

Universidade Federal Fluminense

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia e Geofísica

Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra - DOT

Avaliação geomorfológica e caracterização de comunidades bentônicas em potencial ponto de descarte de material dragado na Plataforma Continental Interna, região adjacente à Baía do Espírito Santo, ES, Brasil

Fillipi Brandão Lagedo

Niterói

Outubro / 2017

Universidade Federal Fluminense
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia e Geofísica
Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra - DOT

Avaliação geomorfológica e caracterização de comunidades bentônicas em potencial ponto de descarte de material dragado na Plataforma Continental Interna, região adjacente à Baía do Espírito Santo, ES, Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra inserido no Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense para a Obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Estefan Monteiro da Fonseca
Co-orientador: Prof. Dr. Gilberto Tavares de Macedo Dias

Fillipi Brandão Lagedo

Niterói

Outubro / 2017

L174

Lagedo, Fillipi Brandão

Avaliação geomorfológica e caracterização de comunidades bentônicas em potencial ponto de descarte de material dragado na Plataforma Continental Interna, região adjacente à Baía do Espírito Santo, ES, Brasil / Fillipi Brandão Lagedo. – Niterói : [s.n.], 2017.

102 f.

Dissertação (Mestrado em Dinâmica dos Oceanos e da Terra) – Universidade Federal Fluminense, 2017.

1.Gerenciamento costeiro. 2.Dragagem. 3.Bentônico. 4.Sonar.
I.Título.

CDD 574.52636

FILLIPI BRANDÃO LAGEDO

Avaliação geomorfológica e caracterização de comunidades bentônicas em potencial ponto de descarte de material dragado na Plataforma Continental Interna, região adjacente à Baía do Espírito Santo, ES, Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra inserido no Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a Obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Geologia e Geofísica Marinha.

Aprovado em: 21/08/2017

BANCA EXAMINADORA

Estefan Monteiro da Fonseca

Gilberto Tavares de Macedo Dias

Cleverson Guizán Silva

Marcelo Sperle Dias

**Dedico este trabalho à minha
querida avó, Joaquina Rouças de
Aquino**

AGRADECIMENTOS

Nunca menos importante, reconheço a participação de todos que se encontram a minha volta no desenvolvimento deste trabalho. Os agradecimentos vão para a minha família e amigos, pessoas tão importantes, que, desde de abraços, carinho, atenção, suporte a até mensagens e energia positiva encaminhadas sempre apoiaram, e me apoiarão em minha trajetória de vida. À minha companheira, Aymee Pastana, que contribui de forma inimaginável para o meu crescimento e amadurecimento sempre com muito amor e carinho, e à toda a sua família querida que é presente em minha vida. À minha mãe e meu pai, que por mais comum seja ouvir sobre esses, são sim, o alicerce de minha vida, sempre me guiando para o melhor caminho com muito caráter e ética. A meu irmão que constantemente me envia energias positivas. À minha querida avó Joaquina, que acompanha a construção dessa família desde seus primeiros passos. Ao meu primo Thiago Lagedo, um especial agradecimento por me mostrar que as dificuldades não são impedimento para nada, na vida. Meu amigo Hugo Steiner, que me demonstra diariamente o significado de perseverança e que proporciona momentos de grande felicidade em minha vida. Não poderia deixar de agradecer ao meu orientador, Estefan Monteiro, por compartilhar de forma indiscriminada o seu conhecimento e grande experiência de vida comigo, me proporcionando momentos de reflexão e crescimento pessoal e profissional nessa jornada. Agradeço ao meu co-orientador, Gilberto Dias, pela contribuição com sua vasta experiência e olhar crítico e por proporcionar os levantamentos dos dados para este trabalho, assim como o apoio dos meus amigos de curso Rafael Cuellar, Luiz Henrique e Leonardo Lima, sempre acrescentando conhecimento aos meus dias. Todos que estão e passaram por minha vida nessa trajetória participaram da construção desse trabalho.

"Ser feliz não é ter uma vida perfeita, mas deixar de ser vítima dos problemas e se tornar o autor da própria história" – *Abraham Lincoln*

SUMÁRIO

1 - APRESENTAÇÃO.....	1
1.1 - Objetivo	2
2 - ÁREA DE ESTUDO	2
2.1 - Aspectos Geológicos e Geomorfológicos da área de estudo	4
2.2 - Aspectos Oceanográficos da área de estudo.....	16
2.3 - Dinâmica Sedimentar da área de estudo	21
2.4 - Aspectos sobre os organismos bentônicos	29
3 - METODOLOGIA	33
3.1 - Justificativa para a aplicação dos métodos	33
3.2 - Sistemas de aquisição de dados marinhos utilizados para o estudo.....	35
4 - RESULTADOS.....	42
5 - DISCUSSÃO.....	49
6 - CONCLUSÃO	67
ANEXO I – IMAGENS DE MERGULHOS SUBAQUÁTICOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área do estudo apresentado, na plataforma continental, plataforma continental interna do Espírito Santo.	3
Figura 2. Mapa geológico simplificado da região leste-nordeste da costa do Brasil, com indicação da zona intertropical de convergência de ventos. Fonte: Martin et al. (1979).	5
Figura 3. Curva clássica de isótopos do oxigênio de Shackleton (1987) obtida para o Oceano Pacífico fornecendo as tendências de variação do nível do mar, contraposta a dados cronoestratigráficos mais recentes de diferentes partes do mundo (Caribe, Noruega, Nova). Fonte: Simms et al. (2007).	7
Figura 4. Diagrama generalizado demonstrando a relação entre zonas climáticas para o Holoceno e Pleistoceno Superior (com base em dados bioestratigráficos) e as flutuações glacio-eustáticas do nível do mar, baseada em isótopos de oxigênio (estágios 1 a 6). Fonte: Modificado de Damuth (1977).	8
Figura 5. Curva de variação do nível relativo do mar de cerca de 30.000 anos AP até hoje, de acordo com dados obtidos na plataforma continental e na planície costeira do Rio Grande do Sul. Fonte: Modificado de Corrêa (1996).	9
Figura 6. Esquema genérico de uma zona costeira ilustrando a inserção de incisões fluviais ao longo de diferentes unidades geomorfológicas de uma margem continental submetida à queda eustática, uma das feições mais notórias observadas na área do presente estudo. Fonte: Modificado de Rosenthal (1988).	10
Figura 7. Trato de sistemas de mar baixo – TSMB (Lowstand System Tract) e leques de fundo de bacia ou de assoalho (PE = perfil de equilíbrio; NRM = nível relativo do mar). Fonte: (A) Modificado de Posamentier & Vail (1988) por Severiano Ribeiro (2001). (B) Modificado de Vail et al. (1991) por Assine & Perinotto.	11
Figura 8. Modelo batimétrico 3D da plataforma continental do Espírito Santo. Podem ser observados os paleocanais e as extensões da plataforma ao longo da região costeira do estado. Fonte: Bastos et al. (2015).	13
Figura 9. Linha de sísmica de alta resolução (equipamento tipo boomer) adquirida na plataforma continental interna em direção à região externa. Fonte: Bastos et al. (2015).	14
Figura 10. Perfil batimétrico na direção strike da costa brasileira, associado ao tipo sedimentar dominante no fundo marinho. Fonte: Bastos et al. (2015).	14
Figura 11. Configuração geológica/geomorfológica proposta por Martin et al. (1996). Fonte: Albino e Suguio et al. (2010).	15
Figura 12. Representação esquemática do Giro Subtropical do Atlântico Sul. Fonte: Peterson & Stramma (1991).	17
Figura 13. Mapa faciológico de sedimentos superficiais de uma porção da plataforma continental leste brasileira. Fonte: Modificado de Coleção de mapas, Série Projeto REMAC, nº 11 (Kowmann & Costa, 1979).	22
Figura 14. Mapa de recursos minerais de uma porção da plataforma continental leste brasileira. Fonte: Modificado de Coleção de mapas, Série Projeto REMAC, nº 11 (Amaral et al. 1979).	23
Figura 15. Modelo conceitual para a dispersão sedimentar ao longo da linha de costa da região leste-nordeste brasileira. Fonte: Dominguez et al., 1992.	24
Figura 16. Mapa de distribuição sedimentar da região estuarina do ES, segundo, a) Granulometria média (em mm). Fonte: Folk e Ward (1954). b) Teor de lama. Fonte: Bastos et al., 2007.	27
Figura 17. Mapa de classificação textural dos sedimentos na região estuarina do Espírito Santo, segundo a classificação de Folk (1954). Fonte: Júnior et al. (2009).	29
Figura 18. Distribuição dos corais negros da ordem Antipathidae, na margem continental brasileira, entre 13°S e 22°S. Fonte: Loiola et al. (2007).	31
Figura 19. Imagem registrada por sidescan sonar relacionada a área de estudada por Dias e Villaça, constatando a presença dos carbonatos na região. Fonte: Dias e Villaça (2012).	32
Figura 20. Alunos pós-graduandos da UFF realizando a configuração e organização dos equipamentos para levantamentos geofísicos na rea de estudo do presente trabalho.	36
Figura 21. Linhas de navegação em cor preta, propostas para levantamentos na área de estudado na adjcencia à Baía do Espírito Santo, Plataforma Continental Interna do estado.	37

<i>Figura 22. Os dois sistemas de batimetria de varredura – Monofeixe (utilizada para o estudo aqui apresentado) e Multi-feixe. As plataformas dos sonares navegam ao longo de uma linha com uma velocidade V. A área ensonificada apresenta uma resolução espacial ΔR, sendo no caso do multi-feixe dada pela intersecção das faixas de recepção e transmissão. Fonte: Adaptado de Volberg & Meurling, 2007.</i>	38
<i>Figura 23. À esquerda é observado o sistema de aquisição da batimetria. À direita é apresentada a haste de suporte ao o sensor acústico de aquisição batimétrica.</i>	38
<i>Figura 24. À esquerda são exibidos o (1) Processador Toppide do sistema do Sonar de Varredura Lateral e (2) A navegação no sistema Hypack. À direita é mostrado o Sonar de Varredura Lateral Edge-Tech 272-TD utilizado nos levantamentos sonográficos.</i>	39
<i>Figura 25. Esquema da geometria representada pela emissão de feixes do Sonar de Varredura Lateral (representado pelo círculo), imagem sonográfica e a correção Slant Range. Fonte: Cetto (2005).</i>	40
<i>Figura 26. Mergulhador se preparando para realização das filmagens submarinas na área do presente estudo.</i>	42
<i>Figura 27. Mapa batimétrico obtido à partir do levantamento em fevereiro de 2016, na área de estudo. Observa-se pouca variação de profundidade para o polígono da região estudada, com valores de profundidade que oscilam entre 33 e 40 metros.</i>	43
<i>Figura 28. Mosaico sonográfico reproduzido pelos dados obtidos à partir do levantamento através do sonar de varredura lateral, em fevereiro de 2016, na área de estudo na plataforma continental interna do Espírito Santo.</i>	45
<i>Figura 29. Mapa de Fácies da área estudada, desenvolvido a partir da consolidação do conjunto de dados obtidos pelo presente estudo na Plataforma Continental do Espírito Santo (dados batimétricos, mosaico sonográfico e observações pelas filmagens submarinas).</i>	49
<i>Figura 30. (a) O mapa batimétrico regional – REVIZEE (com a sobreposição do mapa batimétrico do atual estudo) da plataforma continental interna do Espírito Santo, com a indicação da presença do paleocanal do rio Jucu. (b) A imagem de sonar do paleocanal do rio Jucu. Fonte: Adaptado de Dias & Pereira (1996).</i>	55
<i>Figura 31. Levantamentos geofísicos obtidos por Cetto (2009) na região do paleocanal de Guarapari. (A) Localização da linha sísmica. (B) Registro sísmico de 10 KHz cortando o canal obliquamente. (C) Linha de registro sonográfico com pontos de amostragem sedimentar. Fonte: Cetto (2009).</i>	59

ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1. Coordenadas geográficas e UTM dos pontos de filmagem subaquática. 46

Quadro 1. Seleção de imagens obtidas através das filmagens submarinas, representando a biota aquática e sedimentação da região de estudo na Plataforma Continental interna do Espírito Santo, em região adjacente à Baía do Espírito Santo. 47

RESUMO

O descarte de material dragado está entre uma das principais atividades inerentes a problemas relacionados ao gerenciamento costeiro. A sedimentação ocasionada pelos depósitos de material dragado representa uma série de impactos ao ambiente marinho, incluindo o soterramento de espécies, e o sufocamento de organismos bentônicos. Para o presente estudo foi realizado o mapeamento do ambiente do assoalho oceânico para a avaliação ecológica de fundo marinho na plataforma continental interna do estado do Espírito Santo, em região adjunta à Baía do Espírito Santo. Foram obtidas imagens acústicas do fundo marinho através da utilização de um sistema de sonar de varredura lateral para a caracterização da textura sedimentar. Além disso, foram adquiridas imagens a partir de filmagens subaquáticas, confirmando a presença da comunidade biótica existente na região. O levantamento batimétrico revelou um fundo relativamente plano e homogêneo, com a presença de um seguimento de um paleocanal. Elevações suaves foram observadas e caracterizadas como concreções carbonáticas biogênicas. As filmagens subaquáticas indicaram uma composição bentônica heterogênea ao longo dos pontos amostrais selecionados, apresentando espécies em extinção, como corais *Antipatharia*. A considerável presença dessa rica comunidade bentônica realçou a necessidade de estudos aprofundados para os diagnósticos da importância da área investigada e da comunidade de organismos observada e os possíveis impactos ocasionados pela disposição de material dragado sobre essas comunidades.

Palavras-Chave: Dragagem, Bentônico, Gerenciamento Costeiro, Sonar

ABSTRACT

Dredge material placement is among the major problems in coastal management. Sedimentation caused by dredge-spoil disposal presents a series of impacts, including the burial of benthos and the drowning of filter-feeding benthic organisms. The goal of the present study is to map the ocean floor environment to evaluate the ecology on the continental intern shelf of the Espírito Santo state, in adjacent área to the Espírito Santo bay. Sea bottom acoustic images were obtained using a side scan sonar system to characterize sediment texture. Additionally, sub aquatic images were taken to confirm biota communities' existence. The bathymetric survey revealed a relatively flat and homogenous bottom, with the presence of a paleochannel. Smooth elevations were found and characterized as calcareous biogenic concretions. Sub aquatic video images, on the other hand, revealed a heterogeneous benthic composition through the sampling stations, presenting species in extinction like *Antipatharia* corals. The significant presence of a rich benthic community highlighted the need of further studies in order to diagnose the importance of the site for these communities and further, potential impacts resulted from dredging residues disposal.

1 - APRESENTAÇÃO

As regiões costeiras são consideradas fundamentais ao longo da história humana, como fonte primária de água, alimentos e por ser um ambiente tipicamente favorável ao estabelecimento. Por outro lado, essas áreas também são a porta de entrada para o comércio marítimo e as principais cidades do mundo se desenvolveram ao longo da margem.

O contínuo crescimento populacional no planeta coloca em cheque o frágil balanceamento do ambiente costeiro marinho. Além disso, a expansão dos conceitos de conservação do ecossistema através do seu correto gerenciamento é extremamente necessária, de acordo com Harris (2009). Como equiparação, ao realizar estudos sobre a evolução no crescimento populacional no Estados Unidos, Nichols (2014) enfatiza que considerando o contínuo crescimento da população americana, previsões indicam que 75% dos habitantes americanos residirão em regiões costeiras.

As atividades de dragagem podem ser conduzidas pelos propósitos apresentados: (1) manterem a navegabilidade em regiões portuárias, baías e em canais; (2) criação e estabilização de regiões portuárias; (3) desassoreamento de corpos hídricos; (4) alargamentos de corpos hídricos; (5) implantações de sistemas de drenagem artificiais e/ou naturais; e dentre outras aplicações no setor socioeconômico. No entanto, a remoção de sedimentos dessas áreas pode proporcionar impactos em espécies marinhas e seus respectivos habitats. Esses impactos podem se dar por mudanças físicas ou químicas no sítio de deposição final do material dragado.

Apesar da insuficiência nos estudos de populações e no monitoramento demográfico tornarem difícil o estabelecimento de um status para grande parte dos organismos marinhos bentônicos, as atividades de dragagem causam, de fato, variações no ambiente, e podem ser extremamente danosas a esses organismos bentônicos vivos.

1.1 - Objetivo

O presente trabalho teve como finalidade a caracterização da região de fundo marinho, na plataforma continental interna do estado do Espírito Santo, em região adjacente à Baía do Espírito Santo, designada ao despejo de material proveniente da atividade de dragagem. Seu principal objetivo foi a análise da importância ecológica desse potencial sítio de deposição de material, através da observação dos dados obtidos através de métodos geofísicos marinhos rasos e filmanges aquáticas que proporcionaram a visualização dos organismos bentônicos presentes na área de despejo.

2 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se em porção marinha, na plataforma continental do Espírito Santo à sudeste da cidade de Vitória, no estado do Espírito Santo (Figura 1). A plataforma continental do Espírito Santo está situada à leste do oceano Atlântico Sul. Nessa região, a plataforma continental varia de 40 a 70 km em largura, com relação a área de estudo, regiões de menor largura à norte, e sua parte mais estreita ao sul.

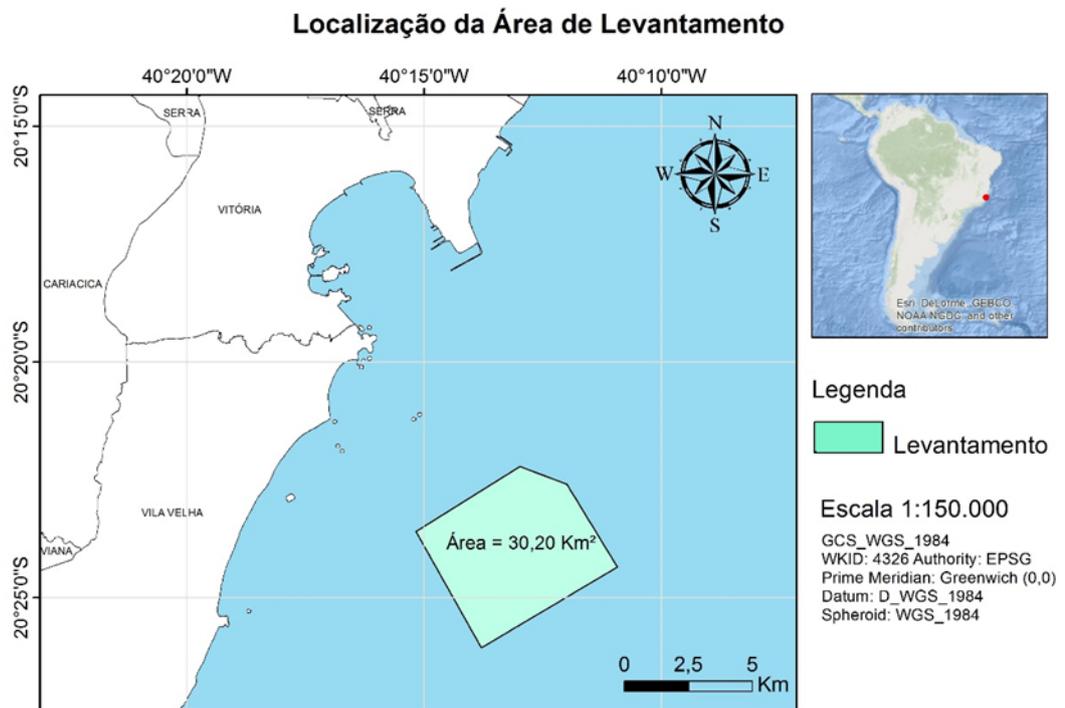


Figura 1. Área do estudo apresentado, na plataforma continental, plataforma continental interna do Espírito Santo.

O ambiente físico oceanográfico da plataforma continental do Espírito Santo é controlado pela CB (Corrente Brasileira) nos regimes de correntes e ventos marítimos (Silveira *et al.*, 2000). Foram realizados estudos sobre a circulação marítima na plataforma continental por diversos autores, que definiram circulações originadas por ventos (Stech; Lorenzzetti, 1992) e com influência em larga escala (Schmidt *et al.*, 1995; Fernandes *et al.*, 2009).

De acordo com os estudos conduzidos por Dominguez (2004), a costa leste brasileira, onde é situada a área do presente estudo, é caracterizada por receber grande quantidade de sedimentos devido ao clima húmido intrínseco à região, e à presença de rios de extensas larguras (capacidades altas de transporte) que drenam áreas montanhosas na parte continental.

A região classifica-se como costeira deltaica dominada por ondas, dominada por linhas de praia na planície de costa, resultado da interação histórica de mudanças na desembocadura da foz de rios culminantes à área, variações de nível do mar, além das variações nos padrões de correntes de longo termo. Essas mudanças são controladas principalmente por circulações atmosféricas e descargas de rios (Dominguez & Wanless 1991; Dominguez *et al.* 1992; Dominguez 2004).

Dado o crescimento regional e a presença de reservas de óleo e gás na plataforma continental, os estudos sob esse ambiente marinho constituem papel essencial no estabelecimento de planos de gerenciamento ambiental e controle de impactos, assim como durante a exploração desses recursos de minerais e organismos vivo.

A área da plataforma continental na costa do estado do Espírito Santo engloba grandes campos de exploração de óleo, concentrando sua produção nas bacias de Campo e do Espírito Santo. Em complemento, nessa área em que se encontra o presente estudo está localizado um dos maiores complexos portuários do Brasil, responsável pelo comércio marítimo de abrangente área do mercado de minerais e celulose. Outras atividades importantes dessa região incluem a pesca artesanal, turismo e navegação (Chacaltana *et al.*, 2016).

2.1 - Aspectos Geológicos e Geomorfológicos da área de estudo

A evolução geológica e geomorfológica das margens continentais ocorre a partir de fatores físicos e químicos, que se estabelecem em ciclos do planeta (Kowsmann & Costa, 1979; Suguio, 1985).

A principal engrenagem para a ocorrência de tais fenômenos durante o Quaternário foi a eustasia – as variações reais do nível marinho – que interagem com modificações do nível dos continentes (tectonismo e isostasia) na contabilização de flutuações relativas do nível do mar. Devido a este processo, transcorrem-se reflexões desses padrões em mudanças meteorológicas e na temperatura terrestre, subsidiando os períodos glaciais e interglaciais, em conjunto com o avanço e recuo das calotas polares (Suguio, 1999).

As sequências sedimentares em regiões costeiras são preferencialmente depositadas durante uma estabilização ou início de subida do nível marinho, e, em contrapartida, descidas relativas no nível do mar estão relacionadas às fases não-depositivas de ambientes costeiros (Dominguez, 1992).

Apesar de existirem diversos estudos relacionando características de depósitos sedimentares costeiros, Dominguez (1992) ainda destaca a insuficiência de estudos sobre o papel das variações climáticas nos processos costeiros decorrentes, como por exemplo, a atividade eólica, que atua como fator determinante ao longo de diversas linhas de costa pelo planeta, e não se mostra como um tema de abordagem abrangente pelos cientistas.

A região costeira à leste/nordeste do Brasil caracteriza-se por uma área dominada por ondas, com regime de maré micro a médio, submetida à janela do cinturão de ventos do Atlântico sul. (Figura 2).

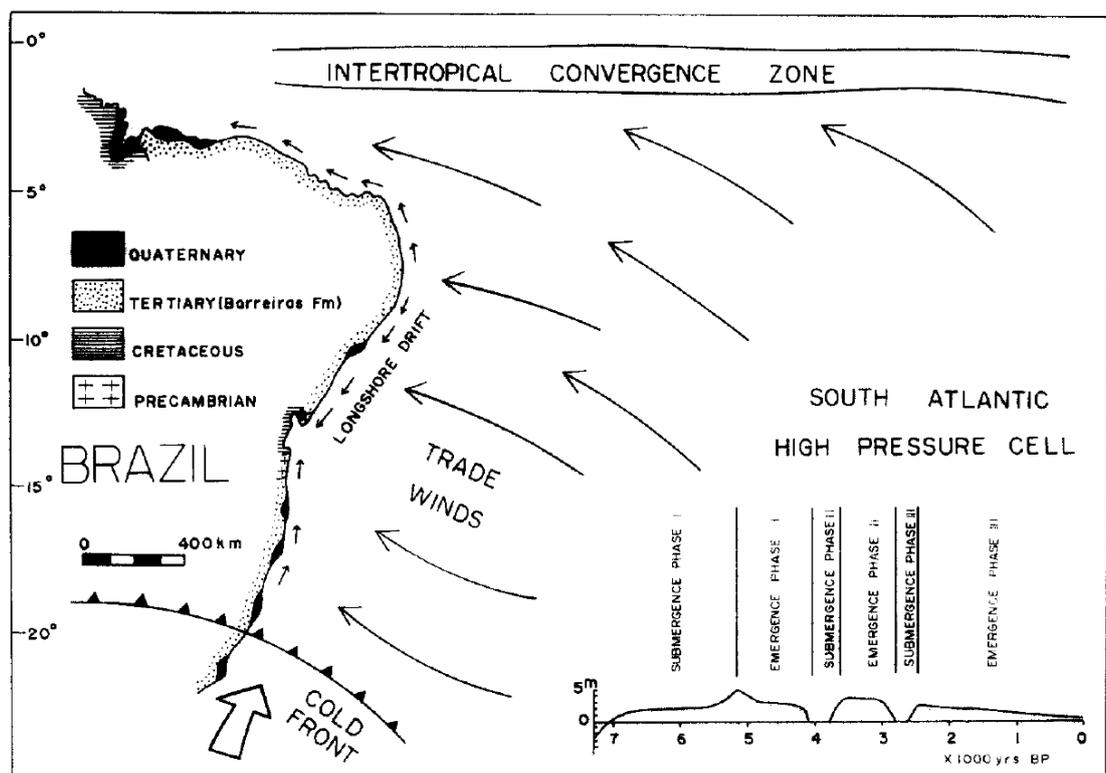


Figura 2. Mapa geológico simplificado da região leste-nordeste da costa do Brasil, com indicação da zona intertropical de convergência de ventos. Fonte: Martin et. al. (1979).

