



UFRJ

**GEODIVERSIDADE DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA
SUBMARINA DE VITÓRIA-TRINDADE:**

Construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do
assoalho oceânico

Maria Adelaide Mansini Maia

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de Mestre em Ciências (Geologia).

Orientador:

Prof. Dr. João Wagner de Alencar Castro (UFRJ)

Rio de Janeiro
Abril de 2013

**GEODIVERSIDADE DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA
SUBMARINA DE VITÓRIA-TRINDADE:**

Construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do
assoalho oceânico

Maria Adelaide Mansini Maia

Orientador: Prof. Dr. João Wagner de Alencar Castro (UFRJ)

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de
Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Geologia).

Aprovada por:



Presidente: Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seoane - Programa de
Pós-graduação em Geologia- UFRJ



Prof.^a Dr.^a Katia Leite Mansur - Programa de Pós-graduação em
Geologia- UFRJ



Dr. Cassio Roberto da Silva - Companhia de Pesquisa de Recursos
Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB)

Rio de Janeiro
Abril de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Maia, Maria Adelaide Mansini.

Geodiversidade das áreas adjacentes à Cadeia submarina de Vitória-Trindade: construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do assoalho oceânico / Maria Adelaide Mansini Maia. – Rio de Janeiro, 2013.

vxiii, 153 p. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
Orientador: João Wagner de Alencar Castro.

1. Geodiversidade. 2. Geologia marinha. 3. Cadeia
submarina Vitória-Trindade. I. Castro, João Wagner de Alencar.
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. III. Título.

CDD 551.098152

Dedico este trabalho aos meus pais Ovidio Sousa Maia (*in memoriam*) e

Maria Julia Mansini Maia.

À minha irmã Luciana Nascimento, às sobrinhas Louise e Ana Clara Nascimento e à
minha grade amiga, Tereza Dias, por saberem exatamente como me devolver o ânimo.

AGRADECIMENTOS

À CPRM/SGB, pelo apoio e liberação para participação no programa de pós-graduação da UFRJ, e à CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Petrobras, ao Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e ao Observatório Nacional pelos dados cedidos.

Ao meu orientador, Professor Doutor João Wagner, pela confiança, oportunidade e disponibilidade para me ensinar sobre a ciência do mar.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por todo o apoio e conhecimento transmitido.

Aos geólogos Cassio Roberto da Silva e Kaiser Gonçalves de Souza e à geógrafa Regina Gimenez, pelo incentivo para iniciar o mestrado e apoio para concluí-lo.

Aos geólogos Angélica Barreto, Edson Mendonça, Kátia Mansur, Leila Menegasse, Marcos Leite, Ivo Peçanha e Renata Schimitt, pelas valiosas sugestões e entusiasmantes discussões.

À Marina Perin, Livia Vargas de Souza e Cristiane Damazo, pela inestimável ajuda na elaboração das ilustrações, banco de dados, mapas e traduções.

À professora Sueli Cardoso de Araújo, por seu profissionalismo e companheirismo durante o longo processo de construção do texto e extenuante revisão linguística.

À Ana Mendes, Claudia Barros e Jaciara Silva, pelo apoio nessa etapa fundamental da minha vida profissional.

Aos parceiros do mestrado, em especial à Raquel Fonseca e Aline Meneguci, e àqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e de um sonho pessoal.

“Não é a terra que constitui a riqueza das nações, e ninguém se convence de que a educação não tem preço”.

Rui Barbosa

RESUMO

GEODIVERSIDADE DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA SUBMARINA DE VITÓRIA-TRINDADE:

Construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do assoalho oceânico

Maria Adelaide Mansini Maia

Orientador: Prof^o Dr^o João Wagner Alencar Castro (UFRJ)

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Geologia).

O conhecimento da geodiversidade marinha possibilita a análise da influência dos aspectos geológicos na geração das paisagens marinhas, parâmetros oceanográficos, depósitos minerais, risco geológico, geoconservação, relações de apoio à biodiversidade, uso e ocupação, dentre outros, explicitando as suas adequabilidades e limitações frente aos diversos usos e à ocupação, permitindo, dessa forma, uma visão integrada da dinâmica e dos processos geológicos ocorrentes nas margens continentais e bacias oceânicas. Objetiva-se, com o presente estudo, apresentar um modelo conceitual para caracterização da geodiversidade marinha da região da Cadeia de montes vulcânicos submarinos de Vitória-Trindade e áreas adjacentes, Atlântico Sul, por meio da construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do assoalho oceânico. Os resultados obtidos visam à orientação de futuros levantamentos da geodiversidade na Plataforma Continental Jurídica Brasileira e áreas adjacentes, no âmbito das 200 milhas náuticas da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Como procedimento metodológico, foram analisados, em ambiente de sistema de informação geográfica, dados batimétricos, geológicos, geofísicos, ambientais e de uso e ocupação disponíveis na literatura e em bancos de dados institucionais. A integração desses dados resultou no Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia submarina de Vitória-Trindade, abordando aspectos morfofisiográficos e da geologia superficial do assoalho marinho da região. Os resultados obtidos relatam importantes registros de interesse científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul; potencial para usos diversos, aspectos restritivos geológico, ambientais e legais; e aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade, associados a valores científicos, ambientais, econômicos, educativos e geoturísticos da geodiversidade.

Palavras-chave: Geodiversidade Marinha; Cadeia de Montes Submarinos Vitória-Trindade.

ABSTRACT**GEODIVERSITY OF THE VITÓRIA-TRINDADE SEAMOUNTS CHAIN
ADJACENTS AREA:** Construction and application of a model of a compartmentation
model in the macroscale ocean floor

Maria Adelaide Mansini Maia

Orientador: Prof^o Dr^o João Wagner Alencar Castro (UFRJ)

Abstract da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Geologia).

Knowledge of marine geodiversity turns possible the analysis about the influence of geological aspects to generate marine landscapes, oceanographic parameters, mineral deposits, geohazard, geoconservation, relations to support biodiversity, use and occupation and other topics, explaining its suitability and limitation when facing diverse uses and occupation allowing integrated view of the dynamics and occurring processes in continental margins and oceanic basins. The aim of this study is to present a conceptual model so as to characterize marine geodiversity at the region of Vitória-Trindade seamount Chain and its surroundings in South Atlantic, southeast of Brazil, by means of construction and application of an arrangement model in macroscale of seafloor. Results aims at guiding future orientation about future surveys on geodiversity at juridical brazilian continental shelf and adjacent areas, under the 200 nautical miles of brazilian exclusive economic zone. As methodology procedure, was analysed in the environment of geographic information system the geological, geophysical, environmental and use-occupation, bathymetric data available in literature and in institutional database. Integration of these data led to the elaboration of geodiversity map of adjacent areas of the Vitória-Trindade seamount Chain, approaching morfophysiographic aspects and of superficial geology of seafloor. Results include important record of scientific and educational interest about geological history of the East Brazilian continental margin and the South Atlantic; potential for diverse uses; geological, environmental and legal restraining aspects; and functional aspects and support to biodiversity associated to scientific, environmental, economic, educational and geotouristic values of geodiversity.

Key-Words: Marine Geodiversity; Vitória-Trindade Seamounts Chain.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo geral	3
1.3.1 Objetivos específicos	4
1.4 JUSTIFICATIVAS	4
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1 GEODIVERSIDADE: CONCEITOS E APLICAÇÕES	6
2.1.1 Estudos sobre a geodiversidade no Brasil	9
2.1.2 Geodiversidade marinha	11
2.2 MORFODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO EM AMBIENTE MARINHO	14
2.2.1 Margem continental	15
2.2.1.1 Plataforma continental	15
2.2.1.2 Talude continental	16
2.2.1.3 Sopé ou elevação continental	16
2.2.2 Bacias oceânicas	17
2.2.3 Cordilheira Meso-Oceânica	17
2.3 SEDIMENTAÇÃO MARINHA	18
3 DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO	25
3.1 ASPECTOS GERAIS	25
3.2 GEOLOGIA	27
3.2.1 Cadeia Vitória-Trindade	29
3.2.1.1 Porção emersa	29
3.2.1.2 Porção submersa	31
3.2.1.3 Origem da Cadeia Vitória-Trindade	32
3.2.2 Bacia do Espírito Santo	34
3.3 GEOMORFOLOGIA	36
3.3.1 Porção emersa (ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz)	36
3.3.2 Províncias fisiográficas marinhas	39
3.4 OCEANOGRAFIA	40

4 MATERIAIS E MÉTODO	42
4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	42
4.2 FONTE DE DADOS E ORGANIZAÇÃO EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	42
4.3 MAPA BATIMÉTRICO REGIONAL	48
4.4 PRODUTOS DERIVADOS DO MODELO DIGITAL DO FUNDO OCEÂNICO	51
4.4.1 Curvas e intervalos batimétricos	51
4.4.2 Modelo digital de elevação do assoalho oceânico	52
4.4.3 Mapa hipsométrico	52
4.4.4 Relevô sombreado	53
4.4.5 Mapa de declividade	54
4.4.6 Perfis batimétricos	55
4.5 COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA DO ASSOALHO OCEÂNICO	55
4.6 MAPA DA GEOLOGIA SUPERFICIAL DO ASSOALHO OCEÂNICO	58
4.7 MODELO CONCEITUAL PARA CARACTERIZAÇÃO DA GEODIVERSIDADE MARINHA	59
4.7.1 Compartimentação da geodiversidade marinha	61
4.7.2 Valores da geodiversidade	63
4.7.3 Indicação de áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
5.1 MAPA BATIMÉTRICO REGIONAL	66
5.2 COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA DO ASSOALHO OCEÂNICO	69
5.2.1 Plataforma continental do Espírito Santo	71
5.2.1.1 Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos	73
5.2.1.2 Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos	75
5.2.2 Talude continental do Espírito Santo	76
5.2.3 Sopé continental do Brasil	80
5.2.3.1 Sopé continental do Espírito Santo	81
5.2.3.2 Platô de São Paulo	82
5.2.3.3 Cadeia Vitória-Trindade e montes submarinos isolados	83
5.2.4 Planície abissal do Brasil	85
5.2.5 Cordilheira Mesoatlântica	86
5.3 GEOLOGIA SUPERFICIAL DO ASSOALHO OCEÂNICO	88
5.3.1 Depósitos sedimentares superficiais	90
5.3.1.1 Depósitos sedimentares superficiais da plataforma continental	91
5.3.1.2 Depósitos sedimentares na bacia oceânica	96

5.4 COMPARTIMENTOS DA GEODIVERSIDADE MARINHA DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA VITÓRIA-TRINDADE	96
5.4.1 Plataforma continental do Espírito Santo	98
5.4.1.1 Bioconstruções holocênicas na Plataforma continental do Espírito Santo	100
5.4.1.2 Depósitos terrígenos holocênicos na Plataforma continental do Espírito Santo	102
5.4.1.3 Depósitos bioclásticos holocênicos na Plataforma continental do Espírito Santo	106
5.4.2 Talude continental do Espírito Santo	107
5.4.2.1 Depósitos de fluxo gravitacional e movimentos de massa holocênicos no Talude continental do Espírito Santo	108
5.4.3 Sopé continental do Espírito Santo	109
5.4.3.1 Sistemas turbidíticos e leques submarinos cenozoicos do Platô de São Paulo	109
5.4.3.2 Halocinese no Platô de São Paulo	110
5.4.3.3 Depósitos pelágicos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo	112
5.4.3.4 Depósitos de canais submarinos profundos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo	115
5.4.3.5 Depósitos autigênicos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo	116
5.4.3.6 Bioconstruções em bancos submarinos oceânicos	118
5.4.3.7 Lavas e intrusões de rochas vulcânicas sódico-alcalinas subsaturadas em sílica da porção submersa da Cadeia Vitória-Trindade (montes e bancos submarinos)	119
5.4.3.8 Intrusões de rochas vulcânicas de composição e idade indeterminadas em montes submarinos isolados no Sopé continental do Espírito Santo	123
5.4.4 Planície abissal do Brasil	124
5.4.4.1 Depósitos pelágicos e turbiditos cenozoicos associados a rochas vulcânicas da crosta oceânica na Planície abissal do Brasil	124
5.4.4.2 Lavas e intrusões de rochas sódico-alcalinas subsaturadas em sílica, piroclastos diversos e depósitos holocênicos da porção emersa da Cadeia Vitória-Trindade (ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz)	125
5.4.5 Cordilheira Mesoatlântica	127
5.4.5.1 Derrames de rochas vulcânicas da crosta oceânica e zona de ascensão magmática do flanco oeste da Cordilheira mesoatlântica associada à sedimentação pelágica terrígena e vulcanogênica cenozoica	127
5.5 VALORES E ÁREAS-CHAVES REPRESENTATIVAS DA GEODIVERSIDADE MARINHA DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA VITÓRIA-TRINDADE	129
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
APÊNDICE A - Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade	153

LISTA DE FIGURAS

1	Mapa de localização da área de estudo, localizada no sudeste brasileiro, oceano Atlântico. Dados batimétricos oriundos do Atlas GEBCO_08.	3
2	Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade.	7
3	Extensão territorial da geodiversidade brasileira, constituída pela porção emersa continental (em cores) e marinha (delimitada em azul), constituindo a zona econômica exclusiva. As cores correspondem aos Domínios Geológico-Ambientais estabelecidos na escala 1:2.500.000.	11
4	Blocos selecionados pelo Geological Conservation Review, no mar do Norte, exemplificando área-chave da geodiversidade marinha escocesa afetada por diapiroísmo (The Pilot Whale Diapirs: (a) mapa mostrando a localização, (b) relevo sombreado com exagero vertical de 5 x; (c) imagens multifeixe do leito marinho.	13
5	Seção esquemática da margem continental do tipo “Atlântica” e área oceânica adjacente.	14
6	Diferentes ambientes de sedimentação costeira e fontes de sedimentos.	19
7	Esquema de representação dos principais processos sedimentares desenvolvidos com a passagem da corrente de fundo sobre a plataforma e talude continental. BC – Corrente do Brasil, BICC – Corrente de Contorno Intermediária do Brasil, SC – Corrente de Plataforma, STC – Cânions de São Tomé na Bacia de Campos, sw – ondas de areia, gd – depósito de cascalho (siglas em inglês).	22
8	Modelos de feições arenosas em plataformas dominadas por correntes de maré.	23
9	Processos deposicionais em talude continental, sopé continental e bacia oceânica.	24
10	Reconstituição paleogeográfica da abertura do oceano Atlântico sul durante o final do Aptiano, mostrando o controle deposicional pelas principais feições estruturais da época, o alto estrutural do lineamento Pernambuco-Ngaoundéré e a Cadeia Rio Grande-Walvis. Em laranja, áreas cratônicas; em amarelo, bacias sedimentares interiores; (v) simbologia representativa de rochas vulcânicas provenientes da abertura do oceano Atlântico.	28
11	Mapa geológico simplificado da ilha da Trindade.	30
12	Alinhamento de rochas alcalinas entre Poços de Caldas (MG) e Cabo Frio (RJ), com deflexão NE, na área oceânica, formando a Cadeia Vitória-Trindade. Posição hipotética inicial (a) e final (b) da porção sudeste da Placa Sul Americana durante o deslocamento para oeste.	33
13	Mapa de batimetria e gravimetria predita mostrando o traçado da zona de fratura de Vitória-Trindade.	34
14	Seção geossísmica esquemática da bacia do Espírito Santo, mostrando arcabouço estrutural-estratigráfico das sequências sin-rifte e pós-rifte.	35
15	Porção emersa da Cadeia Vitoria-Trindade: vista aérea (a) e geral (b) da ilha oceânica da Trindade.	37

16	Porção emersa da Cadeia Vitoria-Trindade: vista aérea (a) e geral (b) do arquipélago de Martin Vaz.	38
17	Feições fisiográficas da margem continental e áreas adjacentes presentes na área de estudo.	40
18	Representação simplificada da circulação oceânica e direção do vento na Plataforma continental brasileira.	41
19	Localização dos pontos de amostragem para coleta de sedimentos superficiais e <i>Piston Corer</i> utilizados no estudo.	44
20	Distribuição dos pontos utilizados para comparação da profundidade. O fundo em azul representa os dados provenientes do Atlas GEBCO_08; o retângulo representa a área coberta pela carta náutica; os pontos amarelos correspondem aos pontos de profundidade cotados pelo IBGE; os pontos em vermelho correspondem aos pontos de profundidade oriundos dos poços de petróleo cadastrados na ANP.	50
21	Mapa hipsométrico sobreposto ao relevo sombreado. Dados batimétricos oriundos do Atlas GEBCO_08.	53
22	Etapas de elaboração do modelo conceitual para caracterização da geodiversidade marinha e aplicação nas áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade.	60
23	Mapa batimétrico regional e modelo digital do assoalho oceânico, elaborados a partir de dados do Atlas GEBCO_08; exagero vertical de 25 x.	66
24	Mapa da compartimentação fisiográfica das áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade.	70
25	(a) Relevo sombreado do fundo marinho da Plataforma continental do Espírito Santo; (b) perfil batimétrico da Plataforma continental de São Mateus-Abrolhos (linha amarela); (c) perfil batimétrico da Plataforma continental de Regência (linha vermelha). Perfis perpendiculares à linha de costa elaborados a partir do Atlas GEBCO-08; o ponto amarelo representa o limite entre as plataformas interna e externa; iluminação artificial: 45° de altitude e 135° de azimute; exagero vertical de 50 x.	72
26	Vales incisivos extraídos automaticamente do Atlas GEBCO_08 (linha amarela). O padrão de drenagem sugerem conexão entre os vales a drenagem da região continental. Espaçamento das curvas batimétricas de 5 m (linha cinza). Imagem GeoCover utilizada como fundo (S-24-15-2000 e S-24-29-2000).	74
27	Perfil batimétrico paralelo à costa, na Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos. O retângulo vermelho indica a região onde se observam os desníveis no terreno formando patamares.	76
28	(a) Relevo sombreado do Talude continental do Espírito Santo e áreas adjacentes; (b) perfil batimétrico da porção norte do talude continental; (c) perfil batimétrico da porção sul do talude continental. Perfis perpendiculares à Plataforma continental elaborados a partir do Atlas GEBCO-08; o ponto amarelo representa o local de quebra da plataforma; iluminação artificial: 45° de altitude e 135° de azimute; exagero vertical de 50 x.	77

- 29** Detalhe da área de ocorrência de cânions e ravinas na porção sul do Talude continental do Espírito Santo (área hachurada): (a) cânion do rio Doce; (b) cânion Watu Norte. Em vermelho estão delimitadas feições possivelmente associadas aos cânions demarcados por meio de análise do modelo digital e traçado das curvas batimétricas (linha branca); a linha amarela corresponde aos canais submarinos extraídos de forma automatizada do Atlas GEBCO_08. 79
- 30** Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico, com destaque para o Sopé continental do Espírito Santo, Cadeia Vitória-Trindade e Platô de São Paulo. Iluminação artificial: 45° de altitude e 135° de azimute; exagero vertical de 25 x. 80
- 31** Seção sísmica da linha 500-0514 levantada pelo LEPLAC. 81
- 32** Região sul da área de estudo correspondendo ao Platô de São Paulo - setor Rio de Janeiro (imagem em cinza claro). Observa-se a presença de complexa rede de cânions, canais submarinos e sistemas turbidíticos. As linhas amarelas representam o traçado de possíveis canais submersos extraídos de forma automatizada a partir do Atlas GEBCO_08. 83
- 33** Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico da Cadeia Vitória-Trindade. Iluminação artificial: 45° de altitude e 45° de azimute; exagero vertical de 25 x. 84
- 34** Perfil batimétrico dos montes Almirante Saldanha e São Tomé, ao sul da Cadeia Vitória-Trindade. Exagero vertical de 25 x. 85
- 35** Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico do Sopé continental do Espírito Santo e Planície abissal do Brasil (linha branca). Iluminação artificial: 45° de altitude e 45° de azimute; exagero vertical de 25x. 86
- 36** Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico da Cordilheira Mesoatlântica, com destaque para as zonas de fraturas. Notar o forte lineamento de direção aproximada W-E (retângulo vermelho). Iluminação artificial: 45° de altitude e 0° de azimute para ressaltar o padrão estrutural; exagero vertical de 55 x. 87
- 37** Mapa da geologia superficial do assoalho oceânico das áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade. 89
- 38** Mapa de espessura total de sedimentos e idade da crosta oceânica na área de estudo. 90
- 39** Distribuição das amostras de sedimentos superficiais armazenadas no Banco Nacional de Dados Oceanográficos, contempladas na área de estudo. Classificação segundo proposta de Dias et al. (2008). Total de 1.136 amostras. 92
- 40** Detalhe do Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A), na região da plataforma e talude continentais do Espírito Santo e platô São Paulo. As siglas alfanuméricas (ex. 1.a) correspondem aos compartimentos da geodiversidade apresentados no quadro 9. 99
- 41** Principais fontes de sedimentos para a plataforma continental. a) falésias da Formação Barreiras na região sul da área; b) campos de dunas de Itaúnas, no norte do estado. 103
- 42** Obras de contenção de erosão costeira, com estruturas de enrocamento circular, visando ao acúmulo de sedimentos. Conceição da Barra, foz do rio São Mateus, Espírito Santo (ES). 105

- 43** Detalhe do Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A), na região do sopé continental do estado do Espírito Santo e Cadeia Vitória-Trindade. As siglas alfanuméricas (ex. 7.a) correspondem aos compartimentos da geodiversidade apresentados no quadro 9. 113
- 44** Concreções metálicas no assoalho oceânico da região do monte Dogaressa. Coordenadas: 20.700S e 33.33.750W, profundidade -1.770 m. 117
- 45** Detalhe do Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A), na região do Sopé continental do Espírito Santo, Planície abissal do Brasil e flanco oeste da cordilheira Mesoatlântica. As siglas alfanuméricas (ex. 13.a) correspondem aos compartimentos da geodiversidade apresentados no quadro 9. 120
- 46** Perfil geológico dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade, com base na interpretação dos dados sísmicos por Alves et al. (2006): A) banco de Dogaressa (DGR), parte central da CVT; B) vulcão Trindade do Norte (TRN-N), extremo leste da CVT. 121
- 47** Marcas onduladas produzidas por correntes oceânicas de assoalho entre os montes Montague e Jaseur. Coordenadas: 20.367S e 36.367W, profundidade -887 m. 122
- 48** Movimento de massa em encostas da praia do Túnel (Ilha da Trindade). 126

LISTA DE GRÁFICOS

- 1 Classificação textural das amostras de sedimentos superficiais na Plataforma continental do Espírito Santo, segundo proposta de Dias et al. (2008). Total de amostras: 1.091. 93
- 2 Classificação textural das amostras de sedimentos superficiais na Plataforma continental do Espírito Santo, segundo proposta de Dias et al. (2008): a) Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos (62 amostras); b) Plataforma continental interna de Regência (450 amostras); c) Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos (264 amostras); d) Plataforma continental externa de Regência (275 amostras). 94
- 3 Classificação das amostras de sedimentos superficiais na Plataforma continental do Espírito Santo e áreas adjacentes quanto ao teor de carbonato de cálcio, segundo proposta de Larssonneur (1977 apud Albino, 1999). Total de amostras: 340. 95

LISTA DE QUADROS

1	Descrição, formato original e fonte dos dados utilizados na pesquisa.	45
2	Temas e parâmetros utilizados na pesquisa.	48
3	Fontes consultadas de dados batimétricos.	49
4	Distribuição dos intervalos batimétricos em classes de profundidade.	52
5	Distribuição dos intervalos de declividade.	54
6	Critérios utilizados na elaboração do modelo de compartimentação da geodiversidade marinha.	62
7	Valores da geodiversidade propostos por Gray (2004 apud Mochiutti et al., 2012) (modificado por Maia et al. 2012).	64
8	Proposta de temas de interesse para estabelecimento das áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área de estudo.	65
9	Compartimentos da geodiversidade das áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade.	97
10	Áreas-chaves representativas da geodiversidade da Cadeia Vitória-Trindade e áreas oceânicas adjacentes.	130

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
APA	Área de Proteção Ambiental
ASCII	American Standard Code Information Interchange
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
BODC	British Oceanographic Data Center
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CLPC	Comissão de Limites da Plataforma Continental
CMA	Cordilheira Mesoatlântica
CMO	Cordilheira Meso-Oceânica
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CVT	Cadeia Vitória-Trindade
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
GCR	Geological Conservation Review
GEBCO	General Bathymetric Chart of the Oceans
IDW	Inverse Distance Weighting
LDGO	Lamont-Doherty Geological Observatory
MDT	Modelo Digital de Terreno
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PAB	Planície Abissal do Brasil
PCER	Plataforma Continental Externa de Regência
PCES	Plataforma Continental do Espírito Santo
PCESM	Plataforma Continental Externa de São Mateus-Abrolhos
PCIR	Plataforma Continental Interna de Regência
PCISM	Plataforma Continental Interna de São Mateus-Abrolhos
PCJB	Plataforma Continental Jurídica Brasileira
PCR	Plataforma Continental de Regência
PCSM	Plataforma Continental de São Mateus-Abrolhos
PGB	Programa Geologia do Brasil
PSRM	Plano Setorial para os Recursos do Mar
SCES	Sopé Continental do Espírito Santo
SGB	Serviço Geológico do Brasil

SIG	Sistema de Informação Geográfica
TCES	Talude Continental do Espírito Santo
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UGGI	União Geodésica e Geofísica Internacional
ZEE	Zona Econômica Exclusiva
ZFVT	Zona de Fratura Vitória-Trindade
WGS	World Geodetic System

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido no âmbito do Programa Geologia do Brasil (PGB)/Levantamento da Geodiversidade, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) e do Projeto Ilhas Costeiras e Oceânicas Brasileiras: Gênese, Geodiversidade e Controle Ambiental – Sigma: 10244, coordenado pelo Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente (LAGECOST) – Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O termo “geodiversidade” surgiu na década de 1990, como equivalente de “biodiversidade”, de forma a definir o componente abiótico da natureza (BRILHA, 2005; GRAY, 2004, 2008). Ao longo dos anos seguintes, o conceito de geodiversidade consolidou-se, assumindo a mesma importância que o de biodiversidade.

A aplicação do conceito de geodiversidade em áreas continentais é relativamente comum, com metodologia em fase de consolidação. Os estudos são focados no levantamento do patrimônio geológico, geoconservação, geoturismo, relações com a biodiversidade e como forma de fomentar as políticas de gestão pública (CPRM, 2006; MANSUR; NASCIMENTO, 2007; NASCIMENTO et al., 2008; SCHOBENHAUS, 2006; SILVA, 2008).

Entretanto, em área marinha, esse tema é pouco abordado, com aplicações restritas a porções emersas das ilhas oceânicas ou a ambientes costeiros, como os trabalhos realizados nas ilhas dos Açores e mares da Inglaterra e Escócia (BROOKS et al., 2011; FELTON, 2010; GORDON; BARRON, 2011; KASKELA et al., 2012; NUNES et al., 2007; ROVERE et al., 2011). O primeiro trabalho em área essencialmente marinha, envolvendo o fundo oceânico, foi apresentado por Brooks et al. (2011, 2012), com o levantamento da geodiversidade marinha escocesa.

O termo “geodiversidade marinha” é proposto, por este trabalho, como a variedade da natureza abiótica presente nos assoalhos oceânicos, bem como a compartimentação morfológica desses ambientes originada por processos geológicos, tais como tectonismo, vulcanismo, sedimentação, deposição e metalogênese.

A área escolhida para estudo apresenta contexto geológico associado a intenso tectonismo e magmatismo cenozoicos que marcaram a evolução tectonoestratigráfica das bacias marginais brasileiras. A evolução geológica, associada à sedimentação em mar aberto e à ação biogênica, conferiu à região grande diversidade de paisagens, tornando-a uma das mais peculiares da margem continental brasileira. Destacam-se, nesse cenário, o expressivo alargamento da plataforma continental na região do Complexo Vulcanossedimentar de Abrolhos, inúmeros cânions e elevações da própria Cadeia Submarina de Vitória-Trindade, denominada doravante de Cadeia Vitória-Trindade (CVT), que emerge do assoalho oceânico, ultrapassa o nível do mar e forma a ilha da Trindade e o arquipélago de Martin Vaz.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada engloba a CVT e áreas oceânicas adjacente, localizada no sudeste da costa brasileira, a leste do Estado do Espírito Santo, no oceano Atlântico Sul. O estudo se restringe às 200 milhas náuticas da Zona Econômica Exclusiva (ZEE), incluindo a porção proposta para extensão da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB), contidas no polígono de coordenadas geográficas 17°00'00"S e 24°45'00"S (latitudes) e 41°20'00"W e 25°06'30"W (longitudes). A área estudada perfaz cerca de 838.000 km² (Figura 1).

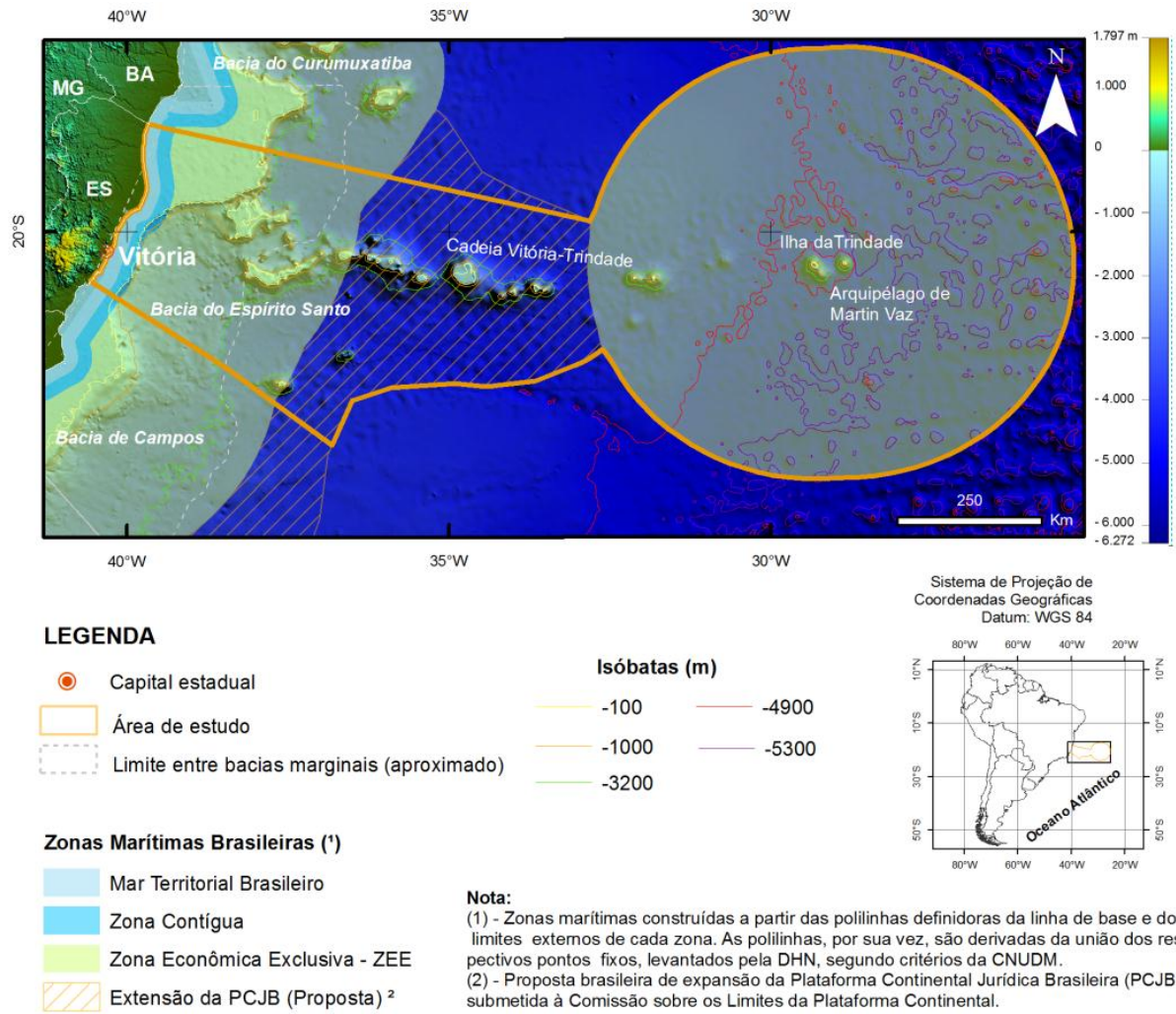


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, localizada no sudeste brasileiro, oceano Atlântico.
Fonte: Dados batimétricos oriundos do Atlas GEBCO_08.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo é a elaboração de um modelo conceitual para caracterização da geodiversidade marinha da CVT e assoalho oceânico adjacente, em macroescala, utilizando-se da análise integrada de dados preexistentes em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

1.3.1 Objetivos específicos

- Estabelecimento de parâmetros de análise do modelo conceitual de caracterização da geodiversidade marinha.
- Elaboração dos mapas: Batimétrico Regional; Compartimentação Fisiográfica do Assoalho Oceânico; Geologia Superficial do Assoalho Oceânico; Geodiversidade da CVT e áreas adjacentes.
- Indicação de áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área estudada.

1.4 JUSTIFICATIVAS

A escolha do tema desta pesquisa deveu-se a três fatores intrinsecamente relacionados. Primeiramente, o interesse científico relacionado aos ambientes geológicos que deram origem à área de estudo e a carência de métodos e de parâmetros para abordagem da geodiversidade em ambientes marinhos.

Outro aspecto considerado foi a possibilidade de análise e integração, em ambiente SIG, das inúmeras informações adquiridas em levantamentos pretéritos, bancos de dados e relatórios, distribuídas em instituições de pesquisa e ensino, agências regulamentadoras e empresas de prospecção de óleo e gás.

Considerou-se, também, na consecução desta pesquisa, a possibilidade de fornecer subsídios às atuais discussões para definição do novo marco regulatório da mineração brasileira e ao interesse do governo brasileiro na região da CVT e seu entorno, no pleito para expansão da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB) além das 200 milhas náuticas, junto à Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC), aliado à importância dessas elevações no contexto ambiental, científico e econômico.

A implantação de tal metodologia possibilitará o conhecimento sobre os ambientes e processos geológicos formadores e modificadores do meio marinho da área de estudo, assim como contribuirá para orientação de futuros levantamentos da geodiversidade na PCJB e áreas adjacentes.

Desse modo, as informações geradas pelo levantamento da geodiversidade marinha podem ser utilizadas em temas como:

- Caracterização geológica, sedimentológica e geomorfológica do fundo oceânico.
- Implicações oceanográficas, tais como interferência em padrões e direção de correntes marítimas e na distribuição dos sedimentos.
- Identificação do potencial mineral e estabelecimento de áreas de relevante interesse mineral.
- Indicação de áreas localizadas em regiões costeiras e marinha rasa de fácil acesso que disponham de infraestrutura que possam ser utilizadas para a prática do geoturismo.
- Indicação de áreas com instabilidade nos taludes submarinos, tais como movimentos de massa submarinos.
- Valoração do patrimônio geológico, por meio da indicação de áreas potenciais à criação de sítios geológicos e geoparques marinhos, cujo interesse pode vir a incentivar o geoturismo costeiro e marinho de uma região.
- Auxílio no entendimento das relações com a biodiversidade, principalmente de espécies cuja distribuição encontra-se associada à morfologia e constituição do substrato marinho.
- Identificação de áreas com conflito de interesse, com presença de atividade humana, de turismo e de infraestrutura (mergulho, pesca, maricultura, cabos submarinos, rotas marítimas etc.) em áreas de proteção ambiental, de defesa nacional, de interesse mineral e risco geológico.
- Fornecimento de informações sobre o meio físico capaz subsidiar as tomadas de decisões em áreas identificadas com conflito de interesse.
- Contribuição para a educação e popularização das geociências.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Face às diferentes nomenclaturas e definições encontradas na literatura sobre feições fisiográficas e processos sedimentares existentes em ambiente marinho, torna-se necessária a exposição dos termos e conceitos adotados no presente estudo.

2.1 GEODIVERSIDADE: CONCEITOS E APLICAÇÕES

O conceito de geodiversidade surgiu no final dos anos de 1990, como ferramenta aplicada à gestão de áreas protegidas e como contraponto a “biodiversidade”, em função da necessidade de um termo que englobasse os elementos abióticos do ambiente natural (SERRANO; RUIZ FLAÑO, 2007). O termo foi empregado pela primeira vez em 1993, na Conferência de Malvern (Reino Unido), sobre Conservação Geológica e Paisagística (GRAY, 2004).

Segundo a definição proposta por Royal Society for Nature Conservation (UK) (BRILHA, 2005, p. 17), “a geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos activos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra”.

Kozłowski (2004) inclui, na definição de geodiversidade, a componente antropogênica, já que o homem é o principal agente modificador da paisagem.

Os valores da geodiversidade foram estabelecidos devido à necessidade de proteção e conservação do patrimônio geológico. Gray (2004 apud BRILHA, 2005) estabelece os seguintes valores para a geodiversidade: intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional, constituindo, assim, a base para o conceito de geoconservação.

As abordagens iniciais da geodiversidade associavam o termo ao conceito de geoconservação do patrimônio geológico, visando à preservação de recursos naturais, científicos, paisagísticos e culturais (CANĂDAS; FLĂNO, 2007; GRAY, 2004, 2008; RUBAN, 2010; STANLEY, 2001a, 2009).

Nos últimos anos, os pesquisadores, principalmente europeus e australianos, vêm utilizando o conceito de geodiversidade na abordagem de temas diversos, como: relação geodiversidade-biodiversidade, distribuição das espécies no *habitat*, mudanças climáticas,

impactos sobre o meio ambiente, subsídios à legislação, saúde da população (geologia médica), relação da ocupação do homem no espaço geográfico, gestão de bacias, gestão territorial etc. (AZEVEDO, 2007; BOOTH; BRAYSON, 2011; GORDON; BARRON, 2011; JAČKOVÁ; ROMPORTL, 2008; PETRISOR; SÂRBU, 2010) (Figura 2).



Figura 2 – Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade.
 Fonte: Silva et al. (2008a, p. 182).

Com isso, o conceito de geodiversidade vem sendo ampliado, assim como os métodos utilizados para sua análise. Atualmente, os estudos sobre a geodiversidade têm se voltado para o estabelecimento de métodos de quantificação da geodiversidade e de sua variação espacial. Tal quantificação pode ser expressa pela quantidade de sítios geológicos (RUBAN, 2010) ou pelo estabelecimento de equações matemáticas que exprimem os índices de geodiversidade com base em parâmetros do meio físico, tais como litologia, geomorfologia, solos etc. (CANÃDAS; FLÃNO, 2007; GRAY, 2004; HJORT; LUOTO, 2010; ORSI, 2011).

Segundo Ondicol (2011), os métodos para quantificar a geodiversidade se dividem em dois grupos: diretos e indiretos. Os diretos calculam os índices a partir de atribuições de valores a elementos da geodiversidade (solos, rochas, minerais, fósseis, formas de relevo e recursos hídricos). Os indiretos buscam estabelecer valores de geodiversidade a partir de indicadores que a induzem (rugosidade do terreno, orientação das feições morfológicas,

clima), por meio da análise de ortofotografias, imagens de satélites e modelos digitais do terreno.

O primeiro e mais utilizado índice de geodiversidade é de autoria de Canãdas e Flaño (2007), no qual a geodiversidade de uma área é expressa pela variedade de elementos físicos (litologia, estrutura geológica, geomorfologia, hidrologia, solos) e pela rugosidade da superfície da unidade, expressa pela declividade do terreno.

Xavier da Silva et al. (2001) instituem indicadores de geodiversidade (específica, específica posicional, múltipla, múltipla posicional, múltipla ponderada, múltipla ponderada posicional), com o objetivo de representar a variabilidade de características ambientais de determinada área. Tais indicadores são estabelecidos de forma quantitativa – a partir de parâmetros ambientais tais como geologia, vegetação, solos, dentre outros – e em ambiente georreferenciado, por meio de tratamentos estatísticos, com base em matrizes de correlação, cuja metodologia foi preconizada pelo Laboratório de Geoprocessamento Aplicado da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LGA-UFRJ), sendo expresso pela fórmula:

$$K (I) / A \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

K = Coeficiente empregado para manter os algoritmos significativos do indicador oscilando entre décimos e centenas de unidades; em geral, K = 1000

I = Indicador de geodiversidade múltipla (somatório das geodiversidades específicas)

A = Extensão territorial da feição ambiental

Segundo Hjort e Luoto (2010), os trabalhos futuros envolvendo a quantificação da geodiversidade devem abranger aspectos como: quantificação dos padrões espaciais da geodiversidade em diferentes ambientes, determinação dos principais fatores que controlam a variabilidade da geodiversidade e definição das relações de ligação entre geodiversidade e biodiversidade.

2.1.1 Estudos sobre a geodiversidade no Brasil

Os conceitos de geodiversidade no Brasil se desenvolveram praticamente de forma simultânea ao pensamento internacional, com foco principal direcionado para a caracterização e quantificação do patrimônio geológico (geossítios e geoparques), visando à geoconservação e ao geoturismo, embora estudos voltados para o planejamento territorial também sejam considerados (SILVA et al., 2008b). Esforços nesse sentido são observados em inúmeros trabalhos científicos realizados em todo o território nacional e em programas de levantamento e divulgação do patrimônio geológico.

Segundo Silva et al. (2008a), a aplicação dos estudos da geodiversidade voltada para o planejamento territorial funcionaria como indicador das aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como dos impactos advindos de seu uso inadequado do ponto de vista geológico.

No âmbito de programas institucionais, vêm sendo realizados, desde 2006, pela CPRM/SGB, levantamentos regionais e sistemáticos da geodiversidade brasileira, que visam a disponibilizar a diversos segmentos da sociedade uma tradução do conhecimento geológico-científico da porção emersa do território nacional, com o objetivo de contribuir para a elaboração das macrodiretrizes do planejamento estadual, trazendo seus aspectos relevantes sobre as potencialidades e limitações de cada unidade geológico-ambiental.

As iniciativas governamentais para a geoconservação no território brasileiro são desenvolvidas, principalmente, pelos seguintes projetos e programas: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), que realiza, desde 1997, o inventário dos geossítios brasileiros; Programa Geoparques, criado em 2006 pela CPRM/SGB, com o objetivo de avaliar e caracterizar áreas potenciais à criação de geoparques (SCHOBENHAUS; SILVA, 2010); Projeto Caminhos Geológicos, do Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ); Programa Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná (MINEROPAR).

Institucionalmente, a CPRM/SGB define geodiversidade como:

O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (CPRM, 2006 apud SILVA, 2008b, p. 12).

Nos trabalhos realizados pela CPRM/SGB (2006), a geodiversidade de uma área é definida de forma qualitativa, com o estabelecimento dos grandes geossistemas formadores do território nacional, por meio da definição de domínio e unidades geológico-ambientais, destacando suas limitações e potencialidades frente ao uso e à ocupação diversos (agricultura, obras de engenharia, fontes contaminadoras, potencial hidrogeológico, recursos minerais, potencial geoturístico), considerando a constituição litológica da supraestrutura e da infraestrutura geológica, agregadas às informações geomorfológicas e pedológicas.

Como domínio geológico-ambiental entende-se um agrupamento de unidades litoestratigráficas de comportamento semelhante frente ao uso e à ocupação, definido por meio de critérios como: idade, posicionamento tectônico, nível crustal, classe da rocha (se ígnea, sedimentar ou metamórfica), grau de coesão, textura, composição, tipos e graus de deformação, expressividade do corpo rochoso, tipos de metamorfismo, expressão geomorfológica e/ou litotipos especiais (RAMOS et al., 2005, 2006). Utilizando-se esse conceito, a geodiversidade da porção emersa do território brasileiro é demonstrada a partir de 21 domínios geológico-ambientais, subdivididos em 108 unidades geológico-ambientais, na escala 1:2.500.000, como, por exemplo, coberturas sedimentares fanerozoicas inconsolidadas ou muito pouco consolidadas e rochas vulcânicas extrusivas e intrusivas cenozoicas e mesozoicas (Figura 3).

A CPRM/SGB vem procedendo a levantamentos da geodiversidade direcionados ao macroplanejamento e ordenamento territorial das porções emersas dos estados brasileiros e em regiões de fronteira.

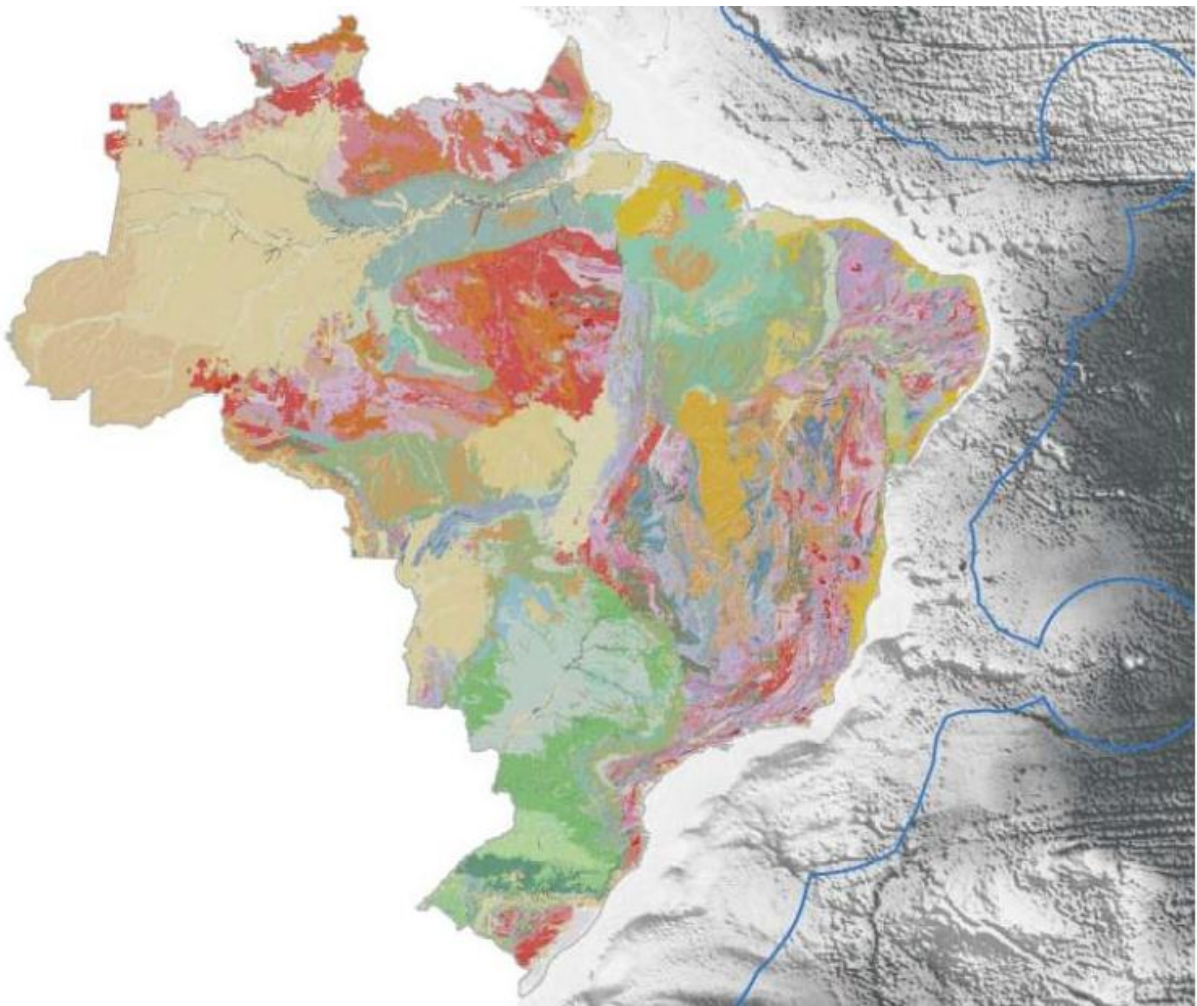


Figura 3 – Extensão territorial da geodiversidade brasileira, constituída pela porção emersa continental (em cores) e marinha (delimitada em azul), constituindo a zona econômica exclusiva. As cores correspondem aos Domínios Geológico-Ambientais estabelecidos na escala 1:2.500.000.
 Fonte: Silva et al. (2008b, p. 19).

2.1.2 Geodiversidade marinha

Um assoalho oceânico de topografia variável configura importante papel ambiental, uma vez que os altos fisiográficos interferem diretamente na circulação das correntes marítimas, no surgimento de ressurgência das massas d'água, na distribuição de sedimentos, bem como na produtividade e distribuição das espécies marinhas (GORDON; BARRON, 2011; SEMA, 2008). Em geral, elevações submarinas são resultantes de processos vulcânicos que podem vir a se constituir em áreas de relevante potencialidade econômica, com ocorrência, em superfície, de depósitos de granulados (siliciclásticos e bioclásticos), vasas organogênicas, crosta e nódulos polimetálicos e ocorrências de subsuperfície, tais como sal, petróleo e gás (MARTINS; SOUZA, 2008).

Segundo Gordon e Barron (2011), a gestão de conservação de *habitat* e espécies não pode ter sucesso sem referência à geologia subjacente, aos solos e aos processos geomorfológicos. Compreender as ligações funcionais entre geodiversidade e biodiversidade é particularmente importante em ambientes dinâmicos, como o marinho, para manter a diversidade do *habitat* e as funções ecológicas do meio. Para esses autores, a geodiversidade marinha não possui apenas interesse científico, mas também visa à ocupação, uma vez que a compreensão dos processos ocorridos no passado é relevante para o entendimento dos eventos futuros, visto que as atividades humanas no ambiente marinho têm se tornado cada vez mais frequentes (pesca, extração de recursos minerais, obras de engenharia, eliminação de resíduos de dragagem e de atividade militar, dentre outros).

Das várias definições disponíveis sobre a geodiversidade, a única que faz menção aos ambientes marinhos é a de Canãdas e Ruiz Flaño (2007, p. 390): “[...] A variedade da natureza abiótica, incluindo os elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, topográficos e processos físicos atuantes na superfície da Terra, nos mares e oceanos [...]”.

Estudos sobre geodiversidade envolvendo diretamente o assoalho marinho vêm sendo realizados no mar Báltico, no golfo da Finlândia e nos mares da Escócia, como forma de estabelecer as relações entre geodiversidade marinha e biodiversidade e, com isso, propor áreas para proteção e fomentar políticas de gestão pública (BROOKS et al., 2009, 2011, 2012; GORDON; BARRON, 2011; GORDON et al., 2006; KASKELA et al., 2012; ROVERE et al., 2010, 2011).

O estudo mais amplo já realizado sobre o tema ‘geodiversidade marinha’ foi iniciado nos domínios marinhos da Escócia, estendendo-se às demais regiões do Reino Unido (BROOKS et al., 2011; BUREK et al., 2012). Seu objetivo é a identificação de áreas para proteção da fauna, *habitat*, características geológicas e paisagens submarinas relevantes dentro das 12 milhas náuticas do mar territorial do Reino Unido.

Segundo Brooks et al. (2011, 2012), os critérios para seleção das áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha têm como base os valores educativo, científico intrínseco, estético e contexto histórico, analisados com base em parâmetros tais como: geologia; movimento de massa submarino; geomorfologia do fundo marinho e áreas costeiras; hidrocarbonetos de origem autigênica (*seep features*); estruturas cenozoicas da margem atlântica; estruturas biogênicas (Figura 4). A descrição das áreas é baseada na proposta da Geological Conservation Review (GCR), instituição do Reino Unido criada para identificar e registrar os principais aspectos geológicos e geomorfológicos da evolução da Terra na Grã-

Bretanha. Atualmente fazem parte do cadastro da GCR cerca de mais de 3000 áreas, agrupadas em 100 categorias ("blocos" do GCR), abrangendo o leque de características geológicas e geomorfológicas (<http://jncc.defra.gov.uk/page-2947>).

