

PCA do Bloco BM-S-40

Fase 1 - mapeamento do fundo marinho (relatório final)

Bacia de Santos

RELATÓRIO TÉCNICO MON000024-11(00)

04 DE MAIO DE 2021

Preparado para:

KAROON Energy

Preparado por:

Paula Vieira Castellões

Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Beatriz Barbosa Machado

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 - Centro
CEP 20.040-009 - Rio de Janeiro - RJ
Tel./Fax + 55 21 2532.5666
www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2021

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 02

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 03

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 04

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 05

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Equipe técnica

Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Registro no Conselho de Classe: 666 AOCEANO

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 210325

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Paula Vieira Castellões

Registro no Conselho de Classe: 29.526/02/05 - CRBio

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 216354

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura:

Tiago Cardoso Miranda

Registro no Conselho de Classe: sem registro

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 637144

Responsável pela(s) Seção(ões): logística de mobilização/desmobilização e de atividades de campo

Beatriz Barbosa Machado

Registro no Conselho de Classe: 84.295/02 – CRBio

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5393333

Responsável pela(s) Seção(ões): atividades de campo e suporte técnico (externo)

Priscilla Barreto Rainha

Registro no Conselho de Classe: 78.830/02 - CRBio

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3241839

Responsável pela(s) Seção(ões): suporte técnico (externo)

Sumário

1. Apresentação	5
2. Introdução.....	5
3. Objetivos	7
4. Metas	8
5. Indicadores.....	8
6. Público-alvo.....	9
7. Metodologia.....	9
7.1. Fase 1 - Mapeamento	9
8. Resultados.....	15
8.1. Batimetria Regional da Bacia de Santos.....	15
8.2. Batimetria de detalhe no Bloco BM-S-40.....	18
8.3. Classificação textural dos sedimentos de fundo na Bacia de Santos	21
8.4. Teor de carbonatos dos sedimentos de fundo na Bacia de Santos	22
8.5. Faciologia dos sedimentos de fundo na Bacia de Santos.....	23
8.6. Análise dos atributos sísmicos do sinal refletido pelo fundo do mar no Bloco BM-S-40.....	25
8.7. Indicação de possíveis habitats bênticos sensíveis no Bloco BM-S-40.....	30
9. Conclusão	38
10. Responsabilidade técnica.....	38
11. Bibliografia	39
12. Anexos.....	42

1. Apresentação

O presente relatório apresenta os resultados finais do projeto de caracterização do fundo submarino regionalmente na Bacia de Santos e mais especificamente no Bloco BM-S-40, a partir de dados batimétricos, sedimentológicos e geofísicos. Apresenta-se inicialmente uma caracterização regional do fundo submarino em toda a Bacia, com base em dados batimétricos e sedimentológicos de domínio público e em seguida foi concentrada a análise morfológica e de atributos sísmicos no Bloco BM-S-40, integrando-se dados adicionais de poucas amostras e imagens de fundo fornecidas pela empresa PROOCEANO.

2. Introdução

O Projeto de Caracterização Ambiental (PCA) proposto pela Karoon Petróleo e Gás Ltda. (“Karooon” ou “Karooon Energy”) para toda a área do Bloco BM-S-40, foi executado no âmbito do licenciamento das atividades de perfuração a serem desenvolvidas na acumulação de Patola (comprovada pela perfuração do poço 4-SPS-91), Bacia de Santos, diante da necessidade de se obter um diagnóstico das condições ambientais locais antes da realização das atividades de perfuração pretendidas. Os dados e análises resultantes funcionarão como uma ferramenta de *background* para avaliar possíveis impactos que possam ocorrer, devido à atividade, desde novembro de 2020 sob operação da Karoon.

A área da atividade localiza-se no Bloco BM-S-40, na Bacia de Santos, na região oceânica denominada Embaiamento de Santos, adjacente aos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Situa-se na borda da plataforma continental e talude superior, entre as isobatimétricas de 190m e 360m de profundidade, apresentando um fundo muito homogêneo, com gradientes suaves com mergulho para SE. Apresentando uma área total de 113,6 km², o bloco se encontra a uma distância mínima da costa de aproximadamente 192 km em relação ao litoral sul de São Paulo, município de Cananéia. A Figura 1 abaixo apresenta a localização do Bloco BM-S-40 e os poços pretendidos posicionados sobre a margem continental brasileira.

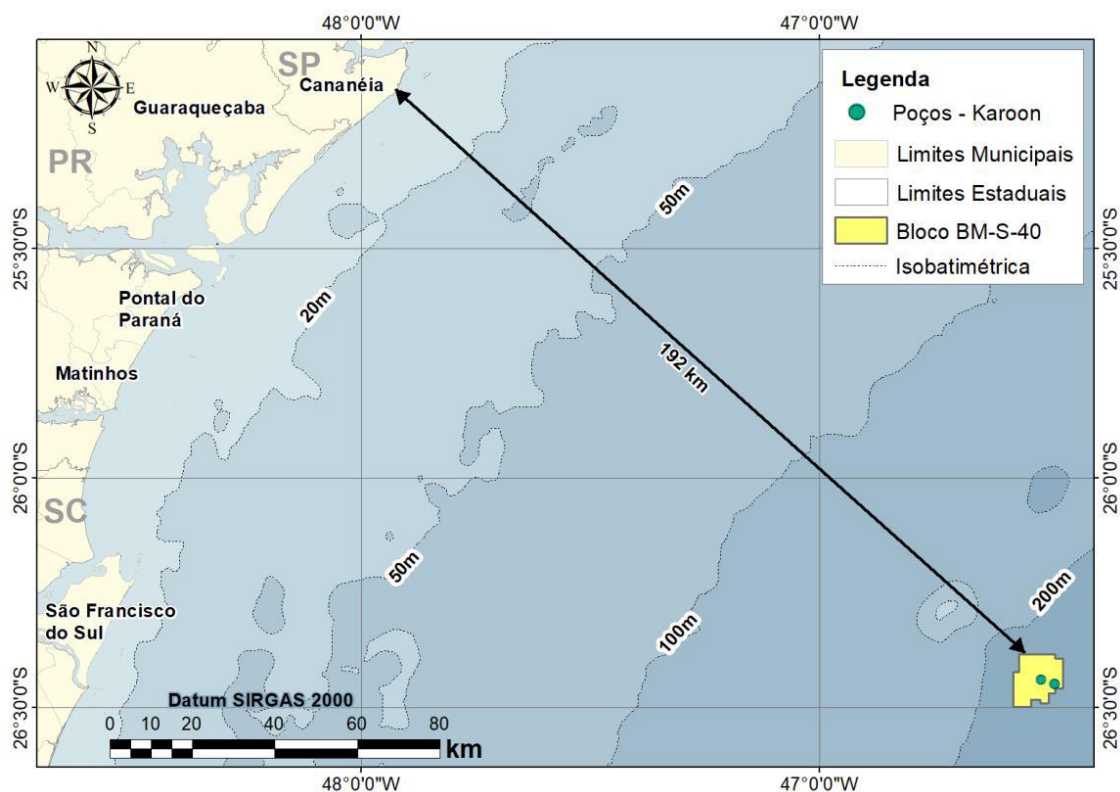


Figura 1: Mapa de localização do Bloco BM-S-40 e poços previstos, demonstrando as batimétricas de 20, 50, 100 e 200 metros de acordo com ANP/CPRM (2013) e malha digital segundo IBGE (2017). Fonte: EKMAN (2020) – PCA da Acumulação de Patola (BM-S-40).

A atividade pretendida relaciona-se a perfuração de 2 poços firmes e 1 contingente, denominados, respectivamente, Patola-A, Patola-B e Contingente, na acumulação de Patola. O poço Contingente se distancia cerca de 20 metros de Patola-A, enquanto este dista cerca de 3km de Patola-B. As coordenadas geográficas e em UTM dos poços são apresentadas na Tabela 1 enquanto sua localização, frente ao Bloco-BM-S-40, seus diferentes reservatórios – Baúna, Piracaba e Patola - e estruturas pré-existentes, é apresentada na Figura 2.

Tabela 1: Localização geográfica dos poços previstos (Datum SIRGAS 2000).

Poço		Projeção Métrica (UTM) -Z23S SIRGAS 2000		Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000	
		X (m)	Y (m)	Longitude (°)	Latitude (°)
Patola B	Firme	348645	7074700	46°31'04,680" W (-46,51797°)	26°26'23,824" S (-26,43995°)
Patola A	Firme	351650	7073784	46°29'16,596" W (-46,48794°)	26°26'54,730" S (-26,44854°)
Contingente	Contingente	351670	7073784	46°29'15,874" W (-46,48774°)	26°26'54,737" S (-26,44854°)

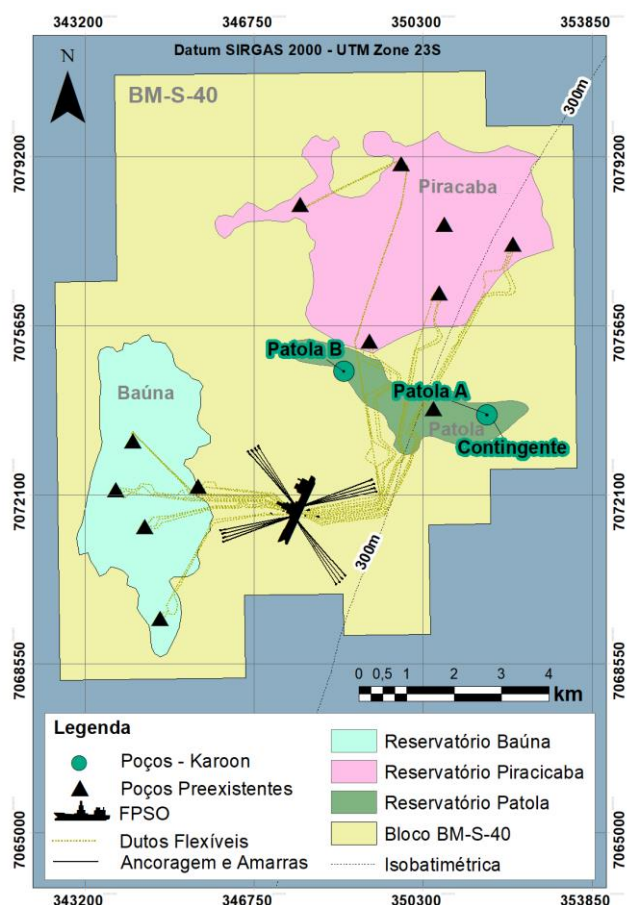


Figura 2: Mapa de localização dos poços previstos frente ao Bloco BM-S-40, seus diferentes reservatórios – Baúna, Piracaba e Patola - e estruturas preexistentes – FPSO Cidade de Itajaí, dutos flexíveis, ancoragem e amarras e poços (produtores, injetores e abandonados). Fonte: EKMAN (2020) – PCA da Acumulação de Patola (BM-S-40).

O presente projeto foi elaborado considerando as demandas da Nota Técnica nº 1/2019/COEXP/CGMAC/DILIC quanto à realização de Projetos de Caracterização Ambiental (PCAs).

3. Objetivos

O objetivo principal deste PCA é diagnosticar as condições ambientais preexistentes à realização da atividade de Exploração e Produção de Petróleo e Gás na região de Patola, assim como possíveis influências do descarte de fluido e cascalho da perfuração, derrame de óleo ou outras substâncias, em toda a área do Bloco BM-S-40, com os seguintes objetivos específicos, numerados de acordo com os esforços envolvidos:

1. Mapear o fundo marinho de todo o Bloco BM-S-40 com o uso de técnica apropriada para identificar a ocorrência de bancos de algas, corais ou outras comunidades relevantes do fundo marinho;
2. Inspecionar as áreas identificadas no mapeamento do fundo marinho com o potencial de ocorrência de comunidades biológicas relevantes com o uso de ROV ou drop câmera

(imageamento), assim como nos pontos previstos para a realização das atividades de coleta e de perfuração;

3. Caracterizar a qualidade da água do mar, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, sendo este último representado pela estrutura das comunidades planctônicas;
4. Caracterizar a qualidade do sedimento, através de parâmetros físicos, químicos, e biológicos, sendo este último representado pela estrutura da comunidade bentônica (meiofauna e macrofauna).

4. Metas

Para alcançar os objetivos do projeto descritos acima, foram estabelecidas as seguintes metas:

- Executar todos os procedimentos de acordo com o PCA aprovado;
- Mapear 100% do fundo marinho do Bloco BM-S-40;
- Realizar o imageamento de fundo marinho em todos os pontos de coleta e eventuais pontos de interesse (identificados na etapa de mapeamento de fundo marinho);
- Executar 100% das amostragens e análises laboratoriais de água do mar e das comunidades planctônicas previstas no PCA;
- Executar 100% das amostragens e análises laboratoriais de sedimento e das comunidades bentônicas previstas no PCA.

5. Indicadores

A verificação do alcance das metas será feita por meio dos seguintes indicadores:

- Número de procedimentos realizados de acordo com o PCA aprovado;
- Percentual do fundo marinho mapeado do Bloco BM-S-40;
- Número de pontos com fundo marinho imageado versus número de ponto previstos (identificados na etapa de mapeamento de fundo marinho);
- Número de amostragens e análises realizadas nos compartimentos água do mar comunidades planctônicas versus número de amostragens e análises laboratoriais previstas nestes compartimentos;
- Número de amostragens e análises laboratoriais realizadas nos compartimentos sedimento e comunidades bentônicas versus número de amostragens e análises laboratoriais previstas nestes compartimentos;

6. Público-alvo

O público de interesse deste Projeto é constituído pela própria Karoon Energy; por ONGs (Organizações Não Governamentais), Secretarias de Meio Ambiente e instituições científicas com interesse na área alvo das atividades; pelo órgão ambiental licenciador, pelos trabalhadores envolvidos na atividade e pela sociedade civil em geral.

7. Metodologia

Este PCA envolve, como atividades principais, o mapeamento da ocorrência de bancos de corais, algas calcárias ou outras formações biogênicas na área do Bloco BM-S-40 como um todo e com foco nos arredores dos poços, e o levantamento de dados primários de parâmetros físico-químicos e biológicos da água do mar e do sedimento em estações de coleta pontuais pré-determinadas. Essas duas atividades compõem duas diferentes fases de execução do PCA:

- **Fase 1 – Mapeamento**
 - mapeamento sedimentológico do fundo marinho na área do Bloco BM-S-40, através de geoprocessamento de dados sísmicos; e
 - determinação de áreas prioritárias com possibilidade de ocorrência de ambientes biogênicos, para caracterização detalhada, objeto da Fase 2 – Verdade de campo.
- **Fase 2 - Verdade de campo**
 - obtenção de imagens para avaliação da cobertura do fundo marinho no entorno das 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40;
 - obtenção de imagens para avaliação da cobertura do fundo marinho nas áreas identificadas como prioritárias na Fase 1 – Mapeamento;
 - realização de perfilagens de CTD e caracterização das massas d'água nas 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40;
 - realização de amostragens de água e biota planctônica nas 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40; e
 - realização de amostragens de sedimento e biota bêntica nas 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40.

O presente relatório refere-se a Fase I do PCA na qual é feita uma primeira avaliação do fundo marinho a partir do mapeamento sedimentológico com a finalidade de detectar áreas com formações biogênicas. A caracterização detalhada das formações biogênicas que forem registradas nesta fase será descrita no Relatório Final Fase 2.

7.1. Fase 1 - Mapeamento

O processamento de dados sísmicos é uma ferramenta versátil na obtenção de informações sobre o fundo marinho, fundamental para mapeamento de áreas contínuas. A amplitude do sinal sísmico refletido pelo fundo submarino depende da densidade das primeiras camadas sedimentares e da densidade da água, uma vez que a energia do sinal refletido em uma interface entre dois meios com densidades distintas depende da impedância acústica entre os dois meios. A impedância acústica é o produto da densidade pela velocidade da onda sísmica no meio, mudanças laterais desse parâmetro podem estar relacionadas às variações sedimentológicas do fundo submarino. Assim sendo é possível caracterizar o tipo de fundo quanto a mudanças na composição dos sedimentos (carbonatos ou siliciclásticos), sua composição granulométrica (lama, areia ou cascalho), e estado de compactação dos sedimentos.

A metodologia proposta para esta Fase 1 foi definida e executada sob a coordenação do Prof. Dr. Cleverton Guizan Silva, do Departamento de Geologia/LAGEMAR, da Universidade Federal Fluminense (UFF), utilizando mapeamentos de dados sísmicos 3D da área do bloco, dados batimétricos (ANEXO II), além de dados de descrição de amostras de sedimento e teores de carbonato das amostras. Esta metodologia consiste no carregamento dos dados geofísicos, interpretação do fundo do mar (*Fullstack+NearTrace*), geração de atributos com as superfícies criadas e correlação com dados de amostras de fundo. As amostras correlacionadas e provenientes de fundos cascalhosos com elevado teor de carbonatos são indicadoras da presença de construções biogênicas e, portanto, representam áreas prioritárias para essa avaliação. Esta fase envolve:

- elaboração de mapas batimétricos e sedimentológicos, regionais e de detalhe, com o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG);
- classificação das anomalias de amplitude do fundo submarino com base em dados sísmicos 3D da área do Bloco BM-S-40;
- análise estatística da distribuição dos dados de atributos sísmicos e correlação com a textura e composição (teor de carbonatos) das amostras de fundo;
- integração dos dados de amplitude sísmica com dados sedimentológicos e batimétricos e elaboração de mapa de fácies; e
- identificação das áreas de possíveis bioconstruções potencialmente com maior sensibilidade ambiental.