O quadro da morfologia moderna da plataforma continental é fortemente influenciado pelas variações do nível do mar ocorridas do período do Quaternário, quando eventos frequentes de transgressões e regressões marinhas determinaram as distintas configurações de regimes sedimentares ao longo da região costeira.

Estudos de caracterização do território nacional por imagens de satélite conduzidos pelo Projeto RADAMBRASIL (1983) indicaram que a região estuarina do estado do Espírito Santo é composta por três unidades geomorfológicas diferentes: as Colinas e Maciços Costeiros, constituídos por maciços rochosos de origem ígnea que formam o arquipélago de Vitória, localizado na parte centro sul do sistema costeiro; os Tabuleiros Costeiros, representada pela Formação Barreiras e ocupando a região ao Norte do sistema; e por fim, as Planícies Costeiras, formadas por sedimentos quaternários provenientes das unidades anteriores e da chegada de sedimentos fluviais, situando-se principalmente em regiões praias, planícies fluvio-marinhas e regiões de manguezais (Projeto RADAMBRASIL, 1983).

Tratando-se de processos de longo-termo, a plataforma continental leste brasileira foi submetida a uma abrupta transgressão do nível do mar, atingindo valores de altura do nível marinho entre 2 e 5 metros de altura acima dos valores da atualidade, ocorridos há cerca de 5000 anos (Ângulo *et. al.*, 2006; Martin *et al.*, 2003). Seguida a transgressão, o período transcorrido até a atualidade é caracterizado por uma descida relativa do nível do mar, definindo então a região como uma linha de costa regressiva. Esta fase está estritamente associada ao desenvolvimento de deltas e planícies costeiras ao longo da planície do delta do Rio Doce e à planície de Caravelas (Bastos, 2012).

Conforme observações de Bastos *et al.* (2015), existem variações na extensão da plataforma continental do Espírito Santo. De Guarapari ao Rio Doce, a largura da plataforma está entre 50 e 60 km, com quebra de plataforma em cerca de 60 e 70 metros de profundidade. Já na região da baía de Vitória, a plataforma se estende ao longo de cerca de 10 km apenas, conforme Bastos *et al.* (2015) descreve, há o afinamento da plataforma e ocorre a transição na sedimentação terrígena para um misto, conforme observado no presente estudo. Os rodolitos

são encontrados com frequência em regiões com profundidades maiores que 40 metros (Bastos *et al.*, 2015).

Marcado por período de resfriamento do planeta e regressões do nível do mar, o último ciclo eustático de alta frequência observado na Terra ocorreu durante o Pleistoceno Superior, com seu clímax referindo-se ao último Máximo Glacial e marcado pela transição para um período de aquecimento global, que revela a transgressão holocênica. As descontinuidades e hiatos litológicos observados por todo o planeta são a referência desse marco, que confirmam sua correspondência, além de serem bem definidas temporalmente por inflexões em curvas de variação do nível do mar, observadas nas Figuras 3 e 4.

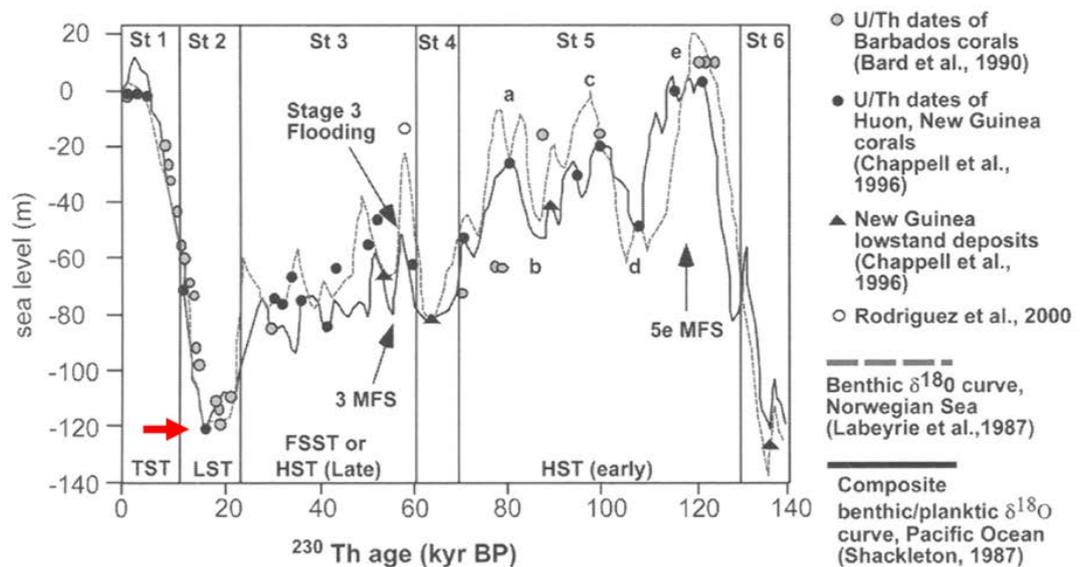


Figura 3. Curva clássica de isótopos do oxigênio de Shackleton (1987) obtida para o Oceano Pacífico fornecendo as tendências de variação do nível do mar, contraposta a dados cronoestratigráficos mais recentes de diferentes partes do mundo (Caribe, Noruega, Nova). Fonte: Simms *et al.* (2007).

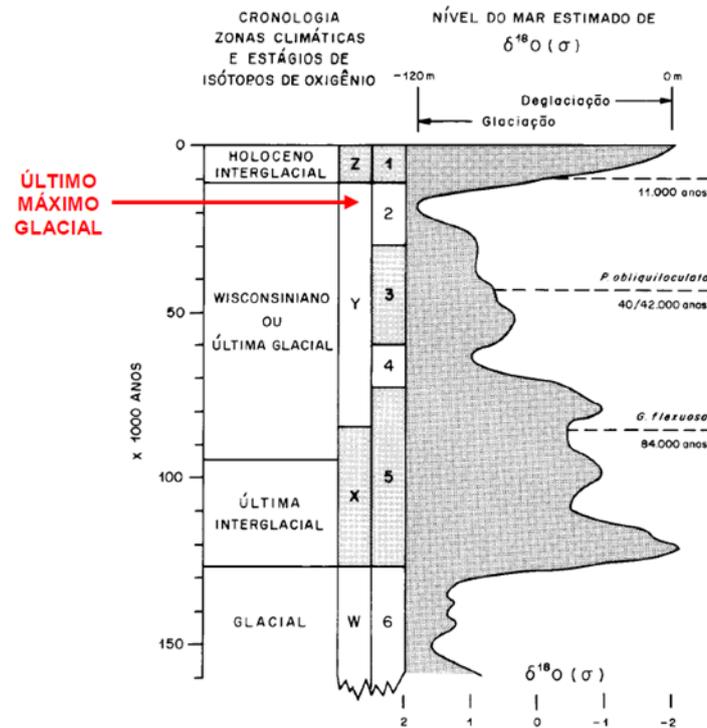


Figura 4. Diagrama generalizado demonstrando a relação entre zonas climáticas para o Holoceno e Pleistoceno Superior (com base em dados bioestratigráficos) e as flutuações glacio-eustáticas do nível do mar, baseada em isótopos de oxigênio (estágios 1 a 6). Fonte: Modificado de Damuth (1977).

Com sua margem tectonicamente estável, a plataforma continental do Rio Grande do Sul serve como base para ponderações na curva de variação do nível do mar para aproximadamente os últimos 30.000 anos, de acordo com Côrrea (1996). O limite de regressão pleistocênica máxima (Último Máximo Glacial) teria acontecido a cerca de 17.500 anos, quando o nível do mar se encontrava entre 120 e 130 metros abaixo do nível atual (Figura 5).

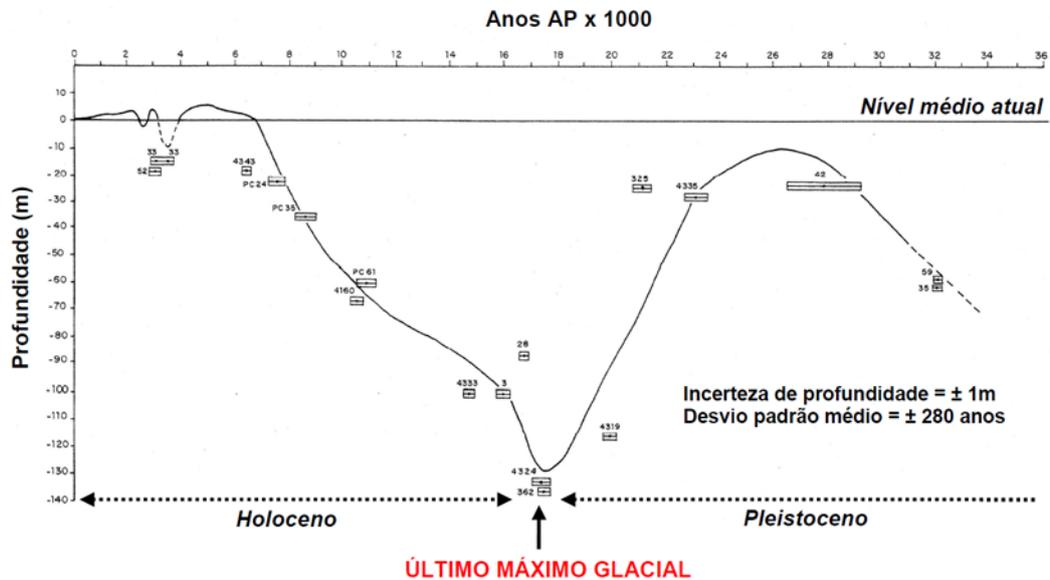


Figura 5. Curva de variação do nível relativo do mar de cerca de 30.000 anos AP até hoje, de acordo com dados obtidos na plataforma continental e na planície costeira do Rio Grande do Sul. Fonte: Modificado de Corrêa (1996).

Evidências dessas flutuações do nível marinho foram citadas por diversos autores em décadas passadas, como Hartt (1870), Branner (1902, 1904), Freitas (1951) e Bigarella (1965). Contudo, essas variações foram analisadas inicialmente do ponto de vista geomorfológico, e foram assumidas como eventos da idade do Terciário, enquanto estudos conduzidos por Martin *et al.* (1996) demonstram flutuações do nível do mar que foram datadas do período Quaternário.

Toda a plataforma continental brasileira achava-se exposta subaereamente, no período holocênico, conforme indicado por Kowsmann & Costa (1979), com exceção da plataforma externa da região sul. Assim, nesse período as feições morfológicas de incisão se estabeleceram com maior notoriedade; feições erosivas tipicamente encontradas em margens passivas, produzidas pelo rejuvenescimento das correntes fluviais, à medida que essas passaram a se adaptar a novos níveis de base ao longo do terreno (Assine & Perinotto, 2001; Severiano Ribeiro, 2001), como pode ser observado na Figura 6.

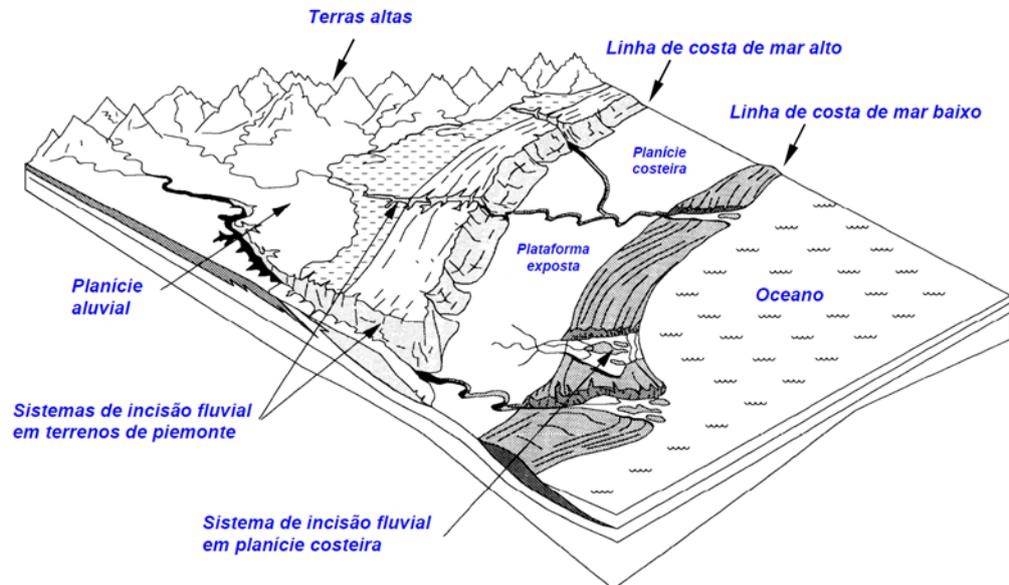


Figura 6. Esquema genérico de uma zona costeira ilustrando a inserção de incisões fluviais ao longo de diferentes unidades geomorfológicas de uma margem continental submetida à queda eustática, uma das feições mais notórias observadas na área do presente estudo. Fonte: Modificado de Rosenthal (1988).

Através desses vales incisos os sedimentos erodidos são carregados até a porção superior do talude continental, onde acontecem os escorregamentos em massa (splums) e fluxos de massa ocasionados pelos elevados gradientes topográficos.

Como demonstrado em esquema apresentado na Figura 7, os cânions submarinos se formam no talude, especialmente ao largo dos principais rios que chegam a costa; onde preferencialmente se desenvolvem as correntes de turbidez, que transportam sedimentos diretamente para as partes mais profundas da bacia (Assine & Perinotto, 2001).

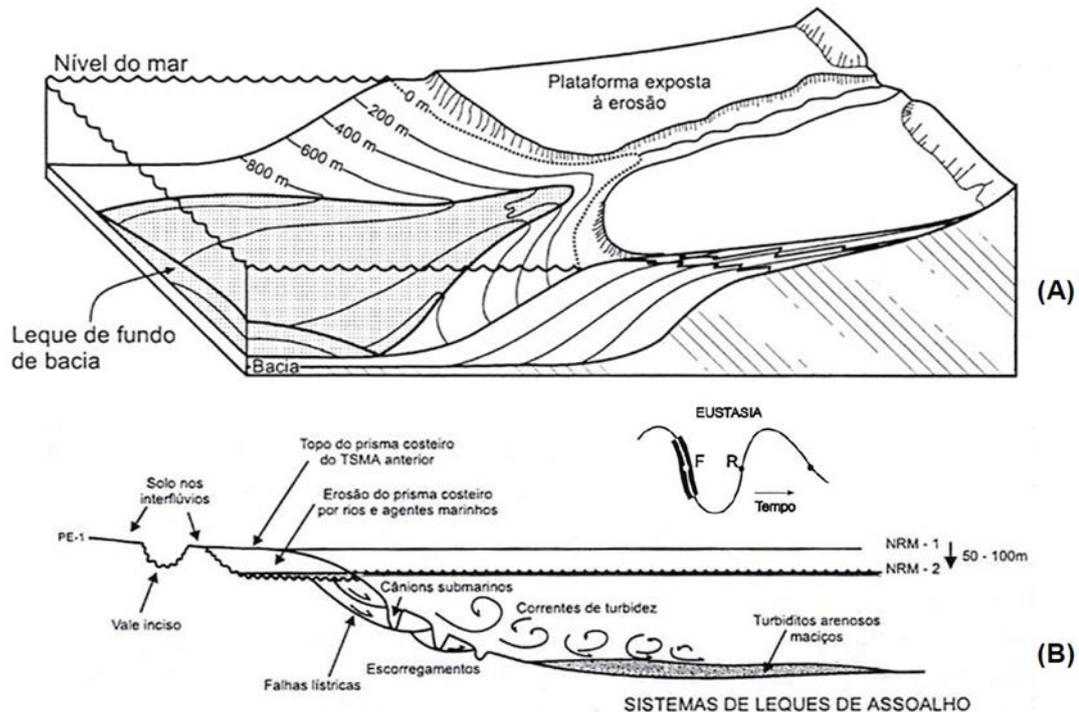


Figura 7. Trato de sistemas de mar baixo – TSMB (Lowstand System Tract) e leques de fundo de bacia ou de assoalho (PE = perfil de equilíbrio; NRM = nível relativo do mar). Fonte: (A) Modificado de Posamentier & Vail (1988) por Severiano Ribeiro (2001). (B) Modificado de Vail et. al. (1991) por Assine & Perinotto.

Quando o nível do mar atinge sua posição mais inferior, o aprofundamento dos talwegues reduz progressivamente à medida que fica mais próximo do perfil de equilíbrio. A incisão dos vales continua a ocorrer, principalmente pelo deslocamento em direção ao continente do knick point (denominada cabeceira do vale inciso) pela erosão retrocedente.

Mais tarde, com o nível do mar em lenta elevação, a incisão cessa e a deposição fluvial passa a ocorrer por agradação no fundo dos vales fluviais. Configura-se dessa forma o início da transgressão marinha; a linha de costa desloca-se para o interior do continente e o sistema de plataforma externa passa a ocupar sítios geográficos anteriormente ocupados pelos tratos deposicionais costeiros, enquanto os vales incisos são afogados, tornando-se sistemas estuarinos (Assine & Perinotto, 2001).

Logo, as incisões fluviais pleistocênicas podem ser observadas nas margens continentais durante os dias atuais através de diferentes perspectivas geomorfológicas, como resultado das condições de remobilização e retrabalhamento dos depósitos sedimentares coexistentes e pré-existentes, experimentadas durante o processo de submersão da plataforma continental; e, em última instância, como decorrência dos processos deposicionais do presente, já com a efetiva implantação do trato de sistemas de mar alto, de acordo com Cetto (2009).

O mesmo autor também infere que o trato de sistema de mar alto pode assumir características diferenciadas em escala regional ou local, relacionadas à predominância de uma sedimentação de origem alóctone, com altas taxas de aportes terrígenos; ou de uma sedimentação de origem autóctone, com relativamente baixas taxas deposicionais, intimamente relacionadas ao crescimento biogênico de natureza carbonática.

Bastos *et al.* (2015), apresentou em seu estudo o mapa batimétrico exibido na Figura 8, corroborando registros batimétricos ao longo da região de influência da área de estudo, e delimitando a quebra de plataforma para a região do Rio Doce ao norte do estado do Espírito Santo, até a região mais ao sul, em Guarapari. Também podem ser observadas as estruturas dos paleocanais na plataforma.

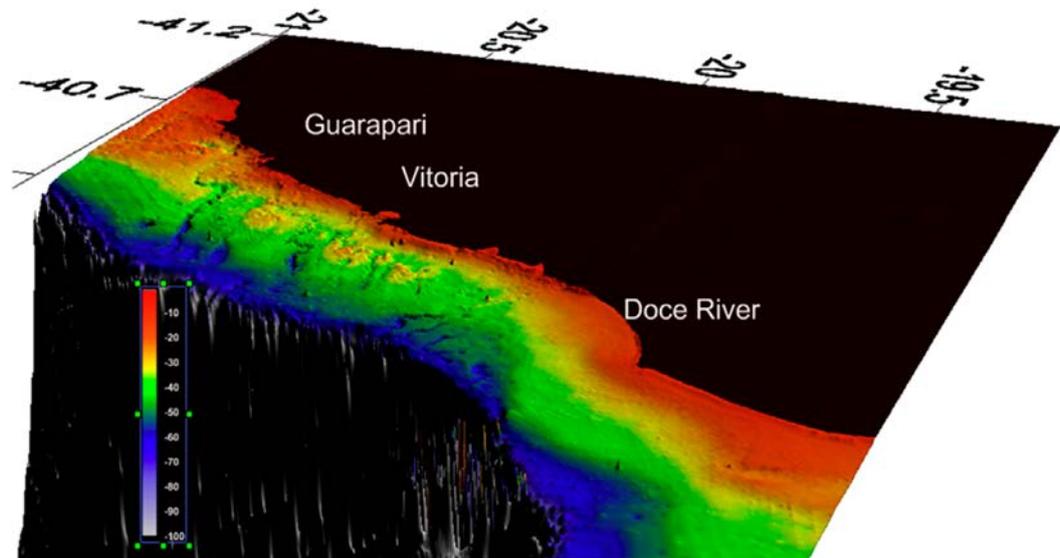


Figura 8. Modelo batimétrico 3D da plataforma continental do Espírito Santo. Podem ser observados os paleocanais e as extensões da plataforma ao longo da região costeira do estado. Fonte: Bastos et al. (2015).

Além de tudo, os dados batimétricos podem representar variações significativas nos padrões geomorfológicos do fundo, através da delimitação das isóbatas das profundidades em contrapartida á análise dos padrões de estruturas e sedimentos observados em cada faixa de profundidade observada.

Em paralelo às interpretações guarnecidas pelos dados de sonogramas e mapas batimétricos, a caracterização do subfundo realizada por Bastos *et al.* (2015), através da aplicação de métodos de sísmica de alta resolução (boomer), identificou a similaridade na geometria e nos tipos de depósitos sedimentares holocênicos e pleistocênicos, onde são observadas a estruturação geomorfológicas de clinofomas siliciclásticas progradantes, regiões de fauna bentônica (e suas erosões por exposições subaéreas), e acamamentos de rodolitos, nos pacotes sedimentares da plataforma continental do Espírito Santo (Figura 9).

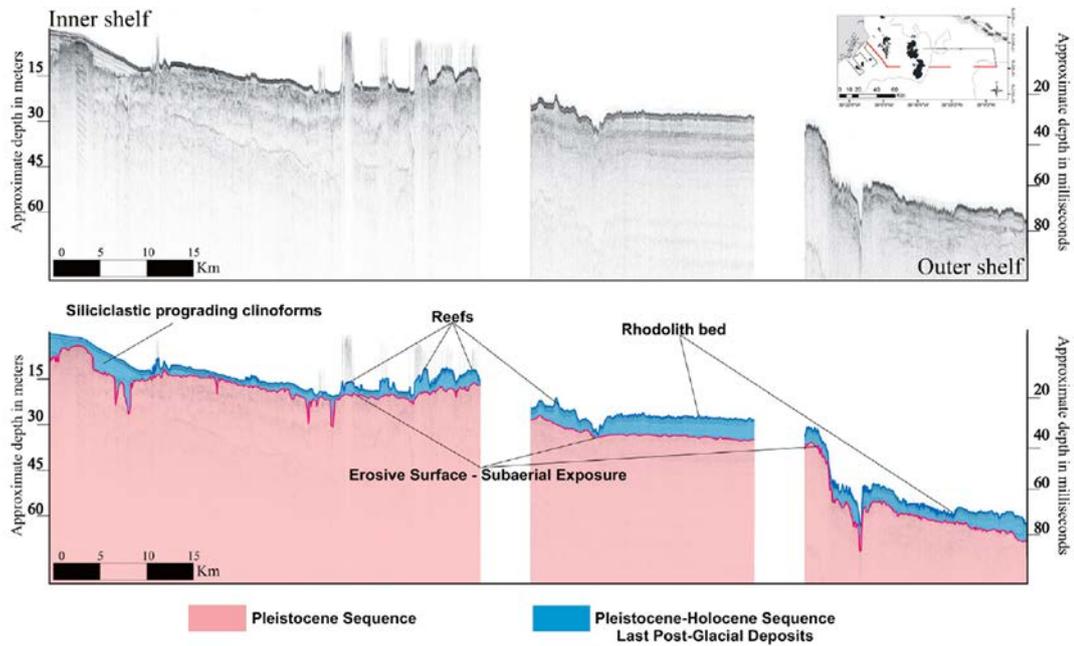


Figura 9. Linha de sísmica de alta resolução (equipamento tipo boomer) adquirida na plataforma continental interna em direção à região externa. Fonte: Bastos *et al.* (2015).

Ao compilar dados de batimetria da plataforma continental estendendo-se pela costa brasileira, desde o sul do estado do Espírito Santo à norte da plataforma em Abrolhos (estado da Bahia), Bastos *et al.* (2015) obteve um perfil batimétrico em strike de toda a área (Figura 10) contrastando os tipos de acomodações sedimentares observadas em cada região específica.

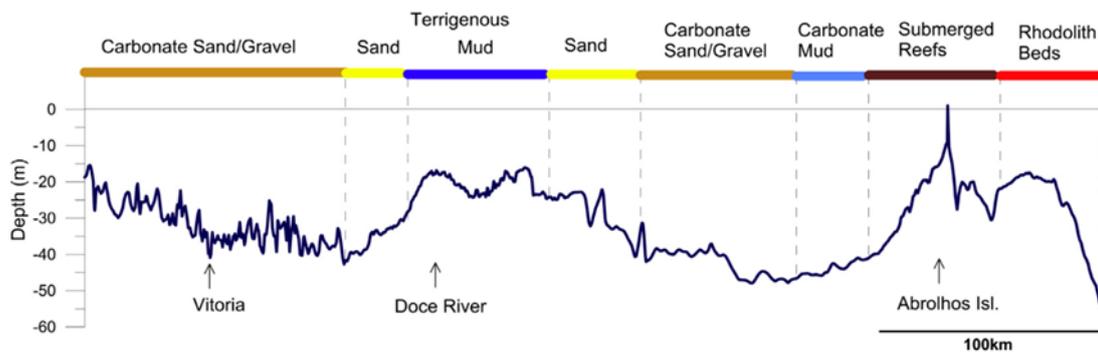


Figura 10. Perfil batimétrico na direção strike da costa brasileira, associado ao tipo sedimentar dominante no fundo marinho. Fonte: Bastos *et al.* (2015).

