



PGR-00392911/2024

**MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL
PROCURADORIA GERAL DA REPÚBLICA
SECRETARIA DE PERÍCIA, PESQUISA E ANÁLISE
Centro Nacional de Perícia**

LAUDO TÉCNICO Nº 1167/2024-ANPMA/CNP

REFERÊNCIA	Inquérito Civil Público nº 1.12.000.000824/2018-41
UNIDADE SOLICITANTE	PR-AP – 4º Ofício (Amapá/L. do Jari/Oiapoque)
AUTORIDADE REQUERENTE	João Pedro Becker Santos
EMENTA	Meio ambiente. Licenciamento ambiental. Energia. Petróleo e gás. Apuração da regularidade do licenciamento ambiental do Ibama relativo à perfuração marítima no Bloco FZA-M-59, localizado na Bacia da Foz do Amazonas, pela empresa Petrobras. Modelagem numérica. Hidrodinâmica. Dados meteoceanográficos. Dinâmica da Margem Equatorial. Macapá/AP. Resposta a quesitos. Análise documental.
TEMÁTICA	Meio ambiente.
GUIA SISTEMA PERICIAL	SP 2029/2024 (urgente para 1/10/2024)
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	Parâmetro para georreferenciamento da Informação Técnica. Lat./Long. dec.: 5.315490° Lat. -50.074166° Long.

1 INTRODUÇÃO

Este documento atende¹ demanda do Procurador da República João Pedro Becker Santos, registrada na Solicitação de Perícia Urgente nº 2029/2024, para resposta a questionamentos específicos, referentes ao licenciamento da atividade de perfuração marítima no Bloco FZA-M-59, localizado na Bacia da Foz do Amazonas. Atualmente, a atividade é de titularidade da Petrobras e o licenciamento está sendo conduzido pelo Ibama.

Na guia foram formulados questionamentos direcionados às áreas de Engenharia Química, Oceanografia e Biologia. Este parecer trata especificamente dos quesitos relativos à Oceanografia. Para subsidiar o atendimento da demanda, foram disponibilizados, por meio do Sistema Pericial, os documentos relacionados no Quadro 1, por ordem cronológica de data de emissão.

Dada a natureza dos questionamentos referentes à Oceanografia, e visando otimizar o atendimento da demanda face à elevada quantidade de documentos disponibilizados, concentrou-se a análise nos documentos relativos às modelagens numéricas

¹ Em conformidade com o Anexo 1 da Portaria nº 83-PGR/MPU, de 16/9/2019 e com a Portaria nº 40-PGR/MPF, de 24/4/2020, art. 61, IV.

e no conteúdo afeito à caracterização meteoceanográfica da área de estudo, bem como nos pareceres técnicos elaborados pelo Ibama. Assim, a metodologia de trabalho para elaboração do presente Laudo Técnico consistiu na análise destes documentos, na literatura técnica pertinente e nas informações levantadas junto ao Dr. Alan Cunha, da Universidade Federal do Amapá (Unifap), por meio de reunião virtual.

Quadro 1
Documentos encaminhados para análise

Documento	Autoria	Data	Nº pág.
Documento intitulado “Projeto Costa Norte – Capítulo 8: modelagem de dispersão de óleo”	ProOceano	2020	139
Informações referenciais e planilhas de Análise Preliminar de Perigos – APP (Anexo II.12-1 do EIA do empreendimento)	Petrobras	Fev/2021	33
Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) da Unidade Marítima de Perfuração	Petrobras	Fev/2021	41
Análise de Riscos Ambientais (seção II.12 do EIA do empreendimento)	Petrobras	Fev/2021	231
Plano de Emergência Individual (Revisão 03)	Petrobras	Fev/2021	560
Atualização do processo de licenciamento após transferência da operação do bloco FZA-M-59 (Revisão 00)	Petrobras	Fev/2021	24
Parecer Técnico nº 222/2022-Coexp/CGMac/Dilic	Ibama	12/09/2022	36
Resposta ao Parecer Técnico nº 222/2022-Coexp/CGMac/Dilic (Revisão 00)	ProOceano	28/09/2022	43
Modelagem de derrame de óleo no mar para o Bloco FZA-M-59, Bacia da Foz do Amazonas (Revisão 00)	Petrobras	Nov/2022	276
Atendimento ao Parecer Técnico nº 222/2022 – Complementação: modelagem de derrame de óleo no mar (Revisão 00)	Petrobras	Nov/2022	9
Parecer Técnico nº 25/2023-Coexp/CGMac/Dilic	Ibama	24/01/2023	4
Parecer Técnico nº 31/2023-Coexp/CGMac/Dilic	Ibama	01/02/2023	31
Parecer Técnico nº 53/2023-Coexp/CGMac/Dilic	Ibama	16/02/2023	9
Resposta ao Parecer Técnico nº 31/2023-COEXP/CGMAC/DILIC (Revisão 00)	Petrobras	Fev/2023	50
Parecer Técnico nº 73/2023-Coexp/CGMac/Dilic	Ibama	07/03/2023	20
Documento intitulado “Atendimento ao Parecer Técnico nº 73/2023” (Revisão 00)	Petrobras	Mar/2023	143
Nota técnica intitulada “Fragilidades e riscos do licenciamento ambiental de atividades de exploração de petróleo e gás na Foz do Amazonas”, assinada por diversas Organizações da Sociedade Civil	81 instituições	12/04/2023	23
Parecer Técnico nº 128/2023-Coexp/CGMac/Dilic	Ibama	20/04/2023	24
Reapresentação de pedido de expedição da licença ambiental para a atividade de perfuração marítima no Bloco FZA-M-59	Petrobras	25/05/2023	26
Documento intitulado “Monitoramento das correntes de superfície da Bacia da Foz do Amazonas com o uso de derivadores”	IEPA	Abr/2024	32
Despacho nº 5460/2024 (PR-AP-00015027/2024)	MPF	29/06/2024	7
TOTAL	-	-	1.761