A verificação de verdade de campo é um passo necessário ao mapeamento do fundo marinho. Trata-se de um processo de verificação e identificação de detalhes que o mapeamento não é capaz de interpretar, também chamado de reambulação ou verificação de campo (OLIVEIRA, 1993). Consiste na comparação entre o mapeamento e as informações pontuais georreferenciadas obtidas em campo. Segundo SANTOS (2008), é o ato de percorrer determinada porção territorial com o objetivo de coletar, confirmar ou descartar. Fornece informações essenciais e atualizadas a respeito da situação de detalhes de um mapeamento (PASSOS & FRANÇA, 2018), permitindo o preenchimento de atributos do banco de dados (NETO *et al.*, 2014). A Fase 2 consistiu na obtenção de dados, em campo, através de amostragens visuais (imageamento) e amostragens físicas (com

box-corer) e os resultados foram comparados com o mapeamento realizado na Fase 1 e, dentro do possível, preenchido os atributos dos dados georreferenciados desta primeira, envolvendo:

- Imageamento por ROV
 - nas 6 estações previstas para caracterização ambiental da qualidade do sedimento e biota associada, e seus entornos;
 - nas áreas com anomalias possivelmente associadas a ambientes biogênicos (alto-fundos e *pockmarks*); e
- amostragem (box-corer e/ou van-veen) e análise sedimentológica (granulometria e carbonatos)
 - nas 6 estações previstas para caracterização ambiental da qualidade do sedimento e biota associada, e seus entornos.

7.1.1. Batimetria da Bacia de Santos

Para a elaboração do mapa batimétrico regional da Bacia de Santos, foram utilizados 2.328.947 informações de latitude, longitude e profundidade (XYZ) provenientes das folhas de bordo do acervo do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) e da digitalização das cotas de profundidade das cartas náuticas digitais publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), bem como as grades de dados extraídas das superfícies da *The General Bathymetric Chart of the Oceans – GEBCO* (MAYER *et al.*, 2018; WÖLFL *et al.*, 2019; INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION AND INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION, 2020), do Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira - LEPLAC (COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR E MARINHA DO BRASIL, 2020) e de levantamentos multifeixe realizados ao longo da bacia e disponibilizadas, via cooperação internacional, pelo *National Centers for Environmental Information-NCEI* (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2020) (Tabela 2).

Tabela 2: Características dos dados batimétricos utilizados para compor a superfície da Bacia de Santos.

Dado	Instituição	Formato Original	Extração da Profundidade
Folha de Bordo	BNDO	XYZ	Digitalizada Manualmente
Carta Náutica	DHN	Geotiff	Digitalizada Manualmente
Batimetria Multifeixe	NCEI	Geotiff	Extraída pelo centroide da célula
Superfície Batimétrica	GEBCO	Raster	
	LEPLAC	Raster	

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi utilizado para a padronização do datum horizontal e do sistema de coordenadas, sendo convertidos para CGS-SIRGAS 2000. Em seguida os dados batimétricos foram unificados (merge) em um único arquivo vetorial geoespacializado (Shapefile), contendo os valores atribuídos de X, Y e Z. Para gerar a superfície o interpolador do tipo Inverso do Quadrado da Distância, ou IDW (*Inverse Distance Weight*, em inglês), foi utilizado, buscando-se, a partir de testes, o tamanho de célula que melhor se ajustasse à disposição espacial dos dados.

Valores discrepantes como *outliers* e *spikes* foram primeiro removidos a partir da avaliação visual da superfície interpolada gerada e posteriormente a partir da análise espacial dos dados utilizando-se as ferramentas geoestatísticas do SIG.

7.1.2. Sedimentos de fundo da Bacia de Santos

Os dados de sedimentos de fundo são compostos por diversas fontes, sendo elas: o acervo do Banco de Dados Ambientais para a Indústria do Petróleo – BAMPETRO (composto por diversos projetos acadêmicos, de consultoria e do BNDO) e do acervo do Banco de Dados de Caracterização Ambiental (BDCA).

A interpretação faciológica foi elaborada de forma manual, desenhando-se os polígonos referentes a cada fração textural, obtidos a partir de análise granulométrica laboratorial, com base na nuvem de pontos classificadas como Lama, Areia e Cascalho, conforme classificação simplificada de SHEPARD (1954) conforme proposta de FIGUEIREDO *et al.* (2016), e como sedimentos Bioclásticos, Biolitolásticos, Litobioclásticos e Litoclásticos, com base no teor de carbonatos (%), segundo classificação de LARSONNEUR (1977) adaptado por DIAS (1996). Para delimitação espacial das classes texturais e composicionais foi considerada também a morfologia de fundo, verificando-se a relação entre a distribuição sedimentar e a ocorrência de feições morfológicas nas mesmas áreas. Além das amostras com classificação granulométrica feitas a partir de análises em laboratório, foram utilizadas também as descrições visuais qualitativas provenientes do BNDO, conhecidas como “tenças”. Estas descrições são utilizadas para fins de definição de áreas de fundeio para embarcações e constituem um grande número de amostras no acervo do BNDO. As descrições das tenças foram convertidas para parâmetros texturais e composicionais adotando-se uma simplificação dos critérios definidos por DIAS E MEDEIROS (2005), adotando-se as frações granulométricas Lama, Areia ou Cascalho, bem como sua natureza litológica (Litoclástica) ou biológica (Bioclástica) (Figura 3).

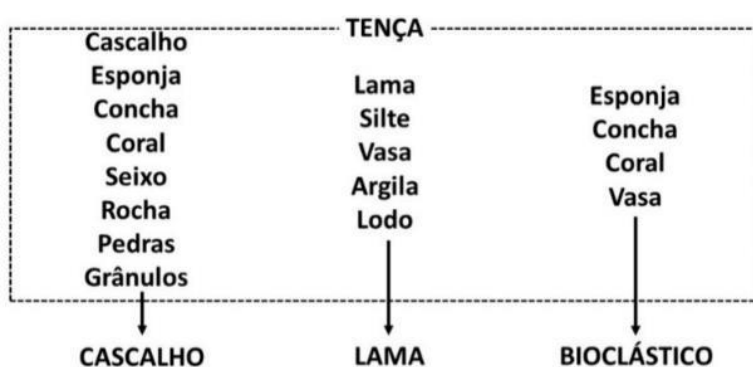


Figura 3: Conversão das avaliações qualitativas do sedimento (tenças) nas classes granulométricas de Shepard (1954) e de carbonatos de Larsonneur (1977) adaptado por Dias (1996) consideradas neste trabalho. Esta conversão permitiu a utilização de todos os parâmetros no mapeamento das fácies sedimentares da margem equatorial.

Dessa forma, todos os dados de sedimentos (qualitativos e quantitativos) puderam ser considerados na composição dos mapas de fácies texturais e composicionais, semelhantemente ao que foi inicialmente proposto por DIAS E MEDEIROS (2005). Ao todo foram utilizados 12.542 pontos amostrais de sedimentos de fundo em toda a Bacia de Santos (Figura 4). Adicionalmente foram

incluídas informações sobre a granulometria e teor de carbonatos de amostras de sedimentos de fundo coletados sistematicamente em 8 estações na porção sul do Bloco BM-S-40 entre 2012 e 2019, como parte do Programa de Monitoramento Ambiental das atividades de O&G desenvolvidas no bloco, além da atual campanha referente ao Projeto de Caracterização Ambiental (PCA) com mais 6 estações no bloco. A lista completa de amostras coletadas no Bloco BM-S-40 é apresentada no ANEXO I.

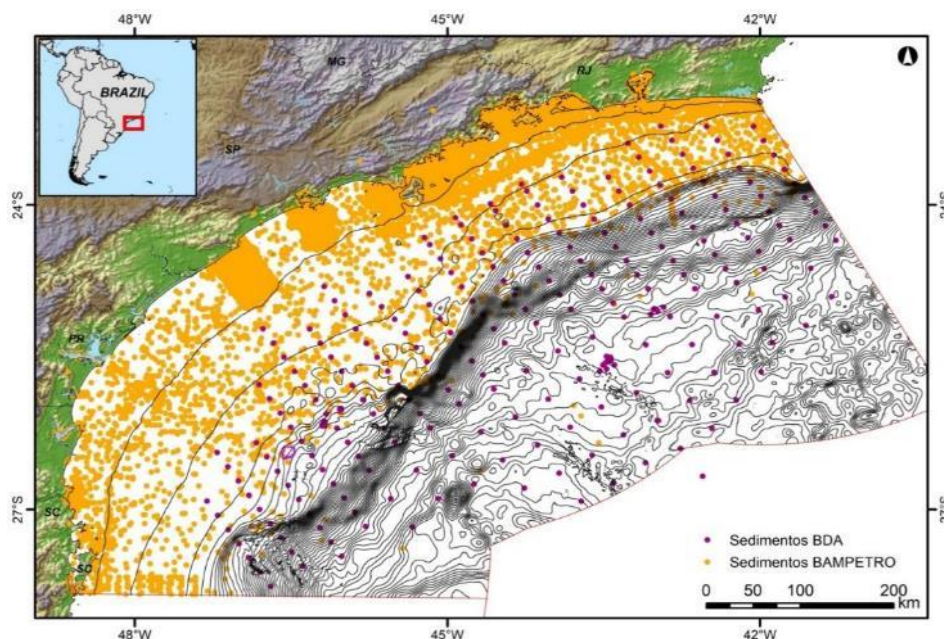


Figura 4: Distribuição das amostras de sedimentos de fundo utilizadas para a elaboração do mapa faciológico. Em laranja amostras do Banco Nacional de dados Oceanográficos (BNDO) e do Banco de Dados Ambientais da Indústria do Petróleo (BAMPETRO) e em roxo as amostras do Banco de Dados Ambientais (BDA).

7.1.3. Batimetria e atributos sísmicos na área do Bloco

A caracterização batimétrica e de atributos sísmicos na área do Bloco BM-S-40 foi feita com base nos dados disponibilizados pela empresa Karoon, extraídos do levantamento sísmico 3D. A caracterização geomorfológica foi realizada com base na batimetria extraída a partir do horizonte interpretado do fundo do mar, compondo uma malha com 1.434.593 pontos com espaçamento de célula de 20m. Os valores de profundidade originalmente fornecidos em tempo (segundos) foram convertidos para profundidade, considerando-se a velocidade do som na água do mar de 1.500ms^{-1} . Os dados foram posteriormente integrados ao SIG, considerando-se o sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000, 23S. Também foram fornecidos pela Karoon as malhas com os valores dos atributos sísmicos de amplitude, fase, frequência instantânea, intensidade de reflexão e variância, igualmente extraídos do fundo do mar. Estes dados foram igualmente convertidos para o mesmo sistema de coordenadas adotado e apresentam o mesmo número de pontos e espaçamento de célula de 20m, indicados acima para a batimetria.

7.1.4. Classificação Ternária de Shepard (Lama, Areia e Cascalho)

A classificação textural dos sedimentos foi elaborada com base na distribuição granulométrica em Areia, Silte e Argila, proposta por SHEPARD (1954), resumindo as diferentes classes de tamanho de grão em Areia, Lama e Cascalho (FIGUEIREDO *et al.*, 2016) (Figura 5). A simplificação em apenas três classes texturais, ajuda na interpretação dos depósitos de sedimentos, principalmente quando possuem diversas fontes e naturezas distintas de aquisição e processamento (FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

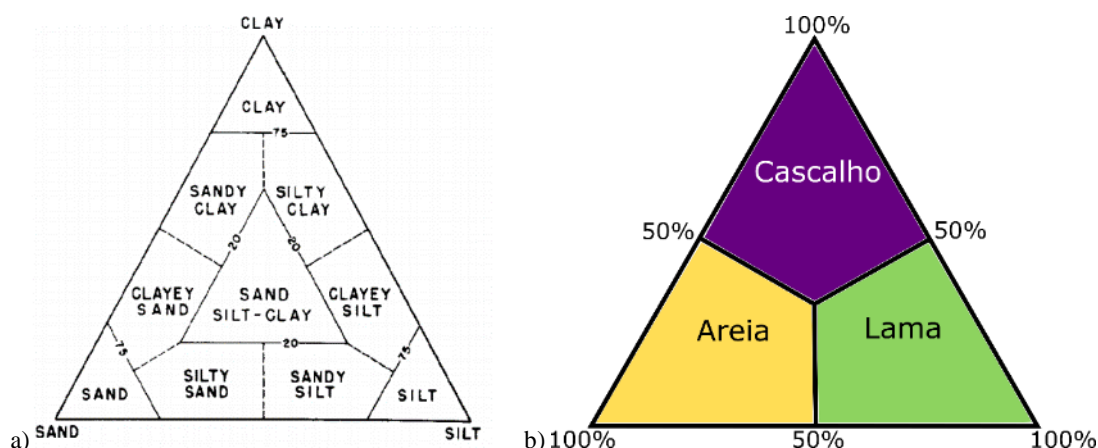


Figura 5: a) Triângulo de classificação granulométrica (areia, silte e argila) de Shepard (1954); b) Classificação simplificada utilizada (areia, lama e cascalho), proposta por Figueiredo *et al.* (2016).

7.1.5. Teor de carbonato de cálcio nos sedimentos

A classificação do teor de carbonatos presente nos sedimentos segue a proposta de LARSONNEUR (1977) adaptada por DIAS (1996), que divide as classes carbonáticas em quatro grandes grupos: sedimentos Bioclásticos (teor de carbonados > 70%), Biolitoclásticos (teor de carbonatos entre 50 e 70%), Litobioclásticos (teor de carbonatos entre 30 e 50%) e Litoclásticos (teor de carbonatos inferior a 30%) (Figura 6), em alinhamento com diversos trabalhos realizados na margem brasileira (DIAS E MEDEIROS, 2005; VITAL *et al.*, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2016). A simplificação dos depósitos carbonáticos em quatro classes auxilia na comparação de dados de diversas fontes (DIAS E MEDEIROS, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

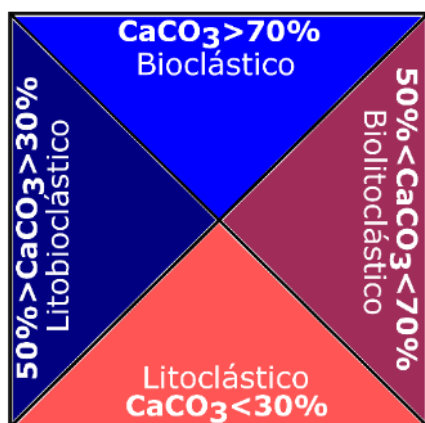


Figura 6: Diagrama de classificação dos carbonatos em quatro classes principais (Bioclástico, Biolitoclástico, Litobioclástico e Litoclástico) de Larssonneur (1977) adaptado por Dias (1996), conforme metodologia proposta por Figueiredo *et al.*, (2016).

8. Resultados

A análise dos dados batimétricos e de atributos sísmicos indicou a ocorrência de pequenas depressões circulares, que se concentram na porção SE do bloco, entre profundidades de 265m a 365m. Estas depressões são semelhantes às feições descritas por MAHIQUES *et al.* (2017) em área contígua ao Bloco BM-S-40, na Bacia de Santos e de acordo com SUMIDA *et al.* (2004), observa-se nestas regiões a presença de corais de águas profundas, constituindo áreas ambientalmente sensíveis. Desta forma, o presente relatório chama a atenção para estas depressões, com a intenção de contribuir para a escolha de áreas para coleta de novas amostras e imagens de fundo nas próximas campanhas oceanográficas a serem conduzidas na área.

De acordo com CHANG *et al.* (2008) a halocinese na Bacia de Santos produz falhas nas camadas sobrejacentes, do pós-sal, favorecendo o possível escape ou exsudação de fluidos (gás, majoritariamente) a partir desse sistema de falhas rasas que podem atingir até o leito marinho. O escape de gás (biogênico ou termogênico) pode atuar como principal mecanismo para o aparecimento de vulcões de lama e depressões circulares, que são denominados de pockmarks (HOVLAND & JUDD, 1988). Os pockmarks com exsudações ativas, por sua vez, atraem organismos que sintetizam o gás metano exsudado, estruturando localmente a base da cadeia trófica marinha e, consequentemente, resultando em um considerável aumento de biomassa e diversidade biológica nesses ambientes (HOVLAND & JUDD, 1988; SÁNCHEZ *et al.*, 2020). Outros importantes habitats bentônicos, como bancos de corais de águas frias, podem ocorrer nas profundidades maiores do que 200m (THURBER *et al.*, 2014). A ocorrência comprovada de corais de águas frias na Bacia de Santos eleva a importância da investigação do fundo marinho, principalmente no que diz respeito à mitigação de impactos relacionados às atividades de óleo e gás (BARBOSA *et al.*, 2020). Os habitats bentônicos de águas profundas são sensíveis a distúrbios ambientais causados pelas atividades de exploração e produção petrolífera, seja por impactos físicos ou químicos, como o despejo de cascalhos de perfuração (ALMADA & BERNARDINO, 2017). O conhecimento dos habitats bentônicos associados a pockmarks ou a corais de águas profundas no sul/sudeste do Brasil ainda é restrito, sendo poucos os trabalhos sobre esses ambientes (SUMIDA *et al.*, 2004; MAHIQUES *et al.*, 2017; BERTON & VESELY, 2018; KETZER *et al.*, 2019; RAMOS *et al.*, 2019; BARBOSA *et al.*, 2020). Contudo em operação recente na área para inspeção do fundo submarino com R.O.V. não foram identificadas nenhuma construção recifal ou corais de águas profundas nos *pockmarks* presentes no bloco BM-S-40.