Corroborando a divisão das unidades geomorfológicas da região de estudo, Albino & Suguio *et al.* (2010) reconheceram quatro unidades geomorfológicas, na região deltaica do Rio Doce: (1) uma área montanhosa composta por rochas cristalinas datadas do pré-cambriano e intemperizadas, onde é encontrado um sistema de drenagem multidirecional dendrítico; (2) uma área plana constituída de depósitos continentais da Formação Barreiras (Neogenio), com vales subparalelos, e sistema de drenagem com declividade suave em direção ao oceano; (3) uma área costeira plana, com sedimentos fluviais, transicionais e marinhos rasos, depositados durante variações do nível marinho recente, no Quaternário (Martin e Suguio, 1992); e (4) uma região de plataforma continental interna, com aproximadamente 50 km de comprimento na área de foz do Rio Doce, e, sua extensão para o norte se deu durante eventos vulcânicos do Cenozoico, que originaram a região de Abrolhos (Asmus *et al.*, 1971). Os tipos de depósitos podem ser observados na Figura 11.

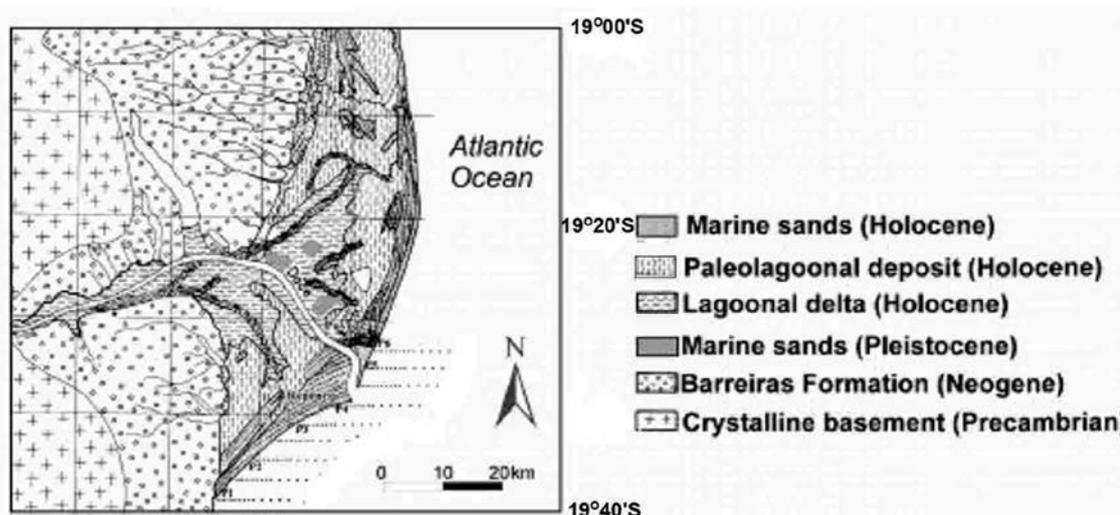


Figura 11. Configuração geológica/geomorfológica proposta por Martin *et al.* (1996). Fonte: Albino & Suguio *et al.* (2010).

Em concordância com os conceitos abordados por Ponte e Asmus *et al.* (1978), a evolução das bacias sedimentares da margem continental brasileira apresenta quatro estágios tectônicos, os quais são: Pré-rifte, Rifte e Pós-Rifte (onde se encaixam o proto-oceânico e marinho aberto).

2.2 - Aspectos Oceanográficos da área de estudo

Em diferentes ambientes, processos costeiros dinâmicos podem atuar de diversas formas. Ao se caracterizar um sistema, um dos principais objetivos é a identificação de fatores dominantes neste, sempre sendo levado em conta que os sistemas costeiros envolvem mútua integração entre o ar, água e a terra.

A oceanografia física do ambiente da plataforma continental da bacia do Espírito Santo é controlada pelo regime brasileiro de correntes marítimas e ventos, conhecida como Corrente do Brasil (CB), de acordo com Silveira *et al.* (2000).

Ainda segundo o autor, a CB é a corrente de contorno oeste que está associada ao Giro Subtropical do Atlântico Sul (Figura 12). Origina-se ao sul, de 10°S latitudinais, na região onde o ramo mais ao sul da Corrente Sul Equatorial (CSE) se bifurca formando também a Corrente do Norte do Brasil (CNB), segundo Stramma (1991); Silveira *et al.*, (1994).

Por fim, a CB flui para o sul, circundando o continente sul-americano até a região da Convergência Subtropical (33-38 °S), onde converge com a Corrente das Malvinas e se separa da costa brasileira. Fluindo no entorno de margens continentais, as correntes de contorno são caracterizadas por seus fluxos intensos, estreitos e bem definidos.

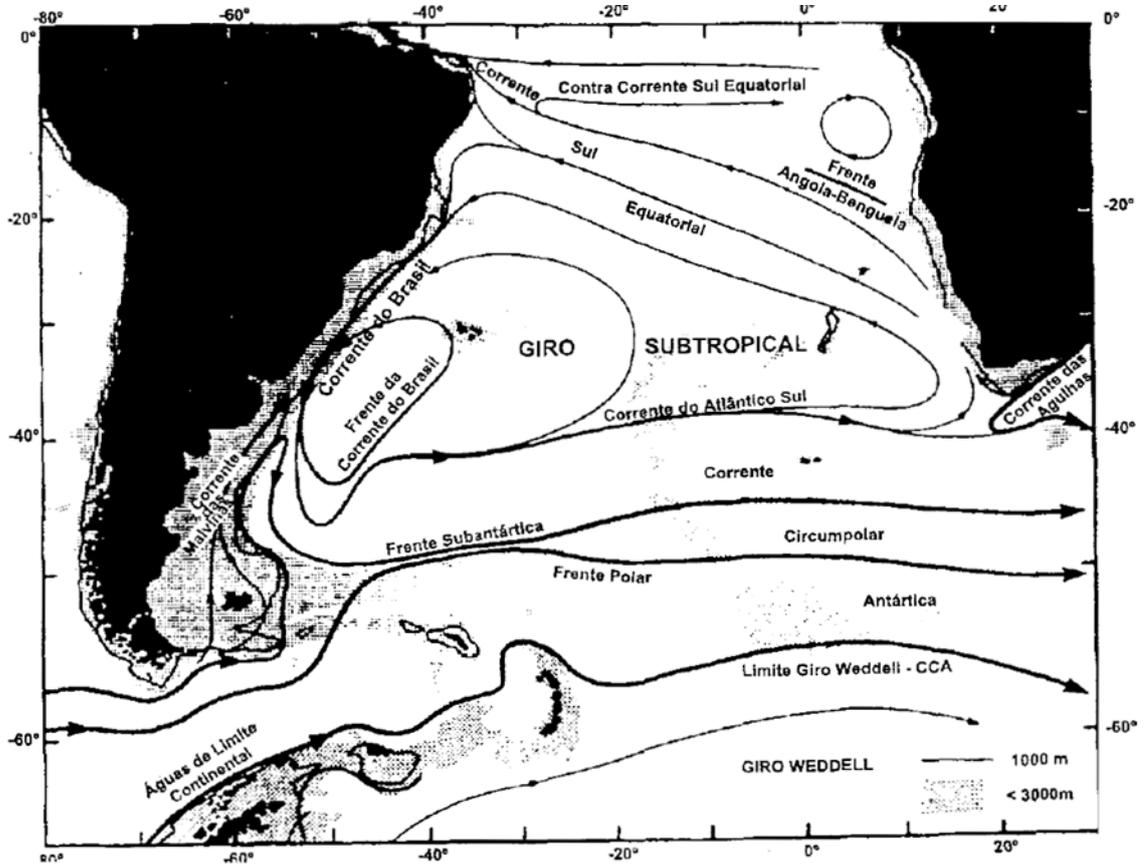


Figura 12. Representação esquemática do Giro Subtropical do Atlântico Sul. Fonte: Peterson & Stramma (1991).

Tratando-se da velocidade de corrente, a maioria das estimativas de transporte calculados para a CB tem se concentrado em duas regiões: próximo ao Rio de Janeiro e na Zona de Confluência Brasil-Malvinas (Silveira *et al.*, 2000). O efeito de ondas climáticas na região costeira brasileira foi deduzido por publicações de estatísticas das ondas (Hogben e Lumb, 1967; U.S. Navy, 1978) e pelo conhecimento do mecanismo responsável pela geração das ondas no oceano Atlântico Sul (Dominguez, 1992).

As variações climáticas regionais influenciam diretamente na dinâmica oceânica, assim como na energia da formação de ondas e correntes. Dessa forma, a passagem de frentes frias é um evento comum durante o ano na região sudeste do Brasil, ocorrendo em uma média de 5 a 6 vezes por mês, com maior frequência e intensidade no inverno (CPTEC: Centro de

previsão do Tempo e Estudos Climáticos, INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, disponível em www.cptec.inpe.br/prevnum/).

Assim, as frentes frias propagam-se na direção Sudoeste-Nordeste pela região Sul brasileira, com uma velocidade média de 500km/dia, cruzando a região em 2 dias (Stech & Lorenzetti, 1992).

A costa é caracterizada por chuvas tropicais de verão e primavera, com períodos de seca durante o outono e inverno. No entanto, podem ocorrer chuvas durante o inverno e outono, devido a incursões periódicas de frentes frias, e os ventos de maior frequência e intensidade ocorrem nas direções nordeste/ leste-nordeste e sudeste (Albino & Suguio., 2010).

Ainda de acordo com a autora, os ventos na direção nordeste sopram durante quase todo o ano, e associam-se aos ventos alísios, enquanto os ventos de direção sudeste estão relacionados à advecções polares (transmissões de calor pelo deslocamento de massas atmosféricas), e atingem a área do atual estudo periodicamente.

Estudos realizados por Melo & Gonzalez (1995) apontam que as frentes de ondas mais relevantes e de maior efetividade são provenientes das direções leste-nordeste ou sul-sudeste e podem ser associadas majoritariamente aos padrões de ventos mencionados anteriormente.

Os aspectos oceanográficos mencionados anteriormente atuam expressivamente em sistemas costeiros de águas rasas, provocando alterações significativas na sedimentação pelágica e em comunidades bentônicas dessas regiões. Essas alterações nos padrões dos ambientes são atribuídas principalmente à eventos climáticos esporádicos, de maior escala de abrangência, como por exemplo tempestades que levam a homogeneização da coluna d'água e retrabalhamento de sedimentos grossos (Dobb & Vozarik, 1983), ou varrições na intensidade de ventos imprevistas (De Jonge & Van Beusekom, 1995).

A conjectura da atuação das marés em ambientes costeiros também se apresenta como ferramenta fundamental para o entendimento do estabelecimento de correntes e circulação de massas d'água, tanto quanto de comunidades de organismos marinhos. O conhecimento da circulação da maré induzida astronômica é o primeiro passo para o entendimento da

circulação costeira em baías, estuários e também em áreas da plataforma continental (Chacaltana, 2016).

No Brasil, alguns estudos de propagação de marés foram conduzidos com principal foco na região de plataforma continental e circulação costeira do estado de São Paulo, como os de Harari & Camargo (1994, 1998, 2003), Mesquita (2003), Camargo & Harari (2003); no entanto, esse tipo de estudo ainda não foi realizado para a região da plataforma continental no Espírito Santo.

Se tratando do sistema estuarino da região costeira do estado do Espírito Santo constata-se que a dinâmica é dominada majoritariamente pelas marés, sendo elas classificadas como micromarés (marés com amplitudes menores a 2 metros) semidiurnas, com pequenas desigualdades diurnas (Chacaltana *et al.*, 2003; Rigo, 2004).

Da mesma forma que os mesmos autores observaram que as áreas de manguezal na Baía de Vitória são intrinsecamente responsáveis pelo aumento das velocidades das correntes presentes no interior da baía, e suas mudanças de contorno proporcionam o surgimento de regiões de estreitamento artificiais, que interferem parcialmente nessas correntes e no comportamento da maré ao longo do estuário, que por sua vez, contribui na descarga sedimentar em regiões afora da baía, ou seja, na plataforma continental, próximo à baía do Espírito Santo.

Devido a presença dos canais na região da baía de Vitória (todos culminando para uma desembocadura na Baía do Espírito Santo), é registrada a presença de uma convergência barotrópica – uma região de variações de pressão – resultado do encontro das frentes de maré que se propagam por esses canais, sendo essa área denominada inicialmente por Sarmiento (1993), e posteriormente, por Maciel *et al.* (2003) e Rigo (2004) como “tombo” de maré.

A variação de correntes do sistema de descarga sedimentar da região estuarina exerce influência direta tanto na composição geomorfológica, quanto no comportamento oceanográfico da plataforma continental do Espírito Santo. Dessa forma, a partir dos estudos realizados por Rigo *et al.* (2004) foi constatada que as correntes presentes na baía de Vitória

são constituídas pelo desdobramento de somas dos efeitos da maré, da vazão dos rios, da morfologia, da estratificação e das ondas e ventos que atuam sobre a região, e, especificamente, o fluxo de maré vazante atua intensamente durante os períodos de sizígias, sendo enfraquecido ao se aproximar de períodos de quadratura.

Além dos dados apresentados, para a região costeira do estado do Espírito Santo, Bandeira *et al.* (1975) apresentou dados referentes a frentes de ondas na planície deltaica do rio Doce que indicam ondas procedentes de dois setores principais, NE-E e SE-E, com predominância do primeiro.

Martin *et al.* (1993) reforça em seus estudos que todo esse modelo climatológico/oceanográfico pode ser perturbado pelo fenômeno do El Niño, que atua como forçante natural no ambiente costeiro da região.

O autor cita que durante a ação deste fenômeno, a passagem das ondas meridiana médias e altas são bloqueadas pela presença de forte e permanente corrente de jato subtropical. O bloqueio desencadeia altas taxas de pluviosidade ao sul e sudeste brasileiro, enquanto ao norte ocorrem secas. Para a área da zona costeira capixaba são registrados baixos índices pluviométricos, uma vez que o estado está na porção mais ao norte da região sudeste do país.

Segundo Albino *et al.* (2001), a interação entre tais elementos geológicos e climáticos no litoral do Espírito Santo, ora apresentados no presente trabalho, resulta em grande diversidade de tipologias das praias, com diferentes comportamentos erosivos.

O regime hidrodinâmico da região da Bacia do Espírito Santo se caracteriza por topografia oceânica complexa, que influencia decisivamente sua circulação, e, de acordo com Fragoso (2004), meandramentos e vórtices associam-se a presença da cordilheira submarina, aos bancos e alargamentos e estreitamentos formadas na topografia submarina da área.

Conforme mencionada a presença da CB anteriormente, registros que confirmam sua presença também constituem as evidências das direções predominantes de correntes

superficiais de sul a sudoeste para toda a área da bacia do Espírito Santo e em todas as estações do ano (Cruz *et al.*, 2005a).

Para a região no quadrante sul/sudeste brasileiro, os ventos são característicos de situações de frentes frias, o que proporciona um empilhamento de águas superficiais costeiras, de acordo com estudos de Concremat (2007). Ainda segundo o autor, correntes de maré têm pouca influência na circulação costeira do estado do Espírito Santo, sendo essa influência considerada desprezível na região oceânica.

2.3 - Dinâmica Sedimentar da área de estudo

O melhor entendimento científico dos processos evolutivos e dinâmicos que caracterizam uma região costeira, seja uma baía ou um estuário, permite um gerenciamento de qualidade dos recursos disponibilizados por esta região de interesse, tornando seu desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, os estudos da dinâmica sedimentar da plataforma continental da bacia do Espírito Santo se tornam fundamentais pela relevância sustentável e econômica de tais recursos.

Diante de suas características sedimentares, a plataforma continental da bacia do Espírito Santo destaca-se pela predominância de carbonatos, sobretudo na plataforma média e externa, com teores acima de 75%, e, além desse fator predominante, também são encontradas misturas de areais e cascalhos, que podem ser formados primariamente por briozoários e algas calcárias, em vastas extensões da plataforma (Cetto, 2009).

A partir da compilação de diversos estudos da série do Projeto REMAC (Projeto de Reconhecimento da Margem Continental Brasileira), Kowsmann & Costa (1979) e Amaral *et al.* (1979) exibem resultados da elaboração de mapas faciológico e de recursos minerais da plataforma continental leste brasileira (Figuras 13 e 14).

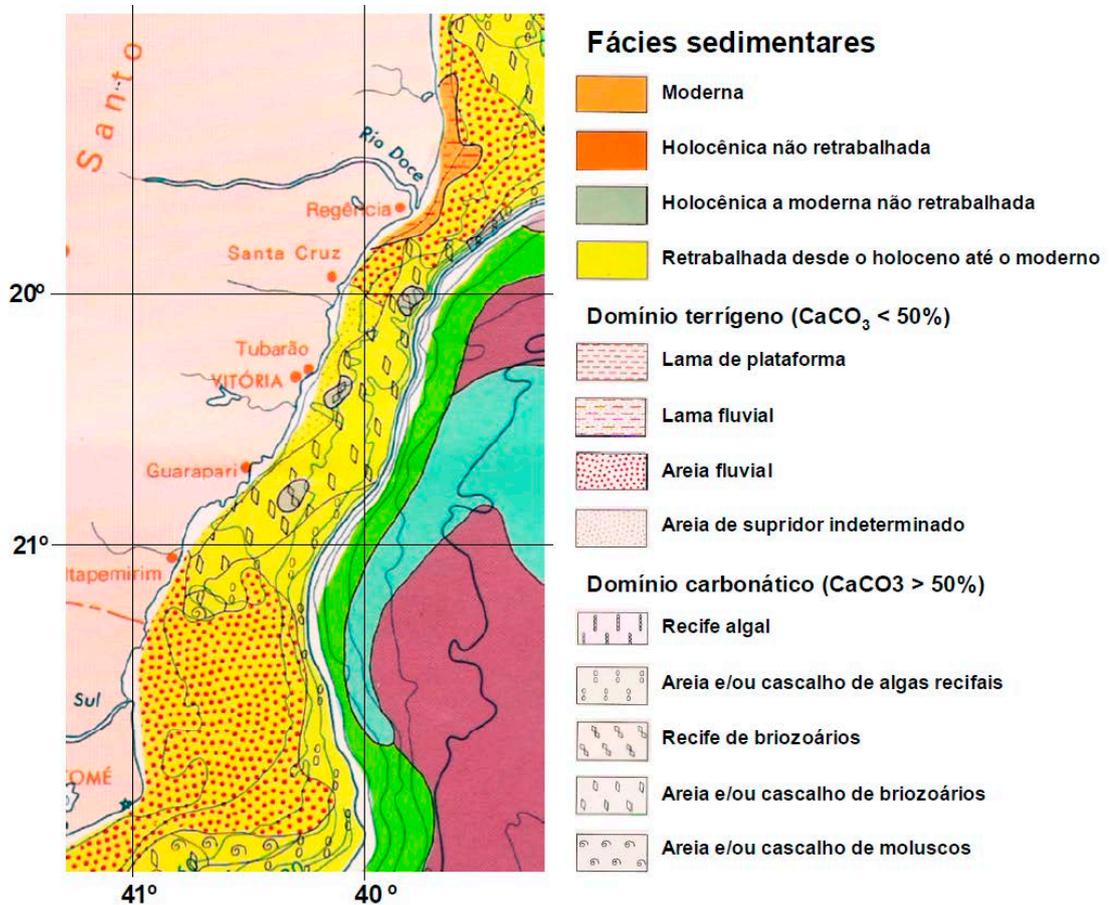


Figura 13. Mapa faciológico de sedimentos superficiais de uma porção da plataforma continental leste brasileira. Fonte: Modificado de Coleção de mapas, Série Projeto REMAC, nº 11 (Kowsmann & Costa, 1979).

Os mapas exibem a ocorrência de bolsões isolados de sedimentos carbonáticos que variam de idades do holoceno aos dias atuais, sem características de retrabalhamento e/ou com teores acima de 75% de cascalhos, correspondendo a bioermas de crescimento de briozoários, que são visualizados principalmente ao largo das cidades de Guarapari e Vitória. Areias.

Cascalhos e recifes com presença de algas foram apontados principalmente em um trecho entre a plataforma externa de Guarapari e a plataforma média/externa de Itapemirim, assim como ao largo da cidade de Santa Cruz e plataforma externa ao largo do Rio Doce, correlacionando-se com a intensa presença de organismos observados no presente estudo.

Ao longo das planícies de deltas dos Rios Doce e Paraíba do Sul foram identificadas majoritariamente areias e lamas terrígenas, além da estreita faixa junto à linha de costa (Melo *et al.* 1975; Kowsmann & Costa, 1979), que se adelgaça consideravelmente no trecho entre a cidade de Guarapari e o Rio Itapemirim (Figura 10).

É importante enfatizar que os sedimentos terrígenos (exceto as lamas fluviais) como os carbonatos estão misturados em sedimentos modernos (holocênicos) e antigos (relictos), devido à dinâmica das correntes de fundo, sendo esses últimos depositados em nível de mar baixo que o atual.

E segundo Kowsmann & Costa (1979) pode-se distinguir os sedimentos pela sua pigmentação de óxido de ferro dos grãos, e, quanto mais próximo à costa, maior a concentração do óxido, o que evidencia sua exposição durante a Regressão Wisconsiniana.

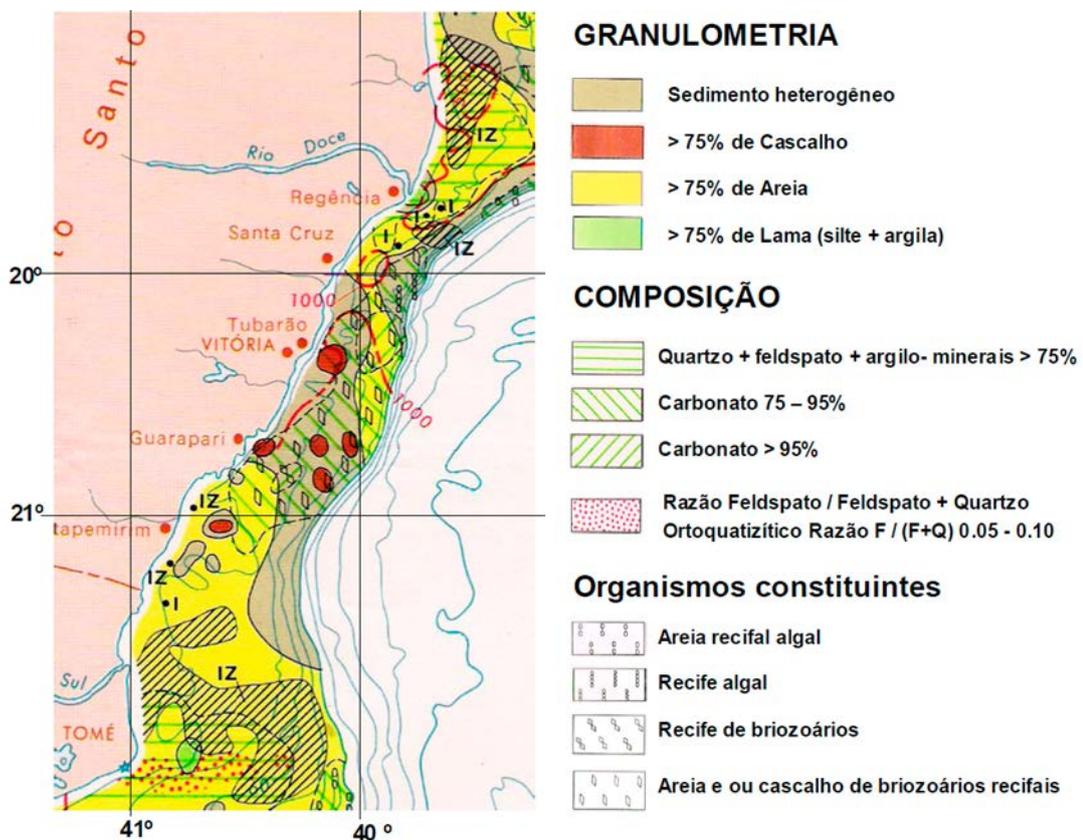


Figura 14. Mapa de recursos minerais de uma porção da plataforma continental leste brasileira. Fonte: Modificado de Coleção de mapas, Série Projeto REMAC, nº 11 (Amaral *et al.* 1979).

A integração do histórico da variação do nível do mar com o mapeamento detalhado das idades das linhas e planícies de praias ao longo da costa brasileira, de forma regional, demonstram que esse histórico de avanços e recuos do nível marinho exercem controle fundamental nos tipos de sedimentação costeira (Domingues *et al.*, 1992), conforme pode-se observar no modelo conceitual para a dispersão sedimentar nessas regiões, na Figura 15.