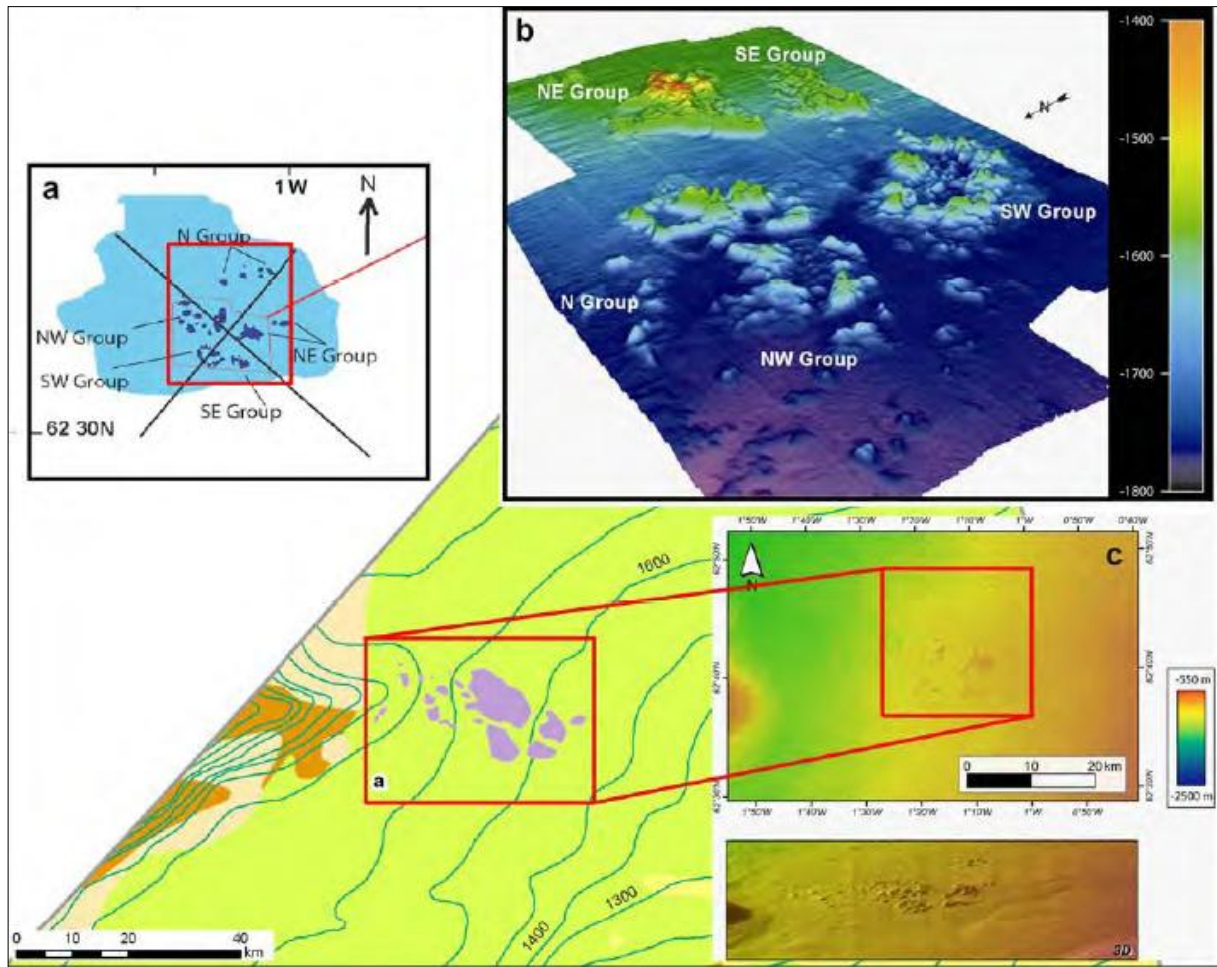


Figura 4 – Blocos selecionados pelo Geological Conservation Review, no mar do Norte, exemplificando área-chave da geodiversidade marinha escocesa afetada por diapirismo (*The Pilot Whale Diapirs*): (a) mapa mostrando a localização, (b) relevo sombreado com exagero vertical de 5 x; (c) imagens multifeixe do leito marinho.

Fonte: Brooks et al. (2011, p. 130).

No Brasil, as abordagens sobre a geodiversidade marinha são escassas e recentes, com estudos restritos a regiões insulares e costeiras, relacionados ao patrimônio geológico e ao geoturismo, com destaque para identificação de paleoníveis marinhos e educação em geociências (ALENCAR; GUIMARÃES, 2012; CASTRO; SUGUIO, 2011; MANSUR; CARVALHO, 2011; MANSUR et al., 2012; MARIANO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2012).

As primeiras discussões sobre geodiversidade em áreas essencialmente marinhas brasileiras foram propostas por Maia et al. (2012), nas quais os autores apresentam, de forma

preliminar, procedimentos metodológicos e parâmetros a serem utilizados para levantamento da geodiversidade marinha da CVT.

2.2 MORFODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO EM AMBIENTE MARINHO

O substrato oceânico é constituído, fundamentalmente, pela extensão submersa dos continentes, por rochas vulcânicas decorrentes do processo de abertura e separação dos continentes e, secundariamente, pela sedimentação em mar aberto (PRESS et al., 2006). O efeito conjugado desses fatores gerou no assoalho oceânico uma série de feições fisiográficas e morfológicas que refletem os processos evolutivos a que foi submetido ao longo do tempo, principalmente relacionados à variação do nível dos mares durante o Quaternário.

O quadro morfológico e fisiográfico do assoalho oceânico atual é resultado da evolução tectônica global atuante desde a fragmentação do supercontinente Pangeia e de agentes modificadores, associados a processos de erosão e sedimentação nas margens continentais e bacias oceânicas (BATISTA NETO; SILVA, 2004). Segundo esses autores, o aperfeiçoamento de dados ecobatimétricos, após a Segunda Guerra Mundial, possibilitou a análise mais detalhada da morfologia dos fundos oceânicos, com a definição de três províncias fisiográficas distintas, definidas por Heezen et al. (1959) em margens continentais, bacias oceânicas e cordilheiras Meso-Oceânicas (Figura 5).

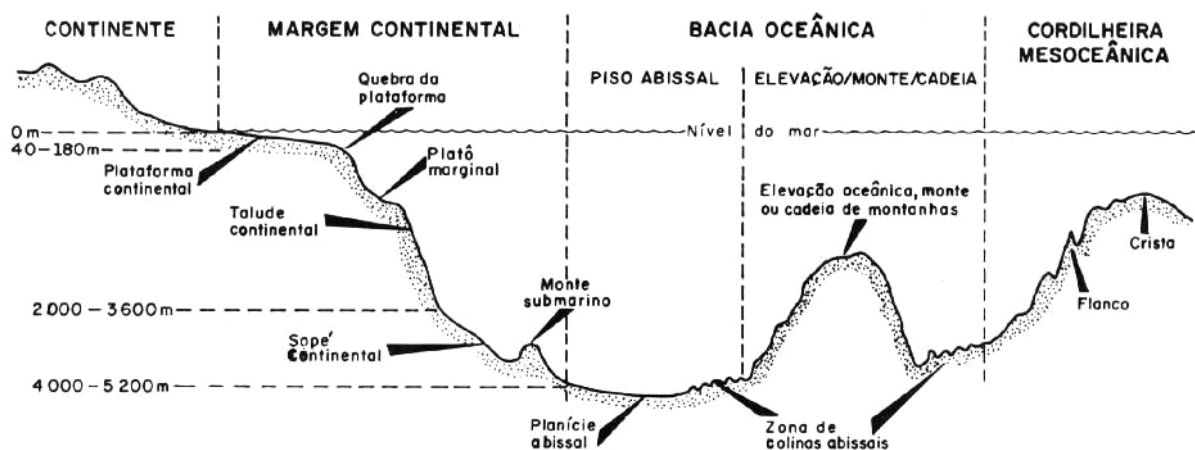


Figura 5 – Seção esquemática da margem continental do tipo “Atlântica” e área oceânica adjacente.

Fonte: Chaves (1983, p. 13).

Nota: Perfil sem relação de escala.

2.2.1 Margem continental

A margem continental pode ser definida, do ponto de vista geológico, como extensão do continente, porém situada abaixo do nível do mar, representando a zona de transição entre os continentes e as bacias oceânicas. É classificada em margem continental do tipo “Atlântico” e margem continental do tipo “Pacífico”.

Uma margem continental do tipo “Atlântico” (caso da margem continental brasileira) pode ser subdividida, segundo critérios estabelecidos por Heezen et al. (1959 apud CHAVEZ, 1979), nas províncias fisiográficas descritas a seguir.

2.2.1.1 Plataforma continental

Extensão submersa dos continentes, localizada entre a linha de costa e a quebra da plataforma continental, localizada, em média, a cerca de 180-240 m de profundidade. Apresenta relevo predominantemente plano, com variações inferiores a 20 m, gradientes suaves (1:1.000 ou $0^{\circ}03,44'$) e largura variando entre 8 km (Bahia) e 350 km (foz do rio Amazonas), com média em torno de 65 km. É uma região de intensos processos de sedimentação e erosão relacionados às oscilações do nível do mar ao longo do Quaternário. Segundo Suguio (1992), essa porção da margem continental esteve quase totalmente emersa durante o clímax da última glaciação pleistocênica há cerca de 18.000 anos antes do presente. A sedimentação é predominantemente continental, podendo ocorrer intensa atividade biológica. Registram-se, ainda, desníveis no terreno sob a forma de terraços de abrasão e pequenas elevações carbonáticas, vales e ravinamentos.

Pode ser dividida, com base na profundidade e no nível energético, nos seguintes domínios dinâmicos em direção *offshore* (NITROUER; SUGUIO, 1992; WRIGHT, 1994): plataforma interna (localizada no nível da maré baixa a cerca de 30 m de profundidade, grande influência de ondas e correntes junto ao leito marinho, transporte de sedimentos mais intenso que em outras regiões da plataforma); plataforma média (região de transição entre os regimes de fluxo, localizada entre 30 a 90 m de profundidade, na qual o regime do fluxo e as influências de ondas e correntes sobre o fundo decrescem em frequência e intensidade); plataforma externa (90 a 200 m de profundidade, abaixo da influência das ondas) e a borda da plataforma.

2.2.1.2 Talude continental

Zona de transição entre a plataforma e o sopé continental. Apresenta gradiente topográfico acentuado (3° a 26°), profundidade variando de 100 - 200 m a 1.300 - 3.500 m e largura variando de 10 a 200 km. Ocasionalmente, os taludes são interrompidos por platôs e terraços marginais que são gerados por processos erosivos ou por influência estrutural. A sedimentação é espessa, associada, principalmente, a processos de deslocamento descendente de material. Constitui-se como área de maior instabilidade do fundo, favorável a deslizamentos e outros movimentos de massa, sendo comum a ocorrência de cânions e incisões submarinas que atuam como canais de transporte de sedimentos e materiais terrígenos para regiões mais profundas do oceano, por meio das correntes de turbidez.

Pode ser dividido em talude inferior, médio e superior. Em geral, é nessa província que ocorre a transição entre as crostas continentais e oceânicas. Segundo Kowsmann e Costa (1979), o talude é formado em decorrência da oscilação do nível do mar a partir do Mioceno, que promoveu fases de regressão e transgressão marinha, influenciando a dinâmica sedimentar, embora a componente estrutural esteja também associada.

2.2.1.3 Sopé ou elevação continental

Região de difícil caracterização, localizada entre a base do talude continental e as planícies abissais. Apresenta largura variando de 100 a 1.000 km, com profundidade entre 1.300 e 4.000 m, gradientes suaves ($1^\circ25,93'$ a $0^\circ04,40'$) e formas de relevo com baixa amplitude (< 40 m). Como o limite externo do sopé é de difícil delimitação, em geral, convencionou-se delimitá-lo a partir de gradientes de declividade acima de 1:1.000 ($0^\circ03,44'$). Abaixo desse gradiente estipulam-se as bacias oceânicas. Registram-se espessos depósitos sedimentares de origem continental, transportados por fluxo gravitacional de massa, por meio do talude e de cânions, sob a forma de leques submarinos. É comum a presença de canais submarinos escavados e montes submarinos que se elevam do assoalho oceânico, por vezes chegando à superfície.

2.2.2 Bacias oceânicas

As bacias oceânicas são feições formadas em regiões localizadas entre as margens continentais e os flancos das cordilheiras Meso-Oceânicas. Constituem uma área de sedimentação de material fino (silte e argilas), oriundo das margens continentais, transportado por correntes de fundo e de turbidez e por material de origem biogênica, tal como carapaças e esqueletos.

Em geral, a topografia é plana, com gradientes inferiores a 1:1.000 e profundidades variando entre 3.000 e 6.000 m, formando as planícies abissais (BATISTA NETO; SILVA, 2004). Localmente, registram-se colinas abissais, picos e montes submarinos formados pelo soerguimento do substrato oceânico causado por falhamentos e atividades magmáticas. A amplitude das formas de relevo pode variar de 100 m, no caso das colinas abissais, a mais de 1 km, como no caso dos montes submarinos.

Outras feições podem se mostrar presentes nas bacias oceânicas, tais como *guyots* e canais submarinos. Os *guyots* são montes vulcânicos submersos, de topo aplainado, sugerindo que em algum tempo geológico já estiveram acima do nível do mar (HESS, 1946 apud ALMEIDA, 2006). Já os canais submarinos constituem feições de ligação entre as porções das planícies abissais isoladas pelas elevações submarinas, podendo também fazer a conexão entre os sistemas de cânions e canais do talude e da elevação continental.

2.2.3 Cordilheira Meso-Oceânica

As cordilheiras Meso-Oceânicas (CMO) ou dorsais são locais de intensa atividade vulcânica e tectônica relacionada ao processo de formação e expansão da crosta oceânica, onde ocorre a divergência das placas litosféricas. As rochas originadas por esse processo apresentam, basicamente, composição basáltica e formam cadeias montanhosas que se estendem por todo o oceano por mais de 80.000 km, podendo atingir cerca de 3.000 m de amplitude acima do piso oceânico.

A sedimentação é praticamente ausente, mas, quando presente, recobre parcialmente os desníveis dos flancos das cordilheiras. À medida que a margem oceânica se afasta do eixo da cordilheira em direção ao continente, a espessura dos depósitos sedimentares, a taxa de sedimentação e a idade da crosta aumentam progressivamente.

Em muitos locais, as dorsais se encontram deslocadas lateralmente por falhas transformantes, sendo caracterizadas como regiões de intensa atividade sísmica. Em determinados locais, o deslocamento do eixo da cordilheira pode atingir centenas de quilômetros (BATISTA NETO; SILVA, 2004).

Nas regiões oceânicas sudeste e sul do Brasil, são observados conjuntos de fraturas oceânicas com direção geral leste-oeste, muitas apresentando prolongamento na região continental. Tais sistemas de falhas seriam originados a partir do flanco da CMO (ASMUS; PONTES, 1973).

2.3 SEDIMENTAÇÃO MARINHA

Segundo Ponzi (2004), a cobertura sedimentar marinha atual reflete a natureza predominante de seus componentes (terrígena ou carbonática), a ação dos mecanismos de transporte e o retrabalhamento dos sedimentos.

Os sedimentos oceânicos são provenientes de fontes diversas, constituindo-se no resultado da interação de processos que envolvem a natureza do aporte de material (orgânicos e inorgânicos) e a ação dos agentes de transporte/retrabalhamento (marés, ventos, ondas, rio, geleiras, gravidade etc.). O controle da sedimentação é influenciado por mecanismos relacionados a aporte sedimentar, tectônica, eustasia e oscilação eustática do nível do mar, acrescidos de fatores biológicos, interações animal-sedimento, composição do sedimento e química da água do mar (JOHNSON; BALDWIN, 1996; PONZI, 2004; TESSLER; MAHIQUES, 2001) (Figura 6).

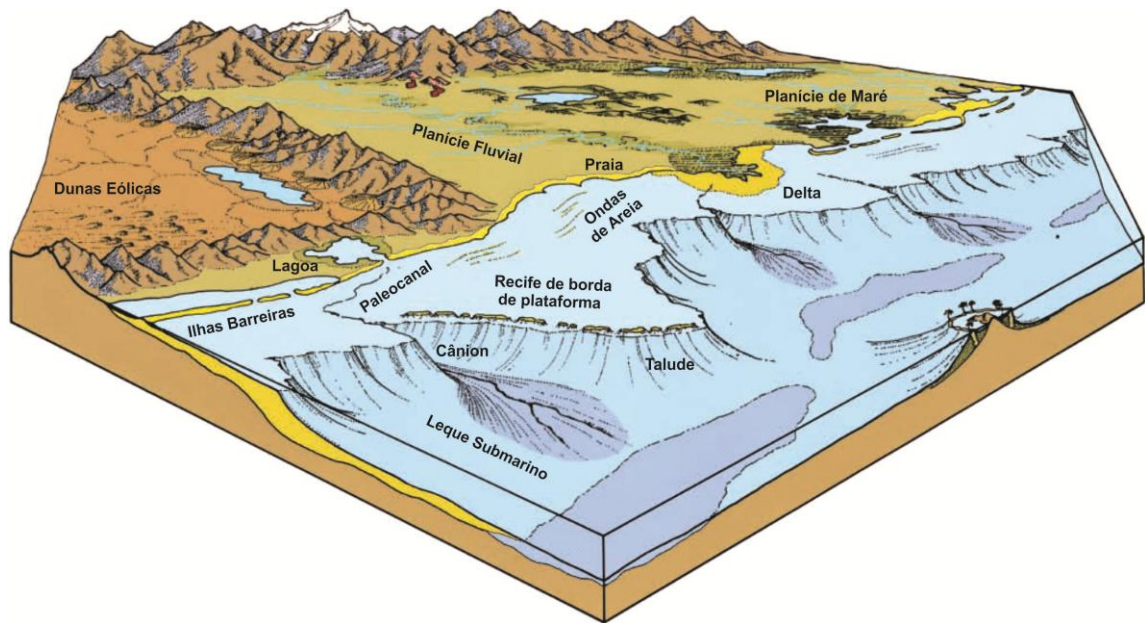


Figura 6 – *Diferentes ambientes de sedimentação costeira e fontes de sedimentos.*
 Fonte: Christiansen e Hamblin (2007) apud Figueiredo Jr. et al. (2011).

Os sedimentos são classificados de acordo com a origem (alóctone ou autóctone), granulometria (cascalho, areia, silte e argila) e fonte (terrígeno, vulcanogênico, cosmogênico, autigênico e bioquímico) (PONZI, 2004).

Os sedimentos terrígenos são originados pela desagregação de rochas continentais emersas e transportadas para o oceano por rios, ventos, glaciares, movimentos de massa e erosão costeira. Tais sedimentos têm naturezas diversas, com grande variação composicional e mineralógica, formando depósitos de grãos polimineralógicos, destacando-se quartzo, feldspato, mica, argila e minerais pesados.

Já os sedimentos vulcanogênicos são aqueles oriundos de erupções vulcânicas, lançados na atmosfera, transportados de forma subaérea ou subaquosa e depositados no fundo marinho. As partículas e fragmentos vulcânicos são relativamente frequentes nos sedimentos oceânicos, principalmente nas proximidades de arcos vulcânicos e fossas abissais, sendo constituídos quase inteiramente por cinzas vulcânicas e piroclastos.

Os sedimentos cosmogênicos são provenientes de fragmentos de meteoritos e poeiras cósmicas que caem na superfície dos oceanos e precipitam no fundo.

Os sedimentos autigênicos são aqueles formados dentro da própria bacia de deposição, sendo produto de reações químicas e bioquímicas durante deposição e soterramento,

formando importantes depósitos minerais, como nódulos de manganês, fosforitas, glauconita e zeólitas (DIAS, 2004).

Os sedimentos biogênicos são aqueles formados pela ação dos organismos presentes nos oceanos ou por remanescentes de esqueleto (dentes, vértebras etc.), endoesqueletos da microfauna e microflora marinha (carapaças de foraminíferos, valvas de diatomáceas, espículas de radiolários etc.) e até mesmo fezes (coprólitos). Tais depósitos dão origem às vasas orgânicas (radiolários, diatomáceas, pterópodes e globigerina).

Os sistemas sedimentares presentes no ambiente marinho são complexos e seus depósitos apresentam espessura variável, oscilando entre milímetros a centenas de metros, podendo atingir cerca de 9 km, como as fossas abissais. Suas idades também são muito variadas. Estima-se que os sedimentos oceânicos mais antigos possuam cerca de 200 milhões de anos (DIAS, 2004).

Os processos dinâmicos que controlam a sedimentação marinha são considerados, por Swift e Thorne (1991), como resultado da interação de cinco variáveis interdependentes: taxa do aumento relativo do nível do mar; taxa de entrada de sedimento; tipo do sedimento; força do fluido; taxa de transporte de sedimento. Tais variáveis interagem ao longo do tempo geológico, resultando na formação e distribuição das fácies sedimentares e nas formas de relevo do fundo.

Há várias propostas para classificação e descrição das classes texturais, muitas baseadas em dimensão das partículas e composição dos grãos (DIAS, 2004). As mais utilizadas são as de Folk (1954) e Shepard (1954), que utilizam um diagrama triangular para representar os percentuais de areia, silte e argila. A classificação de Folk indica as características do ambiente de deposição, enquanto a de Shepard apresenta o comportamento descritivo, sem oferecer indicativo do comportamento hidrodinâmico do ambiente.

Classificações mais atuais são voltadas para indicação do comportamento hidrodinâmico do ambiente, tal como o diagrama triangular para classificação de sedimentos, elaborado por Flemming (2000 apud DIAS, 2004), que utiliza o conteúdo da areia como indicador hidrodinâmico principal.

A classificação de sedimentos marinhos pode ainda ser baseada na granulometria e no teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) presente nos sedimentos, conforme Larsonneur (1977 apud ALBINO, 1999), onde se estabelecem, em função do percentual de carbonato de cálcio,

quatro classes: sedimentos litoclásticos (< 30%), sedimentos litobioclásticos (30 a 50%), sedimentos biolitoclásticos (50 a 75%) e sedimentos bioclásticos (> 75%).

Com base no diagrama Larsonneur, Dias e Medeiros (2005) definiram 48 classes sedimentares, em função da granulometria e dos teores de carbonato de cálcio. São evidenciadas quatro categorias com relação à granulometria: seixos, grânulos, areias e lamas. Quanto aos teores de carbonatos, foram estabelecidas as seguintes categorias: litoclásticos (< 30%), litobioclásticos (30 a 50%), biolitoclásticos (50 a 70%) e bioclásticos (> 70%). Segundo esses autores, os sedimentos podem ser ainda qualificados como ficogênicos ou zoogênicos.

A distribuição, remobilização e o retrabalhamento dos sedimentos através da plataforma em direção a *offshore* estão comumente relacionados aos seguintes fatores físicos: fluxos dirigidos pelo vento, incluindo ressurgência e subsidência, ondas internas, fluxos orbitais, ondas infragravitacionais, plumas estuarinas (positivas ou negativas), processos da zona de surfe e remobilização por ação das ondas (NITROUER; WRIGHT, 1994).

O principal processo responsável pelo transporte sedimentar é a ressedimentação, cujos mecanismos envolvem movimentos de massa subaquosos decorrentes de fatores tais como: ação das ondas, maré, tempestades, fluxos gravitacionais (turbidíticos), correntes marinhas (superficiais e de fundo), correntes de Ekman (correntes induzidas pelo vento), circulação termo-halina (processos relacionados às trocas de calor, como aquecimento, resfriamento) e/ou água doce (evaporação, precipitação), correntes de contorno, dentre outros (PONZI, 2004; SUGUIO, 2003) (Figura 7).

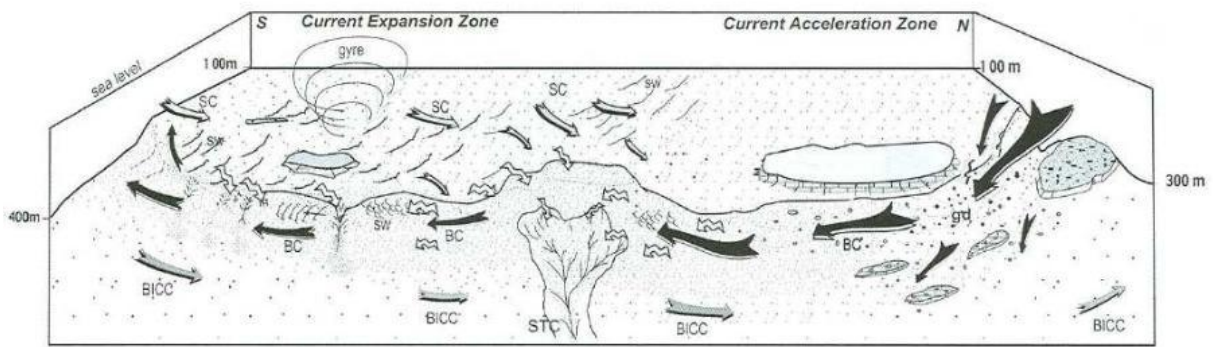


Figura 7 – Esquema de representação dos principais processos sedimentares desenvolvidos com a passagem da corrente de fundo sobre a plataforma e talude continental. BC – Corrente do Brasil, BICC – Corrente de Contorno Intermediária do Brasil, SC – Corrente de Plataforma, STC – Cânions de São Tomé na Bacia de Campos, sw – ondas de areia, gd – depósito de cascalho (siglas em inglês).
 Fonte: Viana e Faugères, 1998(apud Viana et al., 2002, p.270).

Como resultado da interação dos processos físicos sobre os sedimentos inconsolidados do fundo marinho, várias feições sedimentares são formadas, cujas características estão relacionadas à dinâmica sedimentar da região fisiográfica e ao regime das correntes locais (JOHNSON; BALDWIN, 1996; PONZI, 2004; REINECK; SINGH, 1980). Considerando o regime de fluxo, as formas resultantes são classificadas em: regime de fluxo inferior, cuja resistência ao fluxo é alta e o transporte de sedimento é relativamente baixo, formando pequenas *ripples* ou *megaripples* como formas de fundo associadas; regime de transição, o qual origina *megaripples* erodidas; regime superior, cuja resistência ao fluxo é baixa, enquanto o transporte de sedimentos é alto, originando fundos aplainados.

As feições deposicionais e erosionais possíveis de serem formadas em uma plataforma continental, onde prevalecem a presença de material arenoso e a influência das correntes de maré, foram modeladas por Belderson et al. (1982 apud PONZI, 2004), que propuseram um modelo de formação de feições arenosas com base no volume de areia, na variação de velocidade e de direção das correntes (Figura 8).

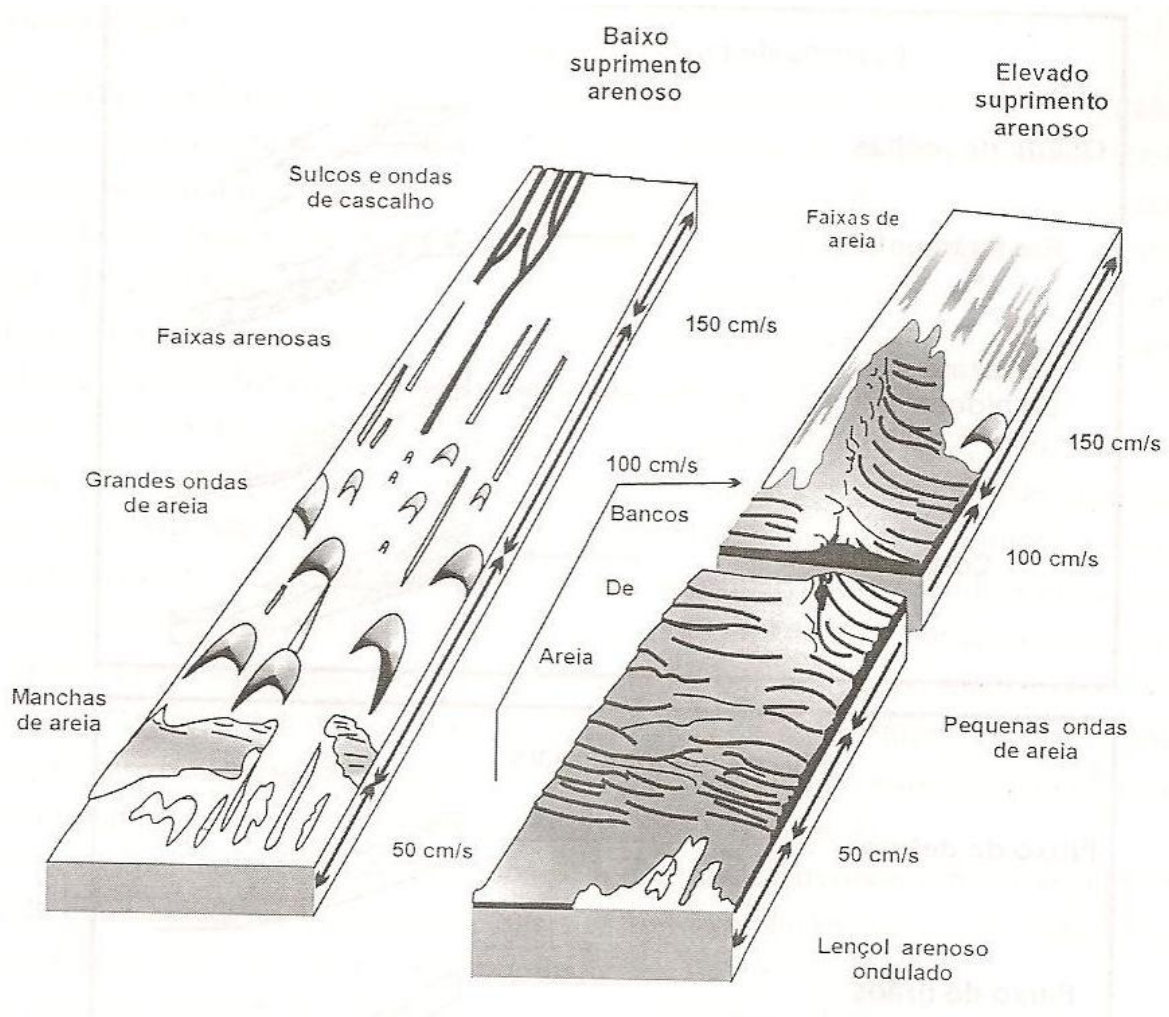


Figura 8 – Modelos de feições arenosas formadas em plataformas dominadas por correntes de maré.
 Fonte: Modificado de Belderson et al., 1982 (apud Ponzi, 2004, p. 231).

Segundo Ponzi (2004), as plataformas continentais dominadas por tempestades apresentam fluxo controlado por ondas e correntes geradas pelo vento, suscetíveis a modificações sazonais condizentes com as variações meteoceanográficas. Segundo a autora, as formas produzidas no fundo são caracterizadas por camadas gradacionais.

Na região de talude continental, sopé e bacias oceânicas, os processos deposicionais e de transporte estão associados a mecanismos de deslocamento descendente de material, originados pela instabilidade entre a inclinação e a rugosidade da superfície, envolvendo ressedimentação, ação de correntes de fundo, deposição pelágica e processos autigênicos (MIDDLETON; HAMPTON, 1976; PONZI, 2004) (Figura 9). Segundo Middleton e Hampton (1976), fluxos gravitacionais de sedimentos podem ser subdivididos em quatro tipos: fluxo de detritos, correntes de turbidez, fluxo fluidizado e fluxo de grãos.

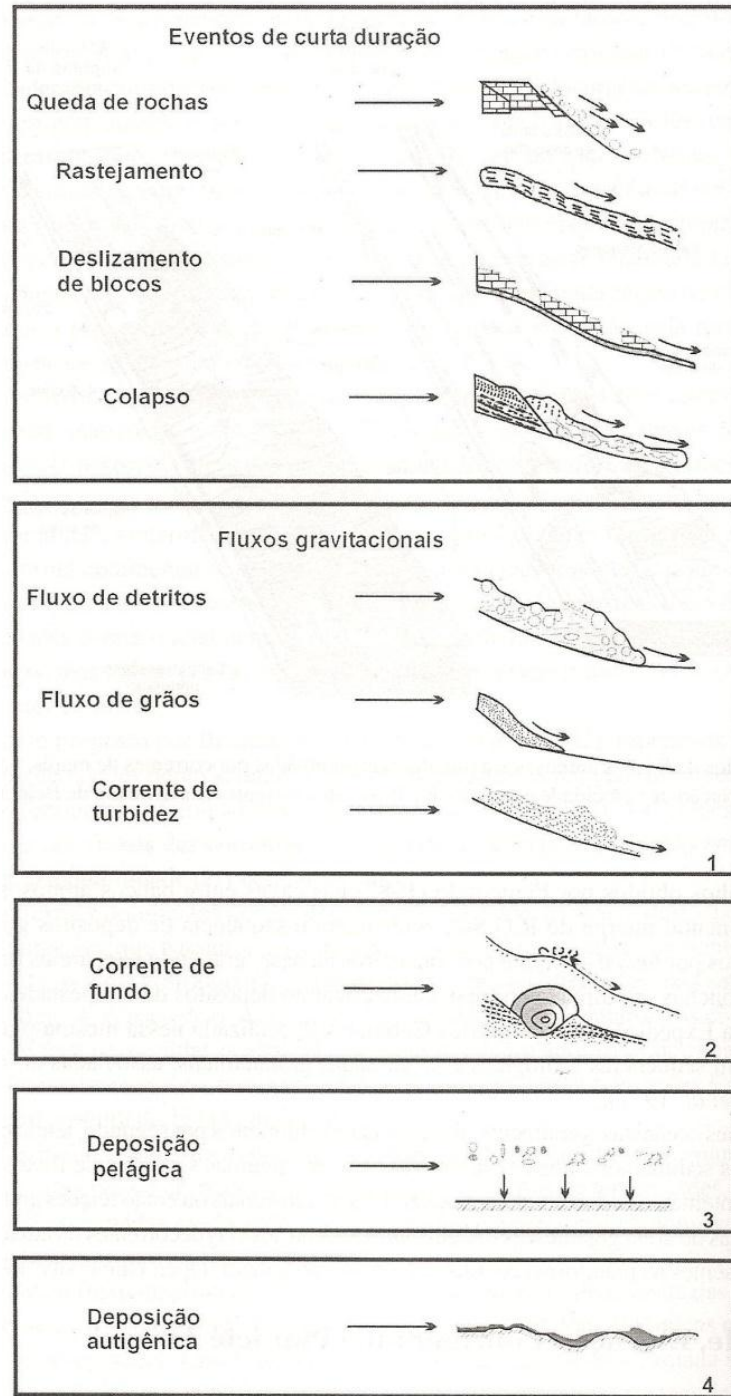


Figura 9 – Processos deposicionais em talude continental, sopé continental e bacia oceânica.
 Fonte: Modificado de Stow (1994 apud Ponzi, 2004, p. 232).

3 DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

O assoalho oceânico correspondente às margens continental e oceânica da área de estudo é um dos mais peculiares do ponto de vista da geologia, da geomorfologia e da biodiversidade no Brasil.

3.1 ASPECTOS GERAIS

A região costeira da área estudada é constituída por pontões rochosos, tabuleiros esculpido em rochas sedimentares cenozoicas da Formação Barreiras e depósitos fluviomarinhos recentes, com destaque para o delta do rio Doce (ALBINO et al., 2006).

A CVT é constituída por um alinhamento de ilhas oceânicas, montes e bancos submarinos de origem vulcânica que se elevam a 5.500 m do assoalho oceânico e se estendem por cerca de 1.100 km, aproximadamente, a partir do paralelo de Vitória (ES), em direção ao sudoeste do continente africano, constituindo-se no grupo insular mais afastado da costa brasileira.

A ilha da Trindade mede cerca de 8 km de comprimento e 2 km de largura, com área total de 13,5 km², distante cerca de 1.100 km da costa. Apresenta superfície acidentada, formada por um conjunto de formas íngremes sustentadas por rochas vulcânicas e depósitos holocênicos agrupadas nos seguintes domínios: Planalto Axial (ALMEIDA, 1961); Vertentes Costeiras (ALMEIDA, 1961 apud CASTRO; ANTONELLO, 2006); Litorâneo (CASTRO; ANTONELLO, 2006). Os pontos mais proeminentes elevam-se acima do nível do mar por aproximadamente 600 m. Atualmente, é ocupada pela Marinha brasileira, que mantém um posto oceanográfico destinado à defesa nacional e apoio à pesquisa científica.

Devido ao isolamento da ilha da Trindade, a vegetação nativa apresenta pouca diversidade, porém com elevado número de espécies endêmicas, havendo predomínio do tipo campestre, com ervas, gramíneas e samambaias gigantes (*Cyathea trinidadensis*) de até 6 m de altura (ALMEIDA, 2002). Segundo Clemente et al. (2006), a diversidade de solos em Trindade está associada à variação geomorfológica e topográfica da ilha, sendo caracterizados por alta fertilidade natural e grau de intemperismo pouco acentuado, predominando Organossolos ou Cambissolos hísticos, Cambissolos, Neossolos líticos e Neossolos regolíticos.

O arquipélago de Martin Vaz, constituído por uma ilha principal, duas ilhas menores e alguns rochedos, localiza-se aproximadamente a 48 km a leste de Trindade. A ilha principal, com área basal de cerca de 0,75 km², apresenta faces rochosas desnudas, recobertas parcialmente por vegetação herbácea e fragmentos rochosos. O topo é quase plano, com ligeiro caimento para sudeste, atingindo altura máxima de 175 m acima do nível do mar (CASTRO; ANTONELLO, 2006). O arquipélago encontra-se desabitado.

A diversidade marinha é alta em vários grupos taxonômicos. Por exemplo, as algas, que apresentam mais de 300 espécies e variedade, incluindo espécies endêmicas (*Dasya baillouviana*) do estado do Espírito Santo, além de invertebrados, peixes, aves e tartarugas marinhas (SEMA, 2008). Segundo Floeter e Gasparini (2000), a biodiversidade marinha é maior que no Atol das Rocas e Fernando de Noronha, com ocorrência de espécies endêmicas nas adjacências da ilha da Trindade.

Na Plataforma continental do Espírito Santo (PCES) foram descritos na bibliografia a ocorrência de granulados marinhos siliciclásticos com emprego na construção civil e no engordamento de praias; granulados bioclásticos (fragmentos de algas coralíneas, moluscos e briozoários); depósitos de minerais pesados (ilmenita, rutilo, monazita e zircão); evaporitos associado a sais de potássio; nódulos e crostas polimetálicas (CHAVEZ, 1979; CPRM, 2008). Segundo Cavalcanti (2011), a reserva medida de granulados bioclásticos marinhos na PCES é da ordem de 296.124.636 (t).

Até a data do presente estudo foram registrados no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), na região da PCES, o montante de 104 requerimento de pesquisa, 13 requerimento de lavra, 1 licenciamento, 1 concessão de lavra e 101 autorização de pesquisa, englobando substância como areia, argila, calcário, algas calcárias, fosfato, conchas calcárias, sais, turfa dentre outros.

As atividades econômicas desenvolvidas na região litorânea estão relacionadas à pesca e ao aproveitamento mineral. Engloba ainda os principais campos petrolíferos *offshore* da Bacia do Espírito Santo. Reúne e os sítios marinhos cadastrados na Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) da ilha da Trindade (ALMEIDA, 2002) e Abrolhos (LEÃO, 1999), constituindo-se esse último no primeiro parque nacional marinho do Brasil.

O turismo ecológico na região costeira e litorânea é intenso, principalmente no complexo insular localizado, ao sul do estado do Espírito Santo, entre Vitória e Guarapari. Segundo Floeter e Gasparini (2000), nessa região espécies marinhas tropicais e subtropicais

coexistem devido à ocorrência da zona de transição biogeográfica, o que a torna uma região bastante procurada para a prática de mergulhos submarinos.

A ilha de Trindade assim como o arquipélago de Martin Vaz não dispõe de estrutura à visitação turística. Trindade é atualmente ocupada pela Marinha Brasileira que possui um posto de observação destinada à segurança nacional e suporte às pesquisas científicas.

3.2 GEOLOGIA

A geologia da área estudada se insere no contexto evolutivo da margem continental brasileira originada a partir da ruptura do continente Gondwana, ocorrida entre o Neojurássico e o Eocretáceo, devido a esforços distensivos da litosfera. Em decorrência de tais esforços, ocorreu a separação das placas tectônicas Sul-Americana e Africana e a consequente abertura do oceano Atlântico Sul, propiciando a instalação das bacias sedimentares marginais brasileiras (MILANI et al., 2000) (Figura 10).

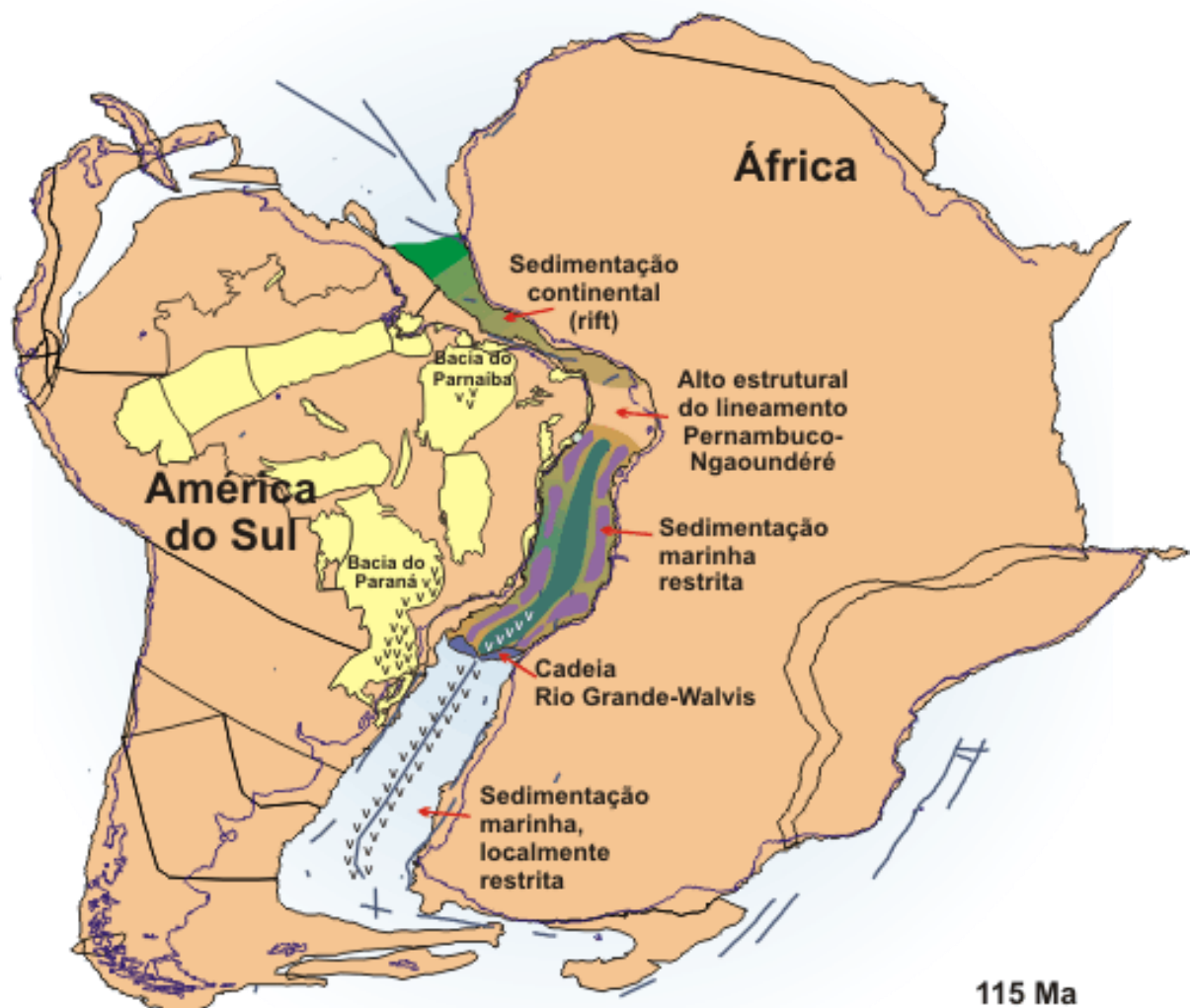


Figura 10 – Reconstituição paleogeográfica da abertura do oceano Atlântico sul durante o final do Aptiano, mostrando o controle deposicional pelas principais feições estruturais da época, o alto estrutural do lineamento Pernambuco-Ngaoundéré e a Cadeia Rio Grande-Walvis. Em laranja, áreas cratônicas; em amarelo, bacias sedimentares interiores; (v) simbologia representativa de rochas vulcânicas provenientes da abertura do oceano Atlântico.

Fonte: Souza-Lima; Hamsi Junior (2003).

O atual quadro tectonossedimentar da área estudada encontra-se relacionado aos processos responsáveis pelo preenchimento e deformação cenozoica da Bacia do Espírito Santo e à sedimentação recente que recobre os fundos oceânicos. Adicionalmente, associam-se os eventos magmáticos pós-rifte ocorridos, principalmente, na região entre as bacias de Santos e Espírito Santo (THOMAZ FILHO; RODRIGUES, 1999).

Outro importante condicionante geológico da área está relacionado à tectônica salífera decorrente da movimentação dos evaporitos aptinianos na região sudeste da margem continental brasileira (MOHRIAK, 2008). As concentrações salinas ocorrem nas porções emersa e submersa da Bacia do Espírito Santo, sob a forma de pequenos diápiros próximos à

linha de costa e expressivos domos de sal (mais de 5.000 m de espessura) nas partes mais distais (FRANÇA; MOHRIAK, 2008).

3.2.1 Cadeia Vitória-Trindade

A CVT é constituída por um alinhamento de cerca de 30 montes submarinos de forma cônica, reconhecidos morfologicamente como edifícios vulcânicos (MOTOKY et al., 2012). Alguns desses edifícios foram expostos à superfície, tendo o topo inteiramente arrasado, constituindo os *guyots* (usualmente chamados de bancos), atualmente nivelados a menos de 100 m de profundidade (ALMEIDA, 2002). A porção aflorante da cadeia é formada por ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz.

A CVT reflete importante atividade tectonomagmática oceânica cenozoica sobre área oceânica relacionada à Zona de Fratura Vitória-Trindade (ZFVT), originada na CMO (ALMEIDA, 2006).

3.2.1.1 Porção emersa

A ilha da Trindade é constituída por lavas e intrusões de composição fortemente sódico-alcalina e subsaturada em sílica, piroclastos diversos, resultantes de cinco episódios vulcânicos e depósitos holocênicos (ALMEIDA, 1961). Datações realizadas por Cordani (1970 apud ALMEIDA, 2002) em um dique de rocha ultrabásica em tufo indicam valores (K/Ar) de aproximadamente 3,6 Ma, enquanto as grandes intrusões fonolíticas acusaram idades de 2,3 a 2,9 Ma.

A ilha principal do arquipélago de Martin Vaz é composta por rochas vulcânicas alcalinas subsaturadas (ancaratrito, tambuschito, fonólito e perquinito do tipo biotita-hornblendito), com presença de rochas primitivas como foiditos e basanitos/tefritos (CASTRO; ANTONELLO, 2006; COSTA et al., 2012). Segundo esses autores, as análises geoquímicas de amostras dessa ilha acusam magmatismo bimodal e forte anomalia de Pb. Quando comparadas às análises geoquímicas de amostras da ilha da Trindade e da porção submersa da CVT, indicam uma mesma fonte geradora. As idades registradas na ilha são

inferiores a $1.1 \pm 0,5$ Ma (CORDANI, 1970; VALENCIO; MENDÍA, 1974 apud MOTOKI, 2012).

Segundo Almeida (2002), seis unidades litoestratigráficas são individualizadas em Trindade (Figura 11)

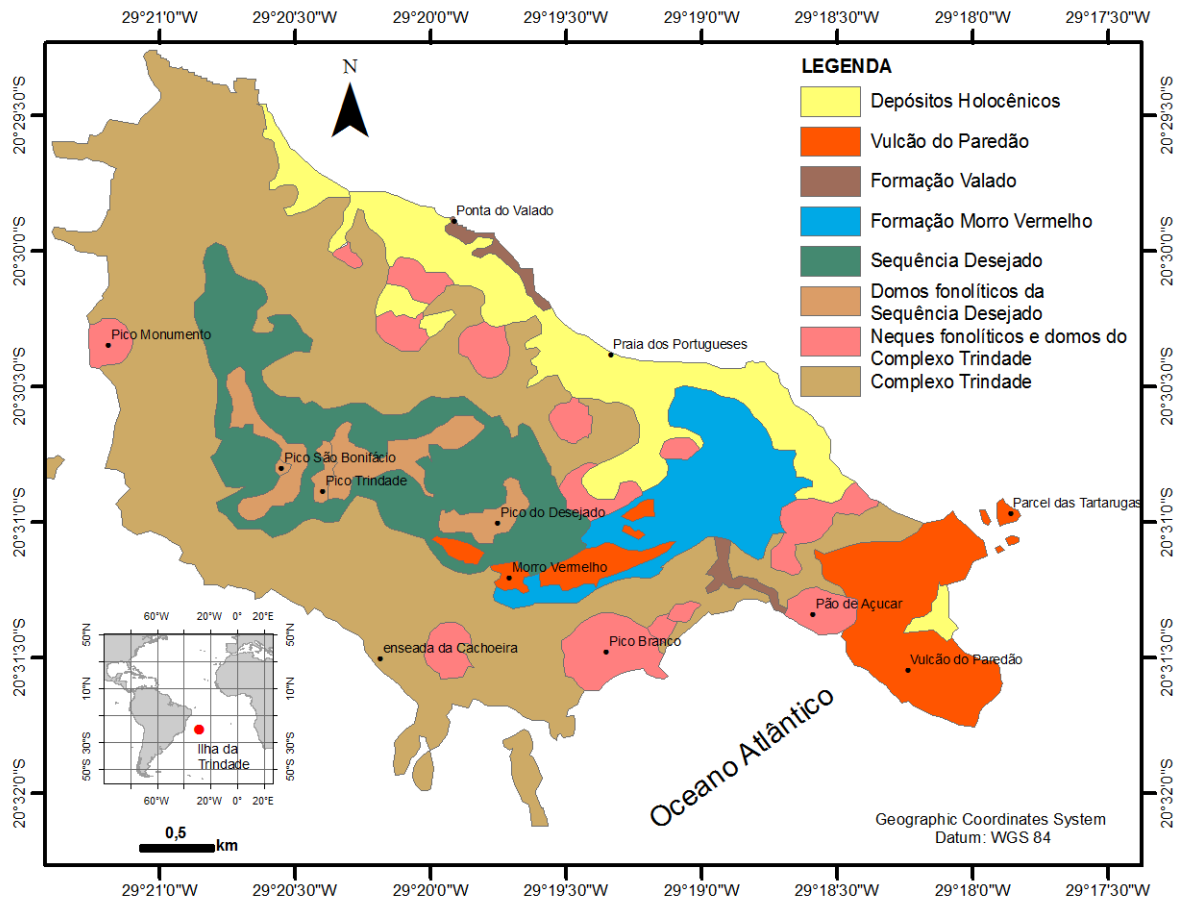


Figura 11 – Mapa geológico simplificado da ilha da Trindade.

Fonte: Adaptado de Almeida (1961).

- **Complexo Trindade:** Conjunto heterogêneo de rochas fonolíticas intrusivas e piroclásticas (tufos de lapíli e bombas), representando a mais antiga manifestação vulcânica visível acima do nível do mar.
- **Sequência Desejado:** Derrames de fonólito, nefelinito e grazinito com intercalações de piroclastos, com deposição subaquosa, mas não marinha, podendo alcançar cerca de 400 m de espessura (Praia dos Portugueses e Pico do Desejado).

- **Formação Morro Vermelho:** Derrames explosivos de lava ancaratrítica (variedade melanocrática de olivina-nefelinito contendo biotita) localizados no alto vale da região central da ilha, preenchido por espessura superior a 200 m de lavas e piroclastos.
- **Formação Valado:** Depósitos aluviais do córrego do Valado, com intercalações de piroclastos e derrames de lavas, localizados na porção norte da ilha.
- **Vulcão do Paredão:** Ruínas de um cone vulcânico parcialmente destruído pela ação das ondas, localizadas na porção oriental da ilha, onde se observam restos das vertentes originais, bordas da cratera e tufos lapilíticos contendo blocos e bombas rotacionais.
- **Depósitos Holocênicos:** Depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta. Os depósitos eólicos escalonares (dunas) são constituídos por tufos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos (CASTRO; ANTONELLO, 2006).

Castro (2009) e Castro e Antonello (2006), em estudos sobre os aspectos ambientais da ilha da Trindade, descrevem em detalhe os campos de dunas e depósitos holocênicos dessa área.

3.2.1.2 Porção submersa

Os dados geológicos da porção submersa da CVT são escassos e carecem de estudos. Segundo Motoki et al. (2012), o Banco de Besnard, Monte Submarino de Vitória e Banco de Congress são caracterizados por forma não cônica, topo planar extenso e ângulo bimodal do talude, sendo considerados fragmentos desintegrados de plataforma continental.

Estudos realizados em amostras dragadas do Monte Submarino de Columbia, Banco de Dogaressa, Banco de Davis e Monte Submarino de Jaseur revelam rochas de composição ultrabásico-alcálica (FODOR; HANAN, 2000; SKOLOTNEV et al., 2010 apud MOTOKI, 2012). Skolotnev et al. (2011), em amostras dragadas na encosta nordeste do Banco de Jaseur, obtiveram idade U-Pb de 29.8 ± 6.6 Ma.

3.2.1.3 Origem da Cadeia Vitória-Trindade

A CVT é formada por rochas vulcânicas alcalinas e sua origem ainda é motivo de discussão (ALMEIDA et al., 1996). Alguns autores a associam a atividades tectonomagmáticas cenozoicas ocorridas durante o processo de deslocamento da Placa Sul-Americana sob a ação de um *hotspot*, quando a referida placa passou a derivar-se para oeste e afastar-se do continente africano no Eoceno (THOMAZ FILHO; RODRIGUES, 1999). Como resultado desse deslocamento, formou-se um alinhamento de rochas alcalinas de direção WNW-ESSE, denominado Alinhamento Poços de Caldas (MG)-Cabo Frio (RJ), identificado na porção continental brasileira. Seu prolongamento na região oceânica, possivelmente, originou a CVT (CORDANI; TEIXEIRA, 1979; MIZUSAKI et al., 1994; THOMPSON et al., 1998).

A ideia de que a CVT corresponda à manifestação mais recente do alinhamento Poços de Caldas ($74,6 \pm 2,3$ Ma)-Cabo Frio ($52,3 \pm 1,6$ Ma) foi corroborada por diversos outros autores (THOMPSON et al., 1998), com a adição de novos dados geocronológicos, petrográficos e geoquímicos sobre a origem e composição do magma (Figura 12).