2 ANÁLISE

Antes de se iniciar a análise dos documentos disponibilizados no Sistema Pericial e a resposta aos quesitos abaixo, vale destacar que a consulta supramencionada ao Dr. Alan Cunha, da Unifap, embasou-se no fato de esta instituição de ensino possuir atualmente uma diversidade de publicações relacionadas às temáticas de recursos hídricos, saneamento ambiental, modelagem de sistemas ambientais, oceanografia costeira, entre outras, as quais a tornam referência na produção e na gestão do conhecimento relativo à área costeira estuarina e oceânica do Amapá. Neste sentido, observa-se que a Unifap dispõe de laboratórios de Fenômenos de Transporte, Hidráulica, Química, Saneamento e Modelagem Ambiental, os quais fornecem instrumentação voltada para a avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água costeira, bem como a caracterização meteoceanográfica e a consequente produção de modelos em rios e estuários, incluindo a área costeira estuarina e oceânica em águas consideradas rasas (até aproximadamente 200 m de profundidade).

Em pesquisa sobre a produção destes laboratórios, observa-se que nos últimos 15 anos foram constantes os estudos que abrangeram a criação de cenários e o levantamento de dados meteoceanográficos para caracterizarem a dinâmica da região da Foz do Amazonas, tendo exemplos de estudos de dispersão de óleo, anormalidades sazonais em padrões hidrodinâmicos e meteorológicos e modificação da morfologia costeira e estuarina (Anexo I e II). Esta constância, expertise regional e a produção técnica específica que se comunica com diversas questões levantadas nos autos do Inquérito Civil Público nº 1.12.000.000824/2018-41, fez com que a Unifap, na representação do Dr. Alan Cunha, fosse consultada para complementar a análise do perito subscritor.

2.1 Resultados preliminares do “MONITORAMENTO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE DA BACIA DA FOZ DO AMAZONAS COM O USO DE DERIVADORES” do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá (IEPA) e da organização não governamental Greenpeace, de abril de 2024.

O presente documento abrange os resultados preliminares de pesquisa realizada pelo IEPA (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá) com apoio do veleiro Witness, do Greenpeace, durante a Expedição Costa Amazônica Viva.

Em resumo, este monitoramento foi desenvolvido pelo acompanhamento de derivadores *Stokes Iridium SBD*, os quais permitiram o monitoramento de correntes de superfície, com comunicação em tempo real e bidirecional. Neste caso, os derivadores levantaram informações espaçotemporais como data e hora e coordenadas (latitude e longitude em graus decimais) de posicionamento do derivador. Do mesmo modo, os derivadores registraram a temperatura superficial da água (em graus Celsius). Todas estas informações foram geoprocessadas em plataforma de acompanhamento específica, pela qual a

equipe de monitoramento produziu os produtos gráficos e resultados disponibilizados no endereço eletrônico da Expedição Costa Amazônica Viva².

Cumprе destacar que o documento disponibilizado para a análise do perito subscritor não apresentou a equipe técnica responsável tanto pelo desenvolvimento do monitoramento deste tópico quanto pela confecção do documento em análise.