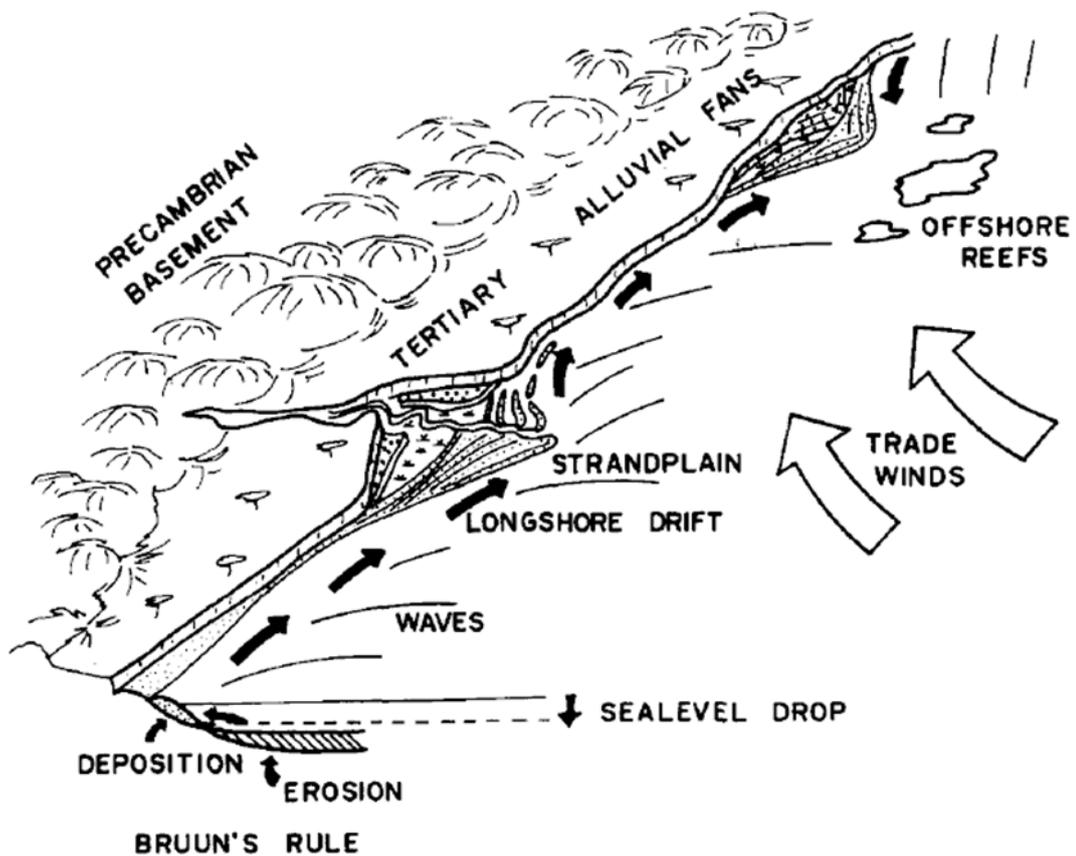


Figura 15. Modelo conceitual para a dispersão sedimentar ao longo da linha de costa da região leste-nordeste brasileira.
Fonte: Dominguez *et al.*, 1992.

Portanto, as diferentes escalas de tempo dos processos sedimentares influenciam a dinâmica sedimentar. Processos sedimentares à curto prazo, como por exemplo transporte de sedimentos através da indução de correntes por ondas, que são associadas às variações de

maré anuais controlam as formas do assoalho marinho da plataforma e a dispersão sedimentar (Quaresma *et al.*, 2015).

Enquanto processos à longo prazo como as variações do nível relativo do mar associam-se à extensas redes de suprimento sedimentar em uma maior escala temporal, controlando o sistema sedimentar, definido por Gao & Collins (2014) como um conjunto de depósitos formados em um ambiente geomorfológico, incluindo as regressões/transgressões marinhas e distribuição de fácies.

O conceito do regime sedimentar proposto por Swift & Thorne (1991) é constantemente utilizado para o melhor entendimento da sedimentação clástica da plataforma, e, conseqüentemente, as interferências causadas por essa sedimentação na área. Esse conceito abrange a escala de tempo geológica, o equilíbrio da superfície da plataforma continental, e taxas de sedimentação da mesma. Todos esses fatores podem contribuir para o efetivo entendimento do produto no padrão geomorfológico da região da plataforma continental interna adjacente à baía do Espírito Santo, referente ao estudo aqui exposto.

Na baía do Espírito Santo, observa-se claramente o predomínio de sedimento arenoso, enquanto que na baía de Vitória nota-se forte presença de lamas. Em concordância com estudos realizado por Bastos *et al.* (2007), esta distribuição sedimentar simboliza a caracterização hidrodinâmica desses tipos de ambientes estuarinos, sendo a baía de Vitória caracterizada por um sistema dominado pelo regime de micromaré que recebe o aporte fluvial de cinco rios distintos, destacando-se o rio Santa Maria da Vitória, o mais importante entre eles (Rigo, 2004).

A distribuição sedimentar e a caracterização de fundo marinho na baía do Espírito Santo evidenciam a interferência de uma condição hidrodinâmica mais rigorosa em função da frequência de ação de ondas locais geradas pelo vento e ondas de swell associadas a frentes frias (Albino *et al.*, 2001).

A morfologia do fundo apresenta-se com maior complexidade em função de afloramentos rochosos e presença de carbonatos na região da plataforma continental. Os

mapas da Figura 16 demonstram a granulometria média e o teor de lama para as regiões dos canais de acesso e as baías de Vitória e do Espírito Santo.

Albino & Suguio (2010) também confirmaram que a dispersão dos sedimentos fluviais transportados pelo Rio Doce chega a ocupar até 15 km costa à fora. Essa sedimentação fluvial é gradualmente substituída por areias de origem biosiliciclásticas, as quais tiveram existência confirmada na superfície do fundo na plataforma continental externa.

Da mesma forma que as características sedimentológicas de praias e da plataforma continental interna indicam que a influência do Rio Doce é restrita a vizinhança de sua foz (Albino & Suguio., 2010).

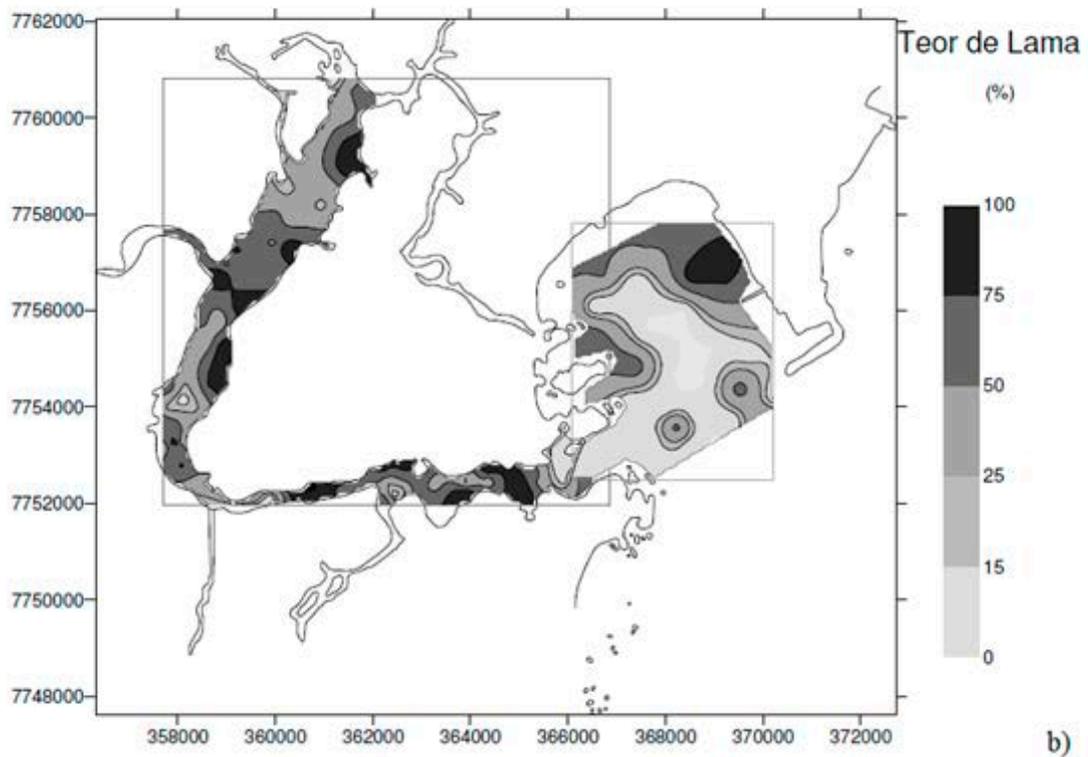
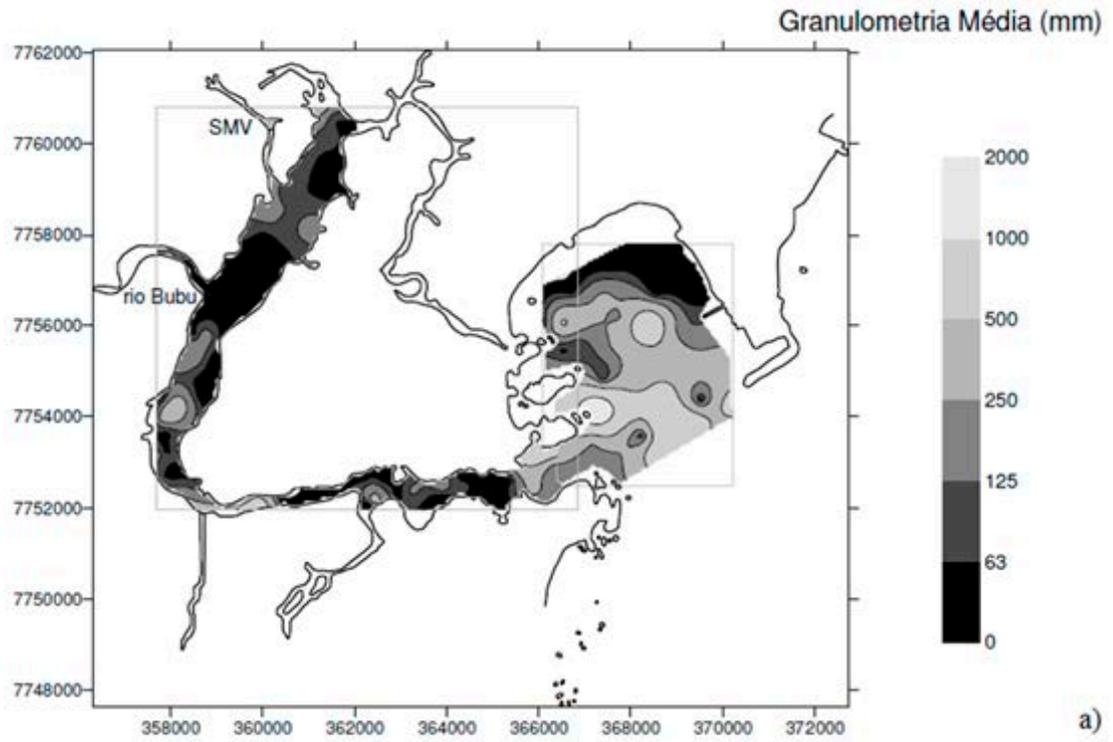


Figura 16. Mapa de distribuição sedimentar da região estuarina do ES, segundo, a) Granulometria média (em mm). Fonte: Folk e Ward (1954). b) Teor de lama. Fonte: Bastos *et al.*, 2007.

Em complemento aos estudos granulométricos e de teores de lama da região estuarina do Espírito Santo, Júnior *et al.* (2009) caracterizou a composição sedimentar da região pela presença de areias, lamas e cascalhos, com alguns padrões de mistura sedimentar (areias lamosas, lamas arenosas, areias cascalhosas, etc.), a partir de amostragens na área de estudo.

Observando o mapa de distribuição textural por Folk e Ward (1954), Júnior *et al.* (2009) apurou a notável irregularidade na distribuição sedimentar da área estuarina, com predominância de texturas lamo-arenosas e lama, interrompidas por faixas de areias lamosas: nas regiões do delta do Rio Santa Maria da Vitória, na foz do Rio Bubu e a última estendendo-se até a localidade próxima ao Porto de Vitória (Figura 17).

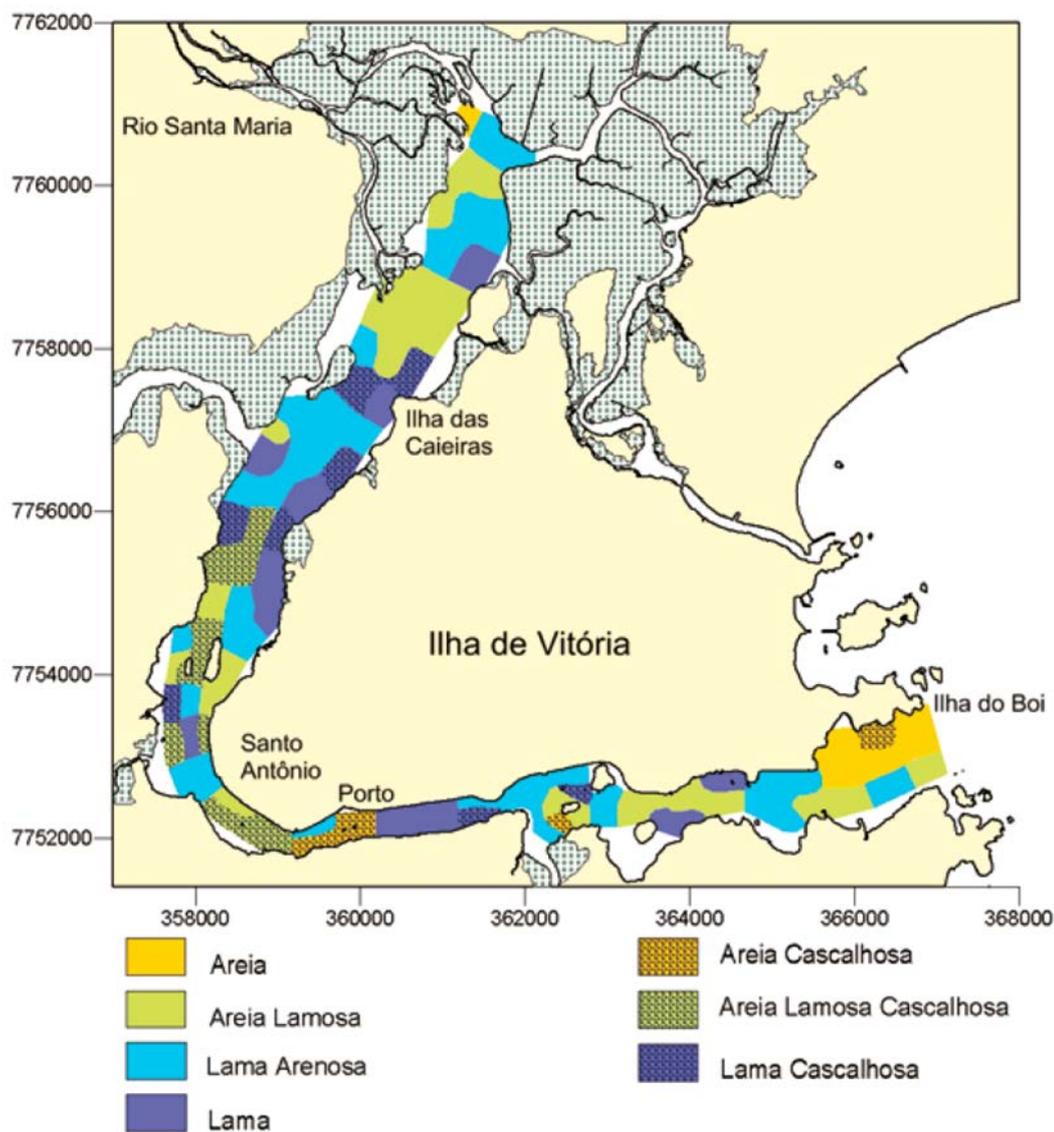


Figura 17. Mapa de classificação textural dos sedimentos na região estuarina do Espírito Santo, segundo a classificação de Folk (1954). Fonte: Júnior *et al.* (2009).

2.4 - Aspectos sobre os organismos bentônicos

A biodiversidade é o resultado de um processo da evolução da variabilidade genética de organismos que tiveram a capacidade de sobreviver à seleção natural. A perda da biodiversidade pode ser irrecuperável, de forma que o desaparecimento do genoma único de

uma espécie se traduz na perda de etapas de um processo da evolução que poderá nunca se repetir.

Os primeiros estudos relativos a fauna marinha da margem costeira brasileira foram registros de ocorrências de organismos em mar profundo, coletados com dragas, principalmente os Crustacea, Mollusca e Echinodermata, realizados pela expedição HMS Challenger (1873-1876), de acordo com Bate (1888).

No entanto, a comunidade bentônica invertebrada da margem continental brasileira, principalmente a de componentes micro e mesofaunais, continua sendo muito pouco conhecida (Amaral *et al.*, 2005). O autor ainda destaca que são nas regiões ao sul e sudeste da margem brasileira (exceto pelo estado do Espírito Santo) aonde se concentra o maior quantitativo de estudos relacionados a estes organismos vivos.

Apesar da dificuldade de se obter um estudo da cobertura total da comunidade bentônica da região costeira do Brasil, Amaral *et al.* (2005) reconhece que 34 espécies são consideradas ameaçadas por algum tipo de impacto ambiental (poluição, superexploração, variações de nível do mar, etc.).

Estudos de Loiola (2001) apresentaram resultados que indicam a baixa frequência dos corais negros (Cnidaria: Antipatharia) no Brasil, dos quais existem apenas 18 espécimes da família Antipathidae, Myriopathidae e Schizopathidae.

A maioria dos registros, ainda segundo a autora, são de regiões profundas do oceano, especialmente em regiões próximas às cadeias de montes submarinos ao sudoeste do Atlântico e na plataforma continental brasileira. Essas espécies foram coletadas durante a execução do programa REVIZEE pelo governo brasileiro, entre as latitudes de 13°S e 22°S (Figura 18).

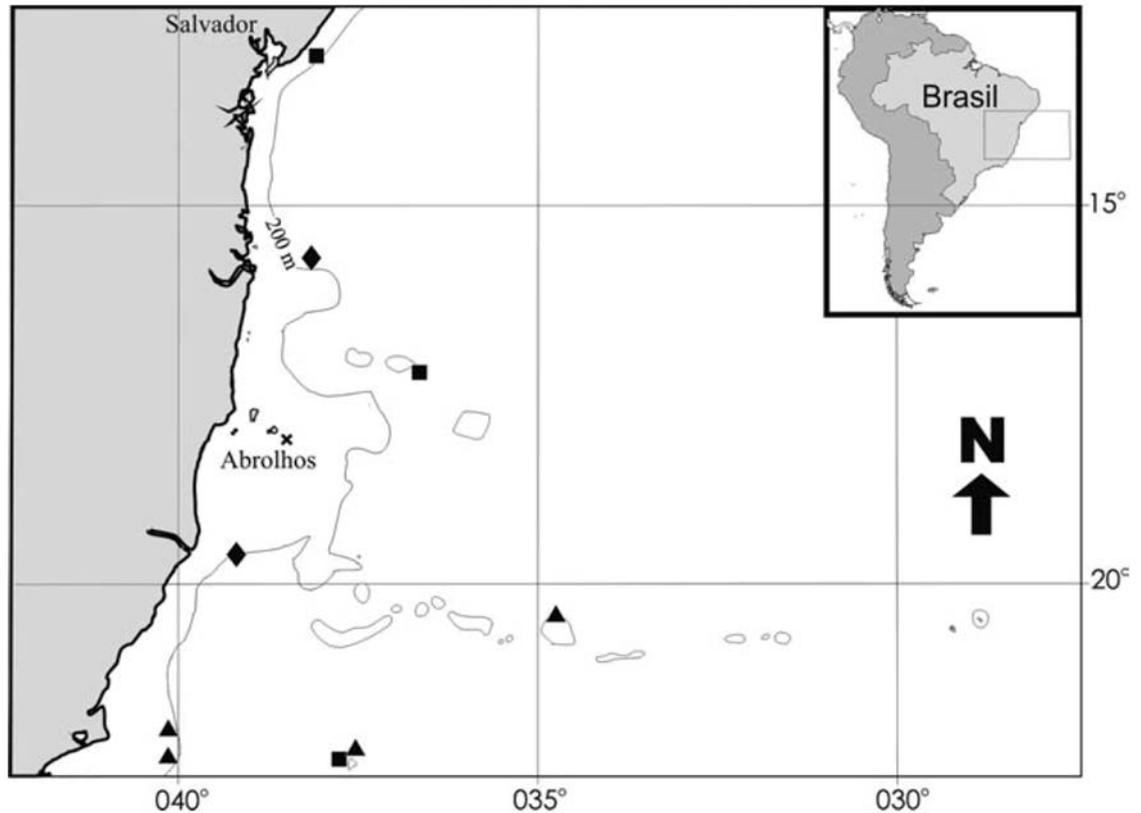


Figura 18. Distribuição dos corais negros da ordem Antipathidae, na margem continental brasileira, entre 13°S e 22°S. Fonte: Loiola (2007).

Conforme Loiola (2006) indica, a maior concentração de corais negros no Brasil ocorre próximo ao Cabo de São Tomé, no estado do Rio de Janeiro (a aproximadamente 22°S), em profundidades que variam entre 100 e 500 m, com a coexistência de 6 espécies na região. Além da confirmação de observações em menor quantidade, na plataforma continental interna do Espírito Santo, especificamente, do presente estudo.

As concreções carbonáticas biogênicas de maior representação na região sul da plataforma continental do Espírito Santo foram mapeadas através de sidescan sonar por Dias e Villaça (2012).

Seções de imagens do backscatter do fundo oceânico compostas integralmente por areias carbonáticas foram registradas pelos autores. Este tipo sedimentar foi registrado como

variações de cinzo claro (low backscattering), pelo sonar, com distribuição orientada na direção NE-SW, e, as concreções carbonáticas biogênicas aparentam ser concomitantes com a sedimentação local (Figura 19).

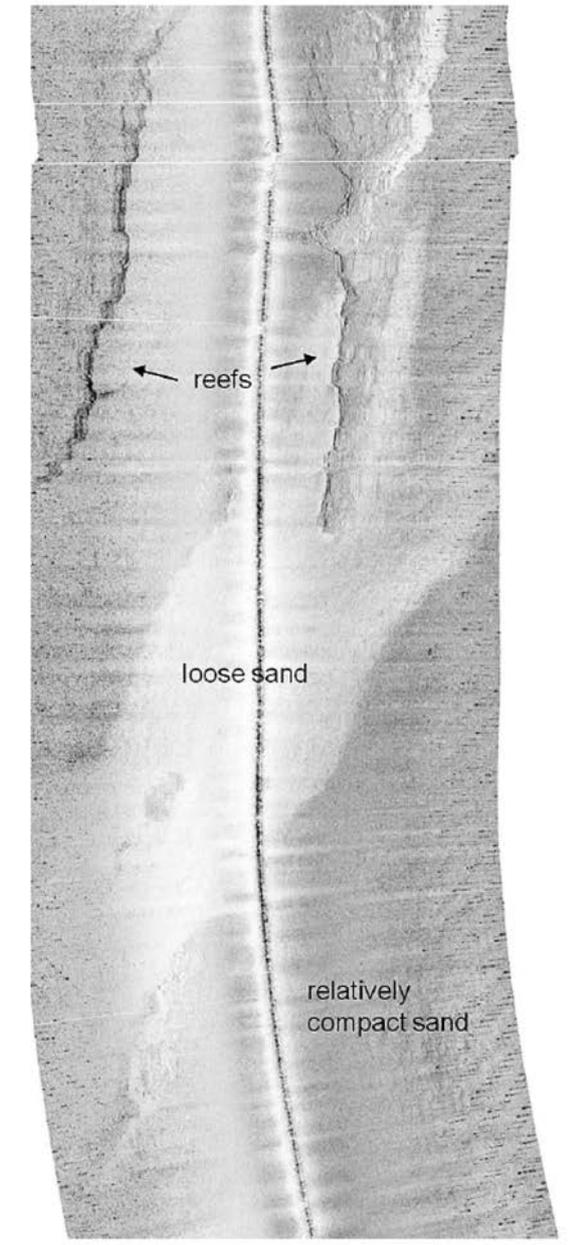


Figura 19. Imagem registrada por sidescan sonar relacionada a área de estudada por Dias e Villaça, constatando a presença dos carbonatos na região. Fonte: Dias e Villaça (2012).

Tendo em vista que um terço da população mundial vive em regiões costeiras, onde ocorre o rápido desenvolvimento de construções de infraestrutura urbana – como por exemplo portos, condutos, e, além do desenvolvimento de regiões praianas – os impactos decorrentes da dragagem em populações de organismos bentônicos é inevitável, dadas suas consequências.

Tais perturbações nesses seres vivos podem representar seu soterramento e/ou remoção, além da intensa turbidez causada pelos processos da dragagem e/ou durante a operação intensa de portos, consequência do acelerado desenvolvimento econômico atual.

O estabelecimento de um parâmetro quanto às ameaças aos organismos bentônicos se torna complexo, devido à falta de estudos e monitoramento sob os mesmos (Amaral *et al.*, 2005). Dessa forma, a superexploração e efeito de obras de dragagem estão dentre as principais ameaças aos organismos marinhos ainda conforme o autor, e como mencionado anteriormente.

Em meio aos Cnidários: as anêmonas do mar, corais petrificados, corais vermelhos e gorgônias são indiscriminadamente e intensivamente coletados para serem comercializados em feiras de aquários e também coletados por turistas indevidamente (Amaral *et al.*, 2005). Com o passar dos anos a superexploração desses seres vêm reduzindo sua presença em ambientes marinhos.

3 - METODOLOGIA

3.1 - Justificativa para a aplicação dos métodos

Para a exploração dos recursos naturais de regiões costeiras e o desenvolvimento dessas, tanto na plataforma continental quanto em ambientes estuarinos, os estudos ambientais tornam-se cada vez mais essenciais, com intuito da manutenção do controle ambiental destas áreas.

Tais regiões concentram alta produtividade biológica e recursos alimentícios em larga escala. Em contrapartida, estão entre os locais mais afetados pela ação antrópica e o desenvolvimento desordenado, pelas concentrações populacionais que aceleram a exploração de recursos e contribuem para a descarga de diversos poluentes no ambiente marinho.

Os problemas de uso do solo de áreas costeiras são decorrentes dos conflitos entre meio ambiente e metas de desenvolvimento e/ou da ocupação desordenada dos centros urbanos. Este cenário implica na revisão dos fatores que influenciam a tomada de decisão em relação à utilização dos recursos (Frazão, 2011).

O'Reagan (1996) enfatiza que, na era moderna de manejo de recursos sustentáveis, é extremamente necessário haver um balanço entre proteção e conservação ambiental em função da crescente imposição de atividades de desenvolvimento humano.

