



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

BRUNO NOGUEIRA CATUNDA

**ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA E BIODETRÍTICA DA PLATAFORMA
CONTINENTAL DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO**

FORTALEZA

2019

BRUNO NOGUEIRA CATUNDA

**ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA E BIODETRÍTICA DA PLATAFORMA
CONTINENTAL DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Análise de impactos ambientais na região oceânica e costeira.

Orientador: Prof. Dr. Luis Parente Maia.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog. mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C361a Catunda Bruno Nogueira,
ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA E BIODETRÍTICA DA PLATAFORMA
CONTINENTAL DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO / Bruno
Nogueira Catunda. – 2019. 85 f.:il. Color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal d Ceará, Instituto de Ciências do Mar,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Luis Parente Maia.

1. Sedimentologia. 2. Plataforma. 3. Rio Doce. 4. Biodetritos. 1. Título.

CDD 551.46

BRUNO NOGUEIRA CATUNDA

ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA E BIODETRÍTICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO

Tese ou Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Análise de impactos ambientais na região oceânica e costeira.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Parente Maia (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sérgio Bezerra Lima Junior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Alexandre Medeiros de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, a minha Rainha e a minha princesa.

AGRADECIMENTOS

A FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Luis Parente Maia, pela oportunidade de crescimento acadêmico e profissional.

Aos professores participantes da banca examinadora Sérgio Bezerra Lima Júnior e Alexandre Medeiros de Carvalho pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores da Pós-graduação pelo apoio e conhecimentos passados ao longo desta caminhada.

A secretária da Pós-graduação Isabela pelas conversas, puxões de orelha e o carinho.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas experiências compartilhadas.

Aos amigos Mônica, Cida e Gleidson que o LABOMAR apresentou e que eu os levo para o sempre...

Ao companheiro de trabalho Carlos pela ajuda e coleguismo.

A tia Bel e a minha sogra, Dona Neusa, pelo apoio sem o qual não teria conseguido concluir este trabalho.

Aos meus pais Heloisa e Ricardo pelo amor e apoio incondicionais e aos meus irmãos Felipe e Gabriel, os “bons de peia” e nossa amada Jéssica.

Ao amor da minha vida, companheira de todas as horas Marília Albuquerque e ao nosso maior presente, a *baby shark*, Sophie.

“Lute por aquilo que quer.
Erga sua cabeça.
Acredite, confie e tenha fé.”
Seu Zé

RESUMO

A Bacia do Espírito Santo possui uma morfologia bastante heterogênea, se comparada às demais áreas do litoral brasileiro. A porção da margem continental, onde está localizada, corresponde a um domínio fisiográfico de transição entre a parte do continente e a bacia oceânica. A realização deste trabalho possibilitará a caracterização do substrato da Bacia do Espírito Santo (porção centro-norte) por intermédio dos sedimentos coletados de forma pontual (Projeto AMBES). A caracterização sedimentológica e biodetrítica desta porção consistirá na análise de sedimentos quanto às suas propriedades granulométricas, aos teores de carbonato de cálcio e à matéria orgânica. A análise biodetrítica será dividida pelo material analisado no intervalo de grânulo a areia muito grossa (Fração 1) e areia média a fina (Fração 2). As amostras foram coletadas em períodos de inverno e verão. As coletas dos dois períodos apresentaram, no seu total, maior concentração da fração areia, porém, em alguns pontos mais próximos à foz do Rio Doce, a fração lama foi mais dominante. As concentrações de matéria orgânica no inverno foram baixas, variando entre 0,65% e 17,8%, com teores maiores nas proximidades da foz do Rio Piraquê-açu. As concentrações de matéria orgânica no verão foram um pouco maiores, apresentaram variação entre 1,10% e 22,85%, com maiores concentrações mais ao norte do Rio Doce. Os teores de CaCO_3 no inverno alteraram entre 1,07 e 94,64 %, enquanto que no verão os teores de CaCO_3 variaram entre 0,97 e 96,68 %. As duas estações exibiram dominância de material litoclástico próximo à foz do Rio Doce e em menores profundidades. A plataforma apresenta uma tendência de aumento nas concentrações de CaCO_3 com a profundidade. No inverno, os biodetritos mais abundantes na Fração 1 foram dos filos *Bryozoa* e *Molusco* das classes *Bivalve* e *Gastrópode*, registrados em 45%, 33% e 9%, respectivamente. Na Fração 2, os mais abundantes foram os Filos Foraminifera, Molusco da classe *Bivalve* e *Bryozoa*, contendo 42%, 25% e 12%, respectivamente, da abundância total. Para as amostras coletadas no verão, os biodetritos mais abundantes na Fração 1 foram dos Filos *Bryozoa* e *Molusco* da classe *Bivalve* e *Foraminifera* – 40%, 32% e 11%, respectivamente. Na Fração 2, os mais abundantes foram os Filos *Foraminifera*, *Echinodermata* e *Porífera* – 52%, 10% e 10%, respectivamente, da abundância total. A área da plataforma continental da porção centro-norte do Espírito Santo é composta predominantemente por areia, com lama em alguns pontos isolados, principalmente próximo à foz do Rio Doce. Os sedimentos tiveram teor de matéria orgânica elevado nas proximidades das desembocaduras dos rios. Na Fração 1, ocorre dominância do Filo *Bryozoa* e *Molusco* da classe *Bivalve*, este último com maior incidência entre 0 e 25 m de profundidade, tanto no

verão como no inverno. Na Fração 2, ocorre dominância do Filo Foraminifera ao longo da área de estudo em ambos os períodos, entretanto, há dominância do Filo Molusco da classe Bivalve próximo à foz do Rio Doce, este último com maior incidência até 25 m de profundidade e mais evidente no período do inverno.