8.1. Batimetria Regional da Bacia de Santos

A área de abrangência do projeto na Bacia de Santos estende-se desde a linha de costa, até profundidades de 3.104m (Figura8), incluindo toda a plataforma e talude continentais e parte do Platô de São Paulo. A largura da plataforma continental aumenta em direção a sul, apresentando uma maior variabilidade morfológica na plataforma externa e média, como altos fundos e vales, principalmente a partir da profundidade de 100m. Estas irregularidades já haviam sido descritas na

plataforma continental entre Cabo Frio e Ilha de São Sebastião no trabalho detalhado de REIS *et al.* (2013). Os autores identificaram escarpas paralelas aos contornos batimétricos nas profundidades de 100m, 130m e 150m (Figura8), conforme também se verifica no mapa batimétrico gerado neste projeto (Figura7). Segundo os autores, a escarpa localizada em 130m de profundidade corresponde à posição do nível do mar durante o último máximo glacial há cerca de 18.000 anos A.P. A morfologia irregular entre as escarpas de 100 e 150 m corresponde, também segundo REIS *et al.* (2013), à ação erosiva da Corrente do Brasil, durante a subida do nível de mar após o máximo glacial. Nesta região (entre 100 e 150 m de profundidade, ocorrem ainda bioconstruções carbonáticas, identificadas em perfis de sísmica de alta resolução pelos mesmos autores (Figura 9) que foram também confirmadas previamente nos trabalhos anteriores de (MILLIMAN, 1978 e FIGUEIREDO & TESSLER, 2004). A ação da corrente do Brasil seria também responsável por modelar as reentrâncias observadas no talude superior, conforme atesta o trabalho de NAGAI *et al.* (2010) e também o modelo conceitual proposto por MAHIQUES *et al.* (2007). O Bloco BM-S-40 situa-se em uma destas reentrâncias batimétricas do talude superior, entre as profundidades de 190m e 360m. O talude continental é cortado por cânions e sua morfologia é bastante variável em toda sua extensão, sendo mais suavizada ao norte de Ilhabela e mais irregular em direção a Florianópolis. A morfologia irregular do Platô de São Paulo, reflete a deformação associada à tectônica halocinética.

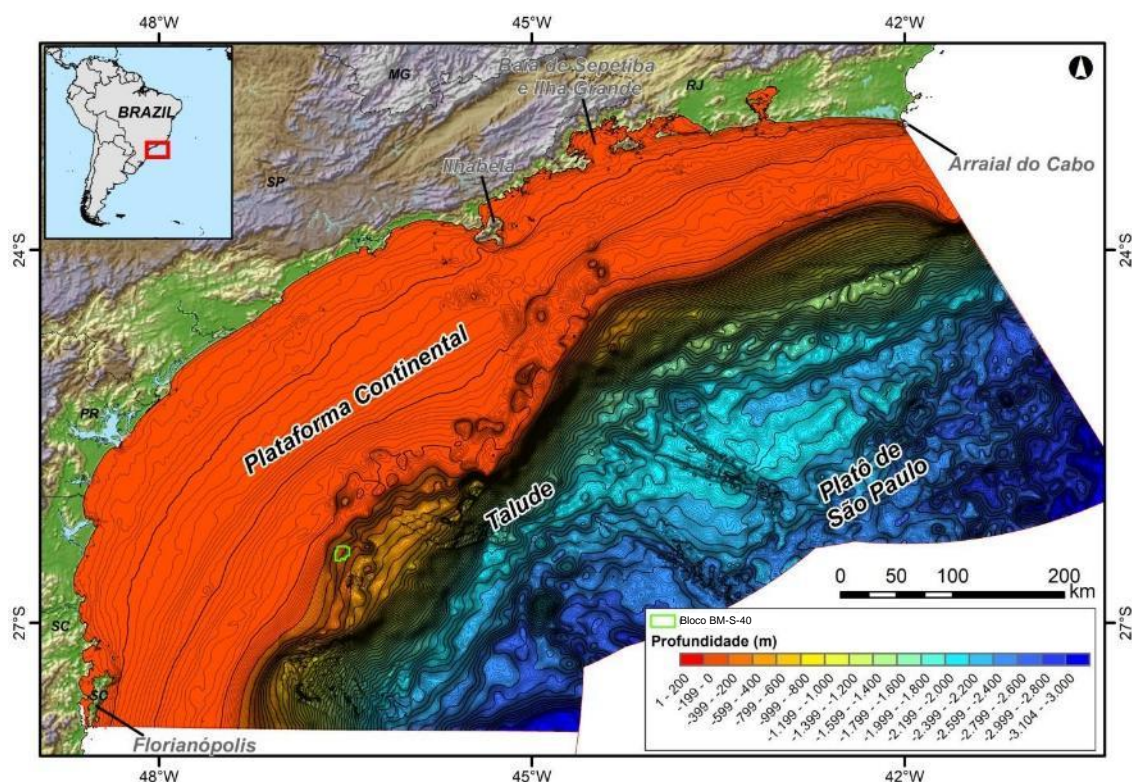


Figura 7: Morfologia da Baía de Santos. Localização do Bloco BM-S-40 em verde. O espaçamento entre as isóbatas é de 5 metros com destaque em linhas mais grossas para as isobatimétricas a cada 50 metros.

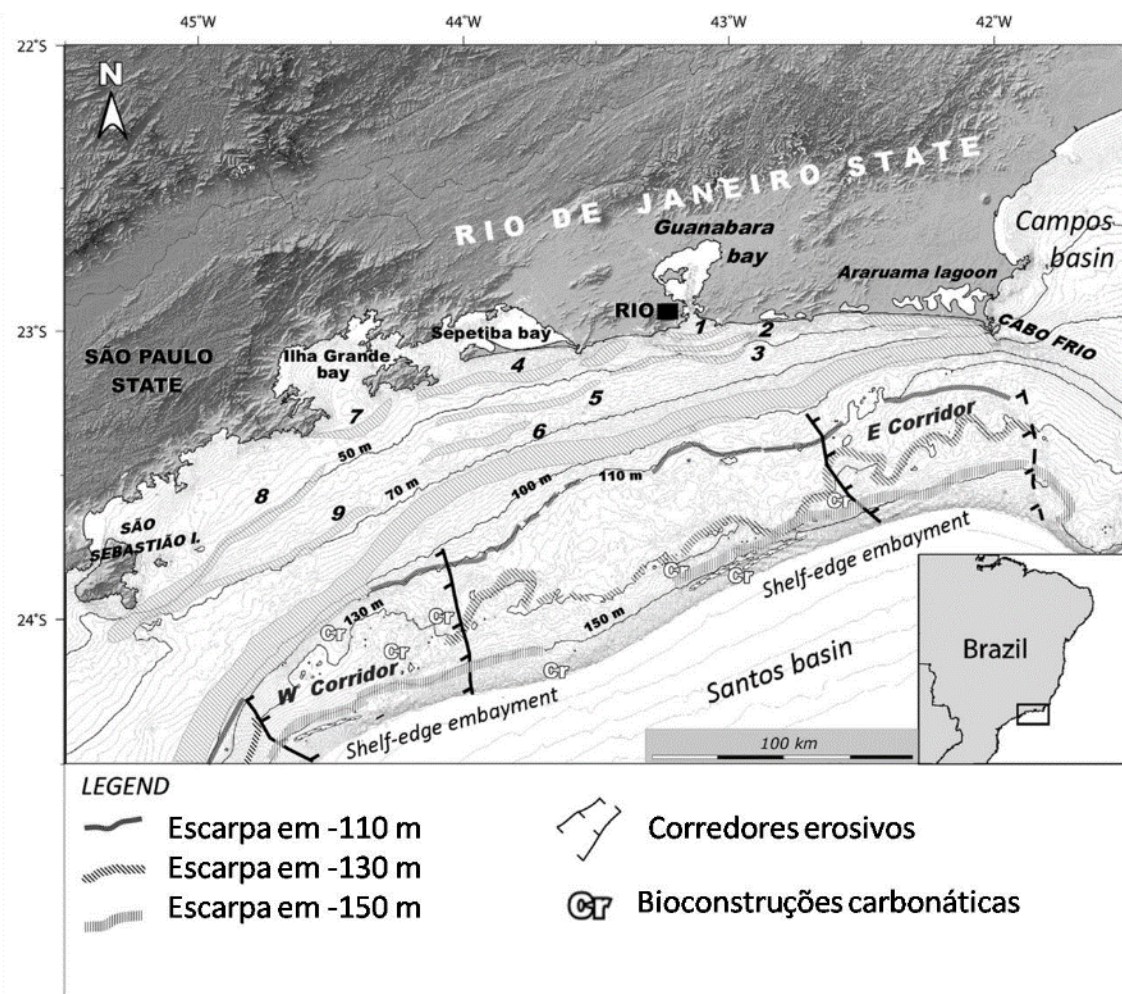


Figura 8: Mapa geomorfológico do fundo submarino da plataforma continental da Baía de Santos a leste da Ilha de São Sebastião, modificado de REIS *et al.* (2013). As principais escarpas situadas a 110m, 130m e 150m de profundidade estão representadas e seu significado é discutido no texto. Indica-se também na figura a localização das principais ocorrências de bioconstruções carbonáticas situadas entre as isóbatas de 110m e 150m.

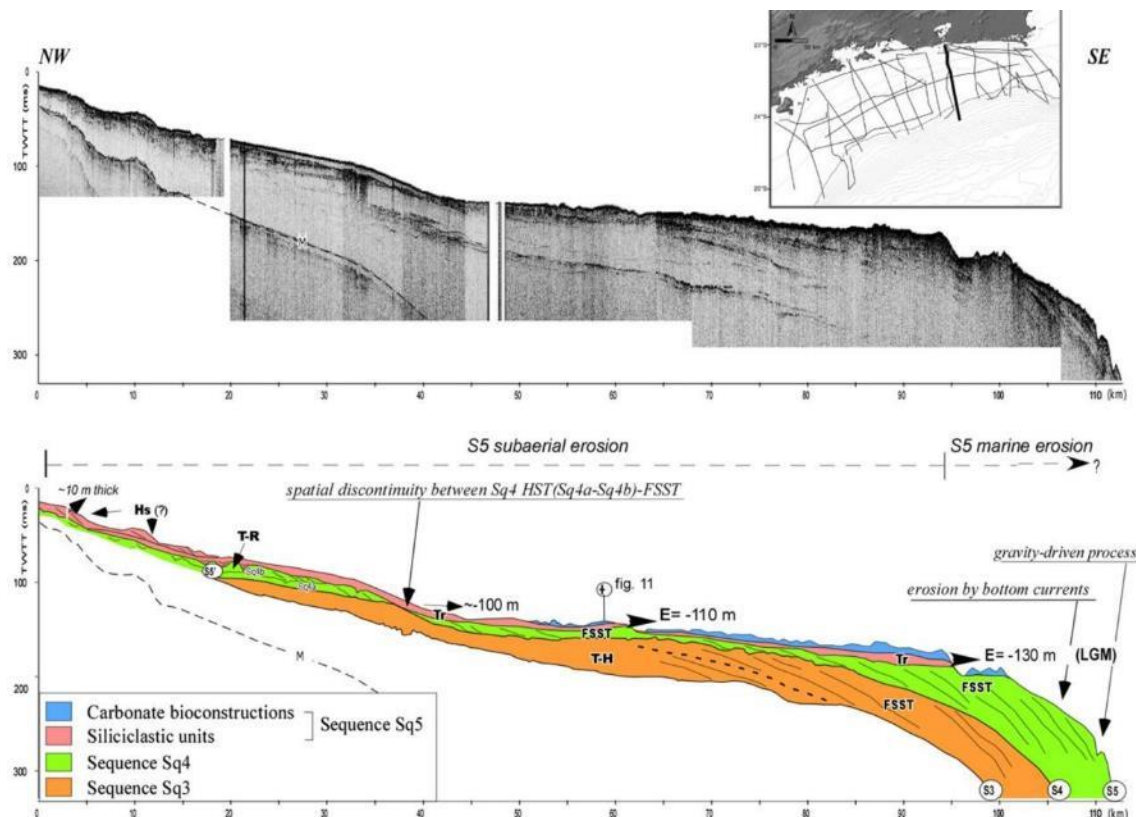


Figura 9: Perfil de sísmica de alta resolução (Chirp – frequência 0.5 a 5 kHz) (painel superior) com interpretação das principais unidades siliciclásticas (laranja, verde e rosa) e carbonáticas (azul) interpretadas (painel inferior). Notar o fundo irregular associado às construções carbonáticas em profundidades superiores a 100 m (REIS *et al.*, 2013).

8.2. Batimetria de detalhe no Bloco BM-S-40

Os dados batimétricos extraídos após mapeamento do horizonte do fundo do mar nos dados de sísmica multicanal 3D mostram uma morfologia local homogênea, com orientação das isobatimétricas de NE para SW, mergulhando para SE, com gradientes suaves em torno de 0,4° (Figura 10). Anomalias morfológicas de pequena dimensão, na forma de altos e depressões circulares foram identificadas a NW (altos) e SE (depressões) respectivamente (Figura 11). As depressões ocorrem em profundidades superiores a 260 m e têm diâmetros variando entre 100m e 300m e relevo relativo, entre o fundo e borda, inferiores a 2,5 m. Os altos batimétricos têm diâmetros de 200m a 800m e alturas relativas em torno de 0,5m a 5m. A SW da área, já fora do Bloco BM-S-40, ocorre uma feição circular, com 3700m de diâmetro, com um alto batimétrico contornado por uma depressão, mostrando relevo relativo de 26m. Acredita-se que esta feição possa estar condicionada à presença de um diápiro de sal em subsuperfície (Figura 11). A Tabela 3 relaciona a localização e dimensões de cada uma das feições numeradas na Figura 11.

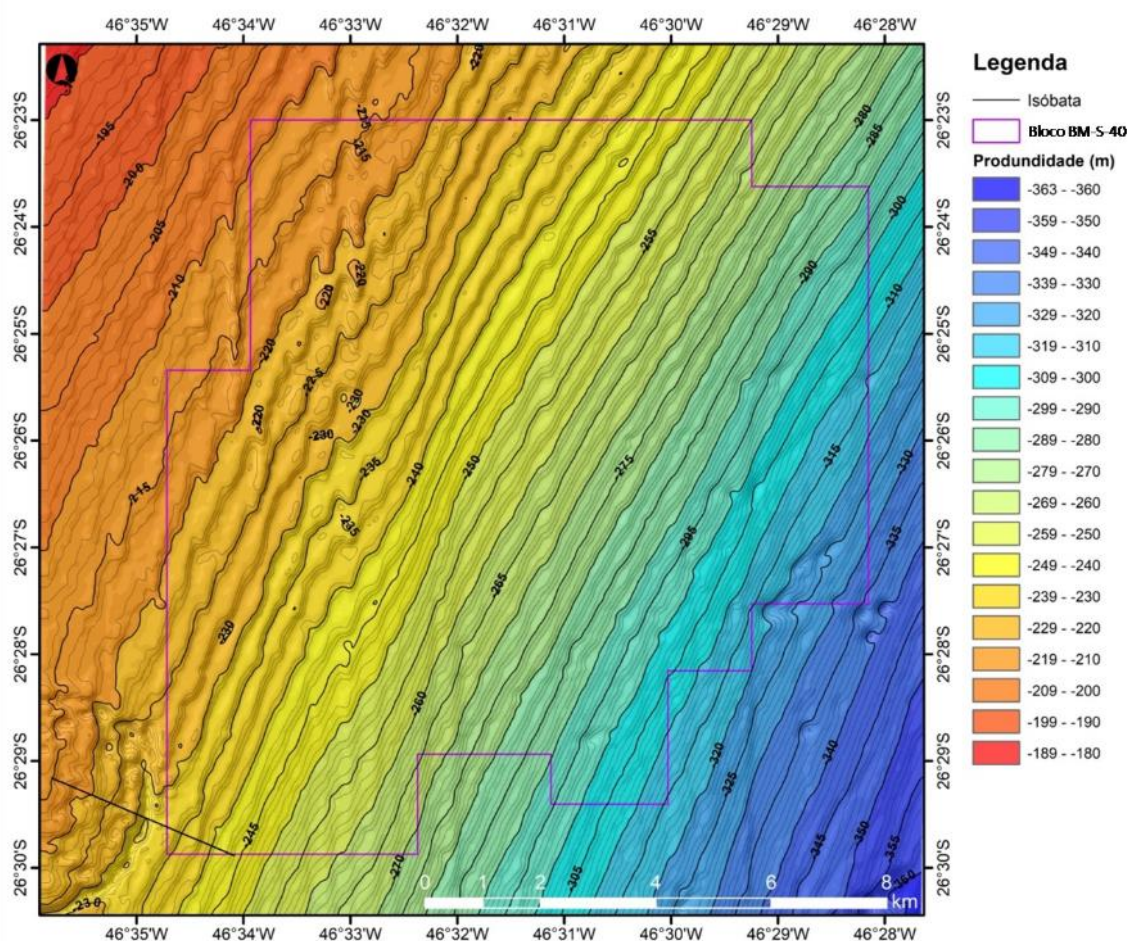


Figura 10: Mapa batimétrico detalhado na área do Bloco BM-S-40.