O difícil acesso à certas regiões do ambiente oceânico tornam complexa a aquisição de informações sobre os mesmos, devido ao alto custo de operações. Com maior versatilidade e efetividade do que as técnicas geológicas de investigação submarina, a metodologia geofísica acústica marinha caracteriza-se como um método não invasivo (Tegowski, 2004).

A identificação de características do fundo marinho utilizando a metodologia acústica é possível, uma vez que as propriedades físicas do fundo influenciam significativamente na sua resposta acústica, segundo Collins *et al.* (1996).

A alta taxa de amostragem acústica permite uma resolução de feições de fundo da ordem de metros, principalmente sobre a plataforma continental, onde o número de pulsos por milha é superior às áreas mais profundas da região. Assim são perfeitamente justificáveis as aplicações dos métodos de investigação do fundo marinho por ecobatimetria e sonografia.

A correlação das propriedades acústicas com sedimentos superficiais do fundo oceânico é realizada desde a década de setenta e ao longo dos anos a importância desta correlação é apontada em diversos estudos (Hamilton, 1971, 1980). Com isso a classificação acústica está se tornando uma ferramenta importante no mapeamento oceânico.

A acústica submarina se define no uso passivo ou ativo do som para o estudo de parâmetros e processos físicos no mar, além de ser ferramenta para a avaliação do comportamento e definição dos organismos marinhos.

3.2 - Sistemas de aquisição de dados marinhos utilizados para o estudo

Objetivando a caracterização do regime sedimentar e a revelação da geometria dos depósitos junto à morfologia de fundo da região da plataforma continental interna do estado, adjacente à baía do Espírito Santo, foram interpretados dados a partir de levantamentos por sonar de varredura lateral e batimetria. As aquisições foram executadas ao longo da área de estudo durante o inverno de 2016.

As saídas de campo para o levantamento dos dados geofísicos ocorreram entre os dias 23 e 26 de fevereiro e a equipe para esse levantamento de dados foi composta pelos prof. Dr. Gilberto Dias e alunos pós-graduandos MSc. Rafael Cuellar e Fillipi Brandão Lagedo (os pós-graduandos na imagem da Figura 20).

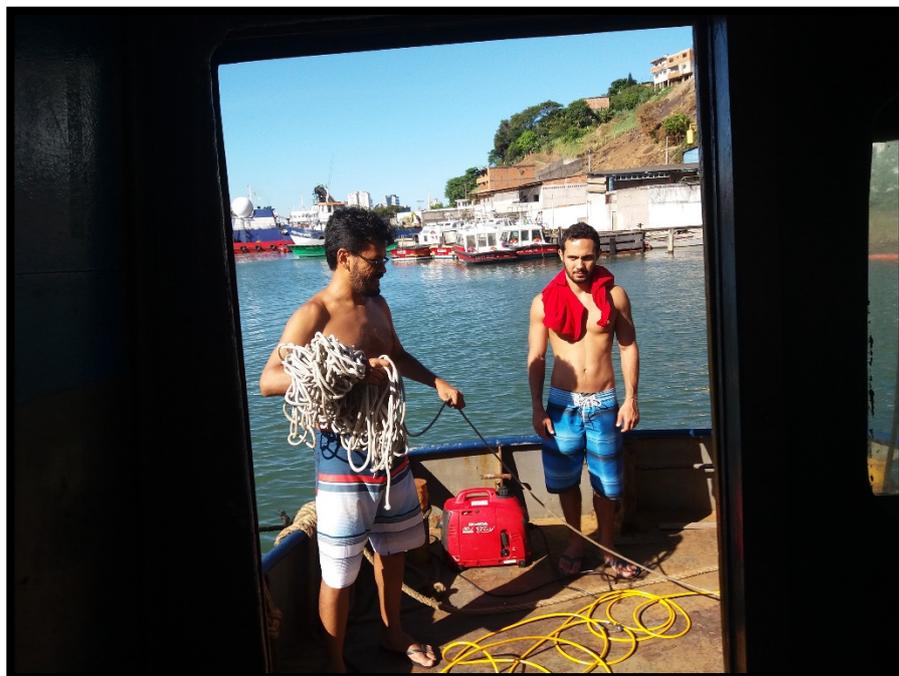


Figura 20. Alunos pós-graduandos da UFF realizando a configuração e organização dos equipamentos para levantamentos geofísicos na rea de estudo do presente trabalho.

As linhas de navegação planejadas sob a área alvo do presente estudo na plataforma continental interna do Espírito Santo são apresentadas conforme Mapa da Figura 21. Ressalta-se que para o levantamento com sonar de varredura lateral foram feitas linhas intermediárias entre as previstas no planejamento.

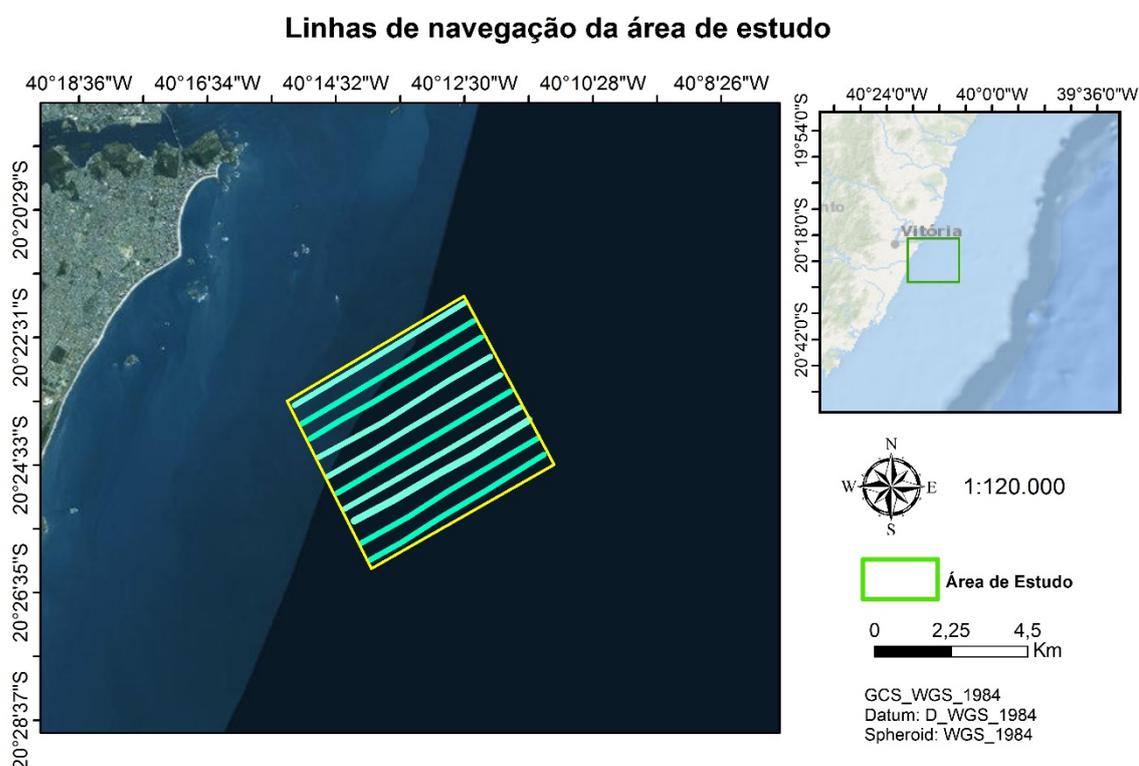


Figura 21. Planejamento de linhas de navegação para levantamentos geofísicos (em cor azul interior ao quadrado amarelo) na área de estudo na adjacência à Baía do Espírito Santo, Plataforma Continental Interna do estado.

Profundidades foram medidas utilizando-se sistema de aquisição sonora monofeixe – Ecobatímetro OHMEX Sonarmite Echosounder – caracterizando os dados batimétricos da área apresentada no atual estudo.

A aquisição batimétrica se deu através do software Hypack, junto ao sistema DGPS instalado na embarcação (Figura 19), onde houveram aplicações de correção da navegação e efeitos de maré, além da correção da posição relativa do sensor do ecobatímetro quanto o nível da coluna d'água. O transdutor *singlebeam* do sonar para os dados batimétricos operou em frequência de 235 KHz (o esquema ao lado esquerda da imagem da Figura 22 demonstra o funcionamento do ecobatímetro monofeixe. Já a figura 23 demonstra a configuração dos equipamentos no momento de aquisição do presente estudo).

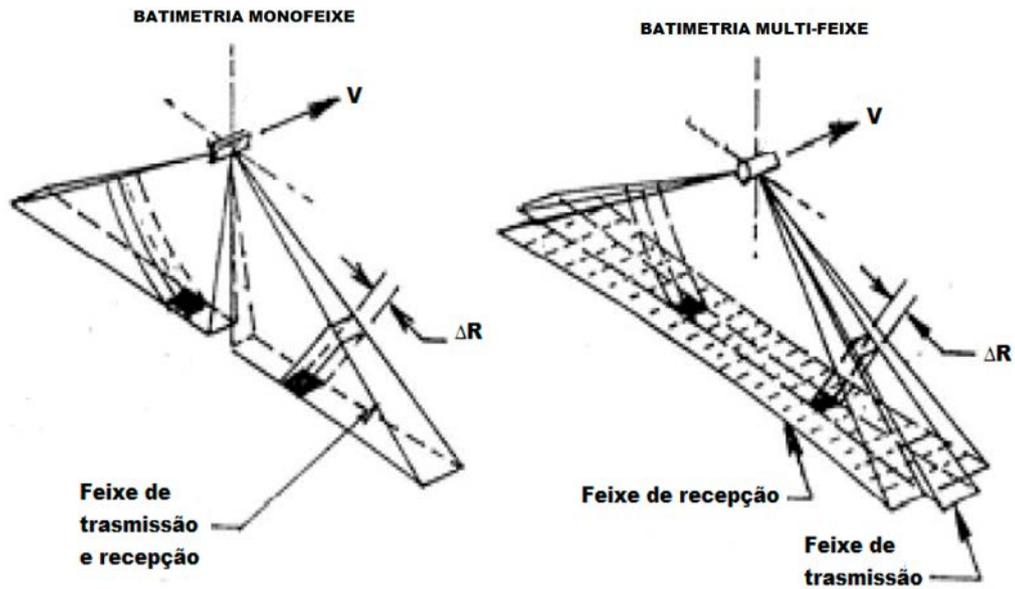


Figura 22. Os dois sistemas de batimetria de varredura – Monofeixe (utilizada para o estudo aqui apresentado) e Multi-feixe. As plataformas dos sonares navegam ao longo de uma linha com uma velocidade V . A área ensonificada apresenta uma resolução espacial ΔR , sendo no caso do multi-feixe dada pela intersecção das faixas de recepção e transmissão. Fonte: Adaptado de Volberg & Meurling, 2007.



Figura 23. À esquerda é observado o sistema de aquisição da batimetria. À direita é apresentada a haste de suporte ao o sensor acústico de aquisição batimétrica.

O imageamento do fundo marinho foi conduzido a partir de levantamentos sonográficos (sidescan sonar) do tipo Edgetech versão 4100 com sensor (*tow fish*) 272-TD (conforme imagens da Figura 24), com principal objetivo de caracterizar a textura sedimentar da superfície do leito marinho. Essa ferramenta geofísica funciona analogamente a uma fotografia área contínua, porém retratando as características da textura sedimentar do leito oceânico.

O sistema de aquisição sonográfico funcionou em conjunto ao sistema DGPS, assim como o sistema de sonar batimétrico. Foram utilizadas as duas frequências do sistema dual do sonar de varredura lateral, conforme disposto no manual de operação do equipamento, 100kHz e 500kHz. A abertura lateral do feixe do sonar foi conduzida da seguinte forma: quando observadas profundidades inferiores a 30 m, o range foi configurado em 300 m, e em maiores profundidades mudou-se para 400 m (O esquema de funcionamento do sonar é apresentado na Figura 25).

É importante salientar que durante a aquisição dos dados buscou-se respeitar as recomendações apresentadas no manual do fabricante, como por exemplo a quantidade de cabo liberada durante a aquisição para o rebocamento do peixe, que se manteve sempre entre os 10% e 20% da distância de range da varredura utilizada para a aquisição sonográfica.



Figura 24. À esquerda são exibidos o (1) Processador Topside do sistema do Sonar de Varredura Lateral e (2) A navegação no sistema Hypack. À direita é mostrado o Sonar de Varredura Lateral Edge-Tech 272-TD utilizado nos levantamentos sonográficos.

Ao final das aquisições, os dados sonográficos foram processados pela utilização do software CODAMOSAIC com resolução de 1 pixel/metro, para dessa forma realizar a confecção do mosaico de sonar. As imagens de sonar foram georreferenciadas através de sistema DGPS, propondo-se que cada pixel representa precisamente uma coordenada geográfica.

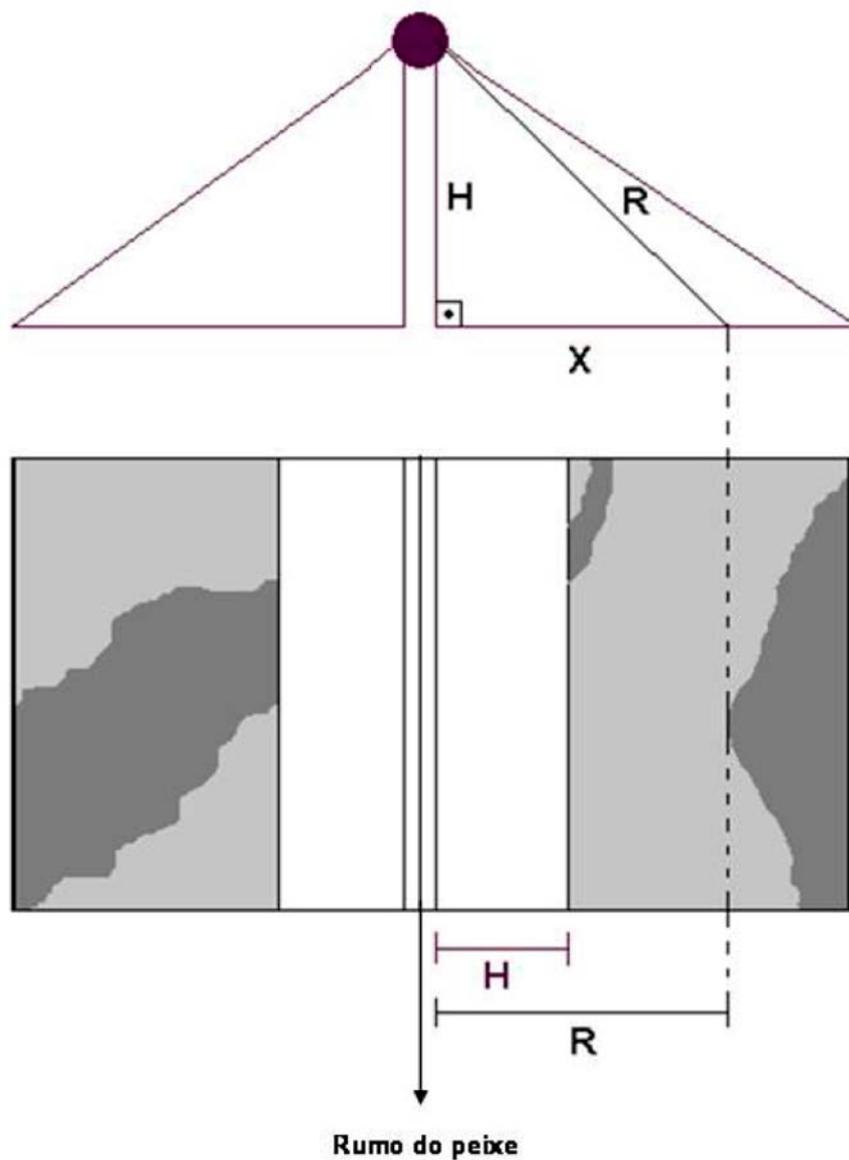


Figura 25. Esquema da geometria representada pela emissão de feixes do Sonar de Varredura Lateral (representado pelo círculo), imagem sonográfica e a correção Slant Range. Fonte: Cetto (2005).

Como citado, os dados batimétricos foram adquiridos no sistema HYPACK, e após as devidas correções e reduções dos efeitos de maré, de acordo com os padrões de aquisição impostos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), os dados foram então processados no software GEOSOFT inc., para que houvesse o georreferenciamento dos grids batimétricos que foram gerados a partir do mesmo. Os dados batimétricos foram consistentemente processados em paralelo aos dados digitais do sonar de varredura lateral.

O imageamento do fundo oceânico da área de estudo teve 100% de cobertura dentre suas linhas de delimitação. Durante a interpretação das imagens sonográficas, o software GEOSOFT inc. possibilitou a melhoria no detalhamento das mesmas, objetivando a melhor visualização em tela, e assim, proporcionando maiores precisões no direcionamento aos alvos do presente estudo de caso.

As linhas de navegação foram planejadas em direção SW-NE (Figura 18), buscando dessa forma a melhor navegabilidade e o desvio de obstáculos na área, a partir da observação de navios atracados predominando na direção dos ventos resultantes da direção NE.

A altura da superfície do leito marinho foi medida com base nas imagens de fundo coletadas pelo levantamento através de sonar de varredura lateral (visualização dos padrões de sombras de alvos do sonar, principalmente). O último estágio da metodologia aplicado na área de estudo foi a inspeção do fundo marinho insitu através de filmagens submarinas, através de duas câmeras (câmeras HYDRATEC e GOPRO – mergulhador na imagem da Figura 26), projetando a identificação de potenciais locais com presença de fauna.



Figura 26. Mergulhador se preparando para realização das filmagens submarinas na área do presente estudo.

Todos os dados coletados através dos sonares acústicos (sonar de varredura lateral e batimetria) e as filmagens submarinas puderam ser reunidos em um só mapa, ao final do processamento de dados. Através do software GEOSOFT inc. o conjunto de dados foi agrupado, dessa maneira sendo produzido o mapa de fácies da área de estudo.

4 - RESULTADOS

De acordo com o conjunto de dados obtidos para o atual estudo em área adjacente da baía do Espírito Santo, região situada na plataforma continental interna do Espírito Santo, a geomorfologia de fundo se apresentou monótona, disposta por um suave gradiente batimétrico, com pequenos intervalos de variações da profundidade, em quase sua totalidade em área.

As profundidades variam entre 33 e 40 metros com um gradiente calculado no valor de 1/700, ao considerar uma extensão de mapeamento de uma área de aproximadamente 5 por 5 mil metros.

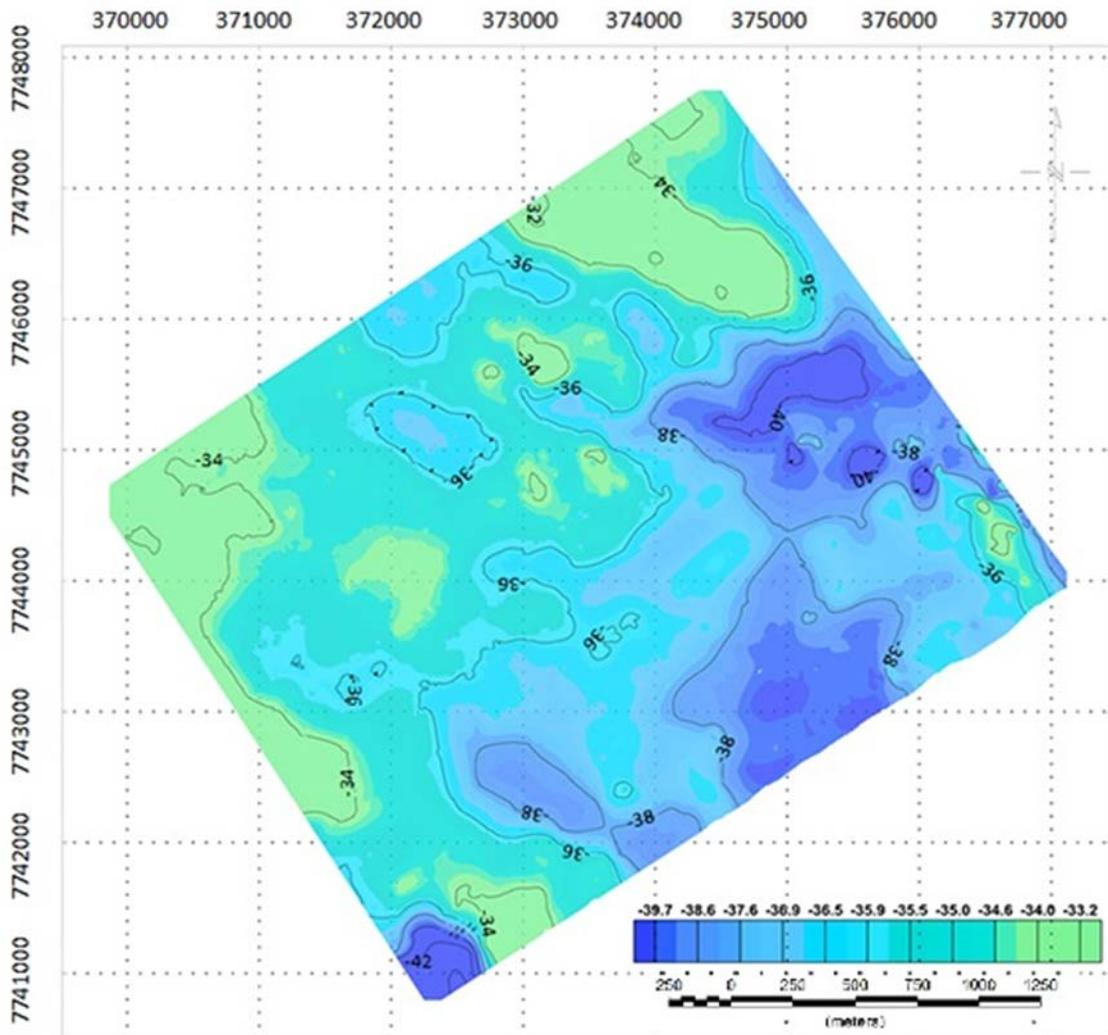


Figura 27. Mapa batimétrico obtido à partir do levantamento em fevereiro de 2016, na área de estudo. Observa-se pouca variação de profundidade para o polígono da região estudada, com valores de profundidade que oscilam entre 33 e 40 metros.

Valores de profundidade começam a aumentar na região ao centro-leste da área estudada, chegando a 40 m de coluna d'água, com valores de maiores profundidades também no extremo sul (42 m), assim como mostrado no mapa batimétrico em escala detalhada (Figura 27).

Na região leste do mapa batimétrico (observar na Figura 27), o relevo elevado é concomitante à presença dos organismos bentônicos e concreções carbonáticas biogênicas, observados na área estudada (conforme se confirmou a partir das imagens de filmagens submarinas, nos pontos de mergulho nº 6 e 7 – que serão apresentados posteriormente).

Para o sonar de varredura lateral, os padrões de reflexão cinza escuro foram observados em grandes faixas nas imagens obtidas para a área de estudo, denotando sedimentação de maior grau de compactação (o que ocasiona maior intensidade de registro de sinal).

As regiões das imagens do sonar representadas por cinza claro demonstram fraca reflexão acústica, e elas são interpretadas como sedimentos de menor grau de compactação, que conseqüentemente proporcionam menor taxa de retorno do sinal do sonar, que para a área estudada foram interpretados como lamas menos compactadas. Essas lamas se relacionam à faixas brancas com limites lineares na direção NO-SE que cruzam por inteiro a área de estudo (mosaico da Figura 28).

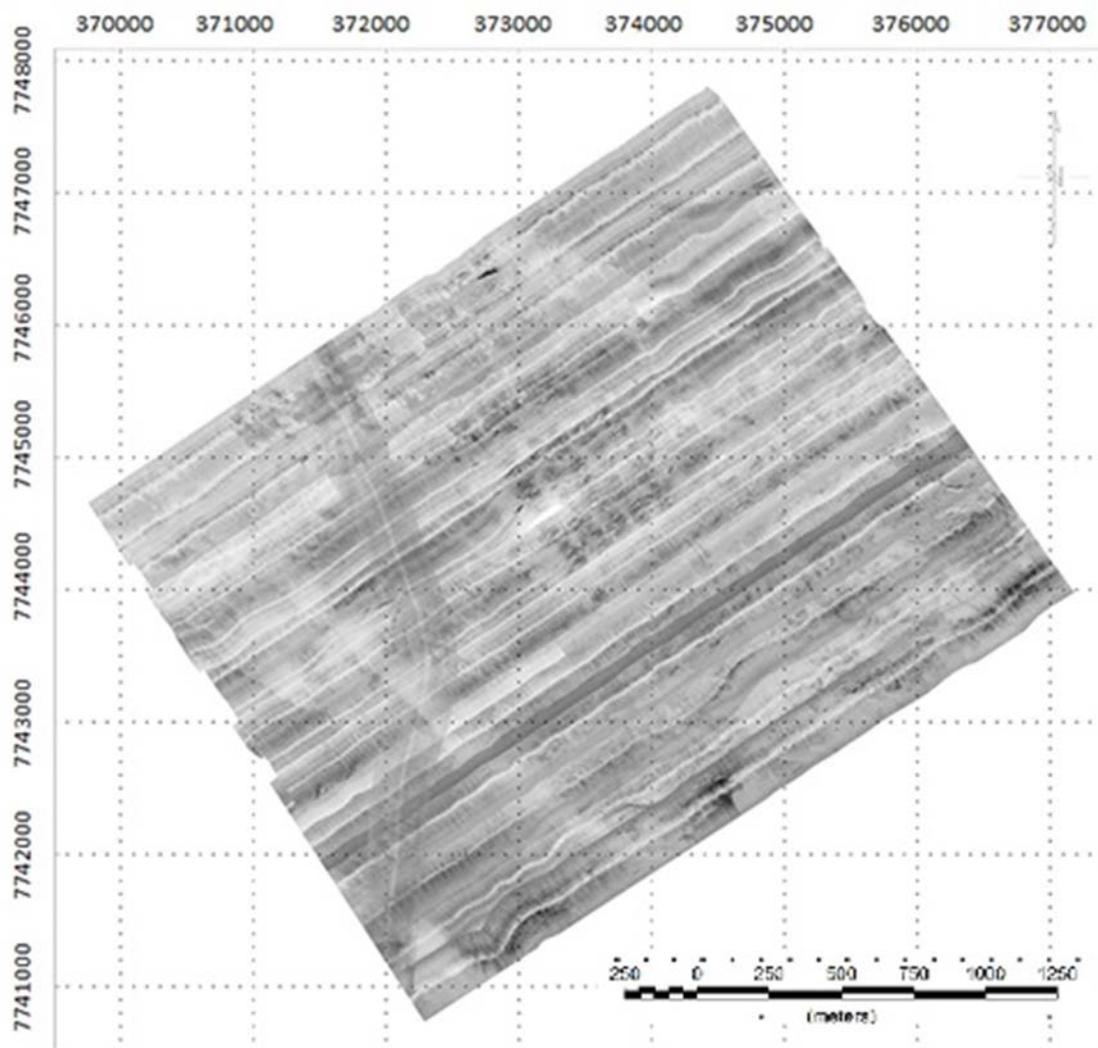


Figura 28. Mosaico sonográfico reproduzido pelos dados obtidos à partir do levantamento através do sonar de varredura lateral, em fevereiro de 2016, na área de estudo na plataforma continental interna do Espírito Santo.