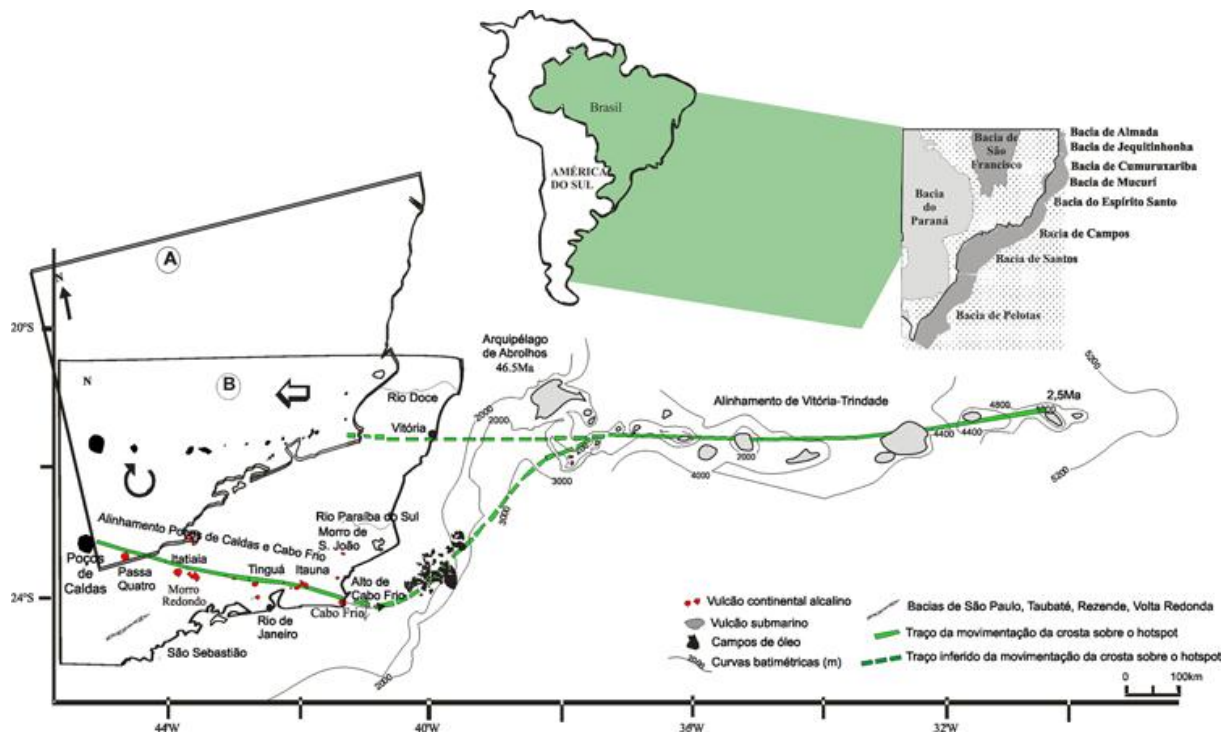


Figura 12 – Alinhamento de rochas alcalinas entre Poços de Caldas (MG) e Cabo Frio (RJ), com deflexão NE, na área oceânica, formando a Cadeia Vitória-Trindade. Posição hipotética inicial (a) e final (b) da porção sudeste da Placa Sul Americana durante o deslocamento para oeste.

Fonte: Thomaz-Filho e Rodriges (1999 apud Thomaz-Filho et al., 2008, p. 134).

Segundo Bizzi e Vidotti (2003), a origem da CVT é tentativamente correlacionada à pluma mantélica de Trindade. Evidências de que as zonas de fratura constituem condutos para o magmatismo da pluma mantélica de Trindade foram levantadas por Ferrari e Riccomini (1999).

Almeida (1961) e Ferrari e Riccomini (1999) postulam uma origem tectonomagmática para a CVT, possivelmente associada à extensão da Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT). Mais recentemente, Alves et al. (2006) confirmaram a referida origem associada à ZFVT, com reflexo nas bacias oceânicas do Espírito Santo e Campos (Figura 13). Tal hipótese é corroborada por Castro e Antonello (2006), que afirmam que Trindade e Martin Vaz representam o topo de uma elevação vulcânica associada a uma zona de fratura perpendicular à CMO.

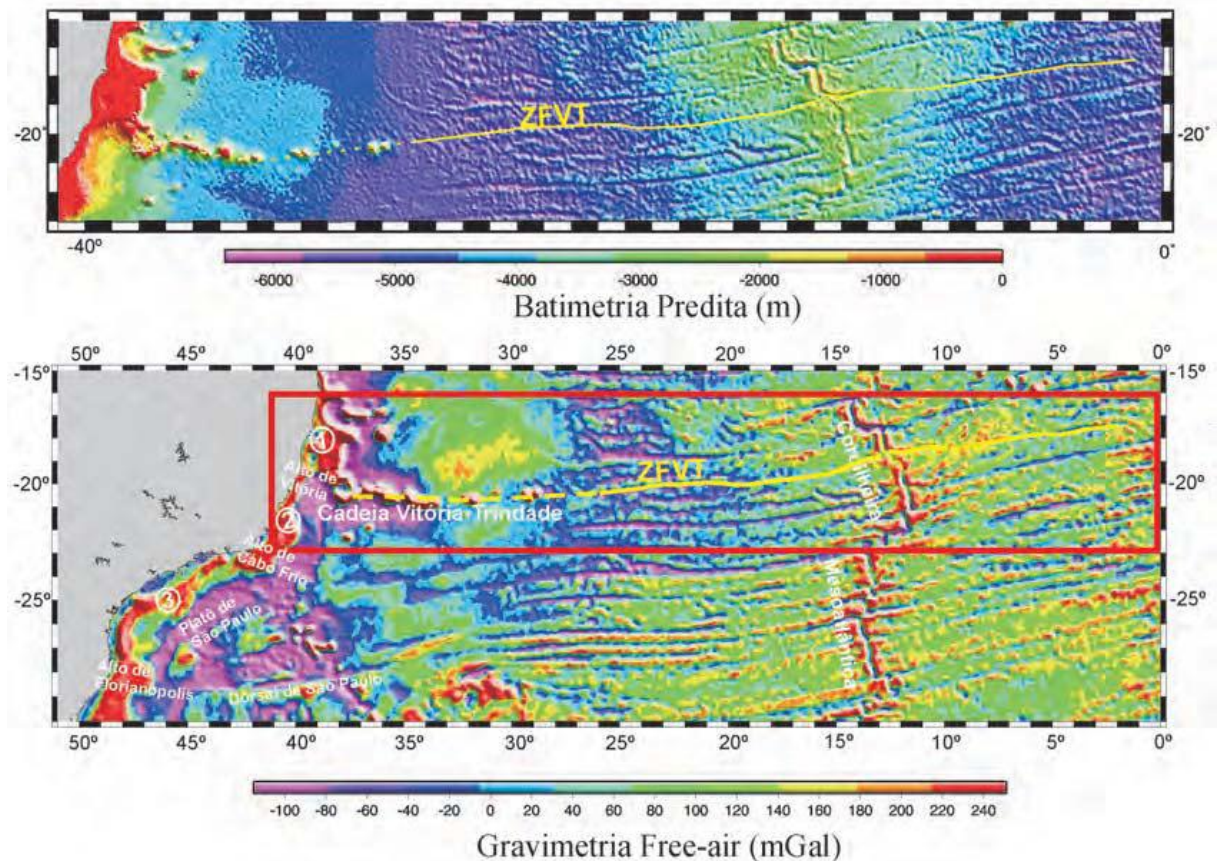


Figura 13 – Mapa de batimetria e gravimetria predita mostrando o traçado da zona de fratura de Vitória-Trindade.

Fonte: Alves et al. (2006, p. 119).

3.2.2 Bacia do Espírito Santo

A Bacia do Espírito Santo situa-se na região costeira e na plataforma continental, estendendo-se desde a porção centro-norte do estado do Espírito Santo até o sul do estado da Bahia, onde recebe a denominação Bacia do Mucuri. Apresenta uma área total de 220.000 km², sendo 20.000 km² em áreas emersas.

Restringe-se, ao sul, pelo Alto de Vitória, que a separa da Bacia de Campos; a norte, pelo Complexo Vulcanossedimentar de Abrolhos; a leste, pelo limite entre as crostas continental e oceânica; a oeste, pela sedimentação terciária. Essa bacia possui uma área sedimentar total de 123.130 km² até a lâmina d'água de 3.000 m (17.900 km² em terra).

A Bacia do Espírito Santo está instalada em um segmento predominantemente distensivo da Placa Sul-Americana, cujo embasamento é representado, em crosta continental, por um complexo de terrenos ígneos metamórficos pré-cambrianos associados à Província Mantiqueira (Faixa

Araçuaí), retrabalhados nos ciclos Transamazônico e Brasileiro (ALMEIDA et al., 1977). Em crosta oceânica, o embasamento é representado por basaltos intercalados com rochas siliciclásticas depositadas em ambiente continental (GOMES et al., 1988).

Segundo Novais et al. (2004), o arcabouço estrutural é caracterizado por um conjunto de semigrabens alinhados ao longo de falhas normais, de direções predominantes N-S, NNW-SSE e NE-SW, e, secundariamente, por zonas de alívio de tensão formadas por falhas transcorrentes ou transversais, de direção NW-SE e EW. Esses autores apontam, em concordância com outros trabalhos, evidências de eventos compressivos (falhas reversas, estruturas em flor, estrangulamento de caule de domos de sal e dobramentos) relacionados tanto ao soerguimento da borda da bacia quanto às reativações de antigas falhas transcorrentes, principalmente na região sul do Complexo Vulcanossedimentar de Abrolhos (FRANÇA; MOHRIAK, 2008) (Figura 14).

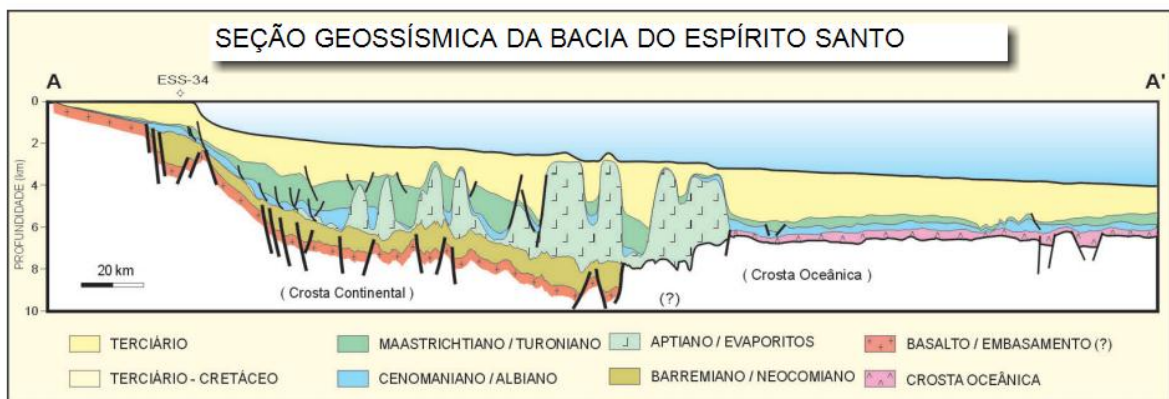


Figura 14 – Seção geossísmica esquemática da bacia do Espírito Santo, mostrando arcabouço estrutural-estratigráfico das sequências sin-rifte e pós-rifte.
Fonte: Mohriak (2003, p. 149).

Evidências de neotectônica na área vêm sendo descritas em diversos estudos realizados nas unidades cenozoicas costeiras (Formação Barreiras), no nordeste do estado do Rio de Janeiro e no sul do estado do Espírito Santo (FERRARI, 2001; RICCOMINI; ASSUMPÇÃO, 1999; SOBREIRA, 1993).

A Bacia do Espírito Santo pode ser dividida em três supersequências/megassequências ou fases principais (FRANÇA et al., 2007; FRANÇA; MOHRIAK, 2008; MILANI; THOMAZ FILHO, 2000; MOHRIAK, 2003; VIEIRA et al., 1994):

- Fase rifte de implantação da bacia (megassequência continental).
- Fase drifte, estágio final da fase rifte, durante o processo de separação dos continentes (megassequência transicional).
- Fase marinha (megassequência pós-rifte ou passiva).

As frequentes variações relativas do nível do mar ao longo de todo o Cretáceo foram responsáveis pela geração de discordâncias e escavações de cânions e canais submarinos. A mais importante delas, denominada “Discordância Pré-Urucutuca”, ocorreu durante a fase transgressiva da bacia, no Cenomaniano, e foi responsável pela formação dos paleocânions da região, como, por exemplo, Mucuri, na Bacia de Mucuri, e Regência e Fazenda Cedro, na Bacia do Espírito Santo. Os depósitos arenosos gerados por fluxos gravitacionais relacionados a rebaixamento eustático preencheram pequenas calhas e vales incisos.

A sedimentação recente, de caráter transicional, entre os ambientes marinho e continental, ocorre na porção emersa da bacia, sob a forma de sedimentos de planície próximo à foz dos rios São Mateus, Doce e Mucuri e por cordões litorâneos ao longo da costa.

3.3 GEOMORFOLOGIA

3.3.1 Porção emersa (ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz)

A ilha oceânica da Trindade caracteriza-se por um cimo erodido que se eleva a 5.500 m do assoalho oceânico, alcançando, aproximadamente, 600 m acima do nível do mar. A morfologia dessa ilha é acidentada, com estreita faixa de depósitos holocênicos dispostos ao longo da região costeira. Compreende um conjunto de formas diferenciadas decorrentes da erosão do edifício vulcânico, caracterizadas por Domínio Planalto Axial (ALMEIDA, 1961), Domínio de Vertentes Costeiras (ALMEIDA, 1961 apud CASTRO; ANTONELLO, 2006) e Domínio Litorâneo (CASTRO; ANTONELLO, 2006). Grandes intrusões fonolíticas, diques, derrames de diversos tipos de lavas, massas de piroclastos e depósitos holocênicos sustentam as formas de relevo (Figuras 15a e 15b).



(a)



(b)

Figura 15 – Porção emersa da Cadeia Vitoria-Trindade: vista aérea (a) e geral (b) da ilha oceânica da Trindade.

Fonte: Google Earth (<http://www.google.com/earth/index.html>).

O arquipélago de Martin Vaz é constituído por uma ilha principal, duas ilhas menores e alguns rochedos, apresentando topo quase plano, com ligeiro caimento para sudeste (CASTRO; ANTONELLO, 2006). Exibe faces rochosas desnudas, recobertas, parcialmente, por vegetação herbácea e fragmentos rochosos (Figuras 16a e 16b).



(a)



(b)

Figura 16 – Porção emersa da Cadeia Vitoria-Trindade: vista aérea (a) e geral (b) do arquipélago de Martin Vaz.

Fonte: Google Earth (<http://www.google.com/earth/index.html>).

3.3.2 Províncias fisiográficas marinhas

O estudo mais abrangente sobre a geomorfologia da margem continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes foi realizado pelo Projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira), no qual a plataforma brasileira foi segmentada em setores. Ressalta-se que a área em que se insere o presente estudo foi denominada margem continental leste brasileira (CHAVEZ, 1979).

Segundo França (1979), as províncias fisiográficas marinhas na área são representadas por plataforma, talude e sopé continentais, bacias oceânicas (planície abissal e cordilheira Meso-Oceânica), com variações morfológicas peculiares, como o expressivo alargamento da plataforma continental na região de Abrolhos, desenvolvida sobre derrames vulcânicos, complexos insulares, recifes submersos, bancos de algas calcárias, elevações e canais submarinos (SEMA, 2008).

Na figura 17 apresenta-se a fisiografia da PCJB e áreas oceânicas adjacentes, elaborada pela CPRM (2008) a partir de dados dos projetos REMAC, PETROBRAS e LEPLAC (Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira).

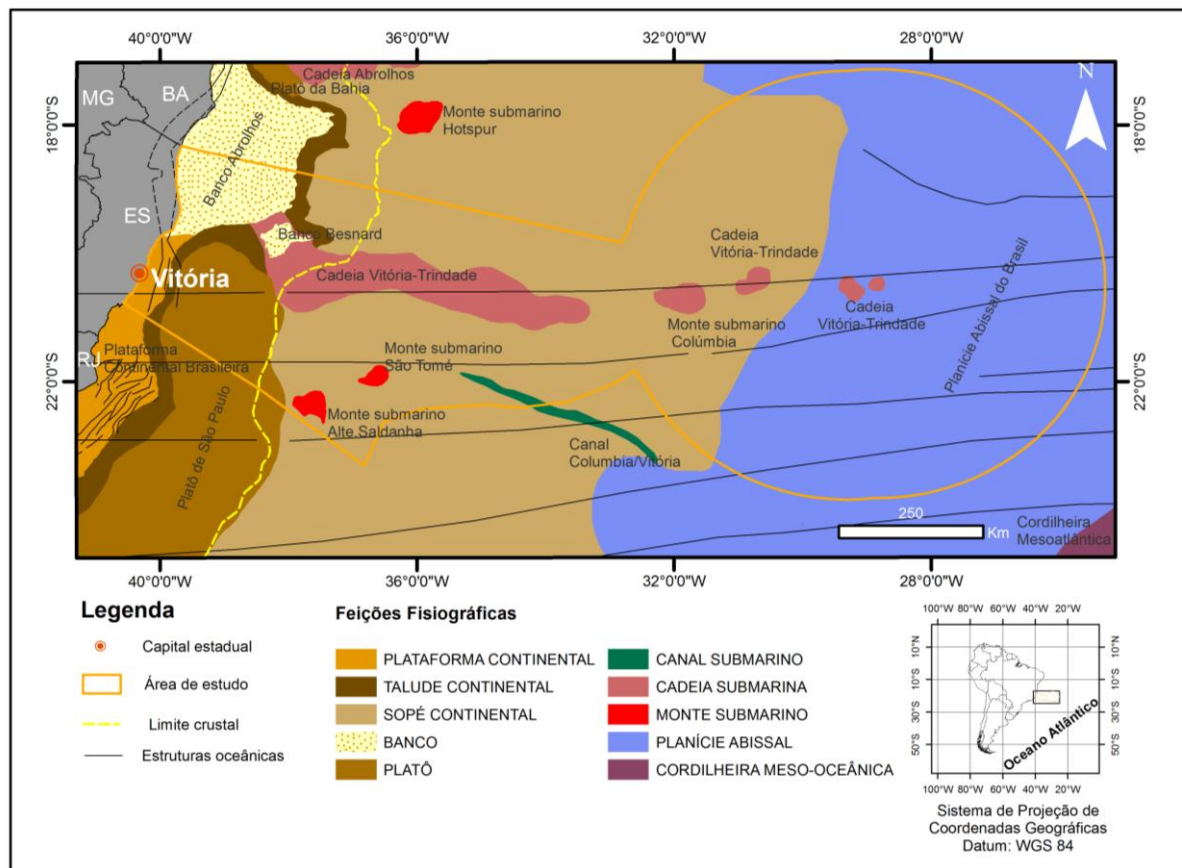


Figura 17 – Feições fisiográficas da margem continental e áreas adjacentes presentes na área de estudo. Fonte: Palma et al. (2008 apud CPRM, 2008).

3.4 OCEANOGRAFIA

O clima na região é do tipo oceânico tropical, típico das regiões afastadas das massas continentais, sendo quente e úmido na primavera/verão e seco no outono/inverno, com temperatura média anual de 22°C amenizada por ventos alísios de leste a sudeste (NIMER, 1989). O mês de fevereiro é o mais quente (30°C) do ano e o de setembro, o mais frio, com temperatura em torno de 17°C (SOARES, 1964 apud CASTRO, 2010). Entre os meses de abril e outubro, o arquipélago sofre invasões periódicas de frentes frias oriundas da Antártica, que, ao chegarem à Região Sudeste, desviam para o oceano e alcançam a ilha da Trindade, provocando mudanças abruptas nas condições do mar (CASTRO; ANTONELLO, 2006).

Em profundidades intermediárias (entre 400-1.500 m), o escoamento se dá para norte, associado à presença da Corrente de Contorno Intermediária. Abaixo de 1.500 m e com extensão vertical até mais de 3.300 m de profundidade, a área está sob influência da Corrente

de Contorno Profunda, que se estende pela costa brasileira (MARCHIORO et al., 2005) (Figura 18).

O fenômeno de ressurgência ocorre, principalmente, nos meses mais quentes, em decorrência da predominância de ventos de direção leste-nordeste, que provocam o deslocamento das águas superficiais para fora da costa, fazendo com que as águas frias, mais profundas, sejam trazidas à superfície juntamente com os nutrientes.

As marés variam cerca de duas vezes ao dia, caracterizando um regime de micromaré semidiurno, com ondas inferiores a 2 m de altura em sizígia (ALBINO et al., 2005).

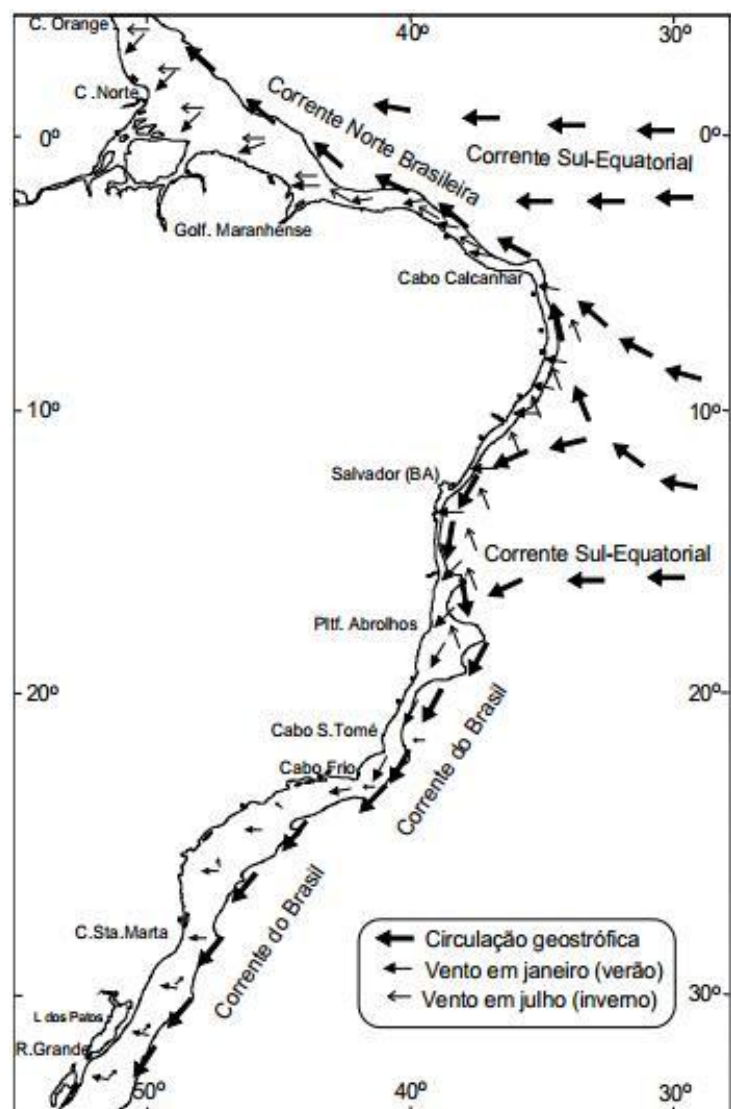


Figura 18 – *simplificada da circulação oceânica e direção do vento na Plataforma continental brasileira.*
 Fonte: Peterson e Stramma (1991); Castro e Belmiro (1966) apud Muehe e Garcez (2005, p. 73).

Representação

4 MATERIAIS E MÉTODO

Desde o final da década de 1960, a margem continental brasileira vem sendo sistematicamente investigada pelo governo brasileiro e por instituições de pesquisas e empresas petrolíferas. Projetos de levantamento regional como GEOMAR (Programa de Geologia e Geofísica Marinha), REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira), LEPLAC (Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira), REVIZEE (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva) e REMPLAC (Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira) geraram considerável quantidade de dados e constituem as principais fontes de informação sobre o meio físico e biótico da área. Porém, tais iniciativas carecem de integração à luz de novos conhecimentos e tecnologias, a fim de proporcionarem novas interpretações.

4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Procedeu-se à consulta a artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais, monografias, dissertações e teses, visando à compreensão de bases conceituais, abordagens metodológicas, aspectos geológicos e geomorfológicos, geoprocessamento e geodiversidade. Consultaram-se, ainda, relatórios de projetos institucionais, estudos de impacto ambiental e livros publicados.

A pesquisa bibliográfica constituiu-se em etapa permanente do trabalho, com a finalidade de realizar um levantamento sistemático dos dados pretéritos e acompanhar o estado da arte dos temas abordados.

4.2 FONTE DE DADOS E ORGANIZAÇÃO EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

A base de dados utilizada reúne informações disponíveis em bancos de dados institucionais de domínio público, relatórios técnicos, artigos científicos, mapas temáticos e trabalhos acadêmicos.

Como os referidos dados procediam de diversas fontes, formatos, projeções e escalas, tornaram-se necessários procedimentos tais como: operações de vetorização e

georreferenciamento do material analógico; tratamento das informações digitais (padronização dos formatos dos arquivos de dados, projeções cartográficas, filtragem, uniformização e generalização).

Utilizaram-se amostragem de fundo e dados batimétricos, geológicos, geomorfológicos e geofísicos (Figura 19), dentre outros temas apresentados no Quadro 1.

Dessa forma, todos os dados foram padronizados e organizados em SIG, em formato digital de extensão *shapefile* (*.shp), do sistema ESRI[®], sob a forma de pontos, linhas e polígonos associados a tabelas dBASE, que descrevem os atributos alfanuméricos de cada objeto. Engloba, ainda, dados matriciais ou *raster* georreferenciado no formato GeoTIFF.

Os dados digitais compreendidos no SIG e mapas temáticos produzidos pelo estudo estão representados no Sistema de Projeções de Coordenadas Geográficas e em Policônica, respectivamente; tendo ambos como referência geodésica o Elipsoide da União Geodésica e Geofísica Internacional (UGGI67), como *datum* planimétrico o World Geodetic System 1984 (WGS84) e Meridiano Central com latitude de origem 0° e longitude de origem 33°W de Greenwich.

Optou-se por utilizar a escala de 1:1.000.000, por esta ter se demonstrado eficaz ao se integrar as diferentes escalas de levantamentos realizadas na área e também ao fato de minimizar o efeito da escassez de dados em algumas áreas da plataforma continental e, principalmente, na bacia oceânica. Adicionalmente, essa é a escala máxima para trabalho permitida pela resolução espacial dos dados batimétricos provenientes do Atlas GEBCO_08.

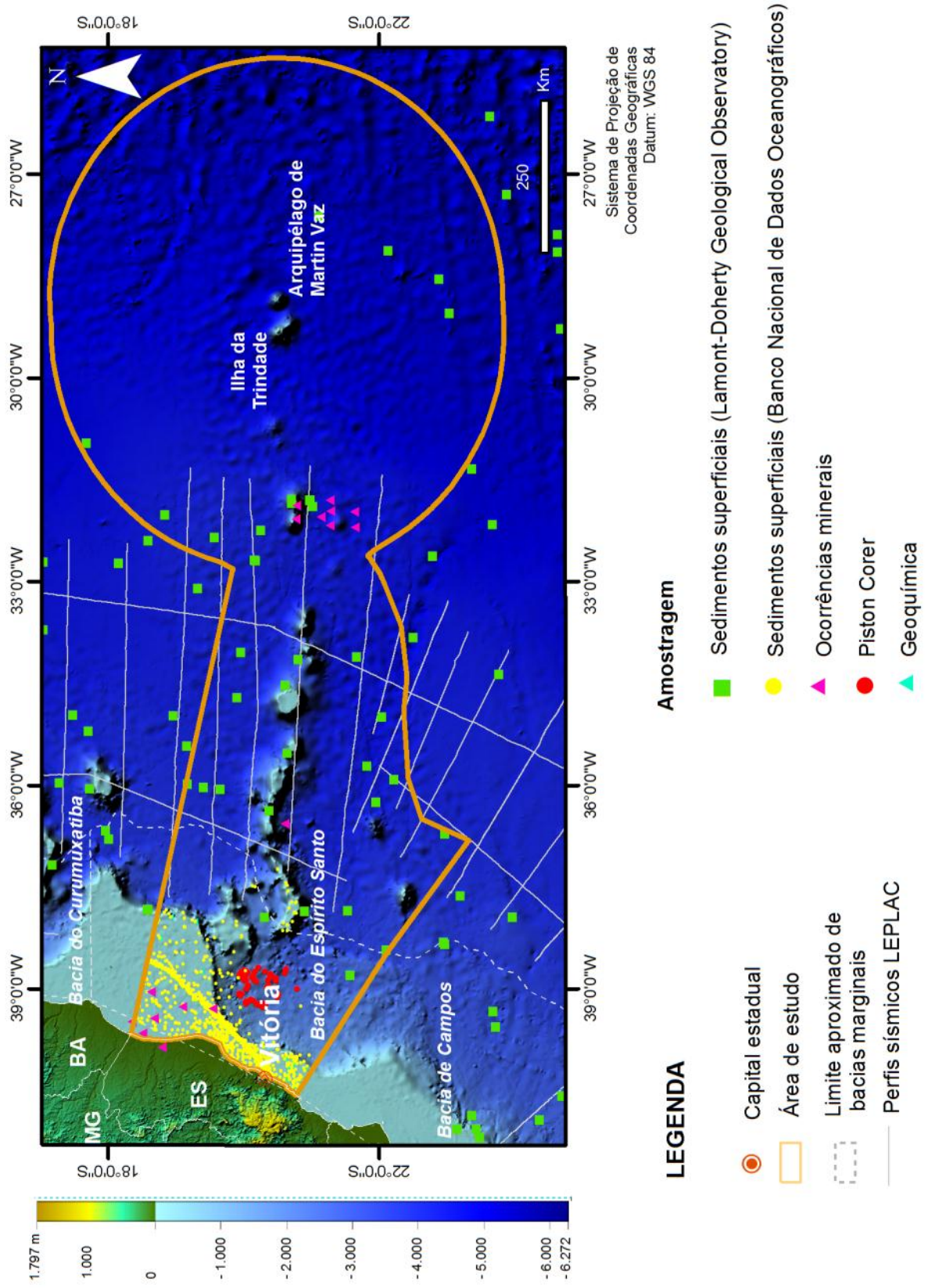


Figura 19 – Localização dos pontos de amostragem para coleta de sedimentos superficiais e Piston Corer utilizados no estudo.

Quadro 1 – Descrição, formato original e fonte dos dados utilizados na pesquisa.

Tema	Descrição	Formato	Escala/ Resolução	Fonte
Dados Batimétricos	Cartas náuticas georreferenciadas: nº 20 (Costa Leste da América do Sul, DHN, escala 1:3.500.000) e nº 21 (Brasil – Ilhas ao Largo – Ilha da Trindade, DHN, escala 1:15.000).	GeoTIFF	1:3.500.000 e 1:15.000	(1)
	Pontos de batimetria cotados.	<i>shapefile</i> ponto	-	(12)
	Atlas digital GEBCO_08 (General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO), versão set. 2010).	NetCDF	30 seg. de arco	(3)
Amostragem de sedimentos e material rochoso do fundo oceânico	1.440 amostras de sedimentos superficiais do BAMPRETO. Consideram-se como sedimentos superficiais os primeiros 0,50 m de material coletado abaixo do fundo marinho.	x, y, z	-	(10)
	1.136 amostras de sedimentos superficiais e material rochoso, coletadas pela Marinha do Brasil (BNDO). Amostras consistidas e reclassificadas por Dias et al. (2008).		-	
	19 amostras de sedimento superficial coletadas pelo REMAC para geoquímica. Análise realizada pelo método de emissão espectrográfica semiquantitativa para 30 elementos utilizando espectrógrafo Wadsworth 1.5 da Jarrel-Ash (ppm).	<i>shapefile</i> ponto	-	(3)
	61 descrições de amostras de <i>Piston Corer</i> com até 7 m armazenadas no banco de dados do Lamont-Doherty Geological Observatory (LDGO), coletadas no intervalo de 1.640 a 5.385 m de profundidade e classificadas em função classe textural e componentes orgânicos.	x,y,z	-	(15)
Dados geológicos	Limite entre crosta continental e crosta oceânica fornecido por LEPLAC.	<i>shapefile</i> linha		(2)
	Limite das bacias sedimentares conforme Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).	<i>shapefile</i> polígono	1:2.500.000	(2)
	Limite externo estipulado pelo limite crustal.			
	Profundidade (m) de ocorrência do embasamento oceânico. Intervalos 500 a 1.500; 1.500 a 3.000; 3.000 a 4.500; 4.500 a 6.000; 6.000 a 7.500; > 7.500.	GeoTIFF	-	(2)
	Estruturas oceânicas (falhas e zonas de fraturas em área oceânicas), escala 1:2.500.000.	<i>shapefile</i> linha	1:2.500.000	(2)
	Espessura (m) das camadas de sal. Intervalos 200, 2.000, 4.000 e 5.000 m.	<i>shapefile</i> linha	1:2.500.000	(2)
	Limite externo em área oceânica da ocorrência dos evaporitos.	<i>shapefile</i> linha	1:2.500.000	(2)
	Espessura da camada de sedimentos (m).	NetCDF	1:2.500.000	(4)
	35 sismos registrados nas proximidades entre os anos de 1767 e 2006. Magnitude 2 a 6,1 (escala Richter).	<i>shapefile</i> ponto	-	(5)
Mapa de Fácies da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Adjacentes.	<i>shapefile</i> ponto	1:2.500.000.	(6)	
Mapa Faciológico dos Sedimentos Superficiais da Plataforma e da Sedimentação Quaternária no Oceano.	analógico	1:3.500.000.	(7)	
Mapa Fisiográfico da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Adjacentes.	<i>shapefile</i> polígono	1:2.500.000	(9)	

Quadro 1 – Descrição, formato original e fonte dos dados utilizados na pesquisa (continuação).

Dados geofísicos	Isócronas da crosta oceânica. Valores em Ma.		1:2.500.000	
	Anomalias gravimétricas de ar-livre: dados oriundos de altimetria por satélite da missão GEOSAT (ERM) (GEODetic SATellite – Exact Repeat Mission). Tratamento dos dados e geração de <i>grid</i> : CPRM (2008). Valores em mGal.	GeoTIFF	<i>grid</i> com células de 0,2 graus	(2)
	Anomalias gravimétricas Bouguer: dados oriundos de altimetria por satélite da missão GEOSAT (ERM). Tratamento dos dados e geração de <i>grid</i> : CPRM (2008). Valores em mGal.		50 km	
	Gravimetria: dados oriundos de altimetria por satélite da missão GEOSAT (ERM). Tratamento dos dados e geração de <i>grid</i> : CPRM (2008). <i>Grid</i> obtido a partir do modelo geopotencial EIGEN-GL02C; expressa apenas os maiores comprimentos de onda da anomalia de ar-livre. Valores em nT.	GeoTIFF	1:1000.000.	(8)
Modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico do centro-sul da Bacia do Espírito Santo e norte da Bacia de Campos. Elaborado por meio de dados de sísmica 3D e batimetria multifeixe.	TIFF	segundos	(1)	
Recursos minerais	16 pontos com ocorrências minerais.	<i>shapefile</i> ponto	-	
	19 amostras com anomalias geoquímicas (prospecção mineral).			
	Mapa de potencialidade mineral: delimitação de áreas com ocorrência de crosta cobaltífera, areia, calcário, salgema, nódulos polimetálicos e minerais pesados (ilmenita, monazita, zircão e rutilo).	<i>shapefile</i> polígono	1:2.500.000	(3)
	16 áreas de extração de óleo e gás até o ano de 2008.	<i>shapefile</i> polígono	-	
	20 campos em produção de óleo e gás até o ano de 2008.	<i>shapefile</i> polígono	-	(16)
Blocos exploratórios oferecidos pela ANP: 21 áreas com requerimento de pesquisa para petróleo.	<i>shapefile</i> polígono	-		
Geodiversidade continental	Títulos minerários do DNPM: áreas com requerimento de pesquisa mineral e lavra (títulos minerários) localizadas na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira.	<i>shapefile</i> de pontos	-	(11)
Uso e ocupação	Mapa geodiversidade da porção continental do estado do Espírito Santo.	<i>shapefile</i> polígono	1:1.000.000	(17)
	Atividades humanas: pesca, turismo, mineração, extração de petróleo, dutos e cabos oceânicos, obras de engenharia.	<i>shapefile</i> ponto e linha	1:1.000.000	(12; 13)
	Áreas protegidas e especiais: unidades de conservação e parques marinhos.	<i>shapefile</i> polígono	1:1.000.000	(12)
	Sítio geológico marinho cadastrado na SIGEP: geossítios da ilha da Trindade: registro de vulcanismo cenozoico no Atlântico Sul.	<i>shapefile</i> ponto	-	(14)
Aspectos ambientais	Limites e zonas marítimas brasileiras: linha-base, mar territorial, zona contígua, ZEE e área proposta para expansão da PCJB.	<i>shapefile</i> polígono	1:2.500.000	(3)
	Limite dos estados e drenagem bifilar da região costeira.	<i>shapefile</i> polígono	1:1.000.000	(12)
	Dados oceanográficos (ondas).		-	(18)

Fonte:

- (1) *Dados cedidos sob autorização pela Diretoria de Hidrologia e Navegação (DHN).*
- (2) *SIG Geologia da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes (CPRM, 2008).*
- (3) *General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO). Disponível em: <http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/>. Acesso em: jan. 2012.*
- (4) *DIVINS (2003). Disponível em: <<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/sedthick/sedthick.html>>. Acesso em: 27 out. 2012.*
- (5) *Dados cedidos por Assumpção (2008).*
- (6) *Mapa e shape de sedimentos superficiais da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Adjacentes, escala: 1:2.500.000 (DIAS et al., 2008).*
- (7) *Mapa Faciológico dos Sedimentos Superficiais da Plataforma e da Sedimentação Quaternária no Oceano Profundo (KOWSMANN; COSTA, 1979).*
- (8) *Dados cedidos sob autorização pela PETROBRAS do modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico do centro-sul da Bacia do Espírito Santo e norte da Bacia de Campos (SCHREINDER et al., 2009).*
- (9) *Mapa elaborado por Palma et al. (2008) para o SIG Geologia da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes, escala 1:2.500.000.*
- (10) *Dados cedidos sob autorização da BAMPETRO. Disponível em: <<http://www.bampetro.on.br/>>. Acesso em: out. 2012.*
- (11) *Títulos minerários do DNPM. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/sad69/ES.zip>>. Acesso em: out. 2012.*
- (12) *IBGE (2010). Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/base_continua_ao_milionesimo/>. Acesso em: nov. 2011.*
- (13) *Dados cedidos pela Secretaria de Meio ambiente do Espírito Santo.*
- (14) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitios.htm#5>>. Acesso em: out. 2012.*
- (15) *Shape elaborada a partir dos dados de sedimentos superficiais e de material rochoso do Lamont-Doherty Geological Observatory, armazenadas no National Geophysical Data Center (NGDC). Disponível em: <http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/marine_geology/>. Acesso em: 30 out. 2012.*
- (16) *Blocos exploratórios oferecidos para estudo pela ANP. Pesquisa em 21 nov. 2012.*
- (17) *SIG do Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo (SILVA; MACHADO, 2012). Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.*
- (18) *SEMA (2008). Atlas de ecossistemas do Espírito Santo.*

As tarefas de geoprocessamento e geração de mapas e ilustrações foram realizadas por meio dos programas ArcGis™ 9.3 (ArcMap™) e Global Mapper (versão 12).

Os temas e parâmetros analisados para elaboração do modelo conceitual de caracterização da geodiversidade marinha encontram-se listados no Quadro 2.

Quadro 2 – *Temas e parâmetros utilizados na pesquisa.*

Tema	Parâmetros Analisados
Dados batimétricos e produtos derivados	Profundidade, modelo digital do fundo oceânico, aspectos morfométricos (extensão, largura, inclinação), aspectos morfológicos (forma da superfície: plana, convexa, côncava).
Amostragem de sedimentos e material rochoso do fundo oceânico	Classificação textural de sedimentos e litológica.
Dados geológicos	Limite crustal, limite de bacias sedimentares, estruturas oceânicas, litologia, conteúdo fossilífero, ambiente de sedimentação, processo geológico, sismos, pontos de erosão costeira.
Dados geofísicos	Modelo digital elaborado por meio de dados de sísmica 3D, anomalias gravimétricas de ar-livre, gravimetria, topo do embasamento oceânico, espessura do sedimento, isócrona do fundo oceânico, perfis sísmicos de reflexão 2D.
Recursos minerais	Ocorrência mineral, anomalia geoquímica, áreas com requerimento de pesquisa mineral e lavra (títulos minerários), áreas com requerimento de pesquisa para petróleo.
Geodiversidade continental	Domínios da geodiversidade da porção continental costeira do estado do Espírito Santo.
Aspectos ambientais	Dados oceanográficos (altura e período de onda), elementos fisiográficos (drenagem costeira, ilhas, promontórios, banco de areia, recife, dunas, mangue e restinga).
Uso e ocupação	Limite marítimo, áreas protegidas e especiais (unidades de conservação, parques marinhos, sítios geológicos), atividades humanas (pesca, turismo, mineração, extração de petróleo, dutos e cabos oceânicos, obras de engenharia).

4.3 MAPA BATIMÉTRICO REGIONAL

As informações sobre a profundidade em corpos d'água são comumente obtidas de cartas náuticas ou por meio de levantamentos batimétricos e altimetria por satélite.

Entretanto, a utilização de cartas náuticas na elaboração de mapas batimétricos regionais apresenta como limitação o fato de a acurácia da profundidade estar restrita a regiões mais rasas, uma vez que o objetivo de tais cartas é ressaltar obstáculos que ofereçam perigo à navegação (CHAVEZ, 1979).

Devido à indisponibilidade de cartas náuticas e de levantamentos batimétricos de detalhe em toda a extensão da área estudada, optou-se por utilizar os dados de profundidade estimada e predita, com base na altimetria extraída de levantamentos gravimétricos obtidos por satélite e integrados a dados batimétricos levantados por sonares a bordo de navios.

Foram comparadas várias fontes de dados de batimetria de domínio público (Quadro 3). A comparação entre a profundidade de cada fonte foi visual, em toda a extensão da área, com destaque para as áreas de plataforma, talude e sopé continentais, utilizando-se ferramentas de sobreposição de informações do ArcGis. Não houve análises estatísticas para determinar a margem de erro e desvio da profundidade entre as fontes de dados.

Quadro 3 – Fontes consultadas de dados batimétricos.

Produto	Descrição	Fonte
ETOPO1 (Global gridded elevations data)	Cobertura mundial da batimetria (sobre os mares) e elevação (sobre os continentes). Lançamento: 2009. Grade: 1 minuto de arco.	< http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fields/01mgg04.html >
SRTM30 plus, versão 7.0 (Shuttle Radar Topography Mission 30 plus)	Batimetria estimada e predita mundial. Elaborado a partir de dados do ETOPO2. De responsabilidade da National Imagery and Mapping Agency (NIMA). Lançamento: nov. 2008. Grade: 30 segundos de arco	< http://topex.ucsd.edu/www_html/srtm30_plus.html >
Mapa Batimétrico da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes	Elaborado a partir da integração de dados LEPLAC, cartas náuticas e do modelo ETOPO2, escala 1:5.600.000.	CPRM (2008)
GEBCO_08 GRID Released: September 2010. General Bathymetric Chart of the Oceans	Cobertura mundial da batimetria obtida por meio da integração de sondagens geofísicas e dados batimétricos oriundos de levantamentos gravimétricos adquiridos por satélite. Lançamento: 2009. Grade: 30 segundos de arco.	< http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/ >

Foram comparadas várias fontes de dados de batimetria de domínio público, optando-se pelos dados batimétricos disponibilizados pelo General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO_08, release september 2010), por estes apresentarem menor complexidade de aquisição e maior consistência dos dados, quando comparados às profundidades informadas

nas cartas náuticas e pontos cotados da costa leste de Belmonte ao Rio de Janeiro (escala 1:1091261) e em 147 pontos cotados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base em dados do LEPLAC (Figura 20).

O Atlas GEBCO consiste em um modelo mundial de terreno contínuo para oceano e terra. Os dados terrestres são provenientes do modelo digital de elevação SRTM30 (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 30 m de pixel. A grade batimétrica é gerada a partir da interpolação de dados batimétricos obtida por levantamentos realizados por navio e os dados de profundidade são derivados de levantamentos gravimétricos obtidos por satélites.

Lançado em 2009, o referido atlas é continuamente atualizado, sendo a grade “GEBCO_08 de setembro de 2010” a mais recente versão. Tradicionalmente, tem se concentrado na interpretação da batimetria em águas profundas. Os dados são mantidos e distribuídos pelo British Oceanographic Data Center (BODC).

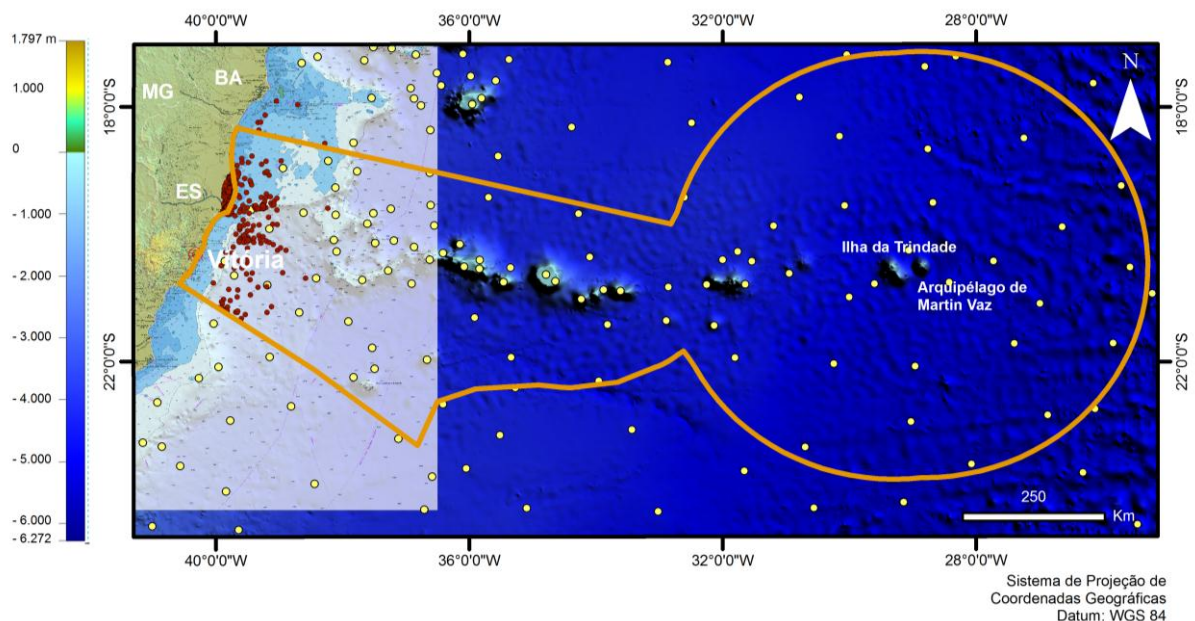


Figura 20 – Distribuição dos pontos utilizados para comparação da profundidade. O fundo em azul representa os dados provenientes do Atlas GEBCO_08; o retângulo representa a área coberta pela carta náutica; os pontos amarelos correspondem aos pontos de profundidade cotados pelo IBGE; os pontos em vermelho correspondem aos pontos de profundidade oriundos dos poços de petróleo cadastrados na ANP.

O grid GEBCO_08 apresenta resolução espacial de 30 segundos de arco, com células de 925 m x 925 m, referenciados ao nível médio dos mares. Os grids de modelos globais de elevação são acessados pela Internet (<http://www.gebco.net>), com liberação de arquivos no formato NetCDF (Network Common Data Form) e ASCII (American Standard Code

Information Interchange). Os dados estão armazenados em coordenadas geodésicas, utilizando-se o sistema WGS 84 como *datum*. Os arquivos com extensão NetCDF foram importados para o Global Mapper e exportados para o formato GeoTIFF, de modo a serem utilizados no ArcGis.

4.4 PRODUTOS DERIVADOS DO MODELO DIGITAL DO FUNDO OCEÂNICO

Um modelo digital do assoalho oceânico pode ser compreendido como o Modelo Digital do Terreno (MDT) elaborado para áreas continentais. Constitui a representação matemática de uma superfície, por meio das coordenadas X, Y, Z, onde X e Y correspondem às coordenadas geográficas e Z, aos parâmetros que se deseja modelar (ROCHA, 2000). No caso dos oceanos, Z corresponde à profundidade.

A partir dos dados batimétricos do MDT foram elaborados diversos produtos, utilizados em várias etapas do estudo, tais como mapa batimétrico regional, modelo digital de elevação do fundo oceânico, curvas e intervalos batimétricos, perfis batimétricos, relevo sombreado, mapa hipsométrico, declividade e visualizações 3D. Com esses produtos, foi possível identificar e caracterizar as feições fisiográficas submersas regionais da área estudada, tais como topografia submarina, morfologia das feições (forma das superfícies e vertentes) e morfometria das formas (extensão, largura, profundidade, declividade).

4.4.1 Curvas e intervalos batimétricos

O Mapa Batimétrico Regional foi elaborado a partir das curvas batimétricas extraídas das imagens do GEBCO_08. Os intervalos batimétricos foram agrupados em classes estabelecidas por ordem de profundidade (Quadro 4).

Quadro 4 – Distribuição dos intervalos batimétricos em classes de profundidade.

Classe de Profundidade (m)	Intervalos Batimétricos (m)
Classe 1 (0 a -100)	Curvas de 10, 25, 30, 40, 50, 75, 80, 100
Classe 2 (900 a -3.500)	Espaçamento de 100
Classe 3 (-3.500 a -4.800)	Espaçamento de 150
Classe 4 (> -4.800)	Espaçamento de 200

4.4.2 Modelo digital de elevação do assoalho oceânico

O modelo digital de elevação do assoalho oceânico possibilita a identificação das feições fisiográficas mais marcantes, porém, sem o grau de detalhamento necessário a uma análise mais acurada. Entretanto, ele se mostrou bastante adequado ao propósito e à escala do estudo, quando aliado ao modelo digital do assoalho oceânico obtido por meio de sísmica.

O produto gerado corresponde a um *grid* em tons de cinza, com valores interpolados, associados a valores entre 0 e 255, onde os tons mais claros, próximos aos valores de 255, estão associados a áreas mais próximas da superfície, e os mais escuros, próximos aos valores de 0, às profundidades mais elevadas. Palhetas de cores podem ser aplicadas para auxiliar a visualização.

4.4.3 Mapa hipsométrico

O mapa hipsométrico do fundo marinho é um recurso gráfico que se destina à representação da profundidade por meio de cores. Convencionalmente, o marrom (ou alaranjado) é destinado às áreas mais elevadas, e os tons de azul, às mais profundas (Figura 21).

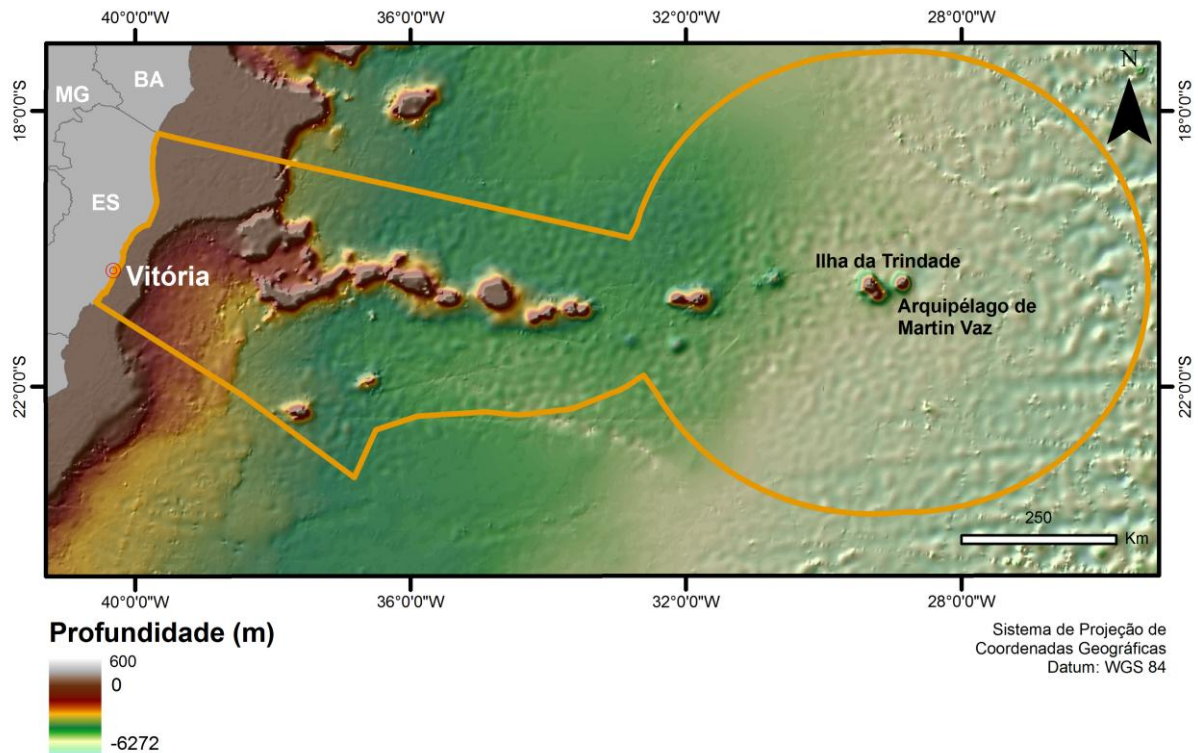


Figura 21 – Mapa hipsométrico sobreposto ao relevo sombreado. Dados batimétricos oriundos do Atlas *GEBCO_08*.