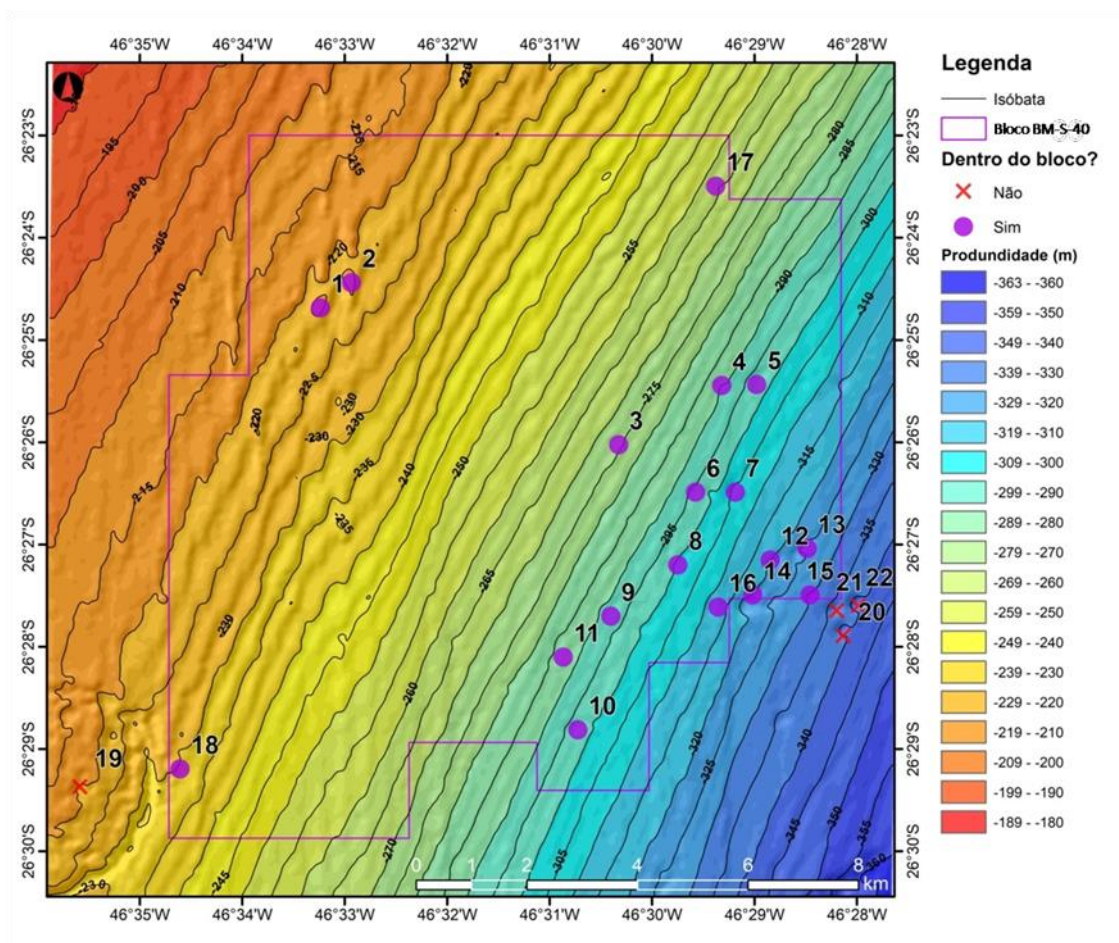


Figura 11: Principais feições morfológicas identificadas na área dentro e nas proximidades do Bloco BM-S-40. As dimensões e localização das feições numeradas na figura estão indicadas na Tabela 2.

Tabela 3: Localização e dimensões das feições indicadas na Figura 7. Os *pockmarks* se referem às depressões descritas no texto. Datum: SIRGAS 2000, zona 23S.

#	tipo	X	Y	bloco BM-S-40	profundidade (m)	relevo (m)	diâmetro (m)
1	Alto Fundo	345020,4	7077816	Sim	-219,706	3,5	800
2	Alto Fundo	345519,6	7078277	Sim	-219,08	5	600
3	Pockmark	349890,5	7075404	Sim	-274,539	0,2	100
4	Pockmark	351549,3	7076491	Sim	-290,079	0,6	250
5	Pockmark	352116,7	7076516	Sim	-298,2	1	200
6	Pockmark	351145,9	7074560	Sim	-296,677	1	300
7	Pockmark	351792,3	7074568	Sim	-305,752	0,7	250
8	Pockmark	350877,4	7073243	Sim	-300,871	2	300
9	Pockmark	349800,6	7072303	Sim	-292,658	0,5	150
10	Pockmark	349288,8	7070247	Sim	-298,283	1,5	100
11	Pockmark	349037	7071558	Sim	-287,229	1,8	150
12	Pockmark	352374	7073348	Sim	-319,919	2	250
13	Pockmark	352970,6	7073565	Sim	-325,6	1,5	300

#	tipo	X	Y	bloco BM-S-40	profundidade (m)	relevo (m)	diâmetro (m)
14	Pockmark	352097,5	7072715	Sim	-321,206	1	100
15	Pockmark	353027,5	7072725	Sim	-330,662	0,9	100
16	Pockmark	351536,3	7072488	Sim	-312,479	1	200
17	Pockmark	351410,4	7080089	Sim	-263,969	0,2	100
18	Alto Fundo	342846	7069461	Sim	-231,355	0,5	200
19	Diápiro?	341221,5	7069122	Não	-220,211	26	3700
20	Pockmark	353572,8	7071998	Não	-340,188	2	200
21	Pockmark	353465	7072450	Não	-337,983	1,5	100
22	Pockmark	353810,8	7072541	Não	-341,786	2,5	200

8.3. Classificação textural dos sedimentos de fundo na Bacia de Santos

O mapa de classificação textural dos sedimentos de fundo na Bacia de Santos, para as classes de lama, areia e cascalho, utilizando-se a classificação de Shepard simplificada, é apresentado na Figura 12. Verifica-se a predominância de areias na plataforma interna, de cascalho na plataforma externa, principalmente no setor entre Cabo Frio e Ilha de São Sebastião, e o predomínio de lama no talude continental e Platô de São Paulo (Figura 12). Na Figura 13 podemos observar, em detalhe, a localização do bloco BM-S-40 frente a estes resultados de granulometria da Bacia de Santos.

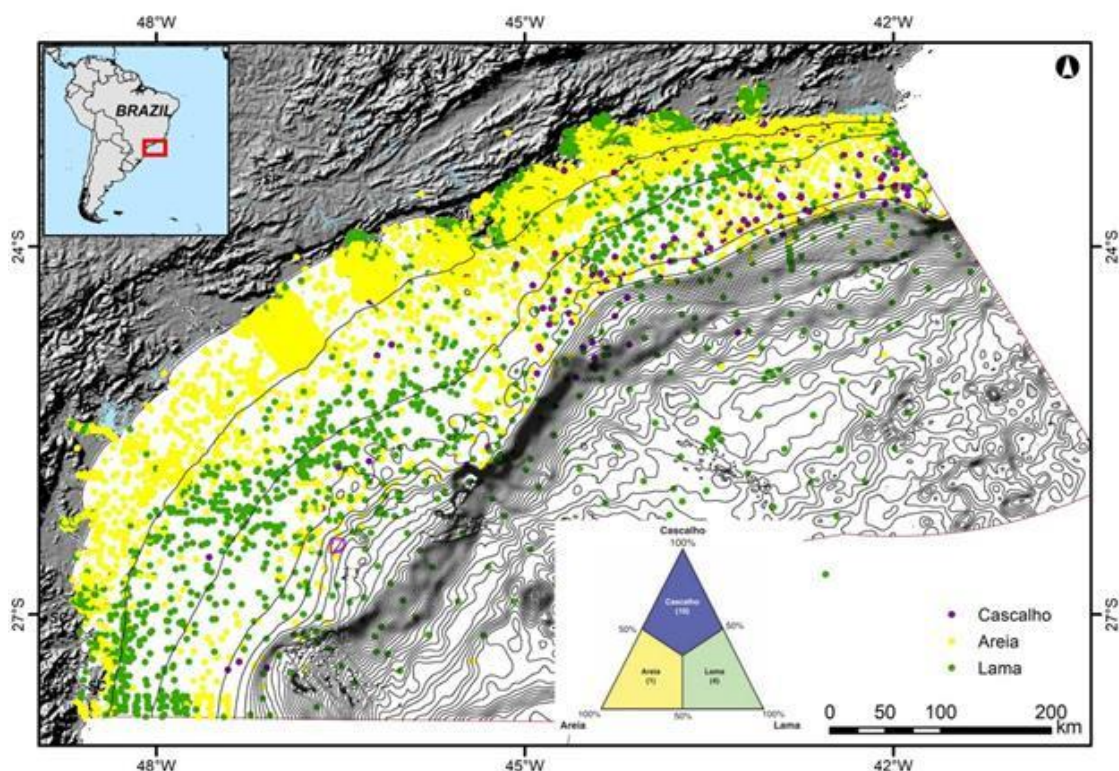


Figura 12: Mapa de classificação textural dos sedimentos de fundo, nas classes de cascalho, areia e lama na Bacia de Santos.

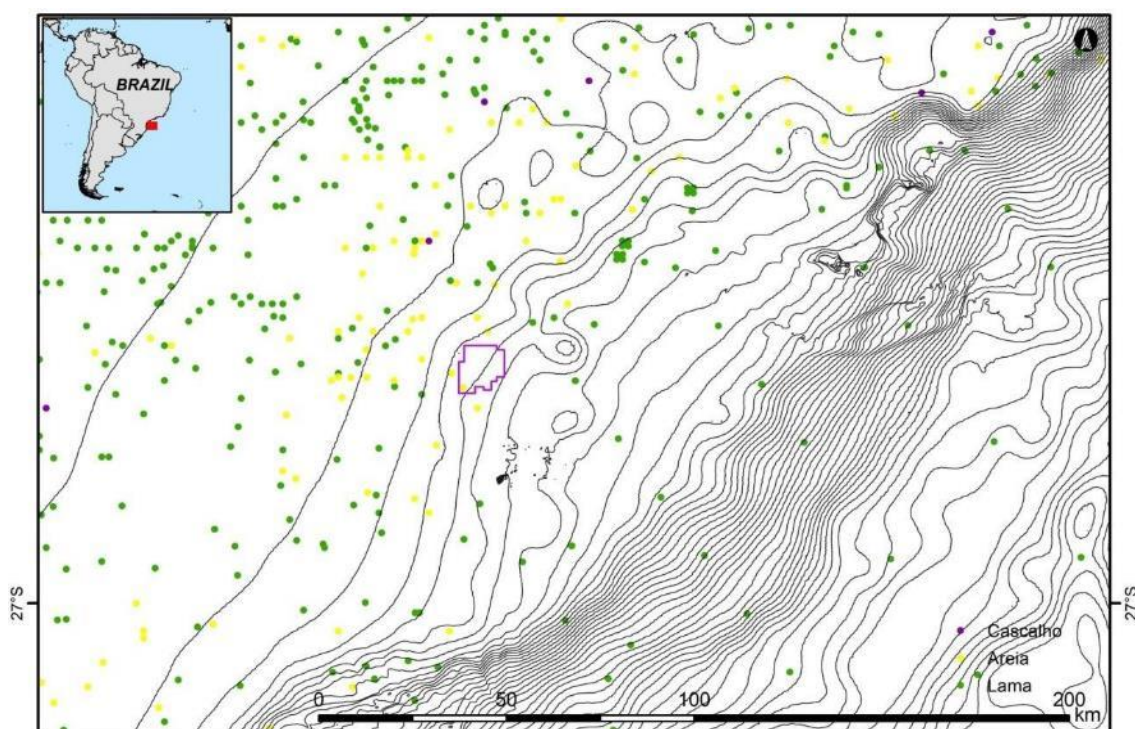


Figura 13: Detalhe do mapa de classificação textural dos sedimentos de fundo com a localização do Bloco BM-S-40.

8.4. Teor de carbonatos dos sedimentos de fundo na Bacia de Santos

O mapa de teor de carbonatos nos sedimentos de fundo, utilizando-se a classificação de LARSONNEUR (1977) adaptada por DIAS (1996), é apresentado na Figura 4. Observa-se regionalmente no setor da margem entre Cabo Frio e Ilha de São Sebastião, o predomínio de sedimentos litoclásticos (<30% de CaCO_3) na plataforma interna (<50m) e de sedimentos bioclásticos (>70% CaCO_3) na plataforma externa (>100m). Já no setor da margem a oeste da Ilha de São Sebastião, há o predomínio de sedimentos litoclásticos em toda plataforma interna e média (até 100m) e de sedimentos biolitoclásticos e bioclásticos na plataforma externa (>100m) (Figura 14). Ou seja, há um considerável decréscimo no teor de carbonatos nos sedimentos de fundo na plataforma continental no setor oeste da Bacia de Santos. No talude continental e no Platô de São Paulo predominam sedimentos litoclásticos, com ocorrências localizadas de bioclásticos e litobioclásticos no setor leste do Platô de São Paulo.

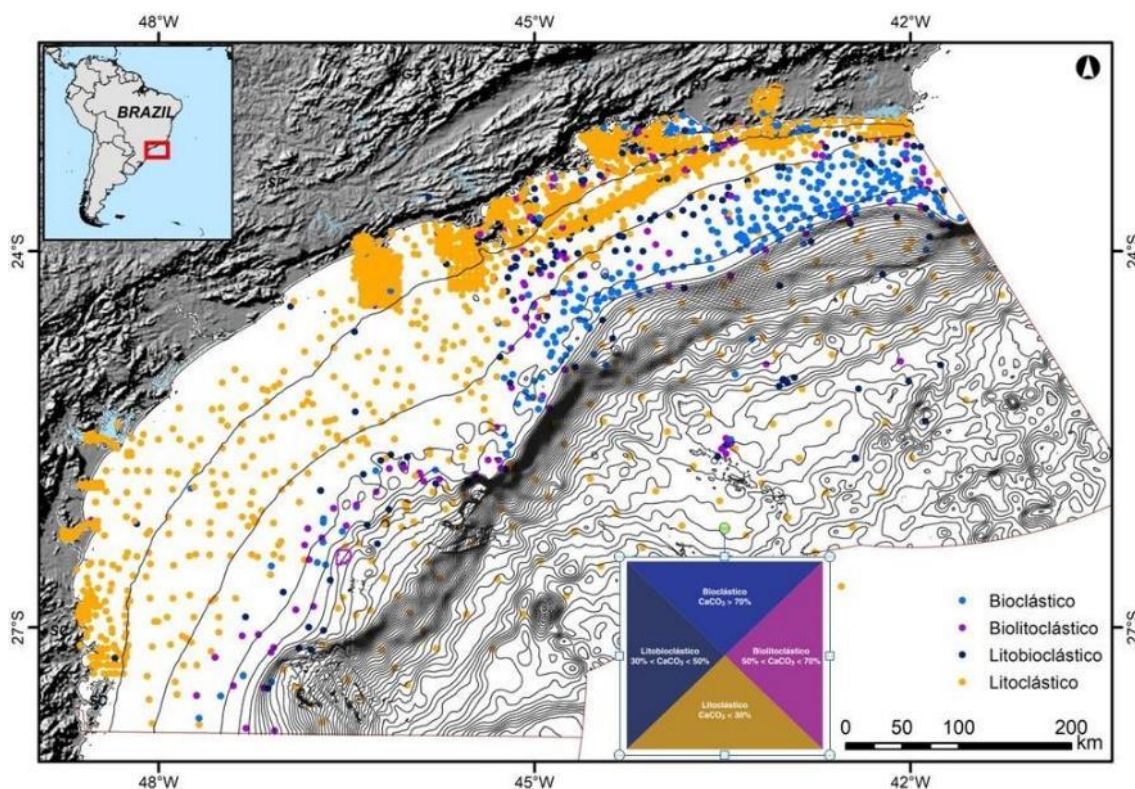


Figura 14: Teores de carbonatos nos sedimentos de fundo segundo a classificação de LARSONNEUR (1977) modificada por DIAS (1996). Sedimentos litobioclásticos ($\text{CaCO}_3 < 30\%$) (laranja); biolitoclásticos ($50\% < \text{CaCO}_3 < 70\%$) (roxo); litobioclásticos ($30\% < \text{CaCO}_3 < 50\%$) (azul escuro); bioclásticos ($\text{CaCO}_3 > 70\%$) (azul claro).

8.5. Faciologia dos sedimentos de fundo na Bacia de Santos

Através da integração das informações de teores de carbonato e granulometria dos sedimentos, produzimos o mapa faciológico dos sedimentos de fundo para a Bacia de Santos (Figura 35). A distribuição dos sedimentos na plataforma continental é majoritariamente de areias litoclásticas na plataforma interna, lamas litoclásticas na plataforma média e a presença de areias e cascalhos bioclásticos na plataforma externa e quebra de plataforma, principalmente na porção norte da bacia. A ocorrência de sedimentos cascalhosos bioclásticos diminui gradativamente para sul. Os sedimentos no talude e Platô de São Paulo são majoritariamente lamosos de origem litoclástica, com cascalhos bioclásticos e cascalhos litoclásticos em algumas áreas localizadas (Figura 35). O Bloco BM-S-40 situa-se numa região de transição entre lamas e areias litoclásticas.

