqueiros oceânicos na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

Para esse estudo, são entendidos como recursos pesqueiros os peixes, crustáceos e moluscos capturados pelos pescadores e marisqueiros inseridos na área de estudo, e que os utilizam para a própria subsistência ou como atividade comercial. Os organismos considerados são popularmente denominados como “frutos-do-mar” e em função do ambiente em que ocorrem são denominados pelágicos, bentônicos ou demersais. A maior parte das espécies comerciais como atuns, dourados e lulas é pelágica e vive em profundidades de até 200 m. As espécies bentônicas, por sua vez, são mais sedentárias, vivendo e se alimentando no substrato marinho e incluem peixes como raias, linguados e a maior parte dos crustáceos. Por fim, os organismos demersais são mais vageis, vivendo e/ou se alimentando sobre ou próximo ao fundo (FROESE & PAULY, 1998 *apud* HAIMOVICI & KLIPPEL, 1999; IPIECA, 2000b).

C. Tempos de Recuperação

Os efeitos de um vazamento de óleo sobre os recursos pesqueiros em determinada área depende de vários fatores, sendo esses fatores, em sua maioria, referentes às condições ecológicas e oceanográficas no momento do acidente. A natureza e a extensão do vazamento, as condições meteorológicas e oceanográficas, a época do ano, o tipo de atividade de pesca e os inúmeros aspectos ecológicos, em conjunto, influenciam a extensão do impacto sobre esse grupo (ITOPF, 2004; HJERMANN *et al.*, 2007). Com isso, alguns acidentes podem impactar consideravelmente os recursos pesqueiros enquanto outros podem ocasionar pequena ou nenhuma consequência.

Nenhum fator isolado é um parâmetro confiável para predizer ou mensurar o dano, sendo necessário um estudo cuidadoso do incidente para se chegar a conclusões corretas. Dessa forma, uma previsão precisa de tempo de recuperação se torna igualmente difícil (ITOPF, 2004).

Considerando-se a possibilidade de ocorrer um impacto sobre esses componentes, assume-se que um vazamento pode impactar a pesca e o pescado das seguintes maneiras:

- Afetando diretamente os organismos,
- Causando efeitos na pesca, e
- Impactando indiretamente a pesca e o pescado através de distúrbios nos ecossistemas.

Muitos ecossistemas como manguezais e recifes de coral são importantes para a pesca, tanto como áreas de berçário quanto como habitat. Para as espécies que vivem nesses ambientes, o tempo de recuperação considerado será aquele estipulado para o ecossistema em questão. Portanto, esses componentes abordarão as duas primeiras situações mencionadas acima, avaliando, principalmente, aqueles que residem na região oceânica.

Encontram-se detalhadas, a seguir, as formas com que os recursos pesqueiros e a pesca podem vir a ser impactados em caso de um derramamento significativo de óleo.

- **Efeitos diretos sobre os organismos**

- **Contaminação Física**

O óleo, dependendo da sua concentração e composição, pode causar inúmeros efeitos fisiológicos e histopatológicos nos animais (IPIECA, 2000b; ITOPF, 2004). Os organismos podem incorporar os componentes do óleo em seus tecidos através da água, sedimento ou ingestão de presas contaminadas (EPA, 1999).

Os peixes, por sua vez, normalmente evitam a contaminação física, já que nadam para longe da área contaminada evitando, assim, efeitos em longo prazo nas populações locais. Em áreas costeiras onde o óleo pode ficar preso em baías e enseadas, concentrações tóxicas podem ser alcançadas, podendo causar efeitos letais nos peixes (MOSBECH *et al.*, 2000). Nesses locais, o dano potencial para os organismos é grande, particularmente nas espécies que possuem estoque restrito ou com limitadas áreas de desova (IPIECA, 2000b).

Os componentes do óleo também são improváveis de bioacumular em altas concentrações nos tecidos dos peixes, já que eles são capazes de metabolizar e excretar esses contaminantes (MOSBECH *et al.*, 2000). Entretanto, os efeitos diretos do óleo em bancos costeiros de moluscos é uma preocupação particular, já que os moluscos sésseis são incapazes de nadar para fora de águas poluídas. Nos acidentes Arrow e Amoco Cadiz, por exemplo, um número significativo de mexilhões foi morto (IPIECA, 2000b).

Diminuições na taxa de sobrevivência dos ovos assim como mutações também são observadas como efeito da contaminação por óleo. Meses após o vazamento do Exxon Valdez no Alaska, ovos de salmão que foram expostos ao óleo apresentaram uma diminuição na taxa de sobrevivência em comparação com aqueles que não foram expostos ao óleo. Algumas mutações raras, como o crescimento de uma nadadeira a mais, também apareceram em uma pequena fração da população. Alguns desses efeitos diminuíram após cinco anos (MASCARELLI, 2010).

- **Alterações de comportamento**

Em alguns casos, o comportamento de peixes pode ser alterado causando detrimento da pesca local. A pesca que depende do aparecimento sazonal do peixe, por exemplo, pode ser interrompida se o peixe alterar sua rota de migração como resultado de um derrame de óleo. Entretanto, esse impacto pode ser revertido uma vez que muitos peixes são territoriais e geralmente retornam para as áreas impactadas depois de retirado o óleo, podendo restabelecer territórios para alimentação e reprodução (IPIECA, 2000b; MOSBECH *et al.*, 2000).

As lagostas e caranguejos, por sua vez, dependem largamente do sentido olfativo para realizar suas atividades, e a exposição ao óleo ou a seus derivados perturba essa percepção de odor. Alguns trabalhos demonstraram que isso afeta o comportamento de caça dessas espécies, principalmente no que diz respeito à alimentação e à busca por parceiros em lagostas, e no comportamento de acasalamento em caranguejos. Entretanto, é difícil reproduzir um ambiente tão complexo em laboratório, e alguns estudos de exposição em

curto prazo têm sido inconsistentes em termos de condições reais em que os organismos estão expostos durante um vazamento de óleo (IPIECA, 2000b).

- **Efeitos no plâncton**

Os ovos e as larvas de peixe são geralmente mais sensíveis à poluição por óleo do que os peixes adultos (IPIECA, 2000b; MOSBECH *et al.*, 2000). Embora os ovos e larvas possam sofrer mortalidade causada pela exposição a vazamentos de óleo, existem relativamente poucos casos reportados em que o óleo tenha conclusivamente impactado de forma significativa os estoques pesqueiros (HJERMANN *et al.*, 2007). Entretanto, isso não significa que os estoques pesqueiros não possam ser afetados por vazamentos de óleo. Os estoques podem estar em risco se o vazamento for muito grande, coincidir com períodos de desova ou se o óleo derivar para locais que apresentem espécies com desova restrita a poucas áreas ou a áreas fisicamente restritas (p. ex. baías) (IPIECA, 2000b).

A maior preocupação é com os HPAs (hidrocarbonetos policíclico aromáticos), componentes do óleo que podem ter efeitos subletais em longo prazo naqueles organismos marinhos que estão no auge da época de desova quando acontece um vazamento de óleo (MASCARELLI, 2010). HPAs podem prejudicar o crescimento dos peixes, que por ficarem menores deixam de ser predados por peixes maiores, como anchova ou atum, para serem alvo de espécies menores que consomem peixes pequenos. Dessa forma, peixes de níveis mais elevados da cadeia trófica têm sua oferta de alimento reduzida acarretando, ainda, um impacto sobre a pesca. A exposição a esses componentes no início do ciclo de vida também pode levar à infertilidade e a uma série de problemas de desenvolvimento (MASCARELLI, 2010).

Após o acidente com o navio Arco Merchant, em 1976, por exemplo, foram reportados efeitos diretos no ictioplâncton, incluindo a morte de um número mensurável de larvas nas proximidades do vazamento. Entretanto, por causa do grande número de ovos e larvas que são produzidos anualmente e por muitas espécies possuírem extensas áreas de desova, não foram encontrados efeitos no número da subsequente população de adultos (IPIECA, 2000b).

Segundo TEAL & HOWARTH (1984), sem um estudo intensivo e bem desenvolvido, ninguém saberia ou seria capaz de dar um bom palpite quanto à existência de uma conexão entre o dano causado pela poluição por óleo e o fracasso no recrutamento posterior. Com isso, não é possível definir se as taxas de recrutamento não são simplesmente um fenômeno natural, ou seja, outro ano no qual o recrutamento foi sem sucesso.

Como a área de estudo está inserida na região tropical, onde a produtividade primária e as taxas de degradação são altas, os ecossistemas são relativamente complexos e os estoques pesqueiros frequentemente desovam por um longo período ou durante o ano todo, espera-se que os impactos sobre o ictioplâncton sejam significativamente reduzidos e, portanto, o tempo de recuperação deste grupo ao incidente também.

- **Efeitos na pesca**

Acidentes com vazamentos de óleo podem resultar em perdas na atividade pesqueira, uma vez que os pescadores não podem ou não querem pescar devido ao risco de incrustação do óleo nos barcos ou nos artefatos de pesca. Essa contaminação pode, também, acabar sendo transferida para o pescado. No caso de

toque de óleo na região litorânea e nerítica, a mariscagem também é prejudicada, pois a prática corrente de coleta manual não dá conta de localizar e remover espécies com óleo (ITOPF, 2004).

Em situações de vazamento frequentemente são criadas zonas de exclusão, dentro das quais os pescadores são proibidos de pescar até que suas espécies-alvo sejam declaradas como livres de contaminação. A depender da localização e da extensão da região afetada, pode haver perda financeira, ainda que temporária, para o pescador (IPIECA, 2000b).

Alguns artefatos de pesca são mais sensíveis que outros à contaminação por óleo. A Tabela II.9.4.2.6 apresenta alguns dos principais artefatos de pesca utilizados na região de estudo e sua sensibilidade ao encalhe e/ou ao óleo.

TABELA II.9.4.2.6 – Sensibilidade dos artefatos de pesca a danos causados por encalhe ou contaminação por óleo.

Tipo de artefato de pesca	Sensibilidade
Currais, fuzarca, cacuri, manzuás, covos, gaiolas e pesqueiros	Alta
Tarrafa, rede de emalhe	Moderada
Arrasto de praia	Moderada/baixa
Linha de mão, espinhel	Baixa
Arrasto de fundo	Baixa

Fonte: IPIECA (2000b); ITOPF (2004).

Conforme observado na Tabela acima, equipamentos que flutuam e se estendem pela superfície do mar, como tarrafas e armadilhas, são mais suscetíveis à contaminação pelo óleo, enquanto que as linhas e o arrasto de fundo são geralmente menos sensíveis, desde que não sejam levantados até a superfície do mar suja com óleo, ou afetadas por óleo submerso.

Esse tipo de impacto normalmente é temporário, com os pescadores voltando à sua atividade normal após o óleo ter sido removido das embarcações, artefatos de pesca e/ou do mar.

- **Impalatabilidade (*taint*)**

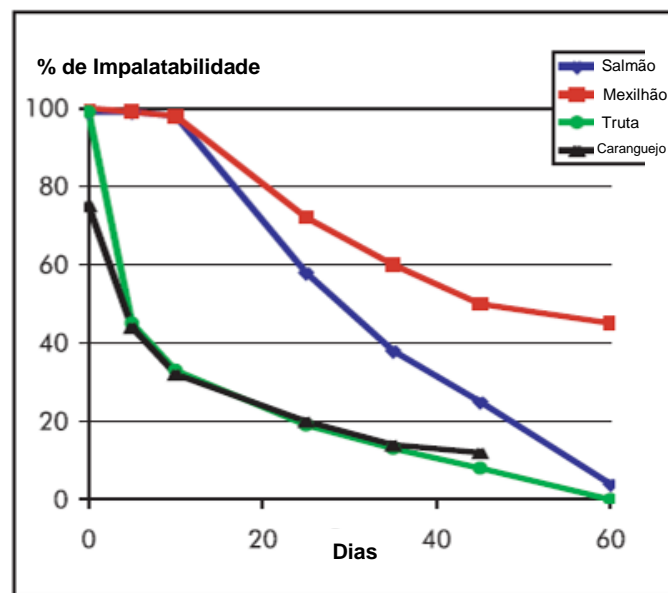
A contaminação dos recursos pesqueiros por substâncias derivadas do óleo pode, geralmente, ser detectada por um odor e sabor característicos do petróleo. Com isso, peixes, crustáceos e moluscos tornam-se impalatáveis e impróprios para a venda (ITOPF, 2004). A concentração que pode causar a impalatabilidade e a persistência do fenômeno, varia de acordo com o tipo de óleo, espécie impactada, extensão da exposição e com as condições hidrográficas e de temperatura (IPIECA, 2000b; ITOPF, 2004).

Os consumidores podem, rapidamente, perder a confiança nos produtos como resultado de uma simples suspeita, ou real contaminação do pescado que chega aos mercados (ITOPF, 2004).

Os peixes podem adquirir tais substâncias através da água ou do sedimento via absorção através das brânquias e da pele ou, ainda, se alimentando de presas contaminadas. As espécies comerciais também podem se contaminar externamente através do contato com petrechos de pesca contaminados. E se o óleo atingir o sedimento, espécies bentônicas de fundo lamoso, como a lagosta, correm um risco particular de se

tornarem impalatáveis, porque sedimentos finos podem absorver e reter maiores quantidades de óleo (IPIECA, 2000b).

A escala temporal para a perda da impalatabilidade (uma vez que a fonte de contaminação tenha sido removida) é relativamente curta e vai de dias a meses, dependendo do tempo de exposição, da espécie, da temperatura e de padrões de alimentação, entre outros fatores (IPIECA, 2000b). A Figura II.9.4.2.20 apresenta a taxa de depuração (perda da impalatabilidade) para salmão, mexilhão, truta e caranguejo após uma exposição experimental a óleo cru.



Fonte: ITOPF (2004)

FIGURA II.9.4.2.20 – Taxa de depuração de recursos pesqueiros após contaminação por óleo.

O gráfico acima mostra que a maioria das espécies torna-se novamente palatável em cerca de 60 dias. Ressalta-se que os moluscos sésseis tendem a permanecer mais tempo impalatáveis, uma vez que não podem se afastar da fonte de contaminação. Entretanto, tão logo a fonte seja removida eles podem iniciar seu processo de recuperação.

É importante ressaltar que o alimento se torna impalatável mesmo em níveis muito baixos de contaminação, trazendo uma margem de segurança em termos de saúde pública. Ou seja, no contexto de contaminação por óleo, se um recurso pesqueiro está palatável, então é seguro comê-lo (ITOPF, 2004).

Após o acidente com o petroleiro Braer, em 1993, na região próxima ao litoral da Nova Escócia (Canadá), os níveis de contaminação nos peixes coletados na zona de exclusão decaíram rapidamente e, três meses após o vazamento, a proibição da pesca foi retirada. Entretanto, um ano após o acidente ainda existiam áreas com níveis elevados de óleo no sedimento. Algumas espécies de moluscos, que estão mais expostas ao óleo no sedimento do que os peixes, ainda apresentavam níveis baixos de contaminação, fazendo com que a captura dessas espécies permanecesse proibida (MOSBECH *et al.*, 2000).

C1. Estudos de Caso

A Tabela II.9.4.2.7 apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados para os recursos pesqueiros.

TABELA II.9.4.2.7 – Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre a pesca e os recursos pesqueiros.

Vazamento	Efeitos reportados
1969: <i>Blowout</i> do poço Santa Barbara, Califórnia- EUA. Volume do óleo derramado: 4.500 a 10.500 toneladas de óleo cru.	Efeitos negativos em curto prazo na abundância do bonito e da cavala. Sem efeitos em longo prazo na abundância das espécies pelágicas estudadas.
1976: Argo Merchant, Estados Unidos. Volume do óleo derramado: 28.000 toneladas de petróleo venezuelano.	Mortandade de ovos de peixes e redução da densidade de larvas, porém os estoques de peixes estudados entre 1975-1977 não mostraram grandes impactos. O vazamento não ocorreu durante o pico da época de desova. Ocasionalmente foram observados exemplares de peixes e mariscos contaminados.
1977: Tsesis, Mar Báltico, Suécia. Volume do óleo derramado: 1.000 toneladas de óleo combustível médio.	Um mês após o vazamento, arenques foram pescados normalmente nas áreas impactadas pelo óleo. Não foi detectada contaminação nos tecidos. Alguns efeitos na desova foram reportados na primavera seguinte, mas esses podem ter outras causas que não o derrame. Após o desastre, foi observado um aumento na mortandade de ovos e larvas de peixes. Apesar de não ter sido observado significativa mortandade de peixes comerciais, a frequência de desovas diminuiu. Os mariscos apresentaram níveis notáveis de contaminação.
1977: Ekofish 'Bravo <i>blowout</i> , Mar do Norte. Volume do óleo derramado: 9.000 a 13.000 toneladas de óleo cru.	Peixes capturados por arrasto de fundo foram analisados para a presença de hidrocarbonetos. Houve evidências de contaminação em peixes duas semanas após a explosão, mas somente em quantidades reduzidas.
1978: Amoco Cadiz. N. Brittany (Bretanha). Volume do óleo derramado: 223.000 toneladas de petróleo do Irã e da Arábia e 4.000 toneladas de combustível.	Muitas toneladas de peixes foram mortos. Cardumes de um ano de solha, linguado e tainha desapareceram das zonas mais afetadas e demonstraram redução de crescimento, fecundidade e recrutamento. A reprodução e o crescimento de peixes de fundo em baías impactadas e anormalidades histopatológicas ficaram evidentes na região anos depois. Duas semanas após o acidente, milhões de moluscos, ouriços-do-mar e outras espécies bentônicas mortas foram encontrados nas praias. Equinodermos e pequenos crustáceos quase desapareceram completamente de algumas áreas, mas a população de muitas espécies se recuperou dentro de um ano. O cultivo de ostra foi seriamente afetado e estima-se que 9.000 toneladas foram destruídas por causa da contaminação ou como medida de segurança.
1979: Betelgeuse, Bantry Bay, Irlanda. Volume do óleo derramado: Óleo leve cru árabe – explosão pós-vazamento de 18 meses.	O badejo e a espadilha desovaram normalmente na primavera. Não houve efeitos adversos sérios nos ovos e larvas das espécies comerciais detectadas. Nenhuma redução aparente no processo de reprodução das vieiras em 1979.



Vazamento	Efeitos reportados
1980: Bahrain. Volume do óleo derramado: Estima-se que 3.300 toneladas chegaram a costa.	Inicialmente, alguns indivíduos mortos de garoupas, xereletes e sardinhas, sem ocorrência de mortalidade massiva.
1983: Castillo de Bellver, África do Sul. Volume do óleo derramado: 160.000 a 190.000 toneladas de óleo cru.	O vazamento se manteve na região oceânica. Impacto aparentemente pequeno nos estoques. Ocorrência e abundância normais de ovos e larvas. O vazamento ocorreu antes da principal temporada de desova.
1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico. Volume do óleo derramado: 700.000 a 900.000 toneladas de óleo cru.	Entre 1991-92, os estoques de camarão mostraram um declínio de 25% na biomassa em relação aos níveis pré-guerra. As causas exatas não foram estudadas.
1989: Exxon Valdez, Alasca, EUA. Volume do óleo derramado: 37.000 toneladas de petróleo.	Após o vazamento do “Exxon Valdez”, em uma comparação entre peixes de áreas contaminadas e não contaminadas, foi demonstrada que as taxas de prevalência e de intensidade do parasitismo foram significativamente mais altas em grupos expostos ao óleo. Houve esforços especiais para proteger a pesca. Alguns cientistas contestam a evidência de dano em longo prazo para a fauna e as populações de peixes locais.
1993: Braer, Nova Escócia, Canadá. Volume do óleo derramado: 84.700 toneladas de petróleo, além de até 1.500 toneladas de combustível.	Uma grande variedade de peixes, crustáceos e moluscos presentes em uma área bem grande contaminou-se com óleo, resultando na imposição de uma Zona de Exclusão de Pesca. O salmão cultivado em gaiolas em águas superficiais não conseguiu escapar da contaminação. Após seis anos, realizaram-se novas análises e percebeu-se que os organismos estavam livres de contaminação. Os efeitos do óleo foram localizados e foram encontrados somente impactos temporários sobre os animais. Considerando o tamanho do derramamento, os impactos ambientais foram surpreendentemente limitados.
1970: Arrow, Baía Chedabucto, Canadá. Cerca de 11.000 toneladas de petróleo.	Registros mostraram contaminação em tecidos de moluscos e crustáceos, além da diminuição de seu crescimento e estoque. Estudos concluíram que as lagostas atingidas não afetariam o consumo humano, porém, o mesmo foi proibido. Além disso, análises indicaram a presença de óleo no aparelho digestivo e nos órgãos das vieiras.

Modificado de IPIECA (2000b); ITOPF, 2010a; MOSBECH *et al.* (2000); TEAL & HOWARTH (1984).

Alguns dos estudos realizados abordaram, especificamente, o tempo de recuperação para os principais acidentes, dentre eles podemos citar o trabalho realizado por MARTÍNE-GOMEZ *et al.* (2009) após o acidente com o navio-tanque Prestige, no litoral da Espanha, em 2002. Os autores buscaram determinar, através da análise de biomarcadores, se duas espécies de peixes demersais (*Lepidorhombus boscii* e *Callionymus lyra*) tinham tido alguma resposta à exposição por hidrocarbonetos nos anos seguintes ao acidente. Os resultados mostraram uma diminuição significativa na contaminação ao longo do tempo, sendo que três anos após o vazamento, as espécies tinham recuperado seus valores metabólicos normais.

Outro estudo que pode ser citado é o realizado por FALL & FIELS (1993) após o acidente com o petroleiro Exxon Valdez, no litoral do Alasca, em 1989. Os autores estudaram as consequências do acidente na atividade pesqueira e notaram que a pesca de subsistência caiu 77% em 10 das 15 comunidades estudadas, em comparação com as médias registradas antes do acidente. Isso ocorreu principalmente por causa da

incerteza dos moradores sobre a segurança do consumo de alimentos. O estudo foi realizado por três anos e foram analisados também tecidos de invertebrados e peixes quanto à concentração de hidrocarbonetos. Os resultados indicaram que os peixes de todas as áreas eram seguros para a alimentação, mas que os invertebrados da zona entre marés de algumas áreas específicas não deviam ser consumidos. Ao final dos três anos de estudo, o nível de coleta para subsistência apresentou recuperação em algumas comunidades, mas ainda assim ficou abaixo das médias observadas antes do vazamento.

C.2. Conclusão

Considerando o exposto anteriormente, pode-se dizer que os recursos pesqueiros podem ser afetados, diretamente, por um vazamento de óleo ou, indiretamente, através dos ecossistemas que os suportam. Entretanto, existe uma grande dificuldade em separar o processo natural do induzido pelo vazamento de óleo na instabilidade das populações, e não existe evidência de que algum vazamento de óleo tenha matado um número suficiente de peixes em mar aberto, a ponto de afetar a população adulta. O impacto potencial é mais significativo em áreas costeiras com águas abrigadas, particularmente para espécies com áreas de reprodução restritas.

Com base nas informações e estudos de tempo de recuperação apresentados acima, considerou-se satisfatório definir que o tempo de recuperação para esses componentes na região está entre 1 e 3 anos.

- **CVA Tartarugas marinhas**

A. Introdução

De acordo com TAMAR (1999), a região norte do Brasil, desde o estado do Rio Grande do Norte até o Amapá, é uma imensa área de ocorrência de tartarugas marinhas, onde os poucos registros de que se tem conhecimento estão associados à captura acidental relacionada às artes de pesca. Porém, tais registros apontam para a ocorrência das cinco espécies existentes no Brasil na região (ALMEIDA *et al.*, 2011a; ALMEIDA *et al.*, 2011b; CASTILHOS *et al.*, 2011; MARCOVALDI *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011).

Todas as espécies presentes na região de estudo são consideradas ameaçadas de extinção mundialmente pela União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (IUCN, 2015), bem como nacionalmente pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014). A Tabela II.9.4.2.8 apresenta as espécies encontradas no litoral da área de estudo e seu *status* de conservação.

TABELA II.9.4.2.8 – Lista de espécies de tartarugas marinhas encontradas na área de estudo.

Família	Espécie	Nome Comum	MMA (2014)	IUCN (2015)
Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i>	Tartaruga-cabeçuda	EN	EN
	<i>Chelonia mydas</i>	Tartaruga-verde	VU	EN
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tartaruga-de-pente	CR	CR
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Tartaruga-oliva	EN	VU
Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i>	Tartaruga-de-couro	CR	VU

Fonte: MMA (2014) e IUCN (2015).

Categorias segundo MMA (2014) e IUCN (2015):

EN - Em perigo – Risco muito alto de extinção na natureza.

VU - Vulnerável – Risco alto de extinção na natureza.

CR - Criticamente em perigo – Quando um táxon é considerado como enfrentando um risco extremamente alto de extinção na natureza.

A maior parte das tartarugas marinhas atinge a maturidade sexual entre os 20 e 30 anos, embora espécies como a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) alcancem a maturidade entre 11 e 16 anos. A partir daí, passam a viver em áreas de alimentação, de onde saem apenas na época da reprodutiva, quando migram para as praias na qual nasceram. Estima-se que, de cada mil filhotes, apenas um ou dois atingem a idade adulta, sendo que a maioria acaba por servir de alimento para crustáceos, aves e peixes. O acasalamento ocorre no oceano, em águas profundas ou costeiras, muitas vezes próximas às áreas de desova (PROJETO TAMAR, 2015).

Informações sobre os impactos do óleo nas áreas de desova das tartarugas-marinhas serão abordadas no presente documento a fim de fornecer uma visão completa dos possíveis impactos do óleo em todas as fases de vida desse grupo biológico.

B. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.21 à II.9.4.2.24 apresentam as áreas de ocorrências não reprodutivas de tartarugas marinhas nas áreas com probabilidade de chegada de óleo, considerando o cenário de vazamento de 200 m³ e de pior caso, tanto no inverno como no verão. Por apresentar uma área abrangente de ocorrência, este CVA foi classificado como difuso.

Para a definição destas áreas de ocorrência, foram usadas informações contidas no documento “Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha” (MMA, 2002) e na sua atualização (MMA, 2007), e nos documentos de avaliação do estado de conservação de tartarugas marinhas no Brasil (ALMEIDA *et al.*, 2011a; ALMEIDA *et al.*, 2011b; CASTILHOS *et al.*, 2011; MARCOVALDI *et al.*, 2011, SANTOS *et al.*, 2011).

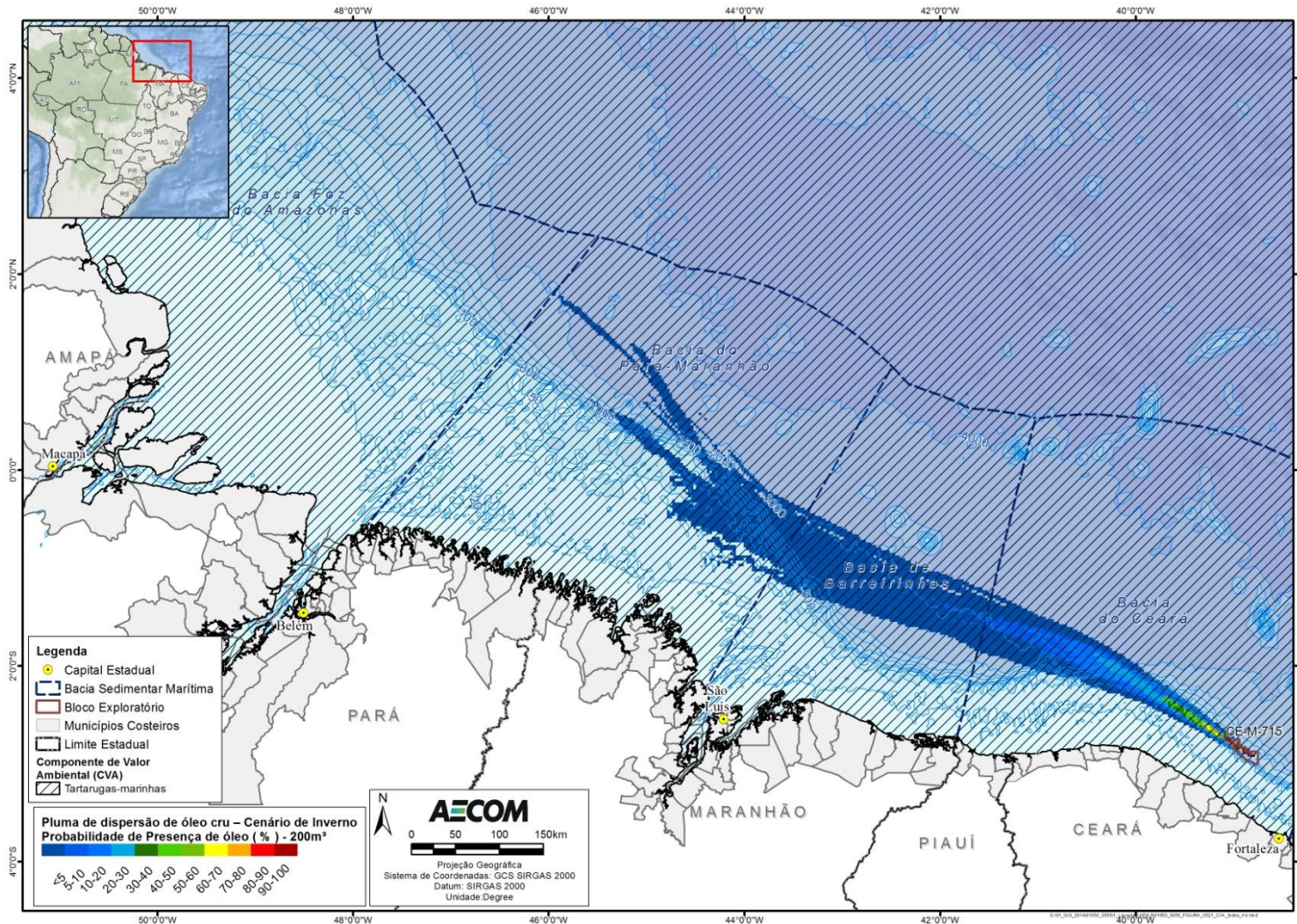


FIGURA II.9.4.2.21 – Área de ocorrência não reprodutiva de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de inverno (integração coluna d’água e superfície).

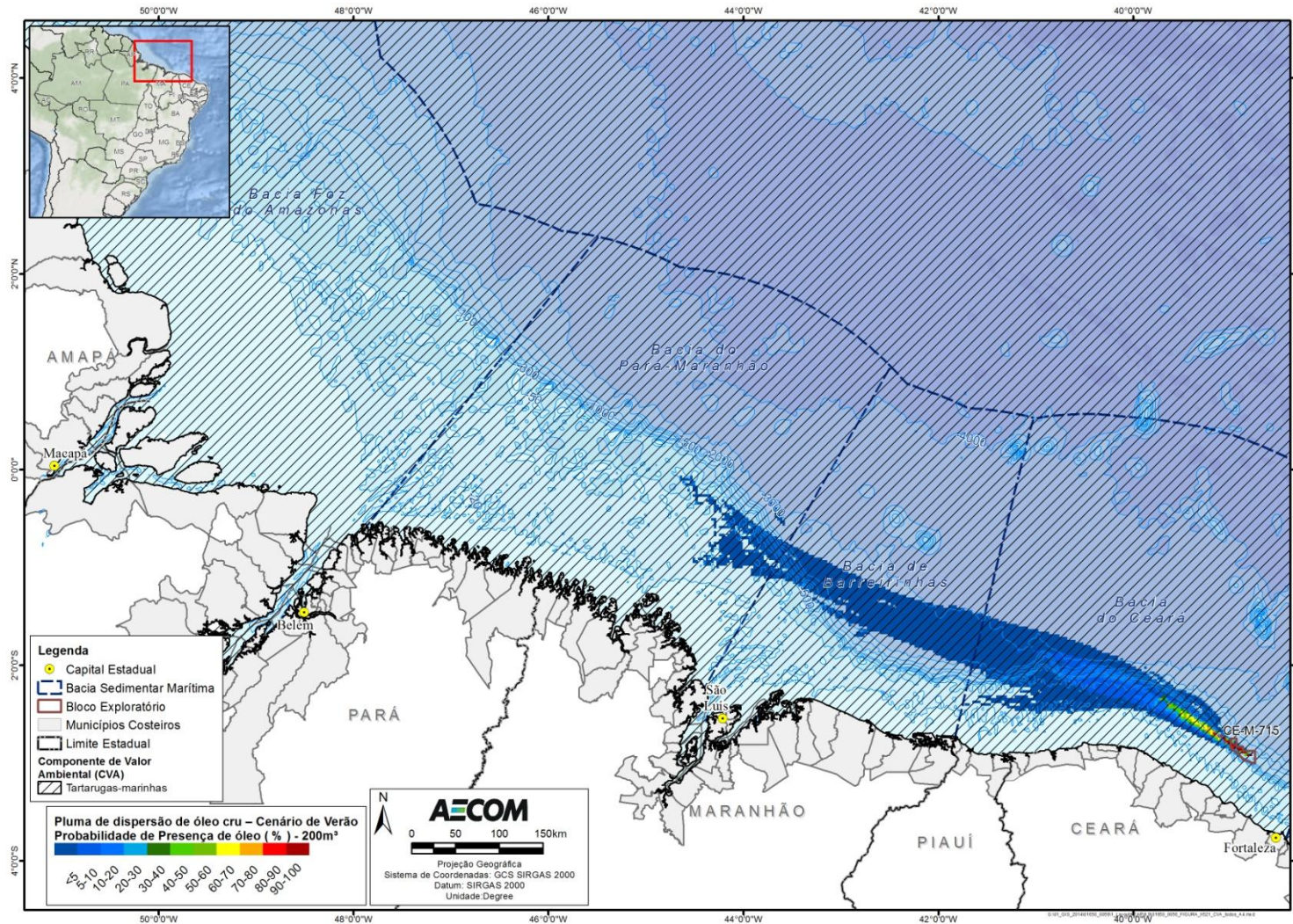


FIGURA II.9.4.2.22 – Área de ocorrência não reprodutiva de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

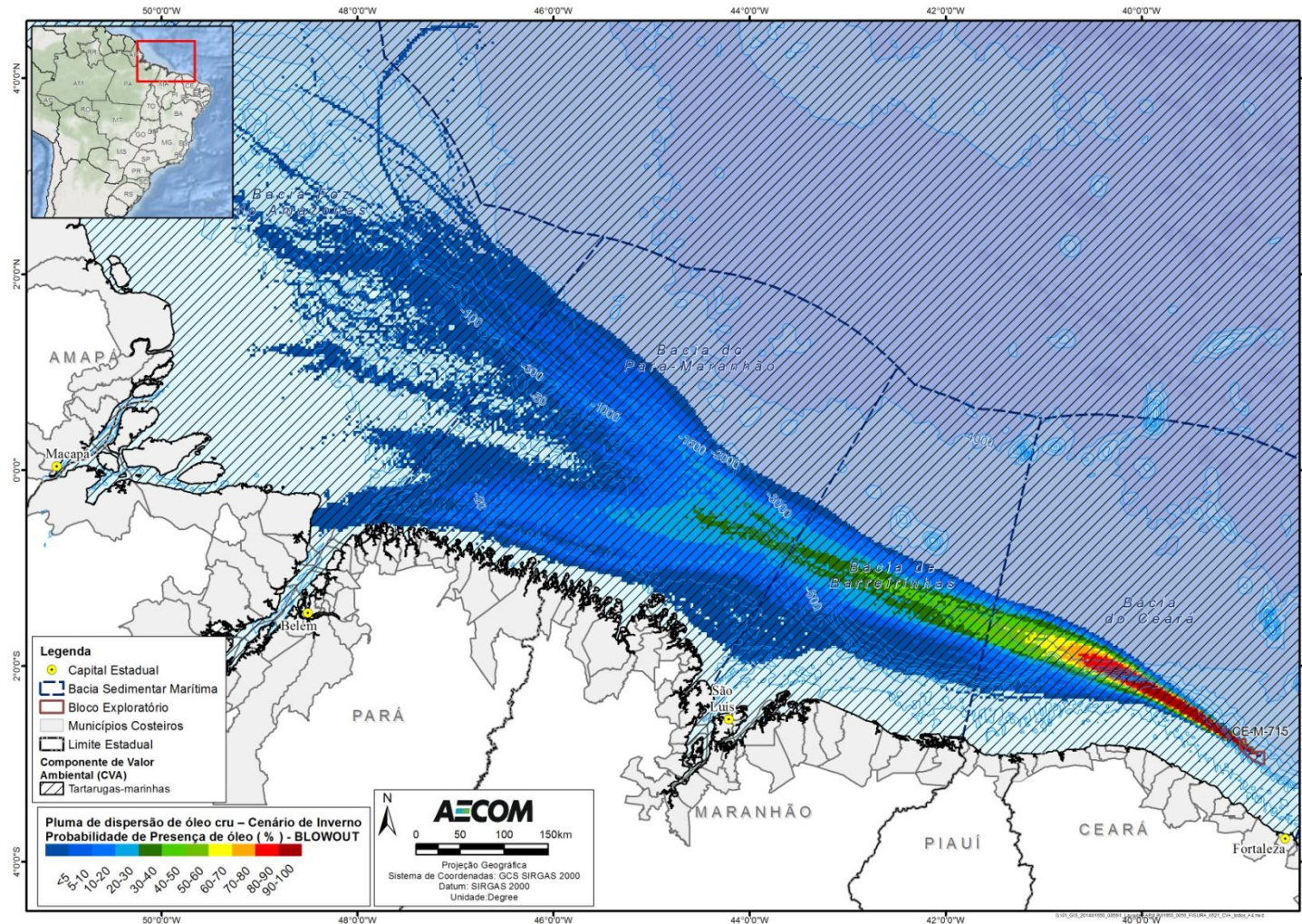


FIGURA II.9.4.23 – Área de ocorrência não reprodutiva de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

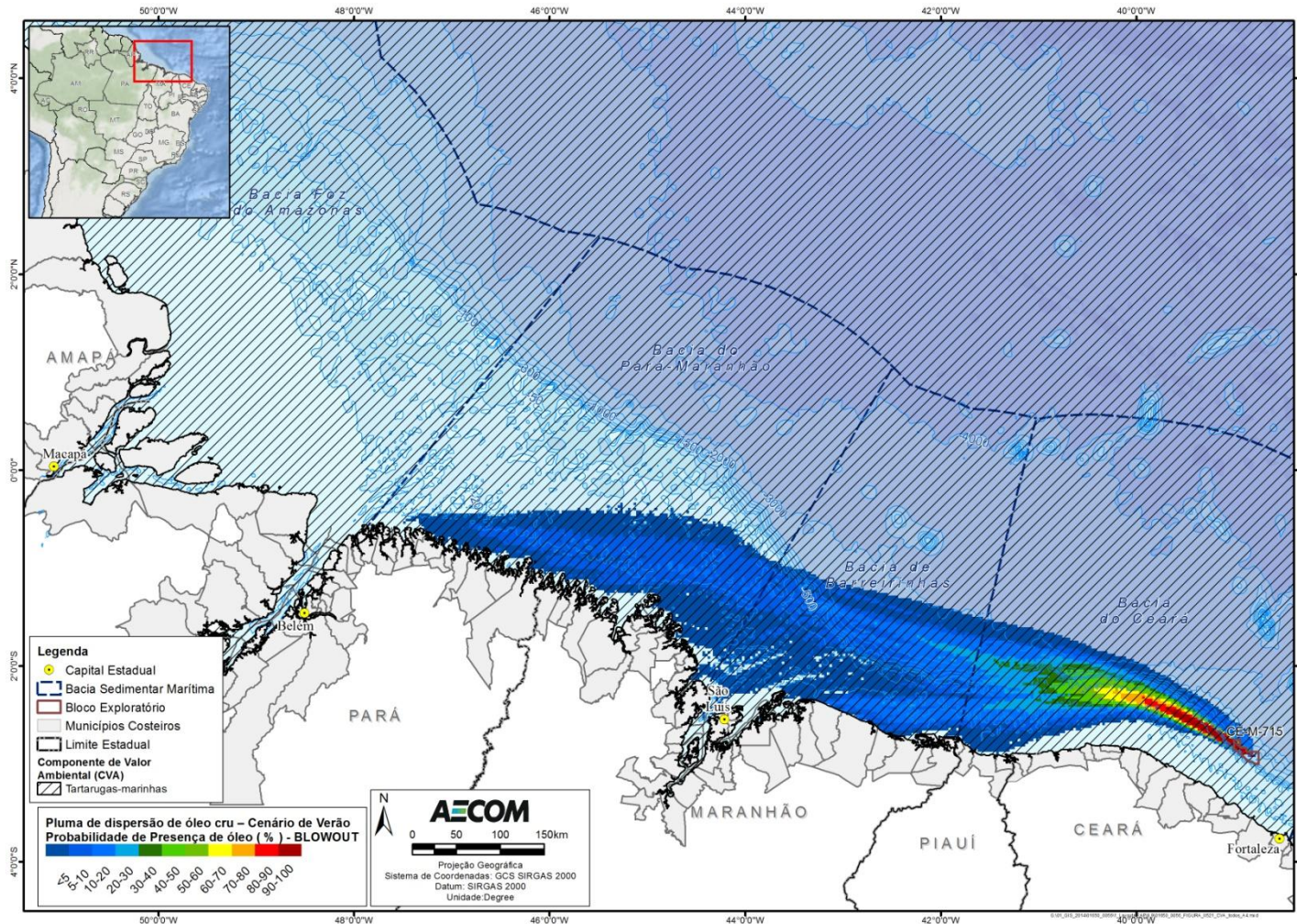


FIGURA II.9.4.2.24 – Área de ocorrência não reprodutiva de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

C. Tempos de Recuperação

As tartarugas marinhas são particularmente sensíveis à contaminação por óleo, uma vez que não possuem o comportamento de evitar águas oleosas, apresentam alimentação indiscriminada e realizam grandes inalações pré-mergulho (SHIGENAKA, 2003, NOAA, 2010b). Entretanto, alguns aspectos de sua morfologia podem diminuir sua chance de mortalidade, por exemplo, a incapacidade de limpar oralmente seu corpo devido a limitações da sua carapaça e a pouca flexibilidade.

Por serem altamente migratórias, as tartarugas marinhas também são vulneráveis em todos os seus estágios de vida (ovos, recém-nascidos, juvenis e adultos). A severidade, a taxa e os efeitos da exposição irão variar dependendo do estágio de maturidade, sendo que os indivíduos jovens possuem um risco maior que os adultos. As razões para isso são muitas, por exemplo, o mecanismo metabólico que um animal usa para desintoxicar seu organismo pode ainda não estar desenvolvido em um animal juvenil. Além disso, nos estágios iniciais de vida, estes animais podem conter mais lipídios em seu corpo, no qual muitos contaminantes como hidrocarbonetos de petróleo se ligam (SHIGENAKA, 2003).

Adicionalmente, as tartarugas marinhas podem ser impactadas em suas praias de desova e os ovos podem ser expostos ao óleo durante a incubação, resultando em um aumento potencial da mortalidade dos ovos e/ou a possibilidade de desenvolver defeitos nos recém-nascidos. Os filhotes que emergem dos seus ninhos podem encontrar o óleo na praia ou na água logo que eles começam sua vida no mar (SHIGENAKA, 2003).

A exposição crônica pode não ser letal por si só, mas pode prejudicar a saúde da tartaruga, tornando-a mais vulnerável a outros estresses (SHIGENAKA, 2003).