Reconhecida a importância da iniciativa, bem como dos resultados preliminares, no âmbito do processo em epígrafe deve-se destacar que nas conclusões o monitoramento indica que:

O trabalho contribuiu para elucidar alguns aspectos do comportamento das correntes superficiais na Bacia da Foz do Amazonas, em especial nas áreas próximas à zona costeira. Dada a alta sensibilidade dos ambientes costeiros (SANTOS et al.; 2016) é importante verificar se há a possibilidade de algum óleo derramado chegar à costa amazônica, seja no Brasil ou em outros países vizinhos. Entretanto, há de se considerar nesse assunto o transporte de óleo e derivados e a atividade de exploração e produção de petróleo em toda a Margem Equatorial as quais apresentam riscos de um possível derramamento afetar as áreas costeiras do sistema de dispersão amazônico.

Esta informação dialoga com o objeto da lide na temática da representatividade dos modelos matemáticos, pois existe uma preocupação voltada para a integração de modelos que representam águas oceânicas rasas com aqueles que representam as águas profundas. Esta questão é rotineiramente discutida nos procedimentos em que atua o MPF, como já foi objeto de abordagem técnica nos Processos nº 1.30.009.000300/2021-57³, nº 1.30.001.002489/2020-10⁴, nº 1.11.000.000586/2021-14⁵, nº 1.17.000.001126/2020-09⁶, entre outros. Todos estes processos demonstraram que a representatividade dos estudos de risco, bem como dos programas de monitoramento dos empreendimentos do Setor de Petróleo e Gás, é garantida por modelagens que assegurem não só uma melhor atuação preventiva no caso de danos oriundos do vazamento, como também minimizem e tornem mais eficiente o uso de recursos.

Por exemplo, na maior parte dos procedimentos citados acima, foram requeridos estudos complementares, porque as referências iniciais e os monitoramentos posteriores demonstraram que eventos meteorológicos afetavam o transporte das águas na região de águas rasas mais que a própria maré astronômica, o que requereu também atenção

2Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/brasil/informe-se/oceanos/costa-amazonica-viva/>>. Acesso em 22 de set. 2024.

3Processo de Licenciamento da atividade de produção FSO Pargo e novo duto de exportação de 8” PPG-1A – FSO Pargo, na Bacia de Campos.

4Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Atividade de Produção do Campo de Bacalhau.

5Avaliação dos impactos socioambientais da atividade de Perfuração Marítima de poços (blocos SEAL M-351, SEAL-M-428, SEAL-M- 430, SEAL-M-501, SEAL-M-503, SEAL-M-573) na área dos Estados de Alagoas e Sergipe.

6Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Atividade de Perfuração Marítima de Poços nos Blocos BM-C-753, BM-C-789, BM-S-536, BM-S-647 e Titã, no Rio de Janeiro/RJ.

para uma circulação hidrodinâmica que considerasse eventos extremos, tais quais os ocasionados por frentes frias.

Assim, instou-se o empreendedor para que desenvolvesse a integração nas simulações afeitas ao processo de licenciamento com modelos já existentes de águas rasas e águas interiores. Isto porque a potencial movimentação de embarcações, bem como os impactos sinérgicos e cumulativos e os eventos extremos, condicionavam uma integração que permitisse extrapolar as modelagens para ver cenários imprevisíveis até então.

Neste caso exemplificado, a importância de se ampliar as simulações já realizadas para abarcar estes eventos imprevistos também relaciona-se à atuação conjunta do empreendedor no âmbito da precaução e prevenção de acidentes na região em questão, pois atende as premissas da Lei Federal nº 9.966/2000⁷ e reforça a estrutura já existente para mitigar impactos decorrentes do Setor de Óleo e Gás na região. Nesta esteira, cumpre destacar que a ampliação de modelagens iniciais também permite que Planos de Área e Planos Regionais se comuniquem na medida em que são consolidadas todas as informações referentes às atividades e operações das diferentes e potenciais estruturas e suas respectivas instalações de apoio. Do mesmo modo, pode subsidiar instrumentos como os Planos de Auxílio Mútuo (PAM) futuros, pois permite desde já a construção de uma base extensa de informações para o seu desenvolvimento.

Dessa forma, vale considerar de forma complementar os resultados do monitoramento realizado pelo IEPA e pelo Greenpeace, pois são acréscimos válidos na concepção de estudos a serem absorvidos em eventual necessidade de complementação ou conferência de dados.