4.4.4 Relevo sombreado

O mapa de relevo sombreado é um recurso gráfico aplicado sobre os dados batimétricos do Modelo Digital do Terreno (MDT), que permite ressaltar as mudanças fisiográficas por meio das variações de tons de uma mesma cor, produzindo efeito de sombreado.

Aplicando-se uma fonte de iluminação hipotética a determinada direção e ângulo de inclinação em relação ao horizonte, cria-se um efeito de sombra na direção oposta à iluminada. As principais limitações residem no não fornecimento dos valores batimétricos e no fato de o destaque das feições se dar apenas na direção utilizada.

Utilizou-se a ferramenta Hillshade da extensão 3D Analyst do ArcMap, testando-se diversas direções e ângulos de iluminação com objetivo de identificar o maior número de feições possíveis. Como padrão preestabelecido, é oferecida pelo programa iluminação artificial configurada da seguinte forma: azimuth (315°) e altitude (45°).

Para compensar o fato de X e Y serem obtidas em unidades angulares (coordenadas geográficas: latitude e longitude) e Z (profundidade, em metros) em unidades lineares, aplica-

se um valor de correção denominado *z-factor*, o qual depende da latitude da área, que, no caso do estudo, está localizada, aproximadamente, no paralelo de 20°, correspondendo ao valor de 0.00000956 (<<http://webhelp.esri.com/>>).

A sobreposição de diversos temas, em transparência, ao relevo sombreado, foi utilizada para aumentar a capacidade de análise e integração dos dados.

4.4.5 Mapa de declividade

Para o cálculo da declividade utilizou-se a ferramenta Slope da extensão Spatial Analyst do ArcMap em dados projetados de batimetria oriundos do Atlas GEBCO_08. Adotou-se a projeção polícônica, datum WGS 84 e meridiano central 33°.

Os intervalos de declividade adotados seguiram a proposta de EMBRAPA (1999), sendo definidos nas classes apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – *Distribuição dos intervalos de declividade.*

Classe de Declividade	Intervalo de Declividade
Plano	0-3% ou 0°-1,7°
Suave ondulado	3-8% ou 1,7°-4,5°
Ondulado	8-20% ou 4,5°-11,3°
Fortemente ondulado	20-45% ou 11,3°-24,2°
Montanhoso	45-75% ou 24,2°-36,8°
Escarpado	> 75% ou > 36,8°

Elaborou-se, ainda, um mapa de declividade individualizado para cada feição fisiográfica, principalmente na área de plataforma e talude continentais, com intervalos de declividade diferentes dos retromencionados, com o objetivo de observar pequenas variações do terreno que refletissem características geológicas e/ou morfológicas no modelado, tais como canais, terraços e superfícies íngremes, que pudessem favorecer o desenvolvimento de movimentos de massa.

4.4.6 Perfis batimétricos

Um perfil é a representação cartográfica de uma seção vertical da superfície terrestre. Os perfis batimétricos obtidos por meio dos dados de profundidade contidos no Atlas GEBCO_08 foram utilizados na descrição da morfologia, sendo possível a obtenção de alguns dados como: profundidades inicial e final, profundidades máxima e mínima, comprimento e largura das formas de relevo, amplitude das formas de relevo, declividade e conformação do topo das feições.

Foram realizados perfis longitudinais e transversais, com o objetivo de caracterização morfométrica das feições fisiográficas e identificação de desníveis no terreno que pudessem representar variações na plataforma, tais como terraços e canais escavados.

Os perfis batimétricos foram confeccionados no *software* Global Mapper, sendo necessário aplicar diferentes exageros verticais para melhor visualização da diferença de amplitude de relevo.

4.5 COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA DO ASSOALHO OCEÂNICO

A compartimentação fisiográfica da área foi elaborada por meio da compilação de mapas fisiográficos preexistentes, integrados a dados geológicos (zonas de fratura) e geofísicos e a produtos gerados na etapa anterior, tais como:

- Mapa Fisiográfico da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes, elaborado por Palma et al. (2008), na escala 1:2.500.000, para o SIG Geologia da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes (CPRM, 2008).
- Modelo Digital da Geomorfologia do Fundo Oceânico do Centro-Sul da Bacia do Espírito Santo e Norte da Bacia de Campos, elaborado por Schreiner et al. (2009), por meio de um mosaico batimétrico reunindo 17 diferentes projetos sísmicos. O *grid* adotado, por adequação à escala 1:100.000, apresenta espaçamento de 100 m. O método de interpolação de cada dado foi o Inverse Distance Weighting (IDW). A imagem da geomorfologia marinha foi gerada através do filtro *edge detection* ou filtro de Sobel.

As províncias fisiográficas foram delimitadas com base na classificação e nomenclatura de Heezen et al. (1959), adotada pelo Projeto REMAC (CHAVES, 1979) e Palma et al. (2008), a partir da variação da declividade e profundidade.

Os limites das províncias fisiográficas foram estabelecidos por meio das variações da profundidade média e da declividade, extraídas de perfis batimétricos, mapa de declividade, curvas batimétricas e relevo sombreado, e de características composicionais do substrato oceânico obtidas de dados geofísicos (magnetometria, gravimetria e sísmica).

A delimitação obedeceu também a aspectos visuais (textura e rugosidade) observados no relevo sombreado e no modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico do centro-sul da Bacia do Espírito Santo e norte da Bacia de Campos, disponíveis apenas para a porção sul da margem continental da área.

Ressalta-se que tais limites refletem exclusivamente as características morfofisiográficas do terreno e podem não coincidir com os limites jurídicos das feições submersas definidas pelo Artigo 76 da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (DHN, 1995).

Foram elaborados 10 perfis batimétricos perpendiculares à quebra da plataforma e cinco perfis transversais à área de estudo (Figura 24).

Os valores da média aritmética da profundidade obtidos pela análise dos perfis batimétricos foram comparados aos da bibliografia existente para a área, com o objetivo de testar a validade dos dados do GEBCO_08 (CHAVES, 1979; PALMA et al., 2008).

As feições fisiográficas foram definidas conceitualmente, conforme apresentado no capítulo 2. Entretanto, os dados disponíveis permitiram a subdivisão em domínios fisiográficos da plataforma continental, nas porções interna e externa da seguinte forma:

a) Plataforma continental interna: entende-se como a região de influência dos processos litorâneos, envolvendo ondas, correntes e marés sobre o fundo oceânico, com gradientes inferiores a 1:1.000, estendendo-se da face da praia até o limite da plataforma continental externa. Para delimitação da plataforma continental interna foi utilizada a equação matemática constante no “Shore Protection Manual” (COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, 1984), onde a altura em que a onda atinge o fundo indica o limite de ação das ondas sobre o fundo:

$$L = gt^2/2 \quad \text{e} \quad H = L/2 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- L = comprimento da onda (m)
- H = altura da onda (m)
- g = aceleração da gravidade (10 m/s²)
- t = período da onda (s)
- π = constante (3,14)

Segundo dados da bibliografia, os períodos das ondas variam entre 3,5 s e 11,5 s, com valor mais frequente de 6,5 s (SEMA, 2008). Neste trabalho considerou-se o período médio para utilização na fórmula retromencionada, o que permitiu estipular a plataforma continental interna em aproximadamente 40 m.

b) Plataforma continental externa: região compreendida entre o limite externo da plataforma continental interna e a quebra da plataforma. A quebra da plataforma é caracterizada pela mudança abrupta na declividade, sendo estipulada neste trabalho por meio da média aritmética da profundidade extraída dos perfis batimétricos perpendiculares à plataforma.

As feições morfológicas submersas menores, tais como canais/paleocanais, terraços, incisões, leques submarinos, cânions, canais turbidíticos, sistemas de ravina, montes submarinos e zonas de fraturas, foram delimitadas por meio de consulta bibliográfica e interpretação de perfis batimétricos e sísmicos e produtos gerados a partir do modelo digital do terreno (MDT) (batimetria regional, intervalos batimétricos, perfis batimétricos, mapa de declividade, mapa hipsométrico, relevo sombreado, geração automatizada de canais submarinos).

Os canais/paleocanais submersos na margem continental foram delimitados com auxílio de curvas batimétricas e geração de canais automatizada por meio do modelo digital do terreno (MDT) (operação semelhante à geração de drenagem em regiões emersas). Os canais gerados automaticamente passaram por uma etapa de validação e ajuste no traçado, com o objetivo de que o material gerado representasse, com mais confiabilidade, possíveis canais submersos.

4.6 MAPA DA GEOLOGIA SUPERFICIAL DO ASSOALHO OCEÂNICO

O mapa apresenta a distribuição espacial dos sedimentos inconsolidados superficiais e materiais rochosos e biológicos expostos na superfície do assoalho oceânico, agrupados sob a forma de unidades de mapeamento.

As unidades foram delimitadas, visualmente, por meio da compilação e integração dos seguintes dados:

- 1.136 amostras de sedimentos superficiais (primeiros 0,50 m abaixo do fundo marinho) e de material rochoso, coletadas pela Marinha do Brasil, no período de 1957 a 2005, em profundidades inferiores a 2.500 m. Essas amostras, armazenadas no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), da Marinha brasileira, foram consistidas e reclassificadas por Dias et al. (2008), com base nos códigos de tenças da Marinha (termo utilizado pela Marinha do Brasil, que corresponde à descrição visual e expedita dos sedimentos de fundo), nas classes texturais e no teor de carbonato de cálcio ($> 50\%$) nos seguintes tipos de fundo: arenoso fino a grosso, arenolamoso, lamoso, cascalho, biodetritos/lama, conchas, algas calcárias e recife.
- 1.440 amostras de sedimentos superficiais armazenadas no Banco de Dados Ambientais para a Indústria do Petróleo (BAMPETRO), operado pelo Observatório Nacional, e classificadas em classes texturais simplificadas (cascalho, areia e lama) e teor de carbonato (litoclástico: $\text{CaCO}_3 < 30\%$; litobioclástico: $\text{CaCO}_3 > 30\%$ e $< 50\%$; biolitoclástico: $\text{CaCO}_3 > 50\%$ e $< 70\%$; bioclástico: $\text{CaCO}_3 > 70\%$, segundo diagrama de Shepard (1954) e Larsonneur (1977 apud ALBINO, 1999).
- 61 descrições de amostras de *Piston Corer* com até 7 m armazenadas no banco de dados do Lamont-Doherty Geological Observatory (LDGO), coletadas no intervalo de 1.640 a 5.385 m de profundidade e classificadas em função classe textural e componentes orgânicos.
- Mapa Geodiversidade da Porção Continental do Estado do Espírito Santo, escala 1:1.000.000 (SILVA; MACHADO, 2012).
- Mapa de Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental Brasileira, elaborado na escala 1:2.500.000 (DIAS et al., 2008), como parte do Projeto Geologia da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes (CPRM, 2008). O mapa foi

construído utilizando-se a análise de cerca de 24.000 amostras de sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira armazenadas no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), classificadas em 10 classes propostas por Dias et al. (2008): sedimento arenoso (areia fina, areia média e areia grossa), sedimento arenolamoso, sedimento lamoso, cascalho, biodetritos e lama, conchas, algas calcárias e recife. Cerca de 9.000 amostras apresentam descrições granulométricas parciais (parâmetros estatísticos e porcentagem das frações cascalho, areia e lama). As demais correspondem apenas a amostras de tença.

- Mapa Faciológico dos Sedimentos Superficiais da Plataforma e da Sedimentação Quaternária no Oceano Profundo, escala 1:3.500.000 (KOWSMANN; COSTA, 1979). Mapa original em papel, sendo necessários os seguintes procedimentos: digitalização, georreferenciamento e elaboração da tabela de atributos.

As unidades geológicas superficiais foram estabelecidas em função dos seguintes parâmetros: (i) classe da rocha (sedimentar ou vulcânica); (ii) classificação litológica; (iii) idade geológica (recente, holocênica, cenozoica, mesozoica); (iv) origem (terrígena, pelágica, carbonática, autigênica, corrente de turbidez, corrente de fundo, movimento de massa, fluxos gravitacionais); (v) classe textural e presença de bioclastos (recifes, lama, arenolamoso, areia, cascalho, biodetritos).

4.7 MODELO CONCEITUAL PARA CARACTERIZAÇÃO DA GEODIVERSIDADE MARINHA

O primeiro passo para preservação do patrimônio geológico marinho e utilização de seus recursos é a caracterização da geodiversidade, explicitando-a em função dos valores associados, aptidões/adequabilidades e aspectos restritivos aos diversos usos.

Em função das limitações relacionadas à extensão e obtenção de dados inerentes aos ambientes marinhos, o modelo conceitual para caracterização da geodiversidade marinha foi fundamentado em técnicas de geoprocessamento, consultas bibliográficas e integração de informações em ambiente SIG (Figura 22).

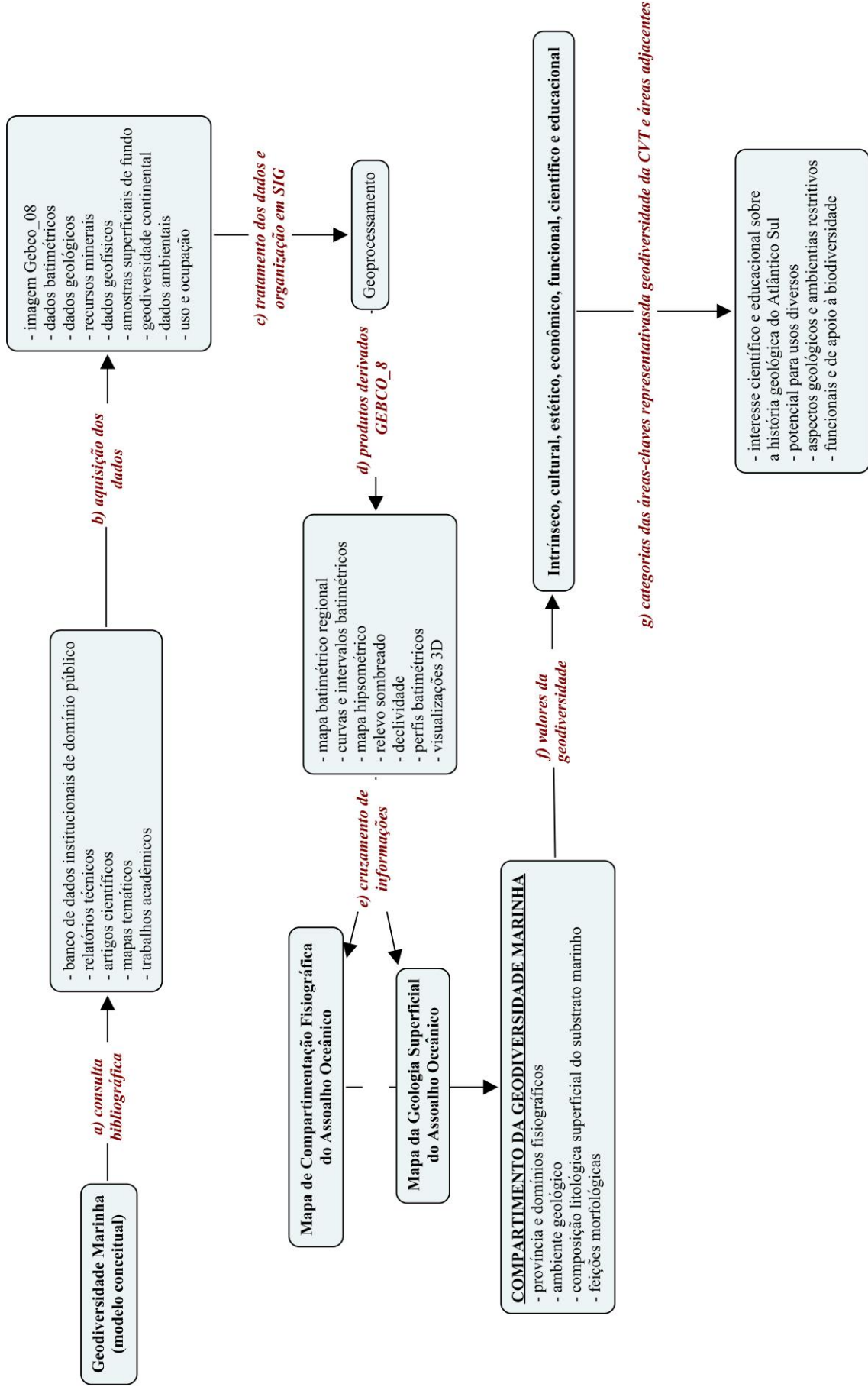


Figura 22 – Etapas de elaboração do modelo conceitual para caracterização da geodiversidade marinha e aplicação nas áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade.

4.7.1 Compartimentação da geodiversidade marinha

A geodiversidade marinha de uma área pode ser caracterizada pela análise dos processos tectônicos e geológicos que deram origem ao ambiente marinho, aliados aos processos modeladores da paisagem, como deposição e transporte de sedimento, aspectos oceanográficos, atividades biológicas e interferência antropogênica (obras de engenharia e infraestrutura).

O modelo proposto para caracterização da geodiversidade marinha da área se baseia na compartimentação do substrato oceânico em domínios da geodiversidade e subdivisões, tendo como aspectos relevantes a fisiografia, a profundidade, o ambiente geológico e os processos associados, a composição geológica do substrato marinho e as feições morfológicas e estruturais resultantes (Quadro 6).

Quadro 6 – Critérios utilizados na elaboração do modelo de compartimentação da geodiversidade marinha.

COMPARTIMENTAÇÃO DA GEODIVERSIDADE MARINHA			
PROVÍNCIA E DOMÍNIO FISIAGRÁFICO	AMBIENTE GEOLÓGICO	COMPOSIÇÃO LITOLÓGICA SUPERFICIAL	FEIÇÕES MORFOLÓGICAS
<p>a) margem continental - Plataforma continental (<i>interna e externa</i>) - Talude continental (<i>superior e inferior</i>) - Sopé continental</p> <p>b) margem oceânica - Planície abissal - Cordilheira Meso-Oceânica - flanco da cordilheira</p>	<p>a) sedimentação cenozoica - deposição terrígena (<i>fluvial e deltaica</i>) - deposição pelágica - deposição carbonática - deposição autigênica - deposição por corrente de turbidez - deposição por fluxo de corrente de fundo - deposição por movimento de massa e fluxo gravitacional</p> <p>b) processos biogênicos holocênicos - bioconstruções modernas</p> <p>c) vulcanismo e magmatismo mesocenoicos - derrames em zona de ascensão magmática da Cordilheira Meso-Oceânica - intrusões cenozoicas</p> <p>d) tectonismo cenozoico - zonas de fraturas transformantes</p> <p>e) tectônica salina cenozoica - halocinese cenozoica</p>	<p>a) classes texturais - lama - arenolamoso - areia fina - areia média - areia grossa - cascalho</p> <p>b) litologia - basalto toleítico - alcalino-ultrabásica (sódico-alcalina) - anidrita - crostas e nódulos polimetálicos, glaucinita, fosforita</p> <p>c) componentes orgânicos - recifes de corais/briozoários - conchas e carapaças - areia e cascalho - biodetritos e lama</p>	<p>a) deposicional - bancos subaquosos - dunas subaquosas</p> <p>b) biogênico - recifes de corais/briozoários</p> <p>c) erosivo/deposicional - planícies - colinas - bancos (<i>guyots</i>) - degraus de plataforma - ravinas - cânions submarinos - canais submarinos - canais turbidíticos - leques submarinos - depósito de movimento de massa</p> <p>d) vulcânico - edifícios vulcânicos - cimos erodidos</p> <p>e) estrutural - altos estruturais - terraços estruturais - vales e cristas estruturais</p> <p>f) estruturas deformacionais não tectônicas - diápiros de sal</p>

A **província e o domínio fisiográfico** compreendem a análise da paisagem marinha, incluindo a descrição morfológica e morfométrica de suas formas e os aspectos relacionados a sua gênese e evolução. As províncias fisiográficas e suas compartimentações são apresentadas no Mapa Compartimentação Fisiográfica do Assolho Oceânico.

O **ambiente geológico** reflete o conjunto de eventos endógenos e exógenos geradores e modificadores da crosta terrestre que afetam sua forma, estrutura e composição. Na área de estudo, tais processos estão relacionados a tectônica, idade, ambiente de sedimentação e

processos deposicionais, vulcânicos, magmáticos, biogênicos e atectônicos. Tais informações constam do Mapa da Geologia Superficial do Assolho Oceânico.

A **composição litológica superficial** representa informações sobre classificação textural e componentes biológicos das amostras de sedimentos superficiais e classificação litológica das amostras de rocha que porventura estejam aflorando à superfície do assoalho oceânico. Tais informações são apresentadas no Mapa da Geologia Superficial do Assolho Oceânico.

As **feições morfológicas** correspondem às feições submersas resultantes de processos geológicos, biogênicos e estruturais, tais como vales incisos, canais turbidíticos, terraços/desníveis topográficos, leques submarinos, cânions, sistemas de ravina, montes submarinos, zonas de fraturas, vales tectônicos/estruturais, edifícios vulcânicos, dentre outras formas. Tais informações estão contidas no Mapa de Compartimentação Fisiográfica do Assolho Oceânico.

Os resultados dessa etapa são apresentados sob a forma de mapa (Apêndice A), contendo a aplicação da metodologia ora apresentada na região da CVT e seu entorno, acompanhada de legenda explicativa (Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade).

4.7.2 Valores da geodiversidade

Conforme abordado anteriormente, os valores da geodiversidade foram estabelecidos devido à necessidade de proteção e conservação do patrimônio geológico. Gray (2004) propõe os seguintes valores para a geodiversidade, também discutidos por Brilha (2005): intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional (Quadro 7). Embora tais valores tenham sido definidos em estudos sobre regiões continentais, eles se mostraram válidos para ambientes marinhos, devendo ser considerando as limitações impostas pela acessibilidade à área.

Quadro 7 – Valores da geodiversidade propostos por Gray (2004 apud Mochiutti et al., 2012) (modificado por Maia et al. 2012).

Categorias de Valor	Definição
Intrínseco	É carregado de subjetividade, reflete um valor próprio, de existência, algo que é inerente aos elementos abióticos, independentemente de ter utilidade ou não para o homem. A subjetividade está associada não só a certos valores religiosos, filosóficos e culturais de cada sociedade como também à dificuldade de quantificação desse valor.
Cultural	Revela-se nas inúmeras relações que existem entre a sociedade e o mundo natural que a rodeia, no qual ela está inserida e ao qual ela pertence. Existem íntimas relações entre elementos da geodiversidade e as comunidades humanas, sejam no processo de ocupação de determinada região, no uso desses elementos para a sua sobrevivência e desenvolvimento, na toponímia dos lugares, na influência sobre o folclore, a religiosidade e a identidade dessas populações.
Estético	Possuem esse valor todas aquelas paisagens geológicas/geomorfológicas que causam deslumbramento em seu público, que são alvo de atividades de lazer, contemplação ou inspiração artística, independentemente da forma como se relacionam com a biodiversidade.
Econômico (recursos minerais)	Essa atribuição está ligada à total dependência do homem perante os materiais geológicos para atividades como produção de energia, construção civil, fabricação de uma infinidade de produtos, extração de água subterrânea, gemas para joalheria etc.
Funcional	É o valor de utilidade que a geodiversidade tem para o homem enquanto suporte para realização de suas atividades e como substrato para sustentação dos sistemas físicos e ecológicos da Terra.
Científico	Talvez este seja o valor mais precioso atribuído à geodiversidade. A investigação de certos aspectos do meio abiótico permite delinear a longa história da Terra, desenhar os cenários futuros de uma região e prevenir-se diante de situações de risco, como em áreas de vulcanismo ou tectonismo ativos.
Educacional	A educação em geociências requer um contato prático com o conhecimento geológico para melhor formação de alunos e profissionais e garantia de que, uma vez que se conheça esse patrimônio, ele seja preservado.

4.7.3 Indicação de áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha

A seleção das áreas-chaves da geodiversidade marinha da área de estudo foi estabelecida com base na proposta de Brooks et al., 2011; Burek et al., 2012, onde são estabelecidos temas capazes de representar a geodiversidade presente no assoalho oceânico dos mares do Reino Unido, conforme abordado no capítulo 2 (Fundamentação Teórica, item 2.12).

Para a área de estudo os temas que representam a geodiversidade foram propostos com base nos valores da geodiversidade supramencionados aplicados sobre o conhecimento dos

compartimentos da geodiversidade apresentados no Mapa da Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A). Os temas sugeridos para esse estudo foram agrupados nos seguintes temas: I - Interesse científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul; II - Potencial para usos diversos (recursos minerais e geoturísticos); III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais; IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade (Quadro 8).

Quadro 8 – Proposta de temas de interesse para estabelecimento das áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área de estudo.

Temas de interesse	Aspecto abordado pelas áreas-chaves
I - Interesse científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul.	<ul style="list-style-type: none"> a. Exemplos da história geológica da plataforma continental do Espírito Santo durante o quaternário: estruturas biogênicas recentes (recifes), feições e depósitos sedimentares associados às variações do nível do mar, mudança da linha de costa. b. Exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul e implantação da bacia sedimentar do Espírito Santo: cânions, ravinas e sistemas turbidíticos, diápiros de sal, c. Registro do vulcanismo cenozoico relacionada à implantação da Cadeia Vitória-Trindade e demais montes submarinos de gênese indefinida. d. Paisagem marinha na plataforma continental ou em áreas oceânicas emersas: falésias na região costeira, recifes, cordões litorâneos, deltas, lagunas, dunas subaquosas, vales incisivos, terraços, ilhas oceânicas, bioconstruções em bancos submarinos. e. Paisagem marinha em mar profundo: cânions, sistemas turbidíticos, elevações submarinas, colinas abissais, canais profundos, vales estruturais, cristas estruturais, zonas de fraturas oceânicas, cordilheiras oceânicas.
II - Potencial para usos diversos.	<ul style="list-style-type: none"> a. Econômico: depósitos minerais. b. Área com potencial geoturístico (áreas acessíveis)
III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais.	<ul style="list-style-type: none"> a. Áreas protegidas e especiais: unidades de conservação, restrição à mineração, águas jurídicas internacionais. b. Infraestrutura: cabo, dutos, obras de engenharia. c. Geológicos e ambientais: áreas sujeitas à erosão costeira e a movimentos de massa em taludes submarinos, sismos.
IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade.	<ul style="list-style-type: none"> a. Formação de pesqueiros, suporte às bioconstruções e demais ecossistemas marinhos. b. Utilização para sequestro de CO₂.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, serão apresentados os principais resultados obtidos pelo presente estudo, cujos dados e procedimentos metodológicos foram descritos no capítulo 4.

5.1 MAPA BATIMÉTRICO REGIONAL

Com os dados de profundidade e altimetria oriundos do Atlas GEBCO_08, elaborou-se o modelo digital do terreno, com ênfase para a porção submersa, denominado Mapa Batimétrico Regional (Figura 23).

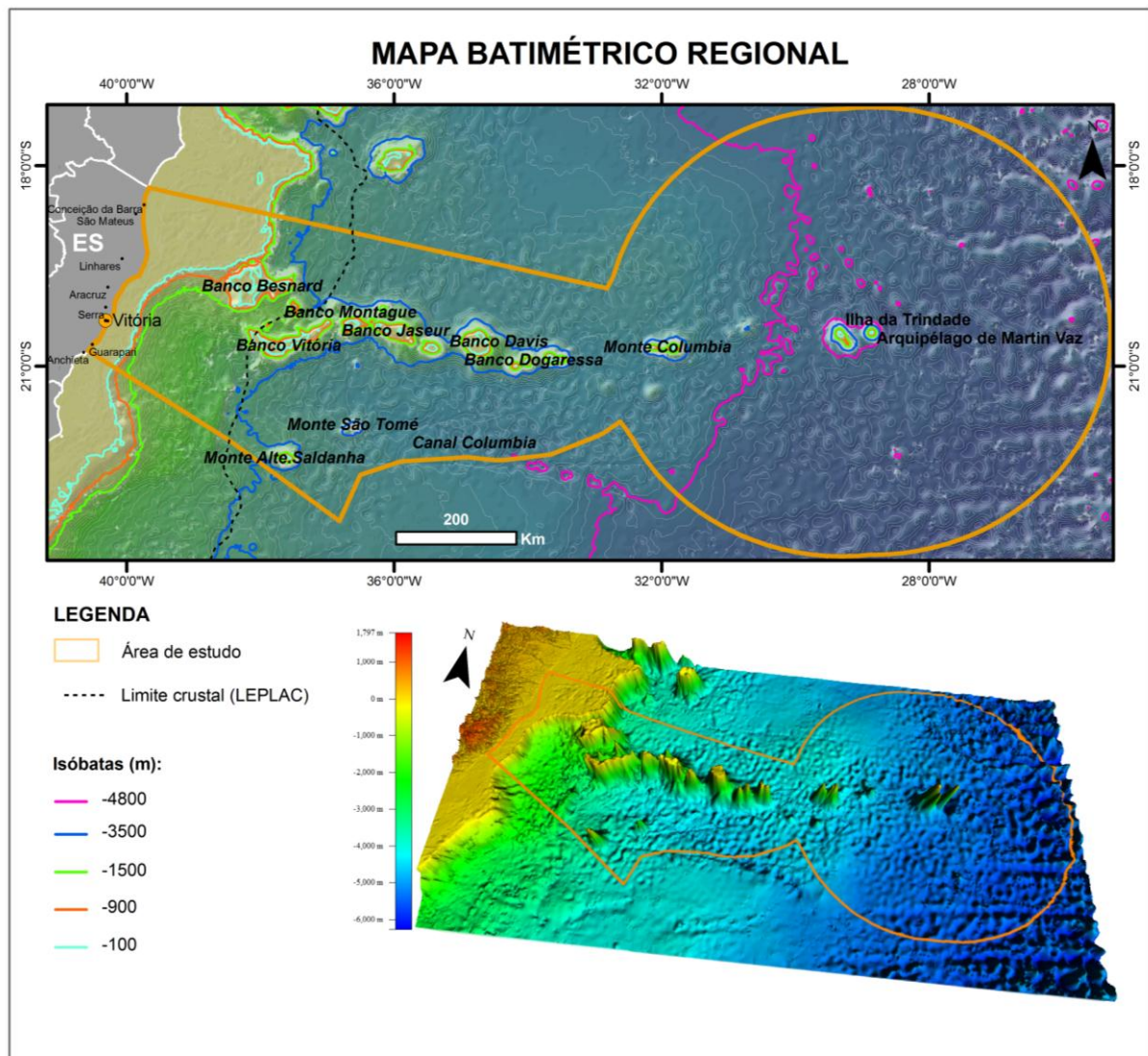


Figura 23 – Mapa batimétrico regional e modelo digital do assoalho oceânico, elaborado a partir de dados do Atlas GEBCO_08; exagero vertical de 25 x.

Acima do nível do mar, as altitudes máximas obtidas variam de 379 a 100 m na região da ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz, respectivamente. Esses valores são inferiores aos constantes na Carta Náutica nº 21 (Brasil – Ilhas ao Largo – Ilha da Trindade, DHN, escala 1:15.000), da Marinha brasileira, que registra altitude máxima no Pico do Desejado (600 m), Pico Monumento (270 m) e Pão de Açúcar (392 m), localizados na ilha da Trindade; 175 m na maior ilha do arquipélago de Martin Vaz, 122 m na ilha do Norte e 75 m na ilha do Sul.

A diferença entre os valores batimétricos obtidos no presente estudo e os registrados nas cartas náuticas deve-se, provavelmente, à resolução espacial dos dados do Atlas GEBSCO_08. Ressalta-se que se deve considerar que a versão mais atualizada da carta náutica disponível das ilhas corresponde à terceira edição, datada de 1965, modificada em 1971, havendo necessidade, portanto, de levantamentos topográficos atualizados para confirmar a altitude máxima nas ilhas.

Abaixo do atual nível do mar, as profundidades se encontram distribuídas no intervalo de 0 a -6.272 m, com predomínio das isóbatas de -4.100 a -5.800 m. Os dados batimétricos foram subdivididos em cinco classes de profundidades, para melhor caracterização do relevo submarino, denominadas costa afora da seguinte forma (Figura 23): Classe 1 (0 a -100 m, separadas pelas isóbatas de 10, 25, 30, 40, 50, 75, 80 e 100 m); Classe 2 (-100 a -900 m, com espaçamento de 100 m); Classe 3 (-900 a -3.500 m, com espaçamento de 100 m); Classe 4 (-3.500 a -4.800 m, com espaçamento de 150 m); Classe 5 (> -4.800m, com espaçamento de 200 m).

- **Classe 1:** Compreende as menores profundidades da área, correspondendo ao intervalo de isóbatas entre 0 a -100 m. Ocorre em distâncias variadas da linha de costa, sendo os menores valores registrados a cerca de 30 km, em direção perpendicular à linha da costa, nas proximidades de Regência (Figura 23). Os maiores valores ocorrem na porção norte, por até 210 km da costa, registrados entre os municípios de São Mateus e Conceição da Barra. Corresponde a superfícies planas com gradientes suaves e inferiores a 0,5°.

A classe 1, em especial o intervalo entre -6 a -60 m, ocorre, ainda, em regiões costa afora, a cerca de 150 km do litoral, correspondendo ao topo de algumas das elevações submarinas que constituem a CVT e demais elevações.

- **Classe 2:** Abrange as isóbatas entre -100 e -900 m, dispostas sob a forma de uma faixa estreita de, no máximo, 20 km de largura, bordejando as isóbatas da classe 1 (Figura 23).

Essa classe marca uma mudança brusca do gradiente do terreno, onde a superfície passa de plana (classe 1) a suave ondulada a forte ondulada, com declives entre 5 a 15°, um dos maiores registrados na área.

- **Classe 3:** Engloba as isóbatas entre -1.500 e -3.500 m, distanciadas entre 60 e 210 km da linha de costa (Figura 23). Em função do gradiente, podem ser subdivididas em dois setores, tendo a CVT como referência. O primeiro, a norte da CVT, mais afastado da linha de costa, ocorre em uma faixa de até 65 km de largura, caracterizado por superfície plana a suave ondulada, com declividade inferior a 3°. O segundo setor, ao sul da CVT, ocorre mais próximo à costa, estendendo-se por até 200 km e correspondendo a superfícies irregulares, com gradientes suaves, variando de plana a ondulada com declividade variando de 1° a 5°.
- **Classe 4:** Compreende as isóbatas entre -3.500 e -4.800 m, que se projetam para leste, a partir da latitude da cidade de Vitória, por cerca de 950 km (Figura 23). Esse intervalo corresponde, de maneira geral, à base das principais elevações submarinas que constituem a porção submersa da CVT e demais montes submarinos. Constitui uma vasta região caracterizada por superfícies suave onduladas a onduladas, com declives menores que 5°, exceto na área de abrangência das elevações, onde se observam formas de relevo forte ondulado a montanhoso, com declive médio de cerca de 14°, podendo atingir 25°.

As elevações que constituem a porção submersa da CVT apresentam áreas máximas basais em torno de 500 km² e altura variando entre -1.500 e -4.600 m, projetando-se do talude continental em direção à margem oceânica, identificadas, segundo a Carta Náutica nº 20 – Costa Leste da América do Sul, DHN, escala 1:3.500.000, como: Banco Besnard, Banco Eclairer, Banco Vitória, Banco Montague, Banco Jaseur, Banco Davis, Banco Dogressa e Monte Submarino Columbia, dentre outras elevações ainda não denominadas (Figura 23). O intervalo compreende também algumas elevações submarinas não pertencentes à CVT, como os montes submarinos Almirante Saldanha e São Tomé.

- **Classe 5:** Compreende intervalos de isóbatas superiores a -4.800 m, localizadas nas regiões mais distais da costa, em distâncias superiores a 1.000 km (Figura 23). Predomina superfície suave ondulada a ondulada com declives inferiores a 7°. Localmente, verificam-se superfícies planas (< 0,5°) e as elevações que dão origem à ilha da Trindade e ao arquipélago de Martin Vaz, cuja base emerge de profundidades em torno de 5.000 a 5.600 m.

5.2 COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA DO ASSOALHO OCEÂNICO

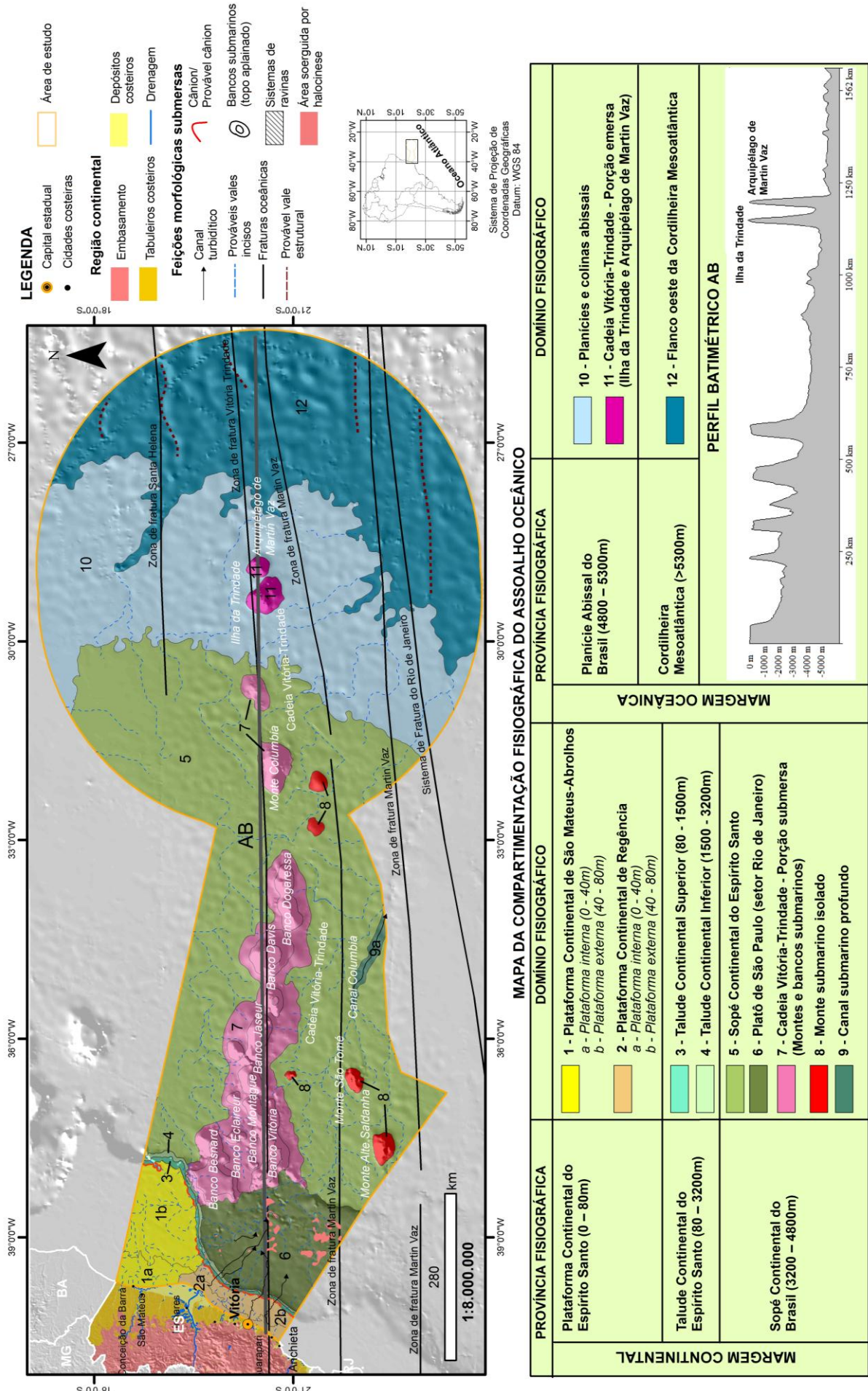
Com base nos materiais e procedimentos metodológicos descritos no capítulo 4, o fundo marinho da área estudada foi compartimentado em províncias fisiográficas, exibidas na figura 24 e descritas a seguir:

a) Margem continental

- Plataforma continental do Espírito Santo (PCES), subdividida em Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos (PCISM), Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos (PCESM), Plataforma continental interna de Regência (PCIR) e Plataforma continental externa de Regência (PCER).
- Talude continental do Espírito Santo (TCES), subdividido em: Talude continental superior e Talude continental inferior.
- Sopé continental do Brasil, subdividido em: Sopé continental do Espírito Santo (SCES), Platô de São Paulo (setor Rio de Janeiro), CVT (porção submersa), montes submarinos isolados, canal submarino profundo.

b) Margem oceânica

- Planície abissal do Brasil (PAB), subdividida em: planícies e colinas abissais e CVT (porção emersa).
- Cordilheira Meso-Oceânica (CMO), representada pelo flanco oeste da Cordilheira mesoatlântica (CMA).



LEGENDA

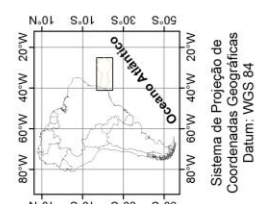
- Capital estadual
- Cidades costeiras
- Área de estudo

Região continental

- Embasamento
- Depósitos costeiros
- Tabuleiros costeiros
- Drenagem

Feições morfológicas submersas

- Canal turbidítico
- Canion/Provável cânion
- Prováveis vales
- Incisos
- Bancos submarinos (topo aplanado)
- Sistemas de ravinas
- Provável vale estrutural
- Área soerguida por halocinese



MAPA DA COMPARTIMENTAÇÃO FISIOGRAFICA DO ASSOALHO OCEÂNICO		DOMINIO FISIOGRAFICO	PROVINCIA FISIOGRAFICA	DOMINIO FISIOGRAFICO	PROVINCIA FISIOGRAFICA
MARGEM CONTINENTAL	Plataforma Continental do Espírito Santo (0 – 80m)	1 - Plataforma Continental de São Mateus-Abrolhos a - Plataforma interna (0 - 40m) b - Plataforma externa (40 - 80m)	Plataforma Abissal do Brasil (4800 – 5300m)	MARGEM OCEÂNICA	PERFIL BATIMETRICO AB
	Talude Continental do Espírito Santo (80 – 3200m)	2 - Plataforma Continental de Regência a - Plataforma interna (0 - 40m) b - Plataforma externa (40 - 80m)	Cordilheira Mesoatlântica (>5300m)		
	Sopé Continental do Brasil (3200 – 4800m)	3 - Talude Continental Superior (80 - 1500m) 4 - Talude Continental Inferior (1500 - 3200m)			
		5 - Sopé Continental do Espírito Santo 6 - Plató de São Paulo (setor Rio de Janeiro) 7 - Cadeia Vitória-Trindade - Porção submersa (Montes e bancos submarinos) 8 - Monte submarino isolado 9 - Canal submarino profundo			

Figura 24 – Mapa da compartimentação fisiográfica do assoalho oceânico das áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade.

5.2.1 Plataforma continental do Espírito Santo

A PCES, na área de estudo, ocorre por cerca de 300 km, desde as proximidades do município de Anchieta, ao sul do estado, até o limite com o estado da Bahia, entre os municípios de Conceição da Barra (ES) e Mucuri (BA). A partir da atual linha de costa em direção ao alto mar, a plataforma continental prolonga-se de 30 a 210 km até a quebra da plataforma, onde é estabelecido o limite com o talude continental (Figura 24).

A quebra da plataforma ocorre, em geral, entre 60 e 80 m, sendo o valor de 80 m a média obtida por meio da análise de 10 perfis batimétricos realizados de forma perpendicular à quebra do talude. Tal valor coincide com os apresentados por França (1979) para o trecho entre o sul da Bahia e o Embaiamento de Tubarão, no Espírito Santo.

A principal característica da PCES é o expressivo alargamento em direção ao norte, provocado pelo vulcanismo cenozoico do Complexo Vulcanossedimentar de Abrolhos, aliado ao efeito da contribuição de depósitos fluviais dos rios de maior porte, na porção centro-norte da área, levando a segmentá-la em dois setores distintos (Figura 24). O primeiro, mais largo, localizado a norte da desembocadura do rio Doce (município de Linhares), apresenta largura variando entre 50 e 210 km, denominado neste trabalho de Plataforma Continental de São Mateus-Abrolhos (PCSM). O segundo setor, mais estreito, ao sul da vila de Regência, com largura entre 30 e 50 km, denominado Plataforma continental de Regência (PCR).

Conforme abordado no capítulo anterior, a utilização de equação matemática (Equação 2) envolvendo o período médio das ondas permitiu segmentar a PCES em plataformas interna e externa, cujo limite corresponde à isóbata de 40 m. Dessa forma, a PCES foi subdividida em função da profundidade em: Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos (0 a 40 m), Plataforma continental interna de Regência (0 a 40 m), Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos (40 a 80 m) e Plataforma continental externa de Regência (40 a 80 m) (Figura 25a). Os valores obtidos estão próximos aos constantes em França (1979), que relata valores entre 20 e 50 m para a plataforma interna.

A transição entre as plataformas interna e externa ocorre de forma mais abrupta, com desníveis de até 40 m na PCSM, passando de superfície suave a irregular, sob a forma de patamares, conforme se observa na figura 25b. Na PCIR, a transição ocorre de forma suave, com desníveis inferiores a 10 m (Figura 25c).

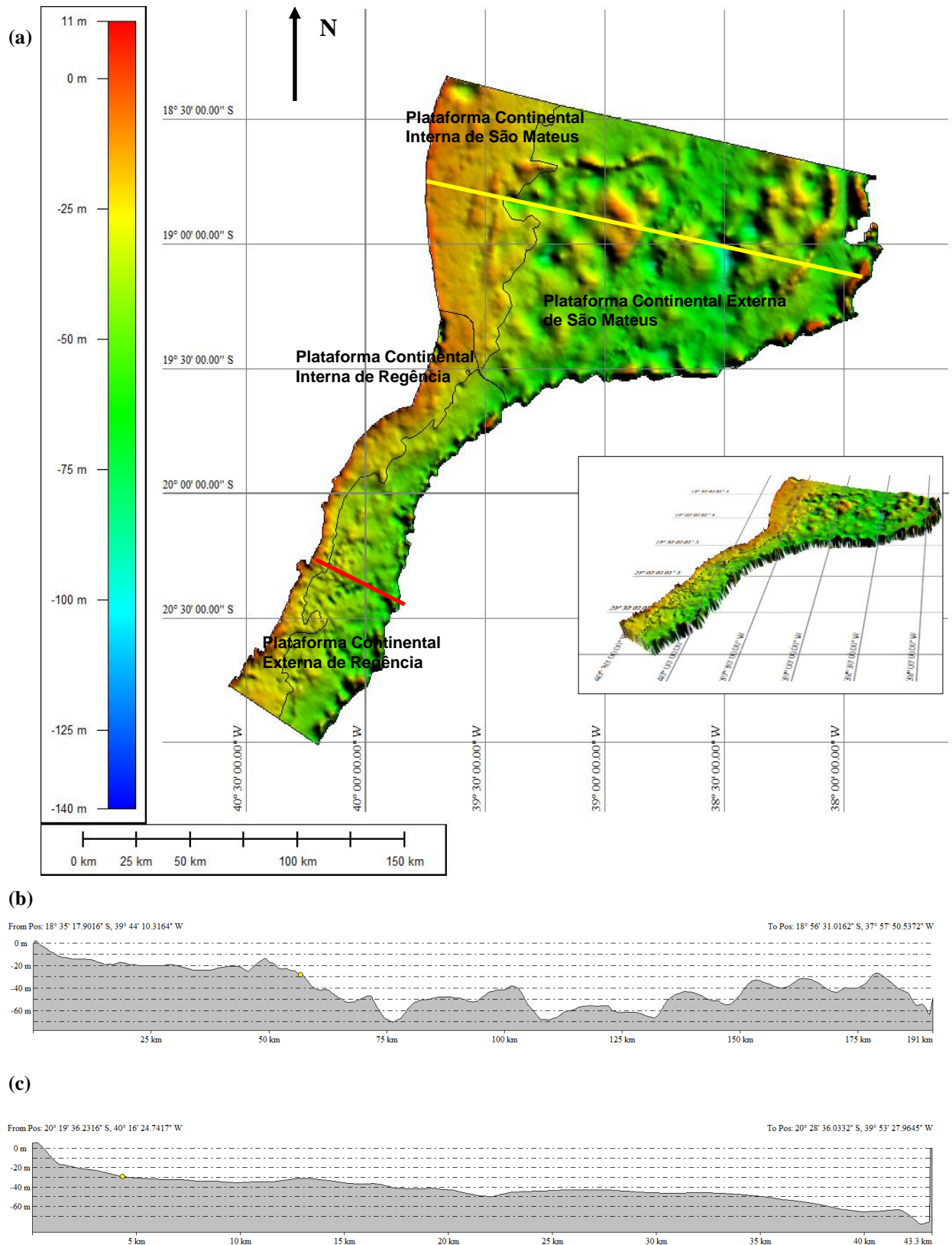


Figura 25 – (a) Relevo sombreado do fundo marinho da Plataforma continental do Espírito Santo; (b) perfil batimétrico da Plataforma continental de São Mateus-Abrolhos (linha amarela); (c) perfil batimétrico da Plataforma continental de Regência (linha vermelha). Perfis perpendiculares à linha de costa elaborados a partir do Atlas GEBCO-08; o ponto amarelo representa o limite entre as plataformas interna e externa; iluminação artificial: 45° de altitude e 135° de azimute; exagero vertical de 50 x.

5.2.1.1 Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos

A PCISM apresenta largura variando entre 30 e 60 km, representada por superfícies planas e suaves com declives inferiores a $0,1^\circ$ e amplitudes inferiores a 5 m. A PCIR é mais estreita, com largura variando de 8 km, frontal à cidade de Vitória, alargando até cerca de 30 km, tanto para norte como para sul (Figura 24). Ambas as feições morfológicas exibem superfícies planas e suaves, com declives inferiores a $0,1^\circ$. Entretanto, a PCIR apresenta superfícies mais contínuas quando comparadas às da PCISM (Figuras 25a e 25b).

Por meio do modelo digital do fundo oceânico, foi possível extrair de forma automatizada os canais submersos ao longo de toda a área estudada, neste trabalho denominados vales incisos. Tais vales foram ajustados conforme batimetria e relevo sombreado a partir do MDT. Na figura 26, observa-se o traçado desses vales na plataforma continental, sugerindo que muitos segmentos da plataforma interna se encontram em conexão com o sistema de drenagem continental.

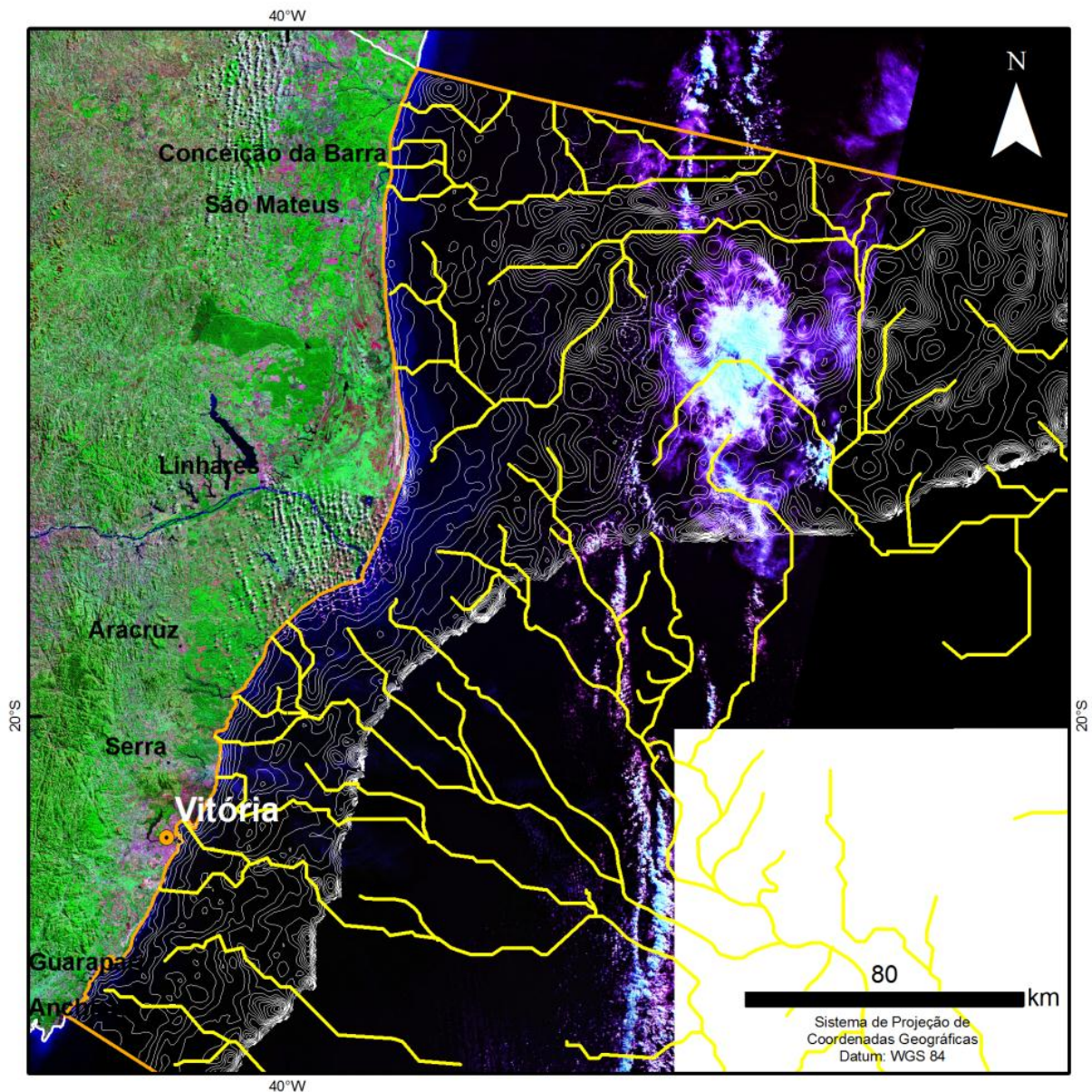


Figura 26 – Vales incisivos extraídos automaticamente do Atlas GEBCO_08 (linha amarela). O padrão de drenagem sugerem conexão entre os vales a drenagem da região continental. Espaçamento das curvas batimétricas de 5 m (linha cinza). Imagem GeoCover utilizada como fundo (S-24-15-2000 e S-24-29-2000).