Palavras-chave: Sedimentologia. Plataforma. Rio Doce.

ABSTRACT

The Espírito Santo basin has a very heterogeneous morphology when compared to the other areas of the Brazilian coast. The basin is located on the portion of the continental margin that corresponds to a physiographic domain of transition between the continental part and the ocean basin. This project will make it possible to characterize the substrate of the Espírito Santo Basin (Central-north Portion) by collected sediments in a timely manner (AMBES Project). The sedimentological and biotrititic characterization of this portion will consist of the analysis of sediments related to their granulometric characteristics, their calcium carbonate contents and also their organic matter. The biotrititic analysis will be divided by the material analyzed in the granule range to very coarse sand (Fraction 1) and medium to fine sand (Fraction 2). Samples were taken during winter and summer seasons. Collections of the two periods have showed a higher concentration of fine sand in total but the mud fraction has prevailed at some spots near Doce River mouth. Concentrations of organic matter during the winter were low with variations between 0.65% and 17.8% presenting higher levels closer to Piraquê-açu River mouth. Concentrations of organic matter during the summer were slightly higher with variations between 1.10% and 22.85% the highest concentrations were observed in the northernmost part of the Doce River. Levels of CaCO_3 during the winter oscillated between 1.07% and 94.64%, while during the summer these values oscillated between 0.97% and 96.98%. The both seasons have had dominance of lithoclastic material near Doce River mouth and also at shallower depths. The shelf presents an increasing tendency in CaCO_3 concentrations as the depth rises. In winter, the most abundant biotrititus in fraction 1 belonged to Phyla Bryozoa and Mollusca, classes Bivalvia and Gastropod, 45%, 33% and 9% were registered respectively. In fraction 2, the most abundant ones belonged to Phyla Foraminifera, Bryozoa and Mollusca, classes Bivalvia, containing of total abundance 42%, 25% and 12%, respectively. For samples collected in summer, the most abundant biotrititus in fraction 1 belonged to Phyla Bryozoa and Mollusca, classes Bivalvia and Rhyzopoda – 40%, 32% and 11 %, respectively. In fraction 2, the most abundant ones belonged to Phyla Foraminifera, Echinodermata and Porifera – 52%, 10% e 10% of total abundance, respectively. The Espírito Santo central-north portion continental shelf area is predominantly composed of sand. However, there is mud in some isolated spots, above all near Doce River mouth. Sediments have had high levels of organic matter in close proximity to rivers' mouths. In fraction 1, there is dominance of phyla Bryozoa and Mollusca, class Bivalvia – this last one with high incidence between 0 and 25 meters deep. In fraction 2, there is dominance of the

phylum Foraminifera along the area studied. Nonetheless, there is dominance of the phylum Mollusca, class Bivalvia, near Doce River mouth, this last one with high incidence until 25 meters deep.

Keywords: Sedimentology. Platform. Doce River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área estudada e pontos de coleta.....	23
Figura 2 - Geologia Simplificada do Espírito Santo.....	25
Figura 3 - Estufa utilizada para secagem das amostras.....	30
Figura 4 - Rotap utilizado para análise granulométrica	30
Figura 5 - Mesa agitadora com sistema montado para análise de CaCO_3	31
Figura 6 - Forno Mufla com cadinhos após a queima da matéria orgânica	32
Figura 7 - Sistema utilizado para contagem dos biodetritos e captação de imagens	33
Figura 8 - ROV utilizado para captação de imagens do substrato marinho	35
Figura 9 - Distribuição sedimentológica na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo segundo Folk e Ward (1957) no período do inverno	38
Figura 10 - Distribuição sedimentológica na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo segundo Folk e Ward (1957) no período do verão.....	38
Figura 11 - Distribuição de cascalho na porção centro-norte da Bacia do Espírito Santo no período do inverno	39
Figura 12 - Distribuição de cascalho na porção centro-norte da Bacia do Espírito Santo no período do verão	40
Figura 13 - Distribuição de areia na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno.....	41
Figura 14 - Distribuição de areia na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão.....	41
Figura 15 - Distribuição de lama na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno.....	42
Figura 16 - Distribuição de lama na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão	42
Figura 17 - Classificação quanto à assimetria da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno.....	45
Figura 18 - Classificação quanto à assimetria da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão.....	46
Figura 19 - Classificação quanto ao grau de seleção na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão.....	48
Figura 20 - Classificação quanto ao grau de seleção na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno	48
Figura 21 - Classificação quanto à curtose na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno	51
Figura 22 - Classificação quanto à curtose na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão	51