2.2 Discussões sobre a modelagem numérica e caracterização meteoceanográfica no Processo de licenciamento

No processo de licenciamento da perfuração marítima no Bloco FZA-M-59, o objeto deste Laudo Técnico é abordado pelos pareceres do Ibama (Parecer Técnico nº 222-2022, nº 31-2023 e nº 128-2023) e pelas respectivas respostas do empreendedor a essas informações técnicas. Neste contexto, em resumo, o Parecer Técnico nº 222-2022 tece um histórico do acompanhamento do órgão ambiental neste tema específico, fazendo ressalvas quanto à representatividade do modelo numérico, sobretudo no caso de desenvolver uma base hidrodinâmica mais atualizada (já que a referência era 2013) e incluir complementações no modelo inicial, tais quais as levantadas pelo Grupo de Trabalho em Modelagem, do qual faziam parte o Ibama, o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), a Petrobras, entre outras instituições. Algumas considerações deste grupo de trabalho que se comunicam com o ensejo da presente demanda pericial e merecem destaque são:

⁷A Lei Federal nº 9.966/2000 trata nos seus Artigos 5º, 7º e 8º sobre planos de contingência Individual (PEI), de Área (PA), Regional (PR) e Nacional (PNC) a incidentes de poluição por óleo nas águas brasileiras, bem como sobre a obrigatoriedade de dispor dos meios adequados para o combate à poluição.

Que o modelo contemplasse o transporte de óleo até as Bahamas, considerando que o domínio estabelecido para o modelo não inclui as ilhas; resolução da grade; batimetria; e métodos. Inclusão da dinâmica da foz do Amazonas no modelo.

Elaboração de modelos para as áreas costeiras, devido a alta sensibilidade ambiental na região, além das peculiaridades hidrodinâmica na Foz do Rio Amazonas.

Conhecimento do comportamento de deslocamento de óleo vazado na região de vazamentos, seja em superfície, subsuperfície ou fundo.

Representação da hidrodinâmica em toda a coluna d'água e não somente nos primeiros 100 – 200 m. Atenção a Subcorrente Norte do Brasil.

Em seguida, no documento “Atendimento ao Parecer Técnico nº 222/2022, Complementação: Modelagem de Derrame de Óleo no Mar” da Petrobras e no “Resposta ao Parecer Técnico nº 222/2022 – Relatório Técnico de 28 de Setembro de 2022” da empresa Prooceano, foram apresentadas respostas diretas aos apontamentos do parecer do Ibama. Tem destaque o Relatório Técnico da Prooceano, em que são apresentadas estas respostas referentes à “complexidade hidrodinâmica costeira na região da foz do Amazonas” as quais afastam a necessidade de refinamento da modelagem hidrodinâmica nas regiões costeiras e estuarinas do Amapá.

Em 2023, o Ibama, por meio do Parecer Técnico nº 31/2023, analisou as atualizações apresentadas com os resultados das modelagens para o ano de 2022, tecendo considerações sobre a representatividade do modelo de dispersão de óleo e também reforçando a evolução dos novos dados levantados. Cumpre destacar que à época deste parecer, a Base Hidrodinâmica para a Margem Equatorial Brasileira já tinha apresentado resultados parciais e preliminares em documentos técnicos, no entanto o Ibama ainda não tinha feito a análise deste estudo. Neste parecer, alguns cenários demonstraram que a probabilidade de toque na costa aumentaria, como no caso da probabilidade de presença de óleo derivando para Noroeste em direção à Venezuela e às Ilhas Caribenhas. Por essa razão, este parecer também ponderou sobre a consideração de prever, ainda que em um cenário extremo, o toque de óleo no Oiapoque, pois objetos que eventualmente são desprendidos em áreas distais chegam nesta localidade.

Em resposta ao Parecer Técnico nº 31/2023, a Petrobras apresentou complementações e respostas às dúvidas elencadas pelo Ibama. Em sua maioria estas dúvidas se voltavam para os resultados dos modelos de dispersão de óleo, os quais foram descritos e complementados pela Petrobras. Em consequência, o Ibama, no Parecer Técnico nº 128-2023, considerou satisfatórias as respostas da Petrobras, mas reiterou a necessidade de consideração de cenários extremos e imprevisíveis, ainda que no âmbito dos programas ambientais decorrentes.

3 RESPOSTA AOS QUESITOS DE OCEANOGRAFIA

3.1 A metodologia utilizada pela Petrobras para a definição da modelagem de dispersão de óleo do bloco FZA-M-59 é a mais adequada para empreendimentos do gênero, consideradas as peculiaridades da região da Foz do Amazonas?

A metodologia utilizada pela Petrobras é satisfatória, adequada e suficiente para a elaboração dos cenários de dispersão de óleo na região da Foz do Amazonas. Na experiência do perito subscritor, a metodologia apresentada é a que vem sendo empregada na maioria dos estudos voltados para a dispersão do óleo, o que se traduz em uma grande base de estudos de calibração, validação dos resultados, condições de contorno, discretização, eficiência do modelo e limitações.