Os vales incisivos ocorrem com larguras variadas, escavados na plataforma por no mínimo 2 m de profundidade, tornando-se nítidos a partir da isóbata de -30 m, sendo observados por toda a plataforma em direção ao talude continental.

Próximos ao litoral são observados vales incisivos adjacentes aos rios São Mateus, Muririco e Barra Seca, na PCISM, e aos rios Santa Marina, Jucu e Piraquê-Açu, na PCIR. Apresentam padrão retangular a subparalelo, orientado preferencialmente na direção E-W e NW-SE, conforme figura 26.

Vestígios de drenagem escavada na plataforma continental foram descritos em trabalhos anteriores (ALVES, 1999; FRANÇA, 1979), segundo os quais tais vales teriam sido escavados em condições de nível do mar bem abaixo do atual durante o Pleistoceno. Os vales soterrados pela sedimentação holocênica têm expressão topográfica na borda da plataforma, onde se interligam a cânions entalhados no talude superior pelo influxo intermitente de sedimentos (ALVES, 1999).

Um dos canais mais proeminentes está localizado na PCIR, frontal à cidade de Vitória, estendendo-se plataforma afora até o talude continental. Denominado Canal de Vitória, mede cerca de 3 km de largura, escavado por no mínimo 8 km de profundidade.

Na PCIR ocorrem pequenas ilhas não cartografáveis na escala do trabalho, representadas por rochas graníticas e gnáissicas proterozoico-cambrianas e pequenas elevações de topo aplainado, com cerca de 20 km² de área e até 10 m de amplitude, associadas a estruturas recifais.

5.2.1.2 Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos

A PCESM apresenta largura entre 30 e 170 km, sendo constituída por superfícies irregulares com declives inferiores a 0,3° e desníveis de até 40 m, sob a forma de bancos entrecortados por vales incisos e construções biogênicas (Figura 25 a). Os bancos apresentam superfícies elevadas de topo plano a levemente ondulado, nivelados aproximadamente entre 10 e 20 m abaixo do nível do mar. Alguns desses bancos chegam quase à superfície, representando estruturas recifais. Localmente, podem ocorrer áreas abaciadas com profundidade superior a 80 m.

A PCER é mais estreita em relação à PCESM, com largura entre 10 e 40 km, sendo formada por extensas superfícies planas a levemente onduladas, com declives inferiores a 0,2°, conforme observado na figura 25a.

Os vales incisos apresentam padrões distintos na plataforma externa. Na figura 26 observa-se predomínio de padrão dendrítico a radial, com trechos sub-retangulares na porção norte da PCESM. Na porção sul da plataforma (PCER), o padrão é retilíneo a paralelo, orientado preferencialmente na direção aproximada NW-SE e W-E (Figura 26).

Em geral, os vales são extremamente escavados, com larguras inferiores a 3 km e amplitudes entre 10 e 15 m. Na PCESM, próximas à quebra da plataforma, ocorrem cristas alinhadas de até 15 km de extensão, 5 km de largura e 40 m de amplitude, orientadas segundo a direção aproximada N-S, acompanhando o contorno do limite externo da plataforma (Figura 25a).

Na figura 27 observam-se patamares ao longo de toda a plataforma continental, sendo mais expressivos na PCESM. Tais patamares são representados por desníveis topográficos escalonados ao redor das isóbatas de -15 a -20 m, principalmente. França (1979) relatou a formação de patamares na PCES, atribuindo sua presença a antigas fases de estabilizações do nível do mar durante o Quaternário.

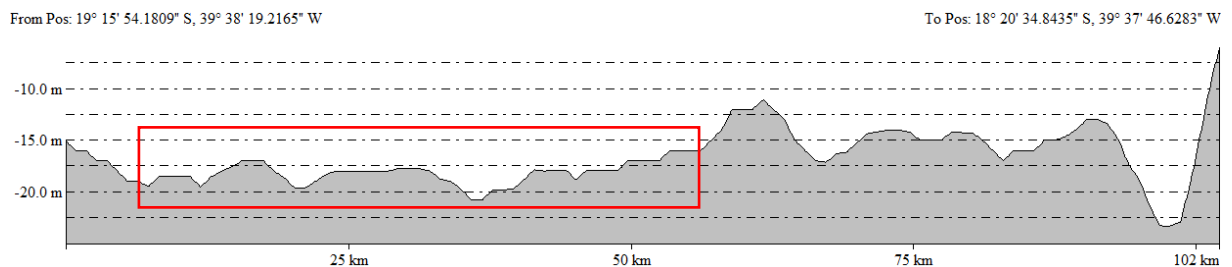


Figura 27 – Perfil batimétrico paralelo à costa, na Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos. O retângulo vermelho indica a região onde se observam os desníveis no terreno formando patamares. Fonte: Elaborado a partir do Atlas GEBCO_08.

Próximas à quebra da plataforma e no interior da PCESM ocorrem cristas alinhadas de até 60 km de extensão, 10 km de largura e 50 m de amplitude, orientadas segundo a direção aproximada NE-SW ou acompanhando o contorno do limite externo da plataforma, associadas a estruturas recifais (Figura 25).

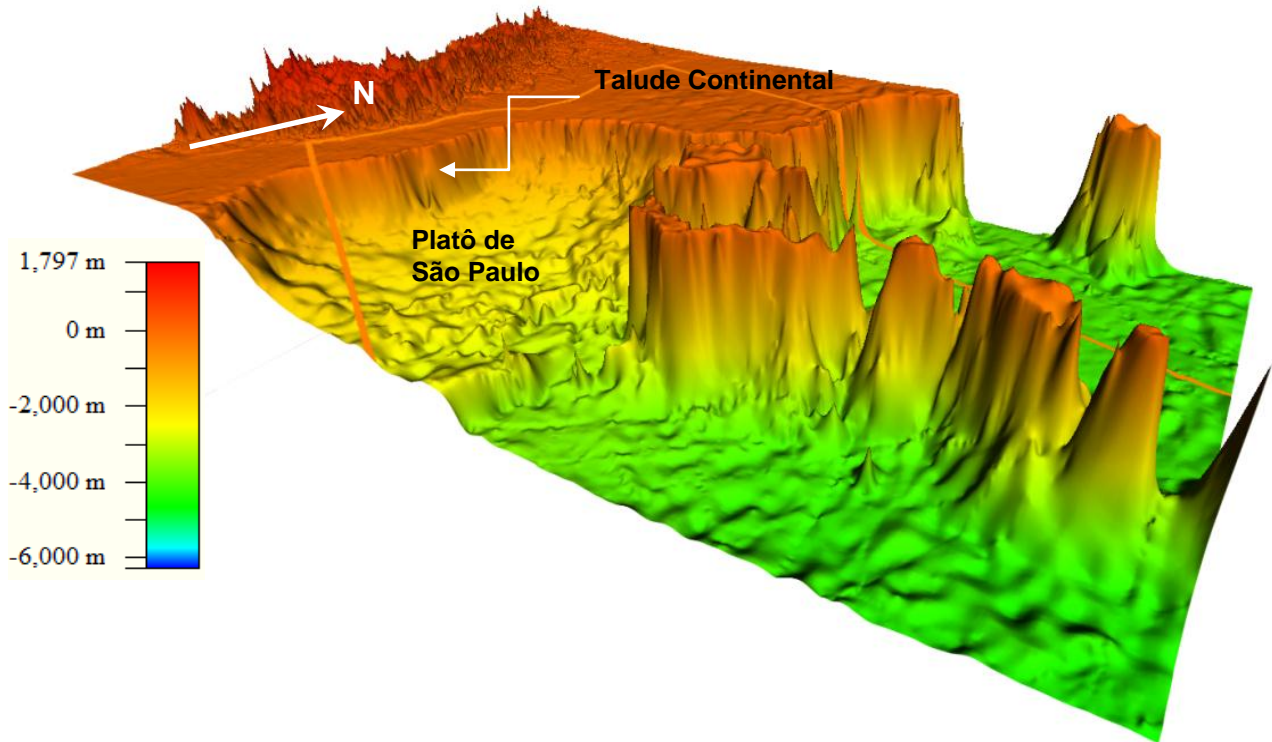
As estruturas recifais na borda da plataforma podem estar relacionadas ao paleocontorno da plataforma durante a última fase regressiva, enquanto as cristas alinhadas podem estar relacionadas às rochas vulcânicas, que constituem o principal substrato das bioconstruções presentes na região.

5.2.2 Talude continental do Espírito Santo

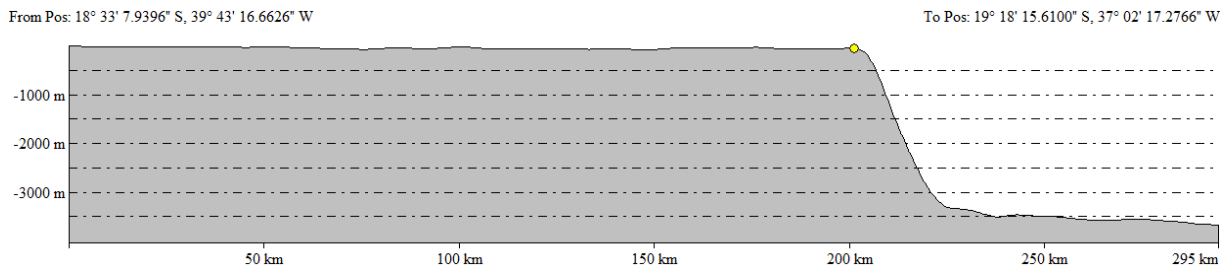
O TCES ocorre a partir da quebra da plataforma, estendendo-se por cerca de 10 a 20 km até o domínio fisiográfico do sopé continental. Limita-se pelas isóbatas de -80 a -3.200 m. Compreende superfícies onduladas a fortemente onduladas, com declives acentuados entre 0°

e 25°, um dos mais elevados da margem continental, sendo mais frequente o intervalo entre 5° a 7° (Figura 28).

(a)



(b)



(c)

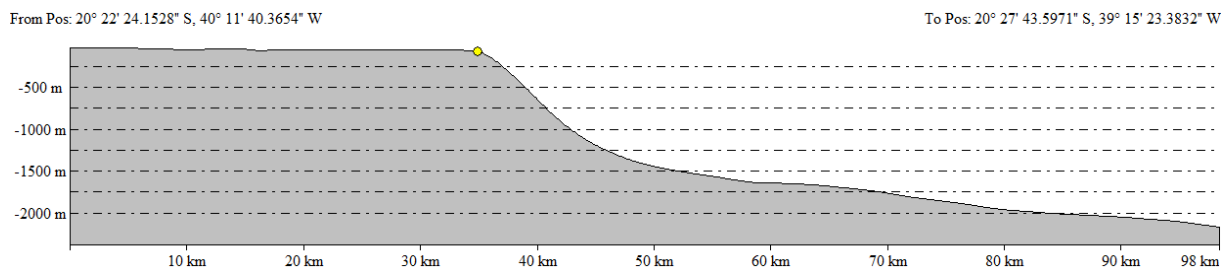


Figura 28 – (a) Relevo sombreado do Talude continental do Espírito Santo e áreas adjacentes; (b) perfil batimétrico da porção norte do talude continental; (c) perfil batimétrico da porção sul do talude continental. Perfis perpendiculares à Plataforma continental elaborados a partir do Atlas GEBCO-08; o ponto amarelo representa o local de quebra da plataforma; iluminação artificial: 45° de altitude e 135° de azimuth; exagero vertical de 50 x.

Fonte: Elaborado a partir do Atlas GEBCO_08.

As figuras 28a e 28b ilustram a diferença no ângulo de inclinação entre os setores norte e sul do TCES. Ao norte, o talude continental apresenta declividade mais acentuada em relação à porção sul, onde se encontra interrompido pelo Platô de São Paulo (setor Rio de Janeiro) (Figura 28).

A passagem do talude continental para o sopé continental é marcada pela diminuição do ângulo de inclinação do talude, que, em geral, ocorre por volta da isóbata de -1.500 m na região sul do talude continental (Figura 28b). A diminuição dos declives permite subdividi-lo em Talude continental superior do Espírito Santo e talude continental inferior do Espírito Santo.

A porção superior do talude apresenta trechos retilíneos a convexos, marcados por cabeceiras de cânions, ravinamentos e cicatrizes de movimentos de massa. Já na porção inferior o talude apresenta perfil côncavo, resultante da acumulação de material na base do talude.

Neste estudo foram identificadas cerca de 20 incisões erosivas entre a borda da plataforma externa e o talude superior. Algumas dessas feições geomorfológicas foram descritas por Schreiner et al. (2009): cânions Regência, Vitória, Rio Doce, Watu Norte e Watu Sul e sistemas de ravinamento de Regência. Embora novas feições erosivas tenham sido identificadas, elas precisam ser confirmadas com trabalhos de maior detalhe (Figura 29).

As cabeceiras de cânions ocorrem entre a borda da plataforma externa e o talude superior. Os cânions formam incisões com largura máxima de 3 km, aprofundando-se no talude continental por até 500 m. Limitam-se, de modo geral, entre as isóbatas de -600 e -800 m (Figuras 29a e 29b). Algumas dessas incisões se interligam aos sistemas de canais meandrantés que se desenvolvem no Sopé continental do Espírito Santo, conforme se observa na parte inferior da figura 29. As paredes dos cânions apresentam declividade elevada, com cerca de 10°.

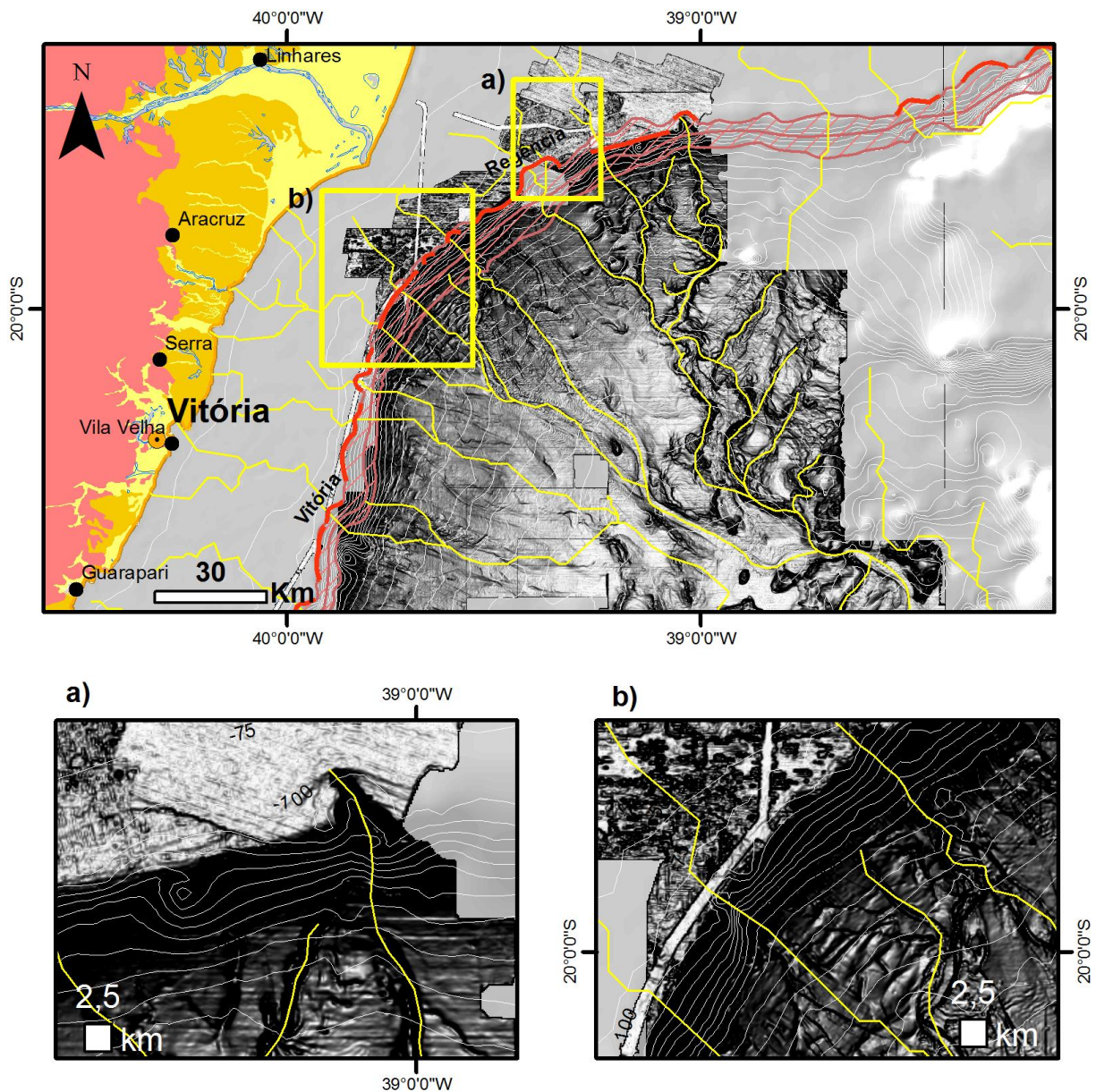


Figura 29 – Detalhe da área de ocorrência de cânions e ravinas na porção sul do Talude continental do Espírito Santo (área hachurada): (a) cânion do rio Doce; (b) cânion Watu Norte. Em vermelho estão delimitadas feições possivelmente associadas aos cânions demarcados por meio de análise do modelo digital e traçado das curvas batimétricas (linha branca); a linha amarela corresponde aos canais submarinos extraídos de forma automatizada do Atlas GEBCO_08.

Nota: A imagem de fundo oriunda do Modelo Digital da Geomorfologia do Fundo Oceânico do Centro-Sul da Bacia do Espírito Santo e Norte da Bacia de Campos, elaborado por Schreiner et al. (2009).

Neste estudo não se identificou material proveniente de movimento de massa no interior dos cânions. Entretanto, em trabalhos realizados no talude da Bacia de Campos, a sul da área investigada, foram identificadas, por meio de perfis sísmicos, cicatrizes de movimento de massa no interior de alguns dos cânions da região (AFONSO, 2011).

O talude continental inferior coincide, em geral, com o limite de ocorrência do entalhamento dos cânions, região onde ocorrem depósitos provenientes da plataforma continental e da porção superior do talude, produzidos por deslocamento de fluxo de sedimentos, sistemas turbidífticos e movimentos de massa (Figura 29).

5.2.3 Sopé continental do Brasil

O Sopé continental do Brasil ocorre entre o Talude continental do Espírito Santo e a Planície abissal do Brasil, perfazendo uma faixa entre 400 e 900 km de largura, limitado às isóbatas de -3.200 a -4.800 m. Apresenta grande diversidade de formas, que vão desde superfícies planas a formas alçadas (Figura 30).

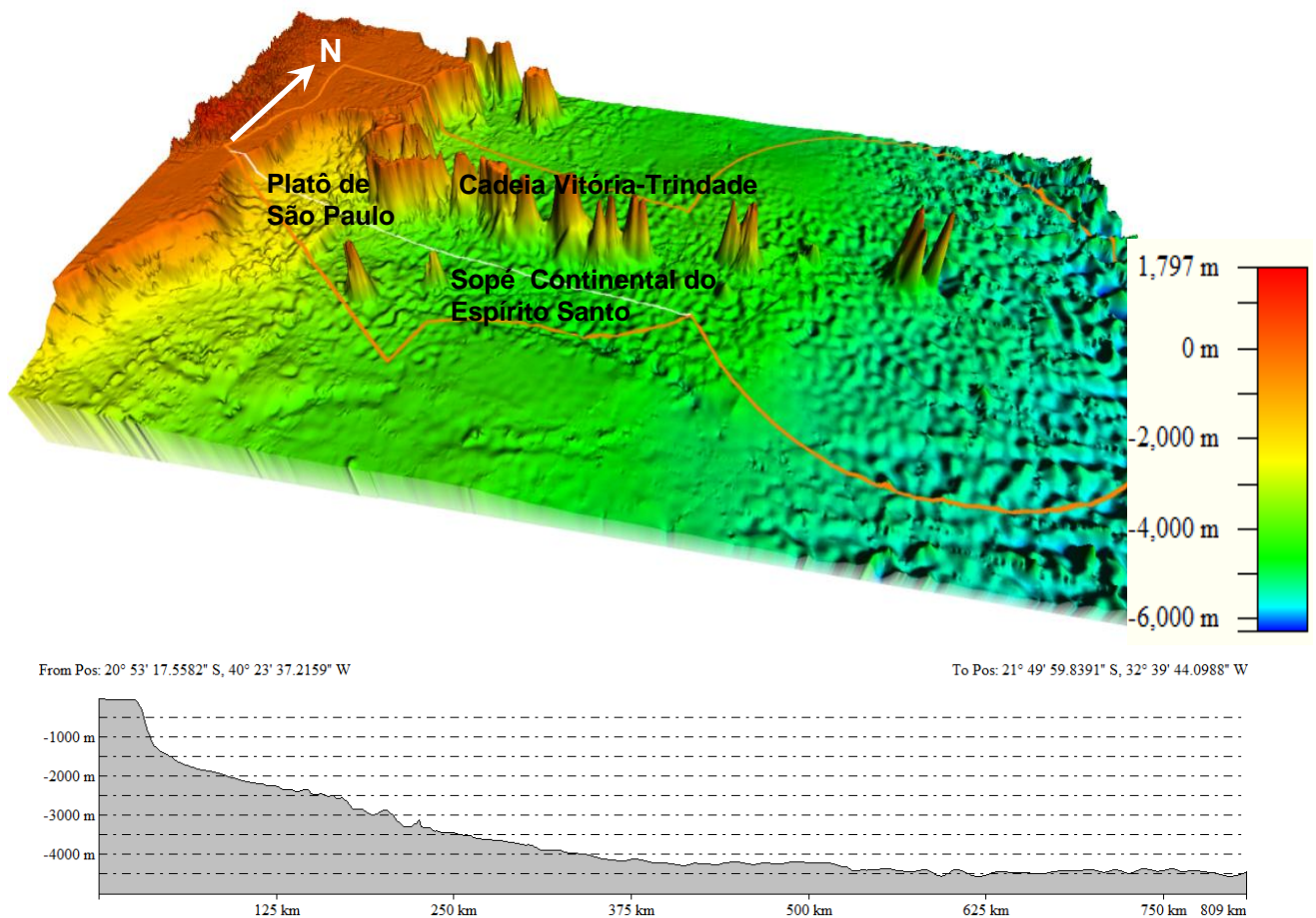


Figura 30 – Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico, com destaque para o Sopé continental do Espírito Santo, Cadeia Vitória-Trindade e Platô de São Paulo. Iluminação artificial: 45° de altitude e 135° de azimute; exagero vertical de 25 x.

Fonte: Elaborado a partir do Atlas GEBCO_08.

5.2.3.1 Sopé continental do Espírito Santo

O SCES registra extensas superfícies planas a suave onduladas, com declives inferiores a 2°. Apresenta uma série de canais submarinos profundos, escavados ao longo do sopé continental, detectados por meio de modelo batimétrico regional e perfis sísmicos disponíveis na região (Figura 24). Na figura 31 mostram-se os canais escavados no sopé continental, localizados a sul da CVT.

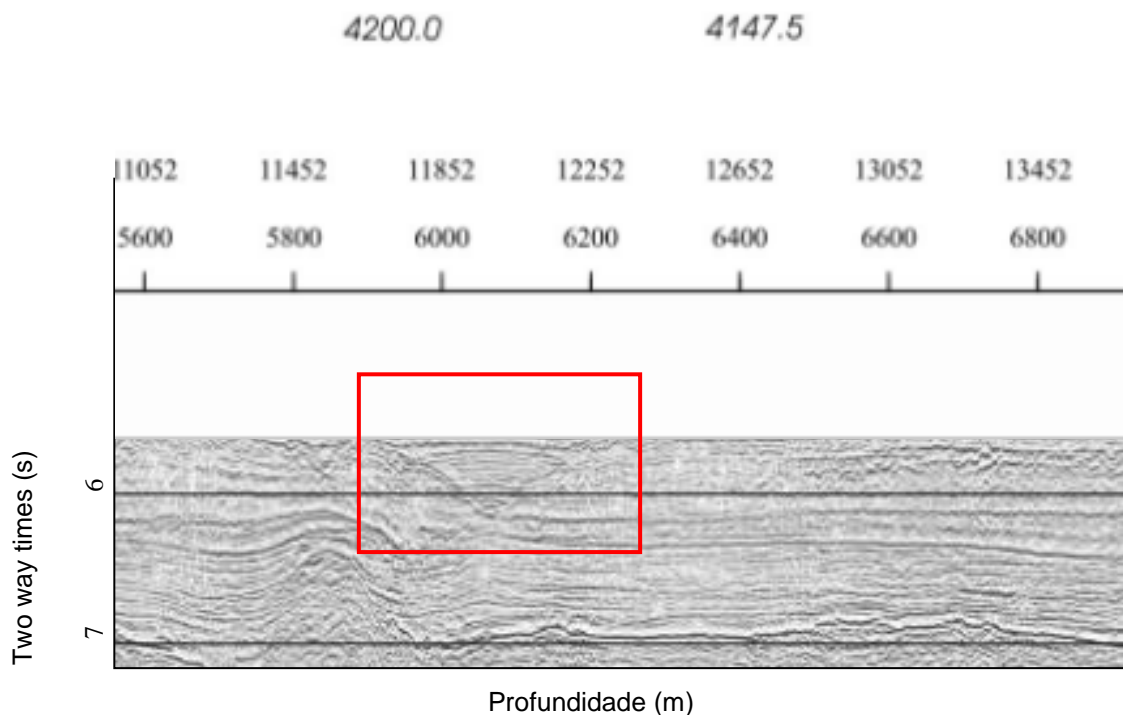


Figura 31 – Seção sísmica da linha 500-0514 levantada pelo LEPLAC.

O mais conhecido desses canais é o Columbia, que tem seu sistema de tributários originado na região sul de Abrolhos, estendendo-se ao longo do sopé continental na direção NW-SE por mais de 500 km, em direção à região da Planície abissal do Brasil. Segundo Brehme (1984 apud ALVES, 1999), o Canal Columbia, inicialmente, é raso (120 m), com largura em torno de 15 km. No presente trabalho, esse canal foi de difícil delimitação, sendo possível cartografá-lo a partir da isóbata de -4.500 de profundidade e 500 km da costa.

5.2.3.2 Platô de São Paulo

O Platô de São Paulo (setor Rio de Janeiro) se estende desde a dorsal de São Paulo até o sul da CVT, tendo sua estruturação controlada por deformações produzidas pela tectônica salina (FRANÇA et al., 2009). Corresponde a uma região soerguida por cerca de 2 km de amplitude e 250 km de largura, com declive geral moderado a suave ($> 1^\circ$), onde se desenvolve extensa superfície irregular, marcada por complexa rede de cânions, canais submarinos e sistemas turbidíticos instalados desde a região do talude superior, estendendo-se por centenas de quilômetros, podendo atravessar o sopé continental e “desaguar” na Bacia Oceânica do Brasil. Destacam-se os sistemas turbidíticos do Watu e Rio Doce e o Canal de Golfinhos (Figura 32).

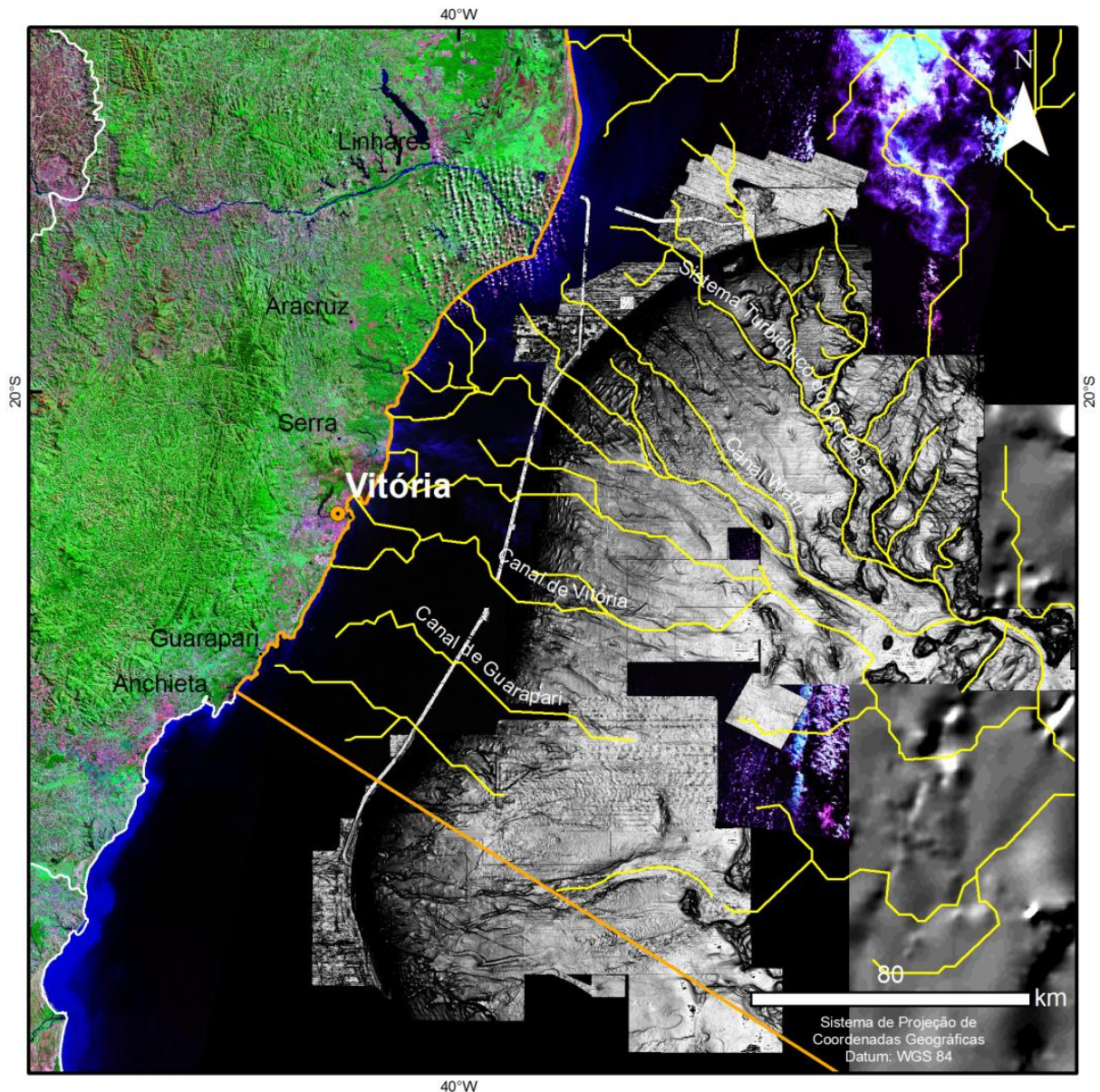


Figura 32 – Região sul da área de estudo correspondendo ao Platô de São Paulo - setor Rio de Janeiro (imagem em cinza claro). Observa-se a presença de complexa rede de cânions, canais submarinos e sistemas turbidíticos. As linhas amarelas representam o traçado de possíveis canais submersos extraídos de forma automatizada a partir do Atlas GEBCO_08.

Nota: As imagens de fundo são constituídas pelas Imagens Geocover (área continental e plataforma continental), pelo Modelo Digital da Geomorfologia do Fundo Oceânico do Centro-Sul da Bacia do Espírito Santo e Norte da Bacia de Campos, elaborado por Schreiner et al. (2009) (cinza claro) e pela relevo sombreado do Atlas Gebco_08 (cinza escuro).

5.2.3.3 Cadeia Vitória-Trindade e montes submarinos isolados

A feição mais proeminente do sopé continental é a CVT, composta por uma série de edifícios vulcânicos, atualmente sob a forma de montes e bancos submarinos (Besnard, Eclairer, Vitória, Montague, Jaseur, Davis, Dogressa, Columbia), alinhados segundo a direção $S20^{\circ}30'$ (MOTOKI et al., 2012). Entre a CVT e a PCES localiza-se o Banco de Besnard, a uma distância de cerca de 20 km da plataforma continental (Figura 33).

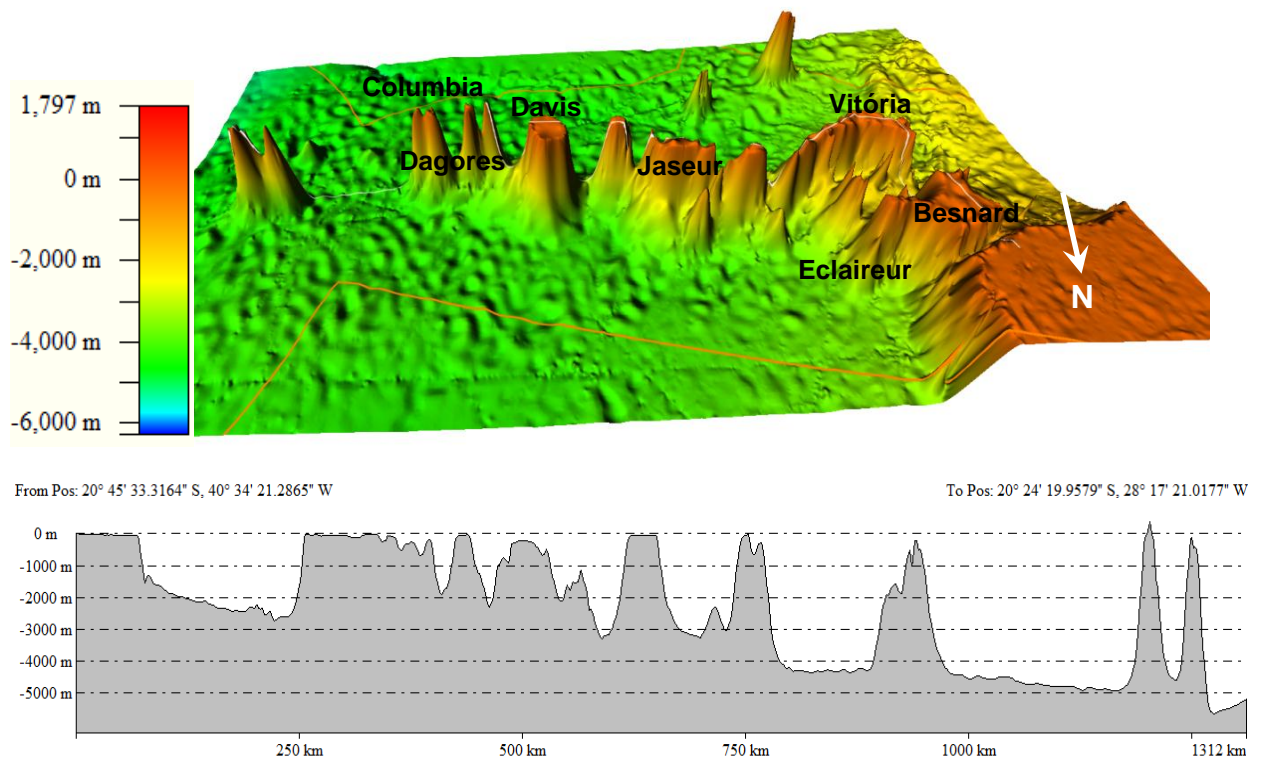


Figura 33 – Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico da Cadeia Vitória-Trindade. Iluminação artificial: 45° de altitude e 45° de azimuth; exagero vertical de 25 x.
 Fonte: Elaborado a partir do Atlas GEBCO_08.

De maneira geral, as elevações apresentam altura variando entre 6.000 a 8.000 m. Os montes apresentam topo convexo, enquanto os bancos se encontram aplainados e nivelados entre 36 e 58 m abaixo do nível do mar. Alguns dos topos dos bancos submarinos são capeados por bioconstruções calcárias semelhantes às da plataforma continental adjacente (ALMEIDA, 2002).

O talude dos edifícios vulcânicos apresenta declives acentuados, em torno de 10° e 14°. Motoky et al. (2012), em trabalhos sobre a caracterização morfológica da CVT, identificaram inúmeros deslizamentos submarinos de até 800 m no talude dos edifícios (monte submarino de Columbia).

Ocorrem, ainda, montes submarinos isolados ao sul da CVT, sendo os montes Almirante Saldanha e São Tomé os mais expressivos, com altura de 4.200 m e 2.700 m, respectivamente (Figura 34). As vertentes do talude são íngremes, com declividade em torno de 10°.

As informações sobre a origem dos montes submarinos isolados são escassas, não havendo registro de amostragem para estabelecimento da composição litológica. Entretanto, sugere-se que estejam desvinculados à origem da CVT (MOTOKI et al., 2012).

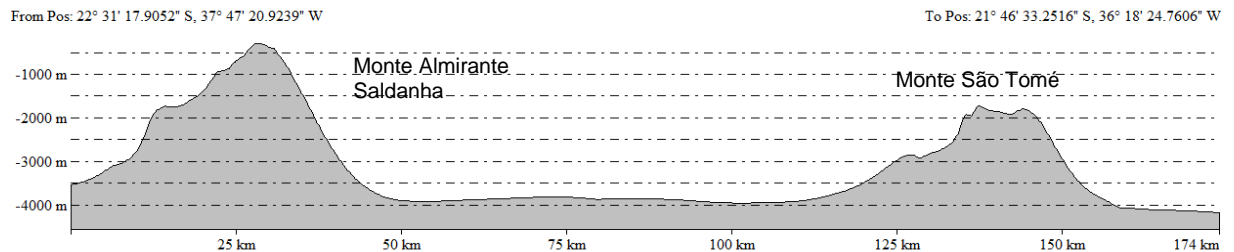


Figura 34 – Perfil batimétrico dos montes Almirante Saldanha e São Tomé, ao sul da Cadeia Vitória-Trindade. Exagero vertical de 25 x.
Fonte: Elaborado a partir do Atlas GEBCO_08.

5.2.4 Planície abissal do Brasil

A Planície abissal do Brasil, com largura variando entre 200 e 400 km e declives suaves ($< 2^\circ$), é limitada pelo flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica, entre as isóbatas de -4.800 e -5.300 m (Figura 35).

Apresenta relevo aplainado controlado pelo embasamento submarino. Visualizam-se, localmente, colinas abissais com amplitude inferiores a 200 m, montes submarinos isolados, variando de 1.000 a 3.500 m de amplitude, e a porção emersa da CVT, que ultrapassa o nível do mar em até 600 m, constituindo a ilha da Trindade e o arquipélago de Martin Vaz.

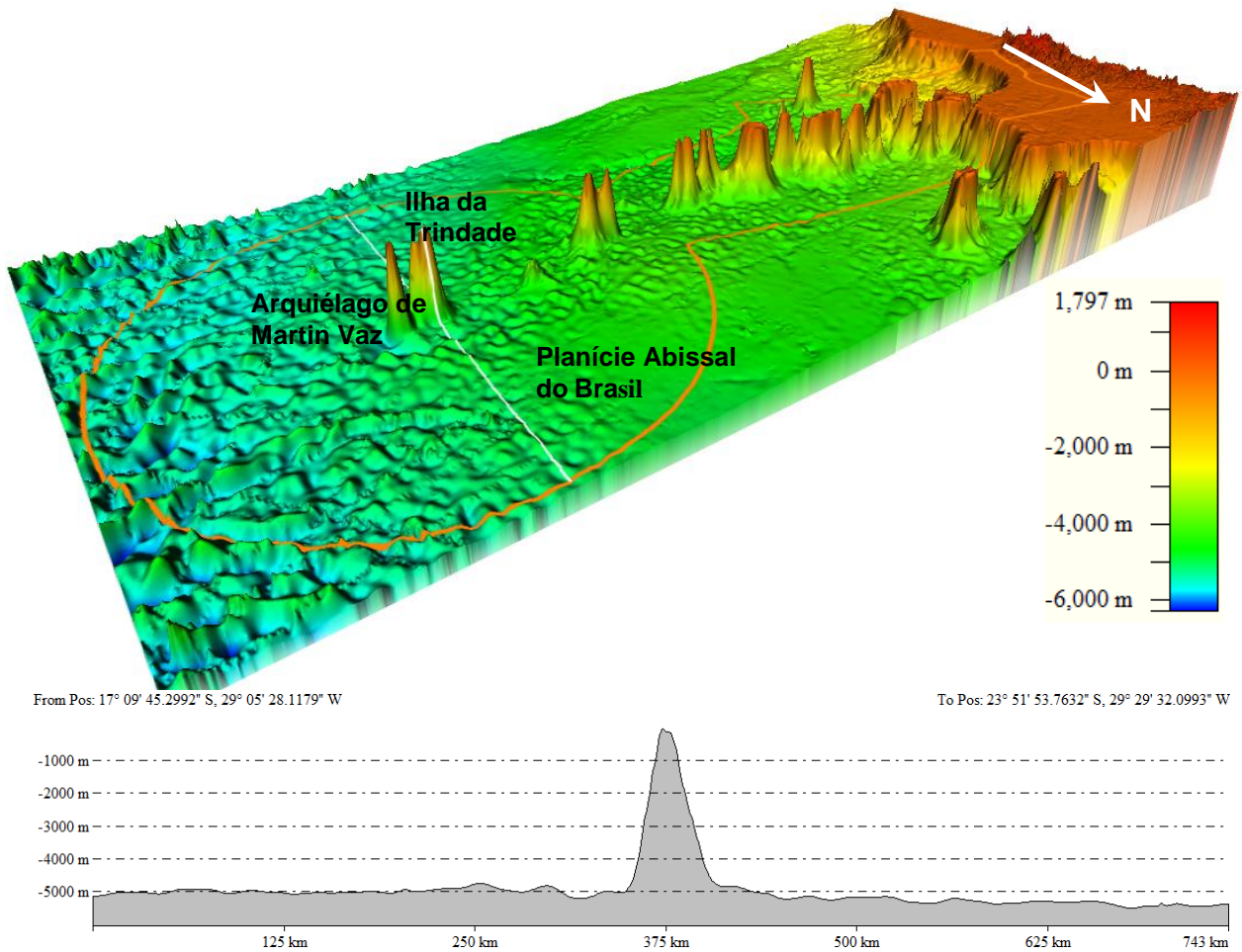


Figura 35 – Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico do Sopé continental do Espírito Santo e Planície abissal do Brasil (linha branca). Iluminação artificial: 45° de altitude e 45° de azimuth; exagero vertical de 25x. Fonte: Elaborado a partir do Atlas GEBCO_08.

5.2.5 Cordilheira Mesoatlântica

A Cordilheira Mesoatlântica apresenta largura superior a 200 km e superfícies irregulares, com declividade inferior a 7° e amplitude e formas de relevo representadas por vales e cristas estruturais, cuja amplitude média é de 250 m. Ocorre aproximadamente acima da isóbata de 5.300 km (Figura 36).

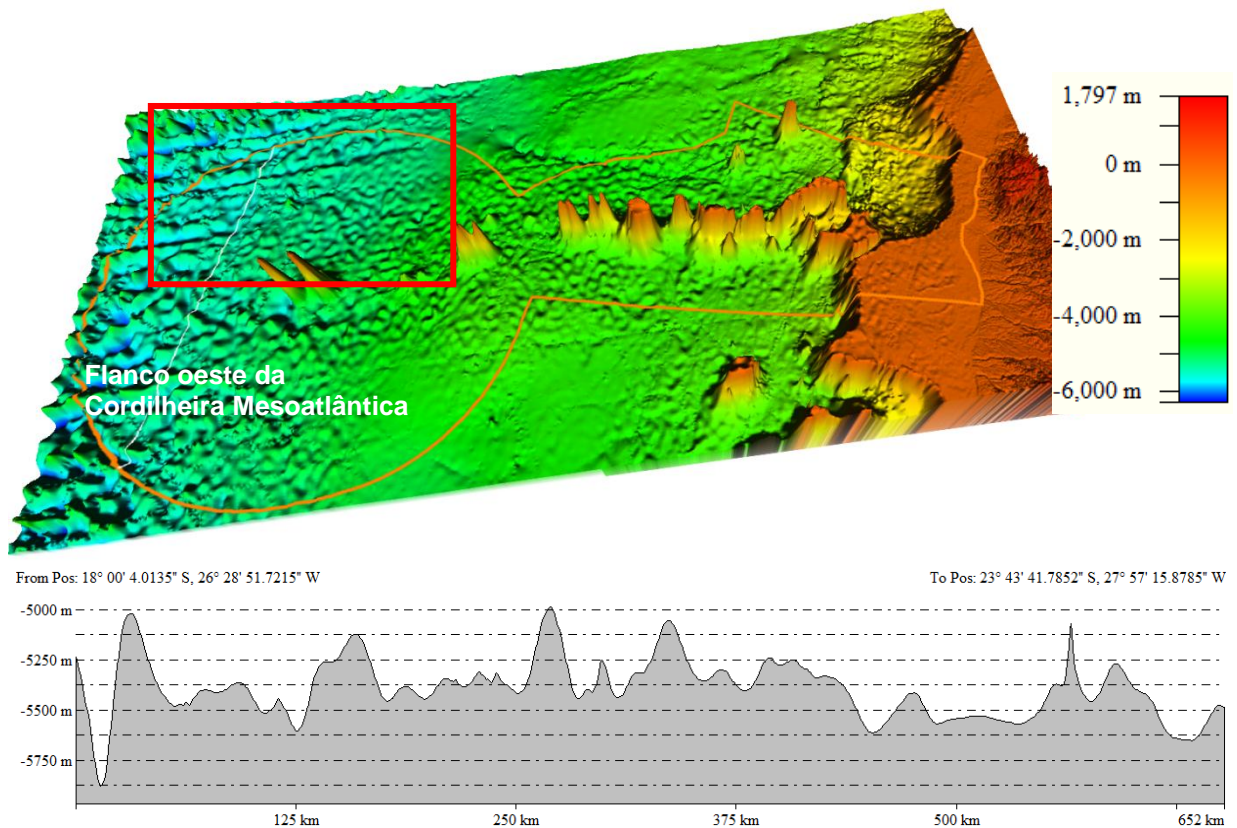


Figura 36 – Modelo 3D em perspectiva e perfil batimétrico da Cordilheira Mesoatlântica, com destaque para as zonas de fraturas. Notar o forte lineamento de direção aproximada W-E (retângulo vermelho). Iluminação artificial: 45° de altitude e 0° de azimuth para ressaltar o padrão estrutural; exagero vertical de 55 x.
 Fonte: Elaborado a partir do Atlas GEBCO_08.

Na área estudada está representada pelo flanco oeste, que se destaca na paisagem por zonas de fraturas originadas na região da cordilheira, prolongando-se em direção ao continente adentro (ALVES et al., 2006). A área de estudo compreende as zonas de fraturas Santa Helena, Vitória-Trindade e Martin Vaz e o Sistema de Fraturas do Rio de Janeiro, com geração geral W-E.

De maneira geral, ao se compararem os resultados da compartimentação fisiográfica obtidos por este estudo com os apresentados na bibliografia, observa-se que:

O Mapa de Compartimentação Fisiográfica do Assolho Oceânico elaborado por este trabalho apresenta diferenças significativas na delimitação das províncias fisiográficas em relação aos mapas regionais anteriormente publicados (CHAVES, 1979; PALMAS, 2003).

Destacam-se: subdivisão da plataforma continental em interna e externa, com base no intervalo médio das ondas (Equação 2); subdivisão do talude continental, a partir da análise

das variações de gradiente do terreno e feições morfológicas instaladas; definição com maior precisão no estabelecimento da quebra do talude e sopé continental a partir da análise de perfis batimétricos; melhor delimitação de bancos e elevações submarinas de origem vulcânica, por meio da análise das anomalias gravimétricas e batimétricas.

5.3 GEOLOGIA SUPERFICIAL DO ASSOALHO OCEÂNICO

De maneira geral, a geologia superficial da área de estudo é representada por depósitos sedimentares da plataforma continental, depósitos sedimentares e rochas vulcânicas da bacia oceânica, compartimentadas nas seguintes unidades (Figura 37): a) bioconstruções holocênicas (recifes modernos); b) sedimentação cenozoica (terrígena; bioclástica; hemipelágica/pelágica; depósitos turbidíticos e de canais submarinos profundos; depósitos de fluxo gravitacional e movimento de massa; depósitos autigênicos); c) estruturas deformacionais não tectônicas mesozoicas (diapirismo de sal); d) vulcanismo mesocenoico (intrusões e derrames de rochas sódico-alcálicas subsaturadas em sílica; derrames de rochas vulcânicas da crosta oceânica e zona de ascensão magmática da Cordilheira Mesoatlântica e sedimentação pelágica; intrusões de rocha vulcânica de composição e idades indeterminadas).

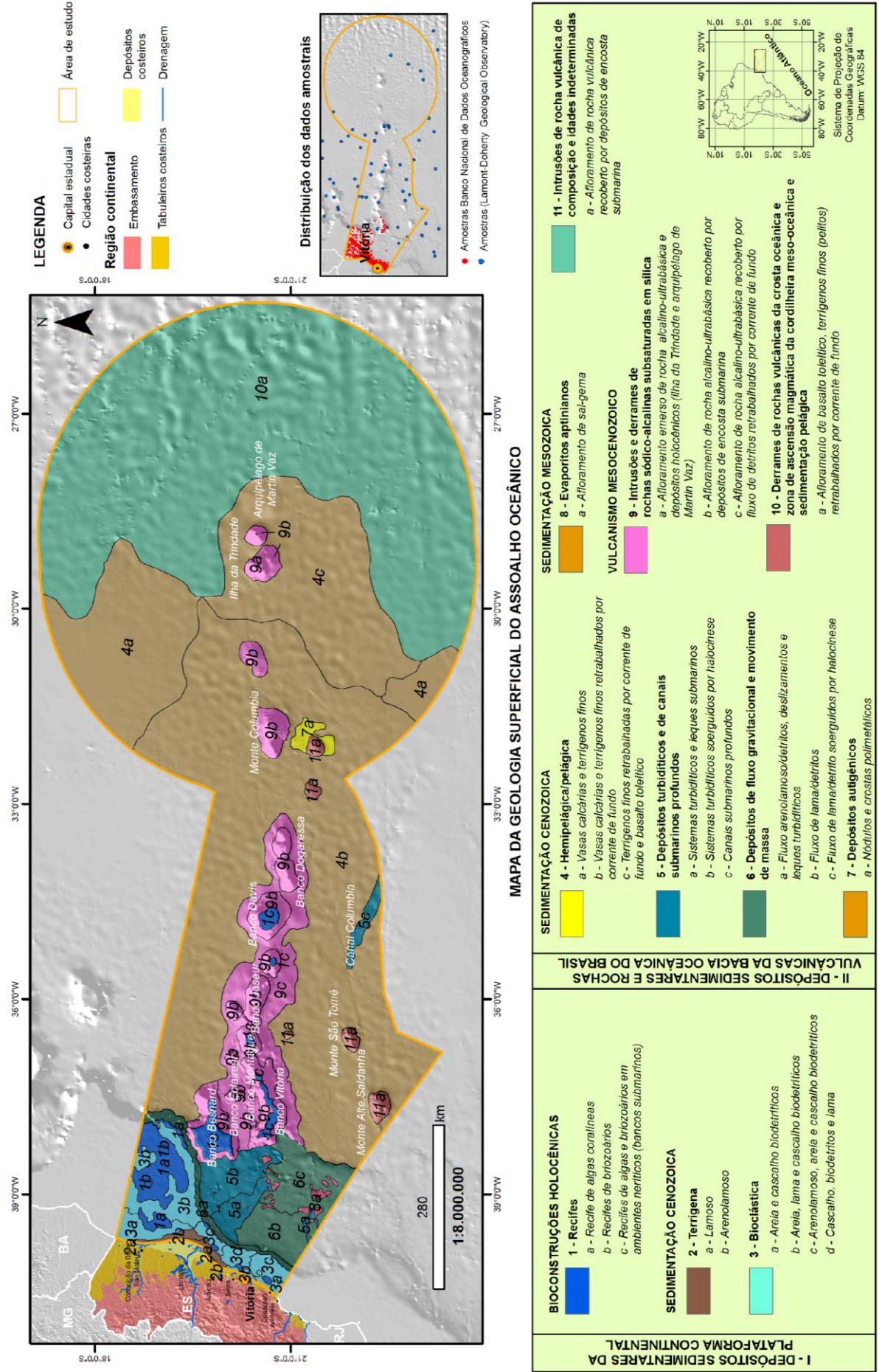


Figura 37 – Mapa da geologia superficial do assoalho oceânico das áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade..