Não existem muitas informações a respeito da toxicidade do óleo em tartarugas marinhas. Porém, uma vez que todas as espécies se encontram ameaçadas de extinção, os estudos em laboratório se concentram em efeitos subletais, que são facilmente revertidos quando tratados, evitando a morte do animal (SHIGENAKA, 2003).

As tartarugas marinhas podem ser expostas aos agentes químicos do óleo de duas maneiras: internamente (comendo ou engolindo óleo, consumindo presas contaminadas ou inalando) ou externamente (nadando no óleo) (SHIGENAKA, 2003).

○ Efeitos internos

A ingestão de poluentes pode ser intencional ou acidental. Alguns estudos demonstram que o óleo cru não é percebido pelos quelônios como sendo algo perigoso, portanto não é evitado (GRAMMETZ, 1988). Estudos comportamentais em tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) não mostraram evidências de que essas espécies detectam e evitam áreas contaminadas ou distinguem o óleo intemperizado (*tarball*²⁷) de um item alimentar (LUTZ & LUTCAVAGE, 2010). Além disso, uma vez que esses animais sobem com frequência à superfície para respirar, em um grande vazamento, esses animais podem ser expostos a químicos voláteis durante a inalação (GRAMMETZ, 1988).

²⁷ *Tarballs* são pequenos pedaços, geralmente esféricos, de óleo intemperizado remanescentes de um vazamento. As *Tarballs* são muito persistentes no ambiente marinho e podem se deslocar por centenas de milhas (NOAA, 2010b).

A inalação de orgânicos voláteis do óleo pode causar irritação respiratória, dano ao tecido e pneumonia. A ingestão de óleo pode resultar em inflamação gastrointestinal, úlceras, sangramento, diarreia e má digestão. A absorção pela inalação ou ingestão de químicos pode danificar órgãos como o fígado e o rim, resultando em anemia e imunossupressão, ou levar a uma falha reprodutiva e até a morte (SHIGENAKA, 2003).

Vale ressaltar que diferenças na alimentação podem potencialmente influenciar o risco de ingestão de hidrocarbonetos. Por exemplo, tartarugas cabeçudas, que se alimentam primariamente de crustáceos e moluscos, espécies que bioacumulam hidrocarbonetos de petróleo, apresentam mais risco de contaminação que tartarugas de couro, que se alimentam primariamente de cnidários (SHIGENAKA, 2003).

Em um estudo que avaliou as alterações fisiológicas e clinicopatológicas em tartarugas cabeçudas cronicamente expostas ao óleo, foram encontradas anormalidades nas células epiteliais, alterações nos padrões respiratórios e disfunções nas células sanguíneas. O óleo foi observado agarrado nas narinas, olhos e esôfago superior, além de encontrado nas fezes. Tartarugas contaminadas tiveram um aumento de até quatro vezes na quantidade de células brancas sanguíneas e uma redução de 50% na quantidade de hemácias. As mudanças celulares na epiderme são uma preocupação em particular, pois isso pode aumentar sua susceptibilidade a infecções. Muitos dos danos fisiológicos observados parecem ter sido resolvidos após 21 dias de recuperação. Entretanto, os efeitos a longo prazo do óleo nas tartarugas se mantêm completamente desconhecidos (LUTCAVAGE *et al.*, 1995).

○ **Efeitos externos**

Em relação aos efeitos externos pode-se citar a incrustação por óleo. KELLER & ADAMS (1983), examinando tartarugas impactadas por óleo, notaram que o óleo intemperizado selou a boca e as narinas das tartarugas pequenas. Estas também podem ser imobilizadas e morrerem devido à exaustão quando expostas a grandes quantidades de óleo (KELLER & ADAMS, 1983).

Em outro estudo MIGNUCCI-GIANNONI (1998) *apud* SABA & SPOTILA (2003) encontraram que tartarugas marinhas reabilitadas (*Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*), quando comparadas a aves marinhas, tiveram maiores chances de sobrevivência após terem sido expostas a um vazamento de óleo em Porto Rico, em 1994. Entretanto, isso não quer dizer que essas tartarugas não tinham óleo residual presente nos seus tecidos após a reabilitação.

Efeitos indiretos também podem afetar as tartarugas marinhas, entre eles podemos citar a perda da sensibilidade olfativa devido à contaminação por agentes químicos voláteis, causando mudanças substanciais no comportamento, uma vez que o sentido do olfato é importante para a orientação e navegação dos indivíduos. Outro efeito que pode ser citado é a diminuição da quantidade de alimento disponível, uma vez que o óleo pode causar a morte de outros animais importantes na dieta das tartarugas (LOPES *et al.*, 2007).

C1. Estudos de caso

A Tabela II.9.4.2.9 apresenta alguns exemplos de acidentes com vazamento de óleo e os efeitos reportados para as tartarugas marinhas.

TABELA II.9.4.2.9 – Vazamentos de óleo e seus efeitos sobre as tartarugas marinhas.

Vazamento (toneladas)	Efeitos reportados
1983: campo de Nowruz, Golfo Pérsico, águas territoriais iranianas. Volume de óleo derramado: 260.000 toneladas de óleo cru.	Foram encontradas 56 tartarugas mortas (<i>Eretmochelys imbricata</i> e <i>Chelonia mydas</i>), entretanto somente uma parte da costa foi monitorada, portanto o número pode ser maior. BURCHARD (citado em NOAA, 2010a) estima que cerca de 500 tartarugas das duas espécies tenham morrido, representando quase que a total aniquilação da população de tartarugas-de-pente e a maior parte da população da tartaruga-verde. O impacto sobre as áreas de desova é desconhecido.
1991: Guerra do Golfo, Golfo Pérsico. Volume de óleo derramado: 700.000 a 900.000 toneladas de óleo cru.	Estima-se que o número de tartarugas marinhas mortas durante os vazamentos da Guerra do Golfo está na gama de dezenas a centenas, mas não foi bem documentada. Uma tartaruga-verde encalhada morta foi necropsiada e continha mais de 4.000 ppm de óleo em seu fígado e 310 ppm no estômago, mas não havia indicação de óleo na parte externa.
1991: Barge Vistabella, mar do Caribe Volume de óleo derramado: 2.000 toneladas de óleo combustível pesado	Restos de óleo e <i>tarballs</i> atingiram as praias da região, mas apenas uma tartaruga-de-pente foi encontrada com óleo (atribuído ao acidente) em uma praia de Porto Rico.
1993 Barge Bouchard B155 Volume de óleo derramado: 336.000 galões de óleo combustível pesado nº 6.	Áreas de desova e de forrageamento foram atingidas. Tartarugas cabeçudas, as mais comuns, foram impactadas mais severamente: 4 recém-nascidos foram encontrados mortos e 12 vivos, sendo que entre eles 3 indivíduos encontravam-se oleados e os demais estavam perturbados por causa do método utilizado na limpeza. Vários ninhos foram atingidos e muitos filhotes ainda não tinham nascido, 115 ninhos foram marcados como em risco, 96 estavam em praias com óleo e 2 estavam inundados por óleo e tiveram uma taxa de sucesso de nascimento menor que o normal (5% dos ovos, comparado com 50-90% normalmente). No total, 212 recém-nascidos foram mortos e 2.177 foram potencialmente impactados pela exposição ao óleo e atividades de resposta.

Fonte: CEDRE (2011), SHIGENAKA (2003).

Um estudo em especial, realizado por HALL et al. (1983) após o acidente ocorrido no Golfo do México é detalhado a seguir devido à sua importância em relação às conclusões obtidas pelo autor quanto aos impactos gerados sobre as tartarugas marinhas a partir de vazamentos de óleo.

Os autores analisaram tartarugas marinhas encontradas mortas após o massivo vazamento de óleo do poço Ixtoc I atingir a costa do México em 1979, onde por um período de meses, de 10.000-15.000 barris de óleo vazaram diariamente do poço no Golfo do México. Os animais foram necropsiados e seus tecidos analisados em busca de resíduos de hidrocarbonetos de petróleo.

No total, sete tartarugas (seis *Chelonia mydas* – tartarugas-verde; e uma *Lepidochelis kempfi* – tartaruga de kempfi) foram coletadas durante o episódio de vazamento, algumas foram tratadas e uma foi reintroduzida.

Três tartarugas (duas verdes e uma jovem Ridley) foram encontradas mortas em Laguna Madre e foram congeladas para determinação da causa da morte. Todas as três tartarugas apresentaram óleo na região externa, sendo que uma o apresentava em grandes quantidades. Entretanto, pelas conclusões dos autores, mesmo essa grande quantidade de óleo provavelmente não teria evitado um movimento normal ou sido fatal para as tartarugas. Além disso, aventou-se que algum óleo externo poderia ter se acumulado após a morte.

Apesar de em todos os tecidos examinados das três tartarugas ter-se encontrado a presença de óleo, não foram encontradas evidências de que este tivesse causado lesões no trato alimentar ou que a contaminação tivesse ocorrido através de aspiração pulmonar. A análise dos indivíduos também demonstrou que existia uma eliminação seletiva de partes desse óleo. Tanto a presença de resíduos em vários tecidos, quanto a eliminação seletiva indicaram que a exposição ao óleo foi crônica, com as tartarugas evidentemente não tendo encontrado o óleo pouco tempo antes da sua morte, mas tendo ficado expostas a ele por algum tempo.

A exposição prolongada ao óleo pode ter causado as condições precárias do corpo das tartarugas, talvez perturbando o comportamento alimentar. Em tais condições de fraqueza, as tartarugas podem ter sucumbido a algum componente tóxico do óleo ou algum agente ainda não descoberto. Os exames microscópicos não indicaram a causa da morte.

C2. Conclusão

Embora relativamente poucos estudos tenham analisado o impacto do óleo em tartarugas marinhas, muitos aspectos da sua biologia fazem com elas estejam expostas ao risco em potencial (ausência do comportamento de evitação, alimentação indiscriminada em áreas de convergência e grandes inalações antes de mergulhar) decorrente de vazamentos de óleo. Outros comportamentos, entretanto, evitam a sua mortalidade, como a incapacidade de limpar oralmente o seu corpo.

Existem poucos registros de quelônios e áreas de desova contaminadas por óleo ou machucadas em resposta a um vazamento de óleo. Segundo SHIGENAKA (2003). Atualmente a principal ameaça às tartarugas não vem do óleo cru e sim de vazamentos envolvendo combustíveis de barcos pesqueiros ou de carga, onde é estimado que apenas 1% dos encalhes de quelônios marinhos estejam associados com petróleo. No entanto, como os estudos de caso anteriormente citados atestam, alguns autores reportam a presença de indivíduos mortos após acidentes com vazamentos de óleo.

A ausência de estudos de efeitos populacionais e de tempo de recuperação de populações faz esse item difícil de ser avaliado. Entretanto, levando-se em consideração o potencial de impacto e os danos sobre os indivíduos, além do fato da região não ser área preferencial de desova para as espécies, e que os efeitos mais drásticos de um único evento de vazamento de óleo são provavelmente curtos e causam impactos a apenas um único ano de esforço reprodutivo, considerou-se que o tempo para a população de tartarugas marinhas dessa região obter novamente o número de indivíduos anterior ao vazamento está entre 3 e 10 anos.

A seguir, será descrito o Subcomponente de Valor Ambiental relacionado ao CVA Tartarugas marinhas. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para o SVA é o mesmo estabelecido para o CVA Tartarugas Marinhas. A escolha desse componente foi motivada pelo fato de existirem populações com desovas limitadas a determinadas áreas e que caso os indivíduos sejam perdidos, o reestabelecimento dessa população não poderá ser feito por indivíduos de populações adjacentes. Além disso, tais espécies estão ameaçadas de extinção.

Destaca-se que, mesmo que esse subcomponente seja avaliado separadamente, ele ainda está vinculado ao CVA Tartarugas marinhas.

- **SVA Desova de tartarugas marinhas**

As áreas de reprodução das espécies de tartarugas marinhas que desovam no litoral da área com probabilidade de presença de óleo foram selecionadas como SVA devido à ameaça de extinção das espécies. Isso significa que suas populações podem desaparecer num futuro imediato, caso medidas de manejo e conservação para as espécies não sejam implantadas e respeitadas. De um modo geral, as áreas de reprodução e desova das tartarugas marinhas no Brasil foram muito reduzidas quando comparadas às áreas no passado (SANTOS *et al.*, 2011).

De acordo com o Diagnóstico Ambiental e a Análise de Vulnerabilidade, ocorrem algumas áreas de desova de tartarugas marinhas na área com probabilidade de presença de óleo. Entre elas está o litoral do Piauí que registra desova das espécies *Dermochelys coriacea* (tartaruga-de-couro), *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva) e *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente).

A tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*), possui como principal área de desova regular conhecidas no Brasil, o litoral norte do Espírito Santo (ALMEIDA *et al.*, 2011b). Sua população apresenta um número muito baixo de fêmeas (estimada entre 1 e 19 indivíduos) desovando a cada temporada reprodutiva (ALMEIDA *et al.*, 2011b).

Em relação à tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*), atualmente sua área principal de ocorrência reprodutiva compreende a região sul de Alagoas ao norte da Bahia, com maior densidade de desovas no estado de Sergipe. O Espírito Santo é uma área secundária de desova, com poucas dezenas de ninhos por temporada (MARCOVALDI *et al.*, 2011). Além da redução das áreas de reprodução, a tartaruga-oliva ainda sofre com a morte de fêmeas reprodutivas em frente às praias de desova devido à captura incidental por praticamente todos os tipos de pescarias.

A população de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) é significativamente distinta das demais populações de tartarugas-de-pente existentes no mundo (LARA-RUIZ *et al.*, 2006 *apud* MARCOVALDI *et al.*, 2011). Um recente trabalho realizado pelo Grupo de Especialistas em Tartarugas Marinhas da IUCN define a população do Brasil como uma Unidade de Manejo independente e caracterizada como máxima prioridade de conservação (WALLACE *et al.*, 2010 *apud* MARCOVALDI *et al.*, 2011). Hoje, a principal área de ocorrência reprodutiva da tartaruga-de-pente está localizada no norte da Bahia e em Sergipe, com uma área importante no litoral sul do Rio Grande do Norte.

Apesar de diversos autores abordarem áreas principais de desova que não se encontram inseridas na área com probabilidade de presença de óleo, GUZZI (2012) descreve a ocorrência de desovas regulares em algumas praias do litoral do Piauí, durante todo o ano. Portanto, a região é considerada de grande importância para a reprodução das três espécies.

Além dessa, outras áreas são consideradas importantes para a desova das tartarugas-marinhas: O litoral nordeste do Pará, na ilha de Algodoal, onde está localizada a APA Algodoal-Mamindeua (MAUÉS et al., 2011), além das faixas arenosas da RESEX de Cururupu e da APA Foz do rio Preguiças e da APA Upaon- açu / Miritiba / Alto Preguiça (que inclui as ilhas pertencentes aos municípios de Icatu e Humberto de Campos) (MMA, 2007).

É importante observar que devido à sua alta filopatria (homing - capacidade das fêmeas de voltarem para se reproduzir na praia onde nasceram), é praticamente impossível a recolonização das praias por fêmeas oriundas de outras populações (CASTILHOS et al., 2011). Sendo assim, a destruição de uma área de reprodução regular pode significar a perda de uma população de tartarugas marinhas.

A seguir, são apresentadas as áreas prioritárias de desova de tartarugas marinhas na área com probabilidade de presença de óleo, no cenário de pior caso no verão.

Ressalta-se que mesmo que o CVA Tartarugas Marinhas seja um componente difuso, o Subcomponente de Valor Ambiental “Desova de tartarugas marinhas” passa a ser considerado fixo, utilizado para o cálculo do seu risco ambiental, a probabilidade máxima de toque de óleo neste SVA. Essa é, sem dúvida, uma estratégia conservadora, uma vez que nem toda a área é atingida com a mesma probabilidade.

Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.25 e II.9.4.2.26 apresentam as áreas de ocorrências reprodutivas de tartarugas marinhas nas áreas com probabilidade de chegada de óleo, considerando o cenário de vazamento de pior caso, tanto no inverno como no verão. Destaca-se que para o cenário de vazamento de médio porte (200 m³) não há probabilidade desse SVA ser atingido.

Considerando que nessa área ocorrem desovas regulares, esse SVA foi classificado como fixo.

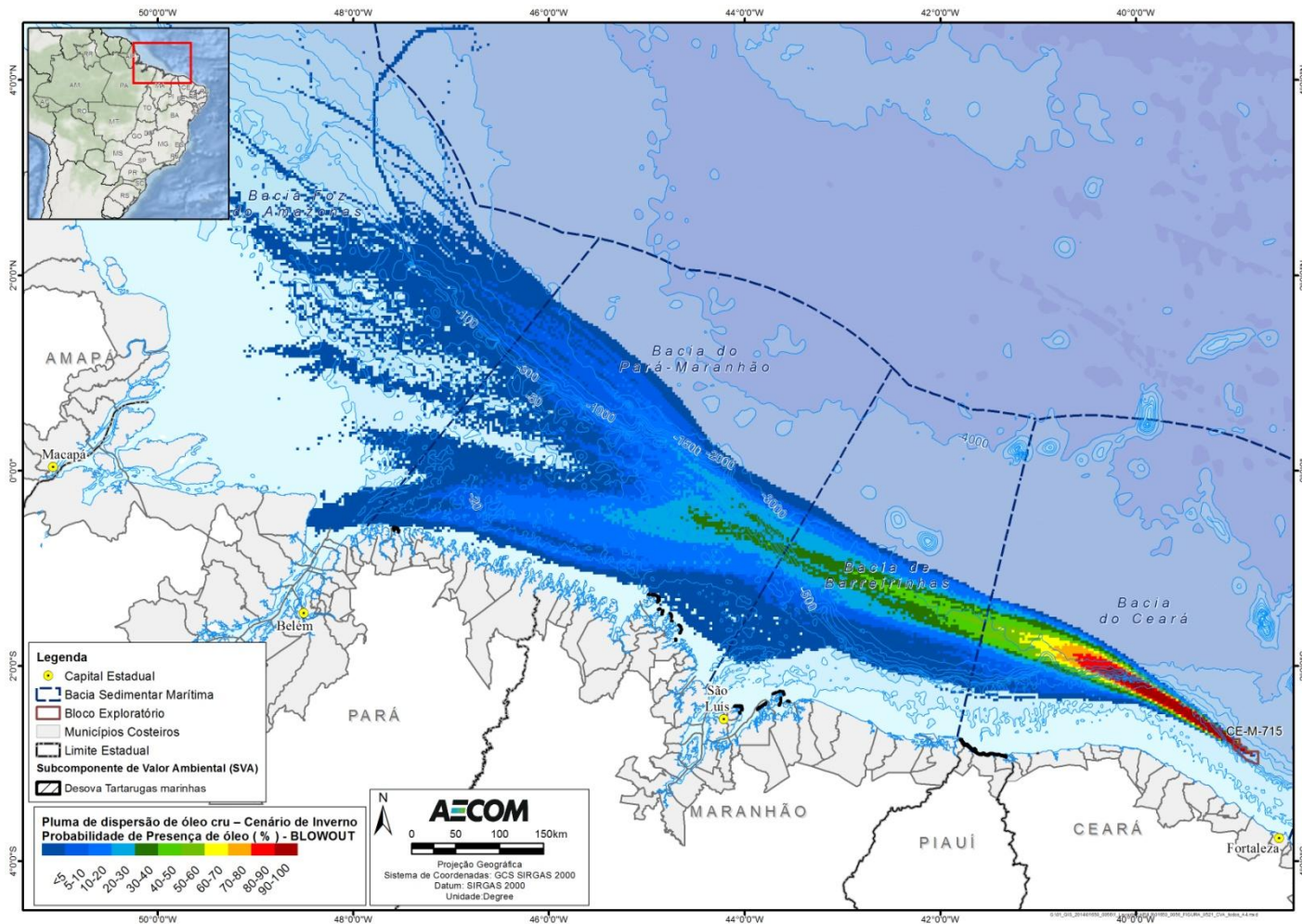


FIGURA II.9.4.2.25 – Desova de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

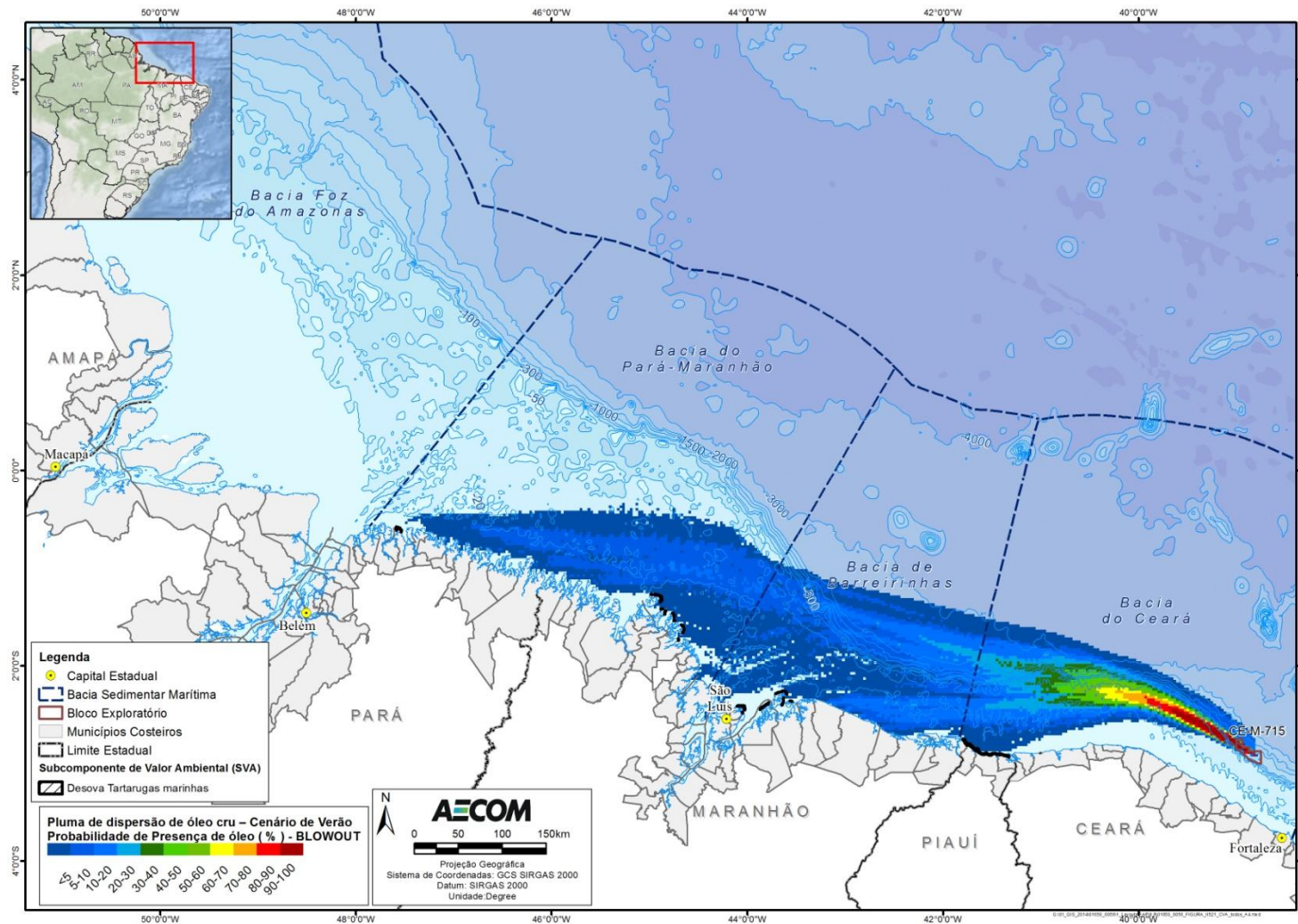


FIGURA II.9.4.2.26 – Desova de tartarugas marinhas na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

- CVA Cetáceos

B. Introdução

Na área com probabilidade de presença de óleo da atividade, são registradas 23 espécies de cetáceos, sendo 19 odontocetos e quatro mysticetos (MEIRELLES et al., 2009; MEIRELLES et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2008; SICILIANO et al., 2008; ARAGÃO et al., 2011). A Tabela II.9.4.2.10 apresenta as espécies presentes na área de estudo e seus *status* de conservação segundo o MMA (2014) e a IUCN (2015).

TABELA II.9.4.2.10 – Cetáceos com ocorrência provável e confirmada na área de estudo e status de conservação nacional e global.

Subordem	Nome Científico	Nome Comum	Status de Conservação	
			IUCN (2015)	MMA (2014)
Odontoceti	Família Delphinidae			
	<i>Inia geoffrensis</i>	Boto-vermelho, boto-rosa	DD	EN
	<i>Sotalia guianensis</i>	Boto, boto-cinza	DD	VU
	<i>Steno bredanensis</i>	Golfinho-de-dentes-rugosos	LC	NA
	<i>Tursiops truncatus</i>	Golfinho-flíper, golfinho-nariz-de-garrafa	LC	DD
	<i>Stenella frontalis</i>	Golfinho-pintado-do-Atlântico	DD	DD
	<i>Stenella longirostris</i>	Golfinho-rotador	DD	DD
	<i>Stenella clymene</i>	Golfinho-de-clymene	DD	NA
	<i>Peponocephala electra</i>	Golfinho-cabeça-de-melão	LC	NA
	<i>Pseudorca crassidens</i>	Falsa-orca	DD	NA
	<i>Orcinus orca</i>	Orca	DD	NA
	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Baleia-piloto-de-peitorais-curtas	DD	NA
	<i>Grampus griseus</i>	Golfinho-de-Risso	LC	NA
	<i>Feresa attenuata</i>	Orca-pigméia	DD	NA
	<i>Lagenodelphis hosei</i>	Golfinho de Fraser	LC	DD
	Família Kogiidae			
	<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote-pigmeu	DD	NA
	<i>Kogia sima</i>	Cachalote-anão	DD	NA
	Família Ziphiidae			
	<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleia-bicuda-de-Cuvier	LC	DD
<i>Mesoplodon europaeus</i>	Baleia-bicuda-de-Gervais	DD	NA	
Família Physeteridae				
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	VU	VU	
Misticeti	Família Balaenopteridae			
	<i>Balaenoptera edeni</i>	Baleia-de-Bryde	DD	DD
	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Baleia-minke- Antártica	DD	DD
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleia-jubarte	LC	NT
	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Baleia-minke anã	LC	NA

Fonte: MEIRELLES et al., 2009; MEIRELLES et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2008; SICILIANO et al., 2008; ARAGÃO et al., 2011; BARRETO et al., 2011.

Categorias de ameaça:

EN (Em perigo) - “*Endangered*” - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo.

NT (Quase ameaçada) - “*Near threatened*” - Não se enquadra em nenhuma categoria de ameaça, mas é provável que venha a se enquadrar em um futuro próximo

VU (Vulnerável) - “*Vulnerable*” - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo.

LC (Pouco preocupante) - “*Least Concern*” - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima.

DD (Dados Insuficientes) - “*Data Deficient*” - Quando não existem dados suficientes para se definir uma característica de risco de extinção para a espécie.

NA (Não ameaçado)

Quanto à biologia dos cetáceos é importante observar que o período de gestação da maioria das espécies é de cerca de um ano, só nascendo um filhote por vez, e o período de lactação é altamente variável, podendo chegar a muitos anos em alguns odontocetos (JEFFERSON et al., 2008).

Entre as espécies levantadas para a área de estudo destacam-se o boto-vermelho (*Inia geoffrensis*), o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e o cachalote (*Physeter macrocephalus*), por serem consideradas espécies ameaçadas de extinção em alguma esfera, nacional e/ou internacional (MMA, 2014; IUCN, 2015).

C. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.27 à II.9.4.2.30 apresentam as áreas de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, nos cenários de vazamento de 200 m³ e de pior caso, tanto no inverno como no verão. Considerando que os cetáceos podem ocorrer em todo ambiente marinho, em águas costeiras e oceânicas, foi considerada toda área com probabilidade de presença de óleo no cenário de inverno e verão. Portanto, não representa uma área específica de agregação e sim uma área abrangente de ocorrência, e, por isso, este CVA foi classificado como um CVA difuso.

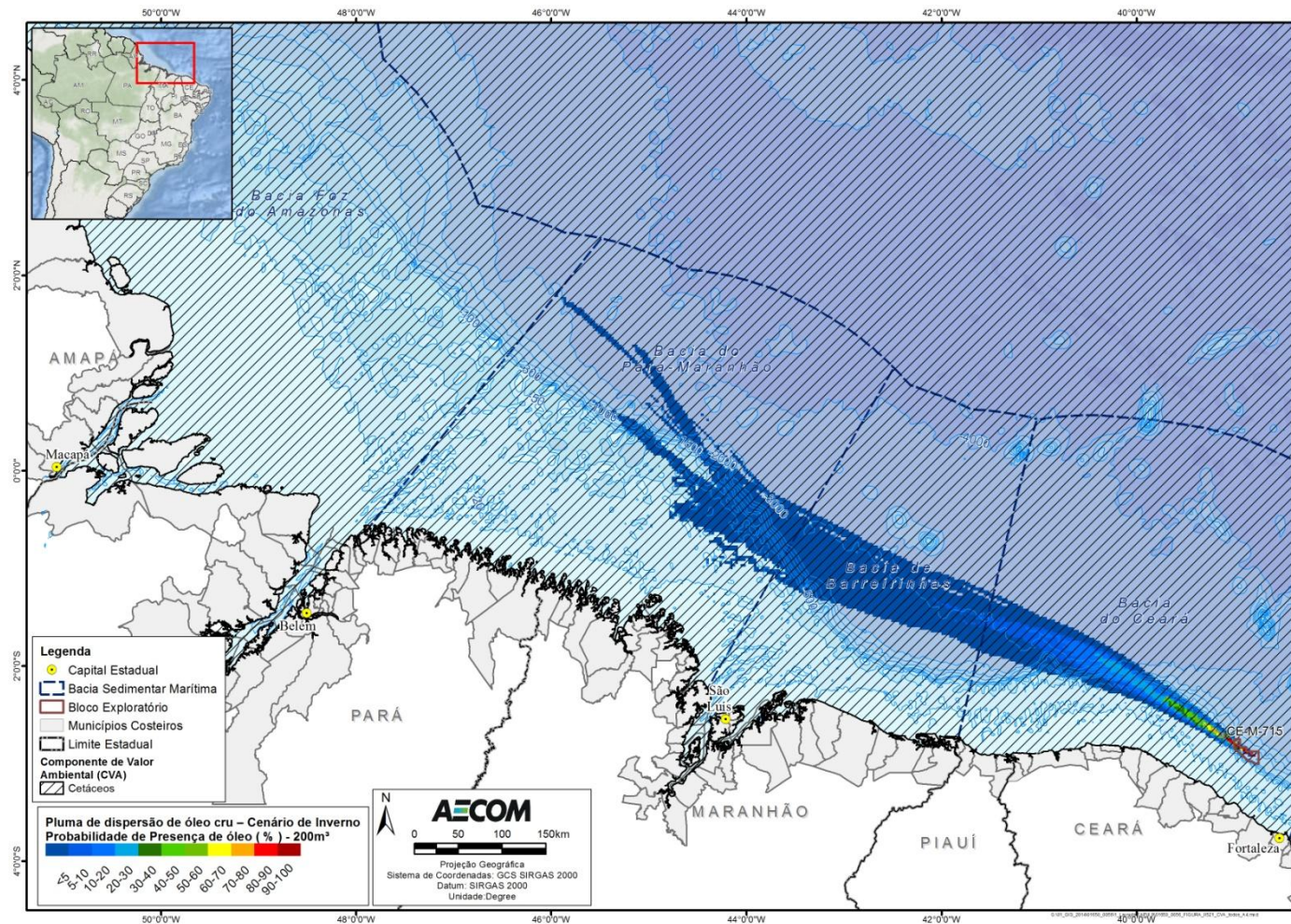


FIGURA II.9.4.2.27 – Área de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de inverno (integração coluna d’água e superfície).

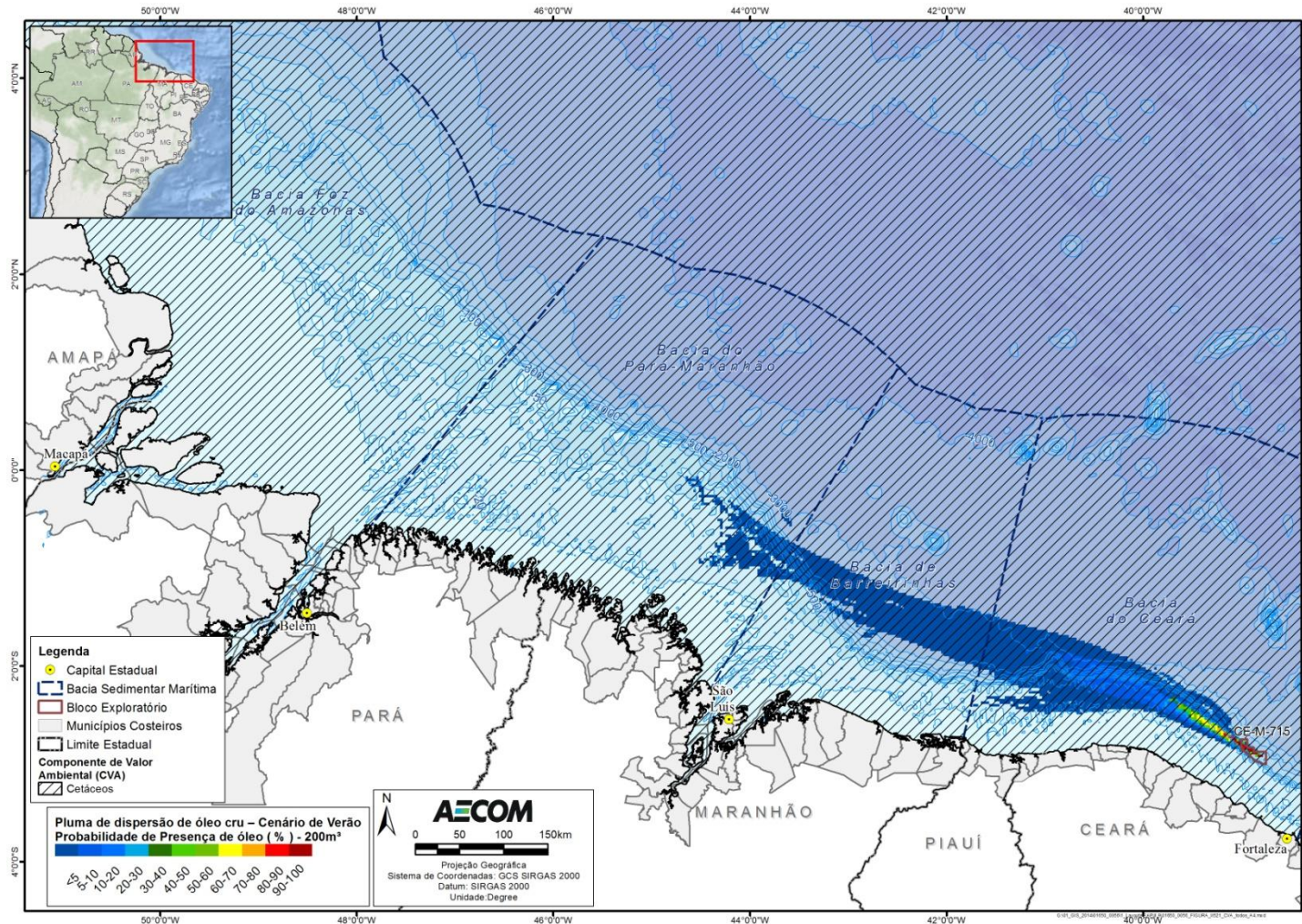


FIGURA II.9.4.2.28 – Área de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

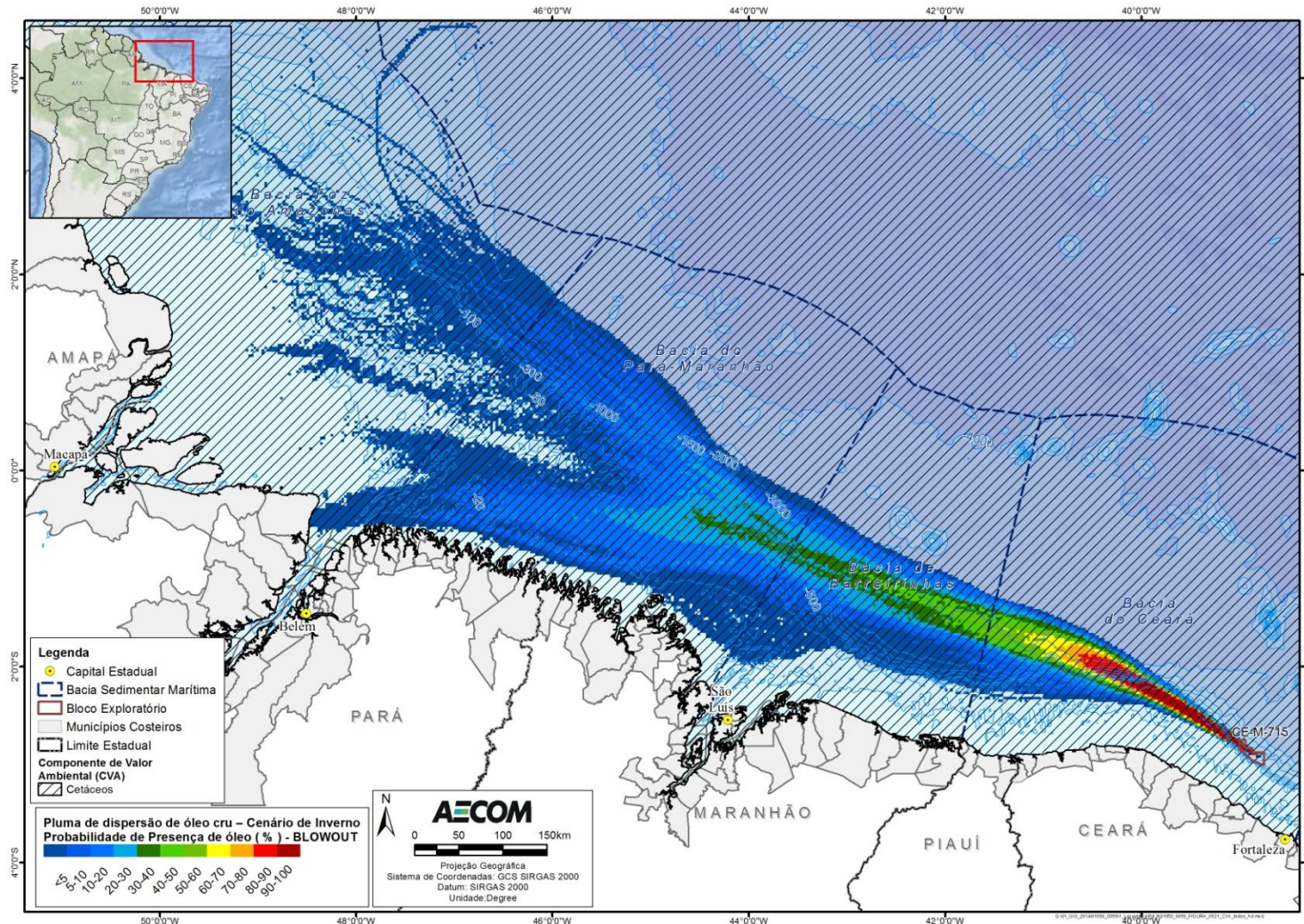


FIGURA II.9.4.2.29 – Área de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

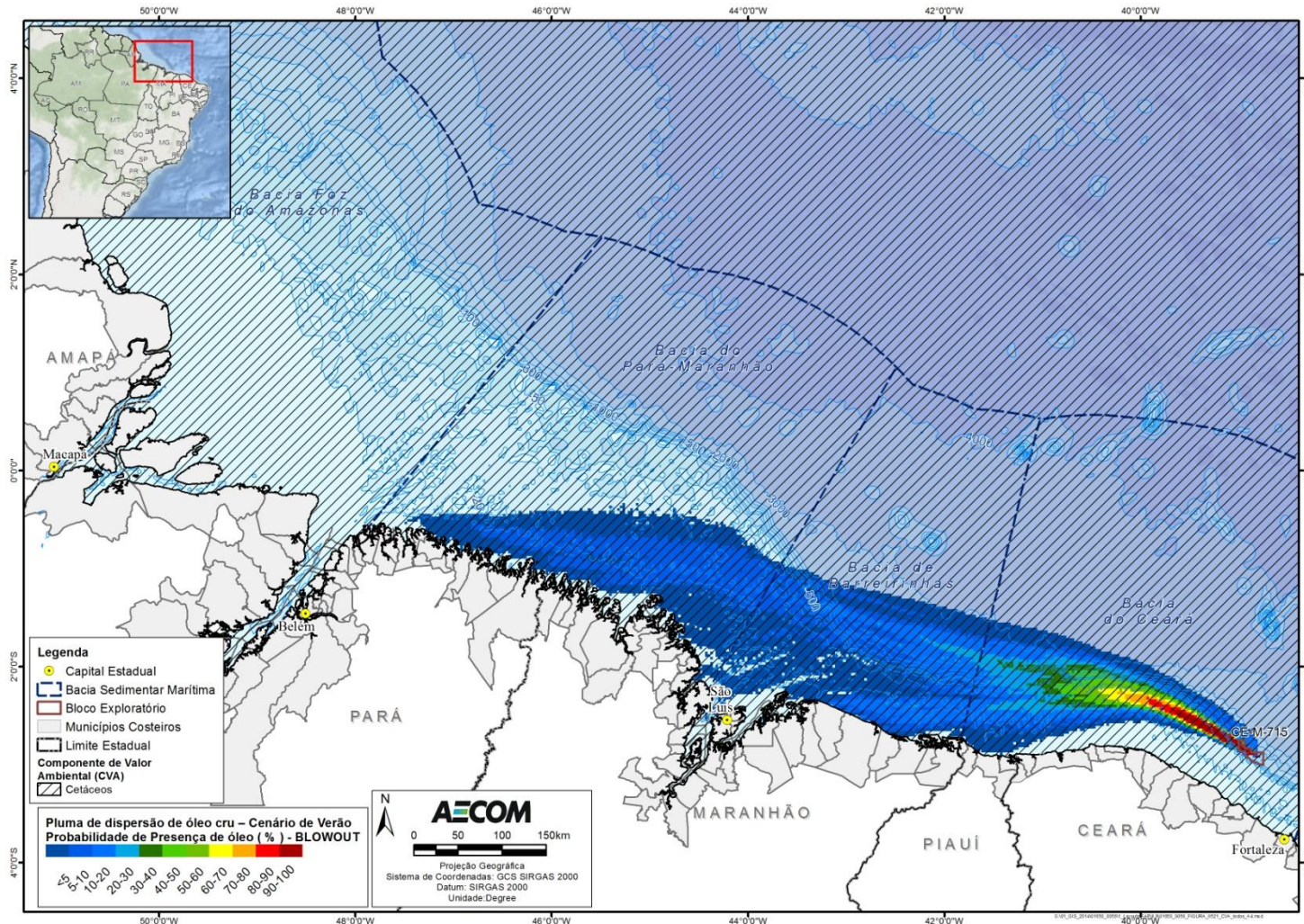


FIGURA II.9.4.2.30 – Área de ocorrência de cetáceos nas áreas com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

D. Tempo de Recuperação

Existem poucos estudos sobre impactos de óleo em cetáceos e praticamente nenhum sobre tempo de recuperação, salvo o realizado com orcas na Baía de Prince William Sound após o acidente com o Exxon Valdez, ocorrido em 1989 e que será discutido em detalhes no subitem de Estudos de Caso.