Figura 23 - Distribuição de carbonato de cálcio da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno.....	52
Figura 24 - Distribuição de carbonato de cálcio da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão.....	53
Figura 25 - Distribuição de matéria orgânica da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno.....	54
Figura 26 - Distribuição de matéria orgânica da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão.....	54
Figura 27 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do inverno	57
Figura 28 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do verão	57
Figura 29 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do inverno	58
Figura 30 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do verão	58
Figura 31 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do inverno.....	61
Figura 32 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do verão.....	61
Figura 33 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do inverno.....	62
Figura 34 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do verão.....	62
Figura 35 - Imagens da pluma da foz do Rio Doce em dezembro/2014, novembro/2015, dezembro/2015 e agosto/2017.....	76
Figura 36 - Mapa consolidado das áreas afetadas pela pluma de alta e baixa concentração dos mapas gerados pelo NUGEO/IBAMA entre 03/12/2015 e 03/02/2017.....	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Distribuição das amostras coletadas no período do inverno quanto à assimetria...	44
Gráfico 2- Distribuição das amostras coletadas no período do verão quanto à assimetria	44
Gráfico 3 - Distribuição das amostras coletadas no período do inverno quanto ao grau de seleção	47
Gráfico 4 - Distribuição das amostras coletadas no período do verão quanto ao grau de seleção	47
Gráfico 5 - Distribuição das amostras coletadas no período do inverno quanto à curtose	50
Gráfico 6 - Distribuição das amostras coletadas no período do verão quanto à curtose	50
Gráfico 7 - Abundância relativa total dos biodetritos das frações granulométricas de grânulo e areia muito grossa no período do inverno	55
Gráfico 8 - Abundância relativa total dos biodetritos das frações granulométricas de grânulo e areia muito grossa no período do verão	56
Gráfico 9- Abundância relativa total dos biodetritos da fração granulométrica de areia média a fina no período do inverno	59
Gráfico 10 - Abundância relativa total dos biodetritos da fração granulométrica de areia média a fina no período do verão.....	60
Gráfico 11 - Perfis batimétricos sentido Norte-Sul.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos A01 ao A 05	67
Quadro 2 - Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos A06 ao A 10	68
Quadro 3- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos B01 ao B 05	69
Quadro 4- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos B06 ao B 10	70
Quadro 5- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos C01 ao C 05	71
Quadro 6- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos C06 ao C 11	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANUDEM	<i>Austrália National University Digital Elevation Model</i>
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
g	Gramas
mc	Massa após Calcinação
MO	Matéria Orgânica
ms	Massa Sedimento
m	Metro
phi	Diâmetro do Grão
ROV	<i>Remotely Operated Underwater Vehicle</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

ε	Amostra de uma variável
λ	Frequência
f	Função
%	Porcentagem
$\sqrt{\quad}$	Raiz
W	Erro de Discretização

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	20
1 INTRODUÇÃO	20
1.1 Área de estudo	23
1.2 Meteorologia	24
1.3 Geologia e Geomorfologia.....	24
1.4 Ondas e Maré	26
1.5 Correntes	26
2 OBJETIVOS	28
2.1 Objetivos Específicos	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 Amostragem em campo	29
3.2 Análise Sedimentológica.....	29
3.2.1 Carbonato de Cálcio	31
3.2.2 Matéria Orgânica	31
3.3 Análise de Biodetrítos.....	32
3.4 Análise Batimétrica	33
3.5 Imageamento de Fundo.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Sedimentologia.....	37
4.1.1 Fração Cascalho	39
4.1.2 Fração Areia	40
4.1.3 Fração Lama.....	41
4.1.4 Assimetria.....	43
4.1.5 Grau de seleção	46
4.1.6 Curtose	49
.....	51
4.1.7 Carbonato de Cálcio	51
4.1.8 Matéria Orgânica	53
4.2 Análise Biodetrítica	55
4.2.1 Fração 1.....	55
4.2.2 Fração 2.....	58
4.3 Análise Batimétrica	64
4.4 Imageamento com ROV	66
5 CONCLUSÃO	73
CAPÍTULO 2	75

1 REJEITOS DE MINÉRIO NA PLATAFORMA ADJACENTE AO RIO DOCE	75
REFERÊNCIAS.....	79

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A porção da margem continental onde está localizada a Bacia do Espírito Santo corresponde a um domínio fisiográfico de transição entre a parte do continente e a bacia oceânica.