Foram selecionados pontos de coordenadas para filmagens submarinas, de acordo com a interpretação dos dados do mapa batimétrico e mosaico sonográfico. Imagens foram capturadas a partir desses vídeos, com principal objetivo da análise das características do assoalho marinho na região de estudo.

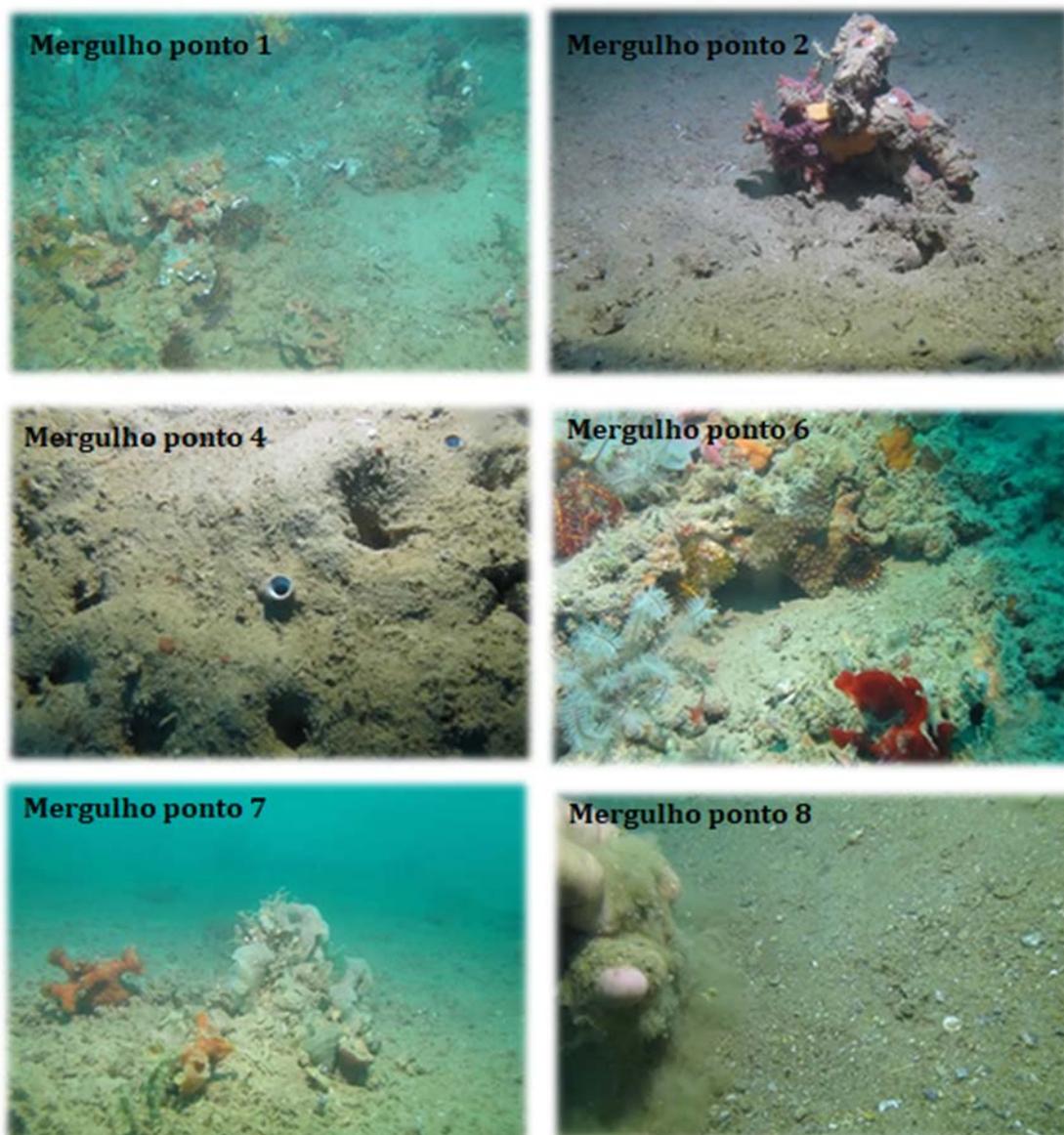
Durante as filmagens executadas nos mergulhos, foi possível identificar tipos de cnidários como pequenas gorgônias, corais negros (*Antipatharia*). Corais escleractíneos e pólipos, assim como conchas gastrópodes também são vistas. As últimas imagens capturadas

(mergulhos números 6 e 7 – ver Quadro 1) exibem organismos do gênero *Montastraea*, tendo alguns bivalves também presentes, combinados à presença do gênero *Peysonnelia* e algas de rodolitos. As coordenadas dos mergulhos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Coordenadas geográficas e UTM dos pontos de filmagem subaquática.

Mergulho	UTM E	UTM N	Latitude S	Longitude W
1	373356	7741624	40°12'50"	20°25'10"
2	373463	7742350	40°12'46"	20°24'47"
3	374403	7742571	40°12'14"	20°24'40"
4	375875	7743271	40°11'23"	20°24'17"
5	376578	7744348	40°10'58"	20°23'42"
6	376467	7744611	40°11'02"	20°23'34"
7	374525	7743814	40°12'09"	20°23'59"
8	373469	7744503	40°12'45"	20°23'37"
9	372357	7744246	40°13'24"	20°23'45"
10	372812	7745207	40°13'08"	20°23'14"

Quadro 1. Seleção de imagens obtidas através das filmagens submarinas, representando a biota aquática e sedimentação da região de estudo na Plataforma Continental interna do Espírito Santo, em região adjacente à Baía do Espírito Santo.



O Quadro 1 retrata imagens extraídas a partir da seleção de 6 principais pontos de mergulhos para as filmagens submarinas na região da plataforma continental espírito santense. As imagens enfatizam a forte presença de biota de fundo e o tipo de sedimentação na área de estudo.

Na imagem dos mergulhos apresentam-se: organismos Cnidários, com a presença de pequenas gorgônias, e além da abundância de corais negros da ordem Antipatharia, existem corais escleractíneos, como mencionado anteriormente, e os pólipos são visíveis.

Corroborando, corais do gênero *Montastraea* são notáveis, junto à bivalves e algas rodofíceas. Além de observações de organismos referentes ao filo Bryozoa, na execução das filmagens (a imagem do mergulho número 7 retrata nitidamente – ver Quadro 1).

A partir da consolidação dos dados coletados na área de estudo, foi elaborado o mapa de fácies da mesma (Figura 29) demonstrando padrões como os de cor cinza escuro de sonar, que foram indicados na maior parte da área de estudo, representados no referido mapa pela cor amarela e interpretados como sedimentos de maior grau de compactação (areias lamosas).

As recorrências de organismos bentônicos e concreções carbonáticas biogênicas presentes na área estudada são apresentadas pela cor vermelha no mapa. E finalmente, os setores representados pela cor cinza claro indicam presença de sedimento caracterizado por menor compactação de seus grãos, no caso as lamas inconsolidadas.

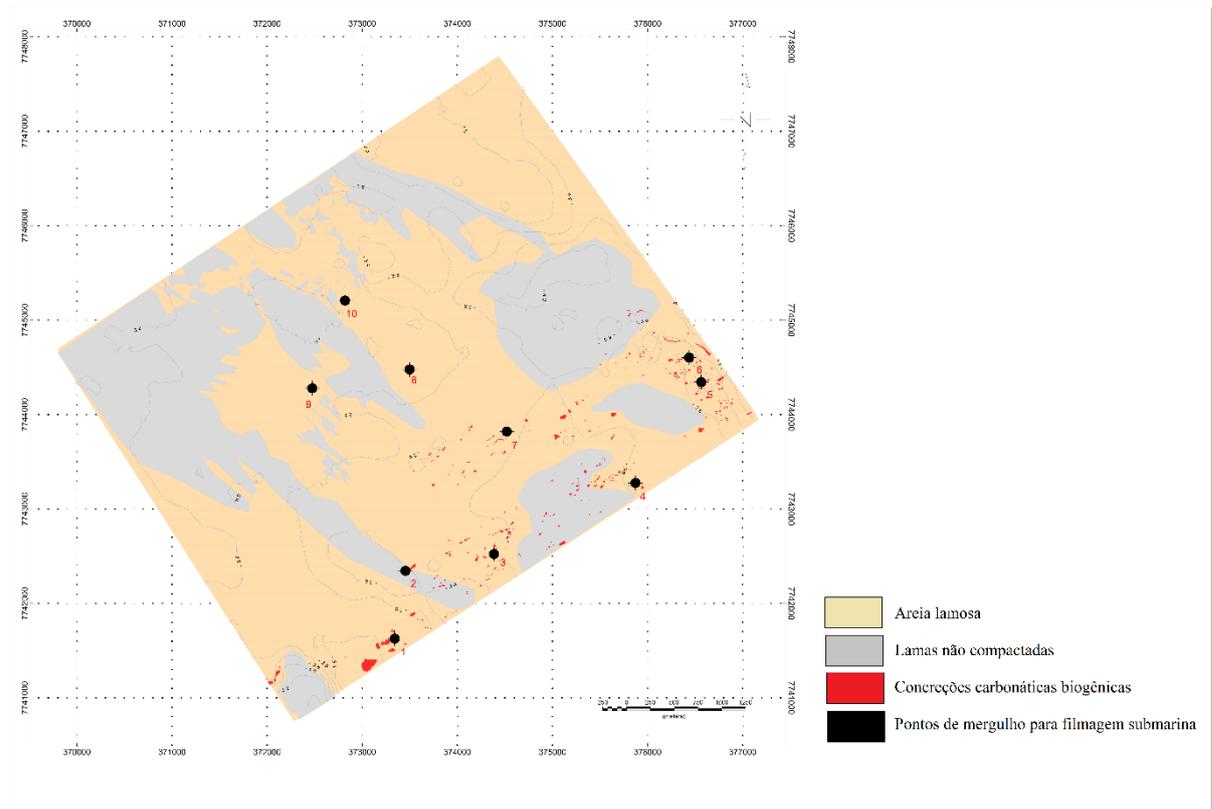


Figura 29. Mapa de Fácies da área estudada, desenvolvido a partir da consolidação do conjunto de dados obtidos pelo presente estudo na Plataforma Continental do Espírito Santo (dados batimétricos, mosaico sonográfico e observações pelas filmagens submarinas).

5 - DISCUSSÃO

Dominguez (2009) constata que os diversos eventos de variações do nível do mar durante o período do Quaternário ocorridos na margem continental brasileira influenciaram intensamente nos processos das estruturas geomorfológicas observadas nos dias atuais, na plataforma continental interna do Espírito Santo.

O perfil batimétrico observado no presente estudo, assim como o segmento do paleocanal do Rio Jucu observado também através dos dados batimétricos do estudo em questão, aqui apresentados, corroboram processos de alteração na morfologia de fundo da área, decorridos de diferentes tempos geológicos.

Além disso, na área estudada, as concreções carbonáticas biogênicas observadas ocorreram em profundidades que variaram entre 33 e 40 metros. Porém se torna difícil o estabelecimento de correlações da profundidade, a não ser o fato de que a presença desses organismos em profundidades similares já foi observada em regiões de plataforma continental intera na costa brasileira, por outros autores (Amaral, 2005; Dias & Villaça, 2012; Castro, 2006; Leão *et. al.*, 2016; Loiola, 2007).

Se tratando do padrão sedimentar na costa do estado do Espírito Santo, Bastos e Quaresma (2015) estudaram os padrões sedimentares em sua região estuarina, especificamente nas baías de Vitória e do Espírito Santo (área adjacente a região estudada no presente trabalho), utilizando-se de levantamentos por sidescan sonar e amostragem de sedimentos nas duas regiões.

A área da plataforma continental interna do Espírito Santo apresentou tipo sedimentar predominantemente arenoso, o que valida a presença da sedimentação arenosa no padrão misto observado para a área do presente estudo, enquanto a baía de Vitória exibiu padrão sedimentar lamoso, o que consiste em indicativo natural de uma região estuarina. O mix de sedimentação areno lamosa e lamo arenosa da área estudada pode sugerir a presença de material proveniente da região portuária e estuarina do estado, por atividades de descartes.

Concomitantemente à distribuição sedimentar da baía do Espírito Santo, os dados sonográficos obtidos por Bastos e Quaresma (2007) evidenciam a influência de condição hidrodinâmica rigorosa, de acordo com o padrão oceanográfico das frentes frias e incidências de ondas na região da baía do Espírito Santo (Albino *et al.*, 2001).

Os dados apresentados no perfil batimétrico *strike* em estudos de Bastos *et. al.* (2015) (ver Figura 10 no tópico 2.1) sugerem a correlação com a área de estudo da plataforma continental interna, adjacente à baía do Espírito Santo, onde há ocorrência da sedimentação carbonática, areais terrígenos e alguns rodólitos, sugerindo a susceptibilidade à ocorrência de fauna bentônica nessa área abrangente.

Diversos mapas foram produzidos por cientistas acadêmicos: Melo *et al.* (1975); Koswmann e Costa (1979) e Dias (2012), fundamentados nesse banco de dados. Além disso, assim como ocorrido no estudo aqui apresentado, outros autores combinaram dados do BNDO junto à dados sonográficos, com principal objetivo de produzir mapas de habitats bentônicos.

O atual estudo também é corroborado pelos questionamentos levantados em estudos de Bastos *et al.* (2015), onde o autor diz que a sedimentação carbonática, em geral, é associada a um regime de acomodação sedimentar em que prevalecem sedimentos de origem clástica, visto que os organismos bentônicos atuam diretamente na consolidação desse material (material de possível proveniência estuarina).

Além dos estudos conduzidos por Quaresma, Bastos *et al.* (2015) executou levantamentos sonográficos na plataforma continental capixaba com objetivo de distinguir os tipos sedimentares da região.

Tais observações permitem a inferência da presença de organismos vivos e carbonatos, mesmo na região da plataforma continental interna em região adjacente à baía do Espírito Santo, observada no presente estudo, caracterizada por padrão de sedimentação misto, junto às concreções carbonáticas biogênicas encontradas (e fauna bentônica).

Conforme observado por Nittouer (2007), em regiões de baixa latitude, a sedimentação de carbonatos biogênicos predomina, porém em alguns casos a sedimentação terrígena substitui esse regime, levando a uma diferenciação no padrão de sedimentos da área, ocasionando as misturas de sedimentações de diferentes granulometrias.

Existem muitos outros estudos que sugerem uma transição de sedimentação ao longo da plataforma continental, desde sedimentação fina como areias, à conglomerados bioclásticos e rodolitos (Coffey e Read, 2004).

No geral, essa transição na sedimentação ao longo da plataforma é relacionada ao aumento de valores da profundidade, porém há ocorrências onde não há esse aumento na profundidade, em uma plataforma onde a coluna d'água se mantém constante ao longo de

grande parte de sua extensão, e mesmo assim há a transição da sedimentação fina para a carbonática.

A região adjacente à baía do Espírito Santo, também objeto de estudo de Bastos; Quaresma *et al.* (2007), apresenta predomínio de sedimentação lamosa, e, conforme há o aumento na profundidade (em direção à região da plataforma externa), ocorre o aumento na granulometria dos sedimentos, porém com algumas áreas de sedimentos misturados pelo retrabalhamento decorridos de correntes de fundo.

Dados esses que são confirmados quando confrontados às observações da sedimentação nas imagens obtidas nas filmagens subaquáticas adquiridas na atual pesquisa.

Como citado anteriormente e, em concordância com Quaresma *et al.* (2015), para que hajam discussões sobre o padrão sedimentar ao longo da plataforma continental interna do estado do Espírito Santo, devem ser estabelecidos alguns conceitos sobre a sedimentação moderna que abrange a região.

Dentre esses conceitos notam-se o equilíbrio em que o ambiente se encontra, em relação às forças externas atuantes sobre ele; e os regimes de suprimento e acomodação em que ele se enquadra.

O conceito de equilíbrio compreende o fato de que a plataforma continental está sujeita às forças físicas, como ventos, ondas, correntes e descarga sedimentar, que devem variar sua magnitude em um curto período de tempo, e de certa forma, também possuem seu ponto de equilíbrio. Em teoria, essas forças controlam a distribuição superficial de fácies sedimentares (Swift & Thorne, 1991).

Dessa forma, as plataformas continentais encontram-se sob um regime de acomodação das descargas sedimentares, que se definem pelas intensas variações no nível do mar – explanadas na base teórica do presente estudo – e/ou altas taxas de dispersão na sedimentação, ou seja, a plataforma continental encontra-se sobre a influência de transgressões marinhas, que acarreta em processos erosivos e a presença de ambientes estuarinos em diferentes momentos e áreas dessa plataforma (Quaresma *et al.*, 2015).

Swift e Thorne (1991) detalham que durante o transporte oblíquo dos sedimentos na plataforma em direção a áreas profundas, ocorre a seleção progressiva dos sedimentos. Como resultado decorrente da seleção natural, a sedimentação grosseira se estabelece mais próxima da costa, enquanto sedimentos mais finos tendem à serem ressuspensos por correntes de fundo e chegam a regiões mais profundas.

Nada obstante, os tipos sedimentares da área de estudo da plataforma continental interna em área adjacente à baía do Espírito Santo não apresentam correlações com o regime sedimentar proposto por Swift e Thorne (1991).

Os sedimentos observados na área de estudo que apresentaram menor grau de compactação (principalmente lamas não compactadas), justificam-se, além de outras formas, com base nos estudos de Ross & Mehta et. al. (1989), Winterwerp & van Kestern et. al. (2004) e Mehta et. al. (2013), que caracterizaram o tipo sedimentar mencionado por ser usualmente menos consolidado, estabelecendo relações com depósitos recentes e/ou constantes. Em contrapartida, quando possuem menor densidade aparente e alta compactação, podem inferir depósitos mais antigos e estáveis.

Esse material mais fino, ocorre de forma dinâmica e concomitante a cronologia recente, em possível região estuarina, como o caso do estudo aqui abordado.

Enquanto as partículas sedimentares são depositadas, a interação entre os flocos particulados e sua própria massa fazem com que a água seja expelida dos grãos, levando à maior compactação dos depósitos (Ross & Mehta 1989). Todo esse processo é moroso, e o material sedimentar não pode ser ressuspensionado com constância, para que o processo se dê por completo.

Contrastes na topografia do leito marinho relacionados à área são observados nas bordas da região de estudo. Ao extremo sul da área, o contraste observado é relacionado a uma depressão batimétrica que chega a 43 m de profundidade, e é relacionada a uma conexão com o paleocanal do rio Jucu, que foi considerado o elemento morfológico de maior evidência (em termos de escala) encontrado na área de estudo.

A Figura 30 exibe detalhes desse paleocanal obtidos através de levantamentos de sidescan sonar durante a campanha executada pelo projeto REVIZEE (Dias & Pereira et. al., 1996), com sobreposição do mapa batimétrico do atual estudo, exibindo o segmento do referido paleocanal na área estudada.

É importante ressaltar que durante a aquisição do referido sonograma não houve a aplicação de georreferenciamento, pelo fato do sistema de aquisição (CODA) da época não possuir operação digital, dessa forma, não ocorrendo a aplicação de correção da navegação, assim ocorrendo distorção da imagem do sonograma, que corresponde à área indicada no mapa batimétrico consolidado por valores cotados em cartas batimétricas da DHN.

Também é importante lembrar que a área do polígono do presente levantamento possui profundidades que variam entre 33 e 40 metros, enquanto no mapa de compilação de cartas náuticas da DHN as maiores profundidades são representadas por cores mais frias, e para mais rasas, cores mais quentes.

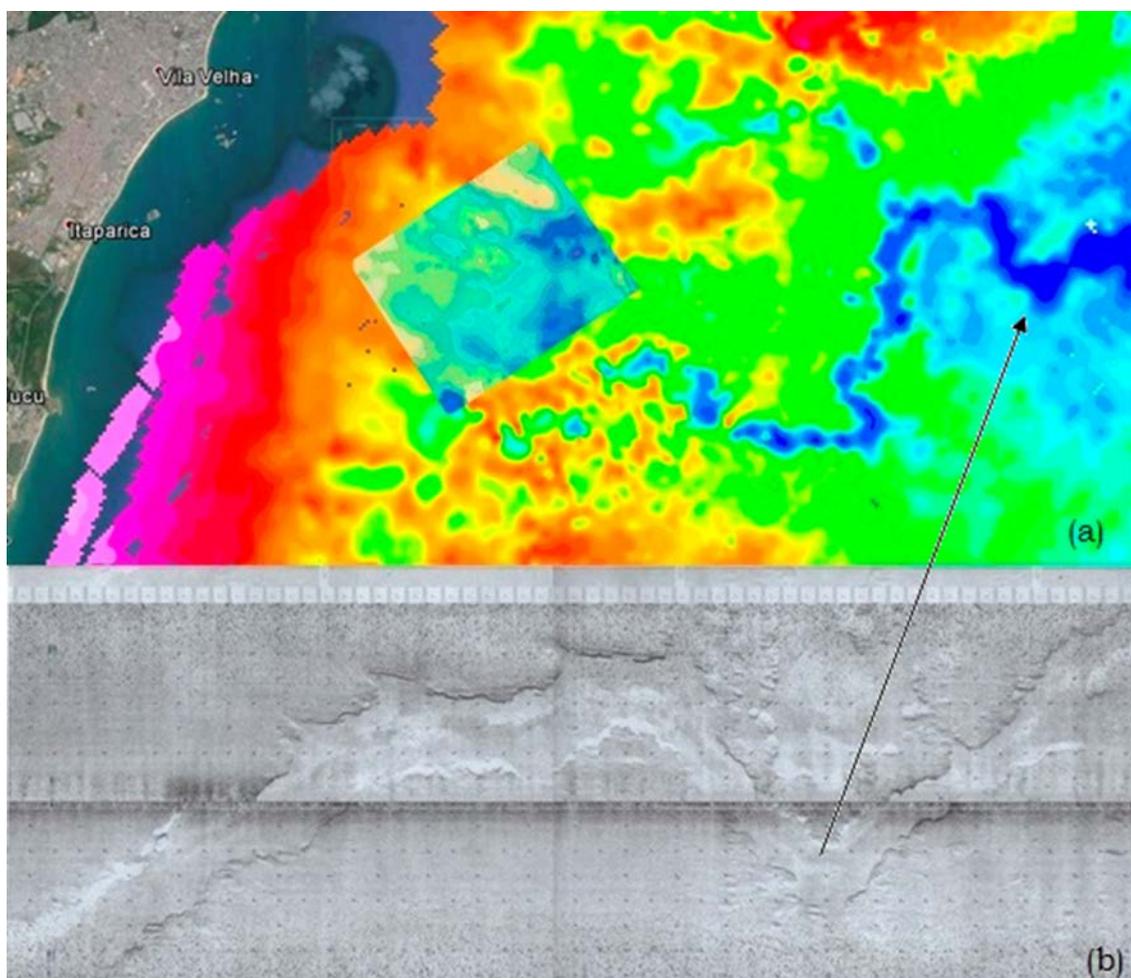


Figura 30. (a) O mapa batimétrico regional – REVIZEE (com a sobreposição do mapa batimétrico do atual estudo) da plataforma continental interna do Espírito Santo, com a indicação da presença do paleocanal do rio Jucu. (b) A imagem de sonar do paleocanal do rio Jucu. Fonte: Adaptado de Dias & Pereira (1996).

De acordo com Dominguez (2013), durante quase todo o período do Quaternário, especificamente no último milhão de ano, o nível do mar estava estabelecido em cerca de -62 m, comparado ao nível dos dias atuais, e a plataforma interna e média da margem brasileira encontrava-se em condições de exposição subaérea.

Essa configuração observada na plataforma continental brasileira é o principal fator que estabelece a base científica para a inferência da formação desses paleocanais, justificando

a ocorrência do paleocanal do rio Jucu, que foi observado no estudo aqui apresentado, no assoalho oceânico em região adjacente à baía do Espírito Santo.

Bastos *et al.* (2015) argumenta que a morfologia da plataforma continental na direção à sul da foz do Rio Doce é caracterizada por irregularidade no fundo e a região interna da plataforma tende ao estreitamento de sua espessura – o autor considerou esse estreitamento em profundidades em torno de 30 metros, na coluna d’água – fatores que não são integrados à região mais ao sul ainda, na região da plataforma interna próximo a baía do Espírito Santo, analisada por dados geofísicos e filmagens submarinas no atual estudo de caso em questão.