A existência de poucos estudos pode ser explicada, em parte, pelo fato de que as carcaças da maioria das espécies afundam no oceano, impossibilitando a coleta para pesquisa (GUBBAY & EARLL, 1999; MATKIN *et al.*, 2008). Em alguns casos, elas até podem flutuar e encalhar na região costeira, porém essa é uma situação mais comum para os animais que vivem nessas regiões costeiras, dificultando a realização deste tipo de estudo com espécies de hábitos oceânicos. Em outros casos, espécies oceânicas podem ser expostas ao óleo e nunca encalharem, podendo levar a uma subestimação do dano ambiental a tais espécies (WILLIAMS *et al.*, 2011).

Além disso, existem questões éticas sobre experimentos desnecessários e que causem sofrimento a esses animais (MATKIN *et al.*, 2008). Com isso, os dados de vazamentos parecem ser a melhor fonte de informações sobre estudos comportamentais e efeitos fisiológicos do óleo neste grupo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

As ameaças a uma espécie em particular variam bastante e irão depender do seu comportamento, da sua história de vida e das suas adaptações anatômicas e fisiológicas (St AUBIN, 1992). A composição do óleo e o quanto ele está intemperizado também são fatores importantes para determinar os impactos, uma vez que indivíduos atingidos por óleo logo após o vazamento podem ser expostos a mais componentes tóxicos pelo contato direto e ingestão do que indivíduos afetados pelo óleo já intemperizado (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

Alguns estudos sugerem, ainda, que os cetáceos podem detectar o óleo na superfície da água, e com isso evitá-lo. Isso pôde ser comprovado pelo estudo realizado por St AUBIN (1992), no qual experimentos com golfinhos nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) em cativeiro mostraram que esses animais conseguem detectar, visualmente, uma lâmina de óleo cru de 1 mm de espessura na superfície da água do mar, evitando ir à superfície em locais onde a água do mar contém uma camada de 1 cm de óleo mineral. O mesmo resultado foi encontrado por SMITH *et al.* (1983).

Estratégias similares têm sido observadas durante outros eventos de vazamento, como o ocorrido com a população de boto-cinza (*Sotalia guianensis*) residente na Baía de Guanabara, que foi vista deixando o local após o incidente de vazamento de óleo ocorrido no ano 2000. A população foi para mar aberto, retornando para suas áreas de alimentação antes mesmo das operações de limpeza terem sido finalizadas, sem aparente alterações de comportamento (BARCELLOS & SILVA, 2003; SHORT, 2003). O fato das áreas de alimentação não terem sido atingidas por óleo, no entanto, pode ter contribuído para isso (SHORT, 2003).

Entretanto, os comportamentos citados acima contrastam com observações feitas em campo por outros autores, com esses e outros cetáceos que, aparentemente, nadaram e se comportaram normalmente no meio de manchas de óleo (MATKIN *et al.*, 2008; NOAA, 2010b). Durante o vazamento Mega Borg, no Novo México em 1990, por exemplo, foi reportado que indivíduos de um grupo de *Tursiops sp.*, não evitaram o

contato com a mancha, nadando através das áreas com óleo (WURSIG & SMULTEA, 1991). MATKIN et al. (2008) também observaram que orcas não tentaram evitar as áreas contaminadas por óleo após o vazamento Exxon Valdez no Alaska.

Isso demonstra que, apesar da capacidade de alguns cetáceos em evitar áreas com óleo, o tamanho da mancha, a dependência por comida e uma interação social podem sobrepujar essa estratégia de evitação, com potenciais consequências negativas para essas espécies, tais como efeitos na reprodução e saúde, bem como comprometimento da disponibilidade/captura de alimento e coesão do grupo. Vale ressaltar que isso se aplica, principalmente, a espécies costeiras, que possuem fidelidade a determinadas áreas, enquanto que espécies pelágicas, por sua vez, seriam impactadas apenas se suas áreas de reprodução fossem atingidas.

Mesmo considerando-se que espécies de cetáceos possam ser atingidas por óleo, espera-se que o impacto sobre estas não seja tão severo, pois os cetáceos, ao contrário de outros mamíferos marinhos, não dependem da pele para regular sua temperatura corporal (ITOPF, 2010b; EPA, 1999; MOSBECH, 2002). Além disso, esta mesma pele é diferente da de qualquer outro mamífero, sendo predominantemente lisa e sem calosidades, como nos golfinhos, e com limitadas áreas recobertas com pelos ou superfícies rugosas devido à presença de cracas, como em misticetos (St AUBIN, 1992; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

Em misticetos, apesar do óleo tender a aderir nessas partes rugosas (pelos e calosidades dos animais), como estas são limitadas a uma pequena área da pele dos animais, não afeta consideravelmente a saúde do animal (St AUBIN, 1992). Já nos golfinhos e outros cetáceos de pele lisa, por não apresentarem pelos nem calosidades, o óleo não se fixa na pele (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

St AUBIN (1992) testou o impacto do óleo sobre o tecido epitelial de golfinhos nariz de garrafa em cativeiro, colocando esponjas embebidas em óleo sobre a pele dos animais por cerca de 75 minutos para determinar os efeitos na integridade, crescimento e função das células da epiderme. Apesar dos resultados terem demonstrado alguns efeitos histopatológicos, após uma semana nenhum efeito no crescimento ou nas outras funções celulares pôde ser detectado a partir das técnicas utilizadas. Vale ressaltar que as condições desse experimento excedem a que cetáceos estariam normalmente expostos na natureza, exceto para animais em locais confinados, normalmente na região costeira, que no caso em questão não seria atingida. Ainda assim, sem pelo ou pele que retenha óleo, a superfície molhada da pele macia não permite que o óleo se fixe por muito tempo, reduzindo significativamente o efeito na epiderme.

Apesar dos danos causados por óleo à pele destes animais serem em princípio transitórios, a região dos olhos pode ser bastante afetada no caso de exposições prolongadas (ENGELHARDT, 1983; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Além disso, os cetáceos também podem inalar óleo ou vapores tóxicos ao subirem à superfície para respirar, se alimentar de presas contaminadas ou mesmo ficar cansados devido à ausência de alimento ou a incapacidade de encontrar comida.

Segundo RAAYMAKERS (1994), a inalação de porções de óleo, vapores e fumaça é bem provável se a subida dos cetáceos à superfície para respirar se der numa área oleada, principalmente em se tratando de indivíduos jovens. Exposições ao óleo desta maneira podem danificar as membranas mucosas, as vias aéreas, congestionar os pulmões, causar enfisema intersticial e até a morte (NOAA, 2010b; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Orcas, por exemplo, são capazes de permanecer submersas por 3 a 10 minutos

contínuos, e quando vão à superfície para respirar podem ter nadado por centenas de metros (MATKIN et al., 2008)

Os cetáceos podem, ainda, em pânico, ingerir quantidade suficiente de óleo para lhes causar danos severos. Um golfinho estressado, por exemplo, pode se mover mais rapidamente e com isso subir mais frequentemente para respirar, aumentando assim sua exposição ao óleo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). A intoxicação aguda por petróleo, entretanto, ainda não está bem estabelecida em cetáceos, não existindo estudos de laboratório que tenham estabelecido a quantidade mínima necessária para causar toxicidade (St AUBIN, 1992).

Em tese, o óleo ingerido poderia causar efeitos tóxicos e disfunção secundária dos órgãos, além de úlcera gastrointestinal e hemorragia (NOAA, 2010b; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Entretanto, um levantamento realizado com cetáceos encalhados impactados pelo óleo, mostrou baixos níveis de hidrocarbonetos em vários tecidos, mostrando que a eliminação do óleo acumulado parece ser rápida. Isto poderia ser explicado pelo fato dos cetáceos terem o potencial para metabolizar óleo devido à presença do Citocromo P-450 no fígado, uma vez que esse sistema enzimático está envolvido na quebra de compostos de hidrocarbonetos e foi identificado em varias espécies (ENGELHARDT, 1983).

No caso dos odontocetos, além da ingestão direta existe, ainda, a possibilidade de as espécies ingerirem óleo através das suas presas, embora dados publicados sugiram que uma pequena quantidade de óleo ingerida durante a alimentação não seja suficiente para causar danos. Além disso, a maior parte das presas dos odontocetos possui os sistemas enzimáticos necessários para metabolizar hidrocarbonetos de petróleo, reduzindo a possibilidade destas acumularem tais frações em seus tecidos, evitando assim a transferência dos componentes tóxicos através da cadeia alimentar (St AUBIN, 1992).

Contudo, a ingestão de óleo representa um diferente tipo de ameaça aos mysticetos, que se alimentam através de ingestão de grandes quantidades de água, utilizando suas cerdas orais para capturar o plâncton e krill existentes na mesma (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Estudos de laboratório têm mostrado que apesar do óleo incrustado entre os fios dessas cerdas restringirem a passagem de água, o fluxo constante com água limpa é capaz de remover a maior parte do óleo em menos de 24h, não sendo notados efeitos residuais após este período. Dependendo da magnitude do vazamento, porém, a alimentação pode ser interrompida por muitos dias causando diminuição da massa corpórea e trazendo consequências para o desenvolvimento do animal, principalmente para migração e reprodução (St AUBIN, 1992).

Além dos efeitos apresentados acima, pode-se citar, também, a possibilidade de infecções secundárias por fungos e bactérias, devido a deficiências causadas pelos componentes tóxicos do óleo no sistema imune dos animais (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

C.1. Estudos de caso

Existem muito poucas evidências documentadas de que populações de cetáceos, principalmente baleias, tenham sido afetadas por vazamentos de óleo, a maior parte dos trabalhos analisa indivíduos separadamente, sem considerar a população como um todo.

A seguir são apresentados alguns estudos de caso em que houve a morte e/ou contaminação de cetáceos por causa de vazamento de óleo. Especial atenção será dada ao caso das populações de orcas em Prince William Sound após o vazamento do Exxon Valdez no Alasca, uma vez que se trata de um caso extremo em que populações pequenas e residentes foram afetadas, sendo esse também o único estudo em que o tema de recuperação é tratado.

SHORT (2003) apresentou em seu trabalho dois estudos em que cetáceos foram encontrados mortos após acidentes com vazamentos de óleo, o primeiro no canal de Santa Barbara, Califórnia, EUA em 1969, no qual 4 golfinhos e 6 baleias foram encontrados mortos (BROWNWELL, 1971) e o outro foi o acidente com o petroleiro Exxon Valdez, no Alasca, EUA, em 1989, onde foram encontrados mortos nas praias da região 26 baleias-cinzentas (*Eschrichtius robustus*), 5 botos (*Phocoena phocoena*), 5 baleias minke (*Balaenoptera bonaerensis*), 1 baleia fin (*Balaenoptera physalus*) e 3 baleias não identificadas (LOUGHLIN, 1994), além de orcas, conforme detalhado a seguir.

MATKIN et al. (2008) apresenta em seu trabalho um estudo realizado com orcas após o vazamento do Exxon Valdez em 1989, contendo dados oriundos de 16 anos de monitoramento após o acidente. Dois grupos foram estudados em detalhe, um grupo residente, chamado de AB, e uma população itinerante, AT1. Ambos os grupos sofreram perdas significativas (33 e 41%, respectivamente) no primeiro ano após o vazamento. O grupo AB (residente) perdeu 13 animais, entre machos e fêmeas, tanto juvenis quanto adultos em idade reprodutiva. Essa taxa de mortalidade no ano do vazamento e no ano subsequente foi 18 vezes maior do que o número esperado para o mesmo período de tempo, levando-se em conta a estrutura sexual e etária do grupo. O grupo AT1 (transeunte) perdeu 9 (nove) de um total de 22 animais, sendo importante observar que, nesse grupo, 4 (quatro) animais foram vistos nadando no óleo (Figura II.9.4.2.31) logo após o vazamento, e que nenhum recrutamento foi observado nessa população desde 1984.

Até a data da publicação do estudo os autores ainda não haviam observado recuperação nos grupos estudados, tendo concluído que, mesmo em condições ótimas, os grupos podem levar décadas para se recuperar, particularmente se fêmeas reprodutivas e/ou fêmeas juvenis tiverem sido perdidas.



Fonte: Matkin et al., 2008

FIGURA II.9.4.2.31 – Quatro membros do grupo AT1 próximo ao Exxon Valdez menos de 24h após o vazamento.

Vale ressaltar, porém, que entre os anos de 1985-1986, período anterior ao acidente, seis orcas do grupo AB (residente) haviam sido perdidas, uma taxa de mortalidade cinco vezes maior que o esperado MATKIN & SAUTILIS (1997). Com isso, pode-se questionar se essa população já não possuía uma tendência a diminuir, e se outros fatores não poderiam ter atrapalhando a sua recuperação após o vazamento de óleo. Outro estudo que indica que o óleo sozinho pode não ter sido a causa da ausência de recuperação nos grupos de orca foi patrocinado pelo Instituto *Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council* (EVOSTC, 2010), no qual a espécie foi examinada quanto à presença de contaminantes em seus tecidos. Os resultados encontrados indicaram que os indivíduos da população AT1 (transeuntes) apresentavam elevados níveis de PCBs, DDT e metabólitos de DDT nos seus tecidos, contaminantes estes não associados a vazamentos de óleo. Além disso, as altas concentrações encontradas são comparáveis aos níveis que causam distúrbios reprodutivos em outros mamíferos marinhos, podendo justificar a ausência de recuperação dessa população.

TAYLOR & PLATER (2001) também estudaram a população residente AB da baía de Sound durante 26 anos, mesmo antes do acidente com o Exxon Valdez e indicaram que o óleo foi importante para diminuir o tamanho da população, mas não foi o único fator, com o declínio sendo atribuído a diversos impactos de fontes antropogênicas, como diminuição dos estoques alimentares, distúrbio por barcos de observadores de baleia e tráfego marítimo. Com isso, não se pode afirmar que a ausência de recuperação da população de orcas de Prince William Sound tenha sido causada, simplesmente, pelo impacto do Exxon Valdez. Acrescenta-se que MATKIN et al. (2008) citam que o fato da população transeunte se alimentar de leões marinhos pode ter influenciado na diminuição do número de indivíduos, pois os leões marinhos são particularmente sensíveis ao óleo e as orcas podem ter se contaminado ao ingerir a presa contaminada.

C.2. Conclusão

Os mamíferos marinhos possuem uma ampla gama de sensibilidade ao óleo, demonstrada pela sua diversidade na morfologia, comportamento e ecologia. Para se estabelecer apropriadamente aos efeitos do petróleo em dada espécie são necessários mais conhecimento sobre a sua história natural e fisiologia, além de mais estudos sobre as características toxicológicas do óleo nesses animais.

Para definir o tempo de recuperação de cetáceos, é importante primeiramente entender se os cetáceos são ou não afetados em um vazamento de óleo. Os estudos ainda são incipientes e contraditórios, sendo as informações mais confiáveis aquelas provenientes de situações reais de acidentes.

Levando-se em consideração as informações apresentadas acima, além do fato de o tempo de recuperação ser definido para a comunidade como um todo, estima-se que o tempo para que a comunidade de cetáceos se recupere aos níveis anteriores ao de um acidente com vazamento de óleo esteja entre 3 e 10 anos.

Apesar de não ser considerada a limpeza dos indivíduos para o cálculo de tempo de recuperação dos animais, vale destacar que capturar e limpar mamíferos marinhos sujos com óleo geralmente não é possível. Tais procedimentos podem machucá-los mais que o óleo em si (EPA, 1999).

A seguir, será descrito os Subcomponentes de Valor Ambiental (SVA) selecionado para esse CVA. Ressalta-se que o tempo de recuperação estabelecido para esses SVAs é o mesmo estabelecido para o CVA Cetáceos. A escolha desses subcomponentes foi motivada pelo fato de existirem populações limitadas ou concentradas a determinadas áreas e que, caso os indivíduos sejam perdidos, o reestabelecimento dessa população dificilmente será feito por indivíduos de populações adjacentes. Duas espécies de cetáceos foram selecionadas como SVA: o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e o boto-vermelho (*Inia geoffrensis*).

É importante destacar que as duas espécies consideradas para esse SVA são classificadas como ameaçadas de extinção no Brasil, o boto-cinza está na categoria de “Vulnerável” e o boto-vermelho “Em Perigo” (MMA, 2014).

- **SVA Boto-cinza (*Sotalia guianensis*)**

O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) é a espécie de odontoceto com maior número de registros ao longo do litoral brasileiro. Contudo, as informações a respeito da espécie ainda são poucas, pois os dados biológicos são coletados de forma oportuna e a maioria dos estudos é desenvolvida em áreas restritas. Devido a esses fatores, a IUCN classifica a espécie como “Insuficientemente Conhecida” (IUCN, 2015), sendo ainda considerada como uma das espécies prioritárias no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos Aquáticos (MMA/ICMBio 2011).

O boto-cinza apresenta hábitos costeiros e encontra-se distribuída amplamente pelo litoral das Américas do Sul e Central, tendo como limites de sua distribuição, ao norte, a Nicarágua, na América Central, e ao sul, o estado de Santa Catarina, na América do Sul (SIMÕES-LOPES, 1986; CARR & BONDE, 2000). No entanto, DA SILVA & BEST (1994, 1996) apontam para a possível ocorrência da espécie até Honduras. O boto-cinza pode ser avistado se deslocando tanto em águas superficiais ao longo da costa quanto em áreas protegidas na foz de grandes rios, baías e estuários (DA SILVA & BEST, 1996).

Poucos estudos têm monitorado os movimentos realizados por *S. guianensis* ao longo da costa. ROSSI-SANTOS (2006) aplicaram a técnica de foto-identificação em duas áreas do litoral do extremo sul da Bahia, com aproximadamente 80 km de distância entre si, e nenhum animal identificado numa área foi reavistado em outra, o que pode sugerir que, ao contrário de outras espécies de delfínidos costeiros, *S. guianensis* não realiza grandes deslocamentos ao longo da costa. Na verdade, alguns estudos de foto-identificação realizados

com *S. guianensis* no Brasil têm demonstrado que alguns indivíduos podem apresentar uma fidelidade à área por até dez anos (FLORES, 2003).

Para o boto-cinza, as áreas de concentração consideradas no presente estudo foram definidas a partir das informações presentes no Diagnóstico Ambiental, além dos estudos de SICILIANO et al. (2008) e EMIN-LIMA et al. (2010), sendo considerados os locais onde existem populações residentes.

Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.32 e II.9.4.2.33 apresentam as áreas de concentração de populações residentes de *Sotalia guianensis* juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no pior cenário previsto, tanto para o inverno quanto para o verão. Destaca-se que no cenário de vazamento de médio porte (200 m³) não há probabilidade de toque de óleo nesse SVA.

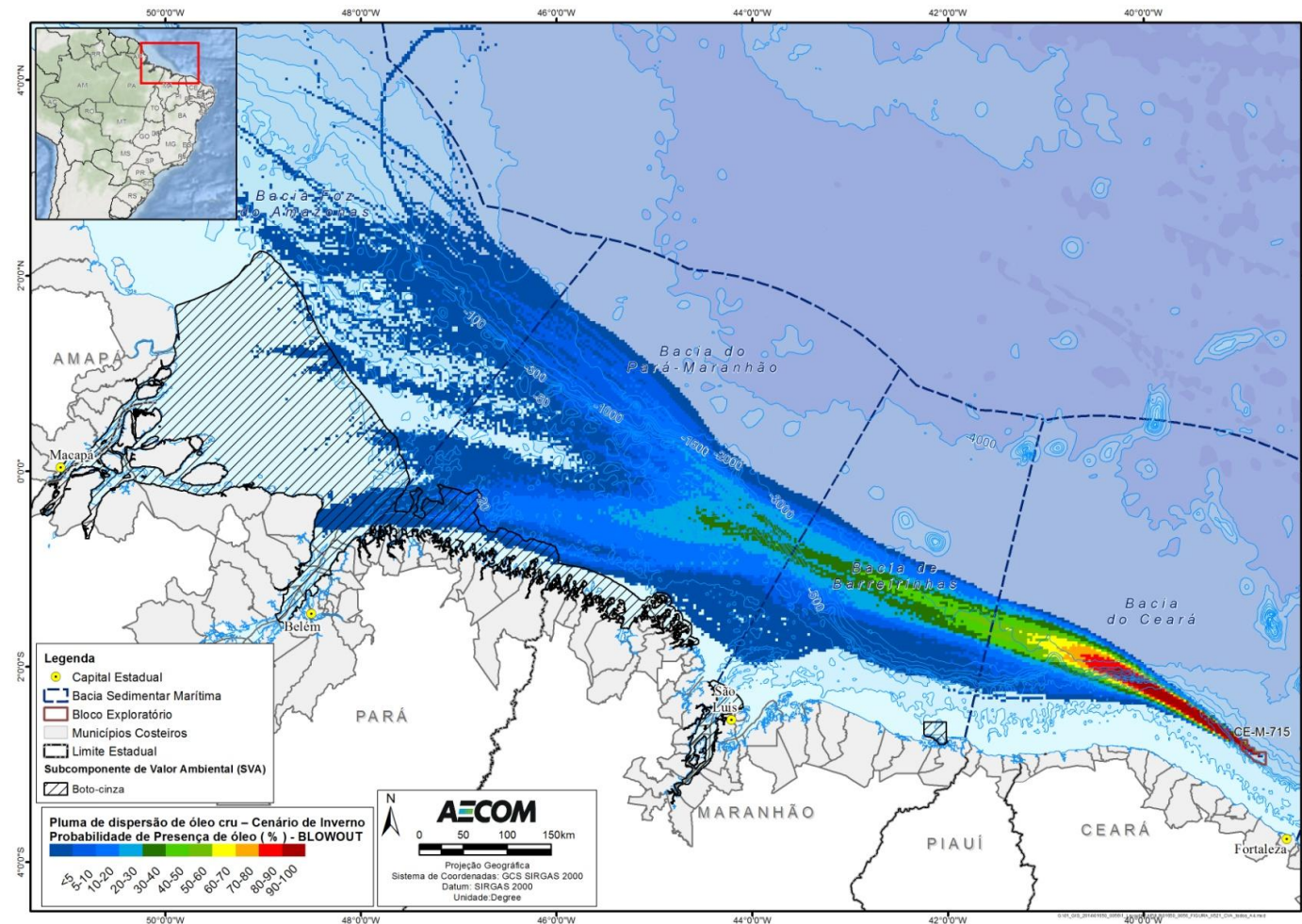


FIGURA II.9.4.2.32 - Área de concentração de populações residentes de boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

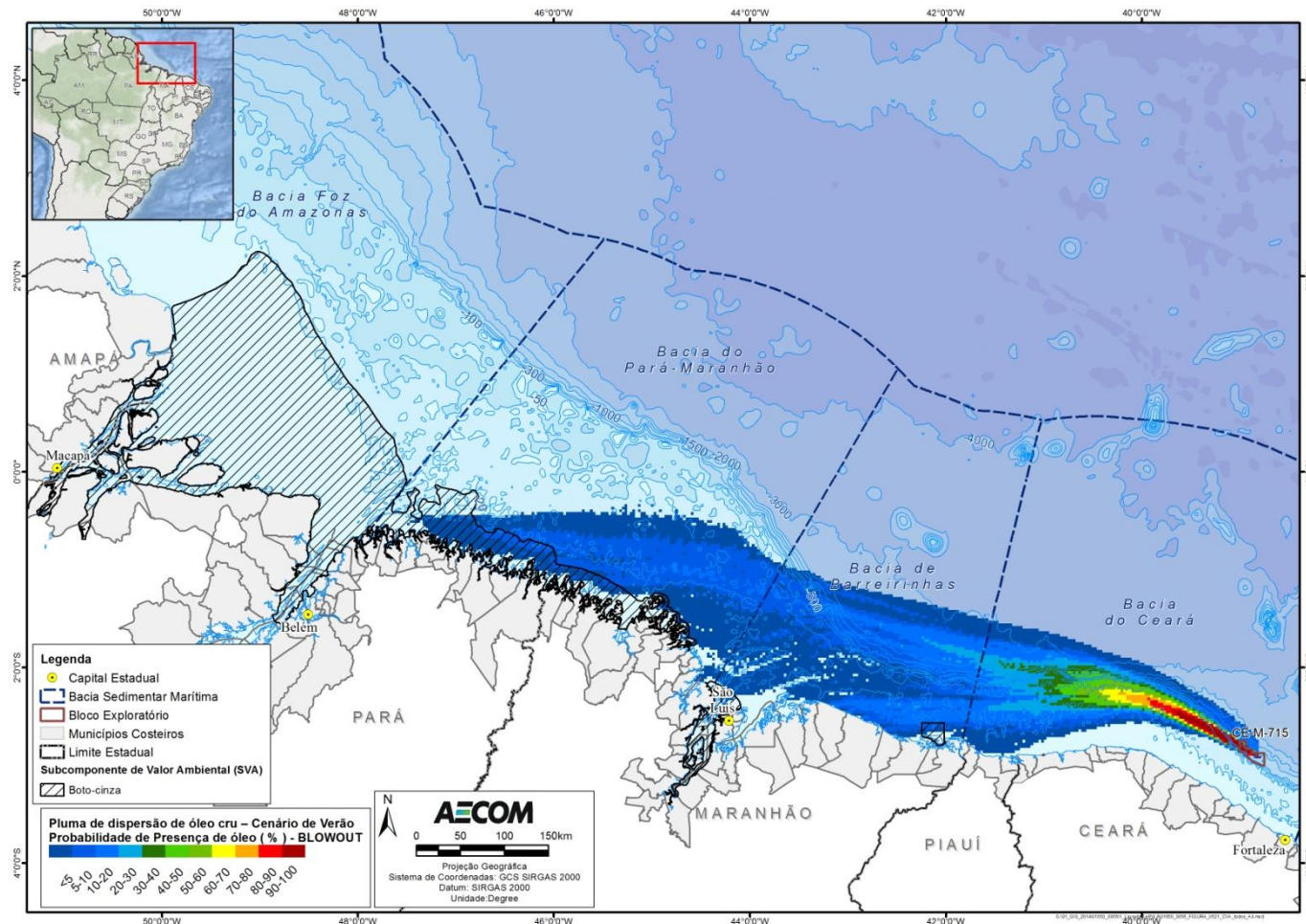


FIGURA II.9.4.2.33 - Área de concentração de populações residentes de boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

Ressalta-se que, uma vez que as populações são entendidas como residentes, o SVA *Sotalia guianensis* foi considerado um subcomponente fixo, para o qual foi utilizado o maior valor de probabilidade de toque de óleo na inferência do risco ambiental.

- **SVA Boto-vermelho (*Inia geoffrensis*)**

O boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) é essencialmente fluvial, podendo chegar até praias próximas à desembocadura de rios. É o maior dos golfinhos de rio, sendo endêmico das bacias dos rios Amazonas e Orinoco (DA SILVA, 2004). Assim como as outras espécies aquáticas, a reprodução do boto está fortemente associada ao ciclo hidrológico da região. Cópulas e nascimentos ocorrem entre os meses de maio/junho a setembro, durante o final da cheia e durante a vazante na Amazônia Central (DA SILVA, 1994; 2004). Neste período, os peixes estão mais concentrados, favorecendo a captura das presas e menor gasto energético (DA SILVA, 1994; 2004). Durante a estação de vazante e seca, os botos saem dos lagos e canais de várzea em direção ao canal do rio principal, acompanhando os peixes, e evitando ficar encalhados ou presos (ICMBio/MMA, 2011).

Para o boto-vermelho, as áreas de ocorrência consideradas no presente estudo foram definidas a partir dos trabalhos de SICILIANO *et al.*, 2008 e EMIN-LIMA *et al.*, 2010, sendo considerados os locais onde existem populações residentes.

Mapeamento

A Figura II.9.4.2.34 apresenta as áreas de concentração de populações residentes desta espécie juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no pior cenário previsto, para o inverno. Destaca-se não há probabilidade de toque de óleo nesse SVA na modelagem de pior caso, no cenário de verão, bem como na modelagem de vazamento de médio porte (200 m³), tanto no cenário de verão quanto de inverno.

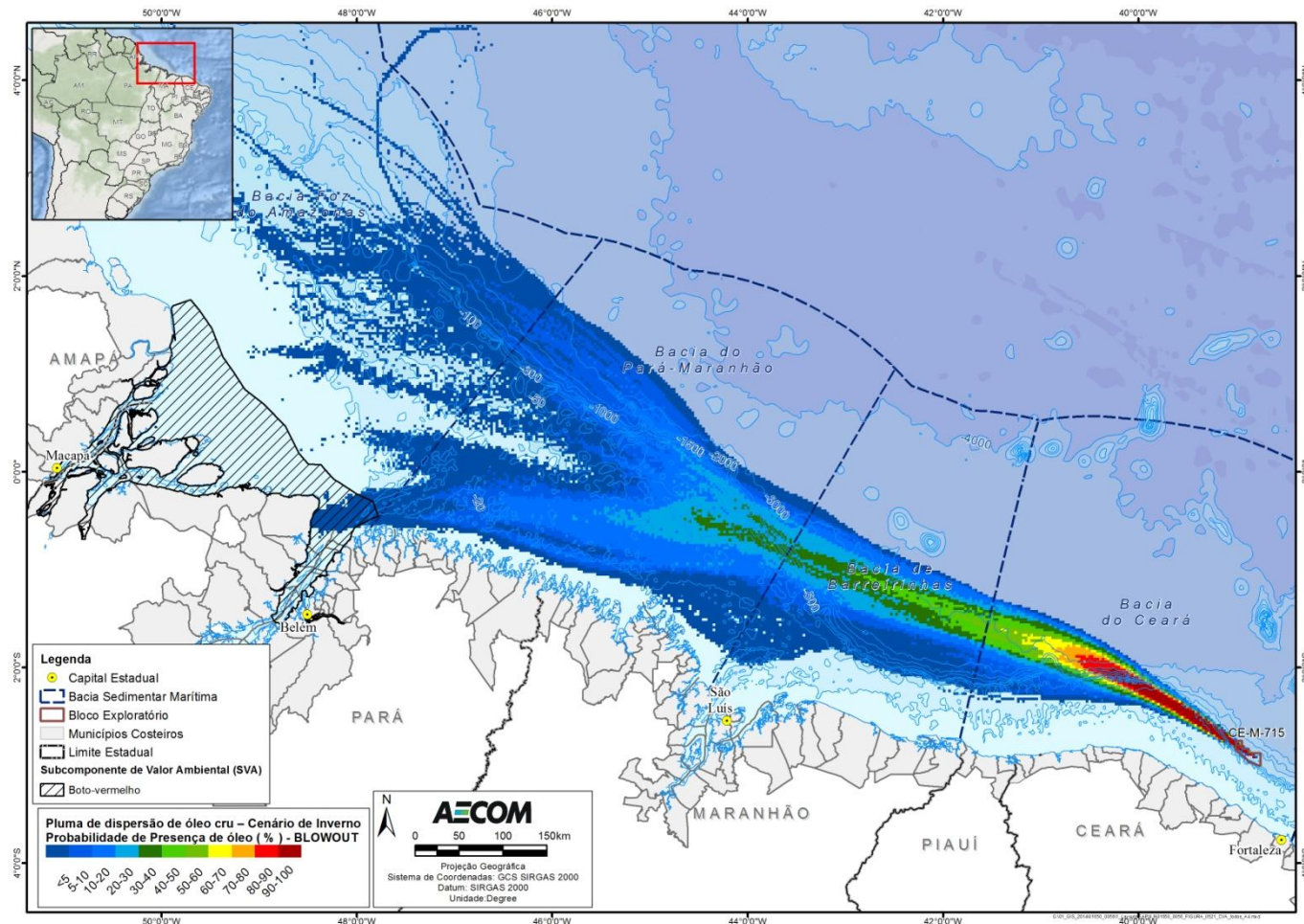


FIGURA II.9.4.2.34 - Área de ocorrência de populações residentes de boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

Ressalta-se que, uma vez que as populações são entendidas como residentes, o SVA *Inia geoffrensis* foi considerado um subcomponente fixo, para o qual foi utilizado o maior valor de probabilidade de toque de óleo na inferência do risco ambiental.

- **CVA Sirênios**

A. Introdução

A ordem Sirenia (sirênios) inclui as espécies de peixes-boi marinhos e de água doce, os dugongos e a vaca-marinha de Steller. A vaca marinha de Steller é considerada extinta desde 1768 e os dugongos têm sua distribuição limitada à região do Indo-Pacífico (REYNOLDS & ODELL, 1991). Portanto, serão tratados nesse item, dentro da ordem Sirenia, somente os peixes-boi, uma vez que são os únicos representantes presentes na região de estudo.

No Brasil, são encontradas duas espécies de peixes-boi: *Trichechus manatus manatus* (peixe-boi-marinho) e *Trichechus inunguis* (peixe-boi-amazônico). Este último tem sua distribuição praticamente limitada à Bacia Amazônica, podendo ocorrer na desembocadura com o Oceano Atlântico e regiões adjacentes (DOMMING, 1981; BEST & TEIXEIRA, 1982). Na região de estudo ocorrem as duas espécies, porém será dada maior ênfase ao peixe-boi marinho, pois os poucos estudos que existem se referem a essa espécie e ela possui maior chance de ser impactada no caso de um acidente com derramamento de óleo no mar.

Os peixes-boi são tidos como consumidores oportunistas herbívoros. Uma vez que o valor alimentício das plantas é pequeno, eles devem ingerir grandes quantidades de alimento que atingem 5% a 11% do peso corporal por dia. Como consequência, os animais passam até oito horas diárias se alimentando. A distribuição das potenciais áreas de forrageio do peixe-boi no litoral norte/nordeste é ampla, considerando-se a grande diversidade de espécies vegetais levantadas como itens alimentares de *Trichechus manatus manatus*. Contudo, esta vegetação encontra-se agrupada em manchas descontínuas. Deste modo, os peixes-boi marinhos vivem principalmente a pouca profundidade, raramente mergulhado a mais de doze metros, visto que as plantas das quais se alimentam crescem em grandes quantidades em águas rasas ou na superfície da água (PALUDO, 1998).

A distribuição do peixe-boi marinho no Brasil é descontínua e restrita às regiões norte e nordeste. As populações remanescentes de *Trichechus manatus manatus* estão distribuídas entre os estados de Alagoas e Amapá, havendo áreas de descontinuidade em Pernambuco, Ceará, Maranhão e Pará (ALBUQUERQUE & MARCOVALDI, 1982; LIMA et al., 1992; LUNA et al., 2008a; LIMA et al., 2011; ALVES et al., 2013). Essa descontinuidade de ocorrência reforça a hipótese de que os peixes-boi não realizam grandes migrações no litoral brasileiro, além de sugerir certo grau de isolamento entre os grupos remanescentes (LUNA, 2001).

Os estuários do litoral norte e nordeste do Brasil são ideais para a ocorrência do peixe-boi-marinho, pois neles se encontram extensos e preservados manguezais que formam habitats para a espécie (com importantes boiadouros, abrigos, disponibilidade de alimento e berçário) (LUNA, 2001; LIMA et al., 2011). Além disso, as águas dos estuários são permanentemente renovadas pelo contínuo fluxo de água do mar, mantendo a salinidade similar àquela do ambiente marinho (LUNA, 2001). Os peixes-boi-marinhos procuram fontes de

água doce para beber, como desembocaduras de rios e olhos d'água (LIMA et al., 1992). Destaca-se que a região das reentrâncias maranhenses e paraenses foi considerada por LUNA (2001) e LUNA et al. (2008a) como uma importante área para a espécie.

Merece destaque ainda a Baía de Marajó, no estado do Pará, por ser uma das áreas mais importantes para esse grupo biológico, pela presença tanto do peixe-boi-marinho como do peixe-boi-amazônico. Essa região é guarnecida por descontínuas vegetações de mangue, o que possivelmente justifica a ocorrência de ambas as espécies, preferencialmente na faixa onde há penetração de águas oceânicas (LUNA, 2001; MMA/ICMBio, 2011).

Infelizmente, os peixes-boi vêm enfrentando sérios problemas relacionados à caça indiscriminada pela sua carne e gordura, além de capturas acidentais seguidas de morte intencional (LIMA, 1997 *apud* MMA/IBAMA, 2011). Isto, associado a sua baixa taxa reprodutiva, distribuição descontínua e números populacionais pequenos (LUNA, 2001) faz com que esse grupo faunístico seja considerado extremamente vulnerável.

O peixe-boi-marinho e o peixe-boi-amazônico encontram-se, atualmente, ameaçados de extinção. Segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2015), ambas as espécies se encontram na categoria “Vulnerável”. Nacionalmente, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014), o peixe-boi-marinho encontra-se na categoria “Em perigo” e o peixe-boi-amazônico na categoria “Vulnerável”.

É importante observar que existem pouquíssimos estudos sobre o impacto do óleo em peixes-boi, sendo todos os estudos sobre o peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*), espécie encontrada na América do Norte e melhor estudada.

B. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.35 e II.9.4.2.36 apresentam as áreas de ocorrência de sirênios juntamente com as probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, tanto no inverno como no verão. Para a definição dessa área foram usadas as informações provenientes do item Diagnóstico Ambiental (Meio Biótico) elaborado para este Estudo de Perfuração Ambiental.

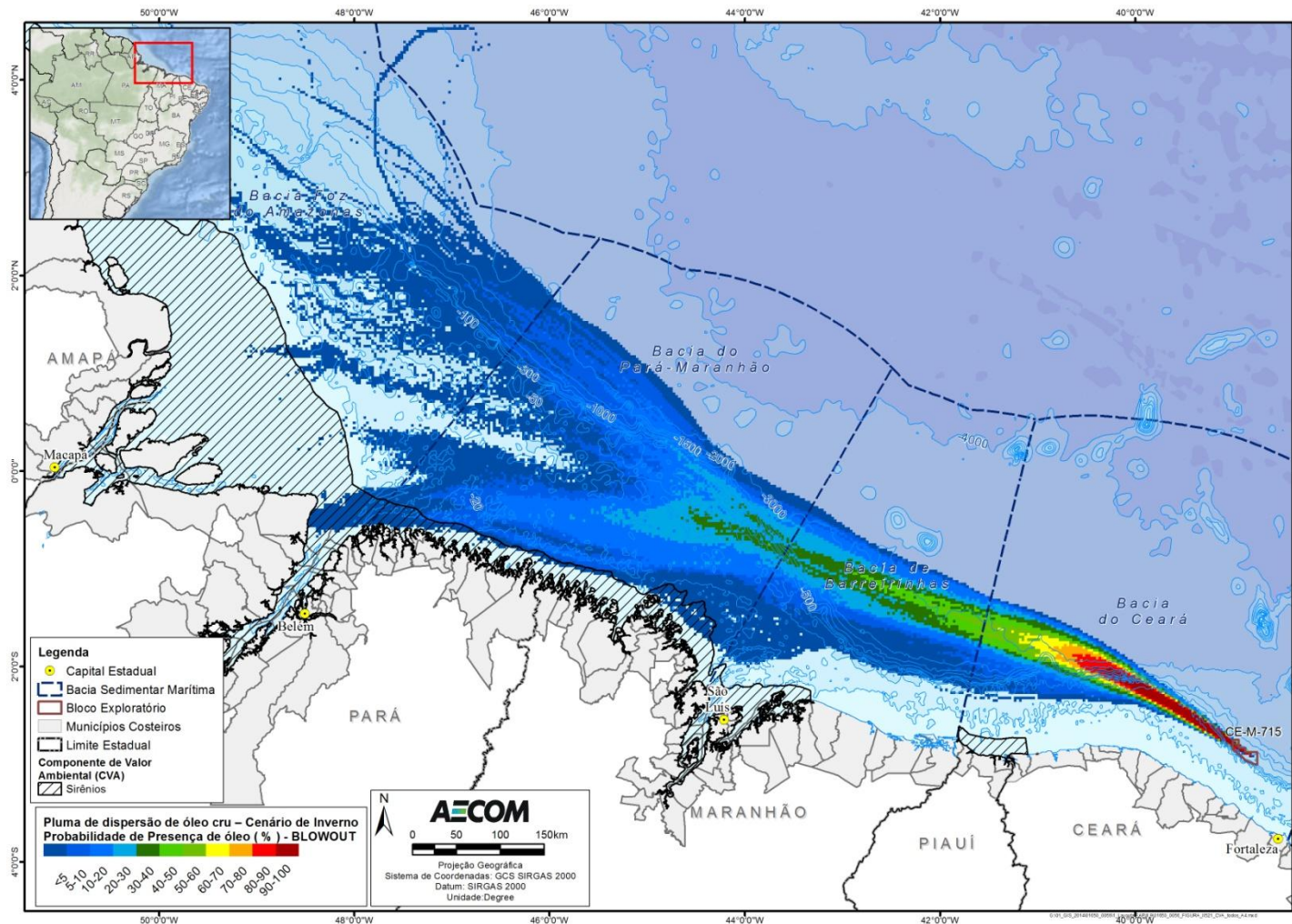


FIGURA II.9.4.2.35 – Área de ocorrência de sirênios na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

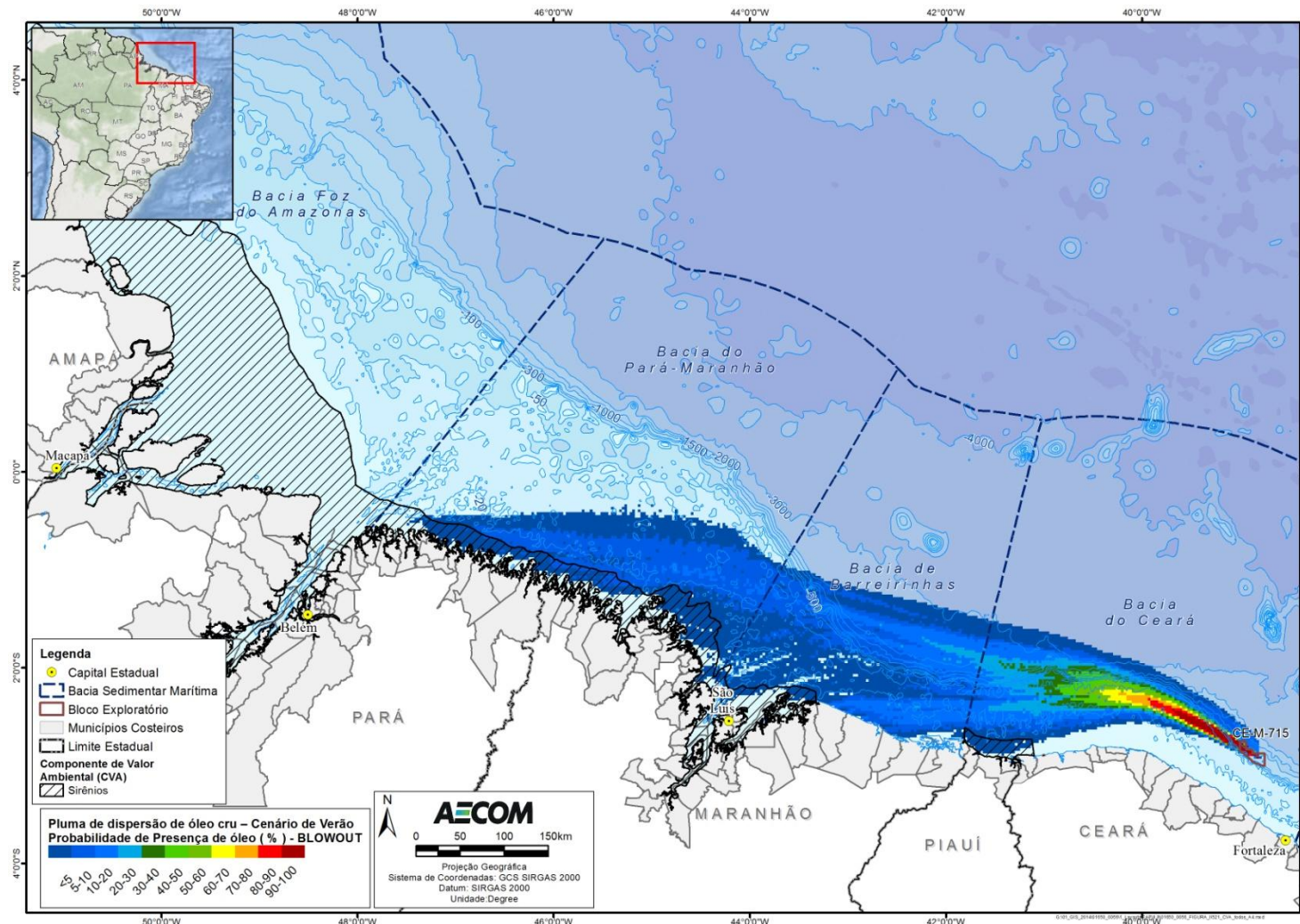


FIGURA II.9.4.2.36 – Área de ocorrência de sirênios na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d'água e superfície).