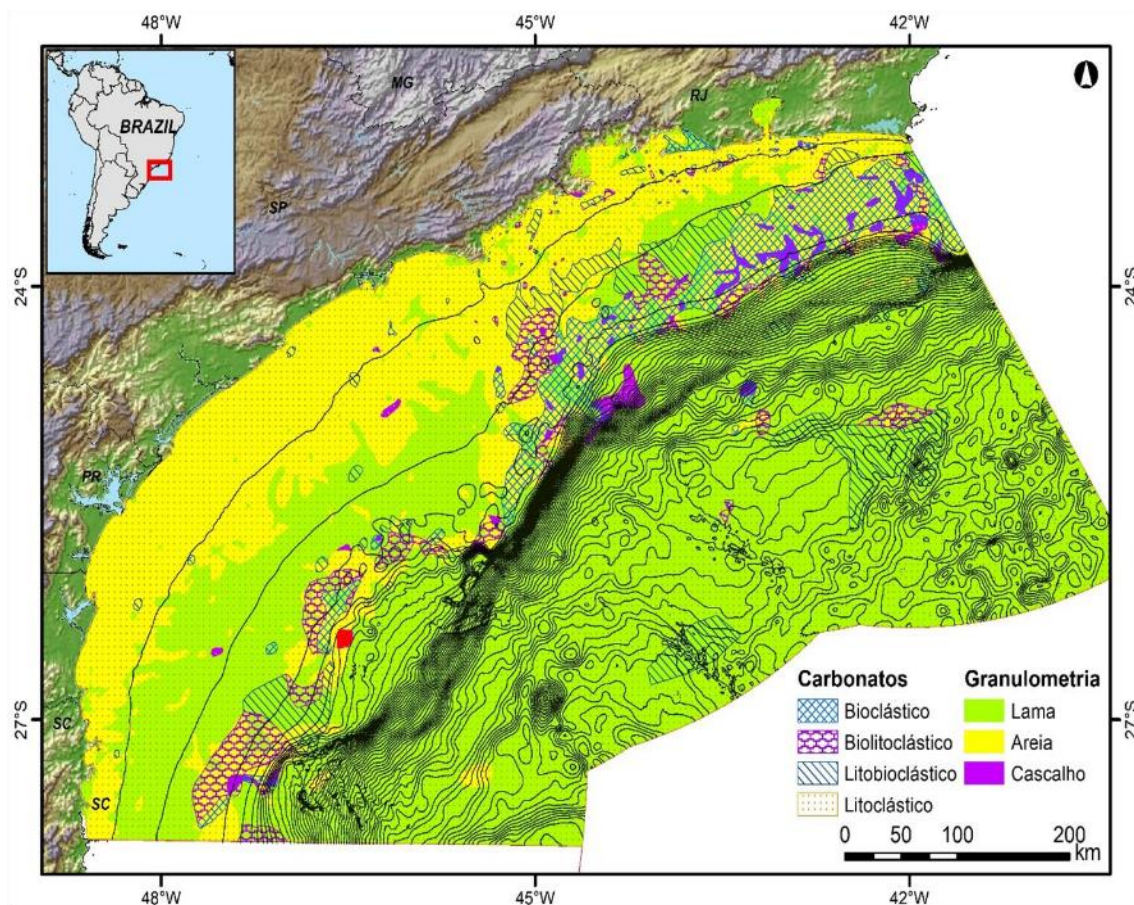


Figura 35: Faciologia dos sedimentos de fundo da Baía de Santos, segundo classificação granulométrica e teor de carbonatos. Localização do Bloco BM-S-40 em vermelho.

Os sedimentos de fundo amostrados nas campanhas de monitoramento ambiental (entre 2012 e 2019), e no presente estudo (PCA) são majoritariamente arenosos e litoclásticos, com a ocorrência de poucas estações litobioclásticas (ANEXO I). Apenas uma estação do PCA (estação 1) apresentou médias da fração lama entre as réplicas. Esta estação é a mais profunda de todas as coletadas na área do Bloco BM-S-40.

A Tabela 4 apresenta a média entre as campanhas de monitoramento realizadas de 2012 a 2019 e as médias entre as réplicas do PCA. Os sedimentos dos diversos estudos de monitoramento ambiental são majoritariamente litoclásticos. Já as médias entre as réplicas apresentaram valores de carbonatos entre 30 e 50%, sendo classificados como litobioclásticos, exceto na estação 1. As amostras em águas mais rasas do Bloco BM-S-40 são compostas por areias litobioclásticas (Figuras 22 e 23) já as amostras em águas mais profundas do que 300 m são lamas litoclásticas.

Tabela 4: Médias das frações observadas nas análises granulométricas e de teor de carbonatos nos levantamentos de PMA (entre 2012 e 2019) e no PCA (2021).

estação	fonte	cascalho	areia	lama	carbonatos	Shepard	Larsonneur
1	PMAs (média entre as campanhas por estação – 2012 a 2019)	0,05	56,94	42,17	16,07	Areia	Litoclástico
2		0,08	60,54	38,69	16,42	Areia	Litoclástico
3		0,08	62,80	36,12	21,93	Areia	Litoclástico
4		0,07	60,84	38,42	20,55	Areia	Litoclástico
5		0,03	58,98	39,81	20,61	Areia	Litoclástico
6		0,04	51,31	47,55	19,55	Areia	Litoclástico
7		0,01	57,31	41,65	19,18	Areia	Litoclástico
8		0,05	61,00	37,87	21,90	Areia	Litoclástico
1	PCA BM-S-40 (média entre réplicas)	0,00	40,46	59,54	26,56	Lama	Litoclástico
2		0,00	59,40	40,60	31,09	Areia	Litobioclástico
3		0,00	54,12	45,88	31,90	Areia	Litobioclástico
4		0,00	62,13	37,87	41,01	Areia	Litobioclástico
5		0,00	62,55	37,45	45,72	Areia	Litobioclástico
6		0,00	62,49	37,51	40,22	Areia	Litobioclástico

8.6. Análise dos atributos sísmicos do sinal refletido pelo fundo do mar no Bloco BM-S-40

A partir do mapeamento do horizonte do fundo do mar, foram extraídos os valores de amplitude do sinal sísmico e calculados outros atributos, de frequência e fase instantâneas, intensidade da reflexão e variância. Estes valores de atributos foram fornecidos pela empresa Karoon.

A amplitude é um dos principais parâmetros de análise dos dados sísmicos. Valores extremos de amplitude (picos e vales) podem descrever contrastes entre interfaces litológicas. Para o caso do fundo do mar, possíveis variações de amplitude poderiam estar associadas com feições geomorfológicas e com a distribuição de sedimentos do fundo. Como se observa no mapa de amplitude sísmica do fundo do mar, na área do Bloco BM-S-40 os valores de amplitude aumentam homogeneamente com o aumento da profundidade batimétrica, apenas localmente a sudoeste ocorre uma variação anômala, circular já fora da área do bloco (Figura 6).

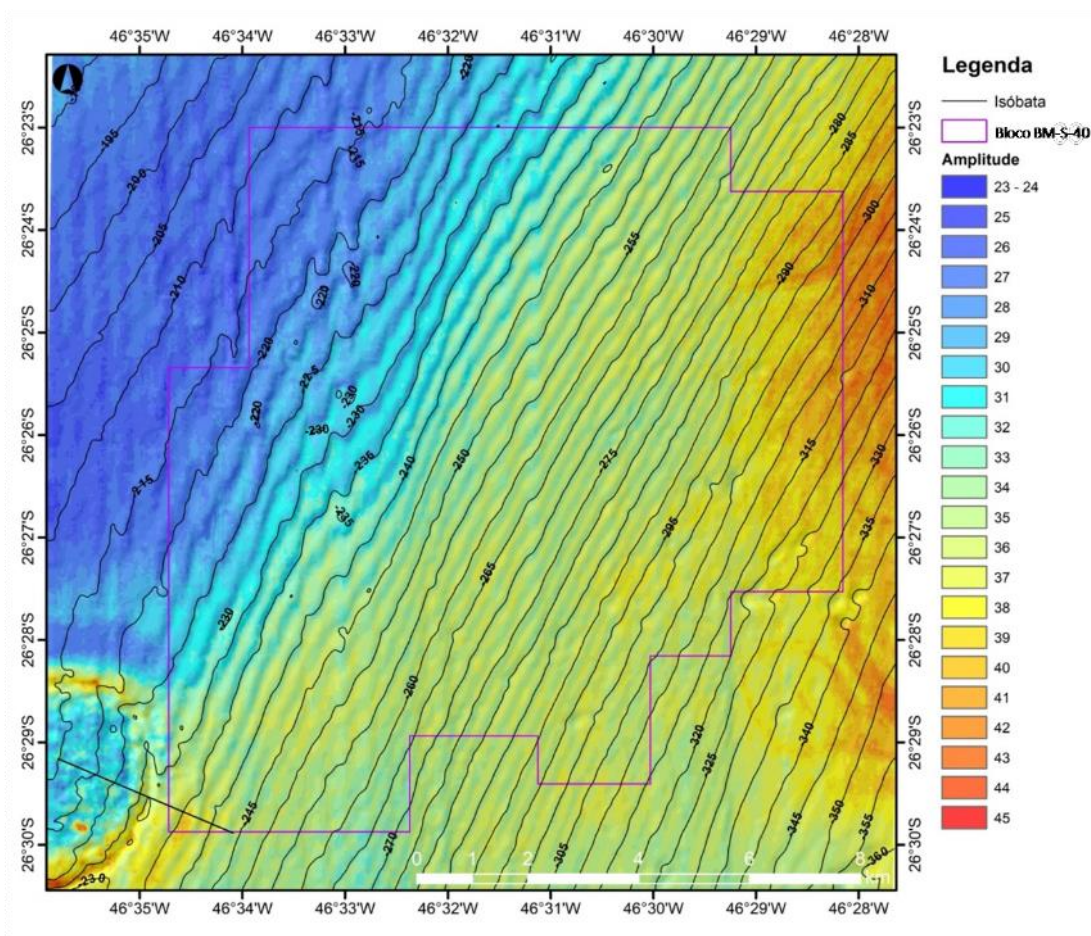


Figura 16: Mapa de amplitude do sinal sísmico refletido pelo fundo do mar na área do Bloco BM-S-40.

A intensidade de reflexão se relaciona com a energia do traço sísmico e pode realçar ainda mais variações de amplitude. Observa-se no Bloco BM-S-40, valores anômalos do atributo de fase instantânea na mesma feição circular a sudoeste do bloco e também valores anômalos realçando pequenas feições circulares a sudeste, nas proximidades do bloco (Figura 17).

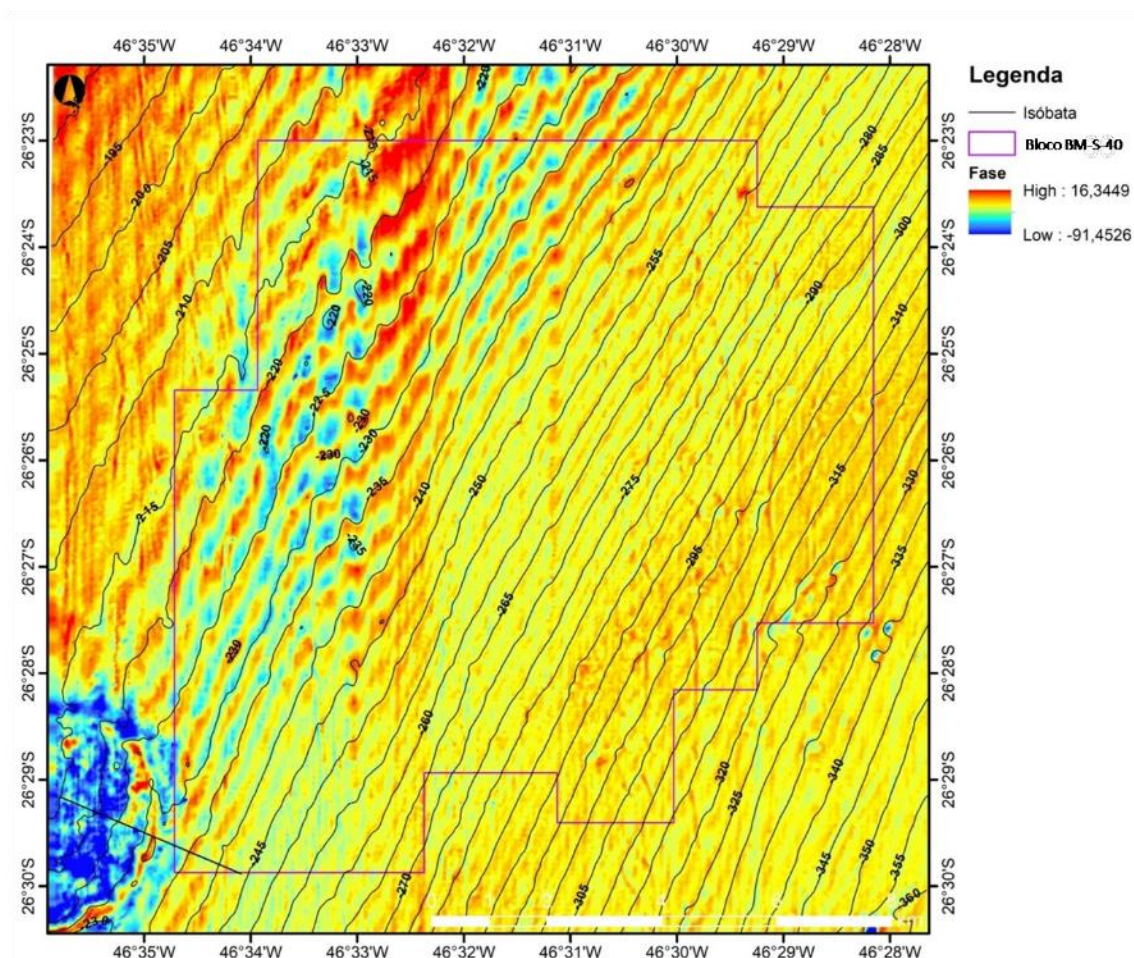


Figura 17: Mapa do atributo de fase instantânea do sinal sísmico refletido pelo fundo do mar na área do Bloco BM-S-40.

A frequência instantânea pode ser estabelecida como a derivada no tempo da fase instantânea. Este atributo é sensível a mudanças tanto na propagação da onda, quanto nas características deposicionais. Igualmente no Bloco BM-S-40 observa-se valores anômalos do atributo de frequência instantânea na mesma feição circular a sudoeste do bloco (Figura 18).

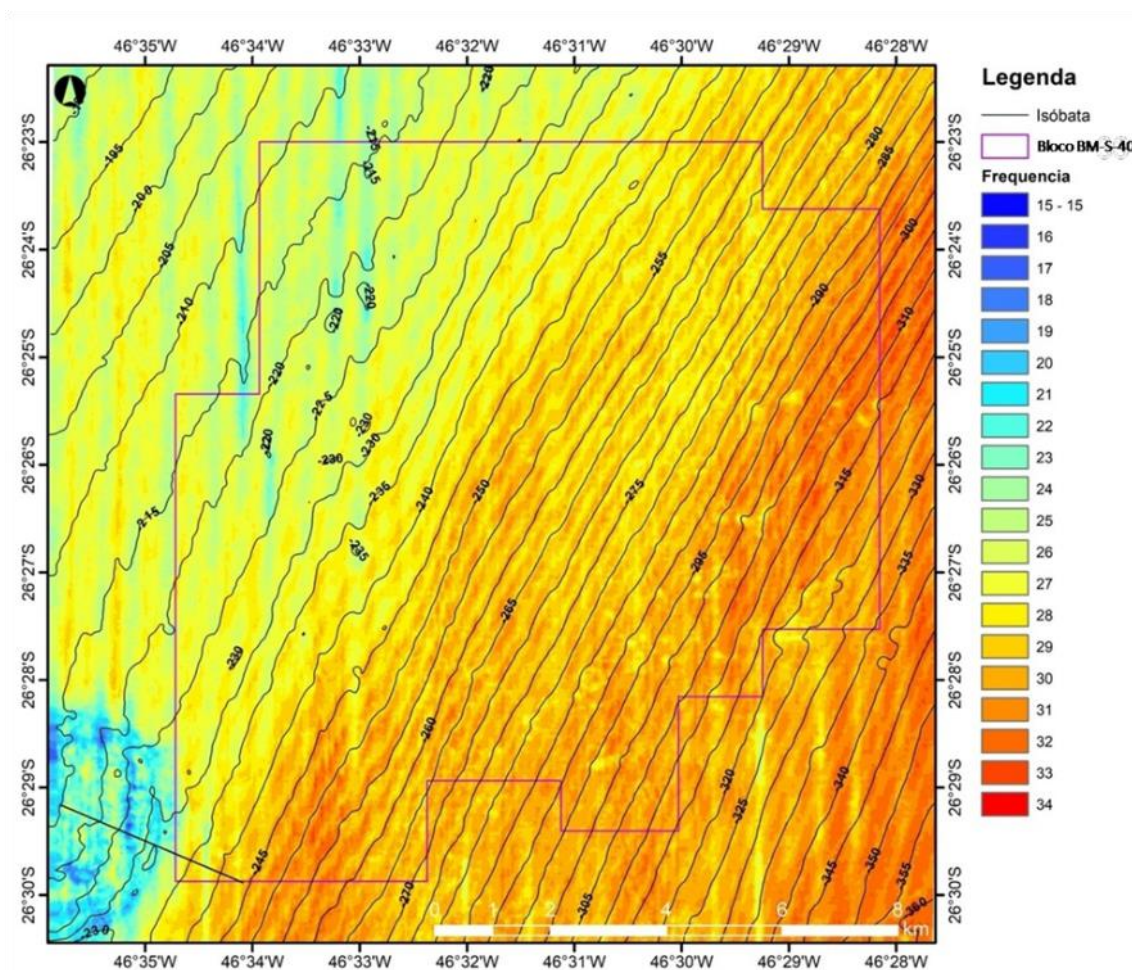


Figura 18: Mapa do atributo de frequência instantânea do sinal sísmico refletido pelo fundo do mar na área do Bloco BM-S-40.