Em seus estudos, Bastos *et al.* (2015) explica que a sedimentação decorrente desses fundos de paleocanais é caracterizada por um mix de areias de origem bioclástica, com forte presença de sedimentos terrígenos provenientes de fontes limitadas à região costeira.

Ao estudar o a região de influência do Paleocanal de Vitória, Cetto (2009) caracterizou a estrutura por dois canais de convergência de diferentes épocas de sistema fluvial meadrante, associados ao Rio Jucu, no município de Vila Velha. O autor indica que o paleocanal pode conter sintomas do controle da geologia estrutural na margem continental, enquanto analisada a sua obliquidade em relação à linha de costa (direção nordeste-sudeste).

O paleocanal relacionado ao Rio Jucu apresenta duas fortes inflexões, na direção sudeste, enquanto grande parte da sua extensão ocorre na direção leste-oeste (Cetto, 2009). Durante a aquisição dos dados para o estudo aqui apresentado, na área da plataforma continental interna, em proximidades à baía do Espírito Santo, foram obtidos registros batimétricos da segunda e menor inflexão de direção sudeste, do referido paleocanal.

Essa inflexão, segundo Cetto (2009), pode relacionar-se ao fato do segmento ser mais recente, além de, ser um trecho abandonado e exposto aos agentes do intemperismo subaéreo, segundo estudo realizado pelo autor.

Apesar de Cetto (2009) se atentar à precariedade na resolução dos dados batimétricos na área do paleocanal do Rio Jucu, a existência do segmento de extensão desse comprimento

paleocanal pode ser confirmada pela pertinência na aparição do mesmo seguimento em dados de novo levantamento batimétrico realizado durante o atual estudo.

Em seus estudos, Basto *et al.* (2015) também caracterizou a região ao sul da plataforma continental do Espírito Santo pela grande incidência de paleocanais, denominada pelo mesmo como uma “plataforma dominada por vale de paleocanais”.

Cetto (2009) já havia apresentado conteúdo sobre o reflexo da reduzida taxa de sedimentação nessas áreas da plataforma continental interna do Espírito Santo em seus estudos. Uma série de paleocanais são observados ao longo da região da plataforma continental de Vitória, desde a área ao norte até a região de Guarapari.

O autor ainda confirma que esses paleocanais encontram-se estabelecidos perpendicularmente à costa, assim como o segmento do paleocanal do Rio Jucu, na direção de Vitória, observado no caso de estudo aqui apresentado.

Já a sul de Guarapari, a plataforma apresenta variação morfológica novamente, e Bastos *et al.* (2015) descreve o alargamento dessa região da plataforma continental, e a ausência de paleocanais.

Porém, o autor registra que a superfície de fundo da área ao sul de Guarapari é dominada por rodolitos, areias e cascalhos com presença de carbonatos e organismos bentônicos associados a presença sedimentação carbonática biogênica (Amado Filho *et al.*, 1997; Dias e Villaça, 2012).

Cetto (2009) reforça que a largura desses canais pode chegar a 600 metros. Seções sísmicas obtidas nas áreas as quais foram observados os paleocanais são apresentadas pelo autor, exibindo o padrão sedimentar que preenche essas estruturas.

A sedimentação observada nas áreas preenchidas dos paleocanais revelou-se predominantemente carbonática, intercalada com lamas.

Já nos denominados paleovales mapeados na área norte da plataforma continental interna do estado do Espírito Santo são apresentadas areias de granunolemetria média, com menor incidência de carbonatos, de acordo com os dados sísmicos apresentados por Cetto (2009).

No atual estudo de caso não foi possível identificar os pacotes sedimentares inerentes ao segmento do paleocanal do Rio Jucu, uma vez que não houveram aquisições de sísmica de alta resolução, assim como não foram realizadas amostragens de sedimento no fundo do paleovale, que proporcionassem a caracterização sedimentar da feição observada.

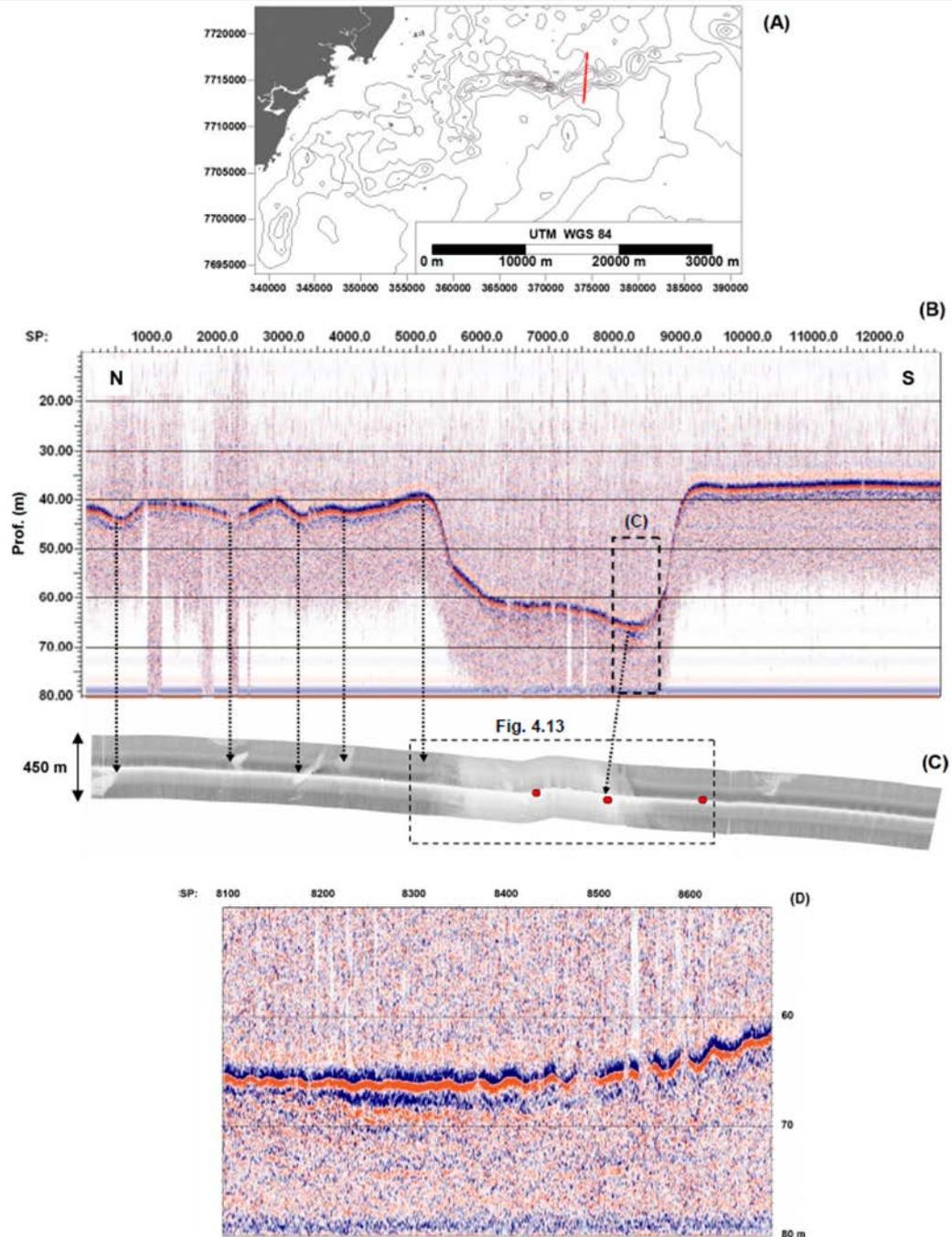


Figura 31. Levantamentos geofísicos obtidos por Cetto (2009) na região do paleocanal de Guarapari. (A) Localização da linha sísmica. (B) Registro sísmico de 10 KHz cortando o canal obliquamente. (C) Linha de registro sonográfico com pontos de amostragem sedimentar. Fonte: Cetto (2009).

A Figura 31 retrata o conjunto de dados obtidos por Cetto (2009), sobre a região de fundo marinho onde situa-se o paleovale de Guarapari. Como discutido anteriormente, a conjectura dos dados geofísicos (sonar de varredura lateral e sísmica rasa, no caso) juntos à amostragem sedimentar superficial do fundo marinho possibilitaram o entendimento do preenchimento do pacote sedimentar superficial no largo do canal em questão.

O autor caracterizou a sedimentação por natureza carbonática com textura grossa (rodolitos, cascalhos bioclásticos com nódulos de conchas e areias bioclásticas médias) para o referido caso.

A apresentação dos paleocanais em regiões ao sul da plataforma continental (após a foz do Rio Doce) é sugerida por Bastos *et al.* (2015), em seus estudos. O autor esclarece que, pelo fato de não existir um rio principal como fonte sedimentar da bacia regional, há maior escassez no aporte sedimentar, em certos períodos, tornando a bacia “faminta” durante esses intervalos de tempo.

Isso acarreta taxas erosivas acima de taxas de deposição sedimentar, o que pode facilitar a aparição de estruturas erosivas como os paleocanais. E além disso, podem se tornar variáveis para o estabelecimento de sedimentação carbonática predominante na região, ainda segundo o autor.

Padrões de zoneamento da biota marinha podem variar ao longo de zonas costeiras, não necessariamente relacionando-se aos gradientes observados nessas zonas, em diferentes direções. Além disso, outros fatores devem ser levados em conta, uma vez que os principais condutores de processos desses padrões e dos processos biológicos dependem diretamente da escala espacial em que estão estabelecidos (Levin, 1992; Willig *et al.*, 2003).

Dentro de possíveis causas relevantes aos padrões de distribuições dos organismos marinhos na área costeira submersa (variações horizontais ao longo do gradiente da plataforma) existem as causas abióticas, dentre as quais podem ser citadas as variações topográficas do fundo marinho, perturbações físicas (ou seja, variações na interação com

ondas e ventos, Schoch *et al.*, 2006; Tuya e Haroun, 2006), além das estruturas geomorfológicas na região costeira (Schoch e Dethier, 1996).

A imagem 3D do mapa batimétrico da área estudada é exibida na Figura 32, destacando a presença de duas pequenas elevações no fundo oceânico nas extremidades da área mapeada. Os organismos bentônicos e concreções carbonáticas biogênicas foram associadas à estas elevações no relevo. Sendo os últimos relacionados ao desenvolvimento através de construções de briozoários, dentre outros organismos de fundo.

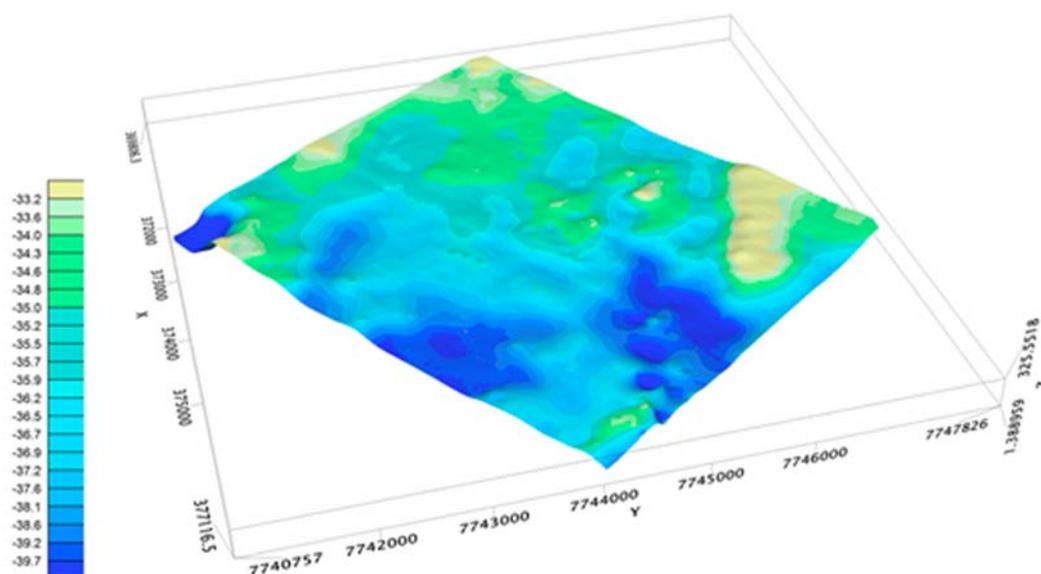


Figura 32. Visão 3D do mapa batimétrico da região de estudo. Nota-se a semelhança entre a superfície mapeada e uma planície costeira submersa.

Além disso, essas estruturas possuem maior destaque e visualização nas imagens obtidas através de levantamento de sidescan sonar, uma vez que a presença de lama compacta/areias ocasionam a maior intensidade de sinal backscatter nos registros.

Os levantamentos realizados com sidescan sonar ao longo da área indicaram a ocorrência dos organismos bentônicos submersos, que foram confirmados, posteriormente, pelas filmagens submarinas (Figuras 33 e 34).

É importante ressaltar que os pontos de mergulho para as filmagens do fundo marinho foram selecionados a partir de relações estritamente ligadas à interpretação dos dados do levantamento sonográfico.

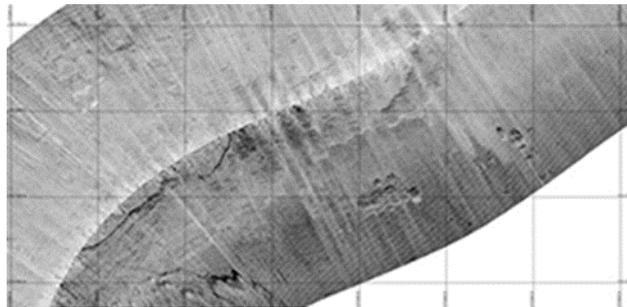


Figura 33. Recorte em área de linha sonográfica representando registros de organismos bentônicos, de forma isolada, na área de estudo (refere-se ao ponto de mergulho 1?).

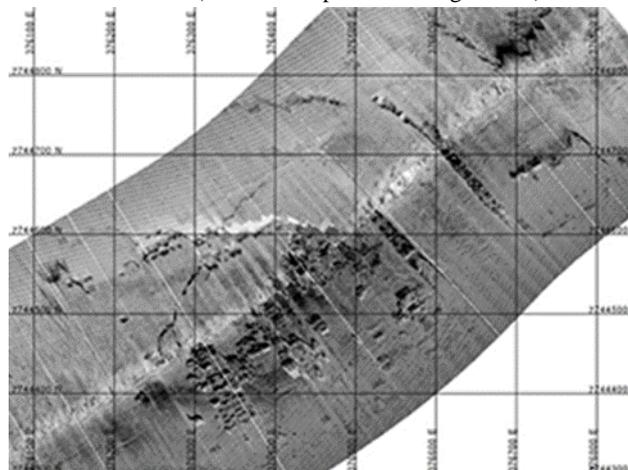


Figura 34. Outro exemplo de registro de organismos de fundo marinho, através do sidescan sonar. A fauna observada também se encontra em formas agrupadas, e podem variar entre 1 e 5 metros de extensão, quanto a sua presença em área (refere-se ao ponto de mergulho 6?).

Apesar da crescente utilização de tecnologias acústicas multifeixe no âmbito do mapeamento de habitats, as técnicas do sidescan sonar se mostram mais favoráveis na detecção de elementos em menor escala, como os organismos bentônicos, apresentando em variados tamanhos, na área do presente estudo de caso, e na discriminação das diferenças nas

texturas no assoalho oceânico, como descrito por Blondel & Murton (1997); Thornton *et al.* (1998); Van Lancker *et al.* (2004).

É extremamente importante enfatizar a presença desses organismos vivos observados na área de estudo. Especificamente tratando-se dos corais negros, que, por exemplo, constituem espécie que possui poucos registros ao longo da costa brasileira, de acordo com Loiola *et al.* (2007).

Os estudos taxonômicos desse tipo de coral em região de mar profundo, no Brasil, tiveram crescimento durante os anos 90, especialmente devido ao material coletado *in situ* durante o Programa REVIZEE – um projeto oficial do governo brasileiro com objetivo da aquisição de recursos de organismos vivos na Zona Econômica Exclusiva brasileira.

Estudos executados por Castro *et al.* (2006) na região do Cabo de São Tomé, à norte da costa do estado do Rio de Janeiro (situados em latitude à 22° S, em profundidades entre 100 e 500 metros) apontam que essa região acomoda a maior riqueza em corais negros da costa brasileira, com a ocorrência simultânea de seis espécies, somente nesta área.

Conforme levantamento em estudos de Winston & Maturo (2009), o filo Bryozoa contém mais de 600 espécies vivas nos dias atuais, e 20.000 espécies de fósseis. Taylor (2000) complementa que são predominantemente marinhos com ocorrências em todas as latitudes e bacias oceânicas, desde a zona intermaré até profundidades abissais, de acordo com a revisão bibliográfica feita pelo autor.

Almeida *et al.* (2011) interpreta que a ocorrência dos briozoários é dada por fatores que são parametrizados, onde parte destes possuem grande faixa de variações. Especificando alguns fatores, tem-se por exemplo que, a ocorrência desses organismos em formas de colônias pode variar em uma gama de profundidades, apesar de algumas tendências serem observadas.

Ryland (1960; Smith, 1995) validam que as maiores incidências de briozoários ocorrentes na plataforma continental são entre 40 m e 90 m de profundidade. Indicação essa

que fundamenta a ocorrência desses organismos predominantemente marinhos na área de estudo adjacente à baía do ES, na plataforma continental interna do estado.

Organismos bentônicos como os observados no presente estudo podem se passar por despercebidos em alguns casos de levantamentos multifeixe, por em geral possuírem baixa estatura e se encontrarem dispersos nos habitats de fundo marinho, sendo dessa forma, a largura do feixe e o ângulo crítico utilizados nos levantamentos através de sonares acústicos (sonar de varredura lateral ou batimetria) fundamentais para que essas estruturas sejam visualizadas.

Estudos pretéritos sobre corais negros designaram a presença massiva da espécie *Antipathidae* com distribuições latitudinais em larga escala, no extremo leste da costa do Brasil. Distribuições essas observadas em profundidades entre 50 a 300 metros (Loiola e Castro, 2001; Castro et. al., 2006).

Duas espécies do gênero *Antipathes* não identificadas foram registradas: uma em regiões profundas, entre 65 e 400 metros de profundidade (Castro *et al.*, 2006), e outro em áreas rasas (acima de 20 m de profundidade), no banco de Abrolhos (Castro, 1994).

Os corais negros representam valores únicos para a diversidade da fauna bentônica na costa leste brasileira, assim como para a plataforma continental do Espírito Santo. A caracterização biótica da área de estudo também foi constituída por corais escleractíneos, que se destacam por também apresentarem uma baixa diversidade na fauna de bentos do Brasil.

Conforme descrito no presente estudo, alguns dos organismos identificados durante a inspeção submarina na área estudada são evidentes: os corais negros da ordem *Antipatharia* – organismos que atualmente se encontram em estado de extinção, cnidários com a notória presença de escleractíneos, bivalves, intensa presença de briozoários e gastrópodes.

Diversos autores contemplaram estudos que caracterizaram a presença de briozoários em diferentes regiões de plataforma continental marinha, passando por diversos aspectos e parâmetros culminantes no estabelecimento desses organismos.

Uma vez caracterizada a importante heterogeneidade bentônica observada na área estudada, é de extrema importância ressaltar que as possíveis atividades antropogênicas geradoras de economias podem acarretar em sérios impactos aos organismos relacionados à estes ambientes. A dragagem se inclui em meio a estes geradores de impactos.

Atualmente, já existem estudos de projetos de dragagem que culminaram em impactos ambientais em comunidades de organismos do assoalho marinho (Dodge & Vaisnys, 1977; Bak, 1978; Rogers, 1990; Erfteimeijer *et al.*, 2012a; Miller *et al.*, 2016).

O influxo sedimentar agravado pela ressuspensão de sedimentos bentônicos caracteriza um efeito da dragagem costeira e da construção portuária (PIANC, 2010).

Sedimentos finos tendem a apresentar impactos superiores nesses organismos, quando comparados aos impactos causados por sedimentação grossa (Erfteimeijer *et al.*, 2012a), como demonstrado em resultados apresentados nos estudos de Miller *et al.* (2016) na avaliação do impacto sedimentar em recifes de corais, decorrentes da dragagem do porto de Miami, na Florida, Estados Unidos.

O estabelecimento de limiares para a sedimentação de forma significativa e ecologicamente realística, como condições de base e para a adaptação e programas de monitoramento desses organismos bentônicos pode ser uma ferramenta desafiante para a preservação dos ambientes em que se estabelecem organismos bentônicos, nos dias atuais (Erfteimeijer *et al.*, 2012a).

Para exemplificar casos em que há a presença de comunidades de organismos bentônicos em áreas de operações portuárias/execução de projetos de dragagem, temos o trabalho de Miller *et al.* (2016), na região portuária de Miami, nos Estados Unidos.

Em seu estudo, Miller *et al.* (2016) retrata a presença de seis espécies de recifes de corais estabelecidos em substratos de fundo marinho rígido, no canal de entrada do porto de Miami, caracterizados por Walker (2009). O objetivo da atividade de dragagem era propiciar a navegabilidade no canal, além do acesso de embarcações de grande porte.

Neste mesmo estudo de caso, foi determinado que a pluma de sedimentos durante as operações das dragas encontrava-se 5 vezes maior em tamanho.

Para estudos de avaliação da área, Barnes *et al.* (2015) realizou levantamentos de monitoramento remoto em paralelo às atividades de dragagem, e, além disso, foram obtidos registros de filmagem submarina por mergulhadores (US Army Corps of Engineers, 2010).

No entanto, Miller *et al.* (2016) argumenta que de fato existe um hiato em estudos sobre o efetivo impacto da remobilização de sedimentos por atividades antropogênicas, como a dragagem.

E, devido à esta escassez na produção científica, fica difícil estimar potenciais danos e realizar avaliações precisas sobre os potenciais impactos sobre as comunidades de organismos bentônicos.

Contudo, no caso do Porto de Miami, a autora sugere que parte do impacto esteja possivelmente associado ao elevado tráfego marítimo em canais adjacentes às regiões desses corais, que podem causar perturbações na sedimentação.

Miller *et al.* (2016) ressalta que enquanto a movimentação e deposição de sedimentos constitui um processo inerente em ecossistemas de fundo marinho, os organismos bentônicos (em seu caso de estudo, comunidades de recifes de corais) se tornam incapazes de exercer suas funções biológicas e/ou se desenvolverem, quando seus substratos se encontram cobertos por camadas sedimentares, durante um longo período de tempo. Consequentemente, o processo de soterramento ocasionou a mortalidade parcial desses organismos.

O impacto em organismos bentônicos (tanto impactos físicos como alterações químicas) é específico de cada região (Miller *et al.*, 2014). Dessa forma, análises no âmbito espacial (tanto físicas como químicas) relacionadas ao ambiente da fauna bentônica de interesse de um estudo devem estabelecer os parâmetros para um melhor entendimento da ecologia marinha dessa determinada região de interesse.

6 - CONCLUSÃO

Três diferentes ecofácies foram interpretadas: areias lamosas, lamas não compactadas e concreções carbonáticas biogênicas. O levantamento batimétrico revelou um fundo plano e homogêneo, variando entre 33 e 40 metros de profundidade, e a presença de um segmento de paleocanal (paleocanal do Rio Jucu).

Os organismos bentônicos se relacionam a elevações suaves, com menos de 0.5 metros de altura e de múltiplas ocorrências sob a superfície do fundo marinho. É possível que se identifique essas fácies através de imagens obtidas através de levantamentos com sonar batimétrico single beam e de varredura lateral.

Foram capturadas imagens a partir de filmagens subaquáticas, que possibilitaram estimar a identificação dos espécimes bentônicos da região. A composição bentônica foi heterogênea ao longo das estações de amostragem, apresentando espécies de diferentes tipos, como por exemplo uma ocorrência de coral negro da ordem Antipatharia, organismo que se encontra em extinção.

Para minimizar efetivamente os impactos negativos sobre os organismos bentônicos durante as atividades de dragagem e/ou descarte de material dragado, uma combinação de formas de monitoramento da qualidade da água e da saúde dos organismos bentônicos poderiam constituir ferramentas que se tornariam referência e base para a tomada de decisão com relação às adequações nos processos dessas atividades (ou mesmo a sua suspensão), além de estudos aprofundados sob essa comunidade viva.

A ocorrência do soterramento pelo descarte de material sob os organismos pode causar a diminuição no recrutamento e estabilização de novas espécies e suprimir o desenvolvimento de possíveis colônias.

O despejo de material dragado sob essas comunidades acarretará o desaparecimento dos organismos, uma vez que a sobreposição de sedimentos nos bentos deve sufocar os respectivos organismos e impossibilitar a sua sobrevivência.

Dessa forma, o fomento à produção científica nesse novo cenário do gerenciamento costeiro, principalmente através do estabelecimento de um nível de base para as informações do mapeamento de habitats marinhos, constitui uma poderosa ferramenta para a evolução da conservação da ecologia marinha.

Como alternativa, é recomendável que sejam enfatizados os estudos em áreas profundas, como por exemplo as regiões dos fundos de paleocanais, que possuem potencial para ocasionalmente abrigar sedimentos proveniente da dragagem (que constituem os denominados CDFs – Confined Disposal Facilities – ou em português, instalações para confinamentos deposicionais).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, J. & SUGUIO, K. (2010). Sedimentation processes and beach morphodynamics active at the Doce River mouth, Espírito Santo State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2010) 82(4): 1031-1044 pp.

ALBINO, J., OLIVEIRA, R.M.S., NASCIMENTO, K. A. de, ARAÚJO R. F. 2001. Adaptação morfológica e variação granulométrica das areias da praia de Camburi, Vitória – ES, após engordamento artificial. Artigo em publicação na Revista Pesquisas em Geociências. UFRGS/RS.