C. Tempos de Recuperação

Características anatômicas e fisiológicas específicas distinguem os peixes-boi dos outros mamíferos marinhos, como, por exemplo, a sua dieta herbívora. Como os cetáceos, eles são considerados como exclusivamente aquáticos, embora eles possam emergir da água para pastar sobre a vegetação que está acima da linha da costa. Normalmente, os peixes-boi concentram suas atividades em águas relativamente rasas e frequentemente descansam na ou bem próximos da superfície, comportamento de poderiam fazê-los entrar em contato com o óleo derramado (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

Os efeitos na temperatura corporal de peixes-boi adultos como resultado do contato direto com o óleo são insignificantes, pois eles possuem uma camada de gordura para isolamento. Entretanto, assim como nos outros grupos marinhos, a exposição ao óleo pode irritar as mucosas e os olhos. Os peixes-boi também podem ser afetados através da inalação de hidrocarbonetos voláteis quando subirem à superfície para respirar ou através do consumo de alimentos contaminados com óleo cru. A ingestão de óleo cru pode interferir com a atividade de secreção das suas glândulas gástricas e prejudicar sua flora intestinal, vital para a digestão (St AUBIN & LOUSBURY, 1988; EPA, 1999; CAMPAGNA et al., 2011).

Devido ao seu hábito alimentar não seletivo, os peixes-boi também podem consumir *tarballs*²⁸ junto com sua dieta normal. Apesar de ser provável que um peixe-boi encontre *tarballs*, sua ocorrência é raramente reportada (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

A necessidade dos peixes-boi de ocupar habitats restritos também os coloca em uma posição particularmente vulnerável. Vazamentos de óleo ou qualquer outra perturbação ambiental dentro dos limites dos sistemas fluviais e de seus canais preferenciais poderia colocar toda a população local em perigo (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

Assim como para a maioria dos animais, os jovens possuem mais risco de contaminação. Os filhotes podem ser afetados através da ingestão de óleo pelas mamas contaminadas. Além disso, os juvenis apresentam uma camada de gordura subcutânea mais fina que os indivíduos adultos, dificultando sua proteção (DEFENDERS, 2010). Também poderão ocorrer efeitos crônicos a longo prazo, como resultado da migração através de águas contaminadas (St AUBIN & LOUSBURY, 1988).

Os peixes-boi podem não ser severamente afetados por um vazamento de óleo através do contato direto, porém eles são sensivelmente afetados pelos distúrbios de habitat e ferimentos, como colisões com barcos e hélices, que podem ocorrer durante as ações de resposta (EPA, 1999).

C.1. Estudos de Caso

Não foram encontrados estudos de caso que citam impactos sobre peixes-boi. Os maiores impactos citados para esses animais são geralmente ocasionados por colisões com embarcações, destruição do habitat e caça intencional. Além disso, alguns autores sugerem impactos por óleo baseados no seu comportamento e fisiologia, porém não há casos de acidentes reais que comprovem tais informações.

²⁸ *Tarballs* são pequenos pedaços, geralmente esféricos, de óleo intemperizado remanescentes de um vazamento. As *Tarballs* são muito persistentes no ambiente marinho e podem se deslocar por centenas de milhas (NOAA, 2010b).

De acordo com DEFENDERS (2010), pouco se sabe sobre os impactos do óleo nos peixes-boi. O resultado mais próximo encontrado pelo autor cita o vazamento de óleo bruto no Golfo Pérsico em 1983. Na ocasião 37 dugongos, que são parentes dos peixes-boi, apareceram mortos, porém, nenhum exame das carcaças foi realizado para que as causas da morte fossem seguramente estabelecidas.

Após o acidente ocorrido em 20 de abril de 2010 com a plataforma Deepwater Horizon no Golfo do México, a cerca de 80 km de Luisiana, EUA, a ONG Save the Manatee Club fez um levantamento aéreo e não foram constatadas mortes de peixe-boi causadas por contaminação por óleo. Além disso, foram vistos dois peixes-boi adultos aparentemente saudáveis brincando em ondas na costa do Alabama (SMC, 2011).

Para esse acidente foi estabelecido que o maior problema para os peixes-boi seria o contato com o óleo na superfície e a sua exposição poderia ocasionar irritação dos olhos e pulmões. Em relação aos seus hábitos alimentares pouco seletivos, os peixes-boi poderiam também ingerir o óleo cru através de alimentos contaminados (SMC, 2011).

Alguns peixes-boi não morreram pelo impacto do óleo em si, mas devido às águas frias. Isso ocorreu, pois uma vez que suas áreas de vida foram atingidas, as populações locais tiveram que escapar para águas mais frias, onde o estresse térmico causou a morte dos indivíduos (SMC, 2011).

C.2. Conclusão

Apesar dos impactos das águas oleosas sobre peixes-boi serem provavelmente semelhantes àqueles descritos para baleias e golfinhos (irritação das mucosas, principalmente dos olhos e da boca, inflamação dos pulmões, lesões na pele e infecções) é importante salientar que os peixes-boi apresentam características peculiares como baixa taxa reprodutiva, com intervalos de 2 a 5 anos e de 1 a 2 anos de dependência maternal, o que faz o impacto sobre os indivíduos ser crítico.

Os peixes-boi apresentam capacidade de migração, o que possibilita sua saída de locais contaminados, porém, esses animais exigem condições ambientais específicas para sua ocorrência, que geralmente é bem restrita. Sendo assim, ainda que se desloquem para outras áreas, podem acabar sofrendo com impactos secundários como estresse térmico, e morrendo. Além disso, os peixes-boi apresentam baixa variabilidade genética, o que pode afetar negativamente quando submetidos a variações ambientais (TUCKER et al., 2012).

Sendo assim, considerando-se o comportamento diferenciado dos peixes-boi, os poucos estudos sobre impactos de óleo nesses animais, o pequeno número de espécimes encontrados no Brasil, assim como o fato das espécies presentes na região estarem ameaçadas de extinção tanto em escala nacional quanto global, acredita-se que o tempo para que a população de sirênios se recupere aos níveis anteriores ao de um acidente com vazamento de óleo esteja acima de 10 anos, podendo chegar até 20 anos.

- CVA Avifauna marinha costeira e CVA Avifauna marinha oceânica

A. Introdução

Podem ser encontradas diversas espécies de aves na área de estudo, totalizando 68 espécies com ocorrência factual e provável, distribuídas em sete ordens e 17 famílias (Tabela II.9.4.11). Dentre as aves que apresentam principal ocorrência na área com probabilidade de toque de óleo, podem ser citados os trinta-réis, as gaivotas, os maçaricos, as batuíras e os frangos d'água, representantes das famílias Sternidae, Ardeidae, Scolopacidae, Charadriidae e Raliidae (SICK, 1997; SIGRIST, 2009; RODRIGUES, 1995, 2000, 2001, 2007; MORRISON & ROSS, 1989; VALENTE *et al.*, 2011; CBRO, 2014).

TABELA II.9.4.2.11 – Aves com registros na área de estudo ou áreas próximas (ocorrência potencial) e status de conservação.

Ordem	Família	Nome científico	Nome comum	IUCN (2015)	MMA (2014)
Accipitriformes	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	Águia-pescadora	LC	NA
Pelecaniformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Tesourão	LC	NA
	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	Garça-azul	LC	NA
		<i>Egretta tricolor</i>	Garça-tricolor	LC	NA
		<i>Egretta thula</i>	Garça-pequena	LC	NA
		<i>Ardea cocoi</i>	Garça-moura	LC	NA
		<i>Ardea alba</i>	Garça-grande	LC	NA
		<i>Butorides striata</i>	Socozinho	LC	NA
		<i>Tigrisoma lineatum</i>	Socó-boi	LC	NA
		<i>Nyctanassa violacea</i>	Savacu-de-coroa	LC	NA
		<i>Nycticorax nycticorax</i>	Savacu	LC	NA
	Threskiornithidae	<i>Eudocimus ruber</i>	Guará	LC	NA
<i>Platalea ajaja</i>		Colhereiro	LC	NA	
Suliformes	Sulidae	<i>Sula dactylatra</i>	Atobá-grande	LC	NA
		<i>Sula sula</i>	Atobá-de-pé-vermelho	LC	EN
		<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaivota-de-cabeça-cinza	LC	NA
		<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaivota alegre	LC	NA
		<i>Larus dominicanus</i>	Gaivotão	LC	NA
		<i>Rynchops niger</i>	Talha-mar	LC	NA
	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Biguá	LC	NA
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	Biguatinga	LC	NA	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris alba</i>	Maçarico-branco	LC	NA
		<i>Calidris canutus</i>	Maçarico-de-papo-vermelho	LC	CR



Ordem	Família	Nome científico	Nome comum	IUCN (2015)	MMA (2014)
		<i>Calidris minutilla</i>	Maçariquinho	LC	DD
		<i>Calidris pusilla</i>	Maçarico-rasteiro	NT	EN
		<i>Calidris fuscicollis</i>	Maçarico-de-sobre-branco	LC	NA
		<i>Calidris himantopus</i>	Maçarico-pernilongo	LC	NA
		<i>Actitis macularius</i>	Maçarico-pintado	LC	NA
		<i>Arenaria interpres</i>	Vira-pedras	LC	NT
		<i>Limnodromus griseus</i>	Maçarico-de-costas-branca	LC	CR
		<i>Numenius phaeopus</i>	Bico-torto	LC	NA
		<i>Numenius hudsonicus</i>	Maçarico-de-bico-torto	NAV	NT
		<i>Tringa solitaria</i>	Maçarico-solitário	LC	NA
		<i>Tringa flavipes</i>	Maçarico-de-perna-amarela	LC	NA
		<i>Tringa melanoleuca</i>	Maçarico-grande-de-perna-amarela	LC	NA
		<i>Tringa semipalmata</i>	Maçarico-asa-branca	LC	NA
	Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	Piru-piru	LC	NT
	Jacaniidae	<i>Jacana jacana</i>	Jaçanã	LC	NA
	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Pernilongo-de-costas-negras	LC	NA
	Sternidae	<i>Chlidonias niger</i>	Trinta-réis-negro	LC	NA
		<i>Gelochelidon nilotica</i>	Trinta-réis-de-bico-preto	LC	NA
		<i>Phaetusa simplex</i>	Trinta-réis grande	LC	NA
		<i>Sterna dougallii</i>	Trinta-réis-róseo	LC	VU
		<i>Sterna hirundo</i>	Trinta-réis-boreal	LC	NA
		<i>Sterna paradisaea</i>	Trinta-réis-ártico	LC	NA
		<i>Sternula antillarum</i>	Trinta-réis miúdo	LC	NA
		<i>Sternula superciliaris</i>	Tirnta-réis-anão	LC	NA
		<i>Thalasseus acuflavidus</i>	Trinta-réis-de-bando	LC	NA
		<i>Thalasseus maximus</i>	Trinta-réis-real	LC	EN
	Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	Batuíra-de-bando	LC	NA
		<i>Charadrius wilsonia</i>	Batuíra-bicuda	LC	VU
<i>Charadrius collaris</i>		Batuíra-de-coleira	LC	NA	
<i>Vanellus cayanus</i>		Batuíra-de-esporão	LC	NA	
<i>Vanellus chilensis</i>		Quero-quero	LC	NA	
<i>Pluvialis dominica</i>		Batuiçu	LC	DD	
<i>Pluvialis squatarola</i>		Batuiçu-de-axila-preta	LC	NA	
Gruiformes	Rallidae	<i>Porphyrio martinicus</i>	Frango-d'água-azul	LC	NA

Ordem	Família	Nome científico	Nome comum	IUCN (2015)	MMA (2014)
		<i>Gallinula galeata</i>	Frango-d'água	LC	NA
		<i>Aramides mangle</i>	Saracura-do-mangue	LC	NA
		<i>Aramides cajanea</i>	Saracura-três-potes	LC	NA
		<i>Rallus longirostris</i>	Saracura-matraca	LC	NA
		<i>Laterallus melanophaius</i>	Sanã-parda	LC	NA
		<i>Laterallus exilis</i>	Sanã-do-campim	LC	NA
	Aramidae	<i>Aramus guarauna</i>	Carão	LC	NA
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i>	Martim-pescador-grande	LC	NA
		<i>Chloroceryle amazona</i>	Martim-pescador-verde	LC	NA
		<i>Chloroceryle americana</i>	Martim-pescador-pequeno	LC	NA
Procellariiformis	Procellariidae	<i>Puffinus puffinus</i>	Bobo-pequeno	LC	NA

Legenda:

NAV: Não avaliado

NA: Não ameaçado

NT (Quase ameaçado) – “*Near Threatened*” - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima, mas está perto de ser classificada.

LC (Pouco preocupante) - “*Least Concern*” - Quando a espécie, tendo sido avaliada, não se enquadra nas categorias acima.

VU (Vulnerável) – “*Vulnerable*” - Alto risco de extinção na natureza em médio prazo.

EN (Em perigo) - “*Endangered*” - Risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo.

CR – Criticamente em perigo - Risco extremamente alto de extinção na natureza.

É importante ressaltar que algumas das espécies citadas para a área de estudo são consideradas ameaçadas de extinção a nível nacional (MMA, 2014) e/ou global (IUCN, 2015). Podemos citar as espécies presentes na Tabela II.9.4.2.12.

TABELA II.9.4.2.12 – Espécies de aves que podem ser encontradas na área de estudo e que estão ameaçadas de extinção.

Espécie	Status de Conservação	
	Nacional (MMA, 2014)	Mundial (IUCN, 2015)
<i>Limnodromus griseus</i> (Maçarico-de-costas-brancas)	Criticamente em perigo	Não ameaçado
<i>Calidris canutus</i> (Maçarico-de-papo-vermelho)	Criticamente em perigo	Não ameaçado
<i>Sula sula</i> (Atobá-de-pé-vermelho)	Em perigo	Não ameaçado
<i>Calidris pusilla</i> (Maçarico-rasteirinho)	Em perigo	Quase ameaçado
<i>Thalasseus maximus</i> (Trinta-réis-real)	Em perigo	Não ameaçado
<i>Sterna dougallii</i> (Trinta-réis-róseo)	Vulnerável	Não ameaçado
<i>Charadrius wilsonia</i> (Batuíra-bicuda)	Vulnerável	Não ameaçado

B. Mapeamento

As Figuras II.9.4.2.37 e II.9.4.2.38 apresentam as áreas de concentração de avifauna marinha costeira nas áreas com probabilidades de chegada de óleo, no cenário de pior caso, tanto no inverno como no verão. Essas



áreas representam as áreas de agregação, por esse motivo, será considerado um CVA fixo. Destaca-se que no cenário de vazamento de médio porte (200 m³) não há probabilidade de toque de óleo nesse CVA.

Já as Figuras II.9.4.2.39 a II.9.4.2.42 apresentam a área de ocorrência das aves marinhas oceânicas no cenário de vazamento de 200 m³ e no cenário de pior caso, tanto no inverno como no verão. Essa área representa uma distribuição muito abrangente, sendo, portanto, um CVA difuso.

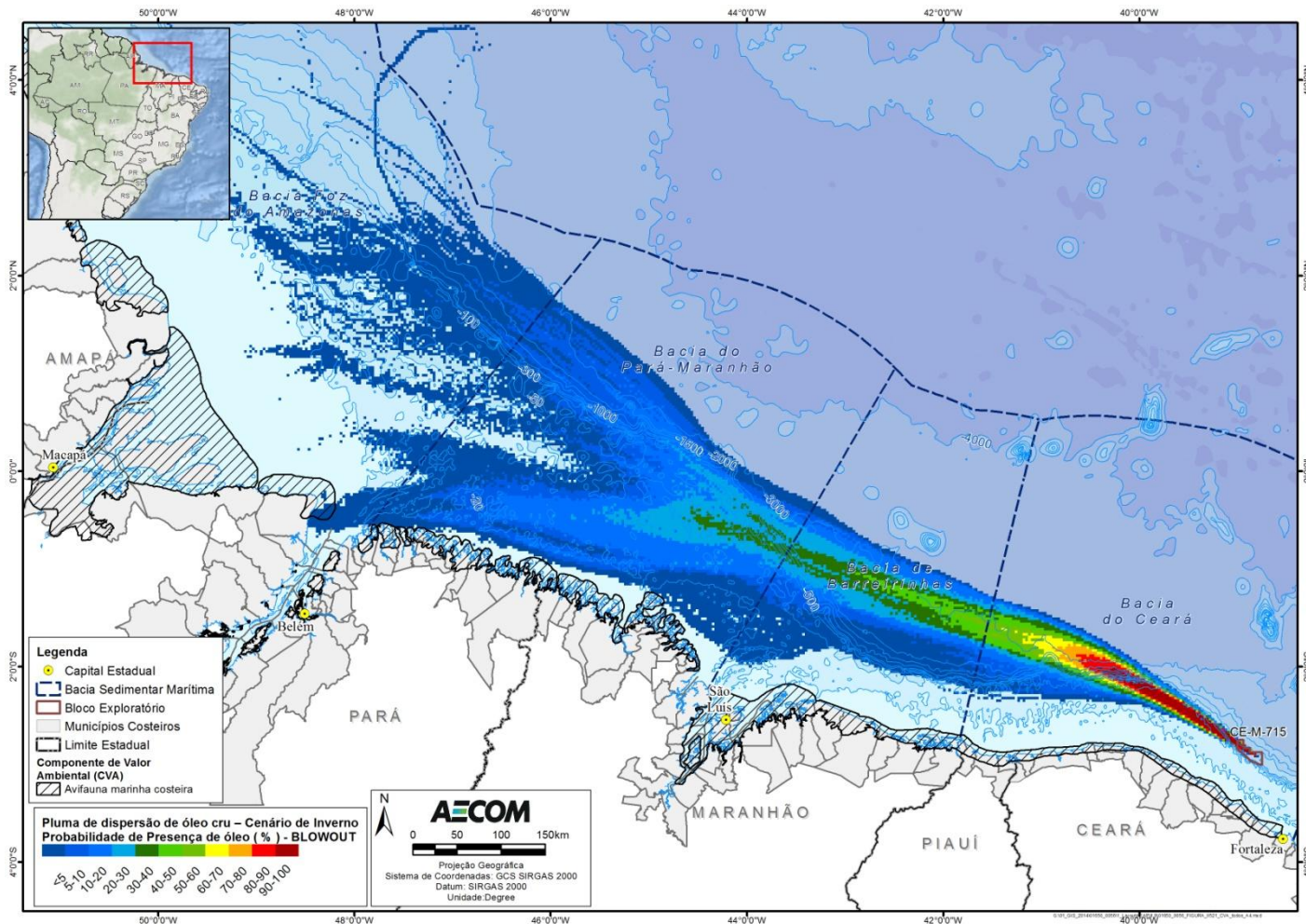


FIGURA II.9.4.2.37 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha costeira na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

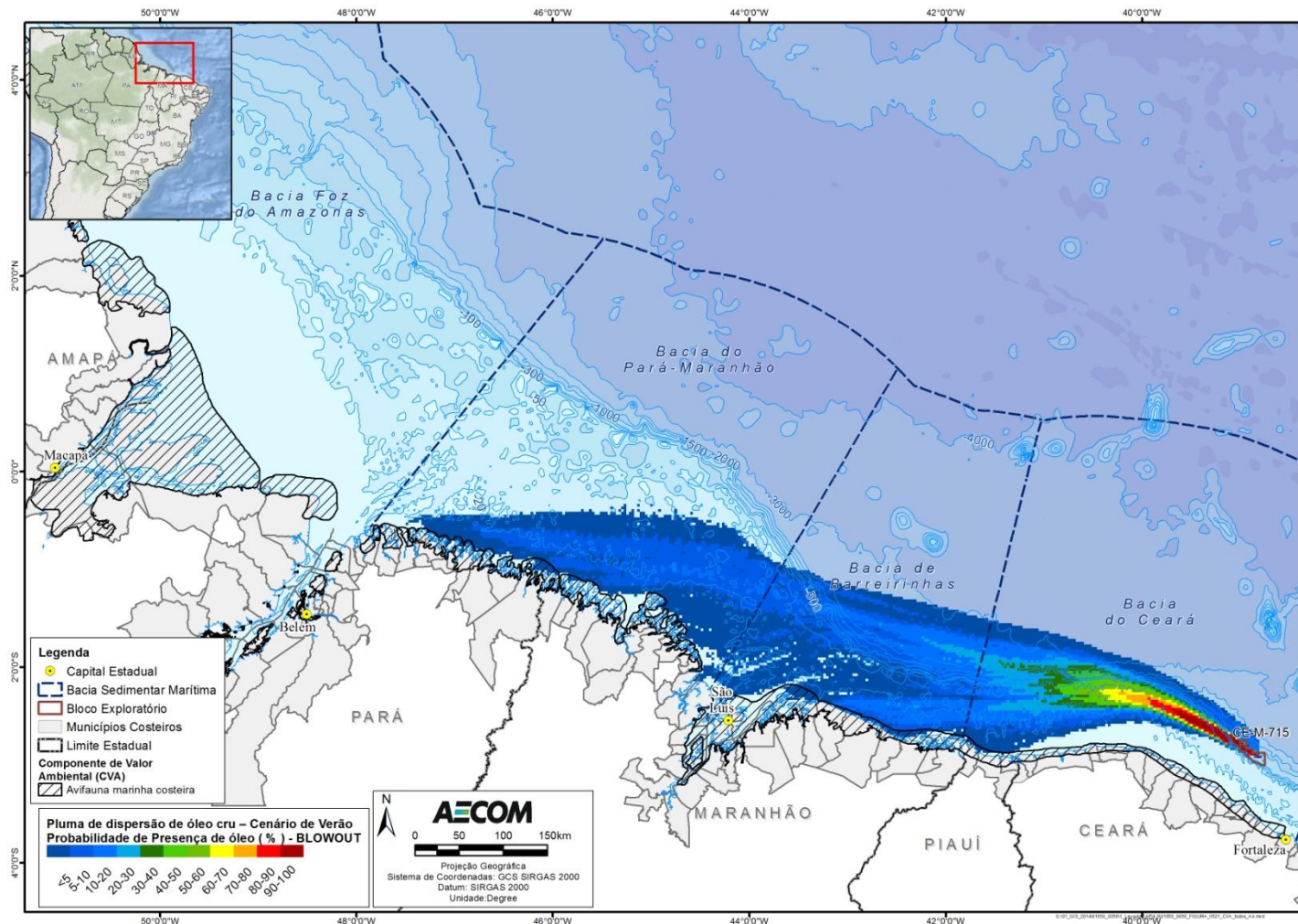


FIGURA II.9.4.2.38 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha costeira na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

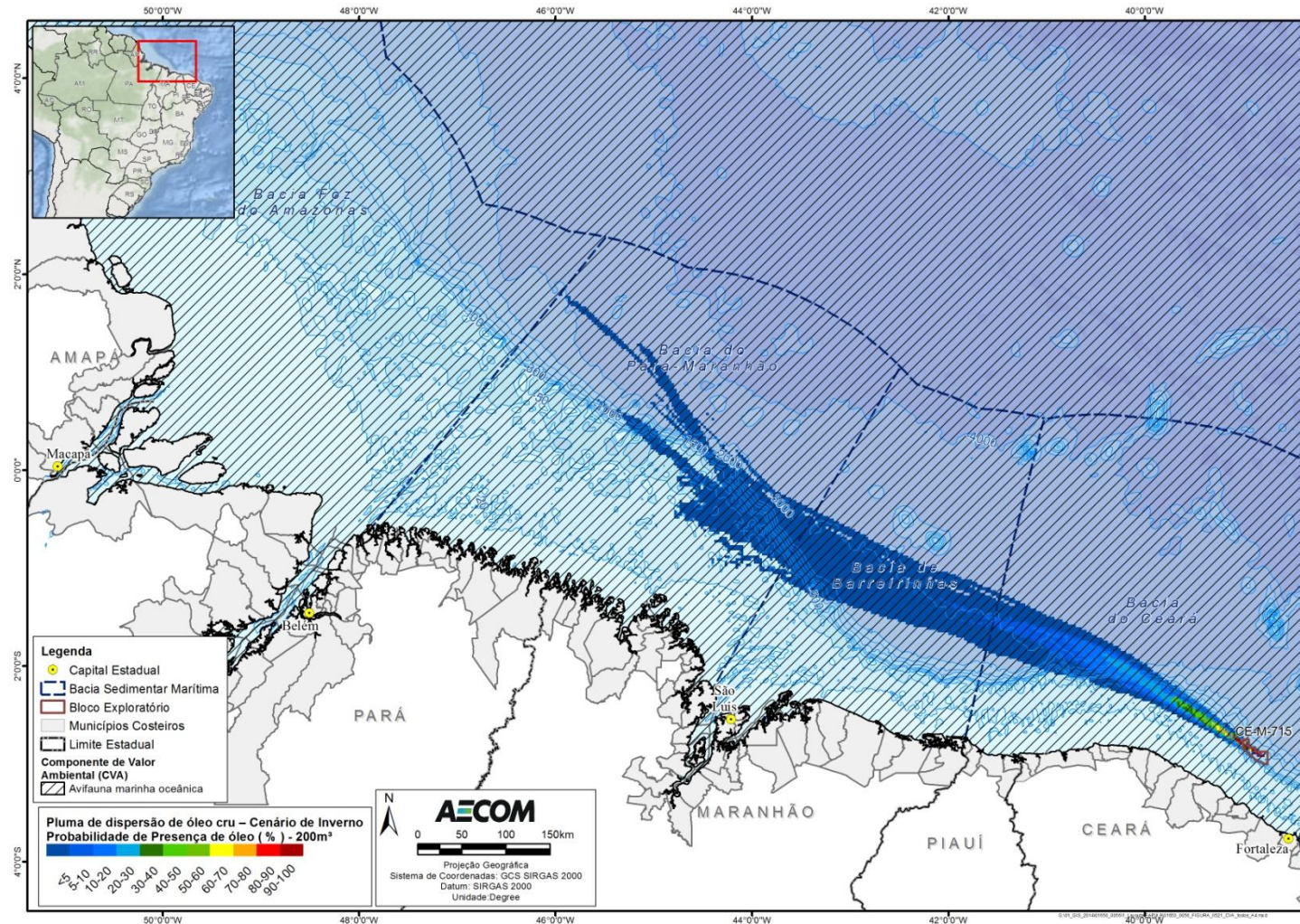


FIGURA II.9.4.2.39 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha oceânica na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de inverno (integração coluna d’água e superfície).

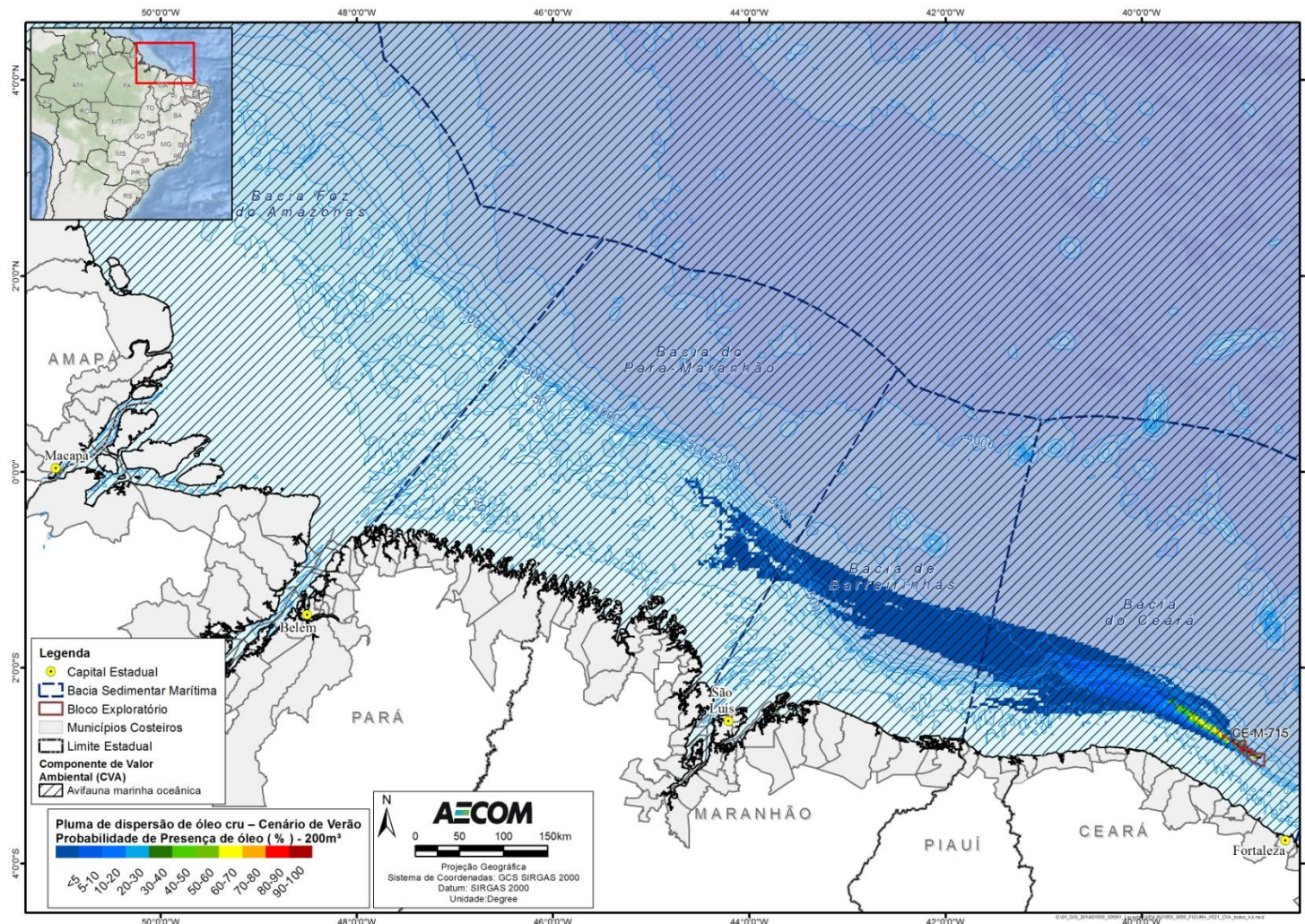


FIGURA II.9.4.2.40 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha oceânica na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de médio porte (vazamento de superfície de 200 m³), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

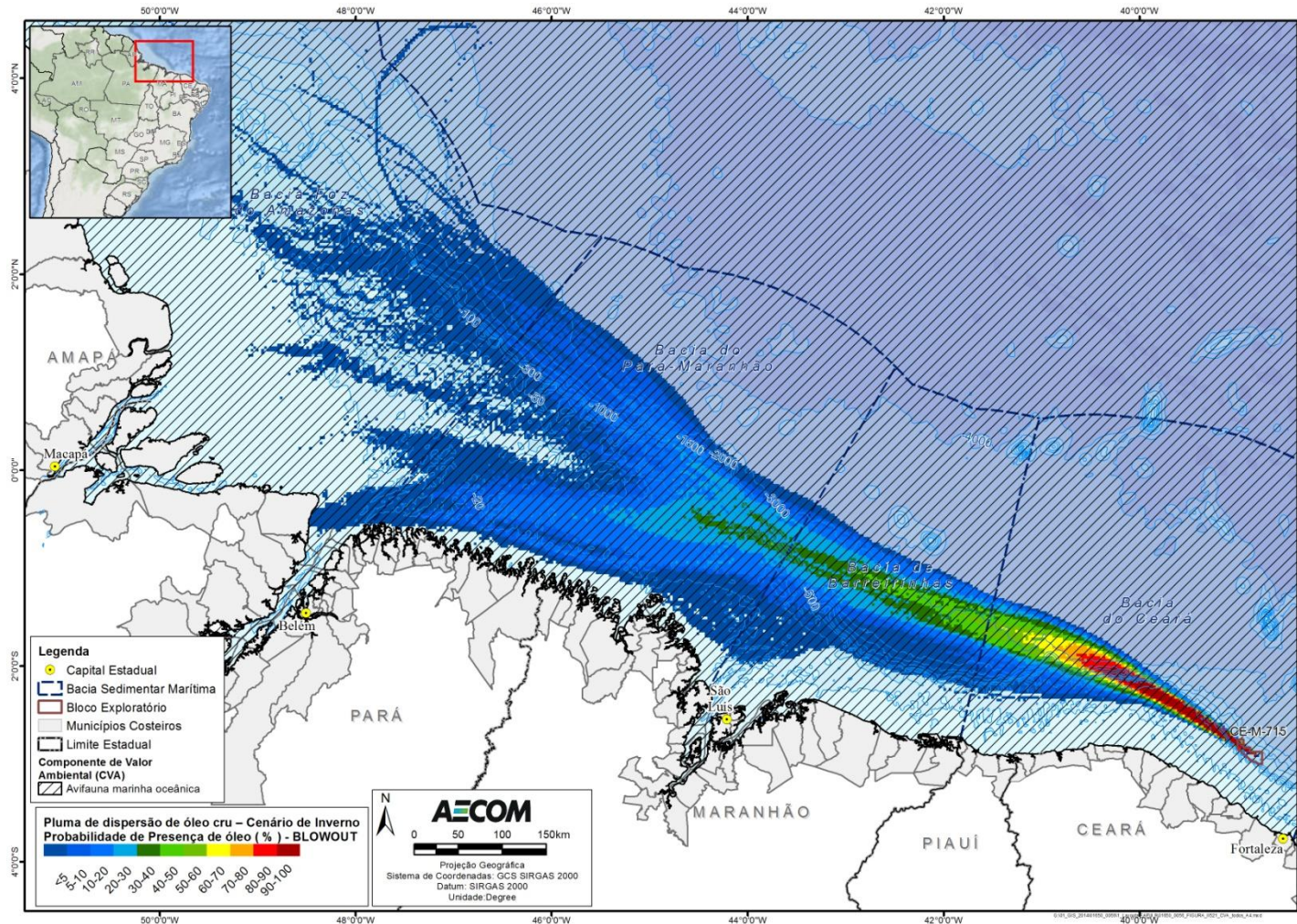


FIGURA II.9.4.2.41 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha oceânica na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de inverno (integração coluna d'água e superfície).

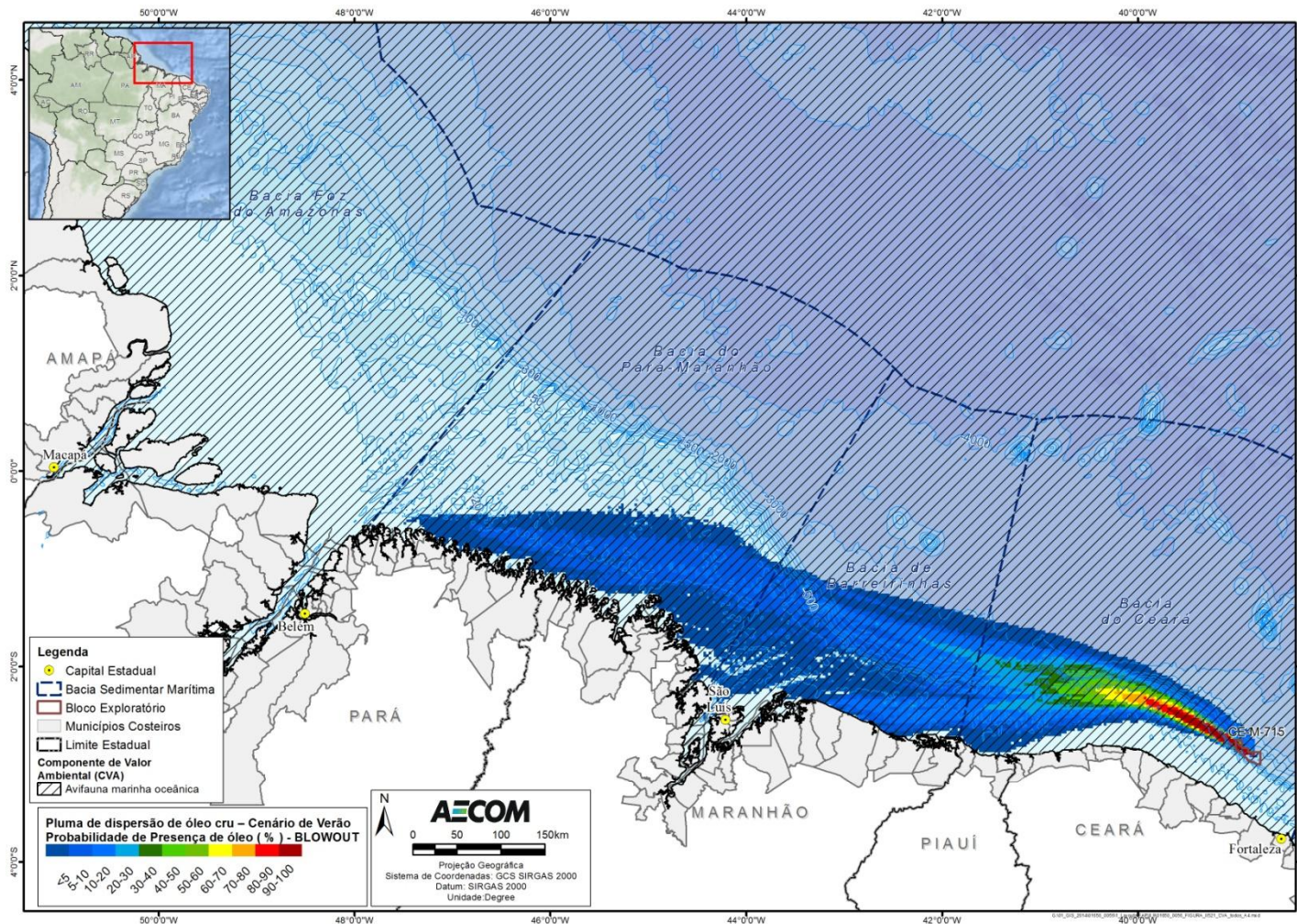


FIGURA II.9.4.2.42 – Áreas de ocorrência de avifauna marinha oceânica na área com probabilidades de chegada de óleo para a modelagem de pior caso (*blowout* - vazamento de fundo), no cenário de verão (integração coluna d’água e superfície).

C. Tempos de Recuperação

De todos os grupos impactados por óleo, as aves provavelmente atraem a maior preocupação do público (KINGSTON, 2002). Grandes vazamentos costumam impactar um grande número de aves, que são muito sensíveis, tanto aos efeitos externos quanto internos do óleo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010; HEUBECK *et al.*, 2003; ZAFONTE & HAMPTON, 2005).

As aves marinhas são particularmente sensíveis e têm um alto risco de contato com o óleo vazado devido à quantidade de tempo em que ficam sobre, ou perto, da superfície do mar, ou em áreas costeiras afetadas, além de possuírem baixas taxas reprodutivas (EPA, 1999; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Populações de aves com um pequeno número de indivíduos, distribuição geográfica restrita ou com espécies ameaçadas (EPA, 1999) também são bastante afetadas.

Na maior parte dos acidentes em que há documentação de morte de aves marinhas, o número de aves impactadas tem sido apenas estimado, enquanto que os impactos a nível populacional têm sido dificilmente determinados devido a dificuldade de análise. Os únicos dados confiáveis são a contagem de carcaças que aparecem no litoral. Porém, mesmo esse valor é subjetivo e o método possui grandes limitações, uma vez que desconsidera variáveis como intensidade de busca, acessibilidade da linha de costa e condições do mar na hora do vazamento (KINGSTON, 2002).

Como a maior parte das espécies possui alta mobilidade e pode viajar grandes distâncias, tanto para suas áreas de reprodução quanto para encontrar comida, na ausência de dados precisos e sem conhecimento da estrutura etária e da possível origem das aves envolvidas, é muito difícil prever ou interpretar tendências populacionais após um acidente com vazamento de óleo (HEUBECK *et al.*, 2003).

Os danos causados por incidentes variam com o tipo e volume do óleo, condições ambientais e a área e época do ano onde o acidente ocorreu, mas sempre há consequências ambientais (HEUBECK *et al.*, 2003).

○ Contaminação externa dos indivíduos

O óleo presente na porção externa do corpo das aves é provavelmente o responsável pela maior parte da mortalidade e estresse em aves marinhas após um vazamento de óleo, sendo que os efeitos podem ocorrer mesmo com quantidades muito pequenas na plumagem (e.g. 12.5 ml de óleo pesado) (BURGER, 2003; MOSBECH, 2002). É importante observar que como o comportamento das aves marinhas é variável, quanto mais tempo a ave gastar no mar, seja mergulhando para encontrar comida, nadando ou pousada na superfície, mais susceptível ela está à contaminação por óleo no caso de um vazamento. As aves sujas de óleo podem sofrer hipotermia, desidratação, afogamento e fome, e se tornam presas fáceis (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

Entre os efeitos causados pela contaminação externa das aves pode-se citar o colapso das penas e alterações na plumagem, que causam a diminuição do isolamento térmico. A queda das penas também é outro fator a ser considerado, pois pode alterar a cobertura e dificultar, severamente, a habilidade das aves para voar. A quebra na impermeabilização e no isolamento térmico proporcionado pelas penas pode levar à hipotermia. As penas encharcadas com óleo, por sua vez, provocam uma diminuição ou perda de flutuabilidade, podendo

levar ao afogamento por causa do aumento do peso ou da falta de aeração entre as penas. O óleo pode, ainda, irritar a pele, os olhos, a boca e a cavidade nasal, além de inibir o comportamento de procura por alimento, como o mergulho e o nado (MOSBECH, 2002; ITOPI, 2010b; BURGER, 2003; AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010).

É importante observar que experimentos de campo demonstram que aves adultas, quando contaminadas mesmo que levemente, podem transferir óleo para os ovos durante a incubação, com conseqüente diminuição do sucesso de nascimento (LEWIS & MALECKI, 1984 *apud* MOSBECH, 2002).