A intensidade de reflexão se relaciona com a energia do traço sísmico e pode realçar ainda mais variações de amplitude. Igualmente este atributo realça a mesma feição circular a sudoeste do Bloco BM-S-40 (Figura 19).

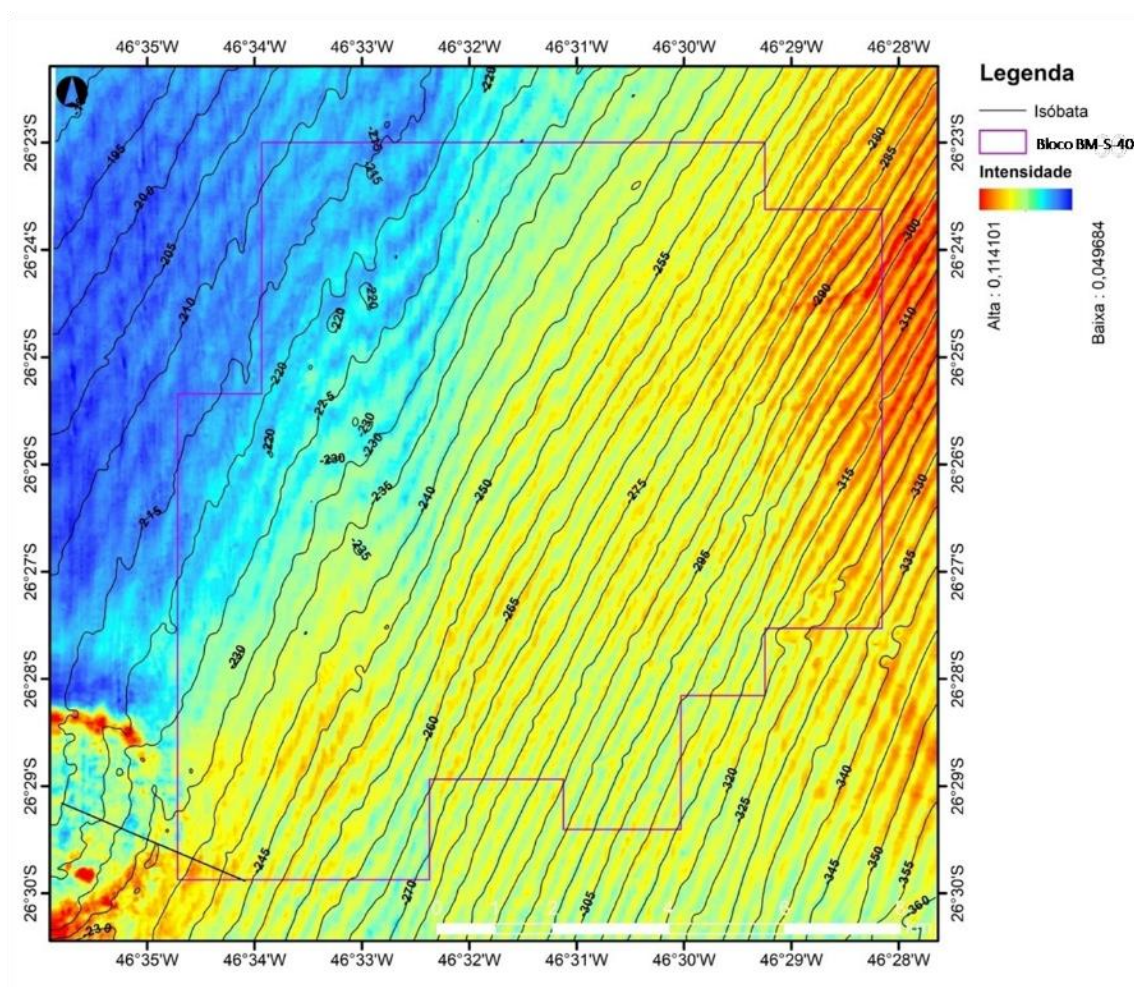


Figura 19: Mapa do atributo de intensidade da reflexão do sinal sísmico refletido pelo fundo do mar na área do Bloco BM-S-40.

Finalmente, o atributo de variância (oposto do atributo de coerência) é definido como a parte coerente do sinal dividida pela energia acústica média dos traços sísmicos de entrada, indicando a variação da amplitude traço a traço, o que pode ser utilizado para se determinar zonas de falhas e outras estruturas de interesse. No caso da variância do sinal sísmico refletido pelo fundo do mar, pode indicar variações do substrato ou então irregularidades morfológicas. Este foi o atributo que melhor caracterizou as pequenas depressões circulares que estão presentes no bloco. Estas feições aparecem com valores altos de variância, concentrados principalmente a noroeste e sudeste do bloco (feições circulares vermelhas na Figura 20).

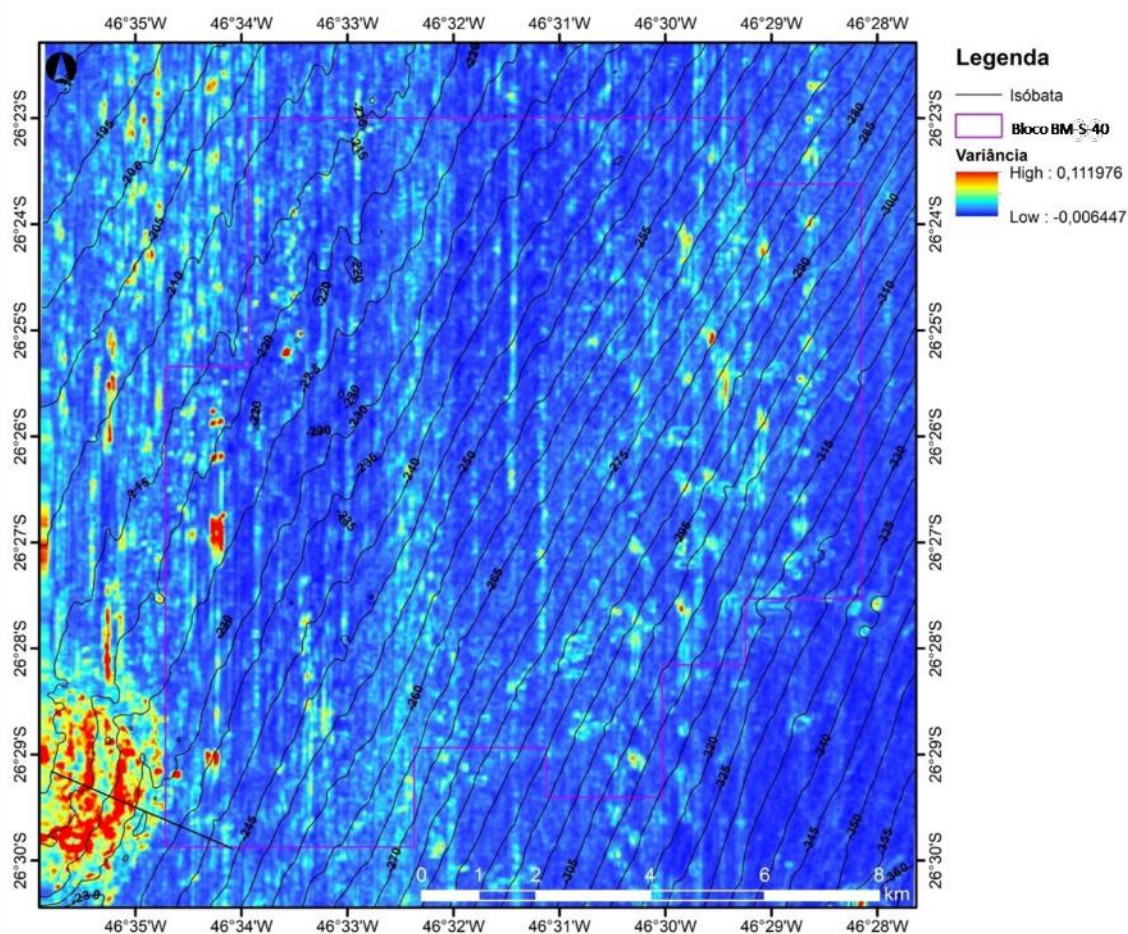


Figura 20: Mapa do atributo de variância do sinal sísmico refletido pelo fundo do mar na área do Bloco BM-S-40.

8.7. Indicação de possíveis habitats bênticos sensíveis no Bloco BM-S-40

Ao todo foram identificadas 22 anomalias de relevo também realçadas pelos atributos sísmicos dentro e fora do Bloco BM-S-40 (Figura 21). Grande parte dessas anomalias está concentrada na região sudeste do bloco, sendo representadas por pequenas depressões de 2 a 3m de profundidade e aproximadamente 200m de comprimento. Essas depressões estão concentradas entre as profundidades de 260 e 340m. Apenas as feições identificadas como 1 e 2, localizados a noroeste do bloco, correspondem a altos fundos com até 4m de altura e 800m de comprimento. Fora da área do bloco, uma grande anomalia circular de 26m de altura e 3,7 km de diâmetro, circundado por um vale também circular de 5m de profundidade, é observada (Figura 22).

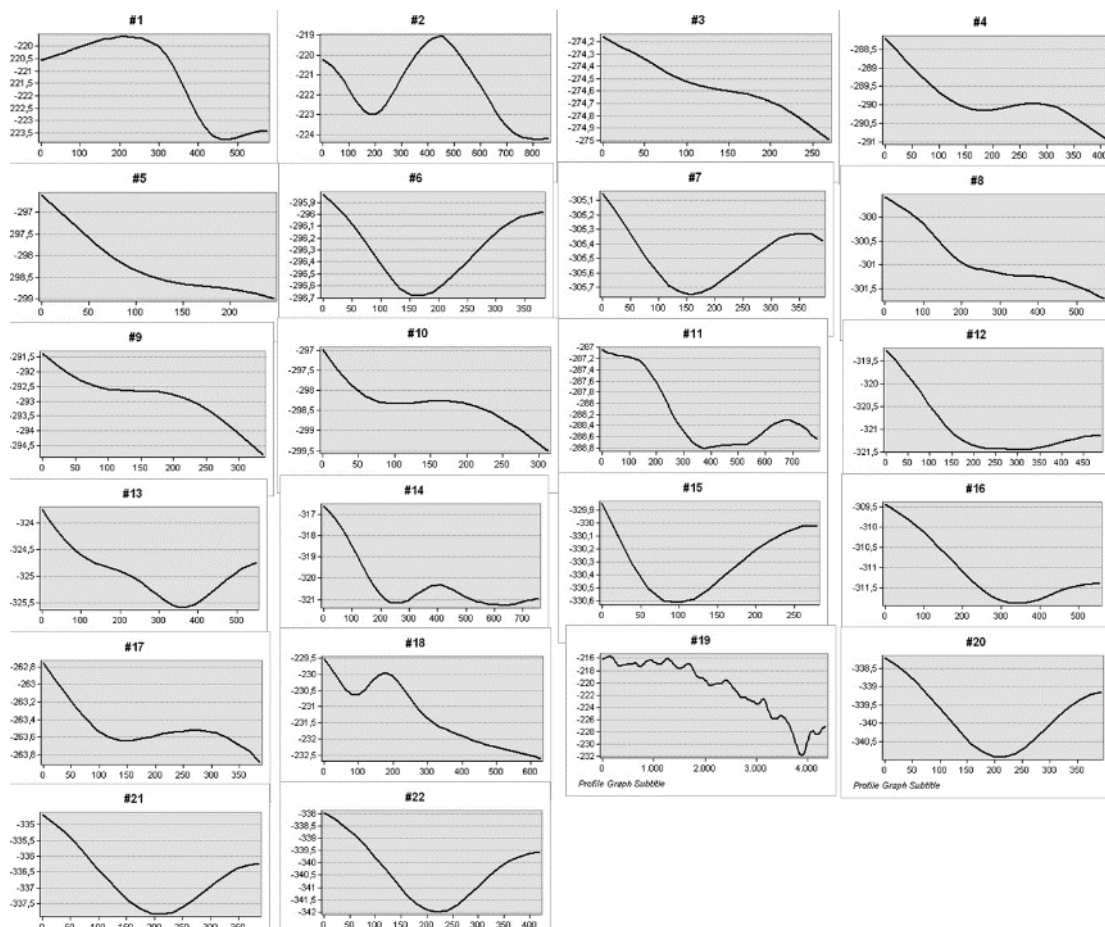


Figura 21: Perfis batimétricos ilustrando as diversas feições (depressões e altos fundos) identificadas no fundo do mar na área do Bloco BM-S-40 e numerados na Tabela 3.

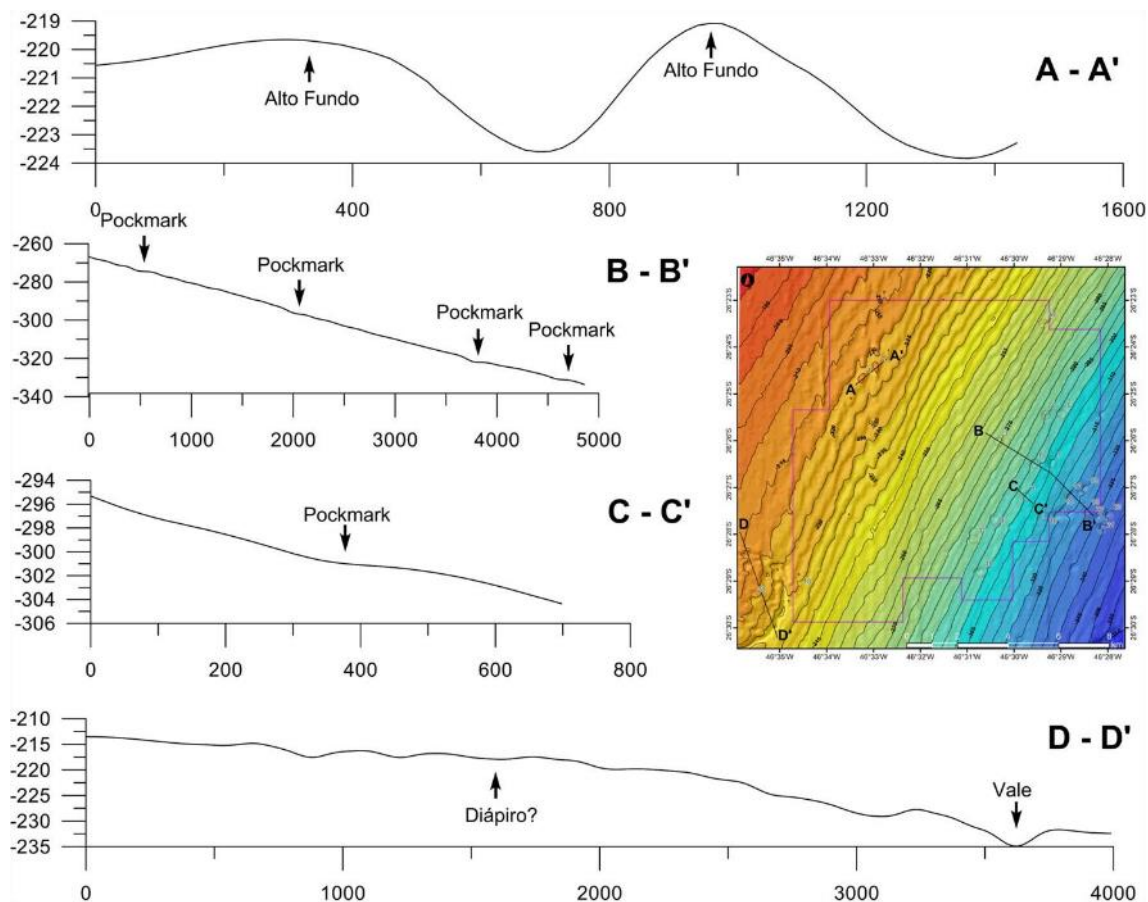


Figura 22: Perfis topográficos ilustrando alguns altos fundos e depressões (*pockmarks*) identificados no Bloco BM-S-40.

As 22 anomalias de relevo realçadas pelos atributos sísmicos e formadas pelos alto-fundos e *pockmarks* foram então imageadas com a finalidade de verificação e identificação de ambientes biogênicos (reambulação), atividade ocorrida na Fase 2 (Relatório Final Fase 2). Nas filmagens de fundo foi possível verificar a presença de sedimentos de cor acinzentada, aparentemente de textura fina e com a presença esparsa de carapaças e marcas de bioturbação (Figura 23). Neste PCA, não foram evidenciadas a ocorrência de estruturas que indicam a presença dos bancos biogênicos formados por algas calcárias e corais. A Figura 24 indica a posição das filmagens, das áreas identificadas com anomalias de relevo (*pockmarks* e alto-fundos) e localização das estações de coleta de amostras previstas para caracterização ambiental da qualidade do sedimento e biota associada.