Situada entre os paralelos 18°20' e 21°00'S, França & Tokutake (2004) esclarecem que a localização desta Bacia é demarcada geologicamente pelo Alto de Vitória ao Sul, pelo embasamento cristalino a Oeste e pelo complexo vulcânico de Abrolhos a Leste. Ao Norte, a demarcação com a Bacia de Mucuri é apenas geográfica, equivalendo ao alongamento do litoral além do limite entre com o Estado da Bahia

De acordo com França (1979), as províncias fisiográficas marinhas da área de estudo são definidas como: plataforma, talude, sopé continental, bacia oceânica, planície abissal e cordilheira Meso-oceânica. Dentre as variações morfológicas peculiares da região, destaca-se o expressivo alargamento da plataforma continental de Abrolhos, desenvolvida sobre derrames vulcânicos, complexos insulares, recifes submersos, bancos de algas calcáreas, elevações e canais submarinos (SEMA, 2008).

A plataforma continental (PC), matéria desta pesquisa, é um meio aplanado, mas com leve aclave. Essa feição fisiográfica se alonga por centenas de quilômetros do litoral até o limite da PC, situado caracteristicamente entre 100m e 200m de profundidade, região a partir da qual a inclinação do assoalho marinho experimenta aumento abrupto.

A posição comum da quebra da plataforma continental indica que essa área constituiu o nível mais baixo do mar no decorrer do último episódio glacial do Quaternário (KENNETT, 1982).

As plataformas continentais são ambientes de sedimentação que representam a transição entre depósitos sedimentares continentais e ambientes deposicionais de águas profundas (RANNEY & DOOLITTLE, 2012).

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

Neste sentido, é importante sobrelevar que os sedimentos provenientes dos continentes no oceano são caracterizados por sua origem fluvial. Essa sedimentação pode ser observada em vales soterrados ou remobilizados por feições antigas de praias ou barreiras

(MARTIN, et al., 1967). Apesar de parcela considerável de a sedimentação terrígena estar submersa, limitada em regiões continental e transacional, esse material foi originariamente disposto por rios e, em certos eventos, pelo gelo que fluiu por meio de uma planície costeira, a qual está submersa pelo nível do mar vigente (MARTINS & NUNES, et al., 2007).

As concentrações de carbonato de cálcio (CaCO_3) no ambiente marinho também auxiliam na identificação dos sedimentos que estão ou estiveram envolvidos em certa região. Por apresentar ampla diferenciação de categorias sedimentares – graças às diversas fontes, origem, transporte e mecanismo de deposição – a PC é um espaço favorável à sedimentação. Essas diferenciações fracionam o processo de deposição sedimentar na plataforma continental em duas categorias: terrígena, sobre a qual discorremos acima, e marinha, o mais importante item de sedimentos ricos em CaCO_3 .

A determinação das concentrações de carbonato de cálcio nos sedimentos marinhos, de acordo com Milliman (1974), é relevante porque ampara pesquisas ecológicas de uma área, visto que oferece orientações relativas ao desenvolvimento de populações de organismos bentônicos, que absorvem essa substância em suas estruturas, como os moluscos, corais, foraminíferos, briozoários, equinodermos, algas calcárias, dentre outros.

O controle da sedimentação é influenciado por mecanismos relacionados ao aporte sedimentar, tectônico, acrescidos de fatores biológicos, interações animal-sedimento, composição do sedimento e química da água do mar (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

Para Urien & Martins (1987), a fração granulométrica comanda a atividade de concentração sedimentológica nos ambientes. Neste aspecto, cabe ressaltar que as deposições de cascalho apresentam mobilidade inferior, convergindo nos cursos fluviais, terraços afogados, feições glaciais submersas ou em feições costeiras. Contudo, os sedimentos constituídos pela fração areia foram remobilizados pela alternância do nível do mar. Essa atividade culmina na construção de bancos perfilados com a faixa de praia.

Foram descritas, na bibliografia da Plataforma Continental do Espírito Santo (PCES), ocorrência de granulados marinhos siliciclásticos com emprego na construção civil e no engordamento de praias; depósitos de minerais pesados (ilmenita, rutilo, monazita e zircão); granulados bioclásticos (fragmentos de algas coralíneas, moluscos e briozoários); evaporitos associado a sais de potássio; nódulos e crostas polimetálicas (CHAVEZ, 1979; CPRM, 2008).

Nesta perspectiva, é salutar a informação de que a área de estudo apresenta grandes campos petrolíferos e que a descoberta recente de novos depósitos de óleo em águas profundas fez com que ocorresse um aumento do interesse da Petrobras pela região – fato que

acarretou na promoção de estudos sísmicos, batimétricos e sedimentológicos, desde o norte da Bacia de Campos, no Rio de Janeiro, limite da bacia ao sul, até o Banco de Abrolhos, limite da bacia ao norte, e a cadeia Vitória Trindade, limite da bacia ao leste.

Em função de tamanha importância e da escassez de estudos sobre os biodetritos nos sedimentos que constituem o substrato marinho da Bacia do Espírito Santo, é que se objetivou conhecer a composição e o padrão de distribuição destes detritos. Assim como entender os aspectos da dinâmica sedimentar, utilizando-se, para isso, a composição sistemática destes organismos e suas associações com os aspectos físicos dos sedimentos (granulometria, teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica).