Neste sentido, quando consultado o Dr. Alan Cunha, da Unifap, sobre as peculiaridades da região da Foz do Amazonas, este destacou que nos últimos anos concentrou pesquisas na região estuarina e oceânica de águas rasas, as quais apresentam eventuais anomalias na hidrodinâmica. Estas modificações são uma soma das alterações observadas nas áreas continentais, como no caso das observadas na conformação, sedimentação e vazão de rios amazônicos, e das variações climáticas, que além de propiciarem eventos extremos, tais quais as secas históricas amazônicas, também contribuem para a criação de cenários imprevisíveis.

Assim, tanto quanto pelo ensejo do Ibama disposto em suas reiteradas preocupações pela representatividade do modelo, e no exposto pelo Dr. Alan Cunha, no entendimento do perito subscritor podem ser desenvolvidas algumas complementações para assegurar não só a validação do modelo hidrodinâmico utilizado, mas também sua representatividade na integração com as águas oceânicas rasas. Isto porque, processos relacionados com eventos extremos na região podem ter perturbado ou modificado uma série de parâmetros utilizados para calibrar ou validar o modelo, haja vista que estas zonas do rio Amazonas (estuário e pluma) são hiperdinâmicas.

A Base Hidrodinâmica para a Margem Equatorial Brasileira é um ganho científico inestimável para a região, e aproveitar seus resultados para expandir cenários em áreas adjacentes permite que diversos outros estudos possam derivar deste refinamento.

3.2 O estudo considerou ou não, de modo satisfatório, as condições meteo-oceanográficas específicas do local, sobretudo quanto às correntes superficiais, aos ventos, às ondas e à pluma de sedimentos do Rio Amazonas?

De forma geral, na análise das referências citadas nos autos, sobretudo nos estudos hidrodinâmicos, observa-se que o estudo considerou de modo satisfatório as condições meteoceanográficas específicas do local, sobretudo quanto às correntes superficiais, aos ventos, às ondas e à pluma de sedimentos do Rio Amazonas. No entanto, não está clara a

informação nos autos de quais seriam as possíveis forçantes acrescentadas ou dados extrapolados para os cenários hidrodinâmicos e dispersivos, por exemplo, quando impostos cenários de mudanças climáticas e seus impactos nas correntes e ondas do rio Amazonas, pluma e zona de sondagem.

De acordo com o Dr. Alan Cunha, da Unifap, esta zona é pouco estudada e possui poucas estações *in loco* (boias, estações de monitoramento de nível e correntes, de superfícies, etc. para alimentar os modelos), em especial na costa estuarina e oceânica do Amapá. Esta questão indica que a metodologia, com o tempo, poderia ser refinada, com novos estudos de campo, de modo a ser possível parametrizar modelos oceânicos (águas profundas) e estuarinos (águas rasas) e integrá-los para avaliar diferentes tipos de respostas hidrodinâmicas e dispersivas (qualidade da água ou dispersão de óleo).

Outrossim, o Dr. Alan Cunha informou que houve nos últimos 10 anos muita evolução científica e tecnológica sobre a hidrodinâmica do estuário (incluindo a pluma do Amazonas). Em contraposição, observa-se que boa parte desta produção não foi considerada, nem mesmo por aproximação ou calibração de modelos, nos estudos desenvolvidos pela Petrobras. Do mesmo modo que não ocorreu nenhum tipo de comunicação ou envolvimento que pudesse buscar entender as peculiaridades locais e a expertise sobre o monitoramento dos padrões desenvolvidos na Foz do Amazonas. Na compreensão do Dr. Alan Cunha, o fato de desconhecerem a literatura internacional produzida por equipes de pesquisadores do Estado do Amapá reforça que deveria existir uma integração entre as equipes da Petrobras com as da Unifap. Isto porque, a desconsideração da produção desta equipe e da produção científica local demonstra desconhecimento sobre a força técnica e científica de pesquisadores do Estado do Amapá, o que pode comprometer a suficiência preditiva do modelo para o caso das mudanças climáticas e seus efeitos na costa do Amapá.

Neste caso, considera-se que é oportuno avaliar a comunicação da Petrobras com a Unifap para uma possível integração de estudos e análises, ou mesmo indicação das peculiaridades locais da hidrodinâmica costeira do Amapá. Esta comunicação pode gerar a cooperação técnica para o refinamento das modelagens ensejado pelas partes do inquérito em epígrafe, bem como proporciona ganhos conjuntos, além do produto científico em si, com potencial fomento da capacidade instrumental e científica para tratar da temática. Ademais, além do alcance de uma maior abrangência, haveria o impulsionamento da capacidade técnica e científica local, o que representaria uma cooperação necessária e oportuna para a pesquisa, desenvolvimento e inovação deste setor no Estado do Amapá.