Um estudo sobre os efeitos do óleo no comportamento alimentar do maçarico-branco (*Calidris alba*) e da batuíra de bando (*Charadrius semipalmatus*), ambos presentes na área de estudo, realizado após um vazamento de óleo na costa atlântica de Nova Jersey, mostrou que o tempo gasto por essas espécies na alimentação diminuiu quanto maior a presença de óleo em suas penas. Isso ocorre, pois aves contaminadas gastam mais tempo se limpando e ajeitando suas penas do que as não contaminadas. Tal alteração de comportamento aumenta o estresse energético durante a migração. Para espécies que capturam o alimento na água, o aumento da demanda energética é combinado com a redução da habilidade da ave em se alimentar, devido à perda de flutuabilidade das penas encharcadas (BURGUER, 1997 *apud* MOSBECH, 2002).

o **Contaminação interna dos indivíduos**

Muitos estudos apresentam efeitos tóxicos do óleo em aves, com resultados variáveis dependendo da composição química do óleo, da espécie e da idade do indivíduo (BURGER, 2003). As aves podem ingerir óleo ao realizar a manutenção da plumagem através do alisamento das penas com o bico ou quando se alimentam de presas contaminadas, podendo sofrer efeitos a longo prazo (EPA, 1999; ITOPI, 2010b).

A ingestão de óleo causa envenenamento e intoxicação, além de irritação gastro-intestinal, rompimento da adrenal, níveis anormais de corticosteróides (hormônios de estresse), danos no fígado, disfunção renal, anemia e disfunção da glândula de sal. As células sanguíneas também podem ser destruídas causando distúrbios no sistema imune. Entre os efeitos na reprodução, pode-se citar a redução da habilidade de se reproduzir e do número de ovos previsto, diminuição da fertilidade dos ovos, da espessura da casca, e interrupção do comportamento normal de incubação (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010; BURGER, 2003; MOSBECH, 2002).

O acompanhamento de indivíduos de pato-real (*Anas platyrhynchos*) alimentados com óleo intemperizado proveniente do acidente Exxon Valdez mostrou que não houve interferência significativa sobre a sobrevivência, o crescimento e a reprodução dos mesmos. Os resultados indicaram, porém, que em concentrações extremamente altas (20g de óleo/kg de alimento) existiram reduções significativas na espessura média e na resistência da casca dos ovos. Baseando-se nesses resultados e na literatura toxicológica disponível, foi possível concluir que os efeitos tóxicos subletais do óleo intemperizado na vida selvagem em vazamentos como o Exxon Valdez parecem ser bastante improváveis (MOSBECH, 2002). Destaca-se, contudo, que essa espécie não ocorre na área de estudo e que, ainda que existisse, por ser uma espécie tipicamente costeira não seria afetada pelo óleo já que mesmo no cenário de pior caso, não há probabilidade do óleo chegar até a costa.

É importante destacar que não se sabe, ao certo, se aves marinhas são capazes de intencionalmente evitar áreas com manchas de óleo. Contudo, evidências encontradas em um experimento realizado na Noruega sugerem fortemente que a espécie fulmar-glacial (*Fulmarus glacialis*) evita se estabelecer na superfície marinha poluída com óleo pesado (LORENTSEN & ANKER-NILSSEN, 1993 *apud* MOSBECH, 2002). Isso pode ser verdade, também, para outras espécies de aves, entretanto ainda são necessários muitos estudos para que isso seja comprovado. Essa espécie também não ocorre na área de estudo, porém, foi considerada para colaborar com o embasamento teórico do relatório.

○ **Efeitos a longo prazo nos indivíduos**

Efeitos a longo prazo são muito difíceis de detectar e monitorar porque as aves podem colocar seus ovos a centenas de milhares de quilômetros do local do acidente. Além disso, os efeitos do óleo podem ser sutis, afetando as populações por longos períodos, diminuindo o sucesso reprodutivo e o recrutamento. Esses efeitos devem, contudo ser avaliados, pois podem vir a influenciar, fortemente, no tempo de recuperação de uma população (BURGER, 2003).

Entre os efeitos a longo prazo pode-se citar o atraso na maturação dos ovários em fêmeas, a alteração nos níveis hormonais, a redução na sobrevivência e crescimento de embriões e filhotes cujos pais tenham sido externamente contaminados por óleo, a supressão da imunidade e da resistência a doenças, efeitos mutagênicos, interrupção da monogamia (caso um dos pares esteja contaminado e deixe de reproduzir temporariamente) e redução da sobrevivência no inverno após o acidente (BURGER, 2003).

○ **Efeitos na População**

O impacto do óleo sobre uma população de aves ocorre em função de dois fatores: grau (i.e. o número inicial de aves mortas) e a duração (i.e. o tempo que a população impactada leva para recuperar a condição pré-vazamento) (ZAFONTE & HAMPTON, 2005).

Para detectar efeitos na população são necessárias informações das espécies envolvidas, sua origem reprodutiva e geográfica, idade e estrutura sexual dos indivíduos que morreram. A composição etária dos indivíduos também é importante, pois algumas espécies levam muitos anos até atingir a idade reprodutiva. Se, por exemplo, a maioria das vítimas estiver na idade adulta, um efeito pode ser detectado no próximo período reprodutivo, enquanto que se a maioria for imatura, os efeitos podem demorar anos para aparecer (HEUBECK *et al.*, 2003).

Uma importante questão que deve ser feita com relação aos impactos de exposição ao óleo sobre as populações de aves é se existe a possibilidade destas se tornarem extintas após serem impactadas por um acidente com vazamento de óleo. Exemplos históricos mostram que populações de aves, em geral, se recuperam a partir de grupos muito pequenos, dificultando que uma extinção da população ocorra (RYAN & SIEGFRIED, 1994 *apud* MOSBECH, 2002). Entretanto, são relatados casos de extinção de espécies de aves em algumas regiões, principalmente devido à destruição do habitat e a caça predatória (MOSBECH, 2002).

Um exemplo a ser citado é o caso das populações marginais de papagaios-do-mar na região da Bretanha, onde uma colônia destes animais sofreu grandes perdas, devido à combinação de causas naturais e poluição

por óleo, após o naufrágio do Amoco Cadiz, tendo que ser repovoada com indivíduos de outras colônias (HOPE JONES *et al.* 1978 *apud* MOSBECH, 2002). Além disso, no sul da Califórnia uma colônia de pombos Guillemot foi dizimada em 1980 principalmente devido ao grande número de vazamentos de óleo que ocorreram na região (PARKER *et al.*, 1997 *apud* MOSBECH, 2002).

Adicionalmente, é importante observar que o volume de óleo vazado não está necessariamente correlacionado com o número de aves mortas, uma vez que outros fatores podem possuir efeitos mais fortes, como, por exemplo, a densidade de aves na água no momento do acidente, o comportamento das aves afetadas, a proximidade das colônias e de outras agregações, a direção do vento, a ação das ondas, a temperatura e o tipo do óleo. Contudo, pequenos vazamentos de poucas toneladas podem matar milhares de aves se este ocorrer em uma área com grande concentração de indivíduos (BURGER, 1993). É válido destacar que no caso de um vazamento a partir da atividade em questão, mesmo para os cenários de pior caso, uma vez que não há registros de área com grande concentração de indivíduos na porção da área de estudo com probabilidade de alcance de óleo, mesmo nos cenários de pior caso.

○ **Recuperação de populações**

Apesar de haver relatos, na literatura disponível, de tempos de tempos de recuperação para espécies após acidentes com vazamentos de óleo, relatos, modelagens matemáticas são, atualmente, as ferramentas mais utilizadas para a obtenção de tais estimativas, já que dificilmente são encontrados estudos a longo prazo de populações impactadas. Devido à escassez de estudos que abordem tempos de recuperação de aves disponíveis na literatura científica, os casos levantados abordarão espécies contaminadas em ambientes costeiros, onde a contaminação tende a ser mais crítica uma vez que pode atingir espécies estritamente costeiras e colônias reprodutivas. Esse não é o caso da atividade da Total, que apresenta probabilidade de dispersão do óleo restrita a áreas oceânicas.

É difícil determinar o tempo de recuperação de uma população de aves, uma vez que a reposição ou recuperação de uma população não é somente o retorno ao número de indivíduos anterior, mas também de toda a estrutura da população. A dinâmica populacional e a ecologia alimentar de aves marinhas são complexas e informações importantes para modelagens matemáticas ainda são escassas (MOSBECH, 2002).

Como as aves marinhas têm uma alta expectativa de vida, com alta sobrevivência e diferentes expectativas por classe etária, estudos de populações a longo prazo são extremamente necessários para entender e prever um tempo de recuperação.

De modo a recuperar uma população, os indivíduos podem tender a usar estratégias que agilizem esse processo, como colocar mais ovos que o habitual, reproduzir-se mais frequentemente ou inserir aves jovens nos grupos reprodutivos. Embora esses processos possam ajudar, mesmo assim a recuperação pode levar muitos anos e irá depender de outros fatores como, por exemplo, o alimento disponível. Embora seja comum que ocorra a perda de indivíduos a curto e médio prazo, existem poucos registros de que vazamentos tenham causado prejuízos a longo prazo em populações de ovos ou causado declínio permanente em uma colônia (ITOPF, 2010b).

Atualmente, o estabelecimento de um tempo de recuperação relativamente curto para as populações de aves tem sido justificado pelas boas taxas demográficas (p. ex. taxas de sobrevivência) observadas, pela baixa mortalidade aguda e pela flutuação normal no número de indivíduos dentro das populações, demonstrando a resiliência das espécies. Em contraste, longos tempos de recuperação têm sido prescritos com base em evidências de declínio das populações, na idade tardia da primeira reprodução, no baixo sucesso reprodutivo da maioria das espécies e na grande mortalidade (ZAFONTE & HAMPTON, 2005).

Monitorar a mortalidade e a recuperação através de estudos populacionais pode ser difícil, pois esses estudos inevitavelmente têm erros de medição, algumas vezes maiores do que as estimativas de mortalidade aguda. Além disso, o monitoramento não mede simultaneamente impacto e condições pré-acidente e a variabilidade ambiental pode dificultar a definição de uma condição pré-acidente estática (ZAFONTE & HAMPTON, 2005).

Em relação às espécies impactadas pelo vazamento com o Exxon Valdez, é muito importante citar o artigo de DAY *et al.* (1996), no qual estudou-se o uso de habitats afetados por óleo por 42 espécies de aves marinhas, dois anos e meio após o acidente. Os autores consideraram a população como recuperada quando já não se podia mais detectar uma relação significativa entre a abundância de espécies e o nível de óleo. Os resultados encontrados mostram que 23 (55%) das 42 espécies estudadas não mostraram impactos negativos iniciais no uso de seu habitat. Das 19 espécies que apresentaram impactos negativos, 13 (68%) mostraram evidências de recuperação dentro dos 2 anos e meio de monitoramento. Apenas 6 (seis) espécies não mostraram clara evidência de recuperação dentro do período estudado, ou seja, menos de 15% das espécies estudadas. A proporção de espécies registradas em campanhas individuais que mostraram impactos negativos diminuiu ao longo do estudo, de 54% na primeira campanha (1989) para 10% na última (1991). Ressalta-se que as espécies que não mostraram sinais de recuperação tendiam a se alimentar na zona entremarés e a ser residentes, sendo que essas características também existiram para algumas espécies que não apresentaram os impactos iniciais. Os autores, portanto, concluem que o vazamento do Exxon Valdez impactou o uso de habitat para quase metade das espécies estudadas, sugerindo efeitos iniciais na adequação de habitat por essas espécies. Entretanto, para a maioria das espécies afetadas, os impactos persistiram por menos de 2 anos e meio. Essa taxa de recuperação no uso de habitat, paralelamente à rápida recuperação da abundância das espécies (geralmente menor que dois anos) também foi documentada para outras comunidades afetadas pelo óleo (invertebrados da região entremarés, peixes e aves) que foram estudados no Alasca e em outros locais.

Outro exemplo no qual foi observada recuperação após um vazamento de óleo de grandes proporções é o da águia americana (*Haliaeetus leucocephalus*), espécie residente e abundante na região costeira da área atingida pelo óleo oriundo do vazamento do Exxon Valdez, onde um total de 151 carcaças foi recuperado da área atingida, sendo importante considerar que a região fornece habitat permanente e sazonal para cerca de 6000 águias. Foi estimado que, dentro da baía, 250 aves morreram como resultado do vazamento. Adicionalmente à mortalidade direta, a produtividade foi reduzida nas áreas impactadas. Entretanto, observou-se um retorno da taxa reprodutiva aos valores de pré-vazamento entre 1990 e 1991. Da mesma forma, vistoria aérea realizada em 1995 indicou que a população tinha retornado ou até excedido os valores pré-vazamento dentro da baía. Em setembro de 1996, o *Trustee Council* classificou a águia americana como recuperada dos efeitos do vazamento de óleo do Exxon Valdez (EVOSTC, 2010). Portanto, essa espécie se recuperou e pode até ter excedido o número inicial de indivíduos seis anos após o vazamento.

KINGSTON (2002) reporta que estudos com airoos (*Uria aalge*), cujos sítios reprodutivos foram atingidos pelo vazamento de óleo, demonstraram que o número de indivíduos encontrado foi geralmente similar às estimativas históricas do final dos anos 70, evidenciando a questão da flutuação natural das populações e a boa capacidade de recuperação de espécies de aves. A recuperação rápida dos sítios reprodutivos de airoos no Alasca sugere que o número de animais mortos deve ser menor que a estimativa inicial ou que pares reprodutores foram repostos por aves jovens que vieram do oceano (BOERSMA *et al.*, 1995 *apud* KINGSTON, 2002).

Conforme dito anteriormente, o uso da modelagem matemática tem sido importante na antecipação dos impactos populacionais causados por vazamentos de óleo através de modelos de simulação. Normalmente, as estimativas feitas indicam tempos de recuperação muito grandes. Vale ressaltar, porém, que esses modelos não levam em consideração o crescimento populacional devido à diminuição da competição em uma população impactada (ou seja, em que indivíduos foram mortos), superestimando, possivelmente, o tempo de recuperação (MOSBECH, 2002).

A seguir são apresentados estudos em que foram estimados tempos de recuperação para populações de aves após vazamento de óleo.

C1. Estudos de caso

Assim como feito anteriormente para outros grupos biológicos, a maior parte dos estudos de caso encontrados na bibliografia científica aborda os efeitos do impacto do óleo e o tempo de recuperação de animais contaminados em ambientes costeiros. Sabe-se, portanto, que aves costeiras que costumam se alimentar em ambientes rasos apresentam um quadro de contaminação crônica já que a comunidade bentônica que constitui a base de sua dieta alimentar pode armazenar as substâncias tóxicas por muitos anos (PETERSON *et al.*, 2003).

Conforme dito anteriormente, um dos impactos mais visíveis de acidentes com vazamentos de óleo é o sobre a avifauna. Muitos estudos reportam tais impactos, porém poucos falam de tempo de recuperação. A seguir, serão citados alguns desses trabalhos, evidenciando aqueles que citam tempo de recuperação.

Após o acidente com o navio-tanque Exxon Valdez, em 1989, vários estudos sobre tempo de recuperação e impactos sobre aves foram realizados, uma vez que um dos mais conspícuos efeitos desse acidente foi a morte de um grande número de aves. Dentre esses, pode-se citar o realizado por GERTLER (1992), no qual ele indica que aproximadamente 36.000 aves mortas foram coletadas da área atingida. Segundo o autor, porém, esse valor representaria somente uma pequena porção da mortalidade total de aves, cujas estimativas indicariam, na realidade, entre 260.000 a 580.000, ou mais precisamente entre 350.000 e 390.000 indivíduos mortos durante e imediatamente após o vazamento. Monitoramentos de colônias de aves marinhas foram iniciados em 1989 e continuaram até 1991 buscando determinar se houve diminuição do número de indivíduos em comparação com os valores encontrados antes do vazamento ou com o número de animais em colônias que não foram atingidas. O airoo (*Uria aalge*) foi a espécie mais severamente impactada, com 60 a 70% de mortalidade de aves adultas em fase reprodutiva nas colônias impactadas e completa falha na reprodução nos anos de 1989 e 1990. Essa mortalidade já era esperada uma vez que airoos adultos se agruparam em antecipação ao período reprodutivo no mesmo momento em que as áreas foram atingidas pelo

óleo. A diminuição da densidade de aves em fase reprodutiva, o atraso no início da reprodução e o rompimento da sincronia da reprodução nas colônias afetadas causaram essa completa falha reprodutiva. As colônias de airo não atingidas pelo óleo não apresentaram impacto e tiveram reprodução normal.

GERTLER (1992) também cita, em seu trabalho, um estudo focado em espécies que utilizam as áreas entremarés e zonas rasas do infralitoral, áreas muito contaminadas pelo óleo. Todas as espécies que vivem nesses ambientes se alimentam de invertebrados como mexilhões e continuam a ficar expostas ao petróleo remanescente através da sua alimentação. Os arlequins (*Histrionicus histrionicus*), que fazem parte desse grupo, foram as aves mais impactadas pelo vazamento, com cerca de 33% de indivíduos coletados no inverno de 1989-1990 apresentando más condições corporais e cerca de 40% com os tecidos contaminados. Resultados preliminares indicam que o arlequim pode ter sido impactado nas suas áreas reprodutivas.

ESLER *et al.* (2002) também estudando os impactos do acidente do Exxon Valdez sobre a população de arlequins (*Histrionicus histrionicus*) entre 1995 e 1998, apresentaram estudos de recuperação. Foram avaliadas as eventuais limitações como a exposição ao óleo residual, a redução da disponibilidade de comida, limitações demográficas intrínsecas e taxas de crescimento populacional. Concluiu-se que as populações ainda não tinham se recuperado totalmente em 1998 (nove anos após o acidente). Além disso, os efeitos adversos continuam a ser registrados, em contraste com o paradigma convencional de que os efeitos do óleo em populações de aves têm vida curta. As características da história de vida dos arlequins fazem com que a espécie seja particularmente sensível, uma vez que eles se alimentam de organismos bentônicos nas zonas entremarés, passando a maior parte do ano próximos à costa, podendo ser impactados tanto a curto como a longo prazo.

É importante citar, também, o estudo realizado por BARCELLOS & SILVA (2003) com as aves impactadas após o vazamento de óleo que ocorreu na Baía de Guanabara em 2000, onde o biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) foi a espécie mais afetada devido ao seu comportamento de mergulho. Estudos anteriores sobre a abundância e a distribuição dessas populações na região, no entanto, não permitiu determinar o grau de impacto na população local.

C2. Conclusão

Considerando o exposto anteriormente, pode-se dizer que a variação natural e a enorme gama de fatores que influenciam as estatísticas populacionais de aves tornam difícil avaliar o impacto e a recuperação deste grupo a um evento único, como o vazamento acidental de óleo. Entretanto, existem poucas evidências concretas de que as aves sofrem efeitos a longo prazo decorrentes de eventos deste tipo.

Experimentos com vazamentos indicaram uma considerável resiliência de aves marinhas a um único evento catastrófico, sendo improvável que um vazamento de óleo possa aniquilar uma população sem a influência de outros fatores (como a caça e a captura em redes de pesca).

É importante considerar que a maior parte dos estudos citados se refere a poucas espécies e casos extremos de um único acidente. Além disso, ressalta-se que as espécies que utilizam os ecossistemas para reprodução ou como habitat já estão apropriadamente resguardadas dentro desses, uma vez que esses componentes (manguezais, estuários e recifes) já possuem tempo de recuperação acima de 10 anos.

Embora a literatura científica apresente alguns estudos sobre recuperação de populações de aves após eventos de vazamento de óleo, a ausência de estudos prévios na região de estudo dificulta qualquer predição sobre o tempo de recuperação das populações de aves numa determinada região. Além disso, os casos estudados se limitam ao ambiente costeiro onde a contaminação tende a ser mais grave, já que nesses locais existe uma agregação muito maior de aves formadoras de colônias reprodutivas, somada à presença de espécies que se alimentam de espécies bioacumuladoras, como mexilhões e outros invertebrados marinhos, presentes na zona de infralitoral e entremarés, áreas normalmente muito contaminadas em eventos em que o óleo chega à costa.

Levando-se em consideração, portanto, estudos com espécies características de locais temperados e em áreas onde houve contaminação costeira, adaptando-se à realidade local, considerou-se, conservadoramente, para fins desta análise, que o tempo de recuperação para a avifauna na região está entre 3 e 10 anos.

- **Considerações Finais**

O impacto de um vazamento de óleo na vida marinha depende, em sua maioria, das características químicas e físicas do óleo derramado e da maneira como ele se altera com o tempo, em um processo conhecido como intemperismo. Alguns importantes processos físicos que atuam no óleo são a evaporação, a dispersão natural e, em menor grau, a dissolução e a sedimentação. O tempo predominante e as correntes marinhas também irão determinar o movimento do óleo vazado, sendo a gravidade específica, a viscosidade, a composição química e a toxicidade do poluente as principais propriedades que determinarão o provável impacto do óleo nos organismos marinhos (ITOPF, 2004).

A Tabela II.9.4.2.13 apresenta um resumo das informações apresentadas no item 4.2, mostrando em que classes de tempo de recuperação os CVAs identificados foram dispostos e qual o valor foi utilizado para o cálculo da tolerabilidade.

TABELA II.9.4.2.13 – Tempo de recuperação dos componentes ambientais ao óleo.

Componentes e Subcomponentes	Classe de Tempo de Recuperação	Valor usado para o cálculo da Tolerabilidade	Classificação quando à distribuição
CVA Manguezais	>10 anos	30 anos	Fixo
CVA Estuários	>10 anos	20 anos	Fixo
CVA Praias e bancos de areia expostos e abrigados	3-10 anos	10 anos*	Fixo
CVA Recifes de corais e bancos de algas calcárias	>10 anos	30 anos	Fixo
CVA Recursos pesqueiros costeiros	1-3 anos	3 anos*	Difuso
CVA Recursos pesqueiros oceânicos	1-3 anos	3 anos*	Difuso
CVA Tartarugas marinhas	3-10 anos	10 anos*	Difuso
SVA Desova de tartarugas marinhas			Fixo
CVA Cetáceos	3-10 anos	10 anos*	Difuso

Componentes e Subcomponentes	Classe de Tempo de Recuperação	Valor usado para o cálculo da Tolerabilidade	Classificação quando à distribuição
SVA Boto-cinza (<i>Sotalia guianensis</i>)			Fixo
SVA Boto-vermelho (<i>Inia geoffrensis</i>)			Fixo
CVA Sirênios	>10 anos	20 anos	Difuso
CVA Avifauna marinha costeira	3-10 anos	10 anos*	Fixo
CVA Avifauna marinha oceânica	3-10 anos	10 anos*	Difuso

*Valor utilizado seguindo orientações da CGPEG/DILIC/IBAMA recebida em pareceres técnicos para outras atividades, na qual se deve usar o limite superior da Classe de Tempo de Recuperação para efeito do cálculo da tolerabilidade, visando ao conservadorismo.

As características diferenciadas de cada incidente encontradas nas bibliografias consultadas, associadas a enorme dificuldade de se estabelecer apropriadamente tempos de recuperação para ambientes onde não existem estudos que corroborem tais números, faz com que seja preciso criar categorias onde ocorre a maior parte dos valores para cada componente. É válido ressaltar que, mesmo que categorias sejam estabelecidas, são usados valores específicos para o cálculo do risco ambiental e conforme citado acima, tais valores foram, em sua maioria, selecionados como o valor máximo da classe na qual o componente se encontra, seguindo a orientação da CGPEG em pareceres técnicos para estudos de Análise de Riscos Ambientais desenvolvidos para outras atividades. São exceções aqueles CVAs que se inserem na categoria “<10 anos”, para as quais o valor de tempo de recuperação foi estabelecido usando-se as referências bibliográficas consultadas e considerando-se as características da região que pode vir a ser impactada.

Além disso, é importante considerar que, na maioria dos casos, a recuperação ambiental em ambientes marinhos é relativamente veloz e, excetuando-se recifes de corais, que podem levar décadas, espera-se que seja concluída em 2 a 10 anos (KINGSTON, 2002). Além disso, se uma área é suprimida de sua fauna e flora, a fauna pode se recuperar através do recrutamento de populações próximas (KINGSTON, 2002). No caso do estudo em questão, essa situação é bem provável para a maioria das espécies, pois os animais presentes na região não estão restritos apenas à área atingida pelo óleo, com suas populações podendo ser estabelecidas através da migração de indivíduos de populações adjacentes e que estão em ambiente não impactado.

Por fim, entende-se a importância da existência de espécies ameaçadas de extinção e áreas de concentração reprodutivas na área de estudo, inclusive com essa informação sendo considerada para se estabelecer os Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental. Entretanto, a existência de algumas espécies ameaçadas dentro da comunidade (valor não significativo), por si só, não aumenta o tempo de recuperação da comunidade como um todo, até porque o tempo de recuperação estabelecido nesse estudo é uma estimativa entre o pior e o melhor caso.

II.9.4.3. Cálculo da Probabilidade dos Componentes à Presença de Óleo

Considerando os resultados da modelagem de óleo e os componentes e subcomponentes ambientais (CVAs/SVAs) identificados, calculou-se a probabilidade de cada componente ambiental ser atingido por óleo.

Para cada CVA/SVA mapeado foram extraídos os resultados (probabilidade de presença de óleo) do cruzamento da área de concentração/ocorrência do CVA/SVA com as probabilidades de chegada de óleo, para os seis cenários avaliados, a fim de que a probabilidade individual de cada CVA/SVA, em cada um dos cenários, fosse inferida.

Conforme apresentado no item Metodologia, o cálculo da probabilidade de um dado CVA/SVA de distribuição dispersa (Recursos Pesqueiros Costeiros e Oceânicos, Tartarugas Marinhas, Cetáceos, Avifauna Marinha Oceânica e Sirênios) ser atingido considera a média ponderada das probabilidades de toque em relação à área de ocorrência potencial atingida. No caso dos CVAs considerados sem mobilidade/costeiros (Avifauna Marinha Costeira, Boto-cinza, Boto-vermelho, Área de Desova de Tartarugas Marinhas, Praias e Bancos de Areia, Estuários, Manguezais e Recifes de Corais), utilizou-se a maior probabilidade de toque encontrada, conforme orientação da CGPEG/DILIC/IBAMA.

Nos itens a seguir, serão apresentadas as probabilidades de presença de óleo para cada CVA, em determinada faixa de volume (8 m³ – pequeno, 200 m³ – médio, e pior caso, que é de 13.307 m³, e cenários sazonais (verão e inverno).

Os CVAs Cetáceos, Tartarugas Marinhas e Avifauna Marinha Oceânica possuem mesma área de ocorrência e, por isso, serão apresentados juntos.

- **CVA – Avifauna Marinha Costeira**

Os resultados referentes ao CVA –Avifauna Marinha Costeira, para os cenários em que houve probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.1 e na Tabela II.9.4.3.1.

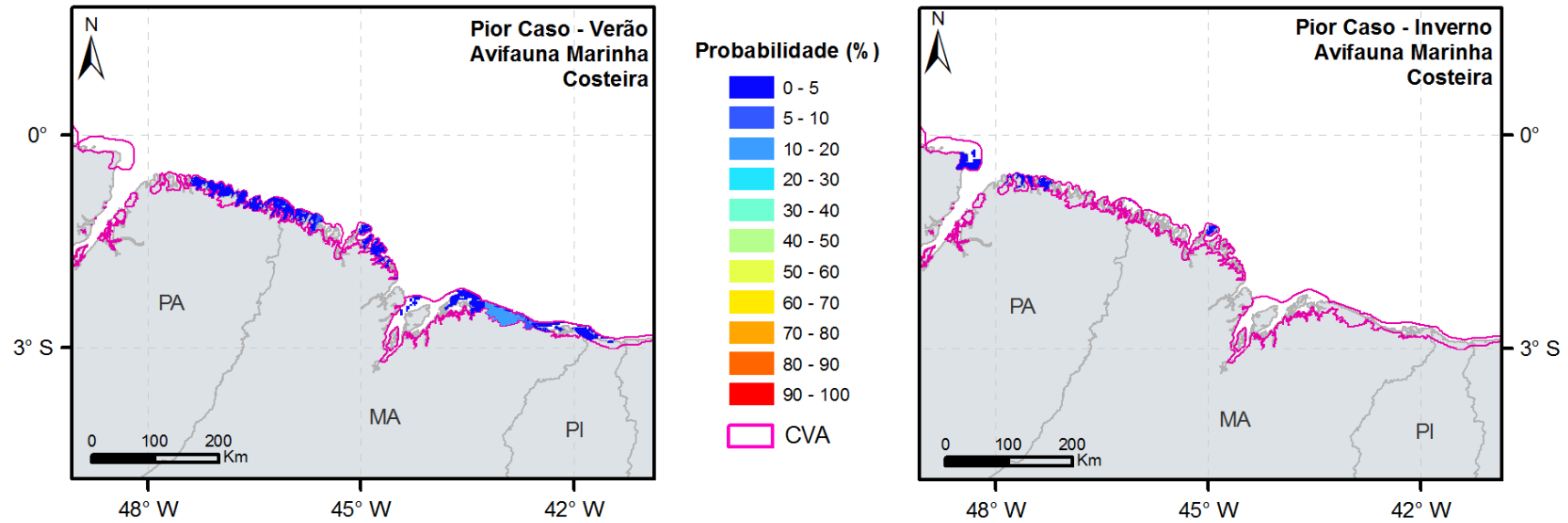


FIGURA II.9.4.3.1 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Avifauna Marinha Costeira nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.1 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Avifauna Marinha Costeira.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	19,4	242,0
6	Inverno	13.307	2,7	597,0

O CVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso (13.307 m³) e tende a ser maior no cenário de verão, com probabilidade máxima de 19,4%, em relação ao cenário de inverno de mesmo volume que apresenta 2,7% de probabilidade máxima. O tempo mínimo de chegada é de 242 horas (10 dias) no cenário de verão.

- **CVAs – Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas**

Os resultados referentes aos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos e Tartarugas Marinhas para os seis cenários, são apresentados juntos, devido à área de ocorrência igual, da Figura II.9.4.3.2 a Figura II.9.4.3.4, e na Tabela II.9.4.3.2.

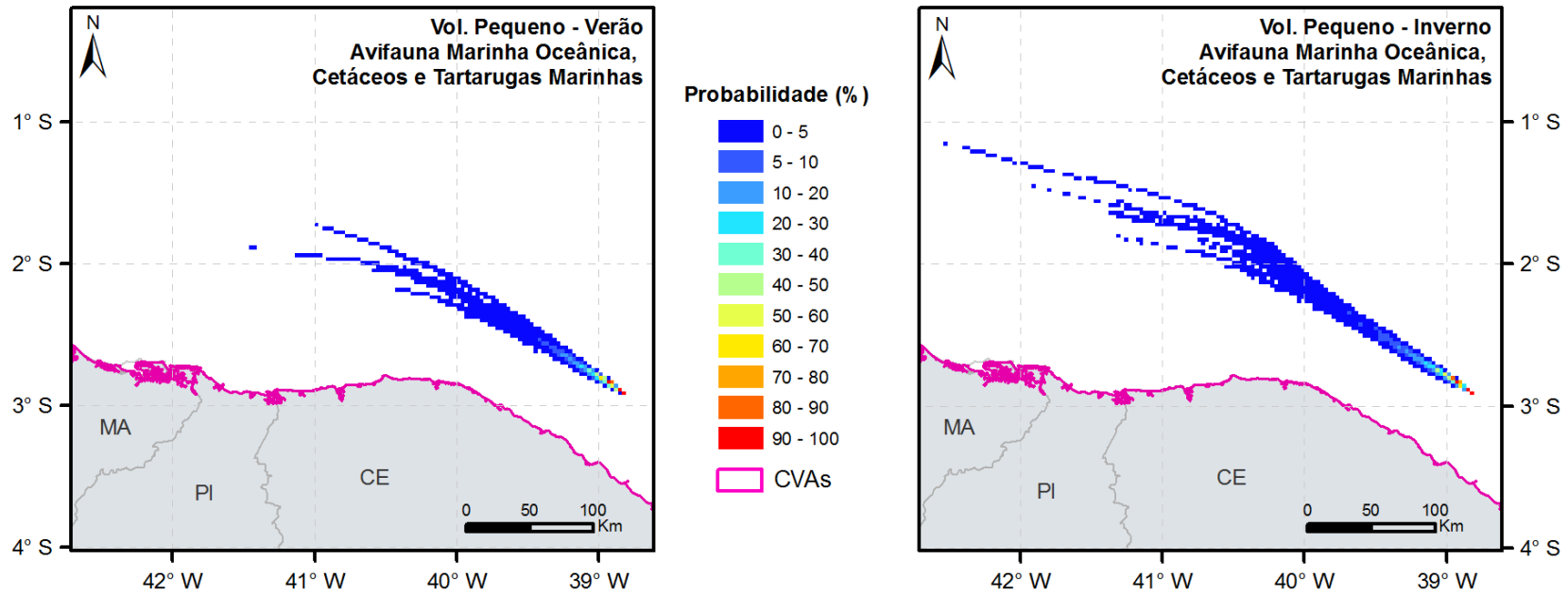


FIGURA II.9.4.3.2 - Probabilidade de presença de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos, Tartarugas Marinhas nos cenários 1 e 2.

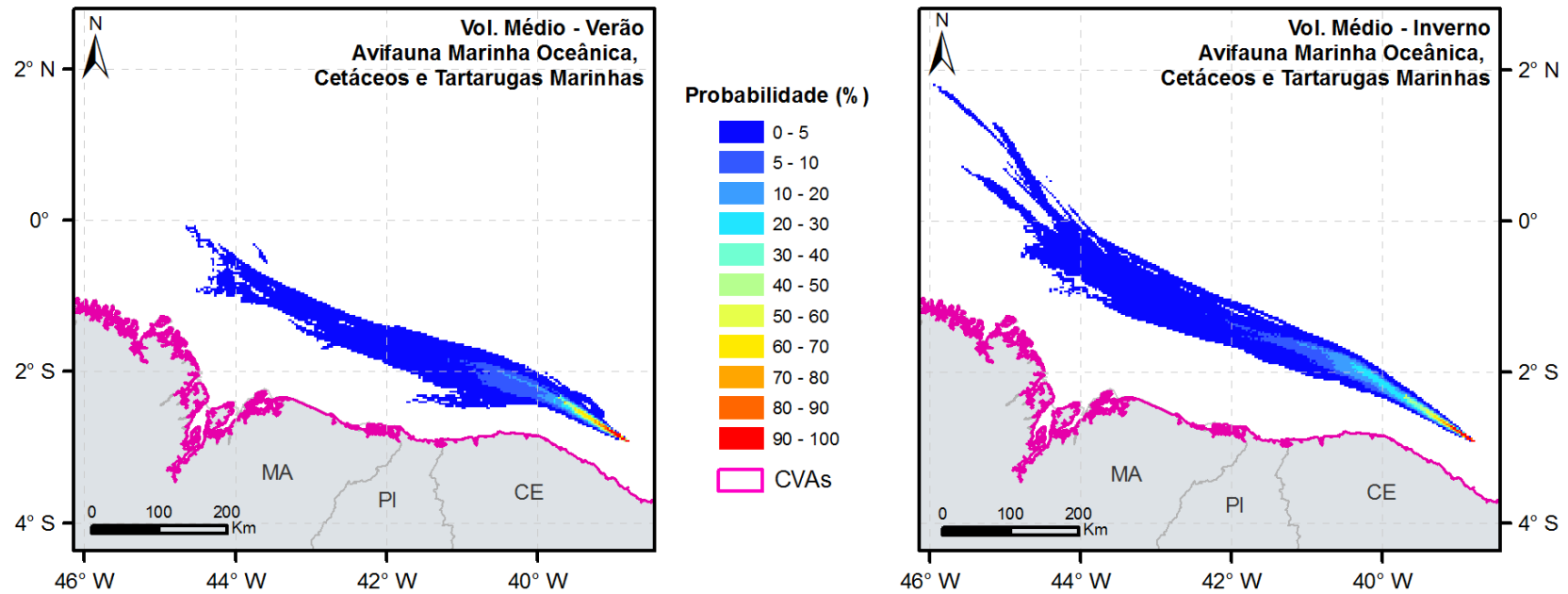


FIGURA II.9.4.3.3 - Probabilidade de presença de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos, Tartarugas Marinhas nos cenários 3 e 4.

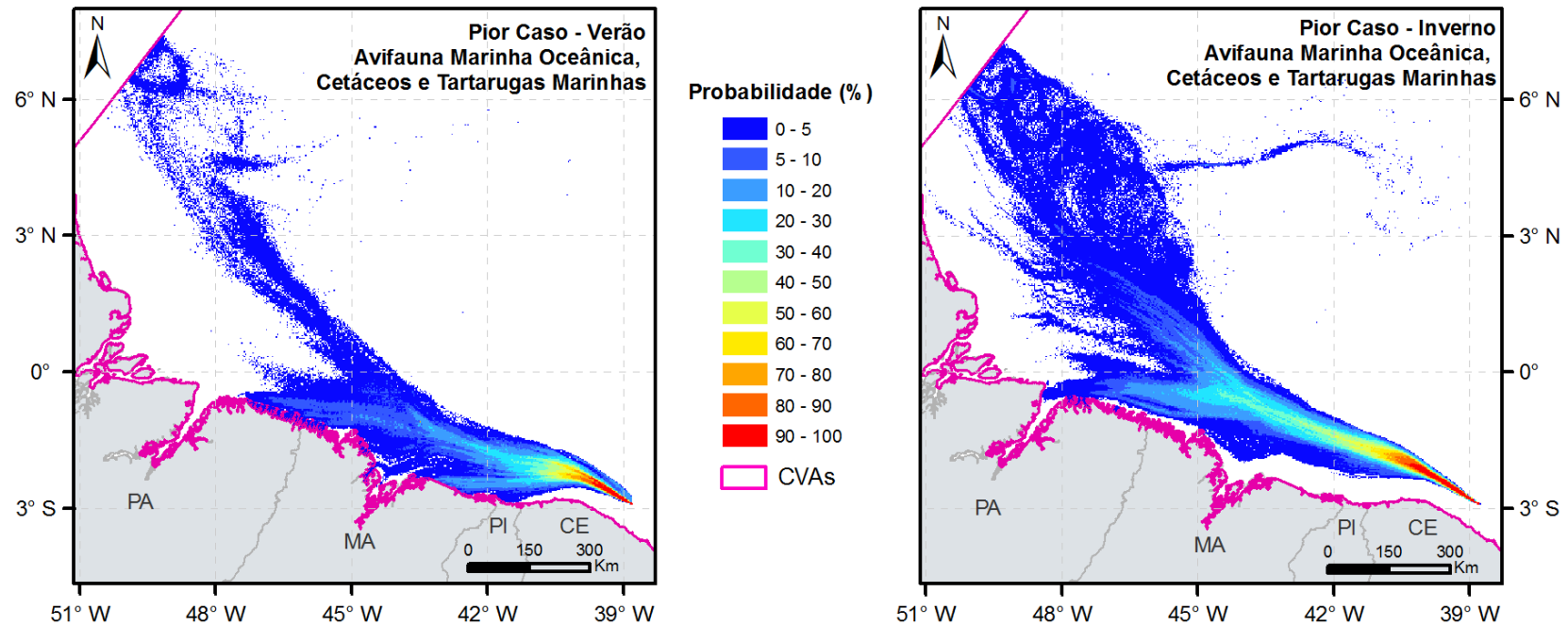


FIGURA II.9.4.3.4 - Probabilidade de presença de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos, Tartarugas Marinhas nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.2 - Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos CVAs Avifauna Marinha Oceânica, Cetáceos, Tartarugas Marinhas em cada cenário.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	3,5	1,0
2	Inverno	8	2,9	1,0
3	Verão	200	3,8	1,0
4	Inverno	200	3,8	1,0
5	Verão	13.307	6,1	1,0
6	Inverno	13.307	6,5	1,0

A área com probabilidade de presença de óleo nos cenários de inverno tende a ser maior do que as observadas nos cenários de verão, se estendo mais a noroeste com a Corrente Norte do Brasil e, no volume de pior caso, chega a ter óleo derivando para a região a leste do CVA com a retroflexão desta corrente. Nos cenários de pior caso, há chegada de óleo na região costeira do CVA, nos Estados do Piauí, Maranhão e leste do Pará no cenário de verão, e oeste do Maranhão e leste do Pará (atingindo também um trecho da Baía de Marajó) no cenário de inverno.

As probabilidades ponderadas pela área nos cenários de volume pequeno (8 m³) e médio (200 m³) são inferiores a 4% em ambos os cenários sazonais. O maior valor é observado no cenário 6 (pior caso – 13.307 m³, inverno), com valor de 6,5%.

Os tempos mínimos de chegada de óleo aos CVAs foram os mesmos em todos os cenários, de 1 hora, pelo fato do ponto de vazamento estar localizado dentro da área de ocorrência dos CVAs.

- **SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*)**

Os resultados referentes ao SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*), para cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.5 e na Tabela II.9.4.3.3.

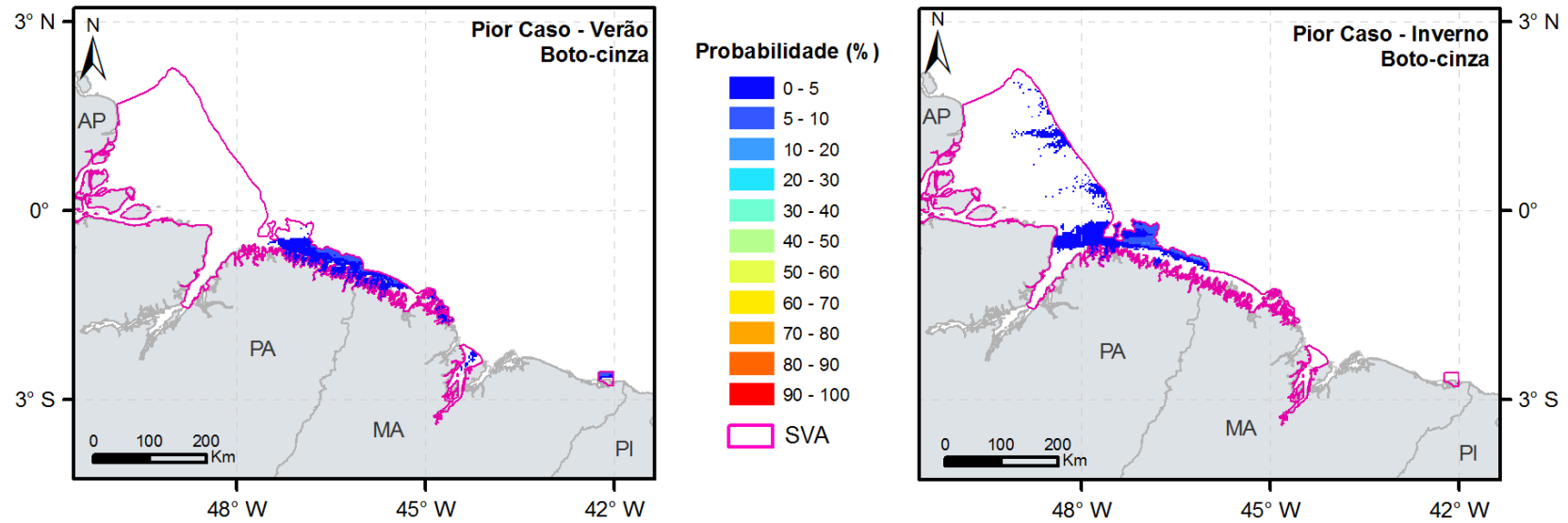


FIGURA II.9.4.3.5 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*) nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.3 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*).