Segundo Dias (2004), a maior parte das partículas biogênicas tem sua origem de organismos planctônicos que habitam as águas marinhas. A abundância de partículas biogênicas nos sedimentos marinhos é muito heterogênea. Por vezes, a sedimentação da plataforma se destaca pela abundância de fragmentos de conchas de moluscos, principalmente onde o substrato fica caracterizado por frações arenosas e cascalhosas.

As carapaças rígidas podem ser constituídas por carbonato de cálcio, na forma de calcita ou aragonita, aglutinadas com partículas do meio ou, mais raramente, protéicas (quitinosa). Sendo, portanto, o elemento fundamental para a classificação das espécies, principalmente, em função de serem facilmente preservadas nos sedimentos do substrato após a morte dos indivíduos (DEBENAY, 2012).

Ademais, a região sofreu os efeitos de um acidente da mineração brasileira no município de Mariana, em Minas Gerais, ocorrido, em 5 novembro de 2015. A tragédia sem precedentes se deu após o rompimento de uma barragem (Fundão) da mineradora Samarco, que é controlada pela Vale e pela BHP Billiton. Com o acidente, rejeitos de mineração desta barragem atingiram o Rio Doce e, conseqüentemente, foram carreados em direção ao Oceano Atlântico, gerando grande impacto ambiental no entorno da foz do Rio Doce (ES). Constituindo-se, dessa maneira, em uma ferramenta para futuros trabalhos paleo-oceanográficos e ecológicos, principalmente em relação ao controle ambiental da área atingida por tal desastre.

1.1 Área de estudo

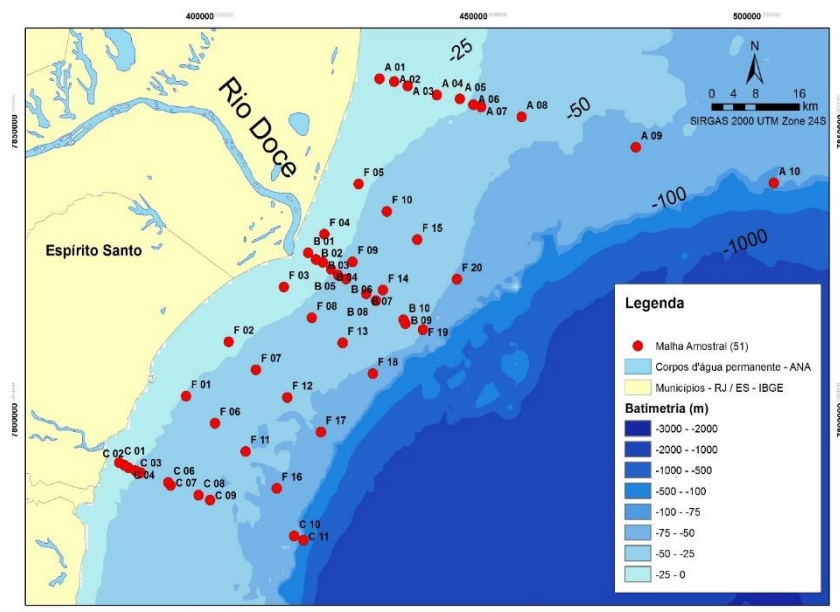
A região estudada (figura 1) compreende a porção centro-norte da Bacia do Espírito Santo, que está localizada na margem sudeste do território brasileiro. Considerado como de transição entre o litoral brasileiro Norte e Sul, o litoral do Estado do Espírito Santo apresenta alguns pontos onde desembocam rios impetuosos, como o Rio Doce, cujo aporte sedimentar é responsável pela construção de vasta planície litorânea deltaica de idade Quaternária (MARTIN et al., 1996).

Referente à porção sob influência da foz do Rio Doce, estuda-se nesta pesquisa o setor central da Plataforma Continental (PC), área que se estreita, apresentando aproximadamente 50 km de largura. Graças ao aporte de sedimentos terrígenos, o assoalho dessa área se caracteriza por uma morfologia regular (BASTOS et al., 2015). Com importante função na progradação da quebra da PC, imediatamente à frente da foz do rio, desenvolve-se o lobo deltaico do Rio Doce (MARTINS; COUTINHO, 1981).

Tipo de foz que conta com uma sutil saliência da linha do litoral (*shoreline*), formada numa posição cujo rio adentra o oceano ou num vasto corpo de água é, segundo Bhattacharya & Walker (1992), denominada delta, registra-se esta feição localizada próxima à foz do Rio Doce.

Essas deposições encontradas na plataforma defronte ao Rio Doce, conforme Bandeira Jr et al (1975, apud HATUSHIKA, 2008, p20.) reforçam a sedimentação quaternárias, onde, de acordo com Patchineelam & Smoak (1999), a média de acúmulo sedimentar entre Rio Doce e o Banco de Caravelas é de 0,13 – 0,51 cm/ano, majorando de Sul para Norte.