3.3 Há embasamento científico quanto à afirmação da Petrobras de que a Margem Equatorial possui hidrodinâmica bem definida?

Sim, existe embasamento científico, pois segundo a literatura técnica pertinente, a Margem Equatorial apresenta um padrão hidrodinâmico bem definido,

condicionado por análises de meso e macro escala. Inclusive todas as informações afeitas ao padrão da Corrente Norte do Brasil (intensa e constante ao longo do ano) são reiteradas pela literatura técnica pertinente, ano após ano. No entanto, quando consultado o Dr. Alan Cunha, este informou que apesar de existir um padrão hidrodinâmico, sobretudo associado às forçantes costeiras e oceânicas, existe nos últimos anos uma carência de sistematicidade na obtenção dos dados e da instrumentação afeita que compromete sustentar a rigidez do padrão hidrodinâmico em micro e meso escala.

Isto porque, no que se refere ao estuário amazônico e às águas rasas costeiras, existem poucas estações de monitoramento que possam prover a sistematicidade necessária para elucidar um padrão hidrodinâmico em curto, médio e longo prazo. Quando se extrapola a pesquisa para a de análise parâmetros na zona oceânica, não se observa nenhum estudo sistemático ou programa que possa auxiliar na integração e consequente correlação deste padrão com forçantes costeiras, o que condiciona ao acompanhamento deste padrão por modelagens numéricas e extrapolação espacial e temporal de dados. Dessa forma, segundo o Dr. Alan Cunha, ainda que existam estudos de macroescala que sustentem um padrão ao longo dos anos, acredita-se que o refinamento e o desenvolvimento de estudos de micro e meso escala podem ser necessários, sobretudo em uma condição de eventos climáticos extremos, os quais já demonstram secas histórias recorrentes em rios Amazônicos. Esta carência de séries históricas pode fragilizar o processo de modelagem e simulação de cenários posteriores, o que de certa forma foi reconhecido pela Prooceano, que desenvolveu dentro destas limitações seus estudos e análises. Ademais, em alguns trabalhos voltados para elucidar a dinâmica da Margem Equatorial, sobretudo os mais atuais, a partir de 2020, observam-se apontamentos que demonstram eventos anormais no âmbito deste padrão, os quais, mesmo que isolados, são passíveis de consideração.

Neste caso, reitera-se que é oportuno considerar a comunicação da Petrobras com a Unifap para uma possível integração de estudos e análises, e o possível refinamento das modelagens para o caso das águas oceânicas rasas, caso esta venha a ser requerida.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, considera-se que a metodologia utilizada pela Petrobras para a modelagem de dispersão de óleo do bloco FZA-M-59 é adequada, satisfatória e suficiente para empreendimentos do gênero e é representativa diante das peculiaridades da região da Foz do Amazonas. Sobre isto, acredita-se que a metodologia se voltou para superar a carência de dados sistemáticos, a qual, no âmbito da pesquisa da literatura técnica pertinente e da consulta à Unifap, demonstrou ser um gargalo para estudos desenvolvidos nesta região. Do mesmo modo, o processo voltado para esta produção de dados fomentou iniciativas que subsidiaram a Base Hidrodinâmica para a Margem Equatorial Brasileira e promoveram a possibilidade de calibração e discussão sobre a representatividade dos modelos apresentados.

Ademais, os estudos e os levantamentos de dados afeitos às condições meteoclimatológicas são satisfatórios, sobretudo diante das lacunas de monitoramento e da carência de levantamentos existentes nas águas profundas e, em parte, nas águas oceânicas rasas. Ainda que possam ter sido utilizados, refinados e extrapolados os dados de levantamentos de 2013, 2015 e 2022, acredita-se que estes foram levantados na medida em que foram reforçados os instrumentos e campanhas de caracterização da região. Por exemplo, grande parte destes dados subsidiou e ensejou a Base Hidrodinâmica para a Margem Equatorial Brasileira, um ganho científico inestimável para a região.

Todavia, como observado ao longo da resposta aos quesitos, observa-se que a integração dos estudos desenvolvidos pela Petrobras com os estudos e monitoramentos existentes para as águas oceânicas rasas e estuarinas da costa do Amapá pode aumentar a representatividade tanto das modelagens quanto dos consequentes programas de monitoramento ambiental e dos estudos de risco. Isto porque, são diversos estudos publicados que podem ser aproveitados e considerados no âmbito da documentação disponível nos autos do Inquérito Civil nº 1.12.000.000824/2018-41, os quais se comunicam com a necessidade de assegurar maior representatividade às modelagens desenvolvidas e dos cenários consequentes de dispersão de óleo.