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	5,0	207,0
6	Inverno	13.307	3,0	451,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso, com valor máximo de 5% no verão, e tempo mínimo de 207 horas (8,6 dias) no verão e 451 horas (18,8 dias) no inverno.

Ao se comparar os cenários sazonais, observa-se que no verão a área com probabilidade de chegada de óleo está mais concentrada no estado do Maranhão e na costa leste do Pará, enquanto no inverno o óleo pode atingir uma região do SVA mais a oeste do estado do Pará, na entrada da Baía de Marajó e proximidades do estado do Amapá. Apenas no cenário de verão há probabilidade de toque de óleo na Baía de São Marcos, no Maranhão, e em um trecho do CVA a leste do Maranhão.

- **SVA – Cetáceos – Boto-vermelho (*Inia geoffrensis*)**

Os resultados referentes ao SVA – Cetáceos – Boto-vermelho (*Inia geoffrensis*), para o cenário em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.6 e na Tabela II.9.4.3.4.

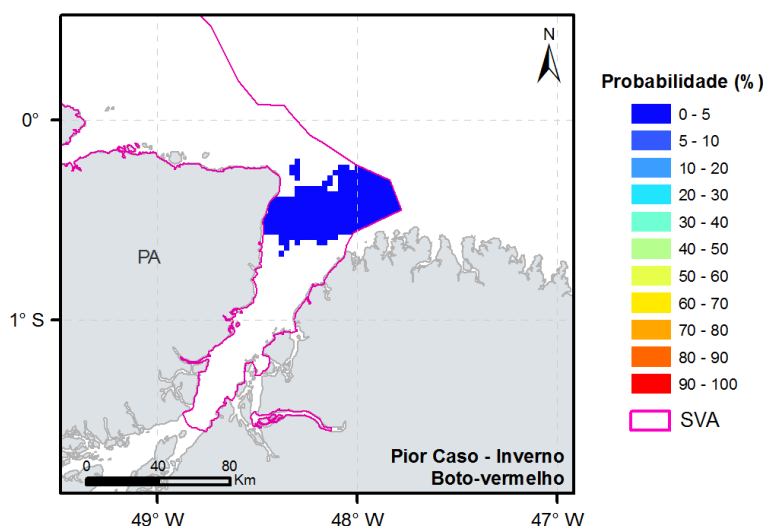


FIGURA II.9.4.3.6 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Cetáceos – Boto-vermelho (*Inia geoffrensis*) no cenário 6.

TABELA II.9.4.3.4 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Cetáceos – Boto-vermelho (*Inia geoffrensis*).

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	-	-
6	Inverno	13.307	2,7	756,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo no cenário 6, inverno de pior caso, na região de entrada da Baía de Marajó, apresentando uma probabilidade máxima abaixo de 3% e tempo mínimo de chegada de óleo apenas após 31 dias (756 horas).

- **SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas**

Os resultados referentes ao SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.7 e na Tabela II.9.4.3.5.

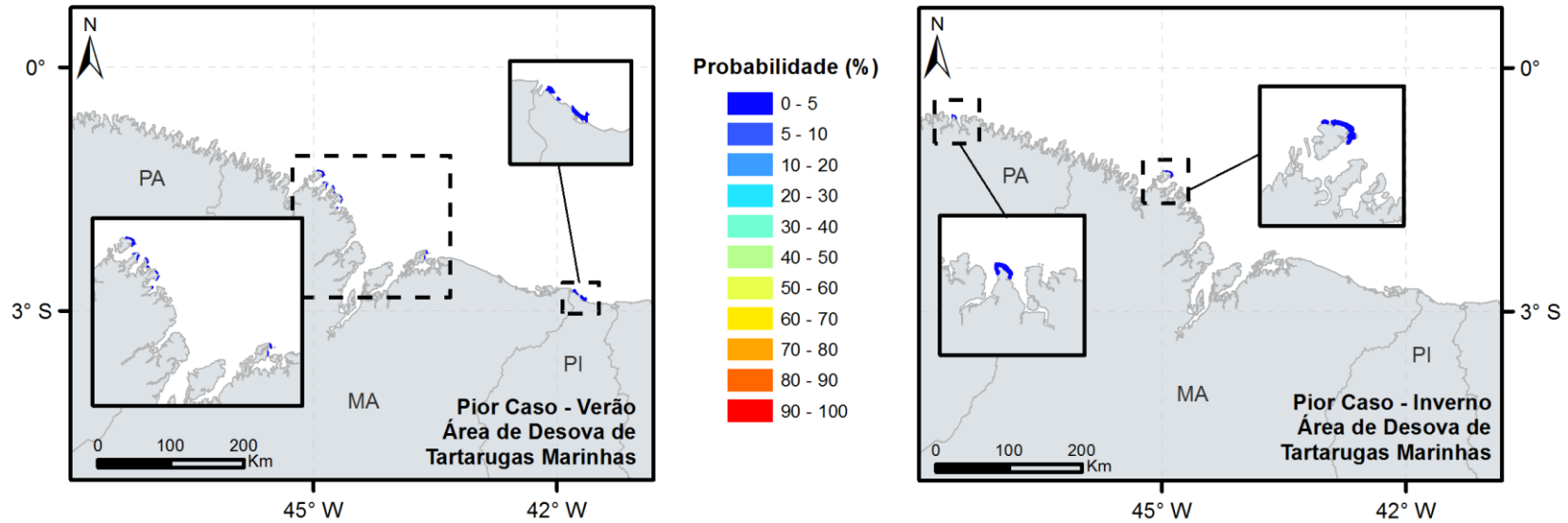


FIGURA II.9.4.3.7 - Probabilidade de presença de óleo no SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.5 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no SVA – Área de Desova de Tartarugas Marinhas.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	2,3	286,5
6	Inverno	13.307	0,3	580,0

O SVA somente apresenta probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso, com probabilidades nos estados do Piauí e Maranhão no verão, e no Maranhão e Pará no inverno. A probabilidade máxima é de 2,3% no verão e o tempo mínimo de 286,5 horas (11,9 dias).

- **CVA - Sirênios**

Os resultados referentes ao CVA – Sirênios, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo são apresentados na Figura II.9.4.3.8 e na Tabela II.9.4.3.6.

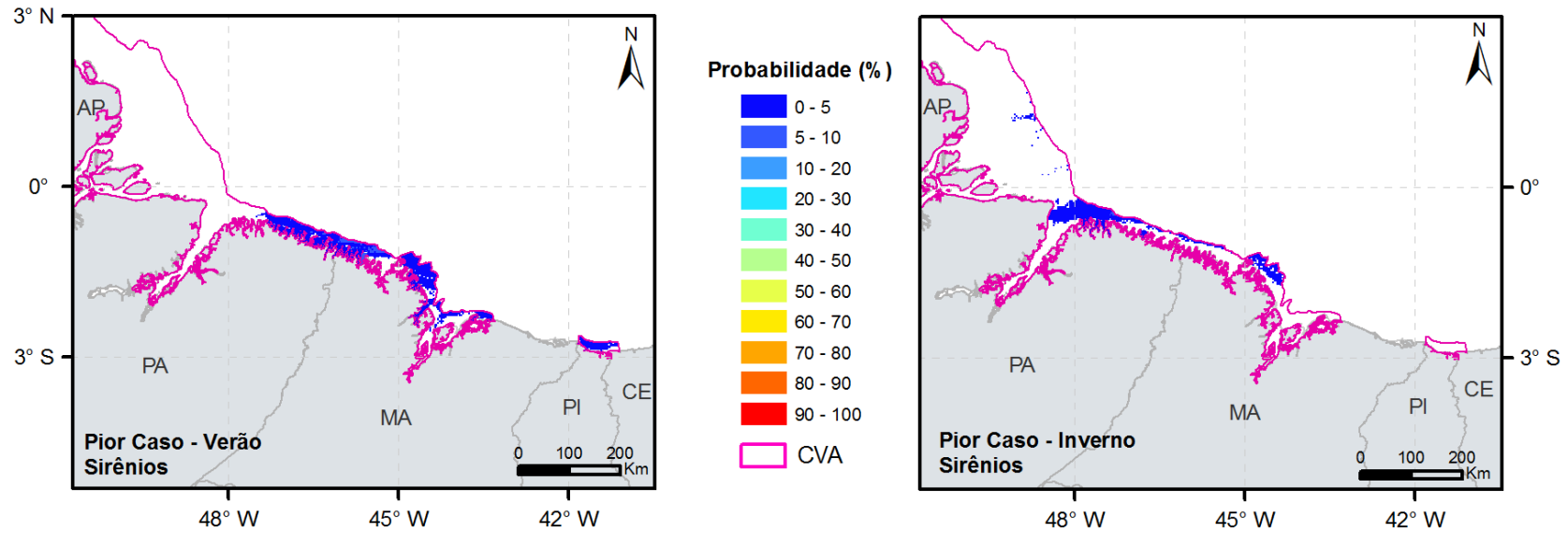


FIGURA II.9.4.3.8 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Sirênios nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.6 - Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Sirênios.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	2,11	235,00
6	Inverno	13.307	1,33	324,00

O CVA apresenta probabilidade de chegada de óleo apenas nos cenários de pior caso (13.307 m³), com probabilidade ponderada máxima de 2,1%.

A diferença entre os cenários de pior caso está na área com probabilidade de chegada de óleo, que no verão abrange toda a costa do Piauí, oeste do Maranhão e leste do Pará, enquanto no inverno abarca o oeste do Maranhão e leste do Pará.

O menor tempo de chegada de óleo no CVA é de 235 horas (9,8 dias) no cenário de verão.

- **CVA - Recursos Pesqueiros Costeiros**

Os resultados referentes ao CVA –Recursos Pesqueiros Costeiros, para os seis cenários, são apresentados da Figura II.9.4.3.9 à Figura II.9.4.3.11, e na Tabela II.9.4.3.7.

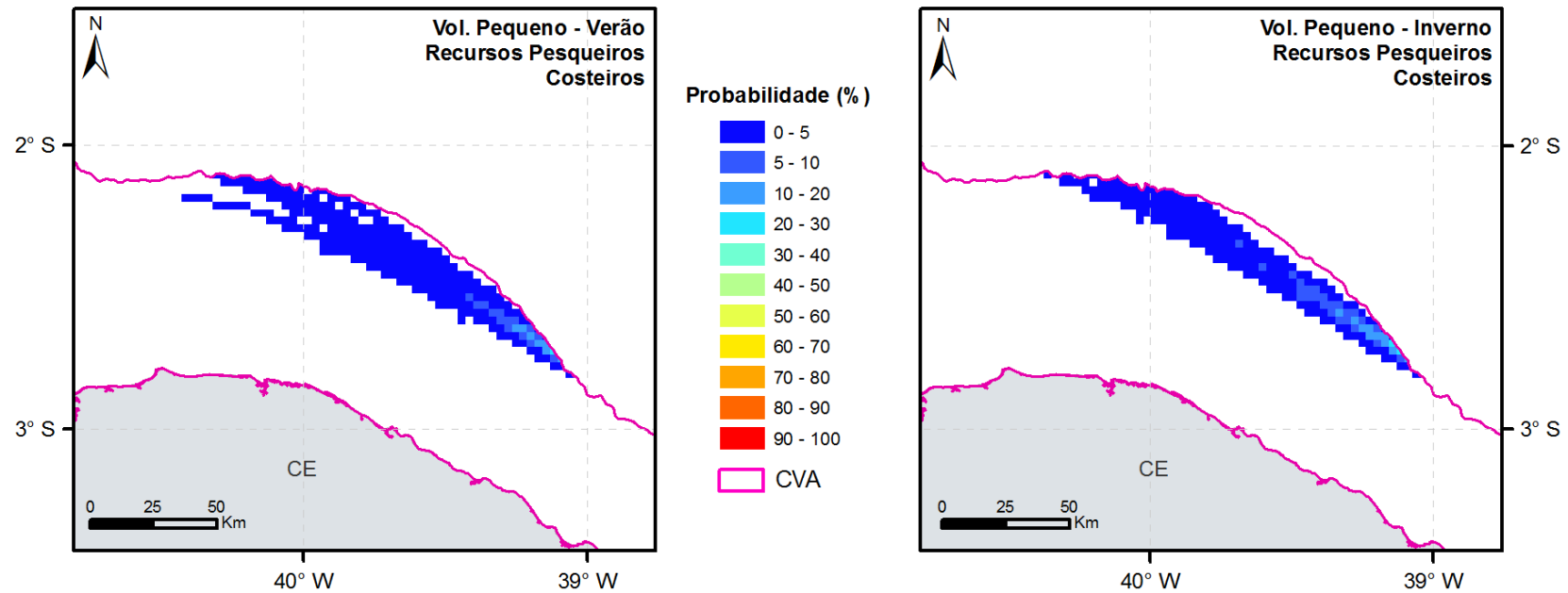


FIGURA II.9.4.3.9 - Probabilidade de presença de óleo no CVA –Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários 1 e 2.

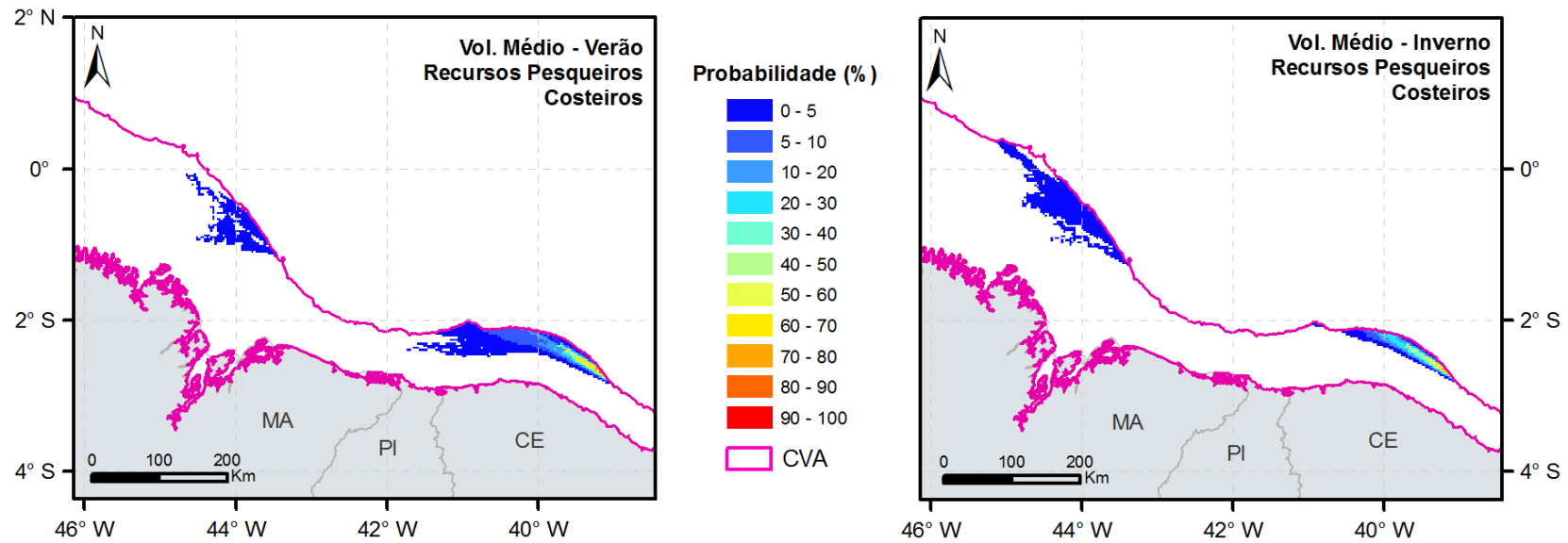


FIGURA II.9.4.3.10 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários 3 e 4.

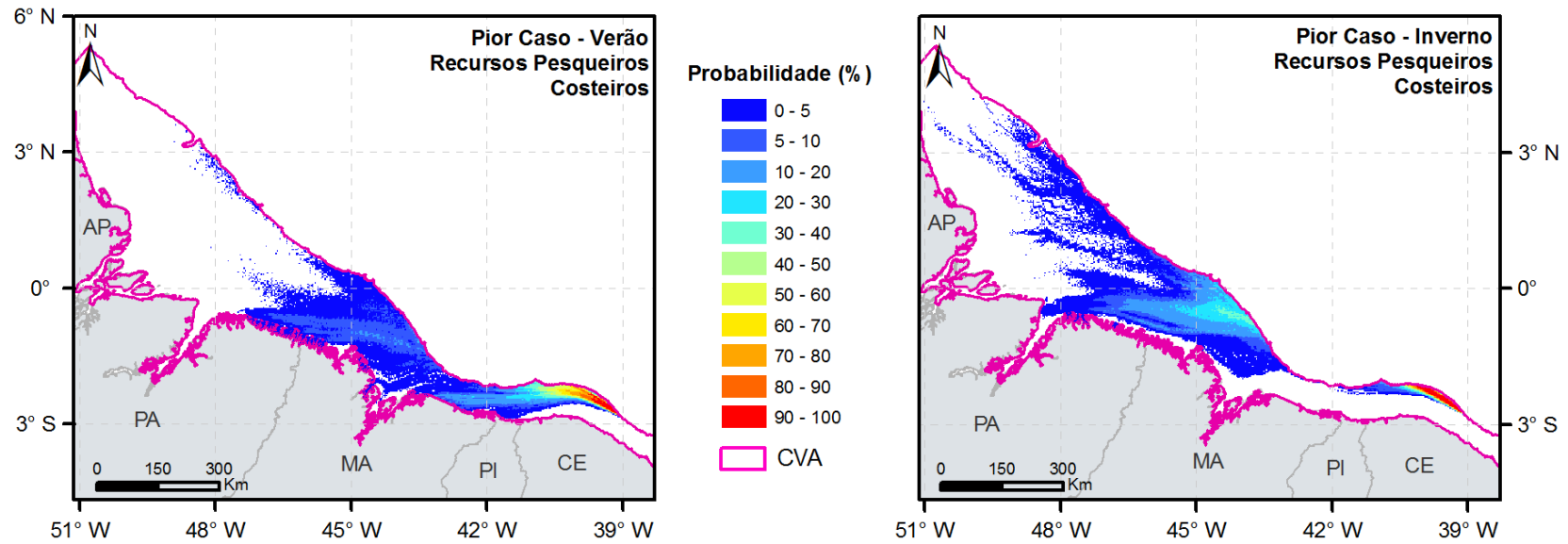


FIGURA II.9.4.3.11 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.7 - Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Costeiros.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	1,7	5,0
2	Inverno	8	3,1	5,0
3	Verão	200	5,5	4,0
4	Inverno	200	5,4	4,0
5	Verão	13.307	8,1	8,0
6	Inverno	13.307	7,6	8,0

Nos cenários de volume pequeno (8 m³), a região do CVA com probabilidade de chegada de óleo se restringe à plataforma continental à frente do estado do Ceará, enquanto nos cenários de volume médio (200 m³) a área se estende até proximidades do Maranhão, e nos cenários de pior caso até proximidades do Amapá. De forma geral, a diferença entre os cenários sazonais de pior caso se reflete em maior área de probabilidades na região leste do CVA no verão e na região oeste no inverno. A maior probabilidade ponderada pela área no CVA é observada no cenário 5 (13.307 m³ - verão), com valor de 8,1%.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi de 4 horas nos cenários de 200 m³. Nos cenários de pior caso, o tempo é maior por se tratar de vazamento de fundo, a mais de 900 metros de profundidade.

- **CVA - Recursos Pesqueiros Oceânicos**

Os resultados referentes ao CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos, para os seis cenários, são apresentados da Figura II.9.4.3.12 à Figura II.9.4.3.14, e na Tabela II.9.4.3.8.

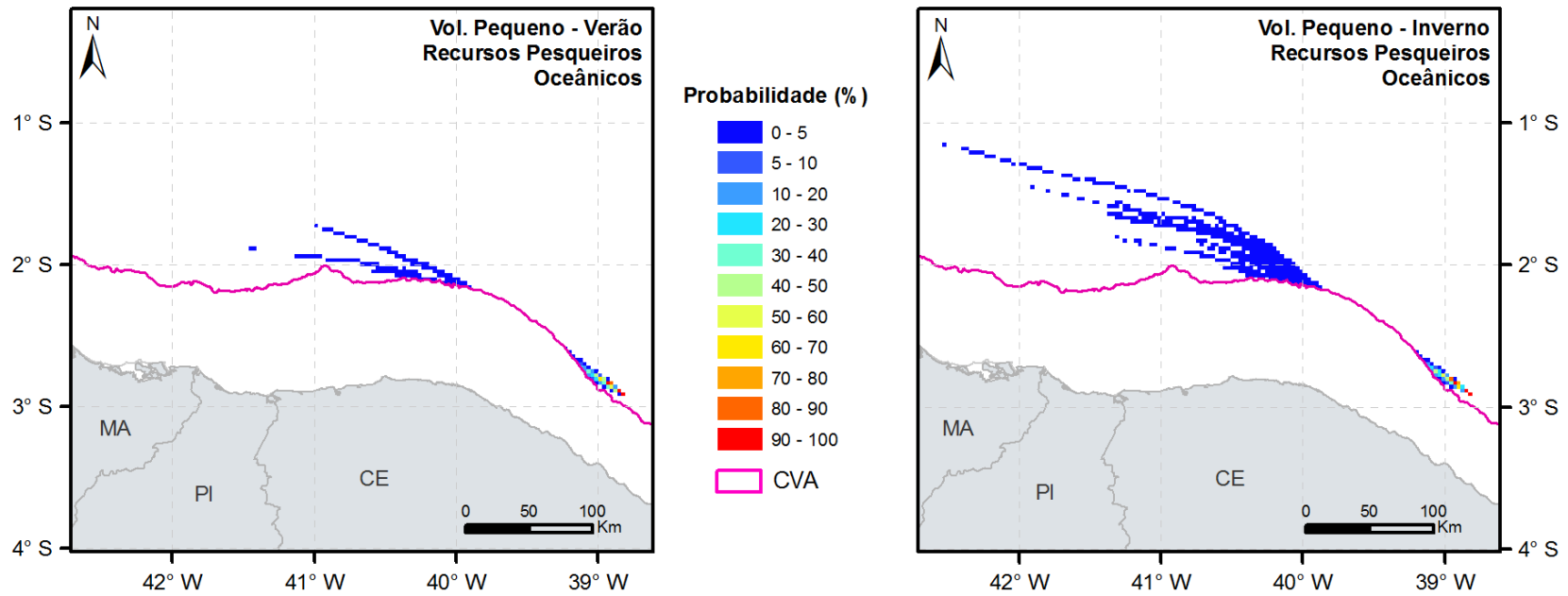


FIGURA II.9.4.3.12 - Probabilidade de presença de óleo no CVA –Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 1 e 2.

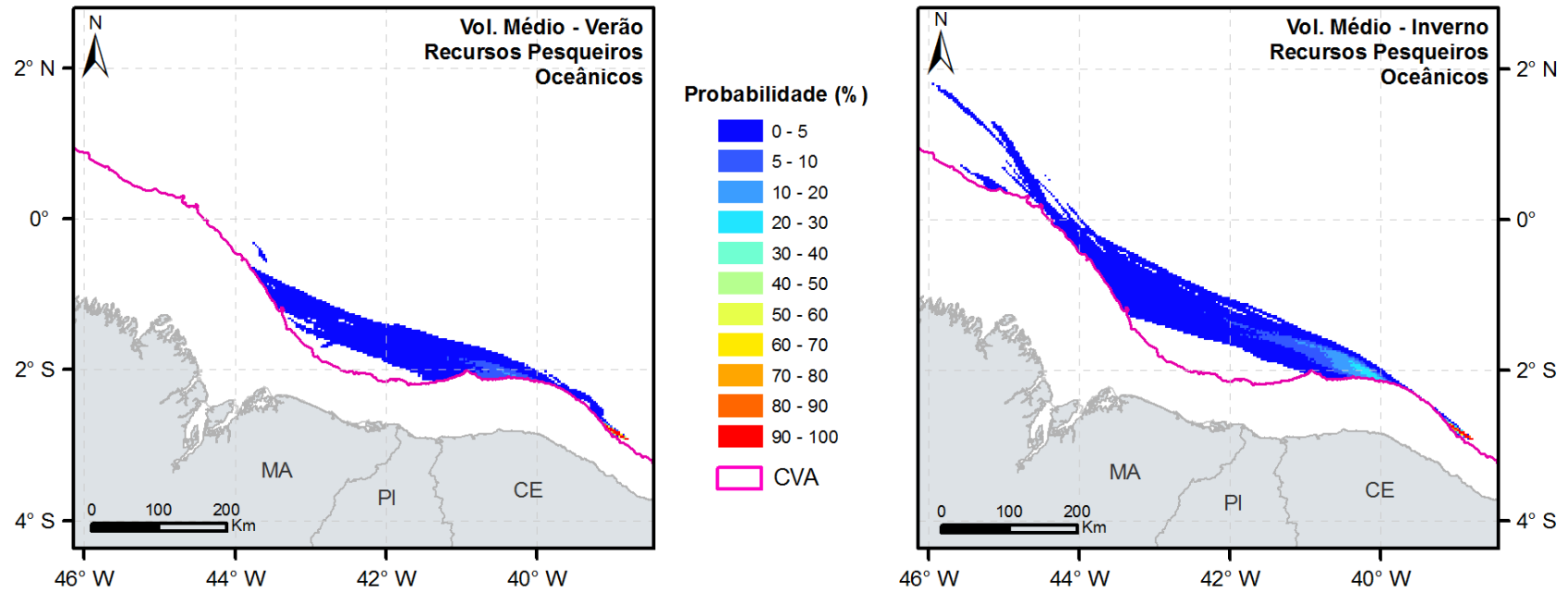


FIGURA II.9.4.3.13 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 3 e 4.

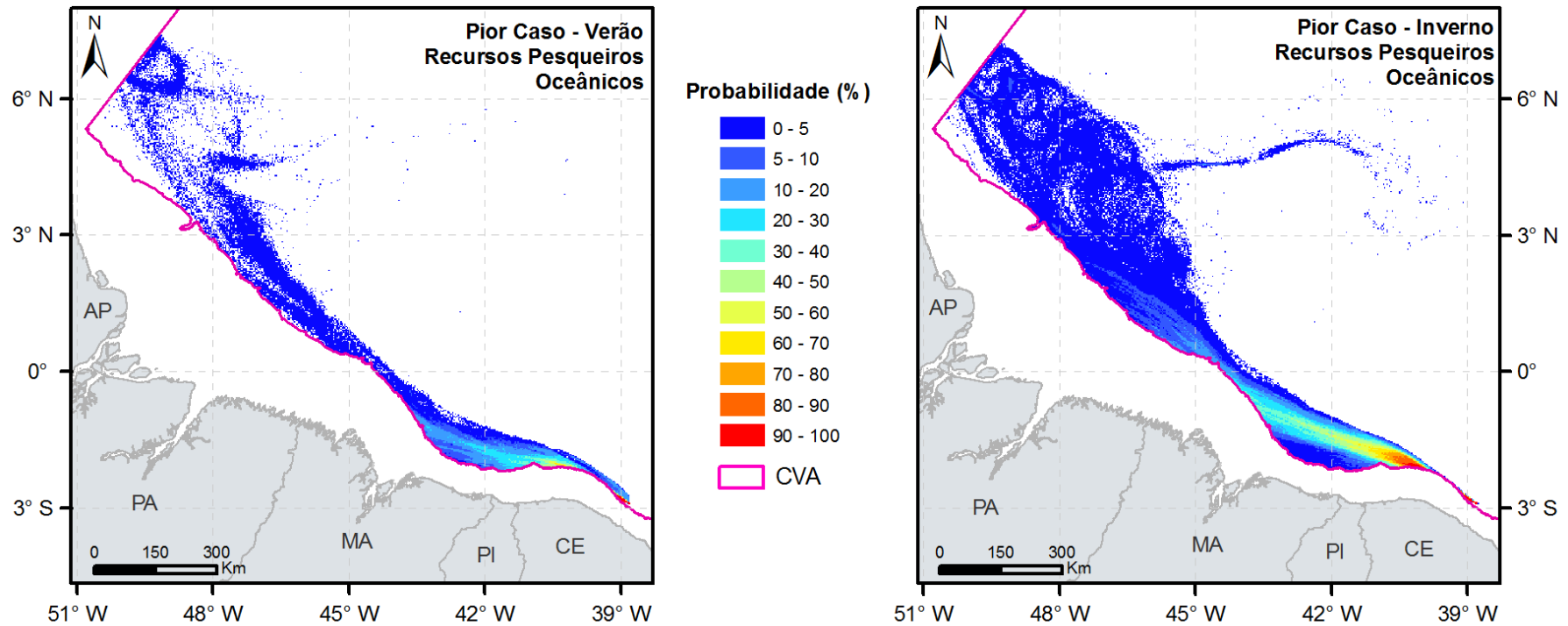


FIGURA II.9.4.3.14 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.8 - Probabilidade ponderada de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recursos Pesqueiros Oceânicos.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Ponderada de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	6,7	1,0
2	Inverno	8	2,8	1,0
3	Verão	200	2,8	1,0
4	Inverno	200	3,3	1,0
5	Verão	13.307	4,5	1,0
6	Inverno	13.307	6,0	1,0

Nos cenários de volume pequeno (8 m³), a região do CVA com probabilidade de chegada de óleo se restringe a oeste até a longitude de 43° W, enquanto nos cenários de volume médio (200 m³) alcança a longitude aproximada de 46°W. Já nos cenários de pior caso (13.307 m³), a área de probabilidades se estende até o limite noroeste do CVA.

A maior probabilidade ponderada de presença de óleo é observada no cenário 1 (8 m³, verão), sendo de 6,7%. Esse resultado é justificado pelo fato da área total com toque de óleo no CVA ser pequena e apresentar altos valores de probabilidade, o que eleva a média ponderada pela área.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA foi o mesmo para todos os cenários, de 1 hora, devido ao fato do ponto de vazamento estar localizado dentro do componente.

- **CVA – Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados)**

Os resultados referentes ao CVA – Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados), para os cenários em que há probabilidade de presença de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.15 e na Tabela II.9.4.3.9.

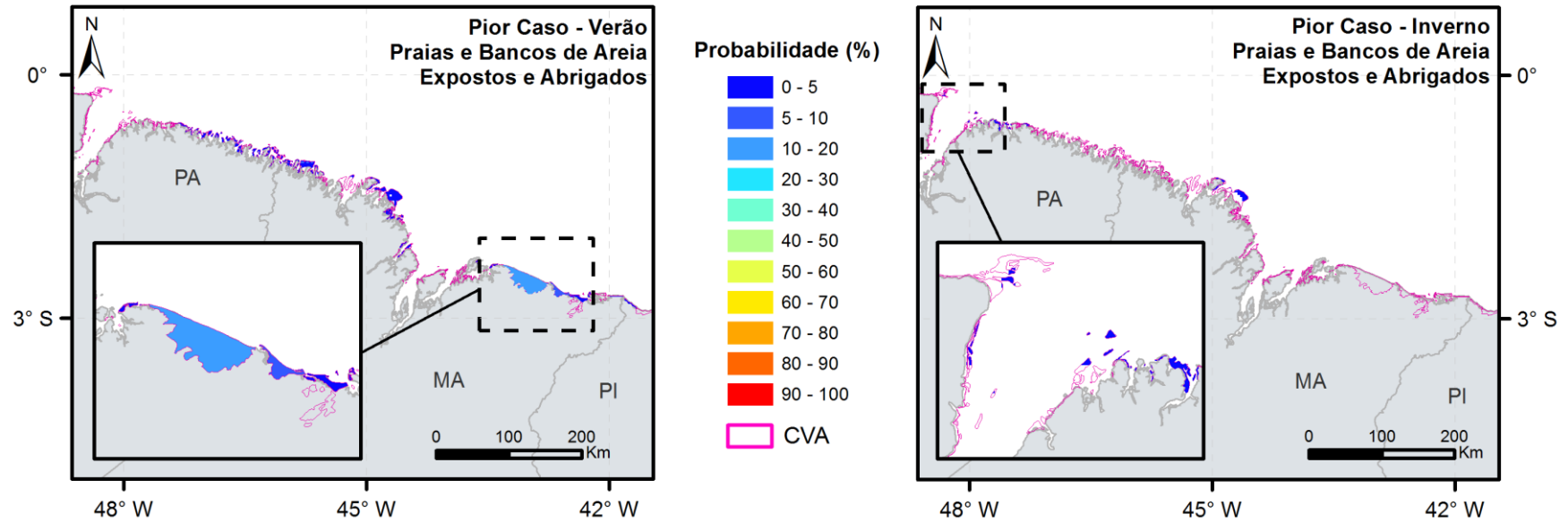


FIGURA II.9.4.3.15 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados) nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.9 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados).

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	19,4	285,0
6	Inverno	13.307	3,0	538,0

Somente há probabilidade de chegada de óleo ao CVA nos cenários de pior caso, sendo o maior valor no cenário 5 (pior caso – verão), de 19,4%, na região do CVA que engloba o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (área destacada no *zoom* da Figura II.9.4.3.15). No cenário de verão, ainda, há probabilidade de presença de óleo na costa oeste do estado do Piauí, no estado do Maranhão e na costa leste do Pará. Já no cenário 6 (pior caso – inverno), a probabilidade máxima de presença de óleo é de 3%, abrangendo um trecho da costa oeste dos estados do Maranhão e do Pará. O tempo mínimo de chegada é de 285 horas (11,9 dias) no verão.

- **CVA - Estuários**

Os resultados referentes ao CVA – Estuários, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.16 e na Tabela II.9.4.3.10.

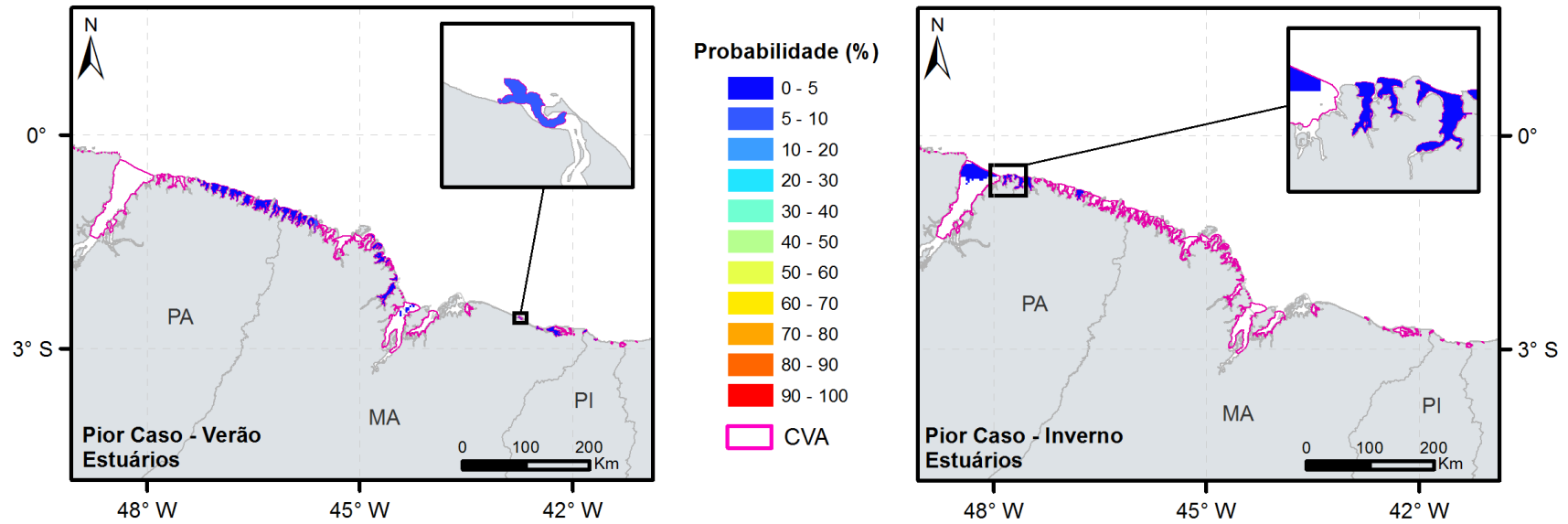


FIGURA II.9.4.3.16 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Estuários nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.10 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Estuários.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	6,7	335,0
6	Inverno	13.307	2,7	881,0

Assim como no CVA Praias e Bancos de Areia, somente houve probabilidade de chegada de óleo ao CVA nos cenários de pior caso, com valores abaixo de 7% em ambos os cenários sazonais. No cenário de verão, período com maior probabilidade, a área de presença de óleo abarca a costa dos estados do Piauí, Maranhão e Pará, com o valor máximo na costa leste do Maranhão. Já no cenário 6 (pior caso – inverno), há probabilidade de presença de óleo no CVA na costa do Estado do Pará, principalmente no entorno da entrada da Baía de Marajó, onde ocorre o valor máximo deste cenário.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA é de 335 horas (~14 dias) no cenário de verão.

- **CVA - Manguezais**

Os resultados referentes ao CVA – Manguezais, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.17 e na Tabela II.9.4.3.11.

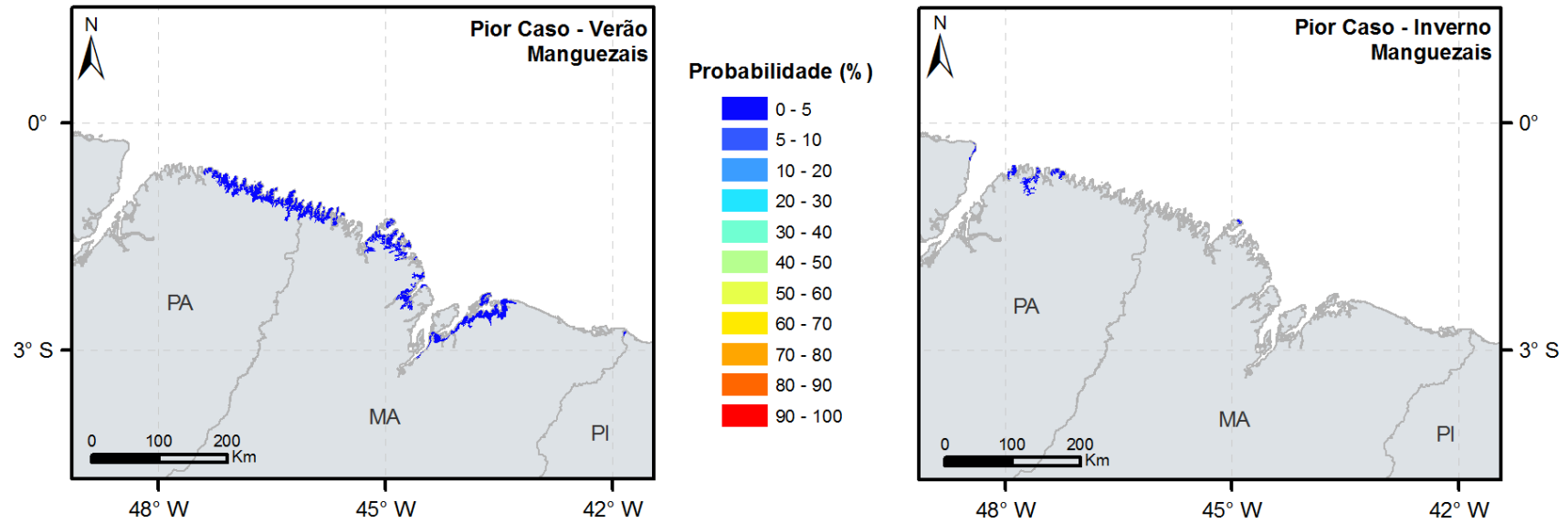


FIGURA II.9.4.3.17 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Manguezais nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.11 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Manguezais.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	-	-
4	Inverno	200	-	-
5	Verão	13.307	4,7	264,5
6	Inverno	13.307	0,7	580,0

Assim como nos demais CVAs costeiros, houve probabilidade de chegada de óleo ao CVA apenas nos cenários de pior caso, com todas as probabilidades abaixo de 5% em ambos os cenários sazonais. No verão, além de uma maior probabilidade, há uma área maior de manguezais que podem ser atingidos na costa dos estados do Pará e Maranhão, enquanto no inverno há probabilidade apenas nas proximidades da entrada da Baía de Marajó e em uma pequena região no Maranhão.

O tempo mínimo de chegada é de 264,5 horas (11 dias) no verão.

- **CVA – Recifes de Corais**

Os resultados referentes ao CVA –Recifes de Corais, para os cenários em que há probabilidade de chegada de óleo, são apresentados na Figura II.9.4.3.18 e Figura II.9.4.3.19 e na Tabela II.9.4.3.12.

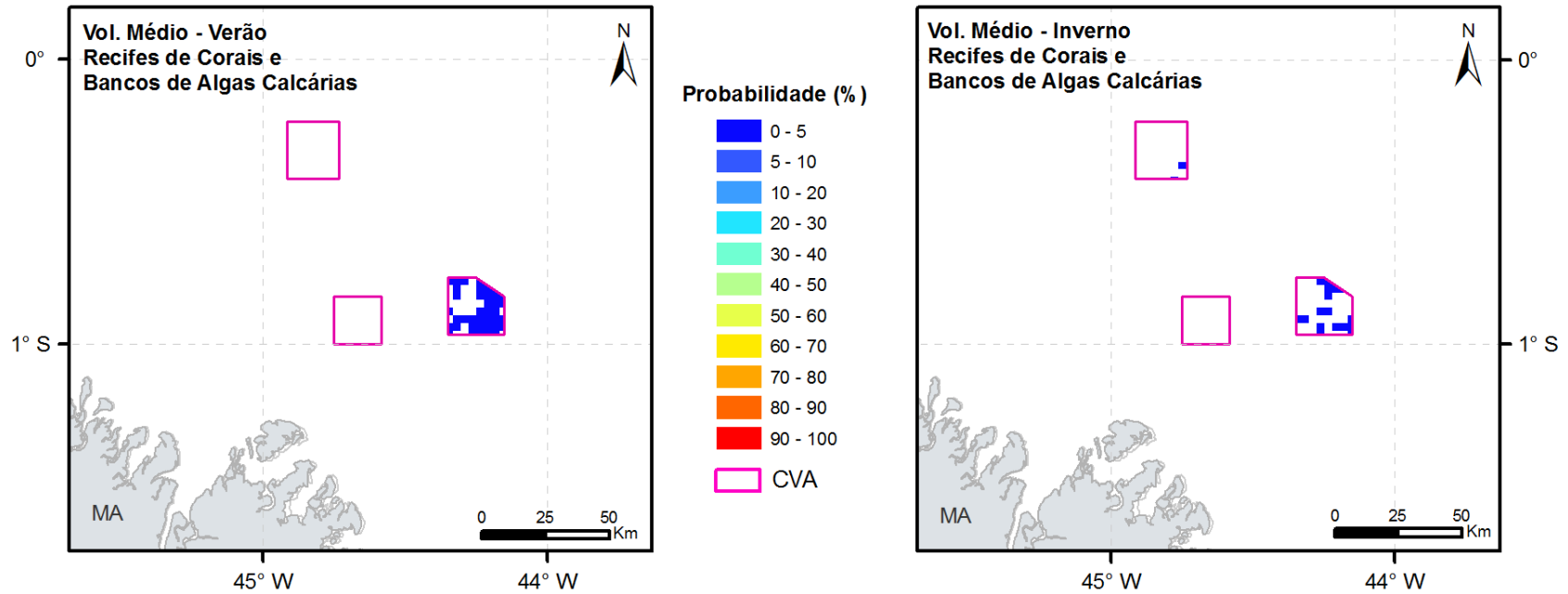


FIGURA II.9.4.3.18 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recifes de Corais nos cenários 3 e 4.