A seguir, serão descritas as principais características dos depósitos sedimentares superficiais da área de estudo.

5.3.1 Depósitos sedimentares superficiais

A sedimentação superficial holocênica ocorre recobrando sedimentos e rochas sedimentares e vulcânicas mesocenozoicas mais antigas da Bacia do Espírito Santo e crosta oceânica, cujas idades encontram-se distribuídas no intervalo entre 65 a 134 milhões de anos (Figura 38).

No Mapa de Espessura Total de Sedimentos e Idade da Crosta Oceânica (Figura 38), observa-se que a espessura total do pacote sedimentar varia de 500 a 5.500 m, com as menores espessuras localizadas a sul da CVT e na região da Planície abissal do Brasil e flanco oeste da CMO, enquanto as maiores espessuras ocorrem na região correspondente à Bacia do Espírito Santo e a norte da CVT.

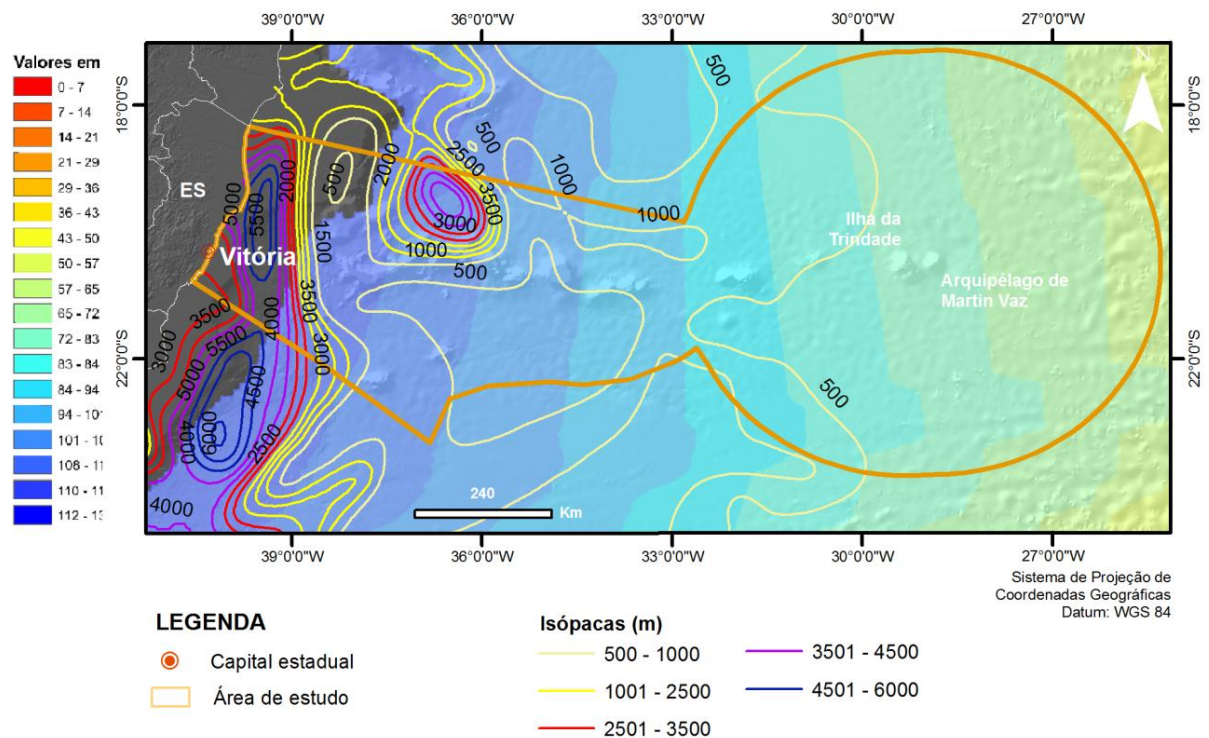


Figura 38 – Mapa de espessura total de sedimentos e idade da crosta oceânica na área de estudo.
Fonte: CPRM (2008).

5.3.1.1 Depósitos sedimentares superficiais da plataforma continental

A sedimentação na PCES resulta de um ajuste morfodinâmico entre o fluxo de material proveniente de transporte fluvial do continente, com destaque para os rios São Mateus, Muririco, Doce, Piraquê-Açu, São Mateus, Santa Maria, Jacu, dentre outros de menor porte; e de sedimentos cenozoicos erodidos da Formação Barreiras e das rochas graníticas e gnáissicas proterozoico-cambrianas do embasamento.

O material oriundo do continente é retrabalhado pela ação de ondas, correntes e marés, que, junto com a topografia da plataforma continental, controlam a característica e distribuição dos depósitos sedimentares.

Devido à inexistência de uma malha regular de amostragem que cobrisse toda a área de estudo, optou-se por não utilizar as análises estatísticas tradicionais para caracterização dos depósitos sedimentares, tais como medidas de tendência central, medidas de dispersão e análise do comportamento da granulometria em função da profundidade. Entretanto, a análise em função da classificação com base na textura e componentes das amostras permitiu estabelecer relações significativas quanto ao comportamento geral dos depósitos.

A figura 39 exhibe a distribuição de 1.136 amostras de sedimentos superficiais provenientes do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha brasileira, localizadas na plataforma continental, talude continental e áreas adjacentes.

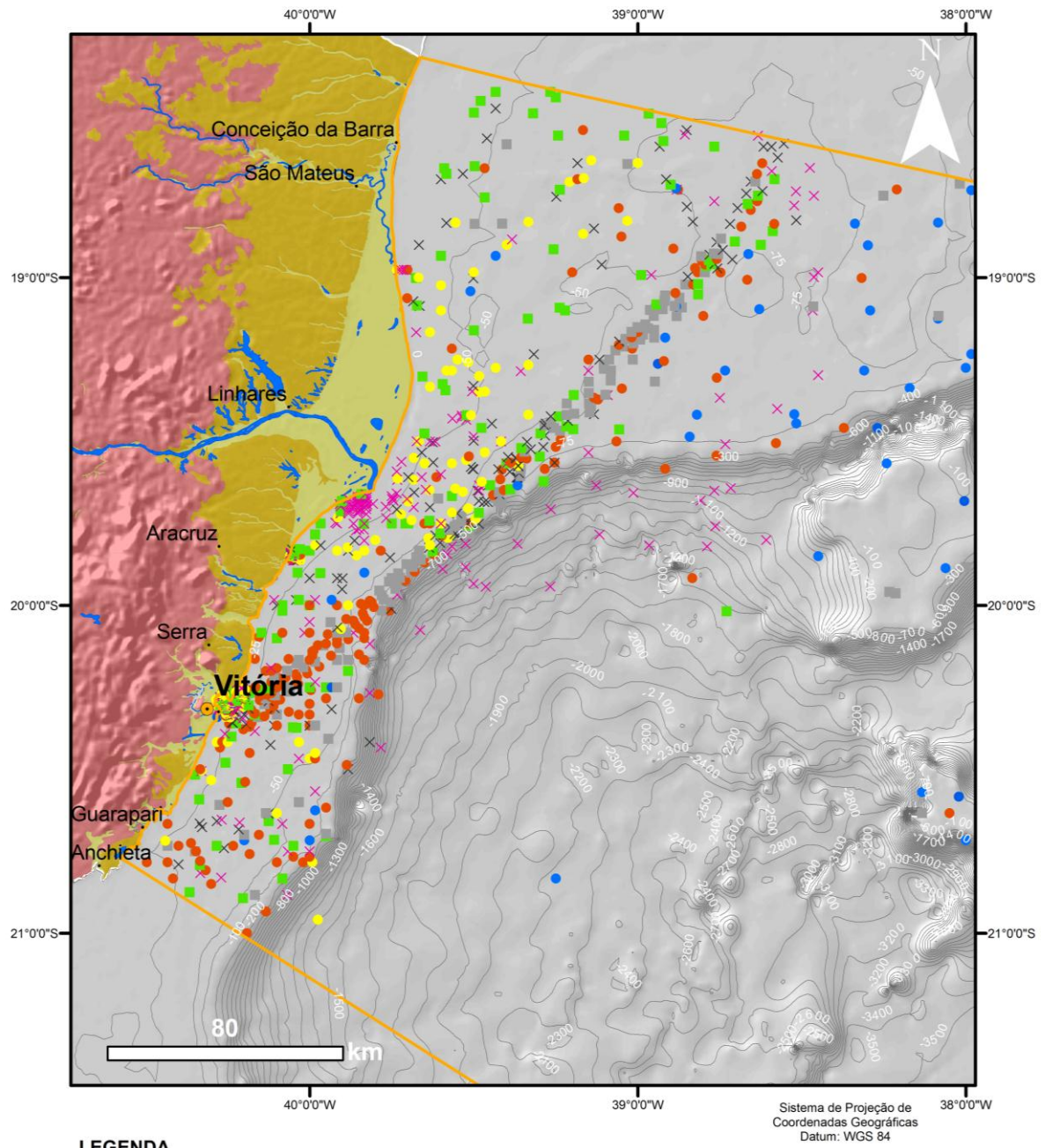
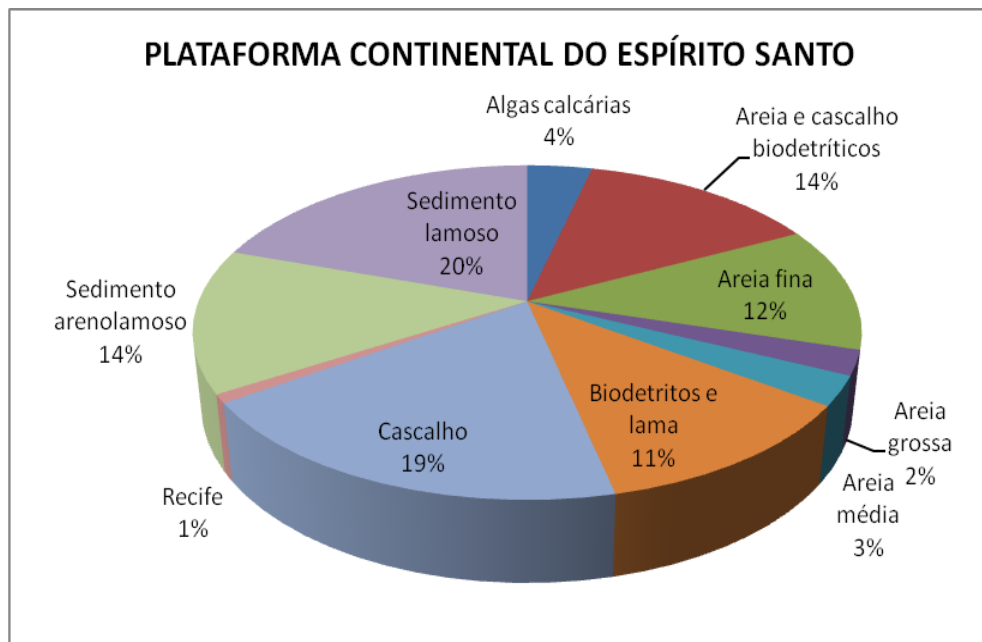


Figura 39 – Distribuição das amostras de sedimentos superficiais armazenadas no Banco Nacional de Dados Oceanográficos, contempladas na área de estudo. Classificação segundo proposta de Dias et al. (2008). Total de 1.136 amostras.

Com base na análise percentual de 1.501 amostras de sedimentos superficiais localizados na plataforma continental, classificadas segundo proposta de Dias et al. (2008), observa-se que a PCES, na área de estudo, é formada, em sua maioria, por sedimentos bioclásticos, cascalhos, areia e lama (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Classificação textural das amostras de sedimentos superficiais na Plataforma continental do Espírito Santo, segundo proposta de Dias et al. (2008). Total de amostras: 1.091.



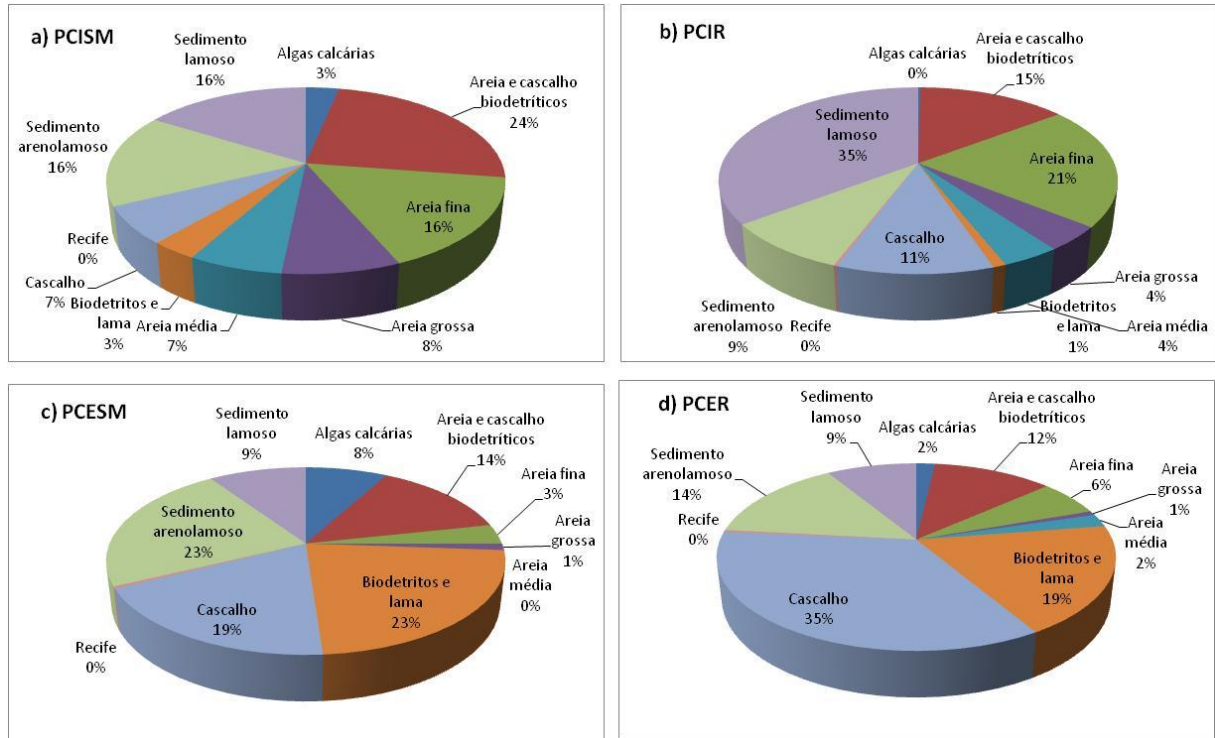
Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO/DHN).

A PCSM e a PCR apresentam diferenças em relação à composição textural dos depósitos, devido às características litológicas da região costeira adjacente e à ação das correntes de deriva litorânea. Na PCSM predominam sedimentos arenosos da Formação Barreiras, enquanto na PCR há predomínio de rochas cristalinas proterozoicas.

Na PCISM ocorre predomínio de areias e areia associada a cascalhos bioclásticos (Gráfico 2a). Já na PCIR, sedimentos lamosos e areia ocorrem em proporções quase que equivalentes (Gráfico 2b).

Na PCESM predominam sedimentos arenolamosos associados a biodetritos e lamas e a areia e cascalho bioclástico (Gráfico 2c), enquanto na PCER predominam cascalhos e biodetritos associados a lama (Gráfico 2d).

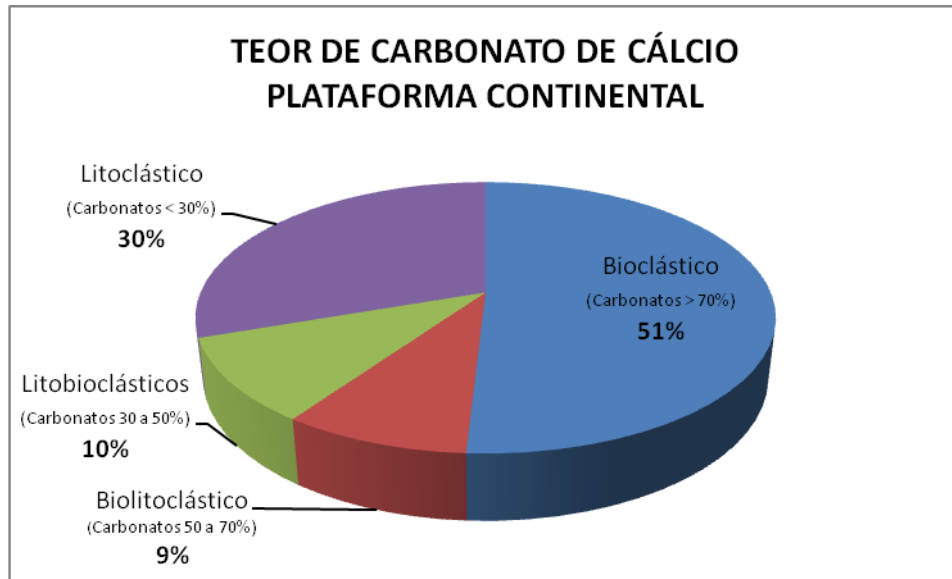
Gráfico 2 – Classificação textural das amostras de sedimentos superficiais na Plataforma continental do Espírito Santo, segundo proposta de Dias et al. (2008): a) Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos (62 amostras); b) Plataforma continental interna de Regência (450 amostras); c) Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos (264 amostras); d) Plataforma continental externa de Regência (275 amostras).



Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO/DHN).

Das 1.440 amostras de sedimentos superficiais de BAMPETRO, apenas 340 apresentam classificação quanto ao teor de carbonato de cálcio, segundo a proposta de Larssonneur (1977 apud ALBINO, 1999) (Gráfico 3). Os sedimentos presentes na plataforma são, em sua maioria, classificados como bioclastos, com teores de CaCO_3 superiores a 70%, seguido dos litoclásticos, concentrados principalmente na região da plataforma externa.

Gráfico 3 – Classificação das amostras de sedimentos superficiais na Plataforma continental do Espírito Santo e áreas adjacentes quanto ao teor de carbonato de cálcio, segundo proposta de Larssonneur (1977 apud Albino, 1999). Total de amostras: 340.



Fonte: BAMPETRO.

Os bioclastos apresentam granulação grossa, variando entre areias e cascalhos, com predomínio de sedimentos arenosos e lamosos na plataforma continental interna e de cascalhos na plataforma externa. Os sedimentos são compostos, principalmente, por fragmentos de algas coralinas, briozoários, moluscos e foraminíferos bentônicos.

Ressalta-se que muitos dos estudos sobre a caracterização sedimentológica realizados para essa área são localizados na plataforma interna e em escala de detalhe, dificultando as análises comparativas. De maneira geral, ao se compararem os resultados ora obtidos com os apresentados na bibliografia, observa-se o seguinte.

Os resultados obtidos por este trabalho, por meio de análise das amostras do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) e BAMPETRO, convergem para os obtidos por Kowsmann e Costa (1979), que identificaram a predominância de bioclastos na plataforma com teores de carbonato de cálcio superiores a 75%. Esse aspecto é explicado por Albino (1999) como decorrente do clima atual da região, o qual favorece a produção de material bioclástico autóctone.

5.3.1.2 Depósitos sedimentares na bacia oceânica

A sedimentação na bacia oceânica depende de fatores tais como: morfologia do fundo, produtividade biogênica, circulação oceânica, aporte de terrígenos e profundidade de compensação da calcita. Compreende depósitos distais de correntes de turbidez e sedimentos transportados por correntes de fundo.

As amostras em águas profundas são escassas (23 amostras oriundas de BNDO/DHN), com predomínio de sedimento lamoso. Sobre os bancos submarinos (Besnard, Eclairer e Vitória) foram coletadas 23 amostras, em profundidades entre 54 e 180 m, classificadas como algas calcárias e recifes com biodetritos e lama subordinados.

Na região do sopé continental e da planície abissal, em profundidades que variam de -1.640 a -5.385 m, ocorrem 61 amostras de sondagem de *Piston Corer* coletadas por LDGO. Há predomínio de lama e bioclastos, com ocorrência de foraminíferos e gastrópodes (pterópodes) restrita à região com isóbatas inferiores a -4.800 m.

5.4 COMPARTIMENTOS DA GEODIVERSIDADE MARINHA DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA VITÓRIA-TRINDADE

A seguir, são apresentados os compartimentos da geodiversidade da área de estudo, elaborados conforme exposto no capítulo 4 – Materiais e Métodos. Foram identificados 15 compartimento da geodiversidade, subdivididos em 35 unidades, em função de critérios litológicos, estruturais e fisiográficos (Quadro 9). As siglas que identificam os compartimentos no mapa são representados por códigos alfanuméricos (ex. 1.a) .

Os compartimentos encontram-se espacializados no Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A). A escala de trabalho foi a de 1:1.000.000, apresentada graficamente na escala 1:5.500.000.

Importa ressaltar que a descrição dos compartimentos da geodiversidade teve como base os dados produzidos por este trabalho, agregando-se informações disponíveis na literatura e as descrições de amostras de BNDO/DHN e BAMPETRO, assim como de sedimentos superficiais e de testemunhos de sondagem do tipo *Piston Corer* disponibilizadas por LDGO.

Quadro 9 – Compartimentos da geodiversidade das áreas adjacentes à Cadeia Vitória-Trindade.

Domínio Fisiográfico		Compartimentos da Geodiversidade Marinha	
MARGEM CONTINENTAL	Plataforma Continental do Espírito Santo	1 – Bioconstruções holocênicas na Plataforma continental do Espírito Santo	1.a – Recifes de algas coralíneas na PCISM 1.b – Recifes de briozoários na PCIR 1.c – Recifes de algas coralíneas na PCESM 1.d – Recifes de algas coralíneas na PCER 1.e – Recifes de briozoários na PCESM 1.f – Recifes de briozoários na PCER
		2 – Depósitos terrígenos holocênicos na Plataforma continental do Espírito Santo	2.a – Depósitos lamosos associados ao delta do rio Doce e Itaúnas 2.b – Depósitos arenolamosos na PCISM 2.c – Depósitos arenolamosos na PCIR
		3 – Depósitos bioclásticos holocênicos na Plataforma continental do Espírito Santo	3.a – Depósitos de areia e cascalho biodetríticos na PCISM 3.b – Depósitos de areia e cascalho biodetríticos na PCIR 3.c – Depósitos de areia, lama e cascalho biodetríticos na PCIR 3.d – Depósitos de areia, lama e cascalho biodetríticos na PCESM 3.e – Depósitos arenolamosos, areia e cascalho biodetríticos na PCER 3.f – Depósitos de cascalho, biodetríticos e lama na PCER
	Talude Continental do Espírito Santo	4 – Depósitos de fluxo gravitacional e movimentos de massa holocênicos no Talude continental do Espírito Santo	4.a – Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos no talude superior 4.b – Depósitos arenolamosos, turbiditos biodetríticos e fluxo de lama/detritos no talude inferior
	Sopé Continental do Espírito Santo	5 – Sistemas turbidíticos e leques submarinos cenozoicos do Platô de São Paulo	5.a – Depósitos turbidíticos e leques submarinos arenoargilosos 5.b – Depósitos turbidíticos e leques submarinos arenoargilosos soerguidos por halocinese 5.c – Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos 5.d – Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos soerguidos por halocinese
		6 – Halocinese no Platô de São Paulo	6.a – Diápiros e afloramentos de sal-gema
		7 – Depósitos pelágicos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo	7.a – Depósitos arenolamosos e de vasas calcárias retrabalhados por corrente de fundo
		8 – Depósitos de canais submarinos profundos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo	8.a – Canais turbidíticos arenolamosos profundos
		9 – Depósitos autigênicos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo	9.a – Nódulos e crostas polimetálicos
		10 – Bioconstruções em bancos submarinos oceânicos	10.a – Recifes de algas coralíneas e/ou briozoários
11 – Lavas e intrusões de rochas vulcânicas sódico-alcálicas saturadas em sílica da porção submersa da Cadeia Vitória-Trindade (montes e bancos submarinos)		11.a – Complexo de fonólitos, picritos e nefelinitos recoberto por depósitos de encosta 11.b – Complexo de rochas vulcânicas recoberto por fluxo de detritos e sedimentos pelágicos retrabalhados por corrente de fundo	
12 – Intrusões de rochas vulcânicas de composição e idade indeterminadas em montes submarinos isolados no Sopé continental do Espírito Santo	12.a – Rochas vulcânicas recobertas por depósitos de encosta submarina		
MARGEM OCEÂNICA	Planície Abissal do Brasil	13 – Depósitos pelágicos e turbiditos cenozoicos associados a rochas vulcânicas da crosta oceânica na Planície abissal do Brasil	13.a – Depósitos de vasas calcárias e turbiditos argilosos 13.b – Depósitos argilosos retrabalhados por corrente de fundo e afloramentos de basaltos toleíticos
		14 – Lavas e intrusões de rochas sódico-alcálicas saturadas em sílica, piroclastos diversos e depósitos holocênicos da porção emersa da Cadeia Vitória-Trindade (ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz)	14.a – Complexo de fonólitos, nefelinitos e piroclastos 14.b – Ruínas de cone vulcânico: piroclastos e lavas intercaladas 14.c – Depósitos holocênicos
	Cordilheira Mesoatlântica	15 – Derrames de rochas vulcânicas da crosta oceânica e zona de ascensão magmática do flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica associada à sedimentação pelágica terrígena e vulcanogênica cenozoica	15.a – Depósitos argilosos associados a cinzas vulcânicas e afloramentos de basaltos toleíticos

5.4.1 Plataforma continental do Espírito Santo

A PCES contemplada no presente estudo é constituída por bioconstruções holocênicas e depósitos terrígenos e bioclásticos retrabalhados ao longo do Quaternário. Sua distribuição e características são controladas por fatores tais como aporte de sedimentos provenientes do continente, atividade orgânica e variação do nível do mar. Na figura 40, são apresentados, em detalhe, os compartimentos da geodiversidade que constituem a PCES.

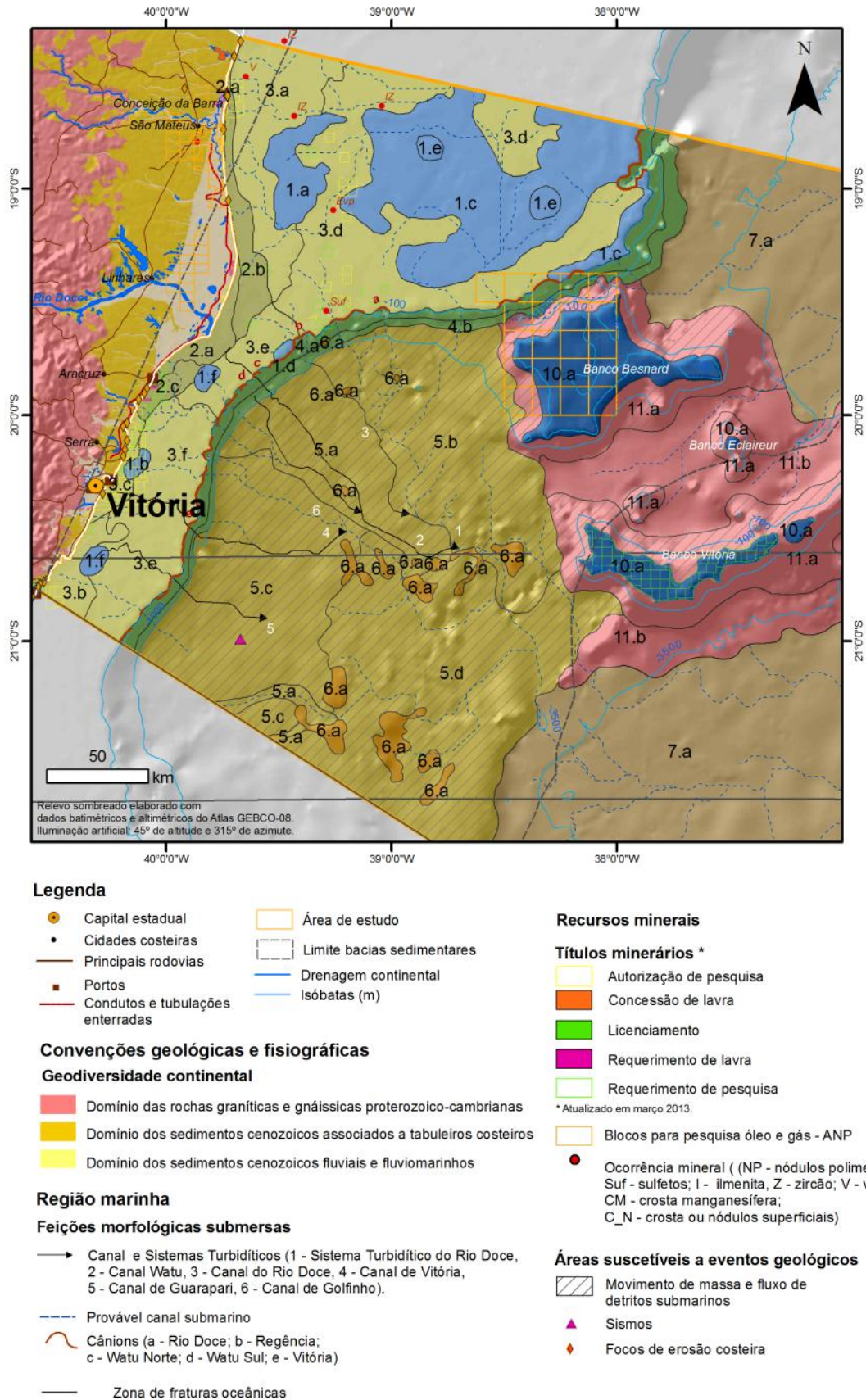


Figura 40 – Detalhe do Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A), na região da plataforma e talude continentais do Espírito Santo e platô São Paulo. As siglas alfanuméricas (ex. 1.a) correspondem aos compartimentos da geodiversidade apresentados no quadro 9. Fonte: Títulos minerários do DNPM (<http://sigmine.dnmp.gov.br/sad69/ES.zip>); IBGE (2010); Silva e Machado (2012); SEMA (2008); Dados da pesquisa (2013).

5.4.1.1 Bioconstruções holocênicas na Plataforma continental do Espírito Santo

As bioconstruções constituem estruturas rígidas construídas por uma série de organismos marinhos portadores de esqueletos calcários ou por algas que se desenvolvem, em geral, sobre o substrato rochoso.

Os complexos recifais na PCES se desenvolve sobre o Complexo Vulcanossedimentar de Abrolhos, e consistem, quase que inteiramente, de carbonatos biogênicos, com bioconstruções de algas calcárias e briozoários, associados à complexa sedimentação bioclástica composta por lamas, sedimentos arenolamosos e cascalho biodetrítico, contendo fragmentos de corais e gastrópodes e conchas calcárias bivalves (lamelibrânquios) (SEMA, 2008).

As bioconstruções foram individualizadas nos seguintes compartimentos (Figura 40 e Quadro 9): 1.a - Recifes de algas coralíneas na Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos; 1.b - Recifes de briozoários na Plataforma continental interna de Regência; 1.c - Recifes de algas coralíneas na Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos; 1.d - Recifes de algas coralíneas na Plataforma continental externa de Regência; 1.e - Recifes de briozoários na Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos; 1.f - Recifes de briozoários na Plataforma continental externa de Regência.

As bioconstruções ocorrem desde a divisa entre os estados de Espírito Santo e Bahia até próximo ao Embaiamento de Vitória, havendo diminuição em direção ao sul do Espírito Santo, principalmente na desembocadura do rio Doce (Figura 40). Tal diminuição está, provavelmente, associada ao aumento da descarga de sedimentos terrígenos e da turbidez na foz do rio Doce, o que torna o ambiente impróprio ao desenvolvimento de construções biogênicas.

Na área de estudo os recifes são constituídos, principalmente, por algas coralíneas, formando arrecifes próximos à linha de costa na PCISM (não cartografado na escala de trabalho), no limite entre as plataformas interna e externa e, principalmente, na PCESM e próximo à borda da plataforma. O principal complexo recifal está localizado na PCESM, constituindo a extensão sul do Banco de Abrolhos, que ocorre sob a forma de bancos circulares de até 7.000 km² e 40 m de altura (siglas 1.a, 1.c – ver quadro 9).

Os recifes de briozoários não são tão comuns na porção norte da plataforma (PCSM), porém, foram descritas por Kowsmann e Costa (1979) construções de briozoários (1.e) com até 150 km², localizadas no banco principal da PCESM (1.c).

Constatou-se, nas descrições das amostras superficiais de BNDO/DHN e BAMPETRO, aumento na quantidade de fragmentos de algas vermelhas coralinas incrustantes (rodolitos) e de briozoários em direção ao sul do Espírito Santo, bem como em direção a águas mais profundas. Tal aumento coincide com resultados de estudos anteriores (CARANNANTE et al., 1988 apud COUTINHO, 2000) sobre a caracterização dos recifes no Espírito Santo.

As estruturas recifais apresentam grande resistência e rigidez. Propiciam alimento, abrigo e proteção a várias espécies marinhas, constituindo-se em importante viveiro para peixes em crescimento, sendo influenciadas pelo substrato rochoso. Representam um exemplo das relações funcionais que a geodiversidade oferece à biodiversidade.

Devido à facilidade de extração e à sua beleza, são suscetíveis à lavra predatória para uso na construção civil e confecção de peças ornamentais, assim como matéria-prima na indústria artesanal.

Estudos mundiais apontam para o uso de algas calcárias como uma importante fonte de insumo agrícola e de aplicação na indústria cosmética dentre outras aplicações. No passado a algas calcárias da região sul do Estado foram exploradas para serem utilizadas como corretivo do pH do solo (SEMA, 2008). Segundo Cavalcanti (2011), em 2001, a solicitação de guia de utilização em processos de autorização de pesquisa na plataforma continental do estado do Espírito Santo causou uma série de problemas, tanto com relação à questão ambiental sobre a extração de algas calcárias quanto com relação à proximidade da Terra Indígena de Caieiras Velhas, no município de Aracruz, sendo canceladas as atividades. Atualmente, os pedidos/autorização para pesquisa de algas calcárias continuam sendo solicitado ao DNPM, perfazendo cerca de 35 áreas, tendo apenas 2 requerimento de lavra datados de 2011, porém não autorizados pelo o órgão.

Em função dos aspectos acima exposto, as bioconstruções constituem uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área de estudo, cujos aspectos apresentam os seguintes temas de interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica da plataforma continental do Espírito Santo durante o quaternário, como a formação de recifes de briozoários e algas

coralíneas sobre substrato vulcânicos na Plataforma continental interna de Regência (Vitória) e externa de São Mateus-Abrolhos (São Mateus). Paisagem marinha na plataforma continental relacionada a bancos de recifes.

II - Potencial para usos diversos (econômico e área com potencial geoturístico): as algas calcárias constituem fontes de carbonato de cálcio e magnésio que funcionam com biofertilizantes utilizados como insumos agrícolas. Os recifes apresentam interesse geoturístico associada à prática de mergulho submarino, desde que avaliados os impactos ambientais sobre o meio.

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: são ecossistemas frágeis e locais impróprios à instalação de infraestruturas, sendo protegidos por unidades de conservação, como por exemplo, a APA Costa das Alagas, localizada na Plataforma continental de São Mateus, adjacente aos municípios de Serra, Fundão e Aracruz. Os corais constituem áreas protegidas pela legislação com restrição à mineração.

IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade: substrato rochoso e a morfologia do fundo exercem influência no desenvolvimento dos recifes.

5.4.1.2 Depósitos terrígenos holocênicos na Plataforma continental do Espírito Santo

Correspondem aos terrenos geologicamente mais novos do Espírito Santo, representados por sedimentos provenientes de erosão e transporte fluvial de rochas graníticas e gnáissicas proterozoico-cambrianas do embasamento e de sedimentos cenozoicos associados, campos de dunas e tabuleiros costeiros da Formação Barreiras (Figura 41). Os sedimentos provenientes do continente foram depositados e retrabalhados em ambiente marinho raso, dando origem aos depósitos deltaicos e fluviomarinhos holocênicos da plataforma continental.

(a)



(b)



Figura 41 – Principais fontes de sedimentos para a plataforma continental. a) falésias da Formação Barreiras na região sul da área; b) campos de dunas de Itaúnas, no norte do estado.
Fonte: Silva e Machado (2012).

Os depósitos terrígenos holocênicos ocorrem por toda a extensão da PCES, com características composicionais e dimensões variáveis influenciadas por aspectos litológicos da região costeira adjacente. Em sua maioria, esses depósitos não foram cartografados devido à escala de trabalho, mas, de maneira geral, ocorrem junto a desembocaduras dos rios de grande porte da região. Constituem cordões litorâneos, bancos arenosos e dunas submarinas longitudinais compostas por quartzo e poucos fragmentos biodetríticos.

Compreende os seguintes compartimentos (Figura 40 e Quadro 9): 2.a - Depósitos lamosos associados ao delta do rio Doce e Itaúnas; 2.b - Depósitos arenolamosos na Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos; 2.c - Depósitos arenolamosos na Plataforma continental interna de Regência.

Na região da foz do delta do rio Doce (2.a), os depósitos são extensos, ocorrendo por cerca de 100 km de extensão e largura máxima de 15 km. Encontram-se associados à planície deltaica do rio Doce, que se estende de Conceição da Barra até as imediações do rio Piraquê-Açu. Embora predomine a textura lamosa, são relatadas amostras contendo na fração arenosa, grãos de quartzo e fragmentos de carapaças calcárias, conchas e biodetritos.

Os depósitos arenolamosos ocorrem na PCISM (2.b, 2.c), em estreita faixa, desde a foz do rio Itaúnas, alargando em direção ao delta do rio Doce, acompanhando a morfologia dos depósitos lamosos, chegando a atingir largura de cerca de 15 km. Predominam sedimentos arenolamosos sob a forma de cordões litorâneos e dunas submarinas longitudinais associadas a campos de dunas e falésias da Formação Barreira do norte do estado.

Na PCIR, os depósitos arenolamosos são menos representativos que na PCISM, com cerca de 40 km de extensão e 10 km de largura, até as proximidades do rio Piraquê-Açu. Entretanto, ocorrem de forma semelhante, acompanhando o contorno dos depósitos lamosos do delta do rio Doce.

No trecho entre o rio Piraquê-Açu até o sul da área, nas proximidades da cidade de Vitória, os depósitos diminuem a espessura e representatividade, influenciados pelas falésias da Formação Barreiras. Em direção ao sul da área, os depósitos diminuem consideravelmente de espessura, possivelmente devido à ocorrência de rochas cristalinas aflorando na região sob a forma de pontões e ilhas.

Uma das principais características da região costeira adjacente à PCIES é a ocorrência de focos de erosão costeira, conforme ilustrado na figura 40. Os sedimentos essencialmente arenosos (2.b, 2.c) são fonte de granulados e de material para engordamento de praia nos

moldes do realizado em Copacabana, na cidade do Rio de Janeiro (RJ). O processo erosivo se dá, principalmente, na região norte do estado, entre o litoral dos municípios de Conceição da Barra e São Mateus, e na região sul, entre os municípios de Aracruz e Anchieta, associado às falésias da Formação Barreiras e à dinâmica costeira, acarretando prejuízos à ocupação e infraestruturas instaladas, como portos e dutos enterrados.

Na costa do Espírito Santo existem vários trechos sob intervenção de obras de engenharia para contenção de erosão costeira. Observa-se a estabilização de processos erosivos por meio do engordamento artificial da praia e construção de enrocamentos, tanto a norte como a sul da área (Figura 42).



Figura 42 – Obras de contenção de erosão costeira, com estruturas de enrocamento circular, visando ao acúmulo de sedimentos. Conceição da Barra, foz do rio São Mateus, Espírito Santo (ES).

Os depósitos terrígenos holocênicos na PCES constituem uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade da área estudada, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científica e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica da plataforma continental do Espírito Santo durante o quaternário associado à variação do nível do mar, com reflexo na formação da composição dos depósitos sedimentares e na mudança da linha da costa. Paisagem marinha na plataforma continental associada à formação de falésias na região costeira, cordões litorâneos, lagunas, deltas, vales incisos, desníveis topográficos, dunas subaquosas.

II - Potencial para usos diversos (econômico e geoturístico): formação de depósitos arenosos utilizados como material de empréstimo. São ambientes com potencial geoturístico, associado à transição dos ambientes costeiros e marinhos, marcado por lagunas, desembocaduras de rios, deltas, falésias, dunas.

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: presença de unidades de conservação, áreas sujeita erosão costeira, sendo necessário a realização de obras e demais medidas de contenção.

IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade: a descarga fluvial exerce influência sob a distribuição dos depósitos costeiros.

5.4.1.3 Depósitos bioclásticos holocênicos na Plataforma continental do Espírito Santo

Os granulados bioclásticos ocorrem predominantemente na PCIES. Resultam do retrabalhamento de sedimentos e fragmentos de corais e carapaças calcárias por ondas, correntes e maré.

Compreende os seguintes compartimentos (Figura 40 e Quadro 9): 3.a - Depósitos de areia e cascalho biodetríticos na Plataforma continental interna de São Mateus-Abrolhos; 3.b - Depósitos de areia e cascalho biodetríticos na Plataforma continental interna de Regência; 3.c - Depósitos de areia, lama e cascalho biodetríticos na Plataforma continental interna de Regência; 3.d - Depósitos de areia, lama e cascalho biodetríticos na Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos; 3.e - Depósitos arenolamosos, areia e cascalho biodetríticos na Plataforma continental externa de Regência; 3.f - Depósitos de cascalho, biodetritos e lama na Plataforma continental externa de Regência.

Observam-se, na figura 40, áreas favoráveis a depósitos de bioclastos (3.a, 3.d), associados a ocorrências de ilmenita, monazita, zircão, rutilo e sal-gema (3.a, 3.b, 3c, 3d), enquanto na plataforma externa foram indicadas áreas potenciais para calcário e agregados bioclásticos associados a ocorrências de sulfeto, evaporitos, ilmenita, zircão e vanádio.

Esse compartimento possui alguns elementos que constituem áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área estudada, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica da plataforma continental do Espírito Santo durante o quaternário associados ao desenvolvimento de feições e depósitos sedimentares influenciados pela variações do nível do mar. Paisagem marinha na plataforma continental, tais como desníveis e patamares topográficos, vales incisos e recifes em borda da plataforma identificados, principalmente, na PCSM, conforme abordados no item 5.2 (Compartimentação Fisiográfica do Assoalho Oceânicos).

II - Potencial para usos diversos (econômico): depósitos de bioclastos constituem fontes de carbonato de cálcio e magnésio, e funcionam com biofertilizantes utilizados como insumos agrícolas; depósitos de minerais pesados e de sal-gema são objetos de pedido de pesquisa e lavra junto ao DNPM.

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: proximidades aos recifes, protegidos pela legislação.

IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade: o substrato rochoso e a morfologia do fundo exerce influência no desenvolvimento dos ecossistemas marinhos.

5.4.2 Talude continental do Espírito Santo

O TCES é formado por sedimentos provenientes da plataforma continental dessa região e por depósitos caóticos derivados de fluxo gravitacional, turbidíticos e de movimentos de massa do próprio talude continental.

5.4.2.1 Depósitos de fluxo gravitacional e movimentos de massa holocênicos no Talude continental do Espírito Santo

Compreende os seguintes compartimentos (Figura 40 e Quadro 9): 4.a - Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos na plataforma superior; 4.b - Depósitos arenolamosos, turbiditos biodetríticos e fluxo de lama/detritos na plataforma inferior.

Na porção superior do talude continental, os depósitos são constituídos por sedimentos arenolamosos contendo cascalho e biodetritos associados a materiais provenientes do fluxo de lama e detritos transportados através da plataforma continental.

No único testemunho de *Piston Corer* disponível no LDGO (RC15-154), localizado na porção norte do talude continental superior, são descritos margas e sedimentos arenosos de coloração laranja, compostos de foraminíferos, com teor moderado de carbonato de cálcio. A fração grosseira é composta, principalmente, de foraminíferos planctônicos, gastrópodes frequentes, pterópodes, bivalves comuns, foraminíferos bentônicos e vestígios de espículas de esponja. Elementos minerais consistem essencialmente em raros grãos de quartzo angulares, mica e traços de vidro vulcânico.

O talude é interrompido por zonas de intenso ravinamento e sistemas de cânions submarinos associados aos efeitos das correntes de fundo.

Na porção inferior do talude continental, os depósitos são constituídos por sedimentos arenolamosos, com ocorrência de cascalho e material detrítico compostos por bioclastos e fragmentos de corais e rochas provenientes da porção superficial do talude continental, transportados em direção ao sopé continental por canais turbidíticos.

De maneira geral, o talude continental representa uma região de elevada suscetibilidade ao desenvolvimento de processos geológicos associados a movimento de massa e fluxo de detritos e turbiditos. Os processos decorrem, principalmente, dos gradientes elevados, do acúmulo caótico dos sedimentos e da ação das correntes geostróficas ao longo do talude submarino.

Os cânions ocorrem em todo o talude continental. Entretanto, com maior frequência e representatividade areal na porção centro-sul da área.

As altas declividades no talude continental, aliadas à predominância de sedimentos arenolamosos, propiciam, em geral, a formação de áreas com instabilidade geotécnica.

Entretanto, conforme se observa na figura 40, na região entre a PCESM e o Banco Besnard, há oferta, pela ANP, de blocos para pesquisas do potencial petrolífero.

A região do talude continental, principalmente o trecho adjacente à PCIR, foi selecionada como uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul e implantação da bacia sedimentar do Espírito Santo, associada ao desenvolvimento de cânions, ravinas e canais turbidíticos na porção centro-sul do talude continental do Espírito Santo. Paisagem marinha em mar profundo associada a cânions submarinos e a depósitos de movimento de massa.

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: são locais sujeitos à movimentos de massa em taludes submarinos, sendo necessário estudos geotécnicos durante a implantação de infraestrutura principalmente quanto à perfuração de poços de petróleo, instalação de plataforma petrolífera e dutos submarinos.

5.4.3 Sopé continental do Espírito Santo

O SCES contemplado pelo presente estudo é constituído por depósitos provenientes de descargas de sedimentos oriundos do continente, principalmente durante as fases regressivas. Na área de estudo, é representado por sistemas turbidíticos, leques submarinos cenozoicos e halocinese associada ao Platô de São Paulo, depósitos pelágicos, autigênicos e de canais profundos.

5.4.3.1 Sistemas turbidíticos e leques submarinos cenozoicos do Platô de São Paulo

Compreende os seguintes compartimentos (Figura 40 e Quadro 9): 5.a - Depósitos turbidíticos e leques submarinos arenoargilosos; 5.b - Depósitos turbidíticos e leques submarinos arenoargilosos soerguidos por halocinese; 5.c - Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos; 5.d - Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos soerguidos

por halocinese. Devido aos efeitos da tectônica salífera que deu origem ao platô e que continua ativa na região, esses depósitos encontram-se afetados pela ascensão dos diápiros de sal, definidos nos compartimentos 5b e 5d.

Em geral, são caracterizados por depósitos arenolamosos, arenosos associados a detríticos (bioclastos e litoclastos), provenientes de fluxos turbidíticos do talude continental e que se espalharam sob a forma de sistema de canais e leques submarinos na região no Platô de São Paulo. O teor de carbonato de cálcio pode variar de moderado a alto. A fração grosseira é composta, principalmente, por foraminíferos planctônicos, pterópodes e gastrópodes. Elementos minerais consistem, essencialmente, de grãos de quartzo, mica e minerais pesados.

Esse compartimento possui alguns elementos que constituem áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área estudada, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul e implantação da bacia sedimentar do Espírito Santo, abrigando um dos maiores sistemas turbidíticos da Plataforma continental brasileira. Paisagem marinha em mar profundo, marcadas por extensos canais turbidíticos que caracteriza esse setor do Platô de São Paulo (Figura 32).

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: são locais sujeitos à transporte de sedimentos através dos canais turbidíticos, onde há registro de atividade sísmica (área com intensa atividade exploratória para óleo e gás, abrigando os campos de Golfinho, Canapu e outros cinco campos na divisa com a Bacia de Campos, além de centenas de poços prospectivos).

5.4.3.2 Halocinese no Platô de São Paulo

Esse ambiente geológico ocorre sob a forma de diápiros e muralhas de sal que se estendem por centenas de quilômetros a sul da CVT. É representado pelo compartimento 6.a - Diápiros e afloramentos de sal-gema.

Os depósitos de sal-gema predominam na região do Platô de São Paulo. Entretanto, Mohriak (2008) descreveu ocorrências de sal-gema sob a forma de diápiros na foz do rio

Doce e em diversos locais da plataforma e sopé continentais. A esses depósitos associam-se elementos tais como potássio, sulfeto, enxofre e vanádio, que têm sido objeto de solicitações de pesquisa mineral junto ao DNPM (Figura 40). Tais ocorrências minerais podem se constituir em áreas favoráveis à mineração, suprimindo a necessidade do mercado interno de insumos agrícolas.

Muitos dos diápiros de sal estão localizados próximo à superfície ou aflorando no assoalho oceânico e na área continental da Bacia do Espírito Santo em profundidades inferiores a -300m (CAVALCANTI, 2011).

A formação de depósitos evaporíticos aptinianos representa um dos principais eventos geológicos ocorridos ao longo do Cenozoico das bacias sedimentares costeiras brasileiras, sendo citada na bibliografia a movimentação desses depósitos salinos até o Recente (MOHRIAK, 2008). Na Bacia de Campos, esses depósitos estão associados às descobertas de campos de petróleo denominados campos de pré-sal (CAVALCANTI, 2011).

O processo de halocinese gerou uma série de feições que constituem áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área estudada, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

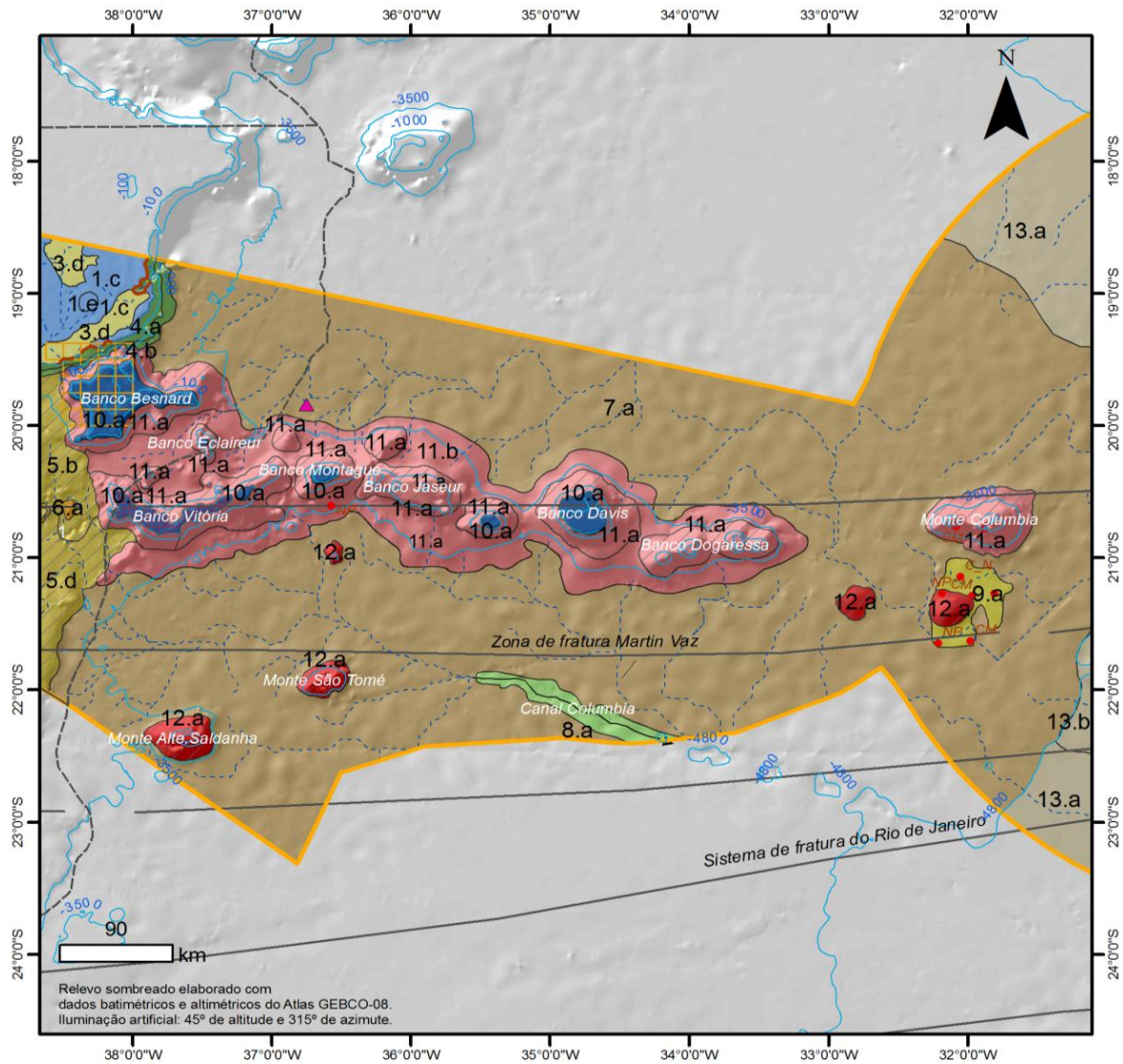
I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à implantação da bacia sedimentar do Espírito Santo, durante o episódio de deformação produzida pela tectônica salífera. Paisagem marinha em mar profundo, marcadas por altos e baixos estruturais produzidos pela movimentação salífera (Figura 40).