ALBINO, J.; OLIVEIRA, R.; MAYA, L. P.; ALENCASTRE, K. Processos Atuais de Sedimentação Marinha e Praial do Litoral de Vitória, ES. Relatório nº 1982506/2000 FACITEC - Prefeitura Municipal de Vitória, 2001.

ALMEIDA, V. E. S. (2011) Influência da latitude e da granulometria na distribuição geográfica dos briozoários (ordem cheilostomata) da plataforma continental da Bahia, Brasil. Tese de Doutorado do curso de pós-graduação em Geologia, UFBA, Bahia, Brasil, 2011. 168pp.

AMADO FILHO, G. M.; ANDRADE, L. R.; REIS, R. P.; BASTOS, W.; PFEIFFER, W. C. Heavy metal concentrations in seaweed species from the Abrolhos reef region, Brazil. *Proc. 8th Intern. Coral. Reef. Symp.*, v. 2, p. 1843-1846, 1997.

AMARAL A. C.; JABLONSKI, S. (2005). Conservation of Marine and Coastal Biodiversity in Brazil. *Conservation Biology*. Vol. 19, No. 3, 2005, 625–631pp.

AMARAL CAB. 1979. Recursos Minerais da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes. Projeto REMAC. Vol.10. Petrobras. Rio de Janeiro. 112 p.

ANGULO, R.J., LESSA, G.C., SOUZA, M.C.D, 2006. A critical review of mid to late Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quat. Sci. Rev.* 25, 486-506.

ASMUS HE, GOMES JB AND PEREIRA ACB. 1971. Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA (SBG), XXV, São Paulo, SP, Brasil, Anais 3: 235–254.

ASSINE, M. L. & PERINOTTO, J. A. J. 2001. Estratigrafia de Sequências em sistemas deposicionais siliciclásticos costeiros e marinhos. In: Severiano Ribeiro, H. J. P. (org.) *Estratigrafia de Sequências: fundamentos e aplicações*, São Leopoldo, RS. pp.:305-340.

BAK R. 1978. Lethal and sublethal effects of dredging on reef corals. *Marine Pollution Bulletin* 9:14–16 DOI 10.1016/0025-326X (78)90275-8.

BANDEIRA JUNIOR A.N; PETRI, S.; SUGUIO, K. The Doce River delta. An example of highly destructive wave – demicated delta on the Brazilian Atlantic coastline, State of Espírito Santo. In: *International Symposium on Costal Evolution in the Quaternary. Proceedings: 275-295.* São Paulo, 1979.

BARNES BB, HU C, KOVACH C, SILVERSTEIN RN. 2015. Sediment plumes induced by the Port of Miami dredging: analysis and interpretation using Landsat and MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 170:328–339 DOI 10.1016/j.rse.2015.09.023.

BASTOS AC; QUARESMA VS; MARANGONI MB; D’AGOSTINI DP; BOURGUIGNON SN; CETTO PH; SILVA AE; FILHO GMA; MOURA RL; COLLINS M (2015). Shelf Morphology as an indicator of sedimentary regimes: A synthesis from a mixed siliciclastic-carbonate shelf on the eastern Brazilian margin. *Journal of South America Earth Sciences.* 63 (2015). 125-136 pp.

BASTOS, A. C.; MOURA, R. L.; AMADO-FILHO, G. M.; FRANCINI-FILHO, R. B.; FREITAS, M. O.; MINTEVERA, C. V.; TEIXEIRA, J. B.; GÜTH, A. Z.; SUMIDA, P. Y.

G.; THOMPSON, F. L. Buracas: Novel and unusual sinkhole-like features in the Abrolhos Bank. *Cont. Shelf Res.*, v. 70, n. 1, p. 118-125, 2007.

BATE, C. S. 1888. Report on the Crustacea Macrura collected by HMS Challenger during the years 1873-76. *Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger 1873-76. Zoology* 24; 2nd Part, Plates I-CL.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Boletim Paranaense de Geografia, Curitiba*, nº 16/17, p.117-151, 1965.

BLONDEL, P., & MURTON, B. (1997). *Handbook of seafloor sonar imagery*. London: John Wiley & Sons.

BRANNER, J.C. 1902. Geology of the Northeast Coast of Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, 13: 41-98.

BRANNER, J.C. 1904. The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on the coral reefs. *Bull. Mus. Comparative Zool., Harvard College, Cambridge*, 44: 207-275.

CAMARGO, R.; HARARI, J. Modeling the Paranaguá Estuarine Complex, Brazil: tidal circulation and co-tidal charts. *Rev. Bras. Oceanogr.*, v. 51, n. 1, p. 23-31, 2003.

CASTRO C. B.; AMORIM L. C.; CALDERON E. N.; SEGAL B. Cobertura e recrutamento de corais recifais (Cnidaria: Scleractinia e Milleporidae) nos recifes de Itacolomis, Brasil. *Arq. Museu Nacional*, v. 64, n.1, p. 29-40, 2006a.

CASTRO, C. B. Corals of Southern Bahia: In: HETZEL, B.; CASTRO, C. B. (eds.). *Corals of Southern Bahia*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994. p. 161-176.

CASTRO, C. B.; SEGAL, B.; PIRES, D. O.; MEDEIROS, M.S. Distribution and diversity of coral communities in the Abrolhos Reef Complex, Brazil. In: ALLEN, G.; DUTRA, G. F.; WERNER, T. B.; MOURA, R. L. (Eds.). *A*

Biological Assessment of Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. Washington: RAP Bull. Biol. Assess, 2006b. p. 19-39.

CETTO, PH (2009) Vales incisos Quaternários da Plataforma Continental do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha: Universidade Federal Fluminense. 137 p.

CHACALTANA, J. T. A.; JESUS, L. C. de; BARRETO, F. T. C.; INNOCENTINI, V. 2016. Tide assessment for the continental shelf situated in the southwestern Atlantic between the latitudes 19.8°S and 21.2°S. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(2): 113-126 pp.

CHACALTANA, J. T. A.; JESUS, L. C.; BARRETO, F. T. C.; INNOCENTINI, V. Tide assessment for the continental shelf situated in the southwestern Atlantic between the latitudes 19.8°S and 21.2°S. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64, n. 2, p. 113-126, Apr./jun. 2016

CHALCATANA, J. T. A.; JESUS, L. C.; BARRETO, F. T. C. 2003. Tide assessment for the continental shelf situated in the southwestern Atlantic between the latitudes 19.8°S and 21.2°S

COFFEY, B. P. and READ, J. F. (2006). Subtropical to temperate facies from a transition zone, mixed carbonate-siliciclastic system, Paleogene, North Carolina, U.S.A., *Sedimentology*, 27pp.

COLLINS, W.; GREGORY, R.; ANDERSON, J. 1996. A digital approach to seabed classification. *Sea Technology*, vol. 37, n°8.

CONCREMAT . 2007. Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ). Rio de Janeiro.

CORRÊA, I. C. S. 1996. Les variations du niveau de la mer durante les derniers 17.500 ans BP: l' exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul, Brésil. *Marine Geology*, 130: 163-178.

CRUZ JR., F. W.; BURNS, S.J; KARMANN, I.; SHARP, W.D.; VUILLE, M.; CARDOSO A. O.; FERRARI, J. A.; SILVAS DIAS, P. L.; VIANA JR., O. 2005a. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*, 434, 63-66.

DAMUTH, J. E.; HAYES, D. E. 1977. Echo character of the east brazilian continental margin and its relationship to sedimentary processes. *Marine Geology*, 24: 73-95.

DE JONGE V. N.; VAN BEUSEKOM J. E. E. (1995) Wind and tide-induced resuspension of sediment and microphytobenthos from tidal flats in the Ems estuary. *Limnol Oceanogr* 40: 766-778

DIAS, G. T. M.; VILLAÇA, R. C. 2012. CorallineAlgaeDepositionalEnvironmentsontheBrazilian Central-South-EasternShelf. *JournalofCoastalResearch*, 28 (1), pp 270-279.

DIAS, GTM; PEREIRA, JLJ (1996). Tipos de fundo da plataforma continental SE revelados em levantamentos por sonar de varredura lateral e dragagensdurante a expediçãoRevizee Central I-2ª etapa. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador. Resumo XXXIX Congresso Brasileiro de Geofísica. Salvador, Bahia.

DOBB, F. C.; VOZARIK, J. M. (1983) Immediate effects of a storm on coastal infauna. *Mar Ecol Prog Ser* 11:273-279

DODGE RE, VAISNYS JR. 1977. Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. *Journal of Marine Research* 35:715-730.

DOMINGUEZ J.M.L. & WANLESS H.R. Faciesarchitectureof a fallingsealevel, Doce rivercoast, Brazil. *InternationalAssociationofSedimentologistsSpecialPublication*, 14:259-281, 1991.

DOMINGUEZ J.M.L. The coastal zone of Brazil: an overview. *Journal of Coastal Research*, SI39:16-20, 2004.

DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P., MARTIN L. 1992. Controls on quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80:213-232.

DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P., MARTIN L. Control on quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80:213-232, 1992.

DOMINGUEZ, JML; DA SILVA, RP; NUNES, AS; FREIRE, AFM (2013) The narrow, shallow, low-accommodation shelf of central Brazil: Sedimentology, evolution, and human uses. *Geomorphology* 203: 46-59, 2013.

ERFTEMEIJER P, RIEGL B, HOEKSEMA B, TODD P. 2012A. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. *Marine Pollution Bulletin* 64:1737–1765 DOI 10.1016/j.marpolbul.2012.05.008.

FERNANDES, A. M.; SILVEIRA, I. C. A.; CALADO, L.; CAMPOS, E. J. D.; PAIVA, A. M. A two-layer approximation to the Brazil Current-Intermediate Western Boundary Current System between 20°S and 28°S. *Ocean Model.*, v. 29, n. 2, p. 154-158, 2009.

FRAGOSO, M. R., 2004. Um Modelo Numérico da Circulação Oceânica para as Bacias Leste e Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, COPPE. 173p.

FRAZÃO, L. S. Caracterização batimétrica e físico-oceanográfica do canal de acesso ao porto de Cabedelo/PB: uma análise ambiental ao derrame de óleo. Dissertação de Mestrado – Universidade do Rio Grande do Norte. Natal, 2011. 91f.

FREITAS, R.O. 1951. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. FFCL/USP, 120 p. (Boletim 130, série Geol. 11°6).

GAO S. & COLLINS M.B. 2014. Holocene sedimentary systems on continental shelves. *Marine Geology*, 352:268-294.

HAMILTON, E.L. Geoacoustic modeling of the seafloor. *Journal of The Acoustical Society of America*. v. 68, n. 5, p. 1313–1340, 1980.

HARARI, J.; CAMARGO, R. Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): Circulação de maré. *Rev. Bras. Oceanogr.*, v. 46, n. 2, p. 135-156, 1998.

HARARI, J.; CAMARGO, R. Numerical simulation of the tidal propagation in the coastal region of Santos (Brazil, 24°S 46°W). *Cont. Shelf Res.*, v. 23, n. 16, p.1597-1613, 2003.

HARARI, J.; CAMARGO, R. Simulação da propagação das nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através de modelo numérico hidrodinâmico. *Bol. Inst. Oceanogr.*, v. 42, n. 1/2, p. 35-54, 1994.

HARRIS PT; WHITEWAY T; High seas marine protected areas: benthic environmental conservation priorities from a GIS analysis of global ocean biophysical data, *Ocean Coastal Manage.* 52 (2009), 22-38pp.

HARTT, C.F. 1870. *Geology and physical geography of Brazil*. Boston, Fields Esgood & Co, 620 p.

HOGBEN, N. AND LUMB, F.E., 1967. *Ocean wave statistics*. National Physical Lab., Ministry of Technology, London, 263 pp.

JUNIOR, P. V.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S. 2009. Morfologia e distribuição Sedimentar de um Sistema Estuarino Tropical: Baía de Vitória, ES. *Revista Brasileira de Geofísica* (2009) 27(4): 609624.

KOWSMANN, R. O.; COSTA, M. A. 1979a. Sedimentação quaternária na margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Série Projeto REMAC, nº 8, 55p. PETROBRAS/CENPES/DINTEP. Rio de Janeiro.

LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P; FERREIRA B. P.; Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64 (sp2): 97-116, 2016

LEVIN, S.A., 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73, 1943-1967.

LOIOLA, L. L. AND C. B. CASTRO. Three new records of Antipatharia (Cnidaria) from Brazil, including the first record of a Schizopathidae. *Bol. Mus. Nac., N. S., Zool.* 455: 1–10, 2001.

MACIEL MA, CHACALTANA JTA & RIGO D. 2003. Padrão de escoamento no Canal da Passagem. In: V Semana Estadual de Meio Ambiente (SESMA) Vitória, 2003.

MARTIN L AND SUGUIO K. 1992. Variation of coastal dy manics during the last 7,000 years recorded in beach-ridge plains associated with river mouths: Example from the central Brazilian coast. *Palaeogeogr, Palaeoclimatol, Palaeoecol*, 99: 119–140.

MARTIN, L. SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. 1993. As flutuações do nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica dos “deltas” brasileiros. *Boletim do IG-USP, sp. Publ.*, 15: 86p.

MARTIN, L., DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P., 2003. Fluctuating Holocene sea levels in eastern and southeastern Brazil: evidence from a multiple fossil and geometric indicators. *J. Coast Res.* 19, 101-124p.

MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.M., DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P., 1996. Quaternary sea-level history along the central part of the Brazilian coast. Variations in coastal dynamics and their consequence on coastal plain construction. *An. Acad. Brasil. Ciênc.* 68, 303-354.

MEHTA A.J. An introduction to hydraulic of fine sediment transport. Singapore, World Scientific Publishing, 1039 p, 2013.

MELO E AND GONZALEZ J DE A. 1995. Coastal Erosion at Camburi Beach (Vitoria, Brazil) and its Possible Re-lation to Port Works. In: International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC), IV Rio de Janeiro, RJ, Brazil, Proceedings, p. 397–411.

MELO, U.; SUMMERHAYES, C.P. & ELLIS, J.P. 1975. Salvador to Vitoria, Southeastern Brazil. In: Milliman, J.D. & Summerhayes, C.P. (eds.). Upper continental margin sedimentation of Brazil, Contributions to Sedimentology, p. 8-116.

MESQUITA, A. R. 2003. “Sea level variations along the Brazilian coast: a short review” - Journal of Coastal Research, SI 35, p. 21-31.

MILLER MW, LOHR KE, CAMERON CM, WILLIAMS DE, PETERS EC. 2014. Disease dynamics and potential mitigation among restored and wild staghorn coral, *Acropora cervicornis*. PeerJ 2:e541 DOI 10.7717/peerj.541.

MILLER, M. W. Detecting sedimentation impacts to coral reefs resulting from dredging the Port of Miami, Florida, USA. PeerJ 4: e2711; DOI 10.7717/peerj.2711. 2016. 19p.

MILLER, M. W.; KARAZSIA, J.; GROVES, C. E.; GRIFFIN, S.; MOORE, T.; WILBER, P.; GREGG, K. 2016. Detecting sedimentation impacts to coral reefs resulting from dredging the Port of Miami, Florida USA. PeerJ, DOI 10.7717/peerj.2711.

NICHOLS, W. J. (2014). Blue mind: the surprising Science that shows how being near, In, on, or under water can make you happier, healthier, more connected, and better at what you do hardcover. July - 22, 2014.

NITTROUER C.A., AUSTIN JR. J.A., FIELD M.E., KRAVITZ J.H., SYVITSKI J.P.M., WIBERG P.L. Writing a Rosettastone: insights into continental-margin sedimentary

processes and strata. In: Nittrouer C.A., Austin Jr. J.A., Field M.E., Kravitz J.H., Syvitski J.P.M., Wiberg P.L. Continental margin sedimentation: from sediment transport to sequence stratigraphy. Special Publication 37, International Association of Sedimentologists, Blackwell Scientific Publications, 2007.

O'REGAN, P. R. 1996. The use contemporary information technologies for coastal research and management – a review. *Journal of Coastal Research*, 12(1) 192-204.

PETERSON, R.G., AND L. STRAMMA, Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean, *Progress in Oceanography*, 26, 1 - 73, 1991.

PIANC. Dredging and port construction around coral reefs. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Dredging and port construction around coral reefs, Report 108, 94 pp, 2010.

PONTE, F.C. AND ASMUS. H.E., 1978. Geologic framework of the Brazilian continental margin. *Geologische Rundschau*, 67, no. 1, p. 201-235.

PROJETO RADAMBRASIL. 1983. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Folhas SF23/SF24. Rio de Janeiro. 780 p.

QUARESMA, V. S.; CATABRIGA, G.; BOURGUIGNON, S. N.; GODINHO, E.; BASTOS, A. C. 2015. Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf. *Brazilian Journal of Geology*. 45(4): 635-644 pp.

RIGO D. 2004. Análise do escoamento em regiões estuarinas com manguezais – medições e modelagem na Baía de Vitória, ES. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro. 156 p.

ROGERS C. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series* 62:185–202 DOI 10.3354/meps062185.

ROSENTHAL, L. (1988): Stratigraphy and depositional facies lower Cretaceous Blairmore-Luscar Groups, central Alberta foothills; Canadian Society of Petroleum Geologists, Field trip guide, 55p.

ROSS M.A. & MEHTA A.J. On the mechanics of lutoclines and fluid mud. *Journal of Coastal Research*, SI5:51-61, 1989.

RYLAND, J.S. 1960. The British species of *Bugula* (Polyzoa). *Proceedings of the Zoological Society of London*, 134(1): 65-104.

SARMENTO R. 1993. Determinação do Tombo da Maré no Canal da Passagem. Relatório Final, Laboratório de Hidráulica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria. 33 p.

SCHMIDT, J., 1995: Eine Windkanaluntersuchung der Tropfenform, Oszillation und innere Zirkulation. Diploma thesis, Institute of Atmospheric Physics, University of Mainz, 129 pp.

SCHOCH, G.C., MENGE, B.A., ALLISON, G., KAVANAUGH, M., THOMPSON, S.A., WOOD, S.A., 2006. Fifteen degrees of separation: latitudinal gradients of rocky intertidal biota along the California Current. *Limnol. Oceanogr.* 51, 2564e2585.

SEVERIANO RIBEIRO, H. J. P. 2001. Fundamentos de estratigrafia de seqüências. In: RIBEIRO, H. J. P. S. (Org). *Estratigrafia de seqüências: fundamentos e aplicações*. Rio Grande do Sul: Unisinos, cap. 6, p. 99-134.

SILVEIRA, I. C. A., L. B. Miranda, & W. S. Brown, 1994: On the origins of the North Brazil Current. *J. Geophys. Res.*, 99(C11), 22.501 - 22.512.

SILVEIRA, I.C.A., SCHMIDT, A.C.K., CAMPOS, E.J.D., GODOI, S.S., IKEDA, Y., 2000. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. *Rev. Bras. Oceanogr.* 48 (2), 171-183.

SILVEIRA, L. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S. & IKEDA, Y., 2000: A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. R. Bras. Oceanogr., 48(2), 171-183.

SIMMS LJ, WATSON D. The construct validation approach to personality scale construction. In: Robins R, Fraley C, Krueger R, editors. Handbook of Research Methods in Personality Psychology. Guilford Press; 2007.

STECH, J. L., LORENZZETTI J. A. 1992. The response of the south Brazil bight to the passage of wintertime cold fronts. Journal of Geophysical Research. 97 (6), p. 9507-9520.

STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. J. Geophys. Res., v. 97, n. c6, p. 9507-9520, 1992.

SUGUIO, K. 1999. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro? São Paulo: Paulo's Comunicações e Artes Gráficas. 366p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G., (1985). Flutuações do nível do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Rev. Bras. Geociências, v. 15, p. 273-286.

SWIFT, D.J.P. & THORNE, J.A. 1991. Sedimentation on continental margins, I: a general model for continental shelf sedimentation. In: Swift D.J.P., Oertel G.F., Tillman R.W., Thorne J.A. (eds). Shelf Sand and Sandstone Bodies: Geometry, Facies and Sequence Stratigraphy. Oxford, Special Publication 14, International Association of Sedimentologists, Blackwell Scientific Publications, p. 3-31.

TEGOWSKI, J. 2004. Acoustical classification of the bottom sediments in the southern Baltic Sea. Quaternary International.

THORNTON, E. B., SWAYNE, J. L., & DINGLER, J. R. (1998). Small-scale morphology across the surf zone. Marine Geology, 145, 173–196.

TUYA, F., HAROUN, R.J., 2006. Spatial patterns and response to wave exposure of shallow water algal assemblages across the Canarian Archipelago: a multiscale approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 311, 15e28.

U.S. NAVY, 1978. *Marine Climatic Atlas of the World, Vol. IV, South Atlantic Ocean*. Washington, D.C., 325 pp.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS, JACKSONVILLE DISTRICT. 2010. Miami Harbor Hardbottom Assessment Pilot Study and Quantitative Study Plan. Final technical memorandum prepared by Dial Cordy and Associates. US Army Corps of Engineers, Washington, D.C. Available at [http:// data.nodc.noaa.gov/ coris/ library/ NOAA/ CRCP/ other/non_cr_cp_publications/ Miami_Harbor_Hardbottom_Assessment_Pilot_Study_Quantitative_Study_Plan-Tech_Memo_Final_7-7-10_wFigsAppends.pdf](http://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/other/non_cr_cp_publications/Miami_Harbor_Hardbottom_Assessment_Pilot_Study_Quantitative_Study_Plan-Tech_Memo_Final_7-7-10_wFigsAppends.pdf).

VAN LANCKER, V., LANCKNEUS, J., MOERKERKE, G., HEARN, S., HOEKSTRA, P., LEVOY, F. (2004). Coastal and nearshore morphology, bedforms and sediment transport pathways at Teignmouth (UK). *Continental Shelf Research*, 24, 1171–1202.

VOLBERG, B.; MEURLING, T. (2007). "Evolution and Future of Multibeam Echosounder Technology", UT07, SSC07, Tokyo, Japan.

WALKER BK. 2009. Benthic habitat mapping of Miami-Dade County: visual interpretation of LADS bathymetry and aerial photography. Florida DEP report #RM069. Florida Department of Environmental Protection, Miami Beach 47. Available at [http:// cnso.nova.edu/ forms/ brian_walker_miami_dade_mapping_2009.pdf](http://cnso.nova.edu/forms/brian_walker_miami_dade_mapping_2009.pdf).

WILLIG, M.R., KAUFMAN, D.M., STEVENS, R.D., 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34,273e309.

WINSTON, J.E. & MATURO, F.J.S. 2009. Bryozoans (Ectoprocta) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico-Origins, Waters, and Biota. Biodiversity*. Felder, D.L. & Camp, D.K. (Eds.). Texas A&M Press, College Station. 1147-1164.

WINTERWERP J.C. & VAN KESTEREN W.G.M. 2004. Introduction to the physics of cohesive sediments in the marine environment. Elsevier, Developments in Sedimentology, 56.

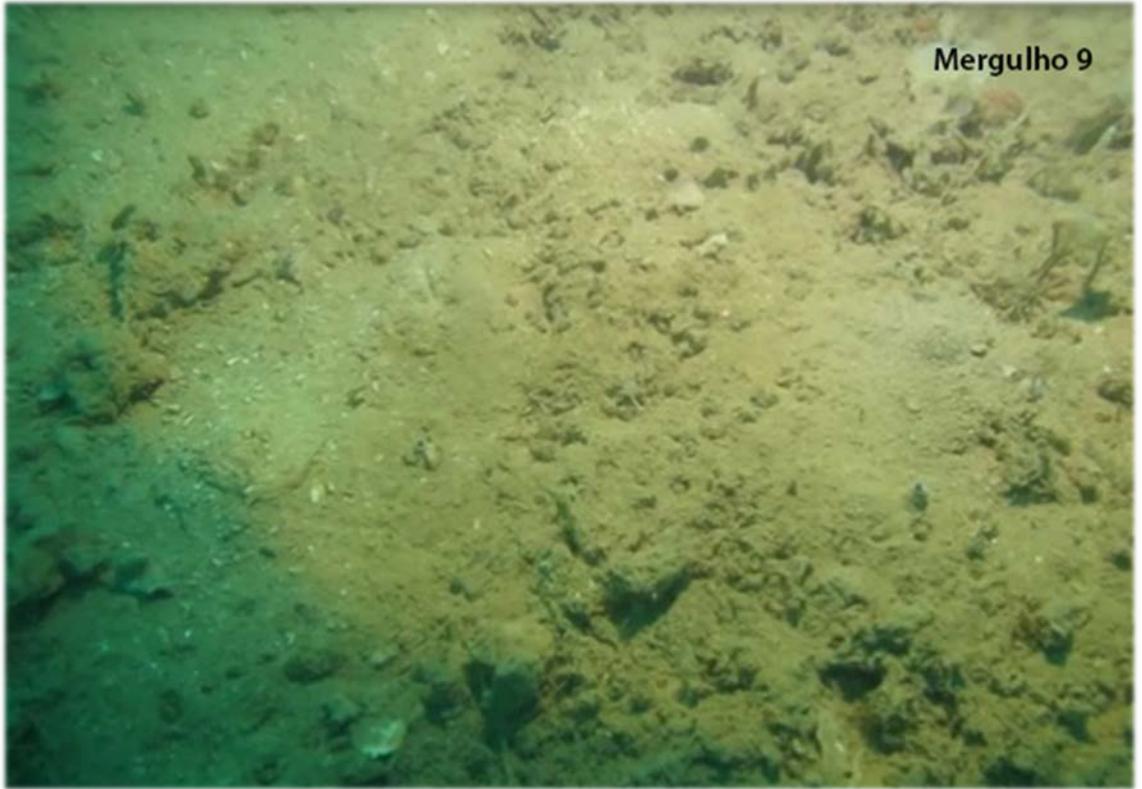
ANEXO I – IMAGENS DE MERGULHOS SUBAQUÁTICOS













Mergulho 10