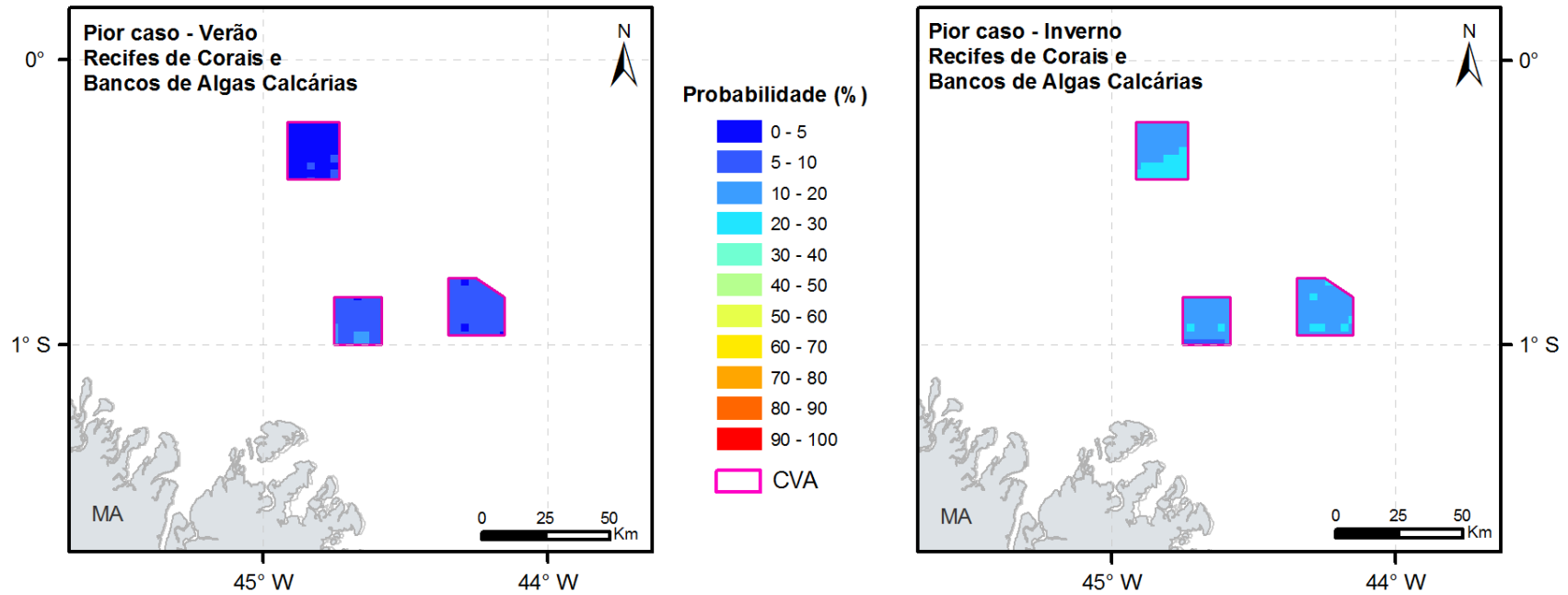


FIGURA II.9.4.3.19 - Probabilidade de presença de óleo no CVA – Recifes de Corais nos cenários 5 e 6.

TABELA II.9.4.3.12 - Probabilidade máxima de presença e tempo mínimo de chegada de óleo no CVA – Recifes de Corais.

Cenário	Cenário Sazonal	Volume Vazado (m ³)	Probabilidade Máxima de Presença de Óleo (%)	Tempo Mínimo de Chegada de Óleo (h)
1	Verão	8	-	-
2	Inverno	8	-	-
3	Verão	200	0,3	194,0
4	Inverno	200	0,7	167,0
5	Verão	13.307	11,4	220,0
6	Inverno	13.307	28,7	164,0

Não há probabilidade de chegada de óleo no CVA nos vazamentos de volume pequeno (8 m³). Nos vazamentos de volume médio (200 m³), as probabilidades máximas são baixas (<1%) e não há probabilidade no Parque Estadual Marinho do Banco do Tarol em ambos os cenários sazonais. A maior probabilidade é observada no cenário 6 (piores caso – 13.307 m³, inverno), com 28,7% no Parque Estadual Marinho do Banco do Álvaro. No cenário de verão de pior caso, a probabilidade máxima é observada no Parque Estadual Marinho do Banco do Tarol, de 11,4%.

O tempo mínimo de chegada de óleo no CVA é de 164 horas (6,8 dias) no cenário 6 (piores caso, inverno).

II.9.5. CÁLCULO DOS RISCOS AMBIENTAIS

Com base no somatório das frequências de ocorrência dos cenários acidentais de contaminação ambiental (obtidas através das árvores de falhas e árvores de eventos desenvolvidas para os cenários identificados nas APRs) e nas probabilidades de alcance de óleo em cada CVA/SVA, foram calculados, através da fórmula abaixo, os Riscos Ambientais inerentes a cada CVA/SVA, em cada faixa de volume e cenário sazonal, conforme descrito no item Metodologia.

$$RA(x) = F_{total-y} \times Prob(x)$$

O resultado do somatório das frequências encontradas, considerando o volume de óleo vazado, é apresentado na Tabela II.9.5.1. Destaca-se que, tais valores tiveram origem na Tabela II.9.3.28 (Frequência dos cenários acidentais), item II.9.3.5, mais especificamente na coluna “Frequência de Ocorrência de Contaminação Ambiental (ano⁻¹)”.

TABELA II.9.5.1 - Somatório das frequências de ocorrência dos cenários acidentais para cada faixa de volume.

Faixa de Volume Vazado (m ³)	≤ 8	> 8 e ≤ 200	> 200 e ≤ 13.307
Somatório da Frequência de Ocorrência dos Cenários Acidentais (ano ⁻¹)	1,78E-02	2,76E-03	6,23E-03

As probabilidades de presença de óleo encontradas por CVA/SVA em cada faixa de volume e cenário sazonal, e os valores de **Risco Ambiental** associados são apresentados na Tabela II.9.5.2, a seguir. Para uma melhor visualização dos resultados, na Figura II.9.5.1 é apresentado um gráfico do Risco Ambiental por cenário de vazamento para todos os CVAs/SVAs.

TABELA II.9.5.2 – Probabilidade de presença de óleo e Risco Ambiental por Componente e Subcomponente de Valor Ambiental (CVA/SVA), Cenário Sazonal, Volume Vazado.

Cenário	1	2	3	4	5	6
Cenário Sazonal	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Volume Vazado (m3)	8	8	200	200	13.307	13.307
Frequência de Ocorrência dos Cenários Acidentais	1,78E-02	1,78E-02	2,76E-03	2,76E-03	6,23E-03	6,23E-03

Probabilidade (%)	Avifauna marinha costeira	-	-	-	-	19,40	2,67
	Avifauna marinha oceânica	3,53	2,90	3,79	3,80	6,11	6,54
	Tartarugas-marinhas	3,53	2,90	3,79	3,80	6,11	6,54
	Área de Desova de Tartarugas Marinhas	-	-	-	-	2,34	0,33
	Cetáceos	3,53	2,90	3,79	3,80	6,11	6,54
	Cetáceos - Boto-cinza (<i>Sotalia guianensis</i>)	-	-	-	-	5,02	3,00
	Cetáceos - Boto-vermelho (<i>Inia geoffrensis</i>)	-	-	-	-	-	2,67
	Sirênios	-	-	-	-	2,11	1,33
	Recursos Pesqueiros Costeiros	1,73	3,14	5,47	5,43	8,09	7,66
	Recursos Pesqueiros Oceânicos	6,66	2,77	2,78	3,28	4,47	5,99
	Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados)	-	-	-	-	19,40	3,00
	Manguezais	-	-	-	-	4,68	0,67
	Estuários	-	-	-	-	6,69	2,67
	Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias	-	-	0,33	0,67	11,37	28,67

Risco Ambiental	Avifauna marinha costeira	NA	NA	NA	NA	1,21E-03	1,66E-04
	Avifauna marinha oceânica	6,27E-04	5,15E-04	1,05E-04	1,05E-04	3,80E-04	4,07E-04
	Tartarugas-marinhas	6,27E-04	5,15E-04	1,05E-04	1,05E-04	3,80E-04	4,07E-04
	Área de Desova de Tartarugas Marinhas	NA	NA	NA	NA	1,46E-04	2,05E-05
	Cetáceos	6,27E-04	5,15E-04	1,05E-04	1,05E-04	3,80E-04	4,07E-04
	Cetáceos - Boto-cinza (<i>Sotalia guianensis</i>)	NA	NA	NA	NA	3,12E-04	1,87E-04
	Cetáceos - Boto-vermelho (<i>Inia geoffrensis</i>)	NA	NA	NA	NA	NA	1,66E-04
	Sirênios	NA	NA	NA	NA	1,31E-04	8,25E-05
	Recursos Pesqueiros Costeiros	3,07E-04	5,59E-04	1,51E-04	1,50E-04	5,03E-04	4,77E-04
	Recursos Pesqueiros Oceânicos	1,19E-03	4,93E-04	7,66E-05	9,04E-05	2,78E-04	3,73E-04
	Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados)	NA	NA	NA	NA	1,21E-03	1,87E-04
	Manguezais	NA	NA	NA	NA	2,91E-04	4,17E-05
	Estuários	NA	NA	NA	NA	4,16E-04	1,66E-04
	Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias	NA	-	9,22E-06	1,84E-05	7,08E-04	1,78E-03

*NA – Não aplicável devido à ausência de probabilidades.

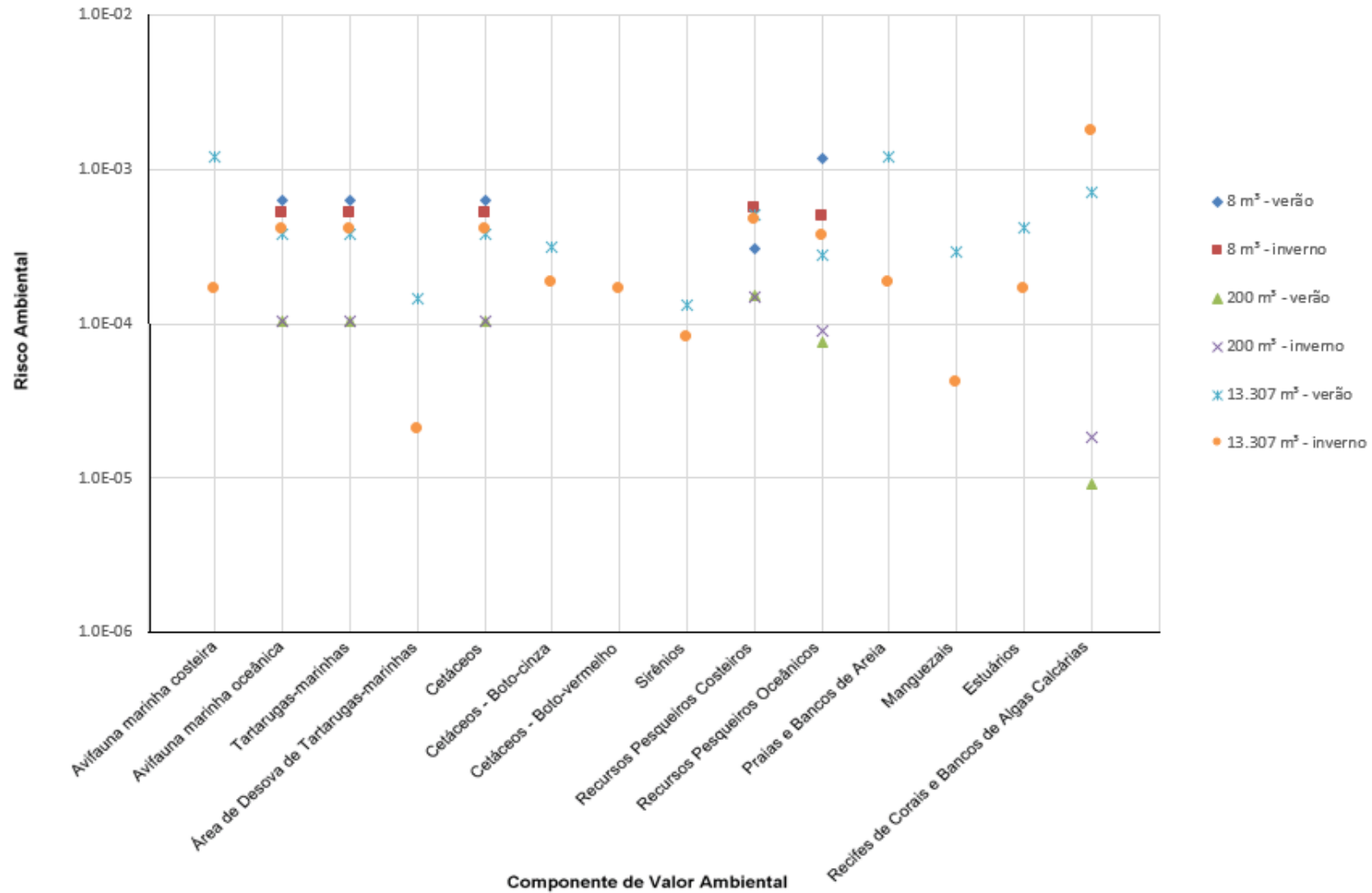


FIGURA II.9.5.1 –Risco Ambiental de todos os Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental para cada cenário de vazamento.

A maioria dos CVAs/SVAs sem mobilidade e/ou de distribuição costeira somente apresentou probabilidade de chegada de óleo nos cenários de pior caso. Para os CVAs/SVAs de distribuição difusa, os maiores valores de probabilidade, no geral, foram também para os cenários de pior caso, exceto para o CVA Recursos Pesqueiros Oceânicos. Entre os cenários de pior caso, os componentes de distribuição mais restrita à costa, (Avifauna Marinha Costeira, Recursos Pesqueiros Costeiros, Área de Desova de Tartarugas Marinhas, Cetáceos – Boto-cinza, Praias e Bancos de Areia, Manguezais e Estuários) apresentaram maiores probabilidades no verão, enquanto a maioria dos demais componentes apresentou maior probabilidade no inverno. A maior probabilidade entre todos os CVAs/SVAs foi de 28,7% no CVA Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias no cenário 6 (pior caso – 13.307 m³, inverno).

Nos CVAs/SVAs que apresentaram probabilidade de presença de óleo nos vazamentos de 8 m³, os maiores **Riscos Ambientais** foram observados nos dois cenários referentes a este volume, devido ao maior Risco Operacional. No entanto, como a maioria dos componentes que não teve toque neste volume trata-se ainda de componentes fixos, em que são consideradas as probabilidades máximas em vez da média ponderada, os maiores Riscos Ambientais entre todos os CVAs/SVAs são observados nos cenários de pior caso, sendo o máximo de $1,78 \times 10^{-3}$ no CVA Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias, no cenário de pior caso, inverno.

II.9.6. RELAÇÃO TEMPO DE RECUPERAÇÃO/TEMPO DE OCORRÊNCIA (TOLERABILIDADE DOS RISCOS)

A **Tolerabilidade** dos Riscos Ambientais foi calculada por meio da razão entre o **Tempo de Recuperação** (T_{rec}) de cada CVA e o **Tempo de Recorrência** do dano ambiental (obtido pelo inverso do Risco Ambiental, RA, associado a cada faixa de volume vazado, em cada cenário sazonal), conforme especificado no item Metodologia. A tolerabilidade percentual é obtida por:

$$\text{Tolerabilidade\% (x)} = 100 * \frac{T_{rec}(x)}{1/RA(x)}$$

Com esse cálculo é possível estabelecer se o Tempo de Recuperação de um CVA pode ser considerado insignificante quando comparado ao Tempo de Recorrência de vazamentos de determinado volume e cenário sazonal.

Cabe ressaltar que, apesar do **Tempo de Recuperação** ser classificado em categorias estabelecidas, para o cálculo da Tolerabilidade são necessárias referências numéricas. Sendo assim, foram estabelecidos valores para cada categoria, onde para aquelas que possuem definição de extremos, como as de consequência Moderada (1-3 anos) e Considerável (3-10 anos), de forma conservativa e atendendo à determinação da CGPEG, foi utilizado o valor máximo das faixas estabelecidas conforme justificado no item II.9.4.2 deste documento - Identificação, Mapeamento e Tempo de Recuperação dos Componentes com Valor Ambiental. O resumo com as classes de Tempo de Recuperação determinadas para cada CVA, assim como os valores utilizados nos cálculos de Tolerabilidade foram apresentados na Tabela II.9.4.2.7. Ressalta-se que, para os dois CVAs relativos a Recursos Pesqueiros (Costeiros e Oceânicos), assim como para os dois CVAs relativos à Avifauna Marinha (Costeira e Oceânica), foram utilizados os mesmos tempos de recuperação. No caso dos SVAs Cetáceos – Boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e Cetáceos – Boto-vermelho (*Inia geofrensis*), por tratarem-se de subcomponentes do CVA – Cetáceos, foi utilizado o mesmo tempo de recuperação deste. O mesmo foi feito para o SVA Área de Reprodução de Tartarugas Marinhas, em que foi usado o mesmo tempo do CVA Tartarugas Marinhas.

Para a definição do **Tempo de Recorrência** utilizou-se o espaço de tempo entre eventos de vazamento de óleo no mar que poderiam causar danos a um determinado CVA/SVA. Ele é apresentado em anos e, conforme já mencionado, corresponde ao inverso do valor do Risco Ambiental, representando o tempo necessário para que um evento capaz de atingir o CVA/SVA ocorra.

A Tabela II.9.6.1 apresenta os **Tempos de Recorrência** de cada evento, por CVA/SVA, bem como os resultados referentes à **Tolerabilidade** percentual aos riscos, considerando os cenários de vazamento. A Figura II.9.6.1 apresenta um gráfico da Tolerabilidade de cada Componente e Subcomponente, por cenário de vazamento.

TABELA II.9.6.1 – Tolerabilidade percentual e Tempo de Recorrência de um evento por Componente e Subcomponente de Valor Ambiental (CVA/SVA), Cenário Sazonal e Volume vazado.

Cenário	1	2	3	4	5	6
Cenário Sazonal	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Volume Vazado (m3)	8	8	200	200	13.307	13.307
Frequência de Ocorrência dos Cenários Acidentais	1,78E-02	1,78E-02	2,76E-03	2,76E-03	6,23E-03	6,23E-03

Tolerabilidade (%)	Avifauna marinha costeira	NA	NA	NA	NA	1,21	0,17
	Avifauna marinha oceânica	0,63	0,52	0,10	0,10	0,38	0,41
	Tartarugas-marinhas	0,63	0,52	0,10	0,10	0,38	0,41
	Área de Desova de Tartarugas Marinhas	NA	NA	NA	NA	0,15	0,02
	Cetáceos	0,63	0,52	0,10	0,10	0,38	0,41
	Cetáceos - Boto-cinza (<i>Sotalia guianensis</i>)	NA	NA	NA	NA	0,31	0,19
	Cetáceos - Boto-vermelho (<i>Inia geoffrensis</i>)	NA	NA	NA	NA	NA	0,17
	Sirênios	NA	NA	NA	NA	0,26	0,17
	Recursos Pesqueiros Costeiros	0,09	0,17	0,05	0,04	0,15	0,14
	Recursos Pesqueiros Oceânicos	0,36	0,15	0,02	0,03	0,08	0,11
	Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados)	NA	NA	NA	NA	1,21	0,19
	Manguezais	NA	NA	NA	NA	0,87	0,13
	Estuários	NA	NA	NA	NA	0,83	0,33
	Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias	NA	NA	0,03	0,06	2,12	5,35

Tempo de Recorrência (anos)	Avifauna marinha costeira	NA	NA	NA	NA	828,1	6024,1
	Avifauna marinha oceânica	1594,2	1941,1	9565,4	9548,4	2630,2	2454,8
	Tartarugas-marinhas	1594,2	1941,1	9565,4	9548,4	2630,2	2454,8
	Área de Desova de Tartarugas Marinhas	NA	NA	NA	NA	6865,1	48679,6
	Cetáceos	1594,2	1941,1	9565,4	9548,4	2630,2	2454,8
	Cetáceos - Boto-cinza (<i>Sotalia guianensis</i>)	NA	NA	NA	NA	3202,1	5354,8
	Cetáceos - Boto-vermelho (<i>Inia geoffrensis</i>)	NA	NA	NA	NA	NA	6024,1
	Sirênios	NA	NA	NA	NA	7625,9	12114,7
	Recursos Pesqueiros Costeiros	3255,5	1789,9	6635,5	6679,2	1986,6	2097,5
	Recursos Pesqueiros Oceânicos	843,6	2028,6	13051,9	11060,6	3591,9	2683,1
	Praias e Bancos de Areia (Expostos e Abrigados)	NA	NA	NA	NA	828,1	5354,8
	Manguezais	NA	NA	NA	NA	3430,9	23976,5
	Estuários	NA	NA	NA	NA	2401,6	6024,1
	Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias	NA	NA	108450,2	54406,7	1412,7	560,4

*NA – Não aplicável devido à ausência de probabilidades.

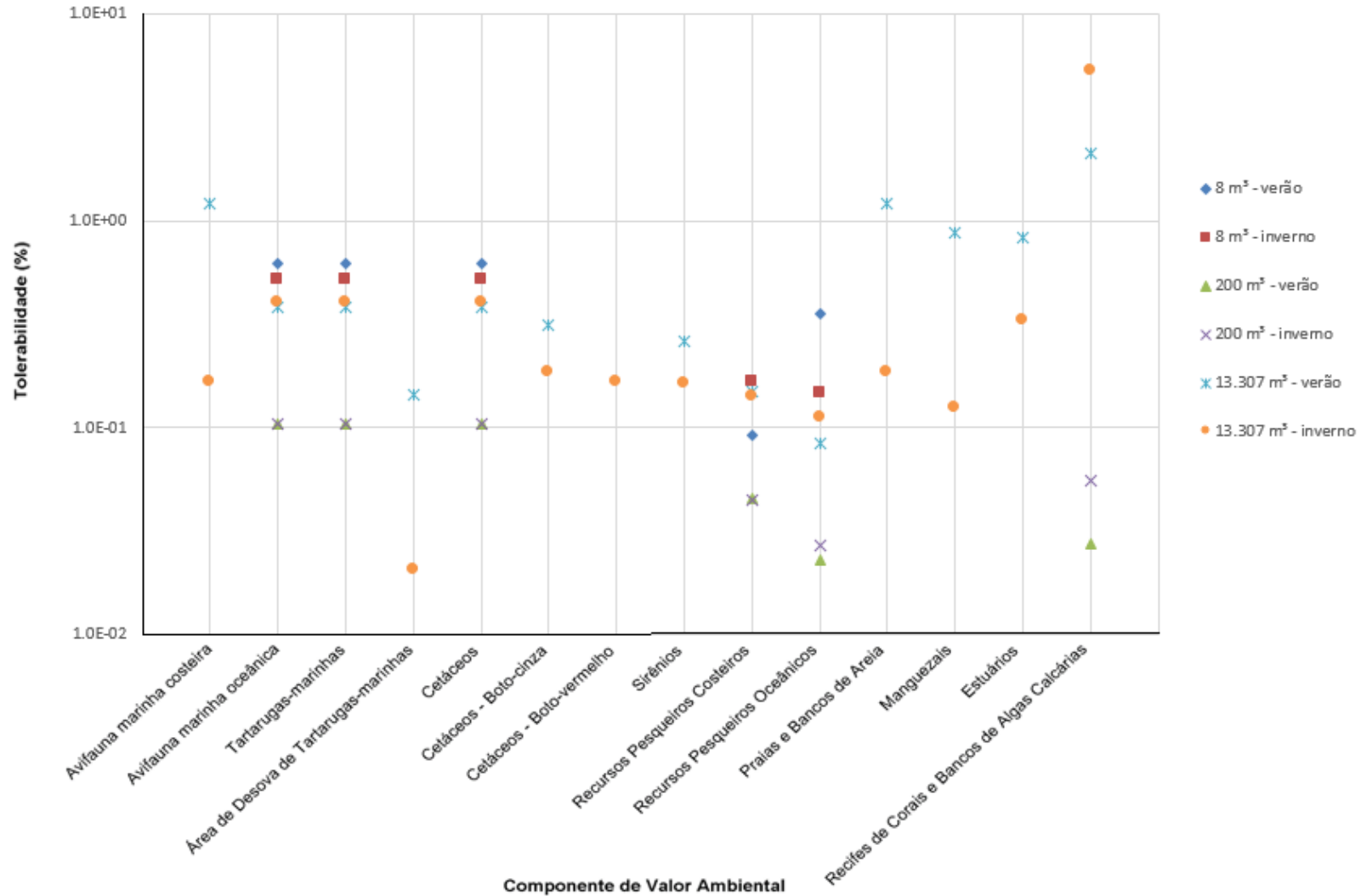


FIGURA II.9.6.1 – Tolerabilidade de cada Componente e Subcomponente de Valor Ambiental, para cada cenário de vazamento de óleo.

A partir da análise dos resultados de Tolerabilidade apresentados na tabela acima, é possível estabelecer se o Risco Ambiental é considerado tolerável do ponto de vista ambiental, ou seja, se o Tempo de Recuperação do CVA é insignificante em comparação ao Tempo de Recorrência do dano.

A maior **Tolerabilidade** foi observada para os CVA Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias, no cenário 6 (pior caso, 13.307 m³, inverno), com 5,35%. Nos demais CVAs e SVAs, as tolerabilidades em todos os cenários ficaram abaixo de 1,2%. A menor tolerabilidade foi observada para o CVA Área de Desova de Tartarugas Marinhas no cenário 6 (pior caso, inverno), com 0,02%.

O cenário de maior tolerabilidade está associado ao menor **Tempo de Recorrência**, de 560,4 anos, porém este é 18,7 vezes superior ao **Tempo de Recuperação** do CVA Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias considerado para o fim desta análise (30 anos). Ressalta-se que os valores de Tempo de Recuperação adotados foram bastante conservadores.

A partir dos percentuais de **Tolerabilidade** baixos e da relação **Tempos de Recorrência/Tempo de Recuperação** observados, conclui-se que o empreendimento e os seus procedimentos de segurança operacional são toleráveis ao meio ambiente.

II.9.7. REVISÃO DO ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCOS

Uma vez que os Riscos Ambientais encontrados foram considerados toleráveis para essa região e tipo de atividade, não será necessário revisar o estudo e a análise de riscos.

II.9.8. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS

II.9.8.1. Introdução

Um Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR deve ser implantado em instalações que manipulem ou trabalhem com substâncias ou processos perigosos, a fim de garantir sua operação dentro de padrões considerados toleráveis.

Embora as ações previstas no PGR devam contemplar todas as operações e equipamentos, o mesmo deve considerar os aspectos críticos identificados na Análise e Gerenciamento de Riscos (Ambientais) – AGR, a partir de critérios estabelecidos com base nos Cenários Acidentais de maior relevância.

O objetivo deste PGR é prover a sistemática voltada para o estabelecimento de requisitos contendo as orientações gerais na gestão de riscos, com vistas à prevenção de acidentes na instalação.

Este documento apresenta, de forma sumarizada, as informações relativas ao PGR da unidade de perfuração e que considera os seguintes elementos:

1. Definição de Atribuições;
2. Inspeções Planejadas;
3. Programas de Manutenção (preventiva e corretiva);
4. Capacitação Técnica;
5. Processo de Contratação de Terceiros;
6. Registro e Investigação de Acidentes;
7. Gerenciamento de Mudanças;
8. Sistema de Permissão de Trabalho.

Os procedimentos supracitados encontram-se apresentados no **Anexo C** desta seção

No que diz respeito ao cronograma para acompanhamento/implementação das ações propostas no Plano de Gerenciamento de Riscos apresentado no Anexo B, todas as medidas propostas no Plano supramencionado serão iniciadas antes mesmo da mobilização da unidade, contudo todas serão executadas/acompanhadas com vistas à atividade de perfuração durante todo o período de operação.

II.9.8.2. Riscos que estão sendo gerenciados

Os riscos que estão sendo gerenciados são aqueles inerentes ao projeto e que foram levantados na Análise Preliminar de Riscos. A Tabela II.9.8.1 relaciona cada um dos cenários acidentais com seus respectivos riscos avaliados e medidas preventivas/mitigadoras associadas.

TABELA II.9.8.1 – Riscos avaliados e recomendações preventivas associadas.

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO		
Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
01	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
02	Risco médio de ocorrência de médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas ou falha de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
03	Risco médio de ocorrência de grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura em tanques, linhas e/ou acessórios durante a sua preparação e tratamento, resultando em espalhamento de fluido de perfuração por áreas adjacentes.	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
04	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
05	Risco médio de ocorrência de médio vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes.	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
06	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	<p>R1) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R3) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i>.</p> <p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p>
07	Risco baixo de ocorrência de médio vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	<p>R1) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R3) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i>.</p> <p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p>

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO		
Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
08	Risco médio de ocorrência de grande vazamento de óleo cru e gás no processo de perfuração devido à falha do sistema de controle de poço com espalhamento de óleo no mar.	<p>R1) Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.</p> <p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R3) Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i>.</p> <p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p>
09	Risco médio de ocorrência de pequeno vazamento de óleo através do queimador devido à falha no sistema de queima.	<p>R4) Manter um observador presente durante o início da realização do teste de formação.</p> <p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O4) Existência de procedimentos e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para o queimador.</p>
10	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
11	Risco médio de ocorrência de médio vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO		
Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
12	Risco médio de ocorrência de grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
13	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
14	Risco médio de ocorrência de médio vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
15	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de óleo hidráulico devido à ruptura total em tanques, linhas e acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo por áreas adjacentes.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
16	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>
17	Risco baixo de ocorrência de médio vazamento de baritina/bentonita a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	<p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p>

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO		
Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
18	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
19	Risco baixo de ocorrência de médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.	O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
20	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios do sistema de separação de água oleosa.	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.
21	Risco médio de ocorrência de médio vazamento de efluentes oleosos / água oleosa devido à ruptura total da linha, tanques e acessórios do sistema de separação de água oleosa.	R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI. O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração. O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.



RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
22	Risco médio de ocorrência de grande vazamento óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	<p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p>O1) Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p> <p>O5) O nível de água do tanque de lastro será controlado.</p> <p>O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p> <p>O7) A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes.</p> <p>O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p>
23	Risco médio de ocorrência de grande vazamento óleo devido ao afundamento da Unidade em decorrência da perda de estabilidade.	<p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p> <p>O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p>

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO

Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
24	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração.	<p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R6) Priorizar a realização de operações de transferência no período diurno.</p> <p>R7) Somente utilizar mangotes submetidos a testes hidrostáticos periódicos.</p> <p>R8) Manter bornais de drenagem fechados durante a transferência.</p> <p>R9) Manter operadores na unidade de perfuração e na embarcação de apoio munidos de rádio para supervisão da operação.</p> <p>R10) Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O3) A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.</p> <p>O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p>
25	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de óleo combustível devido a trincas e furos no tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes possibilidade de derrame de óleo para o mar.	<p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p> <p>O7) A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes.</p> <p>O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p>

RISCOS NO SISTEMA DE PERFURAÇÃO		
Cenário	Risco Avaliado	Recomendações Preventivas e Mitigadoras / Observações
26	Risco baixo de ocorrência de médio vazamento de óleo combustível devido à ruptura do tanque de estocagem da embarcação de apoio com espalhamento de óleo para áreas adjacentes possibilidade de derrame de óleo para o mar.	<p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>R5) Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O6) A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.</p> <p>O7) A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes.</p> <p>O8) Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.</p>
27	Risco baixo de ocorrência de pequeno vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido à queda de carga no mar.	<p>R2) Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.</p> <p>O2) Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.</p> <p>O9) Existência de procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes.</p> <p>O10) Existência de procedimentos para operações de carga e descarga.</p>

II.9.8.3. Medidas preventivas de gerenciamento de riscos

A Tabela II.9.8.2 apresenta as Medidas de Gerenciamento de Riscos para a atividade. Estas medidas são baseadas nas recomendações indicadas na APR para cada cenário acidental e os respectivos planos/procedimentos existentes adotados no programa de gerenciamento de riscos.

TABELA II.9.8.2 – Medidas de gerenciamento de riscos (Procedimentos estabelecidos pela empresa proprietária da sonda).

Recomendações (Medidas Preventivas e/ou Mitigadoras)		Item Relacionado
Nº	Descrição	
R1	Garantir a existência de equipamentos, materiais, procedimentos e qualificação técnica do pessoal envolvido nas operações de controle do poço.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
R2	Acionar o Plano de Resposta à Emergência, incluindo o Plano de Emergência Individual – PEI.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
R3	Realizar treinamento para a tripulação em procedimentos para controle do poço e identificação de sinais de alerta e causas de <i>blowout</i> .	Capacitação Técnica
R4	Manter um observador presente durante o início da realização do teste de formação.	Capacitação Técnica
R5	Antes da aproximação à Unidade, os responsáveis pelas embarcações devem avaliar, determinar e concordar que todas as condições meteorológicas, oceanográficas e de tráfego estejam adequadas para prevenção de colisões.	Capacitação Técnica
R6	Priorizar a realização de operações de transferência no período diurno.	Capacitação Técnica
R7	Somente utilizar mangotes submetidos a testes hidrostáticos periódicos.	Inspeção Periódica/Manutenção
R8	Manter bornais de drenagem fechados durante a transferência.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
R9	Manter operadores na unidade de perfuração e na embarcação de apoio munidos de rádio para supervisão da operação.	Capacitação Técnica
R10	Monitorar a vazão de transferência de óleo durante a operação de abastecimento da unidade de perfuração e suspender a operação caso alguma anormalidade seja observada.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica
O1	Existência de procedimentos de inspeção e manutenção previstos no sistema de gerenciamento da unidade de perfuração.	Inspeção Periódica/Manutenção
O2	Existência de programa de treinamento, atualização e conscientização dos operadores.	Capacitação Técnica
O3	A unidade de perfuração é dotada de sistema de posicionamento dinâmico, cuja condição de funcionamento é garantida pelo cumprimento do programa de inspeção e manutenção da unidade.	Inspeção Periódica/Manutenção
O4	Seguir procedimentos e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para o queimador.	Inspeção Periódica/Manutenção
O5	O nível de água do tanque de lastro será controlado.	Inspeção Periódica/Manutenção



Recomendações (Medidas Preventivas e/ou Mitigadoras)		Item Relacionado
Nº	Descrição	
O6	A atividade será apoiada por embarcações certificadas para essas operações.	-
O7	A localização da Unidade será incluída no Aviso aos Navegantes.	-
O8	Existência de sinalização diurna e noturna para orientação da navegação no entorno.	Inspeção Periódica/Manutenção
O9	Seguir procedimento e cronograma de inspeção periódica e manutenção preventiva para guindastes.	Inspeção Periódica/Manutenção
O10	Seguir procedimentos para operações de carga e descarga.	Inspeção Periódica/Capacitação Técnica

II.9.9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os vazamentos a partir do ponto central do bloco CE-M-715, em três faixas de volume (8 m³, 200 m³, 13.307 m³) resultaram em Riscos Ambientais e Tolerabilidades (relação Tempo de Recuperação / Tempo de Ocorrência) percentuais baixos, devido às baixas probabilidades encontradas nos Componentes e Subcomponentes de Valor Ambiental (CVAs/SVAs) e às frequências de Risco Operacional.

Os valores máximos de probabilidade para a maioria dos CVAs/SVAs foram observados para o vazamento de pior caso, sendo no verão para os componentes de distribuição mais restrita à costa, e no inverno para os de distribuição mais ampla. Já as frequências de risco operacional foram maiores para os cenários do vazamento de 8 m³, seguida pelas dos vazamentos de pior caso (13.307 m³) e de 200 m³. No entanto, a maioria dos componentes não apresentou probabilidade de toque no vazamento de menor volume. Nos que apresentaram este toque, o maior Risco Ambiental foi para estes vazamentos (8 m³). Porém, o maior de todos os riscos, assim como a maior Tolerabilidade, foi observado no cenário de pior caso, inverno, no CVA Recifes de Corais e Bancos de Algas Calcárias. A tolerabilidade observada neste CVA e neste cenário foi de 5,35%, sendo este de importância prioritária para avaliação do impacto do empreendimento. Porém, esta tolerabilidade está associada a um Tempo de Recorrência considerado aceitável para o empreendimento em questão, por ser cerca de 19 vezes maior que o Tempo de Recuperação deste componente. Vale destacar ainda que, os recifes de corais e bancos de algas calcárias formam estruturas submersas e que a probabilidade de chegada de óleo pela coluna d'água é extremamente baixa (0-5%), tanto no cenário de verão quanto no cenário de inverno, mostrando o conservadorismo adotado no estudo.

Ressalta-se que a abordagem do estudo também foi bastante conservadora em relação aos Tempos de Recuperação considerados para os componentes ambientais possíveis de serem impactadas. O fato do cálculo de Tolerabilidade levar em consideração apenas a probabilidade de chegada de óleo no CVA e não considerar fatores como volume e o tempo de residência do óleo no ambiente, é outro aspecto conservador, pois representa uma extrapolação dos potenciais impactos. Além disso, vale ressaltar que as probabilidades nas entradas de regiões estuarinas foram extrapoladas para seu interior, também de forma conservadora.

Mesmo com os aspectos conservadores adotados, os valores de Risco Ambiental e Tolerabilidade encontrados foram baixos, o que permite concluir que o empreendimento associado aos seus procedimentos de segurança operacional, é tolerável ao meio ambiente.



II.9.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. M. O. *Os manguezais da costa amazônica brasileira: uma análise da composição florística, distribuição de espécies arbóreas e estrutura de bosque*. 2007. 115 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará Campus Universitário de Bragança. Bragança – PA. 2007.

AICHE (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS), 2000. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2ª ed, New York, USA.

ALBUQUERQUE, C. & MARCOVALDI, G. 1982. Ocorrência e distribuição do peixe-boi-marinho no litoral brasileiro (Sirênia - Trichechidae, *Trichechus manatus*). *Atlântica*, 5(2):2.

ALMEIDA, A. P.; SANTOS, A. J. B.; THOMÉ, J. C. A.; BELINI, C.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPES, M. 2011a. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I (1):12-19.

ALMEIDA, A. P.; THOMÉ, J. C. A.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011b. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I (1): 37-44.

ALVES, M. D. O.; SCHWAMBORN, R.; BORGES, J. C. G.; MARMONTEL, M.; COSTA A.F.; SCHETTINI, C. A. F.; ARAÚJO, M. E. 2013. Aerial survey of manatees, dolphins and sea turtles off northeastern Brazil: Correlations with coastal features and human activities. *Biological Conservation*, 161: 91-100.

AMARAL, A. C. Z.; AMARAL, E. H. M.; LEITE, F. P. P.; GIANUCA, N. M. 2002. Diagnóstico sobre praias arenosas, Agência Nacional de Petróleo.

AMARAL, D. D.; PROST, M. T.; BASTOS, M. N. C.; COSTA NETO, S. V.; SANTOS, J. U. M., 2008. Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, (3)1: 35-67p.

AMARAL, F. D.; HUDSON, M. M.; COURA, M. F., 1998. Levantamento preliminar dos corais e hidrocorais do Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luiz (MA). *Resumo do XIII Simpósio de Biologia Marinha*. Universidade de São Paulo, São Paulo: CEBIMar, 1998. 13p.

AMARAL, F.D.; HUDSON, M.M.; STEINER, A.Q.; RAMOS, C.A.C., 2007. Corals and calcified hydroids of the Manuel Luiz Marine State Park (State of Maranhão, Northeast Brazil). *Biota Neotrópica*, 7(3): 2007.

ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS), 2012. STJ acolhe recurso da ANP e derruba liminar contra Transocean e Chevron. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=62011&m=chevron&t1=&t2=chevron&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1418229853689>>. Acesso em junho de 2015.

ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS), 2014. Relatório de Segurança Operacional das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural.



- ARAGÃO, G.M.O.; VIEIRA, J.O.; MAGALHÃES-NETO, M.; COSTA, A.; CLARCK, I. 2011. Encalhes de *Sotalia guianensis* no litoral do Piauí. Resumo apresentado no COLACMAR.
- ARAÚJO, H. F. P.; RODRIGUES, R. C.; NISHIDA, A. K. 2006. Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 14(3): 249-259.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. 2010. Marine Environment Protection. Disponível em: www.amsa.gov.au. Acessado em setembro de 2014.
- BAHIATURSA, 2000. A estratégia turística da Bahia: 1991-2005. Salvador/BA. 185 p.
- BAKER, J. M. 1982. Mangrove swamps and the oil industry. *Oil Petrochemical Pollution*, 1: 5-22.
- BALLOU, T. G.; LEWIS, R. R. 1989. Environmental assessment and restoration recommendations for a mangrove forest affected by jet fuel. In: Proceedings of the 1989 Oil Spill Conference, 407-412.
- BAPTISTA, J.G. 1981. Geografia Física do Piauí. Teresina: COMEPI.
- BARCELLOS, L. & SILVA F. O, R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. In: International Oil Spill Conference. 4p. BARCELLOS, L.; SILVA, F. O. R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. In: International Oil Spill Conference. 4 p.
- BARCELLOS, L. & SILVA F. O, R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. In: International Oil Spill Conference. 4p. BARCELLOS, L.; SILVA, F. O. R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. In: International Oil Spill Conference. 4 p.
- BARCELLOS, L.; SILVA, F. O. R. P. 2003. Petrobras wildlife rehabilitation response at Guanabara bay oil spill. In: International Oil Spill Conference. 4 p.
- BARTH, H. J. 2002. The coastal ecosystems 10 years after the 1991 Gulf War Oil Spill. Disponível em: http://www.uniregensburg.de/Fakultaeten/phil_Fak_III/Geographie/phygeo/downloads/barthcoast.pdf. Acessado em agosto de 2014.
- BARTH, H. J. 2008. Rapid assessment indicators of oil spill recovery in salt marsh ecosystems. In: Protecting the gulf's marine ecosystems from pollution. p. 255-264.
- BEST, R. C.; TEIXEIRA, D. M. 1982. Notas sobre a distribuição e "status" aparentes dos peixes-bois (Mammalia: Sirenia) nas costas amapenses brasileiras. *Boletim da Fundação Brasileira para Conservação da Natureza*, 17: 41-47.
- BITTENCOURT, A. C. S.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MOITA-FILHO, O. 1990. Variações texturais induzidas pelo vento nos sedimentos da face da Praia de Atalaia, Piauí. *Revista Brasileira de Geociências*, 20 (1-4): 201-207.
- BOYD, J. N.; SCHOLZ, D.; WALKER, A. H. 2001. Effects of oil and chemically dispersed oil in the environment. International Oil Spill Conference. Disponível em <http://www.iosc.org/papers/00633.pdf>. Acessado em agosto de 2014.