Figura 1 - Localização da área estudada e pontos de coleta



Fonte: Elaborado pelo autor

1.2 Meteorologia

Conforme explica Nimer (1989), os centros de ação das latitudes baixas e altas são os fundamentais sistemas atmosféricos que atuam na região da Bacia do Espírito Santo, abrangendo dois centros de alta pressão semi-permanentes (Atlântico Sul e Pacífico), a baixa pressão (Chaco) e o anticiclone móvel Polar. De acordo com o autor, a aproximação de correntes perturbadoras afeta diretamente a estabilidade atmosférica na região. Entre essas, a atuação dos sistemas de correntes de Sul se destaca. Esses conjuntos de correntes são resultado da incursão do anticiclone polar, as quais são determinadas pelo ingresso de sistemas frontais com ventos dos quadrantes Sul (S) e Sudeste (SE).

Tais sistemas, relacionados aos distúrbios de grande escala, movem-se junto de ciclones (centros de baixa pressão) e anticiclones (centros de alta pressão) migratórios. Esse movimento no decorrer de sua trajetória altera os campos de pressão atmosférica, de vento e de outras variáveis da atmosfera (WALLACE & HOBBS, 1977).

1.3 Geologia e Geomorfologia

De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2013), o território do Estado do Espírito Santo (ES), devido à extraordinária pluralidade geológica do seu embasamento cristalino, conforme mostra a figura 2, apresenta um enriquecimento de jazimentos de rochas ornamentais (ALMEIDA et. al. 1977; FRANÇA et. al. 2007).

A esse respeito, a CPRM (2013) diz que:

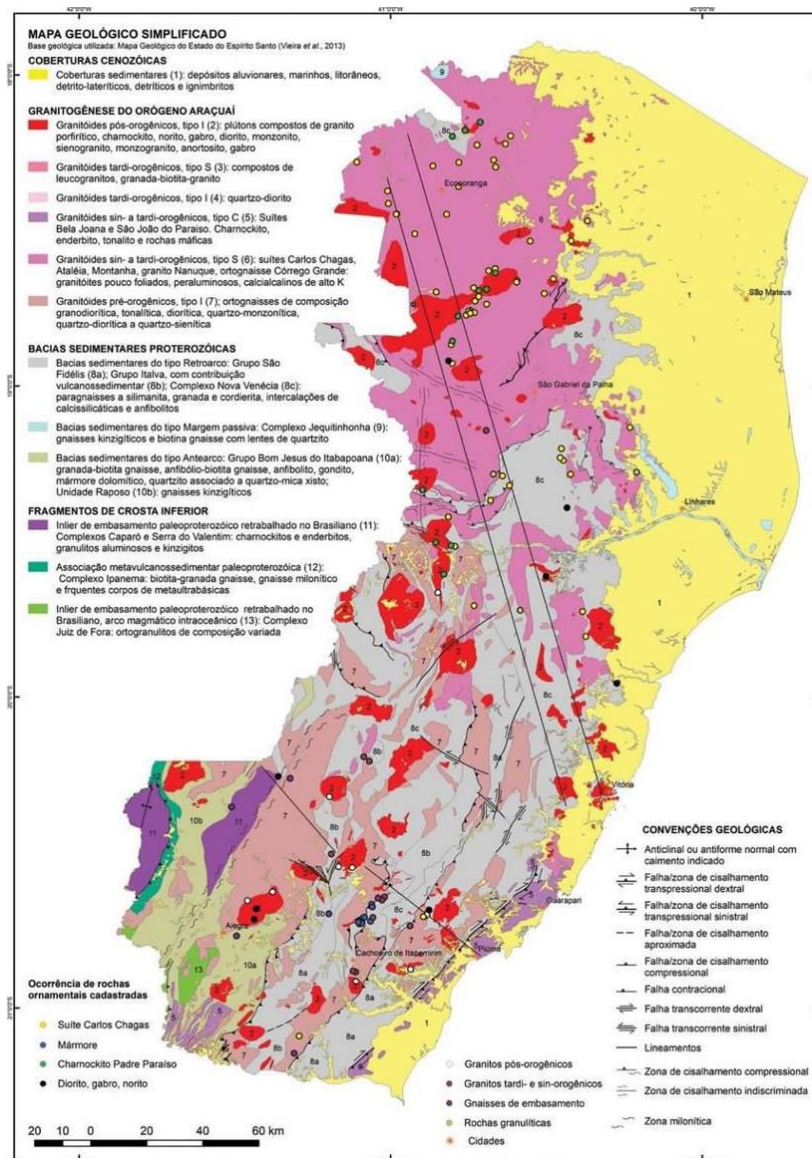
“A origem destas rochas é consequência direta da atuação de diversos eventos tectonotermiais presentes na formação e evolução geológica do seu escudo cristalino. Desta forma, as rochas ornamentais atualmente exploradas neste estado foram geradas em eventos geológicos ocorridos durante o Neoproterozóico, notadamente aos plutonitos intrusivos em rochas metamórficas dobradas e em parte migmatizadas, representados por suítes graníticas de idades e natureza diversas atestando distintos eventos tectônicos. Esse contexto representa um substrato rochoso formado por gnaisses, migmatitos e granitóides de diferentes composições, constituindo terrenos marcados por grandes desníveis topográficos e com grande quantidade de maciços rochosos expostos. Tal fato propicia um enorme potencial geológico para a prospecção e exploração de rochas ornamentais de diversas linhagens de cores e padrões estéticos. (p. 45)”.