II - Potencial para usos diversos (econômico): formação de depósitos de sal-gema e substâncias associadas, como potássio, sulfeto, enxofre e vanádio, localizadas em profundidades variadas, ocorrendo inclusive, em locais próximo à superfície, em área da Plataforma continental do Espírito Santo.

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: são locais sujeitos à transporte de sedimentos através dos canais turbidídicos.

5.4.3.3 Depósitos pelágicos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo

Ambiente geológico representado por um extenso compartimento (Figura 43 e Quadro 9): 7.a - Depósitos arenolamosos e de vasas calcárias retrabalhados por corrente de fundo. A caracterização a seguir teve como base a descrição dos testemunhos (AT180-105, AT180-106, AT180-107, RC11-22, RC16-82, RC16-140, VM14-13, VM17-149, VM22-45, VM24-254, VM26-92 e VM31-117) disponíveis no LDGO.



Legenda

- Área de estudo
- Limite bacias sedimentares
- Isóbatas (m)

Região marinha

Feições morfológicas submersas

- Provável canal submarino
- Zona de fraturas oceânicas

Áreas suscetíveis a eventos geológicos

- Movimento de massa e fluxo de detritos submarinos
- ▲ Sismos

Recursos minerais

Títulos minerários *

- Requerimento de pesquisa

* Atualizado em março 2013.

- Blocos para pesquisa óleo e gás - ANP (mar)

- Ocorrência mineral (NP - nódulos polimetálicos; Suf - sulfetos; I - ilmenita, Z - zircão; V - vanádio; CM - crosta manganésifera; C_N - crosta ou nódulos superficiais)

Figura 43 – Detalhe do Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A), na região do sopé continental do estado do Espírito Santo e Cadeia Vitória-Trindade. As siglas alfanuméricas (ex. 7.a) correspondem aos compartimentos da geodiversidade apresentados no quadro 9. Fonte: Títulos minerários do DNPM (<http://sigmine.dnpm.gov.br/sad69/ES.zip>); IBGE (2010); CPRM (2008); Dados da pesquisa (2013).

Os depósitos são distribuídos de forma irregular, com espessuras que variam entre 500 e 4.500 m. São constituídos por argilas pelágicas de coloração marrom, contendo cinzas e fragmentos vulcânicos e palagonita (cinza vulcânica alterada), micronódulos de manganês, magnetita e mica.

Localmente, são descritos sedimentos arenolamosos de coloração amarelada a marrom, constituídos por ooze, marga e areia de foraminíferos.

Elementos minerais consistem de quartzo, mica, minerais escuros, concreções de pirita, glauconita, olivina e granada. O teor de carbonato de cálcio varia de baixo a alto, com tendência geral a diminuir com a profundidade. Os foraminíferos ocorrem em abundância, alcançando taxas de 60%.

As frações grosseiras correspondem a até 10% do volume total e são constituídas por grande variedade de foraminíferos planctônicos e bentônicos.

Os bioelementos incluem foraminíferos planctônicos e bentônicos, espículas de esponjas, carapaças de equinoide e dentes de peixe, os quais se encontram associados a sedimentos terrígenos com predominância de mica e areia quartzosa fina.

A partir da Segunda Guerra Mundial, as regiões mais profundas das bacias oceânicas têm sido utilizadas como área de despejo de lixo militar e radioativo nos mares da Europa.

Alguns estudos sugerem que o sopé continental e a planície abissal sejam locais ideais para armazenamento de dióxido de carbono liquefeito, devido às temperaturas baixas e pressão elevada. Dessa forma, essas áreas poderão se constituir em importante alternativa para o sequestro de CO₂ (CLARK, 2008).

Os depósitos pelágicos (arenolamosos e de vasas calcárias) desse compartimento constituem uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade da área estudada, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul, sendo um importante indicador das condições ambientais e climáticas ocorridas tanto na plataforma continental, como na bacia oceânicas.

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: áreas parcialmente localizadas em águas jurídicas internacionais.

5.4.3.4 Depósitos de canais submarinos profundos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo

Os canais submarinos profundos resultam da associação da ação das correntes turbidíticas e de fundo ao longo da bacia oceânica.

Esse ambiente geológico é representado pelo compartimento 8.a - Canais turbidíticos arenolamosos profundos, que ocorrem em várias regiões do sopé continental e planície abissal, sendo o Canal Columbia o mais conhecido (Apêndice A).

Segundo Faugères et al. (2000), o Canal Columbia pode ser o maior e principal sistema turbidítico distal desenvolvido no Paleoceno e ativo até o presente, em decorrência da ação de correntes de contorno influenciadas pela CVT. Na área do estudo, a porção cartografável desse canal está localizada a sul da CVT, prolongando-se para sudeste, apresentando aproximadamente 150 km de comprimento, largura de até 20 km e espessura não estimada, mas que, segundo esses autores, pode atingir cerca de 1 km (Figura 23).

Os canais profundos são facilmente observados por meio de perfis sísmicos e do modelo digital do assoalho oceânico (Figura 43 e Quadro 9). Em testemunhos de sondagem (VM24-255, VM17-148, VM24-255) do LDGO, localizados na porção cartografada do Canal Columbia, são descritas intercalações de camadas arenosas e argilosas.

As argilas apresentam coloração marrom-clara a marrom-escura, com baixo teor de carbonato de cálcio. A fração grosseira consiste em moscovita, diatomáceas, radiolários, vidro vulcânico alterado (palagonita), quartzo e foraminíferos planctônicos. As camadas arenosas apresentam coloração verde-oliva-clara com baixo teor de carbonato. A fração grosseira é composta por quartzo, abundantes foraminíferos planctônicos, fragmentos de conchas, biotita, concreções de pirita, palagonita, foraminíferos bentônicos e minerais pesados.

Foi registrada ocorrência de sulfeto de hidrogênio no sedimento, o que pode estar associado à formação de matéria orgânica, produto da atividade biogênica local.

Devido a importância acima mencionada por Faugères et al. (2000), aliada a possibilidade de ocorrência de depósitos minerais associados, o Canal Colúmbia, foi selecionada como uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul, abrigando um dos maiores sistemas turbidíticos distais localizados no Sopé continental do Espírito Santo. Paisagem marinha em mar profundo, marcadas por extensos canais turbidíticos observável apenas através de métodos sísmicos (Figura 31).

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: áreas localizadas em águas jurídicas internacionais.

5.4.3.5 Depósitos autigênicos cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo

Os depósitos ferromanganesíferos ocorrem em ambientes marinhos sob a forma de nódulos e crostas polimetálicos, associados a altas concentrações de Ni, Co, Cu e Mn. A gênese dos depósitos ferromanganesíferos de oceano profundo está ligada a processos biogênicos, hidrogênicos e diagenéticos. Segundo Palmas; Pessanha (2000), as oscilações climáticas, assim como a participação de organismos bentônicos na alteração dos sedimentos, gerando microambientes, representam importantes fatores condicionadores da formação desses depósitos. Nas baixas latitudes, zonas de produtividade primária superficial baixa a moderada favorecem processos biogênicos e diagenéticos de crescimento de nódulos enriquecidos em Mn, Ni e Cu.

Compreendem o compartimento 9.a - Nódulos e crostas polimetálicos.

Na área de estudo esse compartimento ocorre amplamente distribuídos no sopé continental do Espírito Santo e na planície abissal do Brasil, em profundidades em torno dos -4000 m. Tais depósitos ocorrem, formando campos de nódulos e concreções em meio aos depósitos argilosos do sopé continental.

Quando sobre as elevações submarinas da CVT, os depósitos ferromanganesíferos ocorrem sob a forma de crostas polimetálicas, podendo ser encontrados a profundidades inferiores a -2.000 m, sendo que a maioria dos bancos e montes submarinos da CVT está a cerca de -100 m abaixo do nível do mar (Figura 44). Foram descritas ocorrências de crostas cobaltíferas e nódulos polimetálicos associadas às rochas vulcânicas dos bancos Vitória, Montague, Jaseur e Davis (CPRM, 2008).



Figura 44 – Concreções metálicas no assoalho oceânico da região do monte Dogoressa. Coordenadas: 20.700S e 33.33.750W, profundidade: -1.770 m.
Fonte: R/V Robert D. Conrad Seafloor Photographs (NOAA-NGDC FS). GeoMapApp 3.3.6.

Os nódulos e crostas polimetálicas foram selecionadas como uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul, associada à formação de depósitos autigênicos que fornecem informações sobre as condições ambientais e variações climáticas mesocenozoica na bacia oceânica. Paisagem marinha em mar profundo marcada por extensos campos de nódulos no assoalho oceânicos e crostas polimetálicas nas elevações submarinas.

II - Potencial para usos diversos (econômico): área de relevante interesse mineral, que dependendo da viabilidade técnica e econômica podem vir a ser explorada, a exemplo do que vem ocorrendo no Pacífico, através do requerimento feito pela Alemanha de extração de nódulos polimetálicos, junto à Autoridade Internacional dos Fundos Oceânicos (*International Seabed Authority*) (MARTINS, 2006).

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: áreas parcialmente localizadas águas jurídicas internacionais.

5.4.3.6 Bioconstruções em bancos submarinos oceânicos

Esse ambiente geológico é representado pelo compartimento 10.a - Recifes de algas coralíneas e/ou briozoários (Figura 43).

Há poucos dados na literatura sobre a caracterização dos recifes associados aos bancos submarinos da CVT. Almeida (2006) descreve o topo dos edifícios vulcânicos da cadeia como cimios submersos aplainados pela erosão marinha durante fase de exposição dos topos em nível de mar baixo, cobertos por calcários biogênicos.

Em sondagem no Banco Jaseur, realizada por LDGO, foram descritos cerca de 1,5 m de material carbonático com abundância de ooze de foraminíferos planctônicos associados a fragmentos de corais e ocasionais foraminíferos bentônicos, gastrópodes, fragmentos de conchas, restos de *bryozoa*, espinhas de equinoide, bivalves e espículas de esponja. Há registro de espécies endêmicas da região de Abrolhos e bancos submarinos da CVT (*Collisella abrolhosensis*) (CASTRO, 1997).

Entre 2008 e 2011 houve exploração das algas calcárias desenvolvidas sobre o banco Davis, na CVT, destinada à utilização como insumo agrícola. A autorização para exploração da jazida, estimada em cerca de 150 mil hectares, foi anulada pelo DNPM, sob a alegação de que a reserva estava fora da ZEE brasileira, em águas jurídicas internacionais (VASCONCELOS, 2012).

Em função da peculiar origem dessas bioconstruções em regiões distantes da costa, aliado ao interesse econômico, esse compartimento foi selecionado como uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul, associada ao desenvolvimento bioconstruções sobre bancos submarinos oceânicos da CVT, como reflexo das condições ambientais e variações do nível do mar durante o quaternário na região bacia oceânica. Paisagem marinha marcada por

bioconstruções localizadas a poucos metros de profundidade e a distâncias mínimas em torno de 250 km da costa.

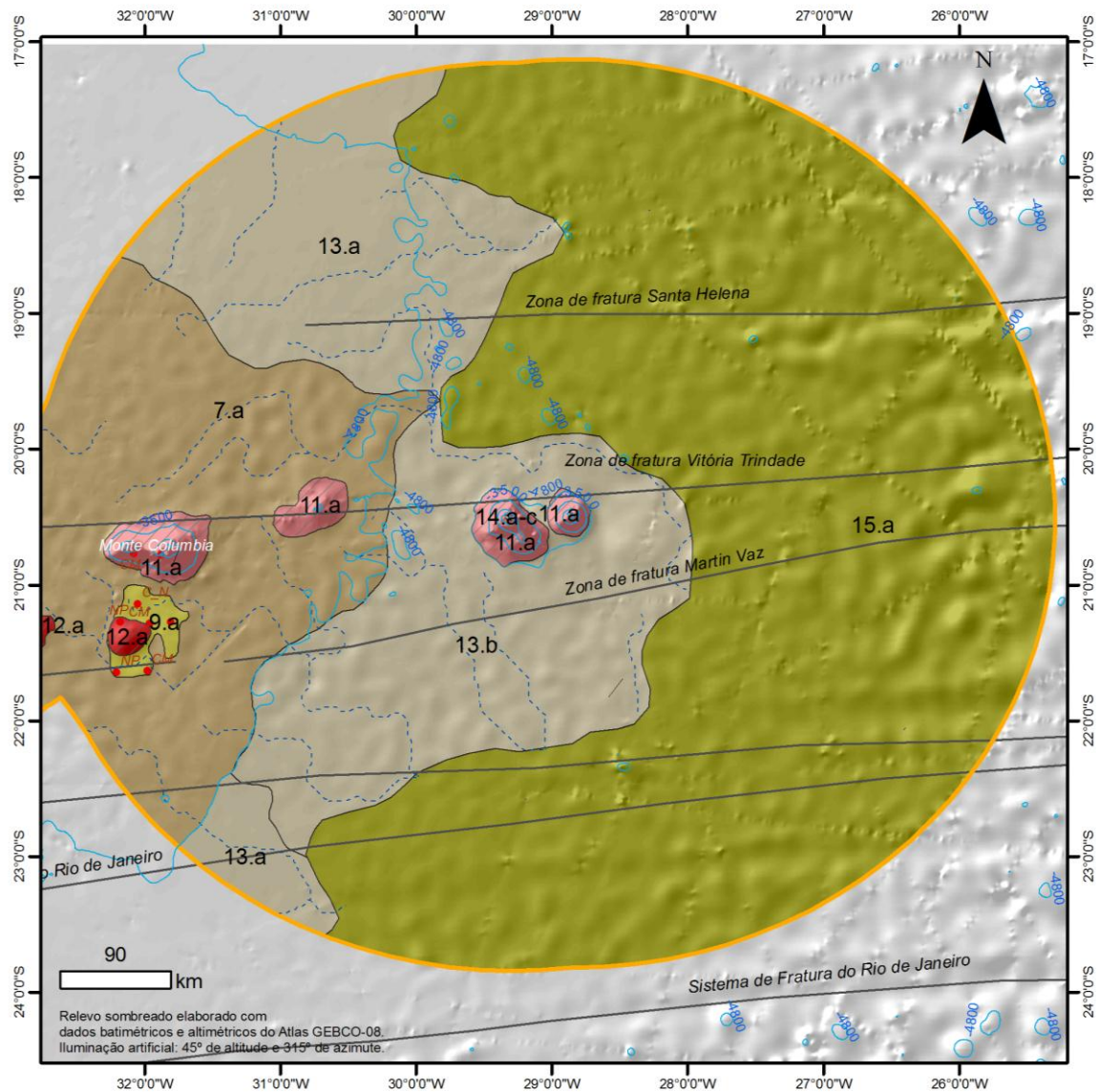
II - Potencial para usos diversos (econômico e geoturístico): os corais constituem fontes de carbonato de cálcio e magnésio, que funcionam com biofertilizantes utilizados como insumos agrícolas. Área com potencial geoturístico (sem infraestrutura organizada) associada à prática de mergulho submarino e pesca oceânica.

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: são ecossistemas frágeis e locais impróprios à instalação de infraestruturas. Áreas objeto de pedido de pesquisa junto ao DNPM, áreas potenciais localizadas fora da ZEE brasileira.

IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade: formação de pesqueiros e suporte às bioconstruções e demais ecossistemas marinhos.

5.4.3.7 Lavas e intrusões de rochas vulcânicas sódico-alcálicas subsaturadas em sílica da porção submersa da Cadeia Vitória-Trindade (montes e bancos submarinos)

Compreende os seguintes compartimentos (Figura 45 e Quadro 9): 11.a - Complexo de fonólitos, picritos e nefelinitos recoberto por depósitos de encosta; 11.b - Complexo de rochas vulcânicas recoberto por fluxo de detritos e sedimentos pelágicos retrabalhados por corrente de fundo.



Legenda

Área de estudo

Isóbatas (m)

Região marinha

Feições morfológicas submersas

Provável canal submarino

Zona de fraturas oceânicas

Recursos minerais

- Ocorrência mineral (NP - nódulos polimetálicos; Suf - sulfetos; I - ilmenita; Z - zircão; V - vanádio; CM - crosta manganésifera; C_N - crosta ou nódulos superficiais)

Áreas suscetíveis a eventos geológicos

Movimento de massa e fluxo de detritos submarinos

Figura 45 – Detalhe do Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A), na região do Sopé continental do Espírito Santo, planície abissal do Brasil e flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica. As siglas alfanuméricas (ex. 13.a) correspondem aos compartimentos da geodiversidade apresentados no quadro 9.

Fonte: CPRM (2008); IBGE (2010); Dados da pesquisa (2013).

O complexo de fonólitos, picritos e nefelinitos constitui o corpo do edifício vulcânico, onde são comuns tanto os deslizamentos submarinos nas vertentes submarinas quanto o acúmulo desse material na base das encostas (Figura 46).

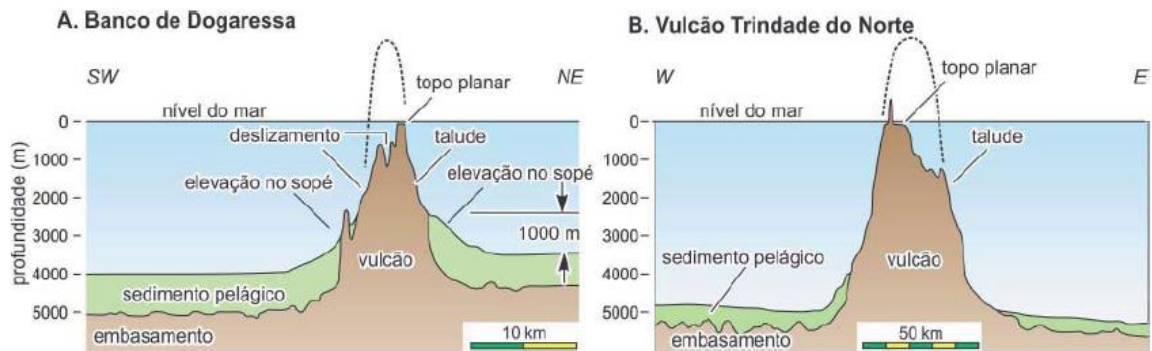


Figura 46 – Perfil geológico dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade, com base na interpretação dos dados sísmicos por Alves et al. (2006): A) banco de Dogaressa (DGR), parte central da CVT; B) vulcão Trindade do Norte (TRN-N), extremo leste da CVT. Fonte: Motoky et al. (2012).

A área do sopé continental sob influência do soerguimento produzido pelos edifícios vulcânicos da CVT foi denominada complexo de rochas vulcânicas recobertas por fluxo de detritos e sedimentos pelágicos retrabalhados por corrente de fundo, pelo fato de não haver dados que comprovem a composição das rochas que servem de substrato aos vulcões. No Mapa de Espessura Total de Sedimentos e Idade da Crosta Oceânica (Figura 38), observa-se que a espessura total do pacote sedimentar está na ordem de 1.000 m.

Em fotografias do assoalho oceânico na região, observa-se que o sedimento superficial se encontra sob influência de correntes oceânicas de fundo, capazes de provocar ondulações no sedimento (Figura 47).



Figura 47 – Marcas onduladas produzidas por correntes oceânicas de assoalho entre os montes Montague e Jaseur. Coordenadas: 20.367S e 36.367W, profundidade -887 m.

Fonte: R/V Robert D. Conrad Seafloor Photographs (NOAA-NGDC FS). GeoMapApp 3.3.6.

Nos últimos anos, vêm sendo realizadas pesquisas sobre o possível aproveitamento de silicatos de potássio como fertilizantes por meio da técnica de rochagem de litotipos ricos em potássio, devido à crescente dependência externa do Brasil em termos de insumos agrícolas (TEIXEIRA et al., 2012). Em função da composição química e das profundidades relativamente pequenas do topo das elevações submarinas, a CVT representa perspectivas futuras como fonte de potássio para utilização na agricultura.

Segundo Gasparini e Floeter (2001), os montes submarinos da CVT constituem importantes áreas de pesqueiros, com espécies com grande afinidade com a fauna da região costeira. Tal fato é explicado pela proximidade dos bancos submarinos (cerca de 25 km de intervalo entre eles) e profundidade da superfície dos bancos, que, em geral, encontram-se entre 15 e 150 m, o que facilita a migração da fauna costeira para essas regiões.

Os montes e bancos submarinos da CVT constituem uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade da área estudada, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: registro do vulcanismo cenozoico relacionada à implantação da Cadeia Vitória-Trindade e demais montes submarinos de gênese indefinida. Paisagem marinha em mar profundo associada a elevações submarinas.

II - Potencial para usos diversos: potencial de utilização das rochas vulcânicas para uso como insumo agrícola, através de técnicas de rochagem (dependendo de estudos que comprovem a viabilidade).

III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais: a proximidade com a superfície de alguns bancos submarinos exigem cautela à navegação; as vertentes das elevações submarinas são áreas propícias ao desenvolvimento de movimento de massa; áreas localizadas em águas jurídicas internacionais.

IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade: áreas de formação de pesqueiros e que funcionam como corredores ecológicos.

5.4.3.8 Intrusões de rochas vulcânicas de composição e idade indeterminadas em montes submarinos isolados no Sopé continental do Espírito Santo

Ambiente geológico representado pelo compartimento 12.a - Rochas vulcânicas recobertas por depósitos de encosta submarina (Figura 43 e Quadro 9). Pouco se sabe sobre a composição e gênese dessas intrusões, devido à ausência de estudos.

Motoki et al. (2012), ao caracterizarem a morfologia dos montes submarinos Almirante Saldanha e São Tomé, classificaram-nos como edifícios vulcânicos marcados por deslizamentos nas encostas submarinas.

Dentre os montes desvinculados da CVT, o Almirante Saldanha é o que ocorre mais próximo à superfície, a menos de 30 m de profundidade abaixo do nível do mar. Em amostras coletadas na porção superficial por LDGO, foram descritos corais algálicos e crostas polimetálicas.

Esse compartimento constitui uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: registro do vulcanismo cenozoico relacionada formação de

montes submarinos de gênese indefinida. Paisagem marinha em mar profundo associada a elevações submarinas.

5.4.4 Planície abissal do Brasil

A planície abissal é uma região fisiográfica formada pela acumulação de turbiditos que atravessaram toda a margem continental e por sedimentos terrígenos e pelágicos que decantam lentamente por toda a bacia oceânica (KENNET, 1982).

Na área de estudo é representada por pacotes sedimentares de até 500 m de espessura, retrabalhados por correntes de fundo, por rochas vulcânicas da crosta oceânica e pelo topo emerso de grandes montes vulcânicos do extremo oriental da CVT.

5.4.4.1 Depósitos pelágicos e turbiditos cenozoicos associados a rochas vulcânicas da crosta oceânica na Planície abissal do Brasil

Compreende os seguintes compartimentos (Figura 45 e Quadro 9): 13.a - Depósitos de vasas calcárias e turbiditos argilosos; 13.b - Depósitos argilosos retrabalhados por corrente de fundo e afloramentos de basaltos toleíticos. A caracterização a seguir teve como base a descrição dos testemunhos (VM22-46, VM 18-30, VM18-31) de LDGO.

Os depósitos de vasas calcárias e turbiditos argilosos são constituídos por argila pelágica de coloração marrom-amarelada, o que sugere condições de deposição lenta, com ocorrência de manchas e nódulos de manganês, mica, lentes de manganês e, ocasionalmente, areia fina quartzosa. O teor de carbonato é, em geral, baixo a ausente (< 2%). Na fração grosseira são descritos fragmentos foraminíferos planctônicos (*Ethmodiscus rex*) e espículas de esponjas constituindo camadas decimétricas na porção mais superficial do pacote.

Os depósitos argilosos de origem terrígena retrabalhados por corrente de fundo são decorrentes de erosão e redistribuição dos sedimentos por correntes oceânicas profundas. A forma dos depósitos é controlada por irregularidades do embasamento oceânico, que dão origem a colinas abissais de até 200 m de amplitude.

Segundo Kowsmann e Costa (1979), a última glaciação foi responsável pelo aumento das taxas de sedimentação terrígena, levando à menor formação de vasas calcárias, enquanto

os depósitos de vasas calcárias tiveram maior desenvolvimento durante a última fase transgressiva, quando houve afogamento das principais fontes de sedimentos terrígenos, aquecimento das massas d'água oceânicas e diminuição de intensidade da circulação, aliados à pequena taxa de sedimentação terrígena.

Assim como no sopé continental, a profundidade e a espessura desses depósitos sedimentares possibilita que eles sejam utilizados como área de descarte.

Esse compartimento foi selecionado como uma das áreas-chaves representativas da geodiversidade, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul, cujos depósitos pelágicos e turbidíticos cenozoicos se desenvolveram em função das variações climáticas, recobrando de forma irregular o assoalho oceânico. Paisagem marinha em mar profundo caracterizada por colinas abissais.

5.4.4.2 Lavas e intrusões de rochas sódico-alcálicas subsaturadas em sílica, piroclastos diversos e depósitos holocênicos da porção emersa da Cadeia Vitória-Trindade (ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz)

Segundo Almeida (2002), a ilha da Trindade e o arquipélago de Martin Vaz representam a mais recente manifestação vulcânica visível acima do mar, datada do Plioceno ao Holoceno. Refletem importante atividade tectonomagmática oceânica cenozoica realizada através das zonas de fraturas da CMA (Zona de Fratura Vitória-Trindade). Reúnem ainda, segundo esse autor, as séries oceânicas mais sódicas do mundo. A ilha da Trindade foi reconhecida em 2001 pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP) como patrimônio geológico marinho.

Esse ambiente geológico compreende os seguintes compartimentos (Figura 45 e Quadro 9): 14.a - Complexo de fonólitos, nefelinitos e piroclastos; 14.b - Ruínas de cone vulcânico: piroclastos e lavas intercaladas; 14.c - Depósitos holocênicos.

A maior parte da ilha da Trindade é constituída por rochas provenientes de eventos vulcânicos associados a produtos vulcanoclásticos representados por tufos lapilíticos, blocos e bombas rotacionais (14.a). Na extremidade oriental da ilha, encontram-se preservadas as

ruínas de um cone vulcânico parcialmente destruído pela ação das ondas, sendo possível observar a borda de sua cratera (14.b) (ALMEIDA, 1961).

Os depósitos holocênicos (14.c) são constituídos por depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos, depósitos eólicos e depósitos de encosta (CASTRO; ANTONELLO, 2006). Os depósitos eólicos escalonares (dunas) da ilha são provenientes de contribuições exclusivas de tufos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos.

Em decorrência da ocupação iniciada por colonizadores açorianos na ilha da Trindade no século XVIII, com a introdução de rebanhos de animais domésticos, aliada à dinâmica costeira, são observados processos erosivos nas encostas, com o desenvolvimento de voçoroca e movimentos de massa (CASTRO, 2009, 2010; CASTRO; ANTONELLO, 2006). Segundo esses autores, são identificados processos de erosão costeira e recuo de linha de costa em determinados trechos das faces nordeste e sudeste da ilha (Praia dos Portugueses e Praia do Túnel) (Figura 48).



Figura 48 – Movimento de massa em encostas da praia do Túnel (Ilha da Trindade).
Fonte: Castro (2010).

Em função dos aspectos abordados por Almeida (2002), a ilha de Trindade e arquipélago de Martin Vaz foi considerada um das principais áreas-chaves da geodiversidade do estudo, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Registro do vulcanismo cenozoico relacionada à implantação da Cadeia Vitória-Trindade e demais montes submarinos de gênese indefinida: registro do vulcanismo mais recente registrado no Atlântico Sul. Paisagens marinhas emersas sob a forma de ilhas e arquipélagos oceânicos.

IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade: as ilhas oceânicas constituem ecossistemas especiais devido ao isolamento geográfico, que proporciona condições para a existência de espécies endêmicas (SEMA, 2008).

A ilha de Trindade não apresenta infraestrutura para visitação, sendo o acesso liberado pela Marinha brasileira.

5.4.5 Cordilheira Mesoatlântica

Durante a expansão do assoalho oceânico através da CMA, ocorreu o extravasamento de basaltos toleíticos, conhecido como Mid-Oceanic Ridge ou MORB, responsável pela formação da crosta oceânica (CONDIE, 1982). Associada aos basaltos da nova crosta oceânica ocorreu a deposição de sedimentação pelágica e vulcanoclástica.

A CMO é caracterizada por um único compartimento, envolvendo as rochas vulcânicas e os sedimentos inconsolidados que recobrem de forma irregular o assoalho oceânico. Os depósitos sedimentares ocorrem controlados pelo embasamento da crosta oceânica, que, na área, é caracterizada pela ocorrência de vales e cristas estruturais.

5.4.5.1 Derrames de rochas vulcânicas da crosta oceânica e zona de ascensão magmática do flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica associada à sedimentação pelágica terrígena e vulcanogênica cenozoica

Esse ambiente geológico é representado pelo compartimento 15a - Depósitos argilosos associados a cinzas vulcânicas e afloramentos de basaltos toleíticos (Figura 45 e Quadro 9). A

caracterização a seguir teve como base a descrição dos testemunhos (RC16-81, VM12-13, VM12-14, VM20-221, VM20-222, VM26-91, VM27-186, VM27-187, VM31-5) de LDGO.

A cobertura sedimentar superficial é, em geral, composta por depósitos de espessura de no mínimo 7 m de argila pelágica, de coloração marrom a marrom-amarelada, contendo nódulos de manganês, minerais metálicos, cinzas vulcânicas alteradas contendo inclusões de cristais de óxido de manganês, piroxênio e vidro vulcânico vesicular e palagonita (produto da alteração do vidro vulcânico).

Na maioria das descrições não foram relatados percentuais de carbonato de cálcio. Quando presente, o carbonato de cálcio apresenta teores variando de 1 a 2%. Na fração grosseira, são comuns nódulos de manganês e palagonita. Eventualmente, são observados grânulos de grãos de quartzo, mica e, mais raramente, fragmentos de rochas sedimentares. Bioelementos incluem dentes de peixe, fragmentos de espículas de esponja e espículas de equinoide. São registrados testes de foraminíferos planctônicos, oozes de diatomáceas e radiolários.

Embora rochas vulcânicas não tenham sido descritas nas sondagens disponíveis de *Piston Corer*, fragmentos de vidro e cinzas vulcânicas podem ser considerados indicativos da ocorrência de tais rochas na área.

Do ponto de vista da geodiversidade, representa uma das poucas áreas da ZEE brasileira inseridas no domínio fisiográfico da CMA. Apesar de poucos dados disponíveis sobre a região, as zonas de fraturas, vales e cristas estruturais decorrentes da zona de ascensão magmática do flanco oeste da CMO foram selecionadas como áreas-chaves representativas da geodiversidade, cujos aspectos apresentam os seguintes interesses (Quadro 8):

I - Interesse científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul: exemplos da história geológica mesocenozoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul. Paisagem marinha em mar profundo associada vales, cristas estruturais e zonas de fraturas.

II - Potencial para usos diversos: ambiente geológico favorável à formação de depósitos polimetálicos e sulfetos maciços originados através de processo hidrotermais, dentre outro ocorrentes na CMA.

IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade: na região de expansão dos oceanos (CMO) tem sido descritas ecossistemas específicos adaptadas às condições ambientais dessa região.

5.5 VALORES E ÁREAS-CHAVES REPRESENTATIVAS DA GEODIVERSIDADE MARINHA DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA VITÓRIA-TRINDADE

Ao considerar a proposta de Gray (2004) e Brilha (2005) para categorização de valores para a geodiversidade, reconhecem-se na área de estudo os seguintes valores: intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educacional.

Assim, foram selecionadas áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área de estudo, segundo temas de interesse adaptadas das propostas de Brooks et al. (2011), Burek et al. (2012), CPRM (2006) e Schobbenhaus (2006). Conforme exposto no capítulo 4 – Materiais e Métodos, os temas elegidos são: I - Interesse científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul; II - Potencial para usos diversos; III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais; e IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade.

No Quadro 10 são apresentadas as áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área de estudo, as quais revelam aspectos singulares da geodiversidade da CVT e áreas adjacentes. Ressalta-se, entretanto, que os estudos precisam avançar em questões tais como inventariação e valoração das áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha.

Há vários métodos de quantificação e seleção do patrimônio da geodiversidade (geossítios) em áreas continentais que consideram: grau de conhecimento científico, representatividade (diversidade, raridade), acessibilidade, valor didático e grau de preservação, nível de interesse (local, regional, nacional, global), dentre outros.

Quadro 10 – Áreas-chaves representativas da geodiversidade da Cadeia Vitória-Trindade e áreas oceânicas adjacentes.

ÁREAS-CHAVES	TEMAS DE INTERESSE											
	I					II		III			IV	
	Interesse científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul					Potencial para usos diversos		Aspectos restritivos ambientais			Aspectos funcionais e de apoio à bio-diversidade	
	a	b	c	d	e	a	b	a	b	c	a	b
Recifes de briozoários e algas coralíneas sobre substrato vulcânicos na Plataforma continental interna de Regência (Vitória) e externa de São Mateus-Abrolhos (São Mateus).	x	x		x		x	x	x	x		x	
Falésias da Formação Barreiras e delta do rio Doce marcando a transição entre o ambiente costeiro e plataformal.	x			x		x	x		x	x	x	
Mudança da linha de costa e focos de erosão costeira no norte (município de Conceição da Barra) e sul (município de Anchieta) do Espírito Santo.	x			x			x			x		
Depósitos de granulados marinhos arenosos na Plataforma continental do Espírito Santo.	x			x		x		x			x	
Desníveis topográficos, terraços de borda de plataforma e vales incisos na Plataforma continental externa de São Mateus-Abrolhos.	x			x		x				x	x	
Depósitos de granulados marinhos bioclásticos e sal-gema na Plataforma continental de São Mateus.	x			x		x		x			x	
Sistemas de cânions, ravinas e canais turbidíticos na porção centro-sul do Talude continental do Espírito Santo.		x			x				x	x		
Sistemas de turbiditos no Platô de São Paulo e canais submarinos profundos no Sopé continental do Espírito Santo.		x			x	x		x	x	x		
Depósito de sal-gema e substâncias associadas, como potássio, sulfeto, enxofre e vanádio no Platô de São Paulo e Plataforma continental do Espírito Santo.		x			x	x				x		
Depósitos pelágicos (arenolamosos e de vasas calcárias) cenozoicos no Sopé continental do Espírito Santo e Planície abissal do Brasil.		x			x			x				x
Canal Colúmbia no Sopé continental do Espírito Santo		x			x			x				
Depósitos de nódulos polimetálicas no Sopé continental do Espírito Santo e Planície abissal do Brasil e crostas polimetálicas.		x			x	x		x		x	x	

Nota: I – a) Exemplos da história geológica da plataforma continental do Espírito Santo durante o quaternário; b) Exemplos da história geológica mesocenoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul e implantação da bacia sedimentar do Espírito Santo; c) Registro do vulcanismo cenozoico relacionada à implantação da Cadeia Vitória-Trindade e demais montes submarinos de gênese indefinida; d) Paisagem marinha na plataforma continental ou em áreas oceânicas emersas; e) Paisagem marinha em mar profundo; II – a) Econômico; b) Área com potencial geoturístico (áreas acessíveis); III – a) Áreas protegidas e especiais; b) Infraestrutura; c) Geológicos e ambientais; IV – a) Formação de pesqueiros, suporte às bioconstruções e demais ecossistemas marinhos; b) Utilização para sequestro de CO₂.

Quadro 10 – Áreas-chaves representativas da geodiversidade da Cadeia Vitória-Trindade e áreas oceânicas adjacentes (Continuação).

ÁREAS-CHAVES	TEMAS DE INTERESSE											
	I					II		III			IV	
	Interesse científico e educacional sobre a história geológica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul					Potencial para usos diversos		Aspectos restritivos ambientais			Aspectos funcionais e de apoio à bio-diversidade	
	a	b	c	d	e	a	b	a	b	c	a	b
Bioconstruções em bancos submarinos oceânicos		x		x		x	x	x		x	x	
Implantação da Cadeia Vitória-Trindade			x		x	x	x	x	x	x	x	
Montes submarinos de gênese indeterminada			x		x							
Ilha da Trindade e arquipélago de Martin Vaz: vulcanismo mais recente registrado no Atlântico Sul			x	x							x	
Zonas de Fraturas do Flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica.		x			x	x				x	x	

Nota: I – a) Exemplos da história geológica da plataforma continental do Espírito Santo durante o quaternário; b) Exemplos da história geológica mesocenoica relacionada à abertura e evolução do Atlântico Sul e implantação da bacia sedimentar do Espírito Santo; c) Registro do vulcanismo cenozoico relacionada à implantação da Cadeia Vitória-Trindade e demais montes submarinos de gênese indefinida; d) Paisagem marinha na plataforma continental ou em áreas oceânicas emersas; e) Paisagem marinha em mar profundo; **II** – a) Econômico; b) Área com potencial geoturístico (áreas acessíveis); **III** – a) Áreas protegidas e especiais; b) Infraestrutura; c) Geológicos e ambientais; **IV** – a) Formação de pesqueiros, suporte às bioconstruções e demais ecossistemas marinhos; b) Utilização para sequestro de CO₂.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os objetivos propostos e resultados obtidos, alinham-se as seguintes conclusões, da análise do Mapa Batimétrico Regional (Figura 23) e de produtos derivados do modelo digital do assoalho oceânico:

- Apesar das limitações inerentes a dados oriundos de altimetria e batimetria predita e estimada do Atlas GEBCO_08, o modelo batimétrico regional dele obtido mostrou-se satisfatório na representação da morfologia do assoalho oceânico da área de trabalho, considerando a escala adotada pelo estudo. O agrupamento das isóbatas em cinco classes de profundidade possibilitou uma visão geral da fisiografia oceânica, destacando a morfologia do assoalho oceânico desde as áreas mais rasas até as mais profundas.
- Abaixo do atual nível do mar, as profundidades encontram-se distribuídas no intervalo de 0 a -6.272 m, com predomínio das isóbatas de -4.100 a -5.800 m. O intervalo de profundidade com maior ocorrência ocupa, aproximadamente, dois terços da área, estando localizada cerca de 250 km da atual linha de costa, estendendo-se por, no mínimo, 1.000 km até o flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica, onde são observadas as regiões mais profundas da área de estudo. As áreas com profundidade inferior a -100 m ocorrem tanto próximo à costa como em algumas regiões de alto mar, formando bancos oceânicos.

Baseados no Mapa da Compartimentação Fisiográfica do Assoalho Oceânico (Figura 24), conclui-se que:

- A área estudada compreende cinco províncias fisiográficas, subdivididas nos seguintes compartimentos fisiográficos obtidos com base na análise de profundidade, declividade e dados sobre as ondas: a) Margem Continental: Plataforma continental do Espírito Santo (Plataforma continental interna e externa de São Mateus-Abrolhos e Regência); Talude continental superior e inferior do Espírito Santo; Sopé continental do Brasil (Platô de São Paulo, porção submersa da CVT, montes submarinos isolados, canal submarino profundo); b) Margem Oceânica: Planície abissal do Brasil (planícies e colinas abissais e porção emersa da CVT); Cordilheira Mesoatlântica (flanco oeste).
- Ressalta-se que a análise integrada dos dados permitiu a subdivisão da Plataforma continental do Espírito Santo em interna e externa e do Talude continental do Espírito Santo em superior e inferior. A partir da identificação de vales e cristas estruturais pelo

relevo sombreado, em conjunto com os dados bibliográficos consultados, foi possível delimitar na área uma porção do flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica.

- Avaliaram-se as feições morfológicas quanto a forma, declive, extensão e amplitude, observaram-se na plataforma continental a presença de vales incisos, desníveis topográficos, bancos de recifes, tanto em meio a plataforma como na borda. Registraram-se feições semelhantes a cânions e canais submarinos não descritos na literatura, localizados talude continental e no Platô de São Paulo. Observou-se, ainda, o forte controle estrutural no flanco oeste da Cordilheira Mesoatlântica, devido à formação de vales e cristas estruturais.
- A extração automatizada de canais submarinhos a partir de dados batimétricos do Atlas GEBCO_08 permitiu a identificação dessas feições desde a Plataforma continental do Espírito Santo até a região da bacia oceânica. Tais feições podem ser visualizadas através perfis sísmicos do LEPLAC, sendo denominadas de vales incisos (Figura 31). No Sopé continental do Espírito Santo e Planície abissal do Brasil esses canais podem representar o traçado de canais turbidíticos, conforme podem ser visualizados em dados de sísmica 3D e batimetria multifeixe na região do Platô de São Paulo (Figura 32). Entretanto, essas feições necessitam de maiores estudos que comprovem a sua existência. Os canais na plataforma continental sugerem conexão com a rede de drenagem continental (Figura 26).
- Algumas feições identificadas no presente estudo – tais como vales incisos e desníveis topográficos na plataforma continental – podem estar relacionadas às variações climáticas quaternárias, conforme relatadas por Kowsmann e Costa (1979).

A partir da classificação textural das amostras superficiais provenientes de BNDO/DHN e BAMPETRO (gráficos 1, 2 e 3), assim como das descrições dos testemunhos de *Piston Corer* do LDGO e do Mapa da Geologia Superficial do Assoalho Oceânico (Figura 32), conclui-se que:

- A Plataforma continental do Espírito Santo é composta, em sua maioria, por sedimentos bioclásticos, com teores de CaCO_3 superiores a 70%, concentrados principalmente na região da plataforma externa. Os sedimentos bioclásticos são constituídos, basicamente, por areias e cascalhos formados a partir de fragmentos de algas coralinas, briozoários, moluscos e foraminíferos bentônicos.

- Na Bacia oceânica do Brasil, os depósitos são constituídos por argilas de coloração marrom, provenientes da decantação dos sedimentos finos, o que pode indicar deposição lenta sobre o assoalho oceânico.
- O assoalho oceânico é composto, em sua superfície, por bioconstruções, sedimentos inconsolidados holocênicos e rochas sedimentares e vulcânicas mesocenoicas, agrupadas nos seguintes domínios: bioconstruções (recifes holocênicos); sedimentação cenozoica (terrígena; bioclástica; hemipelágica/pelágica; depósitos turbidíticos e de canais submarinos profundos; depósitos de fluxo gravitacional e movimento de massa; depósitos autigênicos); estruturas deformacionais não tectônicas mesozoicas (diapirismo de sal); vulcanismo mesocenoico (intrusões e derrames de rochas sódico-alcálicas subsaturadas em sílica; derrames de rochas vulcânicas da crosta oceânica e zona de ascensão magmática da Cordilheira Mesoatlântica e sedimentação pelágica; intrusões de rocha vulcânica de composição e idades indeterminadas).

Baseados na compartimentação da geodiversidade apresentada no Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à Cadeia Submarina de Vitória-Trindade (Apêndice A), associado aos aspectos relacionados à valoração da geodiversidade (Quadro 7) e à indicação de áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área estudada (Quadro 10), alcançaram-se as seguintes conclusões:

- Estabelecimento de 15 compartimentos representativos da geodiversidade, subdivididos em 35 unidades em função de aspectos morfofisiográficos, litológicos e estruturais, abordando aspectos sobre a história geológica mesocenoica da margem continental leste brasileira e do Atlântico Sul, tornando-a uma das mais peculiares da margem continental brasileira.
- Os compartimentos da geodiversidade conservam registros relacionados a eventos, tais como abertura do oceano Atlântico sul, criação e expansão da crosta oceânica, evolução da Cordilheira Mesoatlântica, instalação da Bacia do Espírito Santo, vulcanismo e tectonismo associado a Cadeia Vitória-Trindade e demais corpos intrusivos, sedimentação, depósitos de movimento de massa, variações holocênicas do nível do mar e construções biogênicas na plataforma e em bancos oceânicos.
- Indicação de 17 áreas-chaves representativas da geodiversidade marinha da área de estudo baseada nas categorias de valores da geodiversidade cujos aspectos apresentam os seguintes interesses: I - Científico e educacional sobre a história geológica da margem

continental leste brasileira e do Atlântico Sul, II - Potencial para usos diversos, III - Aspectos restritivos geológico, ambientais e legais e IV - Aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade.

Comparando os atuais trabalhos desenvolvidos sobre geodiversidade e a proposta ora apresentada conclui-se que:

As definições de geodiversidade até então apresentadas não são explícitas com relação aos ambientes marinhos. O estudo ora proposto possibilitou conceituar a "geodiversidade marinha", estabelecendo a abrangência de seu termo. Foi possível, ainda, a elaboração de um modelo de caracterização da geodiversidade marinha e a sua aplicação na área da CVT e assoalho oceânico adjacentes.

As atuais abordagens da geodiversidade marinha (BROOKS et al., 2009, 2011, 2012; GORDON; BARRON, 2011; GORDON et al., 2006; KASKELA et al., 2012; ROVERE et al., 2010, 2011) estão focadas na seleção de áreas-chaves representativas da geodiversidade por meio de levantamentos da geologia de detalhe e geomorfologia voltados para proteção da fauna, *habitat*, características geológicas e paisagens submarinas.

A metodologia proposta neste trabalho busca estabelecer a geodiversidade por meio da compartimentação de todo o assoalho oceânico, baseada na integração dos ambientes geológicos e da morfofisiografia, considerada capaz de fornecer informações úteis não somente para a geoconservação, mas também para seleção de áreas com interesse científico e educacional, áreas com a ocorrência de depósitos mineral; áreas com potencial geoturístico, áreas sujeitas à erosão costeira e movimentos de massa em talude submarino que possam afetar a infraestruturas oceânicas, restrições legais e indicação de aspectos geológicos funcionais e de apoio a biodiversidade.

Portanto, os resultados aqui obtidos visam à geração e difusão do conhecimento sobre a geodiversidade marinha brasileira, proporcionando informações capazes de subsidiar a realização de estudos adicionais e identificar perspectivas futuras que permitam a valoração, a conservação e o aproveitamento sustentável dos recursos abióticos; uma vez que é crescente a utilização da plataforma continental e áreas adjacentes para diversos fins.

A seleção e caracterização da geodiversidade marinha podem servir de subsídio às atuais discussões sobre o novo marco regulatório brasileiro e ao pleito brasileiro para expansão da Zona Econômica Exclusiva. Fomentaria ainda, a proposta para criação de

legislação específica para preservação em conjunto da geodiversidade e biodiversidade, a exemplo do que vem ocorrendo no Reino Unido.

Informações sobre a geodiversidade marinha poderiam inclusive se transformar em uma importante ferramenta de gestão e ordenamento territorial a ser utilizada nas tomadas de decisões em áreas com conflito de interesse do binômio “Ocupação x Preservação”, como por exemplo os corais que representam importante fontes de insumo agrícola, do qual o Brasil necessita de importação, mas que constituem ecossistemas que necessitam de proteção.

Em função das conclusões alcançadas pelo presente estudo, sugere-se a continuidade das pesquisas, tendo em vista os seguintes temas:

- Utilização de levantamentos batimétricos mais detalhados para melhor definição das feições morfológicas.
- Amostragem em área prioritária para reconhecimento das áreas de interesse mineral, tais como os recifes para uso na agricultura (em áreas permitidas pela legislação), granulados da plataforma continental interna, nódulos e crostas polimetálicas identificados sobre as elevações submarinas da CVT e na região do sopé continental e planície abissal.
- Estudos sísmicos e geotécnicos nas regiões de ocorrência dos cânions submarinos e áreas instáveis do talude continental, sobretudo na região a sul da CVT.
- Mapeamento em escala de detalhe das feições submersas da plataforma.
- Análise de perfis sísmicos em busca de paleocanais.
- Coleta de amostra para datação dos patamares identificados na Plataforma continental do Espírito Santo para fins de estudo sobre a variação holocênica do nível do mar na costa brasileira.
- Elaboração de estudos de maior detalhe e multitemáticos, no que se refere ao apoio à biodiversidade, no sentido de se estabelecerem as relações entre as diferentes composições litológicas e formas do substrato rochoso na implantação e desenvolvimento de bioconstruções.
- Aprimoramento de métodos para seleção e valoração do patrimônio geológico submerso.
- Integração entre os mapas da geodiversidade continental e marinha.
- Detalhamento das áreas-chaves da geodiversidade.

- Detalhamento das informações geológica das áreas-chaves da geodiversidade, com o objetivo de melhor delimitação das áreas prioritárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, D.S. **Geotecnia submarina da região dos cânions da margem continental da bacia de Campos**: análise de dados sísmicos e de estabilidade de taludes. 2011. 62 f. Monografia (Bacharel em Geologia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação, ES**. 1999. 182 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ALBINO, J.; VALE, C.C.; GOMES, R.C. **Modelagem, monitoramento, erosão e ocupação costeira**: descrição climática do litoral do Espírito Santo. Vitória: Instituto do Milênio/RECOs, 2005.
- ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K.A. do. Espírito Santo. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 227-264. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/es_erosao.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- ALENCAR, R.; GUIMARÃES, G.B. O potencial geodidático de um arquipélago: as ilhas de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, Santos. **Anais...** Santos: SBG, 2012.
- ALMEIDA, F.F.M. **Geologia e petrologia da ilha da Trindade**. Rio de Janeiro: MME/DNPM/Divisão de Geologia Mineral, 1961. 197 p. (Monografia, 18).
- ALMEIDA, F.F.M. O alinhamento magmático de Cabo Frio. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., São Paulo, 1991. **Atas...** São Paulo: SBG, 1991. p. 423-428.
- ALMEIDA, F.F.M. Ilha de Trindade: registro de vulcanismo cenozoico no Atlântico Sul. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.L.C. (Ed.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília, DF: DNPM/CPRM/SIGEP, 2002, v. 1. p. 369-377. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio092/sitio092.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- ALMEIDA, F.F.M. Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. **Terræ Didática**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 3-18, 2006. Disponível em <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v2/pdf-v2/t_didatica_2006_v02n01_p003-018_almeida.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. **Atas...** Campina Grande: SBG, 1977. 499 p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 6). p. 363-391.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R.; MIZUSAKI, A.M.P. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 26, n. 3, p. 125-138, 1996.
- ALVES, E.C.; MAIA, M.; SICHEL, S.E.; CAMPOS, C.M.P. de. Zona de fratura de Vitória-Trindade no oceano Atlântico Sudeste e suas implicações tectônicas. **Revista Brasileira de**

Geofísica, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 117-127, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2006000100009>. Acesso em: 11 ago. 2011.

ALVES, R.A. **Estudo sismoestratigráfico da bacia do Brasil**. UFF. 1999. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1999. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/.../MarcelaMarques_PRH11_UFF-GGO_M.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2012.

ARONOF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Canadá: WDL Publications, 1989.

ASMUS, H.E.; PONTE, F.C. The brazilian marginal basins. In: NAIRN, A.E.M.; STEHILI, F.G. (Ed.). **The ocean basins and margins the South Atlantic**. Nova York, NY: Plenum Press, 1973. p. 87-133.

ASMUS, H.E.; GOMES, J.B.; PEREIRA, A.C.B. Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1971. v. 3. p. 235-252.

ASSUMPÇÃO, M. Dados sísmicos. In: CPRM. **Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes: dados organizados em sistema de informações geográficas**. Brasília, DF: CPRM, 2008. Disponível em DVD-ROM.

AZEVEDO, Ú.R. de. **Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO**. 2007. 235 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

BATISTA NETO, J.A.; SILVA, C.G. Morfologia do fundo oceânico. In: BATISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R.A.; SICHEL, S.E. (Org.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 31-51.

BECKER, J.J.; SANDWELL, D.T.; SMITH, W.H.F.; BRAUD, J.; BINDER, B.; DEPNER, J.; FABRE, D.; FACTOR, J.; INGALLS, S.; KIM, S-H.; LADNER, R.; MARKS, K.; NELSON, S.; PHARAOH, A.; TRIMMER, R.; VON ROSENBERG, J.; WALLACE, G.P.; WEATHERALL, P. Global bathymetry and elevation data at 30 arc seconds resolution: SRTM30_PLUS. **Marine Geodesy**, v. 32, n. 4, p. 355-371, 2009.

BIZZI, L.A.; VIDOTTI, R.M. Condicionamento do magmatismo pós-Gondwana. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília, DF: CPRM, 2003. Cap. VI. p. 335-361.