- BP, 2013. BP Annual Report and Form. Disponível em: <<http://www.bp.com/en/global/corporate/investors/annual-reporting.html>>. Acesso em: junho de 2015.
- BP, 2013. Deepwater Horizon accident and response. Disponível em: <<http://www.bp.com/en/global/corporate/gulf-of-mexico-restoration/deepwater-horizon-accident-and-response.html>>. Acesso em junho de 2015.
- BP/AECOM. 2012. Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais. *In*: Estudo Ambiental de Perfuração (EAP) Bloco BM-CAL-13 – Bacia de Camamu-Almada. 353 p.
- BROWNWELL, R. L. 1971. Whales, dolphins and oil pollution. *In*: Biological and Oceanographic Survey of the Santa Barbara Channel Oil spill 1969-1970. Vol 1. Biology and Bacteriology. *In*: Straughan, D. (ed.) Sea Grant Publ. nº 2. Vol.1 Allan Hancock Found. Univ. Southern California. p. 255-276.
- BURGER, A. E. 1993. Estimating the mortality of seabirds following oil spills: effects of spill volume. *Marine Pollut. Bull.*, 26: 140-143.
- BURGER, A. E., 2003. Summary of Presentation to the Royal Society Expert Panel on Oil and Gas Activities Offshore Bc. 10 p.
- BURNS, K. A.; GARRITY, S. D.; JORISSEN, F.; MACPHERSON, J.; STOELTING, M.; TIERNEY, J.; YELLE-SIMMONS, L. 1994. The Galeta oil spill. II. Unexpected persistence of oil rapped in mangrove sediments. *Estuarine, Coastal Shelf Science*, 38: 349-364.
- BURNS, K. A.; GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C. 1993. How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil spills? *Marine Pollution Bulletin*, 26: 239-248.
- CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO, JR, E. E., 2003. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51: 63-78p.
- CAMPAGNA, C.; SHORT, F. T.; POLIDORO, B. A.; MCMANUS, R.; COLLETE, B. B.; PILCHER, N. J.; MITCHESON, Y. S., STUART, S. N. & CARPENTER, K. E. 2011. Gulf of Mexico Oil Blowout Increases Risks to Globally Threatened Species. *BioScience*, 61(5):393-397.
- CANTAGALLO, C.; GARCIA, G. J.; MILANELLI, J. C. C. 2008. Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo no sistema estuarino de Santos, estado de São Paulo. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 12(2): 33-47.
- CARR, T.; BONDE, R. K. 2000. Tucuxi (*Sotalia fluvialitis*) occurs in Nicaragua, 800 km North of its previously known range. *Marine Mammal Science.*, 16(2): 447-452.
- CASTILHOS, J.C.; COELHO, C. A.; ARGOLO, J. F.; SANTOS, E. A. P.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I (1): 28-36.
- CASTRO, A. S. F., MORO, M. F. & MENEZES, M. O. T., 2012. O complexo vegetacional da zona litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante. *Acta Botanica Brasilica*, 26(1): 108-124.

CASTRO, C. B. 2000. Recifes de Coral. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/parnaabrolhos/images/stories/downloads/Clovis_2000.pdf. Acessado em agosto de 2014.

CBRO (COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS). 2014. Listas das aves do Brasil. Disponível em: www.cbro.org.br. Acessado em janeiro de 2015.

CEDRE (Centre de Documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux). Disponível em: www.cedre.fr. Acesso em: junho de 2015.

CEDRE, 2011. Spills. Disponível em <http://www.cedre.fr/en/spill/alphabetical-classification.php>. Acesso em setembro de 2014.

CEDRE, 2011. Spills. Disponível em <http://www.cedre.fr/en/spill/alphabetical-classification.php>. Acessado em setembro de 2014.

CHAN, G. L. 1977. The five-year recruitment of marine life after the 1971 San Francisco Oil Spill. *In: International Oil Spill Conference Proceedings*, 1977(1): 543-545.

CHEVRON, 2014. Resposta da Chevron no Campo Frade. Disponível em: <https://www.chevron.com.br/noticias/atuacao-campo-frade.aspx>. Acesso em: junho de 2015.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Resolução nº 398, de 11 de junho de 2008. Revoga a Resolução CONAMA nº293/01 e 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.

CONNELL, J. H.; HUGHES, T. P.; WALLACE, C. C. 1997. A 30-year study of coral abundance, recruitment, and disturbance at several scales in space and time. *Ecological Monographs (in press)*.

CORREDOR, J. E.; MORELL, J. M.; CASTILLO, C. E. 1990. Persistence of spilled crude oil in a tropical intertidal environment. *Marine Pollution Bulletin*, 21: 385-388.

CPR (COMMITTEE FOR THE PREVENTION OF DISASTERS), 1997. Methods for Determining and Processing Probabilities "Red Book". 2ª edição, Sdu Uitgevers, Netherlands.

CPR (COMMITTEE FOR THE PREVENTION OF DISASTERS), 1999. Guidelines for Quantitative Risk Assessment "Purple Book". 1ª edição, Sdu Uitgevers, Netherlands.

DA SILVA, V. M. F. & BEST, R. C. 1994. Tucuxi – *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) *In: Handbook of Marine Mammals*. RIDGWAY S. F., HARRISON, S. R., eds.) Vol. 5: The first book of dolphins. Academic Press, London, pp. 43-70.

DA SILVA, V. M.; BEST, C. R. 1996. *Sotalia fluviatilis*. *Mammalian Species*, v. 527, p.1-7.

- DA SILVA, V.M.F. Conservação de golfinhos da Amazônia: ameaças e perspectivas. In: CINTRA, R. (Coord.). História Natural, ecologia e conservação de algumas espécies de plantas e animais da Amazônia. Manaus: EDUA/INPA/FAPEAM. 2004.
- DAY, R. H.; MURPHY, S. M.; WIENS, J. A.; HAYWARD, G. D.; HARNER, E.; SMITH, L. N. 1996. Effects of the Exxon Valdez Oil Spill on Habitat Use by Birds in Prince William Sound, Alaska. *Ecological Applications*, 7: 593-613.
- DEFENDERS, 2010. Wildlife and Offshore drilling the 2010 Gulf of Mexico disaster: Manatees. Disponível em: http://www.defenders.org/sites/default/files/publications/wildlife_and_offshore_drilling_manatees.pdf. Acessado em fevereiro de 2015.
- DNV (DET NORSKE VERITAS), 1999. WOAD – World Offshore Accident Database, Statistical Report 1998.
- DNV (DET NORSKE VERITAS), 2009. Accident Statistics for Floating Offshore Units on the UK Continental Shelf (1980-2007), preparado para HSE. Noruega.
- DNV (DET NORSKE VERITAS), 2013. WOAD – World Offshore Accident Databank 1970 - 2013.
- DOMMING, D.P., 1981. Distribution and status of manatees *Trichechus* spp. in Brazil c.1785-1973. *Biol. Conserv.*, 22:85-97.
- DUKE, N. C.; PINZÓN, M.; Z. S.; PRADA, T. M. C. 1997. Large-scale damage to mangrove forests following two large oil spills in Panama. *Biotropica*, 29(1): 2-14.
- DUKE, N.; BURNS, K. A. 1999. Fate and Effects of Oil and Dispersed Oil on Mangrove Ecosystems in Australia. Final report to Australian Petroleum Production and Exploration Association, Main Report 212 pp. Australian Institute of Marine Science and CR Reef Research.
- DUKE, N.; BURNS, K. A.; ELLISON, J. C. 1999. Surveys of oil spill incidents around Australia. An assessment of incidents, impacts on mangroves, and recovery of deforested areas. Ch. 2, Pp 240-247. In: Duke, N. C. & Burns, K. A. Fate and Effects of Oil and Dispersed Oil on Mangrove Ecosystems in Australia. Final report to Australian Petroleum Production and Exploration Association, Main Report 212 pp. Australian Institute of Marine Science and CRC Reef Research.
- EDWARDS, R.; WHITE, I. 2010. The Sea Empress Oil Spill: Environmental Impact and Recovery. Disponível em: <http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/casehistories/documents/seaemp.pdf>. Acessado em agosto de 2014.
- EDWARDS, R.; WHITE, I., 2009. The sea empress oil spill: Environmental Impact and Recovery. Disponível em: <http://www.martrans.org/eu-mop/library/CASE%20STUDIES/ITOPF/3.pdf>. Acesso em: junho de 2015.

EL-ROBRINI, M., SILVA, M. M. A., SOUZA-FILHO, M. P. W., EL-ROBRINI, M. H. S., SILVA JR, O. G. & FRANÇA, C. F., 2014. Pará. MMA (Ministério do Meio Ambiente). Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/pa_erosao.pdf. Acessado em maio de 2014.

EMIN-LIMA, R.; MOURA, L. N.; RODRIGUES, A. L. F.; SILVA, M. L., 2010. Note on the group size and behavior of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) *In: Marapanim Bay, Pará, Brazil. Latin American Journal of Aquatic Mammals* 8, 1-2, 167-170 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5597/lajam00165>. Acessado em fevereiro de 2014.

ENGELHARDT, F. R. 1983. Petroleum effects on marine mammals. *Aquatic Toxicology*, 4 (3):199-217.

EPA. 1999. Wild life and Oil Spill. *In: Understanding Oil Spills and Oil Spill Response*. Office of Emergency and Remedial Response. 6 p.

ESLER, D.; BOWMAN, T. D.; TRUST, K. A.; BALLACHEY, B. E.; DEAN, T. A.; JEWETT, S. C.; O'CLAIR, C. E. 2002. Harlequin duck population recovery following the 'Exxon Valdez' oil spill: progress, process and constraints. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 241: 271-286.

EVOSTC (EXXON VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL), 2010. 2010 Update Injured Resources and Services. Exxon Valdez Oil Spill Restoration Plan. 45 p. Disponível em: <http://www.evostc.state.ak.us/static/PDFs/2010IRSUpdate.pdf>. Acesso em: junho de 2015.

EVOSTC (EXXON VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL). 2010. 2010 Update injured resources and services. Exxon Valdez Oil Spill Restoration *Plan*. 45 p.

FALL, J. A.; FIELDS, L. I., 1993. Subsistence uses of fish and wildlife before and after the Exxon Valdez oil spill. PROCEEDINGS OF THE EXXON VALDEZ OIL SPILL SYMPOSIUM. pp. 819-836. American Fisheries Society Symposium. Vol. 18.

FLORES, P. A. C. 2003. Ecology of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluvialitis*) in southern Brazil. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GALAPAGOS, 2013. Disponível em: <http://www.galapagos.to/TEXTS/Jessica.HTM>. Acesso em: junho de 2015.

GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C.; BURNS, A. 1993. Chronic oiling and long-term effects of the 1986 Galeta spill on fringing mangroves. *International Oil Spill Conference Proceedings*, 1993(1): 319-324.

GARRITY, S. D.; LEVINGS, S. C.; BURNS, K. A. 1994. The Galeta oil spill. I. long-term effects on the physical structure of the mangrove fringe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 38: 327-348.

GERTLER, P. E. 1992. Effects of the Exxon Valdez oil spill on birds and marine mammals. *In: MMS (Minerals Management Service) – AOCS Region Information Transfer Meeting*. Disponível em: http://www.mms.gov/alaska/reports/1990rpts/92_0046.pdf#page=81. Acessado em agosto de 2014.

- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP JOINT GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION). 2007. Estimates of oil entering the marine environment from sea-based activities. Rep. Stud. GESAMP No. 75, 96 pp
- GETTER, C .D.; CINTRON, G.; DICKS, B.; LEWIS, R. R.; SENECA, E. D. 1984. The recovery and restoration of saltmarshes and mangrove following an oil spill. *In: Restoration of habitats impacted by oil spills*. Butterworth. Boston. pp. 65-113.
- GETTER, C. D.; LEWIS, R. R. 2003. Spill response that benefits the long-term recovery of oiled mangroves. *International Oil Spill Conference Proceedings*: 539-550.
- GILFILLAN, E. S.; PAGE, D. S.; GERBER, R. P.; HANSEN, S.; COOLEY, J.; HOTHAM, J. 1981. Fate of the Zoe Colocotroni oil spill and its effects on infaunal communities associated with mangroves. *International Oil Spill Conference Proceedings*: Vol. 1981, No. 1.
- GRAMMETZ, D. 1988. Involvement of loggerhead turtles with the plastic, metal, and hydrocarbon pollution in the central Mediterranean. *Mar. Poll. Bull.* 19(1): 11-13.
- GUBBAY, S.; EARLL, R. 1999. Proposed Guidelines for Dealing with Cetaceans in the Event of an Oil Spill the Moray Firth, Scotland. 15 p.
- GUNDLACH, E.R.; HAYES, M.O, 1978. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. *Tech. Soc. J.*, vol. 2, n°. 4, 18-27 p, 1978.
- GUZZI, A. 2012. Diversidade do Delta do Parnaíba litoral piauiense. EDFPI. 465 p.
- HAIMOVICI, M.; KLIPPEL, S. 1999. Diagnóstico da Biodiversidade dos Peixes Teleósteos Demersais Marinhos e Estuários do Brasil. Trabalho realizado para o Programa Nacional da Diversidade Biológica – PRONABIO, Subprojeto “Avaliação e Ações Prioritárias para a Zona Costeira e Marinha”, área temática “Peixes Demersais”, FURG, Rio Grande, RS. 79 p.
- HALL, R. J., BELISLE, A. A. & SILEO, L., 1983. Residues of petroleum hydrocarbons in tissues of sea turtles exposed to the Ixtoc I oil spill. *Journal of Wildlife Diseases*, 19(2): 106-109.
- HAWKINS, S. J.; GIBBS, P. E.; POPE, N. D.; BURT, G. R.; CHESMAN, B. S.; BRAY, S.; PROUD, S. V.; SPENCE, S. P.; SOUTHWARD, A. J.; LANGSTON, W. J. 2002. Recovery of polluted ecosystems: the case for long-term studies.
- HEUBECK, M.; CAMPHUYSEN, C. J.; BAO, R.; HUMPLE, D.; REY, A. S.; CADIOU, B.; BRAGER, S.; THOMAS, T. 2003. Assessing the impact of major oil spills on seabird populations. *Mar. Pol. Bull.*, 46: 900-902.
- HICKENBICK, G. R.; FERRO, A. L.; ABREU, P. C. 2004. Produção de detrito de macrófitas emergentes em uma marisma do Estuário da Lagoa dos Patos: taxas de decomposição e dinâmica microbiana. *Atlântica, Rio Grande*, 26(1): 61-75.



HJERMANN, D. O.; MELSOM, A.; DINGSOR, G. E.; DURANT, J. M.; EIKESET, A. M.; ROED, L. P.; OTTERSEN, G.; STROVIK, G.; STENSETH, N. C. 2007. Fish and oil in Lofoten-Barents Sea System: synoptic review of the effect of oil spills on fish populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 339: 283-299.

HSE (Health & Safety Executive), 2002. Offshore Hydrocarbon Releases Statistics (2001).

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 2000. Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries. Ipieca Report Series, V.8. 28 p.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 1992. Guidelines on Biological Impacts of Oil Pollution: Coral Reefs. IPIECA Report Series. V. 3.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 1993. Biological Impacts of Oil Pollution: Mangroves. Ipieca Report Series, V.4.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 2000a. Biological Impacts of Oil Pollution: Sedimentary Shores. Ipieca Report Series. V.9.

IPIECA (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION). 2000b. Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries. Ipieca Report Series, V.8. 28 p.

ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Limited). Disponível em: www.itopf.com. Acesso em: junho de 2015.

ITOPF. 2004. Oil Spill Effects on Fisheries. Technical Information Paper N° 3. 8p.

ITOPF. 2010a. Case Histories. Disponível em <http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/case-histories>. Acessado em setembro de 2014.

ITOPF. 2010b. Handbook 2014/2015. 52 p. Disponível em: www.itopf.com. Acessado em setembro de 2014.

IUCN. 2015. The World Conservation Union Red List of Threatened Species. The World Conservation Union. Versão 2015. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acessado em julho de 2015.

JACKSON, J. B. C.; CUBIT, J. D.; KELLER, B. D.; BATISTA, D.; BUMS, K.; CAFFEY, H. M.; CALDWELL, R. L.; GARRITY, S. D.; GETTER, C. D.; GONZALEZ, C.; GUZMAN, H. M.; KAUFMANN, K. W.; KNAP, A. H.; LEVINGS, S. C.; MARSHALL, M. J.; STEGER, R.; THOPMSON, R. C.; WEIL, E. 1989. Ecological Effects of a Major Oil Spill on Panamanian Coastal Marine Communities. *Science, New Series*, 243(4887): 37-44.

JACOBI, C. M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1990. Oil spill in mangroves: a conceptual model based on long-term field observations. *Ecological Modelling*, 52: 53-59.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A.; PITMAN, R. L. 2008. *Marine Mammals of the World – A comprehensive guide to their identification*. 5ª edição. Editora Elsevier. 573 p.

KELLER, B. D.; JACKSON, J. B. C. 1993. Long-term assessment of the oil spill at Bahía las Minas, Panama synthesis report, volume I: executive summary. OCS Study. MMS 93-0047. U.S. Department of the Interior, Mineral Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, La. 129 pp.

KELLER, C. E.; ADAMS, J. K. 1983. Proceedings of a workshop on cetaceans and sea turtles in the Gulf of Mexico: study planning for effects of Outer Continental Shelf Development. Prepared by the U.S. Fish and Wildlife Service for the Minerals Management Service, Metairie, LA. 42pp.

KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N. 1997. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic Brazil: an atoll built primary by coralline algae. Pp. 731-736. *Proc. VIII Coral Reef Symp.* v. 1.

KILCA, R. C.; COSTA, M. P.; ZANINI, R. R.; CARVALHO, F. A.; COSTA, A. F. 2010. Estrutura de manguezais sucessionais no estuário do rio Piauí, Sergipe, Brasil. *Pesquisas, Série Botânica*, 61: 171-189.

KINGSTON, P. F. 2002. Long-term Environmental Impact of Oil Spills. *Spill Science & Technology Bulletin*, 7(1-2): 53-61.

KINGSTON, P.F.; RUNCIMAN, D.; McDOUGALL, J. Oil contamination of sedimentary shores of the Galápagos Islands following the wreck of the Jessica. Pp. 95 – 106. *In: LOUGHEED, L. W.; EDGARD, G. J.; SNELL, H. L. (eds.). 2002. Biological Impacts of Jessica Oil Spill on the Galápagos Environment. Final Report V.1.10. Charles Darwin Foundation, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.*

LEÃO, Z. M. A. M. 1994. The coral reefs of Southern Bahia. Pp, 151 – 159. *In: HETZEL, B.; CASTRO, C. B. Corals of Southern Bahia. Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 189 p.*

LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P. & TESTA, V. 2003. Corals and Coral Reefs of Brazil. *In Latin America Coral Reefs (J. Cortês ed.). Elsevier Publisher, Amsterdam, p.9-52.*

LEGORE, S.; MARSZALEK, D. S.; DANEK, L. J.; TOMLINSON, M. S.; HOFMANN, J. E.; CUDDEBACK, J. E. 1989. Effect of chemically dispersed oil on Arabian gulf corals: a field experiment. *Proceedings of the 1985 Oil Spill Conference*, 375-380. API Publication No. 4479, American Petroleum Institute, Washington D.C.

LEVINGS, S. C.; GARRITY, S. D. 1995. Oiling of mangrove keys in the 1993 Tampa Bay oil spill. *In: Proceedings of the 1995 International Oil Spill Conference*, pp. 421-428.

LEVINGS, S. C.; GARRITY, S. D.; BURNS, K. A. 1994. The Galeta Oil Spill. III. Chronic reoiling, long-term toxicity of hydrocarbon residues and effects on epibiota in the mangrove fringe. *Estuarine, Coastal & Shelf Science.*, 38: 365-395.

LEWIS, M.; PRYOR, R.; WILKING, L. 2011. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A review. *Environmental Pollution*, 159: 2328-2346.

LIMA, R. P., PALUDO, D., SILVA, K. G., SOAVINSKI, R. J. E OLIVEIRA, E. M. A. 1992. Levantamento da distribuição, ocorrências e status de conservação do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758) ao longo do litoral nordeste do Brasil. *Periódico Peixe-Boi*, 1(1):47-72.

- LIMA, R. P.; PALUDO, D.; SOAVINSKI, R. J.; SILVA, K. G.; OLIVEIRA, E. M. A., 2011. Levantamento da distribuição, ocorrência e status de conservação do Peixe-boi Marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758) no litoral nordeste do Brasil. *Natural Resources, Aquidabã*, 2: 41–57p.
- LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; POFFO, I. R. F. 2007. Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação - São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007,120 p.
- LOUGHLIN, T. R. 1994. Tissue hydrocarbon levels and the number of cetaceans found dead after the spill. Ch. 20. p. 359-376. *In: LOUGHLIN, T. R. (ed.) Marine Mammals and the Exxon Valdez*. Academic Press, London.
- LOYA, Y.; RINKEVICH, B. 1980. Effects of oil pollution on Coral Reef Communities. *Marine Ecology – Progress Series*, 3: 167-180.
- LUNA, F. O., 2001. Distribuição, status de conservação e aspectos tradicionais do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral norte do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- LUNA, F. O.; LIMA, R. P.; ARAÚJO, J. P.; PASSAVANTE, J. Z. O., 2008a. Status de conservação do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) no Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 10: 145–153.
- LUTCAVAGE, M. E.; LUTZ, P. L.; BOSSART, G. D.; HUDSON, D. M. 1995. Physiologic and clinicopathologic effects of crude oil on loggerhead sea turtles. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 28: 417-422.
- LUTZ, P. L.; LUTCAVAGE, M. E. 2010. The effects of petroleum on sea turtles: applicability to Kemp’s ridley. Disponível em <http://md1.csa.com>. Acessado em agosto de 2014.
- MAGALHÃES, FA., TOSI, CH., GARRI, RG., CHELLAPPA, S. & SILVA, F. L., 2008. Cetacean diversity on the Parnaíba Delta, Maranhão State, northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 68, no. 3, p. 545-551.
- MAGRIS, R. A. & BARRETO, R., 2010. Mapping and assessment of protection of mangrove habitats in Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(4):546-556.
- MAGRO M.; CERGOLE M.C.; ROSSI-WONGTSHOWSKI, C. L. B. 2000. Síntese de conhecimento dos principais recursos pesqueiros costeiros potencialmente exploráveis na Costa Sudeste-Sul do Brasil: Peixes. Graflina Editora. Rio de Janeiro. pp.143.
- MAIA, L. P.; LACERDA, L. D.; MONTEIRO, L. H. U. & SOUZA, G. M. 2006. Atlas dos Manguezais do Nordeste do Brasil. Avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. 55p.

- MARCELINO, A. M. T. (colaboradores). 1999. Caracterização dos ecossistemas costeiros dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí.
- MARCHIORO, G. B.; NUNES, M. A. 2003. In: DUTRA, G. F., MOURA, R. L. (eds.). Avaliação de Impactos da Exploração e Produção de Hidrocarbonetos no Banco dos Abrolhos e Adjacências. Conservation International Brasil, Instituto Baleia Jubarte, Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental, BirdLife Brasil, Sociedade Brasileira de Estudos de Recifes de Coral e Fundação SOS Mata Atlântica, Caravelas.
- MARCOVALDI, M. A.; LOPEZ, G. G.; SANTOS, A. J. B.; BELLINI, C.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I (1): 20-27.
- MARTÍNE-GOMEZ, C.; FERNÁNDEZ, B.; VALDÉS, J.; CAMPILLO, J. A.; BENEDICTO, J.; SÁNCHEZ, F. 2009. Evaluation of three-year monitoring with biomarkers in fish following the Prestige oil spill (N Spain). *Chemosphere*, 74: 613-620.
- MASCARELLI, A. 2010. Deepwater horizon: after the oil. *Nature*, 467, 22–24.
- MATKIN, C. O.; SAUTILIS, E. 1997. KillerWhale - *Orcinus orca*. Restoration Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. 12 pp.
- MATKIN, C. O.; SAUTILIS, E. L.; ELLIS, G. M.; OLESYUK, P.; RICE, S. D. 2008. Ongoing population-level impacts on killer whales *Orcinus orca* following the ‘Exxon Valdez’ oil spill in Prince William Sound, Alaska. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 356: 269-281.
- MATKIN, C.; SAULITIS, E., 1997. Killer Whales Restoration Notebook. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. Disponível em: < http://www.evostc.state.ak.us/static/PDFs/RN_orca.pdf>. Acesso em: junho de 2015.
- MEAGHER, L. 2010. How Compounds Left by Oil Spills Affect Marine Life in Estuaries. Disponível em: <https://suite.io/linda-sue-meagher/3mxx2ss>. Acessado em setembro de 2014.
- MEIRELLES, A.C.O., MONTEIRO-NETO, C., MARTINS, A.M.A., COSTA, A.F., BARROS, H.M.D.R., ALVES, M.D.O. 2009. Cetacean strandings on the coast of Ceará, northeastern Brazil (1992–2005). *Journal of Marine Biology*. UK. 89: 1083-1090.
- MEIRELLES, A.C.O.; RIBEIRO, A.C.; SILVA, C.P.N.; FILHO, A.A.S. 2010. Records of guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, in the state of Ceará, Northeastern Brazil. *Lajam* 8 (1-2): 97–102, December 2010.
- MELLO, C. F.; MOCHEL, F. R. 2013. Diagnóstico para avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira-estuarina dos estados do Piauí, Maranhão, Pará e Amapá.
- MELLO, C. F.; MOCHEL, F. R. 1999. Diagnóstico para avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira-estuarina dos estados do Piauí, Maranhão, Pará e Amapá. Guia para o

licenciamento ambiental. Atividades de sísmica na costa brasileira. Disponível em: www.anp.gov.br/ibamasismica/. Acessado em maio de 2014.

MELVILLE, F.; ANDERSEN, L. E.; JOLLEY, D. F. 2009. The Gladstone (Australia) oil spill – Impacts on intertidal areas: Baseline and six months post-spill. *Marine Pollution Bulletin*, 58(2): 263-271.

MENEZES, M. P. M.; BERGER, U.; MEHLIG, U., 2008. Mangrove vegetation in Amazônia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. *Acta Amazônica*, 38(3): 403-420p.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2001. Especificação e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo. 20 p.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2002. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha. 245 p. 2002.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2007. Áreas Prioritárias para Conservação, uso sustentável e repartição da biodiversidade brasileira. Atualização: Portaria MMA Nº 9 de 23 de janeiro de 2001. MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 301 p.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2014. "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. Portaria MMA nº 444 e Portaria MMA nº 445 de 17 de dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html?start=250>. Acessado em Janeiro de 2015.

MMA/ICMBIO (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). 2010. Plano de Manejo do Parque Nacional do Cabo Orange. Brasília, 76 p.

MMA/ICMBIO (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). 2011. Plano de ação nacional para conservação dos sirênios – Brasília, 81 p.

MMA/ICMBio (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). 2011. Plano de ação nacional para conservação de mamíferos aquáticos: Pequenos cetáceos. Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio.

MMA/SBF (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS). 2002. Monitoramento dos Recifes de coral do Brasil – Situação Atual e Perspectivas. 22 p.

MONTEIRO, A. G. 2003. Metodologia de avaliação de custos de ambientais provocados por vazamento de óleo – O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE. COPPE/UFRJ. 271pp.

MORRISON, R. I. G.; ROSS, R. K. *Atlas of nearctic shorebirds on the coast of South America*. Ottawa Canadian Wildlife Service, 1989. 325 p.

- MOSBECH, A. 2002. Potential Environmental impacts of oil spills in Greenland. An assessment of informations status and research needs. National Environmental Research Institute, Denmark. 118 pp. – NERI *Technical Report No. 415* p.
- MOSBECH, A.; ANTHOSEN, K. L.; BLYTH, A.; BOERTMAN, D.; BUCH, E.; CAKE, D.; GRØNDAHL, L.; HANSEN, K. Q.; KAPEL, H.; NIELSEN, S.; NIELSEN, N.; VON PLATEN F.; POTER S.; RASCH, M. 2000. Environmental oil spill sensitivity atlas for the West Greenland coastal zone. Internet-version. The Danish Energy Agency, Ministry of Environment and Energy, 341 p. mais apêndice 155 p.
- MOURA, R. L.; RODRIGUES, M. C. M.; FRANCINI-FILHO, R. B.; SAZIMA, I., 1999. Unexpected richness of reef corals near the southern Amazon River mouth. *Coral reefs*, 18(2): 1-170p.
- NADEAU, R. J.; BERQUIST, E. T. 1977. Effects of the March 18, 1973 oil spill near Cabo Rojo, Puerto Rico on tropical marine communities. *In: Proceedings of the 1977 Oil Spill Conference*, American Petroleum Institute, Washington, D.C. pp. 535-539.
- NASCIMENTO, M. S. V. & SASSI, R. 2001. Interferências humanas na área de influência direta do manguezal dos rios Timonha/Ubatuba, estado do Piauí, Brasil. *Revista Nordestina de Biologia*, 15(2): 73-90.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2003. Committee on Oil in the sea: Inputs, Fates and Effects. The National Academic Press. 280 p.
- NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION) 2001. Oil Spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations. 80pp.
- NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION), 2002. Oil spill in mangroves. Planning and response considerations. Disponível em: <http://www.response.restoration.noaa.gov>. Acessado em agosto de 2014.
- NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). 1994. Oil and Hazardous Materials Response Reports, October 1992-September 1993. Seattle: Hazardous Materials Response and Assessment Division, National Ocean Service, National Oceanic and Atmospheric Administration. 128 pp.
- NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). 2010a. Oil Spill in Coral Reefs – Planning e Response Considerations. 82 p.
- NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). 2010b. Impacts of Oil on Marine Mammals and Sea Turtles. US Department of Commerce. National Marine Fisheries Service. Disponível em: www.noaa.gov. Acessado em agosto de 2014.
- NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION). 2012. Frigatele Bay National Marine Sanctuary - Management Plan and Environmental Impact Statement. 414 p.
- ODUM, E. P. 1997. *Fundamentos de Ecologia*. 5a edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa: 1-927.

OGX/HABTEC, 2009. Estudo de Impacto Ambiental para a atividade de perfuração marítima nos blocos BM-PAMA-13, BM-PAMA-14, BM-PAMA-15, BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Novembro, 2009.

OIL & GAS UK (The United Kingdom Offshore Oil and Gas Industry Association Limited), 2009. Accident Statistics for Offshore Units on the UKCS 1990 – 2007.

OLIVEIRA, V. M.; MOCHEL, F. R., 2001. Macroendofauna bêntica de substratos móveis de um manguezal sob impacto das atividades humanas no sudoeste da Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 12: 75-93p.

OLMOS, F., RUMSEY, S. & BRICKLE, N., 2013. First documented record of Grey Kingbird, *Tyrannus dominicensis* (Passeriformes: Tyrannidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 21(2), 133-135.

OTITOLOJU, A. A.; ARE, T.; JUNAID, K. A. 2007. Recovery assessment of a refined-oil impacted and fire ravaged mangrove ecosystem. *Environ. Monit. Assess.*, 127: 353-362.

PALUDO, D., 1998. Estudos sobre a ecologia e conservação do peixe-boi marinho, *Trichechus manatus manatus*, no Nordeste do Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Brasília.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. 2002. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência. 382 p.

PERILLO G. M. E. 1995. Definitions and Geomorphologic Classification of Estuaries. *In: Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Chapter 2. Developments in Sedimentology, 53, Elsevier Science.

PETERSON, C. H.; RICE, S. D.; SHORT, J. W.; ESLER, D.; BODKIN, J. L.; BALLACHEY, B. E.; IRONS, D. B. 2003. Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. *Science*, 302: 2082-2086.

PITT, R. Civil, Construction and Environmental Engineering, University of Alabama. Disponível em: <<http://rpitt.eng.ua.edu>>. Acesso em: junho de 2015.

PROJETO TAMAR, 2015. Sobrevivência. Disponível em: <http://www.tamar.org.br/interna.php?cod=97>. Acessado em janeiro de 2015.

PROST, M. T.; MENDES, A. C.; FAURE, J. F.; BERRÊDO, J. F.; SALES, M. E. C.; FURTADO, L. G.; SILVA, M. G. S.; SILVA, C. A.; NASCIMENTO, I.; GORAYEB, I.; SECCO, M. F. V. & LUZ, L. M. 2001. Manguezais e estuários da costa paraense: exemplo de estudo multidisciplinar integrado (Marapanim e São Caetano de Odivelas). *In: PROST, M. T. & MENDES, A. (Orgs.). Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brasil, p. 75-87.

RAAYMAKERS, S. 1994. Marine Pollution & Cetaceans – implication for Management. *ENCOUNTERS WITH WHALES '93: A CONFERENCE TO FURTHER EXPLORE THE MANAGEMENT ISSUES RELATING TO HUMAN-WHALE INTERACTIONS*. pp. 82-87. Workshop series. Great Barrier Reef Marine Park Authority.



- REMANE, A.; SCHLIEPER, C. 1971. Biology of brackish water. New York, Toronto, Sydney: Wiley Interscience Division: John Wiley & Sons, Inc.
- REVIZEE, 2000. Oceanografia Geológica. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil, 2000, 75 p.
- REYNOLDS, J. E. III & ODELL, D. K. 1991. Manatees and dugongs. New York: Facts On File, Inc., 192 pp.
- REZENDE, C. E.; LACERDA, L.D.; BERNINI, E, 2009. Ecologia e Biogeoquímica de Manguezal In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (orgs). Biologia Marinha. (Cap. 15), 2ª. Ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2009.
- RODRIGUES, A. A. F. 2000. Seasonal abundance of nearctic shorebirds in the Gulf of Maranhao, Brazil. *Journal of Field Ornithology*, 71: 665-675.
- RODRIGUES, A. A. F. 2001. *Estratégias migratórias de Calidris pusilla (Aves: Scolopacidae) na costa norte da América do Sul: proposta de rotas*. Tese - Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- RODRIGUES, F. O.; MOURA, D. O.; LAMPARELLI, C. C. 1989. Efeitos do óleo nas folhas de mangue. *Ambiente*, 3: 36-45.
- RODRIGUES. A. A. F. 1995. Ocorrência de *Eudocimus ruber* na Ilha Cajuais, Maranhão, Brasil, Chiconiforme (Ciconiiforme: Threskiornithidae). *Ararajuba*, 3: 67- 68.
- RODRIGUES. A. A. F. 2007. Priority areas for conservation of migratory and resident waterbirds on the coast of brazilian Amazonia. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15(2): 209-218.
- ROSSI-SANTOS, M. R. 2006. Ecologia Comportamental do boto cinza, *Sotalia Guianensis* (Van Bénédén, 1874) (Cetacea: Delphinidae) na região extremo sul do Estado da Bahia, Nordeste do Brasil.
- RSC (ROYAL SOCIETY OF CANADA), 2004. Report of the Expert Panel on Science Issues Related to Oil and Gas Activities, Offshore British Columbia.
- SABA, V. S.; SPOTILA, J. R. 2003. Survival and behaviour of freshwater turtles after rehabilitation from an oil spill. *Environmental Pollution*, 126: 213-223.
- SANTOS, A. S.; SOARES, L. S.; MARCOVALDI, M. A.; MONTEIRO, D. S.; GIFFONI, B.; ALMEIDA, A. P. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I (1): 3-11.
- SANTOS, L. C. M.; CUBHA-LIGNO, N. M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G. 2012. Long term effects of oil pollution in mangrove forests (Baixada Santista, Southeast Brazil) detected using a gis-based multitemporal analysis of aerial photographs. *Brazilian Journal of Oceanography*, 60(2): 159-170.



- SCANDPOWER, 2006. Blowout and Well Release Frequencies – Based on SINTEF Offshore Blowout Database, 2005
- SCHULER, P. A.; BACA, B. 2007. Net Environmental Benefit Analysis (NEBA) of dispersed oil versus non-dispersed oil on coastal ecosystems & wildlife utilizing data derived from 20-year TROPICS study.
- SERPE, F. R.; ADLOFF, C. T.; CRISPIM, M. C.; ROCHA, R. M. 2010. Comunidade zooplancônica em um estuário hipersalino no nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Eng. Pesca*, 5(3): 51-73.
- SHIGENAKA, G. 2003. Oil and Sea Turtles – Biology, Planning and Response. NOAA National Ocean Service. 116 p.
- SHORT, M. K. J. 2003. Guanabara Bay Oil Spill 2000, Brazil – Cetacean Response. In *International Oil Spill Conference*. 3 p.
- SICILIANO, S.; EMIN-LIMA, N. R.; COSTA, A. F.; RODRIGUES, A. L. F.; MAGALHÃES, F. A.; TOSI, C. H.; GARRI, R. G.; SILVA, C. R.; SILVA JR., J. S., 2008. Revisão do conhecimento sobre os mamíferos aquáticos da costa norte do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 66(2): 381–401p.
- SICK, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 912p.
- SIGRIST, T. 2009. Avifauna Brasileira, 1ª edição, São Paulo, 2009.
- SILVA, F.Q.M. 2004. Produção de biossurfactante por bactérias isoladas de sedimento de mangue (Apa de Guapimirim, RJ). Monografia. Bacharelado em Ciências Biológicas – Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense.
- SILVA, I. R. & PEREIRA, L. C. C., 2010. Estudo sócio-ambiental da comunidade de Bacuriteua (Pará, Litoral Amazônico, Brasil). *Revista da Gestão Costeira Integrada*. Disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgcimang71_Silva.pdf. Acessado em 2015.
- SILVEIRA, M. I.; OLIVEIRA, E. R.; KERN, D. C.; COSTA, M. L.; RODRIGUES, S. F. L., 2011. O sítio Jabuti, em Bragança, Pará, no cenário arqueológico do litoral amazônico. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.*, Belém, (6)2: 335-345p.
- SIMÕES-LOPES, P. C. Sobre a ampliação da distribuição do gênero *Sotalia*, Gray 1986 (Cetacea, Delphinidae) para águas do estado de Santa Catarina, Brasil. In: 2ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul. Anais. Rio de Janeiro, p. 87-88, 1987.
- SMC (Save the Manatee Club), 2011. The Impact of the Oil Spill on Manatees. Disponível: <http://www.savethemanatee.org/>. Acessado junho de 2011.
- SMITH, T. R.; GERACI, J. R.; St AUBIN, D. J. 1983. Reaction of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, to a controlled oil spill. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 1522-1525.

SNEDAKER, S. C.; BIBER, P. D.; ARAVAJO, R. J. 1996. Oil Spills and Mangroves: An Overview. *In: Managing Oil Spills in Mangrove Ecosystems*, OCS Study M MS 97-0003. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCA Region, New Orleans, LA. 76 pp.

SOARES, M. L. G. 2003. Vulnerabilidade e sensibilidade do ecossistema manguezal à contaminação por petróleo ou derivados. Anais: II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Recife – PE, 12 a 19 de outubro de 2003.

SOARES, M. L. G.; JUNIOR, C. M. G. S.; CAVALCANTI, V. F.; ALMEIDA, P. M. M.; MONTEIRO, A. S.; CHAVES, F. O.; ESTRADA, G. C. D.; BARBOSA, B. 2006. Regeneração de floresta de mangue atingida por óleo na Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil): Resultados de 5 anos de monitoramento. *Geochemica brasiliensis*, 20(1): 38-61.

SOUZA-FILHO, P. W. M., 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23(4): 427-435p.

St AUBIN, D. J. & LOUSBURY, V. 1988. Oil Effects on Manatees: Evaluating the Risks. In GERACY, J. R. & St AUBIN, D. J. Synthesis of Effects of Oil on Marine Mammals. Report N° MMS 88-049, 289p.

St AUBIN, D. J. 1992. Overview of the effects of oil on marine mammals. 1992 MMS (Minerals Management Service) – AOCS Region Information Transfer Meeting. Disponível em: http://www.mms.gov/alaska/reports/1990rpts/92_0046.pdf#page=81. Acessado em agosto de 2014.

TAMAR, 1999. Tartarugas Marinhas. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/meio/guias/sismica/refere/tartarugas.pdf>. Acessado em janeiro de 2015.

TAYLOR, M.; B. PLATER. 2001. Population viability analysis for the southern resident population of the killer whale (*Orcinus orca*). Center for Biological Diversity, Tuscon, Arizona.

TEAL, J. M.; HOWARTH, R. W. 1984. Oil spill studies: a review of ecological effects. *Environmental Management*, 8 (1): 27-44.

TUCKER, K. P., HUNTER, M. E., BONDE, R. K., AUSTIN, J.D., CLARK, A.M., BECK, C. A., MCGUIRE, P. M., & OLI, M. K. 2012. Low genetic diversity and minimal population substructure in the endangered Florida manatee: implications for conservation. *J of Mammalogy* 93(6): 1504:1511.

VALENTE, R. M., SILVA, J. M. C., STRAUBE, F. C., & NASCIMENTO, J. L. X. (Orgs.), 2011. *Conservação de aves migratórias neárticas no Brasil*. Belém: Conservação Internacional. 400pp.

WARD, G.; BACA, B.; CYRIACKS, W.; DODGE, R.; KNAP, A. 2003. Continuing Long-Term Studies of the TROPICS Panama Oil and Dispersed Oil Spill Sites Proceedings of the. 2003 Oil Spill Conference, USCG, USE PA, NOA A, API, Vancouver, B. C. No. 1, pp. 259-27.

WARDROP, J. A.; WAGSTAFF, B.; PFENNIG, P.; LEEDER, J; CONNOLLY, R. 1997. The distribution, persistence and effects of petroleum hydrocarbons in mangroves impacted by the “Era” oil spill (September,

1992). Final Phase One report (1996). Report ERAREP/96. Adelaide, South Australia: Office of the Environmental Protection Authority, S.A. Department of Environment and Natural Resources.

WASSERMAN, J. C.; CRAPEZ, M. A.; FILGUEIRAS, C. M.; BISPO, M. G. S. 2002. Efeitos da poluição por óleo em sedimentos da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Rio de Janeiro. IBAMA. Brasília, DF.

WHITE, I.; BAKER, J. 1998. The Sea Empress oil spill in context. *In*: Proceeding of International Conference on the Sea Empress Oil Spill. Pp 11-13.

WILKINSON, D. L.; MOORE, C.; LOPEZ, M.; FIGUEROA, M. 2001. Natural resource damage assessment for a JP-5 fuel spill at Naval Station Roosevelt Roads, Puerto Rico. Pre-Final Report. Norfolk: Atlantic Division, Naval Facilities Engineering Command. 96 pp.

WILLIAMS, R., GERO, S., BEJDER, L., CALAMBOKIDIS, J., KRAUS, S.D., LUSSEAU, D., READ, A., & ROBBINS, J. 2011. Underestimating the damage: interpreting cetacean carcass recoveries in the context of the Deepwater Horizon/BP incident. *Conservation Letters*, (4): 228-233.

WOLFF, W. 1983. Estuarine benthos. *In*: Ketchum B. H. (ed), *Ecosystems on the world. Estuaries and enclosed seas. Elsevier: Amsterdam*, 26: 337-374p.

WURSIG, B.; SMULTEA, M. A. 1991. Bottlenose dolphin reactions to the Mega Borg oil spill. Marine Mammal Research Program. Texas A&M University, Galveston.

YENDER, R.; STANZEL, K.; LLOYD, A. 2008. Impacts and response challenges of the tanker Solar 1 oil spill, Guimaras, Philippines: observations of international advisors. *In*: Proceedings of the 2003 International Oil Spill Conference, Savannah, Georgia, May 4-8, 2008.

YENDER, R.A., MEARNES, A. J. 2003. Case Studies of spills that threaten sea turtles. *In*: Oil and Sea Turtles. NOAA. 116pp.

ZAFONTE, M.; HAMPTON, S. 2005. Lost bird-years: quantifying bird injuries in natural resource damage assessments for oil spill. IOOSC 2005 Proceedings.