Neste sentido, é válido considerar desenvolver a comunicação entre a Unifap e a Petrobras no que se refere à complementação destes estudos voltados para a caracterização meteoclimatológica da região da Foz do Rio Amazonas, inclusive no âmbito de anormalidades sazonais em suas dinâmicas. Da mesma forma, esta integração possibilita o refinamento ensejado para as águas oceânicas costeiras, para a qual esta instituição acadêmica possui ampla produção de dados e análises, e no que se refere aos eventuais desdobramentos das mudanças climáticas na hidrodinâmica da costa do Amapá. Por fim, esta comunicação proporciona ganhos conjuntos no que se refere à produção técnica regional, angariando recursos humanos e instrumentais, além da própria gestão do conhecimento, nos moldes do processo que originou a Base Hidrodinâmica para a Margem Equatorial Brasileira.

É o Laudo.

Brasília, data da assinatura eletrônica⁸.

[ASSINATURA DIGITAL]

NILTON EURIPEDES DE DEUS FILHO
Analista do MPU/Perito em Oceanografia
Assessoria Nacional de Perícia em Meio Ambiente

⁸ Medida Provisória nº 2.200-2, de 24/8/2001; Portaria PGR/MPF nº 590, de 24/09/2021, art. 49, *caput*.

ANEXO I

Lista de Referências (ABNT)⁹ que demonstram os estudos mais atuais associados aos dados meteoceanográficos e à dinâmica estuarina, costeira e oceânica do Amapá

SOUSA, T. S. ; ARAUJO, E. P. ; CUNHA, A. C. . Water surface variability in oceanic and estuarine coasts of Amapá, Brazil. *AQUATIC SCIENCES*, v. 86, p. 45-18, 2024.

SOUZA, B. L. R. A. ; ARAUJO, E. P. ; ABREU, C. H. M. ; SALIM NETO, J. ; CUNHA, H. F. A. ; CUNHA, A. C. . Pre-dimensioning and Technical, Economic and Environmental Feasibility Analysis of Sub-river outfalls in Macapá and Santana cities, Amapá State, Brazil. *JOURNAL OF COASTAL CONSERVATION*, v. 28, p. 1-16, 2024.

CRIZANTO, J. L. P. ; ABREU, C. H. M. ; SOUSA, E. B. ; CUNHA, A. C. . Modeling the Impacts of Sea Level Rise Scenarios on the Amazon River Estuary. *Hydrology*, v. 11, p. 86, 2024.

DA SILVA, EZEQUIEL BARBOSA ; CRIZANTO, JONATHAN LUZ PIRES ; DE ABREU, CARLOS HENRIQUE MEDEIROS ; DOS SANTOS, ELDO SILVA ; Cunha, Helenilza Ferreira Albuquerque ; BRITO, ALAAN UBAIARA ; DE OLIVEIRA, GILVAN PORTELA ; OLIVEIRA, LEIDIANE LEÃO ; MORTATI, AMANDA FREDERICO ; ANDRÉ, THIAGO ; SCHÖNGART, JOCHEN ; PIEDADE, MARIA TERESA FERNANDEZ ; DA CUNHA, ALAN CAVALCANTI . Experimentation, modelling, and simulation of hydrochory in an Amazonian river. *FRESHWATER BIOLOGY*, v. 68, p. 141-154, 2023.

DEMONER, S. C. ; ABREU, C. H. M. ; TEIXEIRA, M. R. ; CUNHA, A. C. . Numerical simulation of oil spills in the lower Amazon River. *Water*, v. 15, p. 1-18, 2023.

ARAUJO, E. P. ; ABREU, C. H. M. ; CUNHA, H. F. A. ; BRITO, A. U. ; PEREIRA, N. N. ; CUNHA, A. C. . Vulnerability of biological resources to potential oil spills in the Lower Amazon River, Amapá, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, p. 1-20, 2022.

FELIX NETO, J. C. ; SOUZA, L. J. ; ABREU, C. H. M. ; BARBARA, V. F. ; CUNHA, H. F. A. ; Dias, M. T. ; CUNHA, A. C. . Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de rio estuarino amazônico ? Amapá/Brasil. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, v. 12, p. 1-19, 2021.

SANTOS, E. S. ; CUNHA, A. C. . Circulação secundária atípica de meandro fluviomarinho como parâmetro hidrodinâmico em ecossistema aquático amazônico. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, v. 12, p. 1-17, 2021.

CUNHA, A. C.; ABREU, C. H. M. ; CRIZANTO, J. L. P. ; CUNHA, H. F. A. ; Alaán Ubaira Brito ; PEREIRA, N. N. . Modeling pollutant dispersion scenarios in high vessel-traffic areas of the Lower Amazon River. *MARINE POLLUTION BULLETIN*, v. 168, p. 112404, 2021.