Em nenhuma destas feições foram observados bancos de algas e corais de águas profundas ou outra indicação de habitats sensíveis.

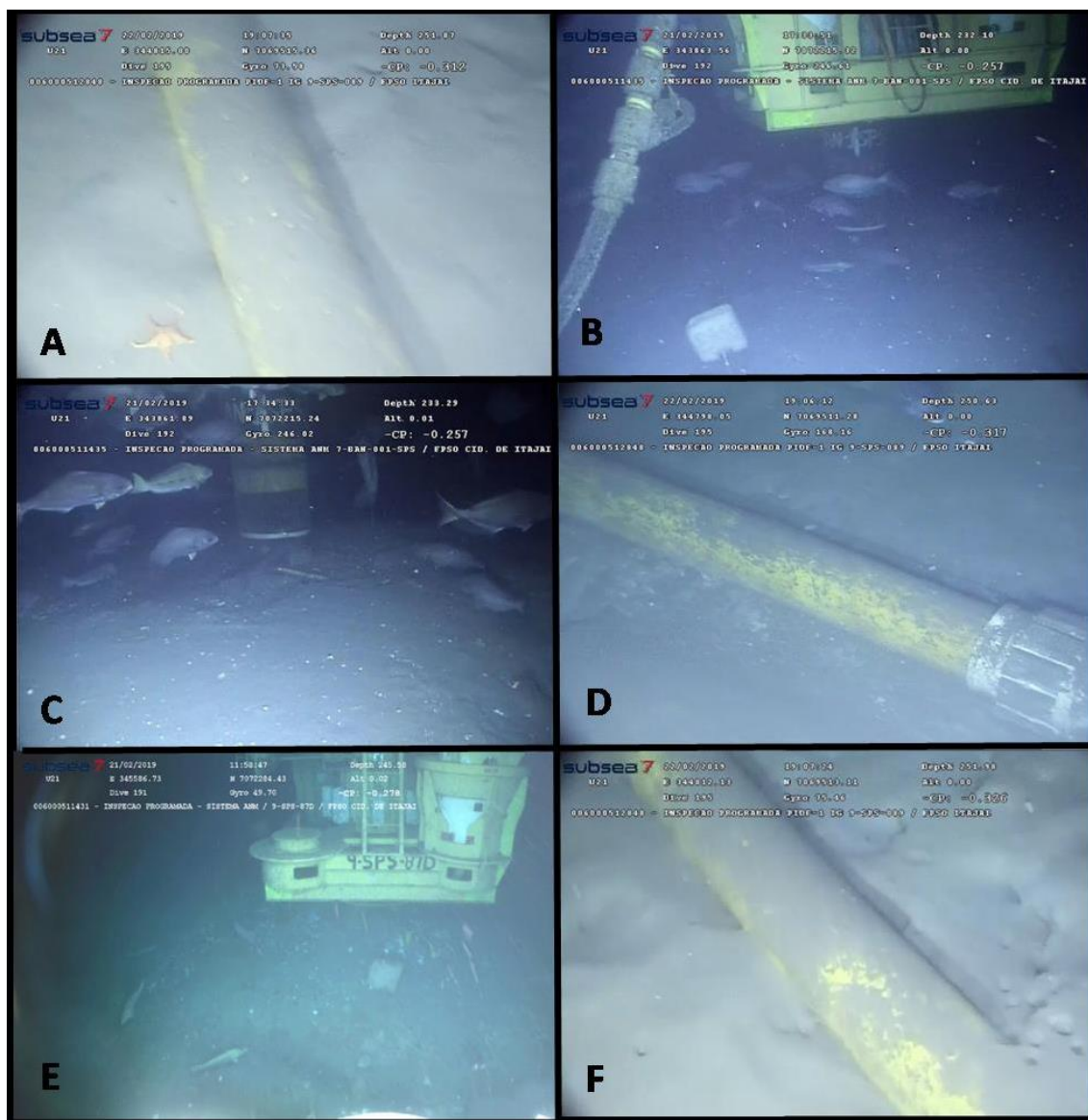


Figura 23: Filmagens de fundo realizadas a sudoeste do bloco não evidenciam a presença de habitats bentônicos sensíveis. As pequenas manchas brancas se assemelham a carapaças. A imagem F apresenta orifícios provavelmente relacionados a bioturbação.

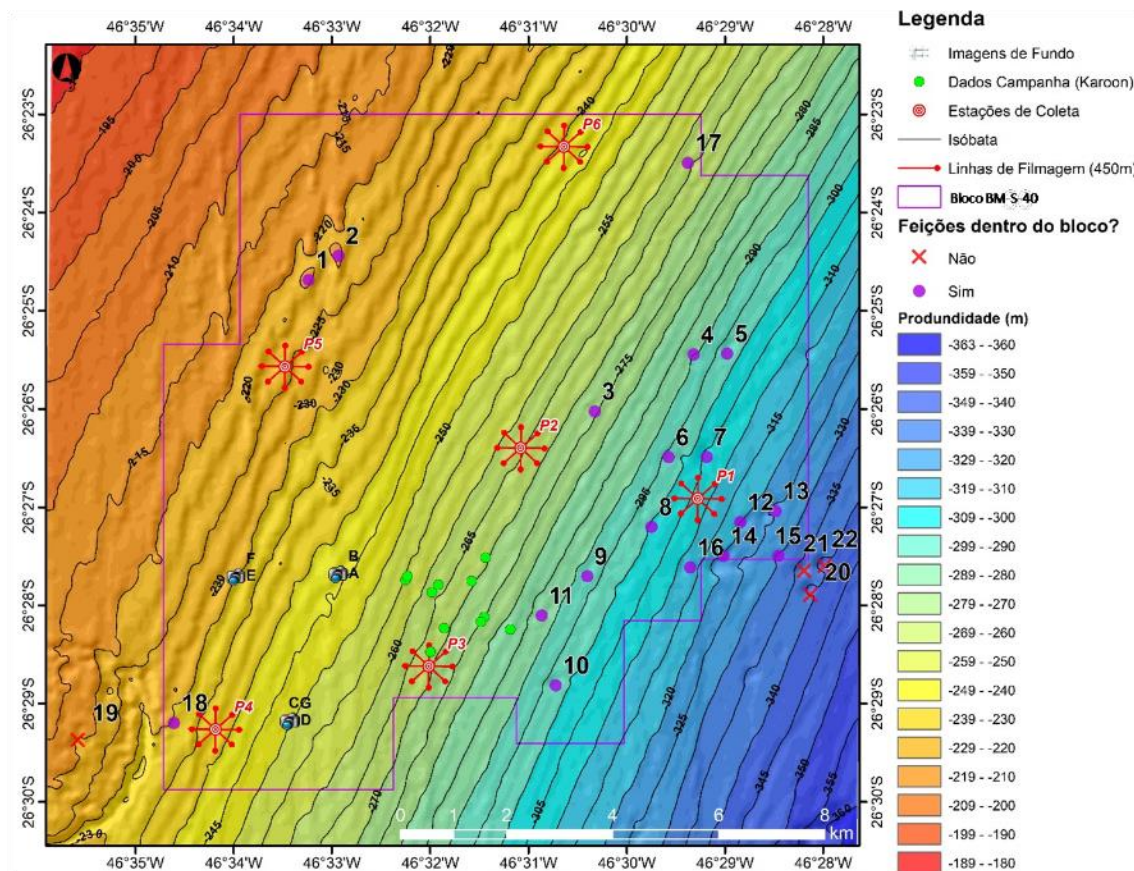


Figura 24: Feições de fundo identificadas no Bloco BM-S-40, incluindo as estações de coleta e linhas de filmagem de fundo. Em verde são as estações de coleta de sedimentos superficiais e as câmeras representam as imagens de fundo previamente realizadas no bloco.

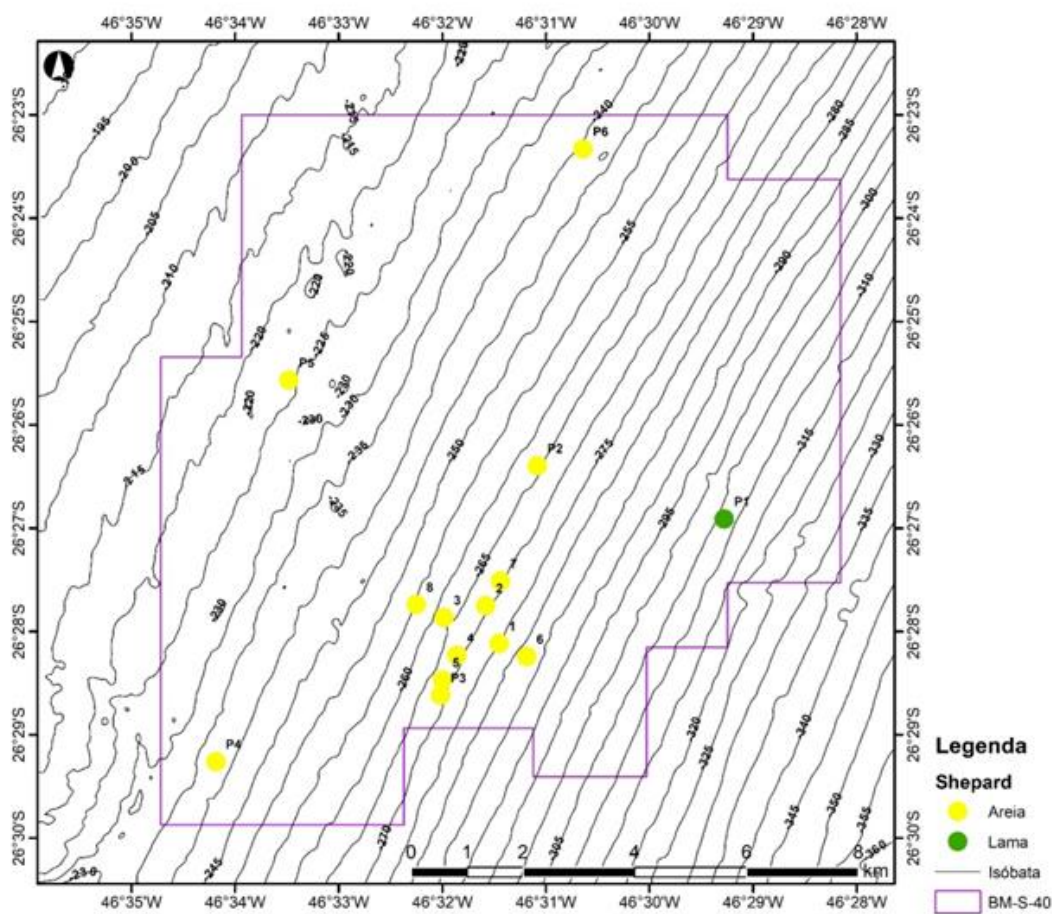


Figura 25: Mapa de distribuição do tamanho de grão (classificação simplificada de Shepard) no Bloco BM-S-40.

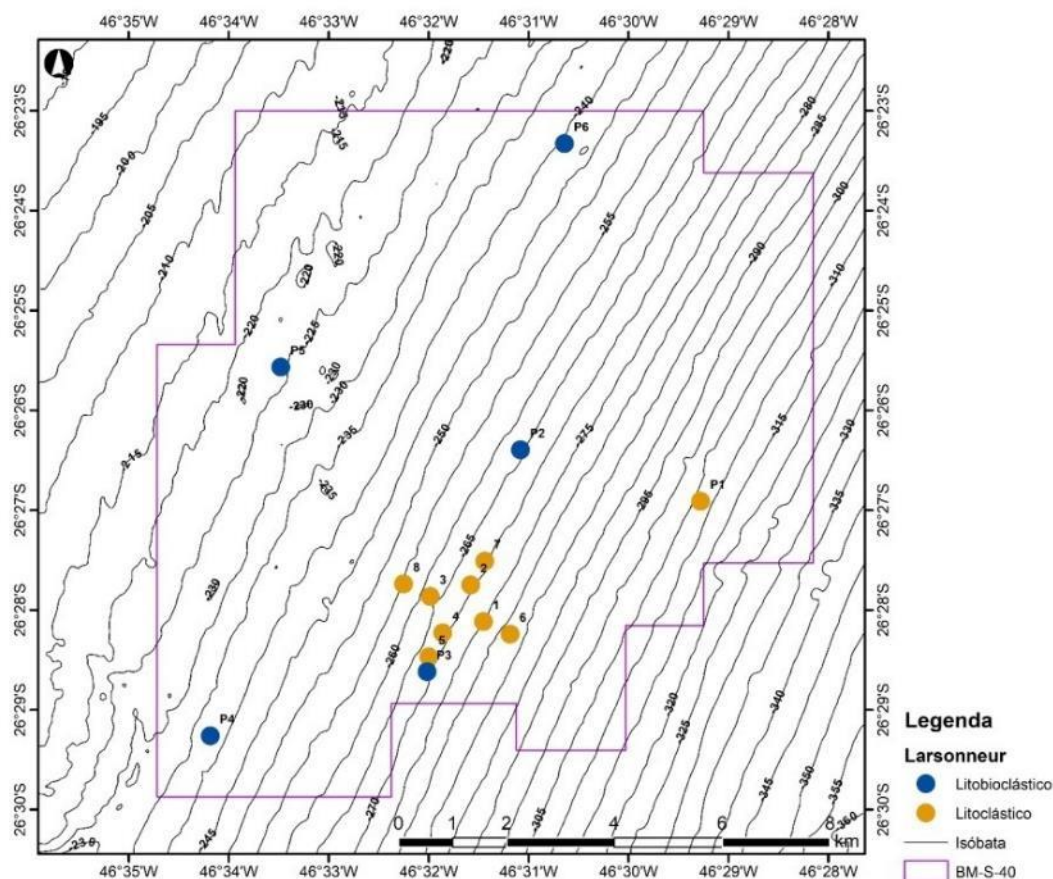


Figura 26: Mapa de distribuição do teor de carbonatos (classificação de Larssonneur) no Bloco BM-S-40.

A região do Bloco BM-S-40 está localizada em uma área amplamente reconhecida pela ocorrência de *pockmarks* na Bacia de Santos (Figura 7) (RAMOS *et al.*, 2020), sendo estes originados pelo escape de fluidos que fluem a partir de falhas geradas pelo intenso diapirismo em subsuperfície (Figura 8) (MAHIQUES *et al.*, 2017). Esses *pockmarks* podem ou não estar ativos, sendo que, neste último caso, acabaria por ser um ambiente propício à sustentação de comunidades bentônicas complexas, dependendo do tipo de fluido exsudado. Como demonstrado por SUMIDA *et al.* (2004), os corais de águas profundas ocorrem por vezes associados aos *pockmarks* na Bacia de Santos. A exemplo de *pockmarks* ativos com escape de metano, bactérias quimio-autotróficas são responsáveis por ser a base de toda uma comunidade biológica em ambientes muitas vezes desprovidos de nutrientes, luz e baixos níveis de oxigênio (SÁNCHEZ *et al.*, 2020). Todavia, as amostragens superficiais realizadas até então no bloco, bem como o mapeamento dos sedimentos em grande parte do talude e Platô de São Paulo na Bacia de Santos, indicam a ocorrência de sedimentos compostos predominantemente por areias e lamas litoclásticas, ou seja, com contribuição biológica de carbonatos inferior a 30% (LARSONNEUR, 1977; DIAS, 1996). Mesmo na região de borda de plataforma, nas proximidades do Bloco BM-S-40, a inexistência de sedimentos cascalhosos bioclásticos indicam que não existem na área mais rasa do bloco, bioconstruções carbonáticas.

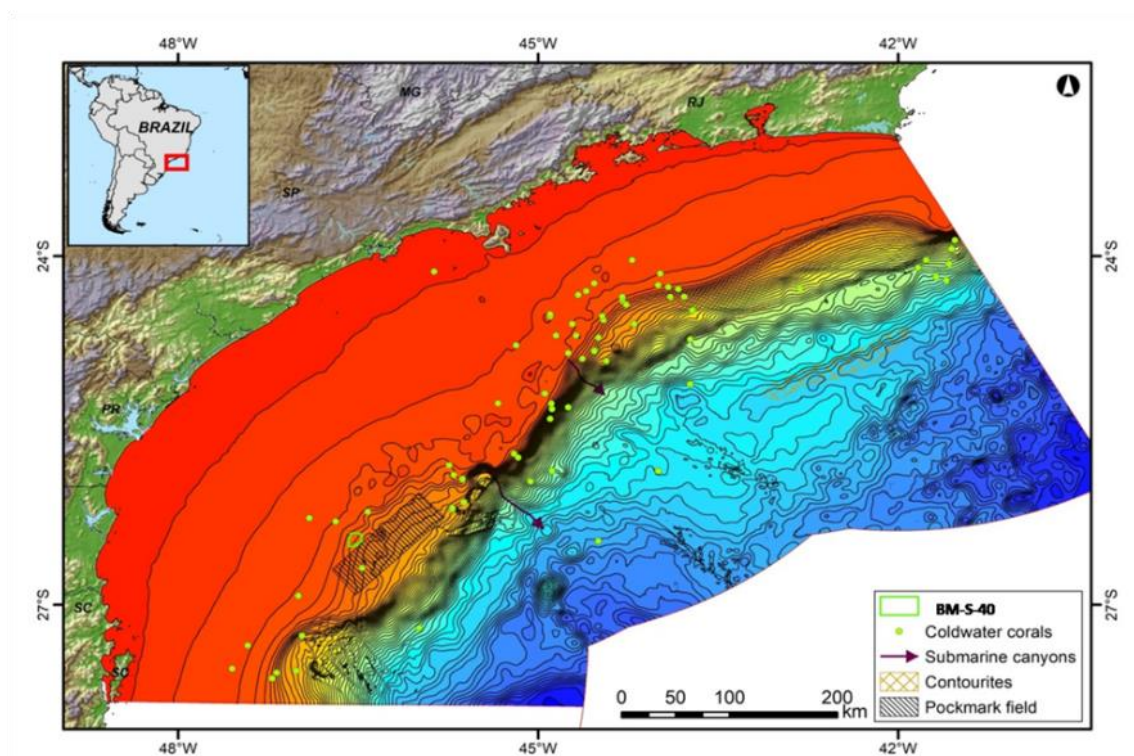


Figura 27: Localização da área de ocorrência de *pockmarks* (retângulo hachurado) mapeada por MAHIQUES *et al.* (2020) e as ocorrências conhecidas de corais de águas profundas (pontos verdes) (referência). O polígono em verde localiza o Bloco BM-S-40 nas proximidades do campo de *pockmarks*.