A perspectiva geomorfológica na extensão da região estudada evidencia uma vasta planície costeira relacionada aos sedimentos fluviais do delta do Rio Doce, migrando para uma área com desenvolvimento limitado de depósitos quaternários, os quais são fundamentalmente restritos à planície fluvio-estuarina (MARTIN et al., 1997; DOMINGUEZ

et. al., 1987; DOMINGUEZ, 2009).

Com presença de falésias vivas atualmente retrabalhadas em diversos trechos, ao sul da planície deltaica do Rio Doce, encontram-se depósitos da Formação Barreiras que alcançam a linha de praia. Esta área pode ser avaliada como faminta em sedimentos, considerando o aporte fluvial limitado e contido no interior da bacia estuarina, em face do acentuado aporte fluvial do Rio Doce, o qual em suas séries históricas atinge descarga fluvial acima de 1.200 m³/s no período chuvoso (ANA, 2015). Em termos de carga sedimentar total, a bacia do Rio Doce é apontada como a maior da costa leste brasileira e uma das maiores da América do Sul (SOUZA & KNOPPERS, 2003; LIMA et al., 2005). A largura atual da planície deltaica holocênica do Rio Doce, onde são identificadas falésias mortas, atinge até 35 km (SUGUIO et al., 1980; DOMINGUEZ et al., 1981; MARTIN et al., 1996; ROSSETTI et al., 2015).

Figura 2 - Geologia Simplificada do Espírito Santo



Fonte: CPRM, 2013

1.4 Ondas e Maré

As informações angariadas pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo (CTH/USP) na planície deltaica do Rio Doce, entre 1972 e 1973, apontaram que as ondas se originam de dois setores principais, NE-E e SE-E, com predomínio do primeiro (BANDEIRA et al. 1975). As referidas ondas são formadas pelos dois sistemas de ventos atuantes na região.

Relacionadas às frentes frias e embora menos frequentes, as ondas do setor sul são mais energéticas que as do quadrante NE. É necessário ressaltar que este modelo pode ser desequilibrado pelo Fenômeno El Niño. De acordo com Martin et al. (1993), quando este fenômeno está atuando, a passagem das ondas meridianas de média e alta troposfera é bloqueada pela presença de forte e permanente corrente de jato subtropical. O referido bloqueio age sobre as zonas frontais, fazendo com que permaneçam no S e SE do Brasil - ação que origina alta pluviosidade, enquanto que, ao norte, ocorre seca.

O Anticiclone Tropical Atlântico e o Anticiclone Polar Migratório, conforme Fonzar (1994), são os sistemas de ventos formadores de ondas que alcançam o litoral do Estado do Espírito Santo. Pode-se afirmar, de modo geral, que as ondas que atingem o litoral capixaba manifestam-se em intervalos relativamente pequenos, uma vez que as pistas de vento (extensão de onde sopra um vento numa mesma direção) são breves.

Ainda de acordo com Fonzar (1994), é possível afirmar que o Anticiclone Tropical Atlântico apresenta um caráter estacionário e constitui, na região estudada, ondas vindas de Leste/Nordeste com alturas da ordem de 0,5 a 1 m e períodos da ordem dos 5 a 7 segundos.

Fonzar (1994) explica, em contrapartida, que o Anticiclone Polar Migratório é volante e pode ser formado em duas regiões distintas: na região patagônica e na região Antártica. Graças ao seu extenso “feeth” (pista de sopro de vento) e a frequência de ventos mais fortes, ondas com alturas e períodos maiores são geradas, apresentando, por vezes, ondas superiores a 2,5m – de alturas significativas e intervalos de pico superiores a 10 segundos.

1.5 Correntes

Formada por águas quentes e salinas, a principal corrente de superfície na costa brasileira é a corrente do Brasil. Gerada na bifurcação da corrente Equatorial, onde um braço produz a corrente Norte do Brasil e o outro segue rumo ao Sul, originando a Corrente do Brasil. A referida corrente apresenta seu núcleo a uma profundidade de aproximadamente 50 m e pode exibir vórtices estacionários e não estacionários, a partir da região de Abrolhos

(SILVERA et al., 2001). Outro ponto basilar da costa brasileira é a mistura de massas de água, a qual dá origem às águas costeiras, que são formadas pela mescla de águas de descarga de rios e pelas águas tropicais (trazidas pela corrente do Brasil e pela Água Central do Atlântico Sul – ACAS).

2 OBJETIVOS

Caracterizar o substrato e analisar o padrão de distribuição espacial dos biodetritos da Plataforma Continental da Bacia do Espírito Santo (porção Centro-Norte).