⁹ Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em específico NBR 6023:2002.

VALERIO, A. M. ; KAMPEL, M. ; WARD, N. D. ; SAWAKUCHI, H. O. ; CUNHA, A. C. ; RICHKEY, J. E. . CO₂ partial pressure and fluxes in the Amazon River plume using in situ and remote sensing data. CONTINENTAL SHELF RESEARCH, v. 1, p. 104348-104360, 2021.

LESS, D. F. S. ; WARD, N. D. ; RICHKEY, J. E. ; CUNHA, A. C. . Seasonal and Daily Variation of Hydrodynamic Conditions in the Amazon River Mouth: Influence of Discharge and Tide on Flow Velocity. JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, v. 37, p. 1181-1192, 2021.

ABREU, C. H. M. ; BARROS, M. L. C. ; BRITO, D. C. ; TEIXEIRA, M. R. ; CUNHA, A. C. . Hydrodynamic modeling and simulation of water residence time in the Estuary of the Lower Amazon River. Water, v. 12, p. 1/60-30, 2020.

DOS SANTOS, ELDO SILVA ; LOPES, P. P. P. ; NASCIMENTO, O. O. ; PEREIRA, H. H. S. ; COLLIN, R. ; STERNBERG, L. S. L. ; CUNHA, A. C. . The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, v. 624, p. 887-899, 2018.

VALERIO, A. M. ; KAMPEL, M. ; VANTREPOTTE, V. ; WARD, N. D. ; SAWAKUCHI, H. O. ; LESS, D. F. S. ; NEU, V. ; CUNHA, A. C. ; RICHKEY, JEFFREY E. . Using CDOM optical properties for estimating DOC concentrations and pCO in the Lower Amazon River. OPTICS EXPRESS, v. 26, p. A657-A677, 2018.

LESS, DIANI F. S. ; CUNHA, ALAN C. ; SAWAKUCHI, HENRIQUE O. ; NEU, VANIA ; VALÉRIO, ALINE M. ; WARD, NICHOLAS D. ; BRITO, DAIMIO C. ; DINIZ, JOEL E. M. ; GAGNE-MAYNARD, WILLIAM ; ABREU, CARLOS M. ; KAMPEL, MILTON ; KRUSCHE, ALEX V. ; RICHKEY, JEFFREY E. . The role of hydrodynamic and biogeochemistry on CO₂ flux and pCO₂ at the Amazon River mouth. BIOGEOSCIENCES DISCUSSION (ONLINE), v. 1, p. 1-26, 2018.

DA CUNHA, ALAN CAVALCANTI; MUSTIN, KAREN ; DOS SANTOS, ELDO SILVA ; DOS SANTOS, ÉWERTON WÂNDERSON GONÇALVES ; GUEDES, MARCELINO CARNEIRO ; Cunha, Helenilza Ferreira Albuquerque ; ROSMAN, PAULO CESAR COLONNA ; STERNBERG, LEONEL DA SILVEIRA LOBO . Hydrodynamics and seed dispersal in the lower Amazon. FRESHWATER BIOLOGY, v. 62, p. 1721-1729, 2017. Citações:19|17

WARD, NICHOLAS D. ; BIANCHI, THOMAS S. ; SAWAKUCHI, H. O. ; GAGNE-MAYNARD, WILLIAM ; CUNHA, A. C. ; BRITO, DAIMIO C. ; NEU, VANIA ; DE MATOS VALERIO, ALINE ; DA SILVA, RODRIGO ; KRUSCHE, ALEX V. ; RICHKEY, JEFFREY E. ; KEIL, RICHARD G. . The reactivity of plant-derived organic matter and the potential importance of priming effects along the lower Amazon River. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, v. 121, p. 1522-1539, 2016.

ANEXO II

**Publicações em inteiro teor que demonstram estudos atuais sobre a dinâmica estuarina e
costeira do Amapá.
[Arquivo em pasta]**



MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL

Registro de Arquivo Complementar

(Gerado automaticamente pelo sistema)

Expediente:

PGR-00392911/2024 - LAUDO TÉCNICO nº 1167-2024

Complementar - Anexo**IPGR-003929112024.zip**

Este arquivo complementar poderá ser acessado pelo link abaixo:

[AnexoIPGR-003929112024.zip](#)



MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL

Registro de Arquivo Complementar

(Gerado automaticamente pelo sistema)

Expediente:

PGR-00392911/2024 - LAUDO TÉCNICO nº 1167-2024

Complementar - Guia_2029-2024.kml

Este arquivo complementar poderá ser acessado pelo link abaixo:

[Guia_2029-2024.kml](#)