BOOTH, K.A.; BRAYSON, J. Geology, landscape and human interactions: examples from the Isle of Wight. **Proceedings of the Geologists' Association**, Elsevier, v. 122, n. 5, p. 938-948, nov. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2011.01.004>>. Acesso em: 12 out. 2012.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Viseu: Palimage, 2005.

BROOKS, A.J.; ROBERTS, H.; KENYON, N.H.; HOUGHTON, A.J. Accessing and developing the required biophysical dataset and data layers for marine protected areas network planning and wider marine spatial planning purposes. **Report n. 8**. Task 2A: Mapping of Geological and Geomorphological Features. London: DEFRA, 2009.

BROOKS, A.J.; KENYON, N.H.; LESLIE, A.; LONG, D.; GORDON, J.E. Characterizing Scotland's marine environment to define search locations for new Marine Protected Areas. Part 2: The identification of key geodiversity areas in Scottish waters (interim report July 2011). **Scottish Natural Heritage Commissioned Report**, n. 430, 2011. Disponível em: <<http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/16861>>. Acesso em: 12 out. 2012.

BROOKS, A.J.; KENYON, N.H.; LESLIE, A.; LONG, D.; GORDON, J.E. Characterizing Scotland's marine environment to define search locations for new Marine Protected Areas. Part 2: The identification of key geodiversity areas in Scottish waters (2nd interim report). **Scottish Natural Heritage Commissioned Report**, n. 431, 2012. Disponível em: <<http://www.snh.gov.uk/publications-data-and-research/publications/search-the-catalogue/publication-detail/?id=1870>>. Acesso em: 12 out. 2012.

BUREK, C.V.; ELLIS, N.V.; EVANS, D.H.; HART, M.B.; LARWOOD, J.G. Marine geoconservation in the United Kingdom. **Proc. Geol. Assoc.**, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.10.003>>. Acesso em: 27 dez. 2012.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.A.; MEDEIROS, C.M.B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Instituto de Computação/UNICAMP, 1996.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (Orgs.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2012.

CAÑADAS, E.S.; FLÁNO, P.R. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiernes Caracena (Soria). **Boletín de la A.G.E.**, n. 45, p. 79-98, 2007.

CARANNANTE, G.; ESTEBAN, M.; MILLIMAN, J.D.; SIMONE, L. Carbonate lithofacies and paleolatitude indicators: problems and limitation. **Sedimentary Geology**, v. 60, p. 333-346, 1988.

CASTRO, C.B. **Desenvolvimento de um plano de ação para a conservação dos recursos marinhos do complexo de Abrolhos**: aspectos ambientais. Projeto Abrolhos. Rio de Janeiro: UFRJ/Museu Nacional, 1997. Disponível em: <<http://www.conservacao.org/arquivos/Diagnostico%20Ambiental%20do%20Projeto%20Abrolhos.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2013.

CASTRO, J.W.A. Geologia ambiental das ilhas oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha, Brasil. In: MOHR, L.V.; CASTRO, J.W.A.; COSTA, P.M.S.; ALVES, R.J.V. (Org.). **Ilhas oceânicas brasileiras**: da pesquisa ao manejo. Brasília, DF: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2009. v. 2. Cap. 1. p. 33-54.

CASTRO, J.W.A. Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: uma visão da geologia ambiental. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 3, p. 303-319, 2010. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-170_Castro_small.pdf>. Acesso em: 11 out. 2012.

CASTRO, J.W.A.; ANTONELLO, L.L. Geologia das ilhas oceânicas brasileiras. In: ALVES, R.J.V.; CASTRO, J.W.de A. (Org.). **Ilhas oceânicas brasileiras**: da pesquisa ao manejo. Brasília, DF: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006. Cap. 2. p. 29-57.

CASTRO, J.W.A.; SUGUIO, K. Rochas de praia “beachrocks”, testemunhos de antigas posições do nível relativo do mar na ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo), estado do Rio de Janeiro: registro local da transição Pleistoceno-Holoceno. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 13. / ENCONTRO DO QUATERNÁRIO SUL-AMERICANO, 3., 2011, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro. **O Quaternário Sul Americano: Desafios e Perspectivas**. Rio de Janeiro: ABEQUA, 2011. p. 135.

CAVALCANTI, V.M.M. **Plataforma continental**: a última fronteira da mineração brasileira. Brasília, DF: DNPM, 2011. 104 p. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=5579>. Acesso em: 9 mar. 2013.

CHAVES, H.A.F. (Ed.). **Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**: relatório final. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DINTEP, 1979. 177 p. (Série Projeto REMAC, 7).

CHAVES, H.A.F. (Ed.). **Processos e métodos**: relatório final. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. SINTEP, 1983. 113 p. il. (Série Projeto REMAC, 6).

CLARK, J. **Podemos enterrar o CO2 no oceano?** Publicado em 3 março de 2008 (atualizado em 28 de maio de 2008). Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/gas-carbonico-no-oceano2.htm>>. Acesso em: 7 mar. 2013.

CLEMENTE, E.P.; SCHAEFER, C.E.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; OLIVEIRA, F.S.; ALVES, R.J.; MELO, V.F. Solos “endêmicos” da ilha da Trindade. In: ALVES, R.J.V.; CASTRO, J.W.de A. (Org.). **Ilhas oceânicas brasileiras**: da pesquisa ao manejo. Brasília, DF: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006. p. 59-82.

COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER. **Shore protection manual**. v. 1. 4. ed. Washington, DC: US Government Printing Office, 1984. 2 v. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/thanhluance/shore-protection-manual-1984-scan-13178934>>. Acesso em: 19 jan. 2013.

CONDIE, K.C. **Plate tectonics and crustal evolution**. New York: Pergamon Press, 1982. 310 p.

CORDANI, U.G. Idade do vulcanismo do oceano Atlântico Sul. **Boletim IGA**, São Paulo, v. 1, p. 9-75, 1970.

CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W. Comentários sobre as determinações geocronológicas existentes para as regiões das folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguapé. In: **Carta geológica do Brasil ao milionésimo das folhas Rio de Janeiro (SF23), Vitória (SF-24) e Iguapé (SG23)**. Texto explicativo. Brasília, DF: DNPM, 1979. p. 175-207.

CORRÊA, T.B.S. **Evolução espaço-temporal dos principais depocentros da sequência sedimentar marinha da bacia de Pelotas**. 2004. 45 p. Monografia (Bacharel em Oceanografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH11/Thiago-Barreto-Simoes-Correa_PRH11_UERJ_G.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2012.

COSTA, A.; GERALDES, M.C.; NOGUEIRA, C.; VARGAS, T.; MENDES, J. Petrografia e caracterização geoquímica da ilha de Martin Vaz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, Santos. **Anais...** Santos: SBG, 2012.

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil**. Brasília, DF: CPRM, 2006. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. 1 CD-ROM.

CPRM. **Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes**: dados organizados em sistema de informações geográficas. Brasília, DF: CPRM, 2008.

CPRM. **Projeto geoparques**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 13 out. 2012.

COUTINHO, P. da N. (Coord.). **Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil**. Programa REVIZEEE. Oceanografia geológica. 2000. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/levarte.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2013.

DHN. Ministério da Marinha. **Plano de levantamento da plataforma continental brasileira (LEPLAC)**. 2012a. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/leplac.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

DHN. Ministério da Marinha. **Plano setorial para recursos do mar (PSRM)**. 2012b. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/psrm.htm>>. Acesso em: 6 out. 2012.

DHN. Ministério da Marinha. **Programa de avaliação da potencialidade mineral da plataforma continental jurídica brasileira (REMPLAC)**. 2012c. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/remplac.htm>>. Acesso em: 6 out. 2012.

DHN. Ministério da Marinha. **Programa de prospecção e exploração de recursos minerais da área internacional do Atlântico Sul e Equatorial (PROAREA)**. 2012d. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/proarea.htm>>. Acesso em: 6 out. 2012.

DIAS, G.T. de M. Classificação de sedimentos marinhos: proposta de representação em cartas sedimentológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996. v. 3, p. 423-426.

DIAS, G.T. de M.; MEDEIROS, M.F. Proposta de metodologia para a elaboração de cartas sedimentológicas. In: CONGRESSO ABEQUA, 10., 2005, Guarapari. **Anais...**

DIAS, G.T. de M.; PEREIRA, M. de A.A.; DIAS, I. de M. Classificação de sedimentos marinhos inconsolidados: proposta de representação em cartas sedimentológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996.

DIAS, G.T. de M. (Coord.); ROBRINI, M.; FREIRE, J.S.S.; FIGUEIREDO, A. Mapa de sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira. In: CPRM. **Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes**: dados organizados em sistema de informações geográficas. Brasília, DF: CPRM, 2008. Disponível em DVD-ROM.

DIAS, J.M.A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos: uma introdução à oceanografia geológica.** Faro: Universidade do Algarve, 2004. Disponível em <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_Sediment.html>. Acesso em: 24 jun. 2011.

DIAS, M.S. **Análise isostática na região do platô de São Paulo.** 1992. Disponível em: <<http://www.on.br/institucional/portuguese/dppg/cpgg/resumos/1992/marcelodiasm.htm>>. Acesso em: 11 ago. 2011.

DIVINS, D.L. **Total sediment thickness of the world's oceans & marginal seas.** Boulder, CO: National Geophysical Data Center, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412 p.

FAUGÈRES, J.-C. et al. The Columbia channel-levee system: a fan drift in the southern Brazil basin. In: STOW, D.A.V. et al. (Ed.). Deep-water contourite systems: modern drifts and ancient series, seismic and sedimentary characteristics. **Geological Society Memoir**, n. 22, p. 223-238, 2002.

FELTON, A. Marine geotourism development at the Sapphire Coast Marine Discovery Centre, Eden, NSW. In: SYMPOSIUM ON GEODIVERSITY, GEOLOGICAL HERITAGE AND GEOTOURISM, 2010, Sydney, Austrália. **Report...** Disponível em: <http://www.resources.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/359428/GGHG_2010_Program_Abstracts.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2012.

FERRARI, A.L. **Evolução tectônica do graben da Guanabara.** 2001. 412 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FERRARI, A.L.; RICCOMINI, C. Campo de esforços pliopleistocênico na ilha de Trindade (oceano Atlântico sul, Brasil) e sua relação com a tectônica regional. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 195-202, jun. 1999.

FERRARI, A.L.; RICCOMINI, C. Campo de esforços pliopleistocênico na ilha de Trindade (oceano Atlântico sul, Brasil) e sua relação com a tectônica regional. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 195-202, jun. 1999.

FIGUEIREDO JR., A.G. de et al. (Coord.). Geomorfologia e sedimentologia da plataforma continental. In: PETROBRAS. **Projeto de caracterização regional da bacia de Campos.** Rio de Janeiro: Petrobras, 2011.

FLEMMING, B.W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments of ternary diagrams. **Continental Shelf Research**, n. 20, p. 1125-1137, 2000.

FLOETER, S.R.; GASPARINI, J.L. The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns. **Journal of Fish Biology**, n. 56, p. 1099-1114, 2000.

FODOR, R.V.; HANAN, B.B. Geochemical evidence for the Trindade hotspot trace: Columbia seamount ankaramite. **Lithos**, v. 51, p. 293-304, 2000.

FOLK, R.L. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. **Journal of Geology**, v. 62, n. 4, p. 344-359, 1954.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazas river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, p. 3-26, 1957.

FRANÇA, A.M.C. Geomorfologia da margem continental leste brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: CHAVES, H.A.F. (Ed.). **Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**: relatório final. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DINTEP, 1979. p. 89-127. (Série Projeto REMAC, 7).

FRANÇA, R.L.; MOHRIAK, W. Tectônica de sal das bacias do Espírito Santo e de Mucuri. In: MOHRIAK, W.U.; SZATMARI, P.; COUTO ANJOS, S.M. (Ed.). **Sal**: geologia e tectônica. São Paulo: Beca/Petrobras, 2008. p. 284-299.

FRANÇA, R.L.; DEL REY, A.C.; TAGLIARI, C.V., BRANDÃO, J.; FONTANELLI, P.R. Bacia do Espírito Santo. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 501-509, 2007.

GASPARINI, J.L.; FLOETER, S.R. The shore fishes of Trindade island, Western South Atlantic. **Journal of Natural History**, n. 35, p. 1639-1656, 2001.

GASPARINI, J.L.; FLOETER, S.R.; GANDOLFI, S.M. Proposta para criação do parque estadual marinho ilhas de Guarapari, Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: CONSERVAÇÃO, 5., 2000, Vitória. **Anais...**

GOMES, J.B.; CARVALHO, R.S.; LIMA, F.R.T.; ABDALLA, E.T.C. **Revisão geológica regional da bacia do Espírito Santo**. Relatório interno. Rio de Janeiro: Petrobras/Depex, 1988.

GORDON, J.E.; BARRON, H.F. Scotland's geodiversity: development of the basis for a national framework. **Scottish Natural Heritage Commissioned Report**, n. 417, 2011. Disponível em: <http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/commissioned_reports/417.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2012.

GORDON, J.E.; MORROCCO, S.; BALLANYNE, C.K.; THOMPSON, B.A. **Links between geodiversity and biodiversity on upland plateaux in Scotland**: the importance of terrain sensitivity in managing change. 2006. Disponível em: <http://www.cms.uhi.ac.uk/conferences/upland_biodiversity_Dec2006/Gordon_extendedabstr act.pdf>. Acesso em: 12 out. 2012.

GRAY, M. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature. New York, NY: John Wiley & Sons, 2004.

GRAY, M. Geodiversity: the origin and evolution of a paradigm. In: BUREK, C.V.; PROSSER, C.D. (Eds.). **The history of geoconservation**. London: Geological Society, p. 31-36, 2008. Special Publication.

GUSMÃO, L.G.S. Nossas ilhas oceânicas: ilha da Trindade e arquipélago Martin Vaz. In: CHAVES, P.T. (Org.). **O mar no espaço geográfico brasileiro**. Brasília, DF: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica, 2005. v. 8. Cap. 3. p. 64-80. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/publicacao/geografia.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2011.

HEEZEN, M.C.; THARP, M.; EWING, M. **The floors of the oceans**. I - The North Atlantic. New York, NY: The Geological Society of America, 1959. Special Paper 65.

HJORT, J.; LUOTO, M. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**, v. 115, n. 1, p. 109-116, 2010. Disponível em: <<http://libra.msra.cn/Publication/41156922/geodiversity-of-high-latitude-landscapes-in-northern-finland>>. Acesso em: 12 out. 2012.

IBGE. **Base cartográfica integrada digital do Brasil ao milionésimo**. 2010. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/base_continua_ao_milionesimo>. Acesso em: nov. 2011.

IBGE. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/atlas/atlas-paginas/pag-capitulo3/pg41.pdf>>. Acesso em: 6 dez. 2012.

JACHKOVÁ, K; ROMPORTL, D. The relationship between geodiversity and habitat richness in Šumava National Park and Křivoklátsko Pla (Czech Republic): a quantitative analysis approach. **Journal of Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.iale.cz/downloads/JLE_1/23-38.pdf>. Acesso em: 12 out. 2012.

JOHNSON, H.D.; BALDWIN, C.T. Shallow clastic seas. In: READING, H.G. (Ed.). **Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy**. Oxford: Blackwell Science, 1996. p. 232-281.

KASKELA, A.M.; KOTILAINEN, A.T.; AL-HAMDANI, Z.; LETH, J.O.; REKER, J. Seabed geomorphic features in a glaciated shelf of the Baltic Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 100, p. 150-161, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771412000212>>. Acesso em: 6 out. 2012.

KENNETT, J. P. Terrigenous deep-sea sediments. In: _____. **Marine geology**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1982. p. 396-405.

KOWSMANN, R.O.; COSTA, M.P. de A. **Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**: relatório final. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DINTEP, 1979. 55 p. il. (Série Projeto REMAC, 8).

KOWSMANN, R.O.; COSTA, M.P. de A. Mapa faciológico dos sedimentos superficiais da plataforma e da sedimentação quaternária no oceano profundo. Escala 1:3.500.000. In: REMAC. **Coleção de mapas**. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DINTEP, 1979. 16 mapas. (Série Projeto REMAC, 11).

KOZLOWSKI, S. Geodiversity: the concept and scope of geodiversity. 2004. **Przegląd Geologiczny**, v. 52, p. 833-837, 2004.

LEÃO, Z.M.A.N. Abrolhos: o complexo recifal mais extenso do oceano Atlântico Sul. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Ed.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Publicado na Internet em 22 nov. 1999 no endereço: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio090/sitio090.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

MAIA, M.A.M.; CASTRO, J.W.; SILVA, C.R. Proposta para levantamento da geodiversidade marinha da Cadeia de montes vulcânicos de Vitória-Trindade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, Santos. **Anais...** Santos: SBG, 2012.

MANOSSO, F.C.; ONDICOL, R.P. Geodiversidade e biodiversidade: aspectos sobre a avaliação quantitativa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 1., 2011, Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: SBG, 2011.

MANSUR, K.L. **Diretrizes para geoconservação do patrimônio geológico do estado do Rio de Janeiro**: o caso do domínio tectônico Cabo Frio. 2010. 214 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MANSUR, K.L.; CARVALHO, I. de S. Characterization and valuation of the geological heritage identified in the Peró dune field, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Geoheritage**, v. 3, p. 97-115, 2011.

MANSUR, K.L.; ALMEIDA, M.S. de; PRESSI, L.; GARIN, Y.; VAZ, M.; CARNEIRO, N. M. A conservação do geossítio da ilha do Francês, em Macaé/RJ: reflexões sobre a beleza de um processo geológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, Santos. **Anais...** Santos: SBG, 2012.

MARIANO, G.; GUIMARÃES, T.; TAVARES, E.S. O vulcanismo do litoral sul de Pernambuco e a abertura do oceano Atlântico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 1., 2011, Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: SBG, 2011. p. 95.

MARCHIORO, G.B.; CIRANO, M.; SILVEIRA, I. da; CAMPOS, R. de O. (Org.). **Subsídios para a delimitação das zonas de amortecimento do parque nacional marinho dos Abrolhos e reserva extrativista marinha do Corumbau por meio da avaliação de impactos potenciais de derramamentos de óleo**. Relatório final. Caravelas, BA: Conservação Internacional-Brasil, 2005. Disponível em: <http://www.conservacao.org/arquivos/relatorio_modelagens_abrolhos.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2012.

MARTINS, L.R.S.; BARBOZA, E.G; ROSA; M.L.C.C. Nódulos polimetálicos e outros depósitos de mar profundo: o retorno do interesse. *Gravel*, v.4, p. 125-131, 2006. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ceco/gravel/4/CD/docs/Gravel_4_11.pdf>. Acesso em: 15 fev 2013.

MARTINS, L.R.S.; SOUZA, K.G. de. Ocorrência de recursos minerais na plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, v. 12, n. 24, p. 137-190, ago. 2007.

MARTINS, L.R.S.; SOUZA, K.G. de. Recursos minerais do mar. In: SILVA, C.R. (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. Cap. 5. p. 65-88.

MARTINS, R.C. **Geodiversidade litológica da bacia do Rio Guandu-RJ**. 2007. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Disponível em: <http://www.ufrjr.br/degeo/monografias/ok_raphael.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

- MIDDLETON, G.V.; HAMPTON, M.A. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. In: STANLEY, D.J.; SWIFT, D.J.P. (Eds.). **Marine sediment transport and environmental management**. New York, NY: Wiley & Sons, 1976. p. 197-218.
- MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A. Sedimentary basins of South America. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. Tectonic evolution of South America. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31st, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 389-449.
- MILANI, E.J.; BRANDÃO, J.A.S.L.; ZALÁN, P.V.; GAMBOA, L.A.P. Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 18, n. 3, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2000000300012&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 out. 2012.
- MIZUSAKI, A.M.P.; ALVES, D.B.; CONCEIÇÃO, J.C.J. Eventos magmáticos nas bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário de Camboriú, 1994. **Anais...** Balneário de Camboriú: SBG, 1994.v. 1. p. 566-568.
- MOCHIUTTI, N.F.; GUIMARÃES, G.B.; MOREIRA, J.C.; LIMA, F.F.; FREITAS, F.I. de. Os valores da geodiversidade: geossítios do geopark Araripe/CE. **Anuário do Instituto de Geociências**, UFRJ, v. 35, n. 1, p. 173-189, 2012. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2012_1/2012_1_173_189.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2013.
- MOHRIAK, W.U. Bacias sedimentares da margem continental brasileira. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília, DF: CPRM, 2003. Cap. III. p. 87-94. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/capIII-a.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2012.
- MOHRIAK, W.U. Tectônica de sal autóctone e alóctone na margem sudeste brasileira. In: MOHRIAK, W.U.; SZATMARI, P.; COUTO ANJOS, S.M. (Ed.). **Sal: geologia e tectônica**. São Paulo: Beca/Petrobras, 2008. p. 300-313.
- MOTOKY, A.; MOTOKY, K.F.; MELO, D.P. Caracterização da morfologia submarina da Cadeia Vitória-Trindade e áreas adjacentes-ES, com base na batimetria predita do topo versão 14.1. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 151-170, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/195>>. Acesso em: 19 jan. 2012.
- MUEHE, D.; GARCEZ, D.S. A plataforma continental brasileira e sua relação com a zona costeira e a pesca. **Mercator**, Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, ano 4, n. 8, p. 69-88, 2005. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/100/72>>. Acesso em: 17 out. 2012.
- NASCIMENTO, M.A.L. do; RUCHKYS, Ú.A.; MANTESSO-NETO, V. Geoturismo: um novo segmento do turismo no Brasil. **Global Tourism**, v. 3, n. 2, p. 41-64, nov. 2007. Disponível em: <http://www.periodicodeturismo.com.br/site/artigo/pdf/Geoturismo_um%20novo%20segmento%20do%20turismo%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2012.

NASCIMENTO, M.A.L. do; RUCHKYS, Ú.A.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo**: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 82 p.

NASCIMENTO, V.M.R. do; DIAS, F.F.; MANSUR, K.L; RAMOS, R.R.C. O mapeamento de indicadores de paleoníveis marinhos quaternários entre Saquarema e Maricá (Rio de Janeiro/Brasil): estratégia para a proteção do patrimônio geológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, Santos. **Anais...** Santos: SBG, 2012.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989.

NITTROUER, C.A.; WRIGHT, L.D. Transport of particles across continental shelves. **Reviews of Geophysics**, v. 32, n. 1, p. 85-113, 1994.

NOVAIS, L.C.C.; TEIXEIRA, L.B.; NEVES, M.T.; RODARTE, J.B.M.; ALMEIDA, J.C.H.; VALERIANO, C.M. Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa Colatina – ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 191-194, nov. 2003/maio 2004.

NUNES, J.C.; LIMA, E.A.; MEDEIROS, S. Os Açores, ilhas de geodiversidade: o contributo da ilha de Santa Maria. **Açoreana**, Açores, Supl. 5, p. 74-111, 2007. Disponível em: <<http://www.db.uac.pt/pdf/ainic/42.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

ONDICOL, R.F. Geodiversidad: concepto, diferenciacion, cálculo de índices Y problemática. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 1., 2011, Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: SBG, 2011.

ÖRSI, A. Quantifying the geodiversity of a study area in the great hungarian plain. **Journal of Env. Geogr.**, v. IV, n. 1-4, p. 19-22, 2011. Disponível em: <<http://www.geo.u-szeged.hu/journal/files/articles/3%20Orsi%20A%202011.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2012.

PALMA, J.J.C. Fisiografia da área oceânica. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. de A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (Org.). **Geologia do Brasil**. Brasília, DF: DNPM, 1984. p. 429-441.

PALMA, J.J.C.; TAVARES, A.A.L.A.; JECK, I.K. Mapa fisiográfico. In: CPRM. **Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes**: dados organizados em sistema de informações geográficas. Brasília, DF: CPRM, 2008. Disponível em DVD-ROM.

PALMA, Jorge J. C.; PESSANHA, Ivo B. M.. Dépositos ferromanganesíferos de oceano profundo. **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v. 18, n. 3, 2000. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2000000300015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07 jan. 2013.

PETRISOR, A.; SÂRBU, C.N. Dynamics of geodiversity and eco-diversity in territorial systems. **Journal of Urban and Regional Analysis**, v. 2, n. 1, p. 61-70, 2010.

PONZI, V.R.A. Sedimentação marinha. In: NETO, J.A.B; PONZI, V.R.A; SICHEL, S.E. (Ed.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 1. p. 219-243.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T.H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A.; SANTOS, E.B.E.; CERQUEIRA, D.B. **Proposta para determinação de atributos do meio físico relacionados às unidades geológicas, aplicada à análise geoambiental**. Oficina Internacional de Ordenamento Territorial e Mineiro. Subsídios ao mapeamento geoambiental, no contexto do LGB e do patrimônio geomineiro. Rio de Janeiro, 2005.

RAMOS, M.A.B.; THEODOROVICZ, A.; MARQUES, V.J.; ORLANDI, V.; PFALTZGRAFF, P.A. dos S.; DANTAS, M.E.; SILVA, C.R. da. **Metodologia, estruturação da base de dados e organização das informações em SIG do projeto geodiversidade do Brasil**. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/media/procedimentos_SIG_Geodiversidade.pdf>. Acesso em: 11 out. 2012.

REINECK, H.E.; SINGH, I.B. **Depositional sedimentary environments**: with reference to terrigenous clastics. 2. ed. New York, NY: Springer-Verlag, 1980.

RICCOMINI, C.; ASSUMPÇÃO, M. Quaternary tectonics in Brazil. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 221-225, 1999.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora: Edição do Autor, 2000.

ROVERE, A.; VACCHI, M.; PARRAVICINI, V.; MORRI, C.; BIANCHI, C.N.; FIRPO, M. Bringing geoheritage underwater: methodological approaches to evaluation and mapping. In: REGOLINI-BISSIG, G.; REYNARD, E. (Eds.). **Géovisions**, Lausanne, n. 35, p. 65-80, 2010. Disponível em: <http://www.unil.ch/webdav/site/igul/shared/Geovisions/Geovisions35/Geovisions35_IGUL_5_Rovere.pdf>. Acesso em: 6 out. 2012.

ROVERE, A.; VACCHI, M.; VALERIANO, V.; MORRI, C.; BIANCHI, C.N.; FIRPO, M. Bringing geoheritage underwater: definitions, methods, and application in two Mediterranean marine areas. **Environmental Earth Sciences**, v. 64, n. 1, p. 133-142, 2011. Disponível em: <<http://springerlink3.metapress.com/content/x02m14622j1313r9/resource-secured/?target=fulltext.pdf&sid=ccuj5lcrsfxtzkg4olmpn3v&sh=www.springerlink.com>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

RUBAN, D.A. Quantification of geodiversity and its loss. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 121, p. 326-333, 2010.

SANDWELL, D.T.; SMITH, W.H.F. Marine gravity anomaly from Geosat and ERS-1 Satellite Altimetry. **J. Geophys. Res.**, n. 102, p. 10039-10054.

SCHOBENHAUS, C. **Projeto geoparques**: proposta de projeto. Brasília, DF: CPRM, 2006. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C.R. da. **O papel indutor do Serviço Geológico do Brasil na criação de geoparques**. Rio de Janeiro: CPRM, 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/schobbenhaus_Silva%20_2010.pdf>. Acesso em: 24 out. 2012.

SCHOBHENHAUS, C.; SILVA, C.R. da. (Org.). **Geoparques do Brasil**: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. v. 1. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/GEOPARQUESdoBRASIL_propostas.pdf>. Acesso em: 12 out. 2012.

SCHOBHENHAUS, C.; CAMPOS, D. de A.; QUEIROZ, E.T. de; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Ed.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília, DF: DNPM/CPRM/SIGEP, 2002. v. 1. 554 p. il. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep>>. Acesso em: 12 out. 2012.

SCHREINER, S.; SOUZA, M.B.F.M. de; MIGLIORELLI, J.P.R. Modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico do centro-sul da bacia do Espírito Santo e norte da bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 365-369, maio/nov. 2009. Disponível em: <<http://vdpf.petrobras.com.br/vdpf/PDFHighlightServlet.svlt?acao=pdf&codigoArtigo=2631#xml=http://vdpf.petrobras.com.br/vdpf/PDFHighlightServlet.svlt?acao=xml&codigoArtigo=2631>>. Acesso em 22 jul. 2011.

SEMA. **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo**. [Vitória, ES]. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos; Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG: SEMA/UFV, 2008. 504 p.

SERRANO CAÑADAS, E. ; RUIZ FLAÑO, P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). **Boletín de la A. G. E. N.** 2007. 45, p.79-98.

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24, n. 3, p. 151-158, 1954.

SHEPARD, F.P. **Submarine geology**. 2. ed. New York, NY: Harper and Row, 1963.

SILVA, C.R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p.

SILVA, C.R. da; MARQUES, V.J.; DANTAS, M.E.; SHINZATO, E. Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade. In: SILVA, C.R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008a. Cap. 13. p. 181-203.

SILVA, C.R. da; RAMOS, M.A.B.; PEDREIRA, A.J.; DANTAS, M.E. Começo de tudo. In: SILVA, C.R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008b. Cap. 1. p. 11-19.

SILVA, S.F. da; MACHADO, M.F. **Mapa geodiversidade do estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: CPRM, 2012. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade_espirito_santo.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2013.

SKOLOTNEV, S.G.; BYLINSKAYA, M.A.; GOLOVINA, L.A.; IPAT'EVA, I.S. First data on the age of rocks from the central part of the Vitoria-Trindade ridge (Brazil Basin, South Atlantic). **Doklady Earth Sciences**, v. 437, n. 1, p. 316-322, 2011.

SOBREIRA, J.F.F. Análise termomecânica da região do alto de Vitória. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 3., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBGf, 1993. v. 2. p. 1116-1121.

SOUZA-LIMA, W.; HAMSI JUNIOR, G.P. Bacias sedimentares brasileiras: bacias da margem continental. **Phoenix**, Aracaju, ano 5, n. 50, fev. 2003. Disponível em: <http://www.phoenix.org.br/Phoenix50_Fev03.html>. Acesso em: 5 dez 2012.

STANLEY, M. Geodiversity strategy. **ProGeo News**, n. 1, p. 6-9, 2001a. Disponível em: <<http://www.sgu.se/hotell/progeo/news/2001/pgn101.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2012.

STANLEY, M. Welcome to the 21st century. **Geodiversity Update**, v. 1, p. 1-8, 2001b.

STANLEY, M. Geoconservation in the overseas territories of the UK. **JNCC Research Contribution Project Report**, 2009. Disponível em: <<http://www.jncc.gov.uk/ukotcd/>>. Acesso em: 12 out. 2012.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

SWIFT, D.J.P.; THORNE, J.A. Sedimentation on continental margins: a general model for shelf sedimentation. **Special Publications of International Association Sedimentologists**, v. 14, p. 3-31, 1991.

TEIXEIRA, A.; SAMPAIO, J.; GARRIDO, F.; MEDEIROS, M. Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio. **HOLOS**. 5 out. 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1102/593>>. Acesso em: 9 mar. 2013.

TESSLER, M.G.; MAHIQUES, M.M. Processos oceânicos e a fisiografia dos fundos marinhos. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M. de; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 261-284.

THOMAZ FILHO, A.; RODRIGUES, A.L. O alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas-Cabo Frio (RJ) e sua continuidade na Cadeia Vitória-Trindade. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 189-194, jun. 1999.

THOMAZ FILHO, A.; CESERO, P.; NIZUSAKI, A.M.P.; LEÃO, J.G. Hot spot volcanic tracks and their implications for South American plate motion, Campos basin (Rio de Janeiro state), Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 18, n. 3-4, p. 383-389, 2005.

THOMAZ FILHO, A.; NIZUZAKI, A.M.P.; MILANI, E.J.; CESERO, P. Rifting and magmatism associated with the South America and Africa breakup. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, p. 17-19, fev. 2008. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/article/view/10562>>. Acesso em: 16 out. 2012.

THOMPSON, R.N.; GIBSON, S.A.; MITCHELL, J.G.; DICKIN, A.P.; LEONARDOS, O.H.; BROD, J.A.; GREENWOOD, J.C. Migrating cretaceous-eocene magmatism in the serra do Mar alkaline provinces, SE Brazil: Melts from the deflected Trindade mantle plume? **J. Petrol.**, v. 39, n. 8, p. 1493-1526, 1998.

VALENCIO, D.A.; MENDÍA, J.E. Paleomagnetism and K-Ar age of some rocks of the Trindade complex and the Valado formation from Trindade island, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, n. 4, p. 124-132, 1964.

VASCONCELOS, Y. Fertilizante marinho. **Tecnologia: Mineração Oceânica**. Disponível em: < http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/07/Pesquisa_197-21.pdf>. Acesso em 1 jun 13.

VIANA, A. R; ALMEIDA JR., WALDEMAR, ALMEIDA C. W. ALMEIDA, C W. Upper slope sands: late Quaternary shallow-water Sandy contourites of Campos Basin, SW Atlantic Marin, In: STOW, D.A.V.; PUDSEY, C.J., HOWE, J.A.; FAUGÈRES, J.C.; VIANA, A.R. (Eds.) Deep-Water Contourite Systems: Modern drifts and ancient series, seismic and sedimentary characteristics. **Geological Society of Londod**, n. 22, p. 261-270, 2002.

VIANA, A.R.; FAUGÈRES, J.C. Upper slope sand deposits: the example of Campos Basin, a latest Pleistocene-Holocene record of the interaction between along slope and down slope currents. In: STOEKER, M.S.; EVANS, D.; CRAMP, A. (Eds.). Geological processes on continental margins: sedimentation, mass-wasting and stability. **Geological Society**, n. 129, p. 287-316, 1998. Special Publication.

VIEIRA, R.A.B.; MENDES, M.P.; VIEIRA, P.E.; COSTA, L.A.R.; TAGLIARI, C.V.; BACELAR, L.A.P.; FEIJÓ, F.J. Bacias do Espírito Santo e Mucuri. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 191-202, 1994.

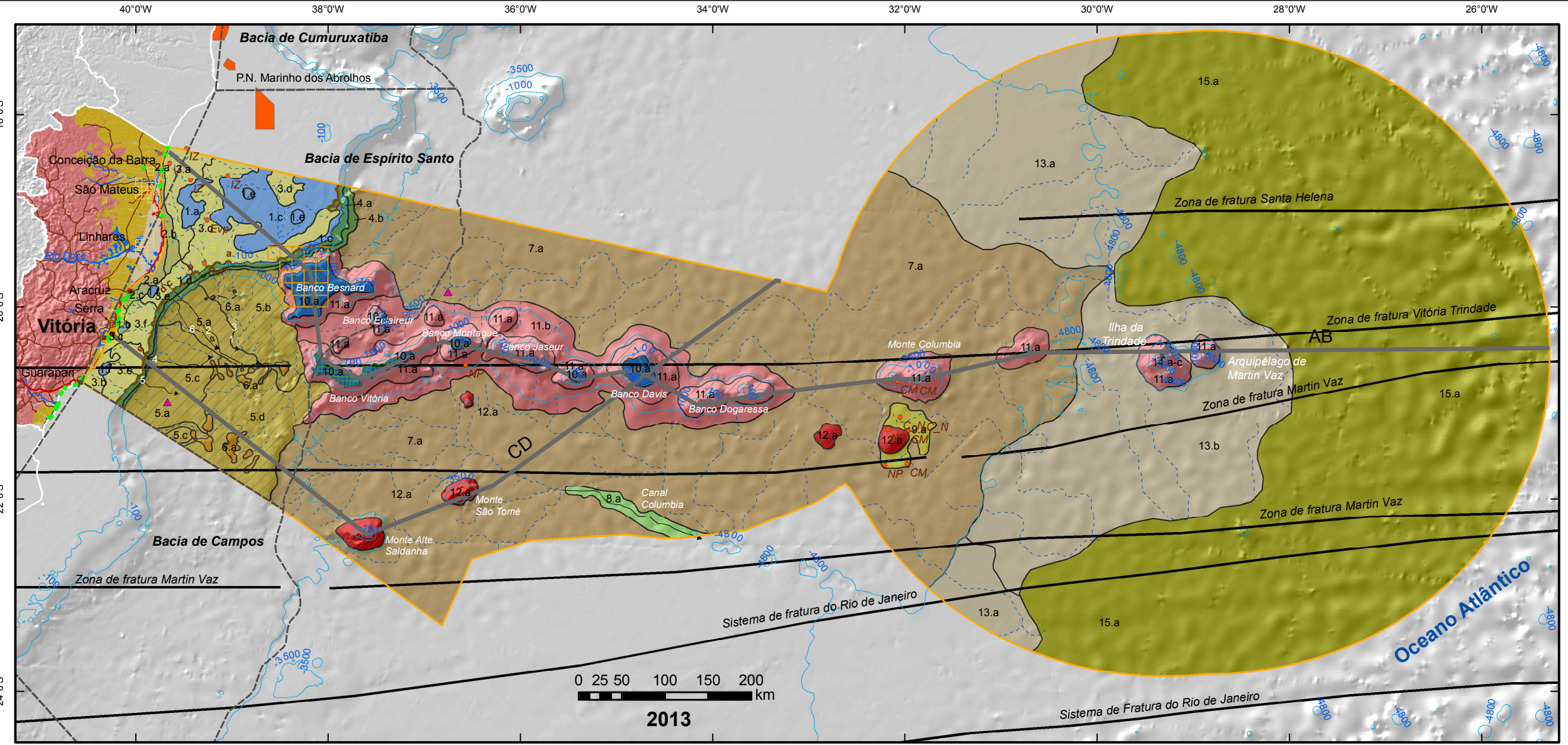
XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L.M. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. **Revista de Geografia**, Recife, v. 17, n. 1, p. 57-64, 2001.

XAVIER DA SILVA, J. et al. Índices de geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de biodiversidade. In: GARAY, I.; DIAS, B.F.S. (Org.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Rio de Janeiro: Vozes, 2001. p. 299-316.

XAVIER DA SILVA, J.; GOES, M.H.B.; RODRIGUES, A.F.; SILVA, C.H.A. Geodiversidade da área leste superior da bacia do rio Guandu. In: SEMINÁRIO DO RIO GUANDU: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 2002, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFRRJ, 2002.

ZEMBRUSCKI, S.G. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: CHAVES, H.A.F. (Ed.). **Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**: relatório final. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DINTEP, 1979. p. 129-177. (Série Projeto REMAC, 7).

**APÊNDICE A - Mapa Geodiversidade das Áreas Adjacentes à
Cadeia Submarina de Vitória-Trindade.**



Legenda

- Capital estadual
- Cidades costeiras
- Principais rodovias
- Portos
- Conduto e tubulações enterradas
- Área de estudo
- Limite bacias sedimentares
- Drenagem continental
- Isóbatas (m)
- Unidade de conservação
- AB Perfil batimétrico

Convenções geológicas e fisiográficas

Geodiversidade continental

- Domínio das rochas graníticas e gnáissicas proterozoico-cambrianas
- Domínio dos sedimentos cenozoicos associados a tabuleiros costeiros
- Domínio dos sedimentos cenozoicos fluviais e fluviomarinho

Região marinha

Feições morfológicas submersas

- Canal e Sistemas Turbidíticos (1 - Sistema Turbidítico do Rio Doce, 2 - Canal Watu, 3 - Canal do Rio Doce, 4 - Canal de Vitória, 5 - Canal de Guarapari, 6 - Canal de Golfinho).
- Provável canal submarino
- Cânions (a - Rio Doce; b - Regência; c - Watu Norte; d - Watu Sul; e - Vitória)
- Zonas de fraturas oceânicas

Áreas suscetíveis a eventos geológicos

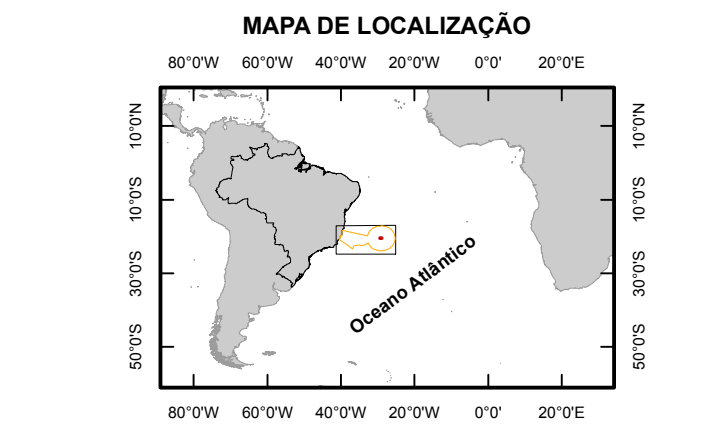
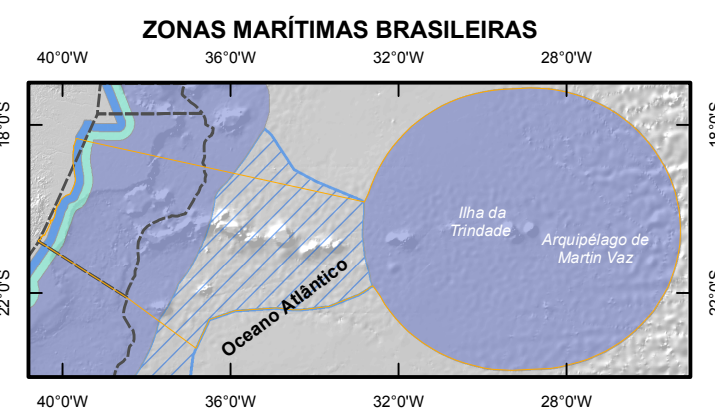
- Movimento de massa e fluxo de detritos submarinos
- Sismos
- Focos de erosão costeira

Títulos minerários *

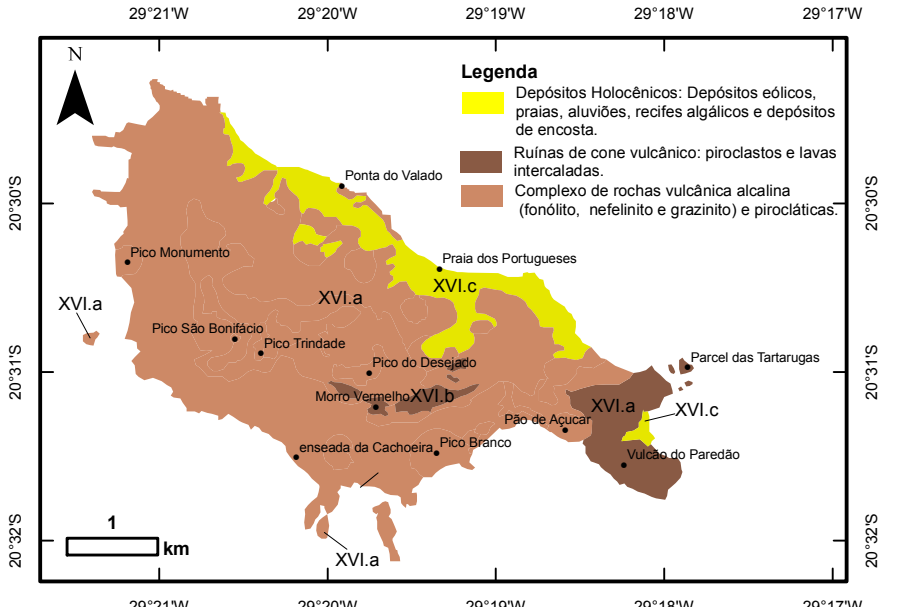
- Autorização de pesquisa
- Concessão de lavra
- Licenciamento
- Requerimento de lavra
- Requerimento de pesquisa

Recursos minerais

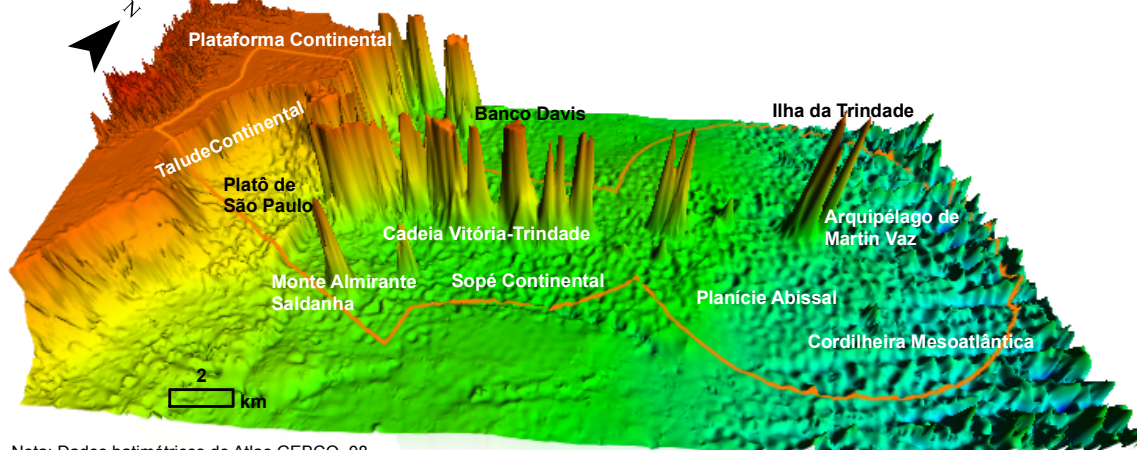
- Blocos para pesquisa óleo e gas - ANP
- Ocorrência mineral: NP - nódulos polimetálicos; Suf - sulfetos; I - ilmenita; Z - zircão; V - vanádio; CM - crosta manganésifera; C_N - crosta ou nódulos polimetálicos



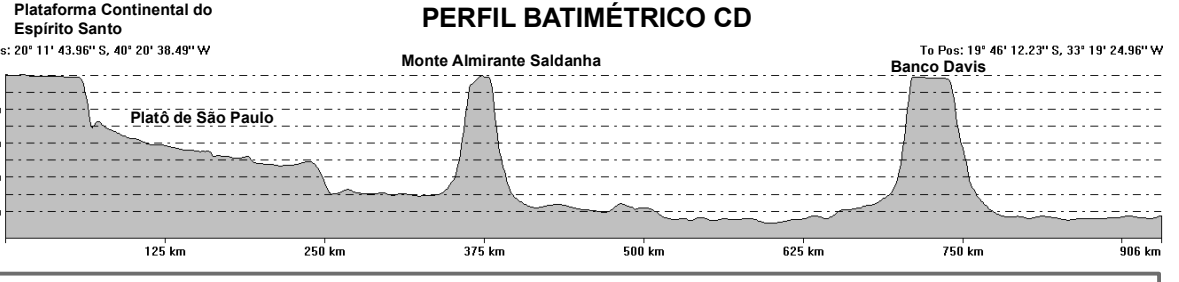
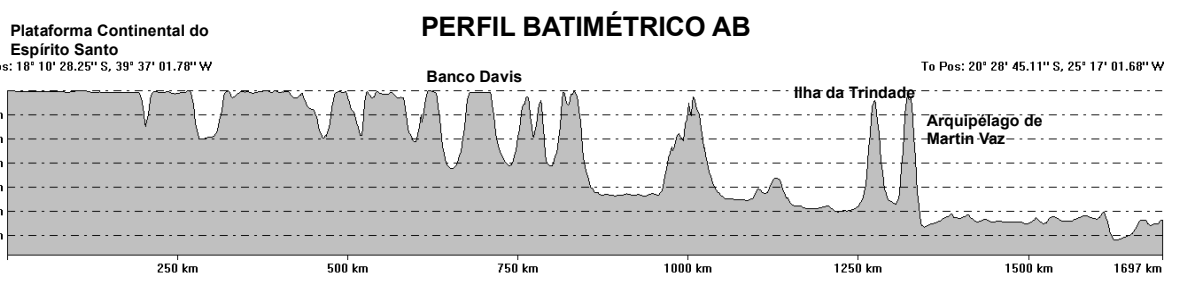
GEODIVERSIDADE SIMPLIFICADA DA ILHA DA TRINDADE



MODELO DIGITAL DO ASSOALHO OCEÂNICO EM PERSPECTIVA



Nota: Dados batimétricos do Atlas GEBCO_08. Iluminação artificial (45° de altitude e 135° de azimute). Exagero vertical de 25x.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

GEODIVERSIDADE DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA SUBMARINA DE VITÓRIA-TRINDADE: Construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do assoalho oceânico

Apêndice A - MAPA GEODIVERSIDADE DAS ÁREAS ADJACENTES À CADEIA SUBMARINA DE VITÓRIA-TRINDADE

Autor: Maria Adelaide Mansini Maia
Orientador: Prof. Dr. João Wagner de Alencar Castro (UFRJ)

2013

Sistema de Projeção de Coordenadas Geográficas
 Datum: WGS 84

DOMÍNIO FISIAGRÁFICO	COMPARTIMENTOS DA GEODIVERSIDADE MARINHA	
Plataforma Continental do Espírito Santo	1 - Bioconstruções holocênicas na Plataforma Continental do Espírito Santo	1.a - Recifes de algas coralíneas (PC interna de São Mateus-Abrolhos) 1.b - Recifes de briozoários (PC interna de Regência) 1.c - Recifes de algas coralíneas (PC externa de São Mateus-Abrolhos) 1.d - Recifes de algas coralíneas (PC externa de Regência) 1.e - Recifes de briozoários (PC externa de São Mateus-Abrolhos) 1.f - Recifes de briozoários (PC externa de Regência)
	2 - Depósitos terrigenos holocênicos na Plataforma Continental do Espírito Santo	2.a - Depósitos lamosos (Delta do Rio Doce e Itaúnas) 2.b - Depósitos arenolamosos (PC interna de São Mateus-Abrolhos) 2.c - Depósitos arenolamosos (PC interna de Regência)
	3 - Depósitos bioclásticos holocênicos na Plataforma Continental do Espírito Santo	3.a - Depósitos de areia e cascalhos biodetríticos (PC interna de São Mateus-Abrolhos) 3.b - Depósitos de areia e cascalhos biodetríticos (PC interna de Regência) 3.c - Depósitos de areia, lama e cascalho biodetríticos (PC interna de Regência) 3.d - Depósitos de areia, lama e cascalho biodetríticos (PC externa de São Mateus-Abrolhos) 3.e - Depósitos arenolamosos, areia e cascalho biodetríticos (PC externa de Regência) 3.f - Depósitos de cascalho, biodetríticos e lama (PC externa de Regência)
Talude Continental do Espírito Santo	4 - Depósitos de fluxo gravitacional e movimentos de massa holocênicos no Talude Continental do Espírito Santo	4.a - Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos (Talude superior) 4.b - Depósitos arenolamosos, turbiditos biodetríticos e fluxo de lama/detritos (Talude inferior)
Sopé Continental do Espírito Santo	5 - Sistemas turbidíticos e leques submarinos cenozoicos do Platô de São Paulo	5.a - Depósitos turbidíticos e leques submarinos arenoargilosos 5.b - Depósitos turbidíticos e leques submarinos arenoargilosos soerguidos por halocinese 5.c - Depósitos arenolamosos e de fluxo de lama/detritos 5.d - Depósito arenolamosos e de fluxo de lama/detritos soerguido por halocinese
	6 - Halocinese no Platô de São Paulo	6.a - Diapiros e afloramentos de sal-gema
	7 - Depósitos pelágicos cenozoicos no Sopé Continental do Espírito Santo	7.a - Depósitos arenolamosos e de vasas calcárias retrabalhados por corrente de fundo
	8 - Depósitos de canais submarinos profundos cenozoicos no Sopé Continental do Espírito Santo	8.a - Canais turbidíticos arenolamosos profundos
	9 - Depósitos autigênicos cenozoicos no Sopé Continental do Espírito Santo	9.a - Nódulos e crostas polimetálicos
Planície Abissal do Brasil	10 - Bioconstruções em bancos submarinos oceânicos	10.a - Recifes de algas coralíneas e/ou briozoários
	11 - Lavas e intrusões de rocha vulcânica sódico-alcalinas e subsaturadas em sílica da porção submersa da Cadeia Vitória-Trindade (montes e bancos submarinos)	11.a - Complexo de fonólitos, picrito e nefelinitos recoberto por depósitos de encosta 11.b - Complexo de rochas vulcânicas recobertas por fluxo de detritos e sedimento pelágicos retrabalhados por corrente de fundo
	12 - Intrusões de rochas vulcânicas de composição e idade indeterminadas em montes submarinos isolados no Sopé Continental do Espírito Santo	12.a - Rochas vulcânicas recobertas por depósitos de encosta submarina
Cordilheira Mesoatlântica	13 - Depósitos pelágicos e turbiditos cenozoicos associados à rochas vulcânicas da crosta oceânica na Planície Abissal do Brasil	13.a - Depósitos de vasas calcárias e turbiditos argilosos 13.b - Depósitos argilosos retrabalhados por corrente de fundo e afloramento de basalto
	14 - Lavas e intrusões de rocha sódico-alcalinas e subsaturadas em sílica, piroclastos diversos e depósitos holocênicos da porção emersa da Cadeia Vitória-Trindade (Ilha da Trindade e Arquipélago de Martin Vaz)	14.a - Complexo de fonólitos, nefelinitos e piroclástica 14.b - Ruínas de cone vulcânico: piroclastos e lavas intercaladas 14.c - Depósitos holocênicos
	15 - Derrames de rochas vulcânicas da crosta oceânica e zona de ascensão magmática do Flanco Oeste da Cordilheira Mesoatlântica associada e sedimentação pelágica terrigena e vulcanogênica cenozoica	15.a - Depósitos argilosos associado a cinzas vulcânicas e afloramento de basaltos toleíticos