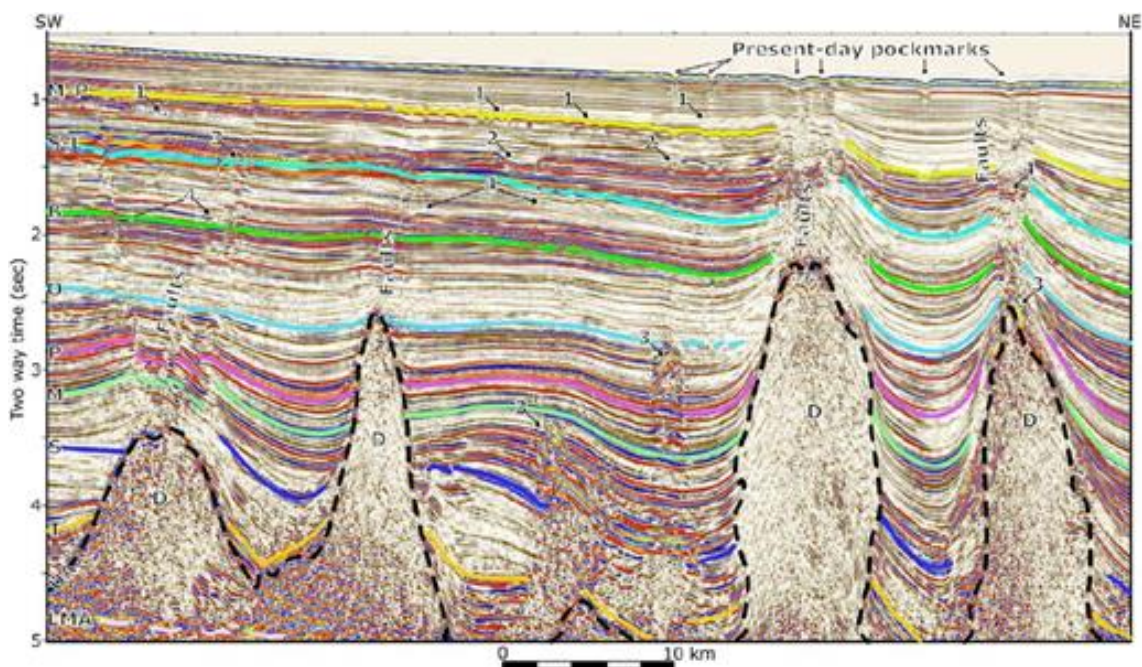


Figura 28: Seção sísmica na Baía de Santos indicando a presença de *pockmarks* no fundo submarino, condicionados por falhamentos associados ao diapirismo do as (MAHIQUES *et al.*, 2017).

As imagens e amostragens realizadas dentro da área do bloco evidenciam um fundo monótono e de sedimentos finos nas áreas imageadas. A morfologia suavizada do bloco também não indica a ocorrência de grandes estruturas que possam ser interpretadas como bancos biogênicos de maior extensão, ao contrário de algumas banquisas de corais de águas frias que ocorrem em diversos locais da margem brasileira, incluindo a Bacia de Santos (BARBOSA *et al.*, 2020). Nesse sentido, a avaliação dos atributos sísmicos (amplitude, fase, frequência instantânea, intensidade de reflexão e variância) corrobora essa análise, não ressaltando anomalias de relevo além das que foram facilmente identificadas de forma visual na batimetria. A sudoeste, a feição mais proeminente (localizada fora do bloco) pode estar relacionada a um afloramento, ou quase afloramento, de um diápiro salino uma vez que essa região se encontra dentro da área de influência da halocinese na bacia, a leste da Charneira de Santos (GARCIA *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2020). A ocorrência dessa feição e de possíveis *pockmarks* reforçaria a possibilidade de ocorrência de falhamentos superficiais e consequente escape de fluidos na área do Bloco BM-S-40, ocorrido em algum momento da história geológica da bacia.

9. Conclusão

Os dados geológicos e geofísicos apresentados possibilitaram identificar a ocorrência de feições morfológicas possivelmente relacionadas a *pockmarks* no Bloco BM-S-40. A coleta de amostras de sedimentos de fundo (estações do PCA) e filmagens submarinas tanto nas estações do PCA quanto em *pockmarks* e altos fundos identificados e selecionados na análise dos dados sísmicos não revelou nenhuma indicação da existência de comunidades bentônicas sensíveis, especialmente dos ambientes biogênicos formados por bancos de algas calcárias e corais. O fundo submarino na área do bloco é composto por sedimentos lamosos.

10. Responsabilidade técnica

A profissional responsável técnica pela implementação do Projeto de Caracterização Ambiental (PCA) do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos para a Karoon Petróleo e Gás Ltda., é a bióloga MSc. Paula Vieira Castellões (CRBio-2 29.526/02-D), conforme respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) registrada junto ao Conselho Regional de Biologia apresentada como anexo do relatório do PCA.

O profissional responsável técnico pela execução desta Fase 1 – Mapeamento do PCA é o Dr. Cleverson Guizan Silva, Geólogo, formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com Doutorado em Duke University (EUA), hoje Professor do Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, da Universidade Federal Fluminense (UFF). As atividades da Etapa 1 – Mapeamento foram realizadas pelo Oceanógrafo MSc. João Regis dos Santos Filho, sob a orientação e coordenação do Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva, do Departamento de Geologia/LAGEMAR, da Universidade Federal Fluminense (UFF). A seguir são apresentados os nomes, acompanhados de titulação, cargo, responsabilidades, registro de classe e cadastro técnico no IBAMA, dos profissionais da PRO-OCEANO Serviço Oceanográfico e Ambiental Ltda. (Tabela 5), e os diretamente envolvidos na

gerência, implementação e elaboração do relatório deste PCA, incluindo os Cadastro Técnico Federal das Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental (CTF AIDA/IBAMA).

Tabela 5: Equipe técnica envolvida (empresa e profissionais) na gerência e implementação da campanha de monitoramento ambiental do Bloco BM-S-40 e elaboração de relatório.

empresa/profissional	cargo/formação	registro de classe	CTF AIDA/ IBAMA
PRO-OCEANO Serviço Oceanográfico e Ambiental Ltda.	empresa	CRBio-2 Nº2499 AOCEANO Nº23PJ	201344
Júlio Augusto de Castro Pellegrini, Dr.	Diretor Geral/ Oceanógrafo	AOCEANO Nº666	210325
Paula Castellões, MSc. (Profissional Responsável Técnica)	Gerente de Meio Ambiente/Bióloga	CRBio-2 Nº29526/02-D	216354
Tiago Cardoso de Miranda	Gerente de Projetos/ Oceanógrafo	sem registro	637144
Pedro Marques São Thiago	Coordenador de Projetos/Oceanógrafo	sem registro	1452979
Rafael do Rego Barros Lapagesse Alves Corrêa	Oceanógrafo	sem registro	7192805
Fernanda Bastos de Ramos Lima	Técnico Ambiental/ Oceanógrafa	sem registro	7499374
André Mejia Grijó	Técnico Ambiental/ Oceanógrafo	sem registro	5509318
Santiago Gonzalez Bravo	Técnico Ambiental/ Oceanógrafo	sem registro	7744957
Priscilla Barreto Rainha	Suporte técnico (externo)/ Bióloga	CRBio-2 Nº78830/02-D	3241839
Patrícia da Cunha Marroig	Analista de Planejamento/Oceanógrafa	sem registro	5253033
Beatriz Barbosa Machado	Suporte técnico (externo)/ Bióloga	CRBio-2 Nº84295/02-D	5393333
Cleverson Guizan Silva	Mapeamento/Geólogo	sem registro	5671498
João Regis dos Santos Filho	Mapeamento/Oceanógrafo	sem registro	1490895

11. Bibliografia

- ALMADA, G. V. DE M. B. & BERNARDINO, A. F. **Conservation of deep-sea ecosystems within offshore oil fields on the Brazilian margin, SW Atlantic**. 2017. Biological Conservation, Vol 206, 92–101. doi:10.1016/j.biocon.2016.12.026.
- BARBOSA, R. V., DAVIES, A. J. & SUMIDA, P. Y. G. **Habitat suitability and environmental niche comparison of cold-water coral species along the Brazilian continental margin**. 2020. Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 155, 103147. doi:10.1016/j.dsr.2019.103147.

- BERTON, F. & VESELY, F. F. **Origin of buried, bottom current-related comet marks and associated submarine bedforms from a Paleogene continental margin, southeastern Brazil**. 2017. Mar. Geol. 395, 2018, 347–362. doi:10.1016/j.margeo.11.015.
- CHANG, H. K.; ASSINE, M. L.; CORRÊA, F. S.; TINEN, J. S.; VIDAL, A. C. & KOIKE, L. **Sistemas petrolíferos e modelos de acumulação de hidrocarbonetos na Bacia de Santos**. 2008. **Rev. Bras. Geociências** 38, 29–46. doi:10.25249/0375-7536.2008382s2946.
- COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR & MARINHA DO BRASIL. **Plano de levantamento da plataforma continental brasileira. Plano Levant. da plataforma Cont. Bras.** Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/leplac>. 2020
- DIAS, G. M. T. **Classificação de sedimentos marinhos proposta de representação em cartas sedimentológicas**. Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia Vol. 3. 1996.
- DIAS, G. T. M. & MEDEIROS, M. F. **Proposta de metodologia para a elaboração de cartas sedimentológicas**. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2005.
- FIGUEIREDO JR., A. G. & TESSLER, M. G. **Topografia e composição do substrato marinho da Região Sudeste-Sul do Brasil**. Technical Report.: Série Documentos Revizee — Score Sul. Instituto Oceanográfico (USP), São Paulo, Brazil (64 pp). 2004.
- FIGUEIREDO, A. G.; PACHECO, C. E. P.; de VASCONCELOS, S. C. & da SILVA, F. T. **Continental Shelf Geomorphology and Sedimentology**. 2016. Geol. Geomorphol., 13–31. doi:10.1016/b978-85-352-8444-7.50009-3.
- GARCIA, S. F. DE M.; LETOUZEY, J.; RUDKIEWICZ, J. L.; DANDERFER FILHO, A. & FRIZON DE LAMOTTE, D. **Structural modeling based on sequential restoration of gravitational salt deformation in the Santos Basin (Brazil)**. 2012. Mar. Pet. Geol. 35, 337–353. doi:10.1016/j.marpetgeo.2012.02.009.
- GOMES, J. P.; BUNEVICH, R. B.; TEDESCHI, L. R.; TUCKER, M. E. & WHITAKER, F. F. **Facies classification and patterns of lacustrine carbonate deposition of the Barra Velha Formation, Santos Basin, Brazilian Pre-salt**. 2020. Mar. Pet. Geol. 113, 104176. doi:10.1016/j.marpetgeo.2019.104176.
- HOVLAND, M. & JUDD, A. G. **Seabed pockmarks and seepages: impact on geology, biology and the marine environment**. 1988. Norwell, MA - USA: Graham & Trotman doi:10.1016/0264-8172(89)90010-x.
- INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION, AND INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION. **The General Bathymetric Chart of the Oceans. Gridded Bathymetry Data**. Disponível em: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/. 2020.

- KETZER, M.; PRAEG, D.; PIVEL, M. A. G.; AUGUSTIN, A. H.; RODRIGUES, L. F. & VIANA, A. R., *et al.* **Gas seeps at the edge of the gas hydrate stability zone on Brazil's continental margin.** 2019. *Geosci.* 9, 1–11. doi:10.3390/geosciences9050193.
- LARSONNEUR, C. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en Manche. *J. Rech. Ocean.* 2, 34–39. 1977.
- MAHIQUES, M. M.; FUKUMOTO, M. M.; SILVEIRA, I. C. A.; FIGUEIRA, R. C. L.; BÍCEGO, M. C.; LOURENÇO, R. A. & SOUSA, S. H. M. **Sedimentary changes on the Southeastern Brazilian upper slope during the last 35 000 years.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 79, 171–181. 2007.
- MAHIQUES, M. M., SCHATTNER, U., LAZAR, M., SUMIDA, P. Y. G., & SOUZA, L. A. P. de. **An extensive pockmark field on the upper Atlantic margin of Southeast Brazil: spatial analysis and its relationship with salt diapirism.** 2017. *Heliyon* 3. doi:10.1016/j.heliyon.2017.e00257.
- MAYER, L., JAKOBSSON, M., ALLEN, G., DORSCHER, B., FALCONER, R., FERRINI, V., *et al.* **The Nippon Foundation-GEBCO seabed 2030 project: The quest to see the world's oceans completely mapped by 2030.** 2018. *Geosci.* 8. doi:10.3390/geosciences8020063.
- MILLIMAN, J.D. **Morphology and structure of the upper continental margin of Southern Brazil.** *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 62, 1029–1048. 1978.
- NAGAI, R.H.; MELLO E SOUSA, S.H.; LOURENÇO, R.A.; BÍCEGO, M.C. & MAHIQUES, M.M. Paleoproductivity changes during the late Quaternary in the southeastern Brazilian upper continental margin of the southwestern Atlantic. 2010. *Brazilian Journal of Oceanography* 58 (no.spe2), 31–41.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **National Centers for Environmental Information (NCEI). Multibeam Bathymetry.** Available at: <https://www.ncei.noaa.gov/> [Accessed May 7, 2020].
- RAMOS, R. B.; DOS SANTOS, R. F.; SCHATTNER, U.; FIGUEIRA, R. C. L.; BÍCEGO, M. C. & LOBO, F. J., *et al.* **Deep pockmarks as natural sediment traps: a case study from southern Santos Basin (SW Atlantic upper slope).** 2020. *Geo-Marine Lett.* doi:10.1007/s00367-019-00617-8.
- REIS, A.T.; MAIA, R.M.C.; SILVA, C.G.; RABINEAU, M.; GUERRA, J.V.; GORINI, C.; AYRES, A.; ARANTES-OLIVEIRA, R.; BENABDELLOUAHED, M.; SIMÕES, I.; TARDIN, R. **Origin of step-like and lobate seafloor features along the continental shelf off Rio de Janeiro State, Santos basin-Brazil.** 2013. *Geomorphology*, Volume 203, Pages 25-45, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.04.037>.
- RIES, L. **Areas of Influence for IDW - Interpolation with Isotropic Environmental.** *Data.* *Catena* 20, 199–205. 1993.

- SÁNCHEZ, N., ZEPELLI, D., BALDRIGHI, E., VANREUSEL, A., LAHITSIRESY, M. G., BRANDILY, C., *et al.* **A threefold perspective on the role of a pockmark in benthic faunal communities and biodiversity patterns.** 2020. Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 167. doi:10.1016/j.dsr.2020.103425.
- SHEPARD, F. P. **Nomenclature Based on Sand-silt-clay Ratios.** 1954. SEPM J. Sediment. Res. doi:10.1306/d4269774-2b26-11d7-8648000102c1865d.
- SUMIDA, P. Y. G., YOSHINAGA, M. Y., MADUREIRA, L. A. S. P., & HOVLAND, M. **Seabed pockmarks associated with deepwater corals off SE Brazilian continental slope, Santos Basin.** 2004. Mar. Geol. 207, 159–167. doi:10.1016/j.margeo.2004.03.006.
- THURBER, A. R.; SWEETMAN, A. K.; NARAYANASWAMY, B. E.; JONES, D. O. B.; INGELS, J. & HANSMAN, R. L. **Ecosystem function and services provided by the deep sea.** 2014. Biogeosciences 11, 3941–3963. doi:10.5194/bg-11-3941-2014.
- VITAL, H., Da SILVEIRA, I. M. & AMARO, V. E. **Carta sedimentológica da plataforma continental brasileira- área Guamaré a Macau (NE Brasil), utilizando integração de dados geológicos e sensoriamento remoto.** 2005. Rev. Bras. Geofis. 23, 233–241. doi:10.1590/s0102-261x2005000300003.
- WÖFL, A. C., SNAITH, H., AMIREBRAHIMI, S., DEVEY, C. W., DORSCHER, B., FERRINI, V., *et al.* **Seafloor mapping - The challenge of a truly global ocean bathymetry.** 2019. Front. Mar. Sci. 6, 1–16. doi:10.3389/fmars.2019.00283.

12. Anexos

ANEXO I	Tabela com dados sedimentológicos PMA (2012 a 2019) e PCA (atual)
ANEXO II	Projetos e dados geográficos