2.1 Objetivos Específicos

1. Analisar as características físicas dos sedimentos marinhos quanto à granulometria e aos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica;
2. Identificar e quantificar os principais grupos de micro-organismos que compõem o substrato marinho;
3. Correlacionar a frequência de sedimentos biogênicos com os sedimentos terrígenos;
4. Verificar a distribuição de espécies de biodetritos ao longo do substrato marinho e correlacioná-la aos fatores abióticos, como granulometria, teor de matéria orgânica e carbonato de cálcio; e
5. Avaliar possíveis alterações nas características sedimentológicas associadas à variação sazonal dos períodos de inverno e verão.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Amostragem em campo

As amostras de sedimentos superficiais foram adquiridas por meio do uso do busca-fundo tipo *van veen*. Realizou-se coleta de dados sedimentológicos e imagens com *Remotely Operated Vehicle* (ROV) em 31 pontos, distribuídos da seguinte forma:

- Norte Rio Doce: 10 amostras coletadas no inverno;
- Rio Doce: 10 amostras coletadas no inverno; e
- Sul Rio Doce: 11 amostras coletadas no inverno.

Além dessa malha amostral, utilizou-se 40 amostras coletadas – nas imediações da foz do Rio Doce – durante a primeira etapa do projeto da Petrobrás “Geologia, Geomorfologia, Sedimentologia da Plataforma Continental e do Talude da Bacia do Espírito Santo e Norte da Bacia de Campos – AMBES”. Essas amostras sedimentares foram recolhidas com auxílio de *Box-corer*. O estrato analisado para este estudo corresponde à camada mais superficial do assoalho marinho, com profundidade de 0 a 2 cm.

As amostras foram divididas por período (inverno e verão) da seguinte maneira:

- Foz Rio Doce: 20 amostras coletadas no inverno; e
- Foz Rio Doce: 20 amostras coletadas no verão.

O procedimento de coleta no trabalho de campo consistiu em ao chegar ao ponto de amostragem, a draga era lançada e, após atingir o fundo, recolhida para o convés da embarcação. Em seguida, as amostras foram identificadas visualmente, acondicionadas em sacolas plásticas e resfriadas em caixas térmicas para melhor conservação do material.

3.2 Análise Sedimentológica

No Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC), as amostras recolhidas em campo foram submetidas a processos de análises sedimentológicas (granulometria, teores de carbonato e matéria orgânica).

Ainda no laboratório, as amostragens foram levadas à estufa para secagem com temperatura de 60°C, durante 48 horas, como mostra a figura 3. Em seguida, foram submetidas aos processos de quarteamento e de fracionamento em 100,0g de cada amostra. O processado em questão seguiu para peneiramento úmido, cuja peneira de malha de 0,062 mm possibilitou o isolamento da fração lama (silte e argila) da fração arenosa.

Figura 3 - Estufa utilizada para secagem das amostras



Fonte: Elaborada pelo autor

Após o procedimento supracitado, o restante da amostragem voltou à estufa para nova secagem, à mesma temperatura. Em seguida, as amostras foram sujeitadas ao peneiramento mecânico, com auxílio de Rotap (figura 4) – etapa em que se distinguem as classes arenosas, com frações de 0,062 mm até 2,00 mm diametraais, dos cascalhos, com frações de diâmetro superiores a 2,00 mm.

Figura 4 - Rotap utilizado para análise granulométrica



Fonte: Elaborada pelo autor

O programa de análise ANASED 5.0i – desenvolvido no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da UFC por Lima et al. (2001) foi utilizado para processar os dados granulométricos.

De acordo com informações gráficas obtidas das sinuosidades acumulativas da classificação e repetição, organizadas na escala (ϕ), os padrões granulométricos são computados e descrevem a curva em relação à sua disposição central e grau de dispersão, assimetria e agudez dos picos. Estes valores, conforme a classificação de Folk & Ward (1957), analisam a caracterização dos sedimentos conforme suas diversas propriedades, compreendendo a média e a mediana, adquirindo-se os valores de tendência central, os graus de seleção, assimetria e curtose.

3.2.1 Carbonato de Cálcio

As concentrações de carbonato de cálcio (CaCO_3) foram obtidas através da metodologia de Loring e Rantala (1992), conforme figura 5. As amostras foram classificadas quanto ao teor de CaCO_3 , de acordo com Larssonneur (1977).

Figura 5 - Mesa agitadora com sistema montado para análise de CaCO_3



Fonte: Elaborada pelo autor

3.2.2 Matéria Orgânica

A matéria orgânica total foi calculada conforme o método gravimétrico, realizando a combustão de 2 g da amostra antecipadamente seca em forno mufla (figura 6), procedimento executado em duplicata à 450°C , durante 24 horas (LORING & RANTALA,

1992). A quantidade de matéria orgânica [MO] avaliada foi calculada de acordo com a expressão: $[MO] = (mc \times 100) / ms$, cuja “mc” representa a massa deteriorada após calcinação e “ms” significa a massa total do sedimento.

Vale salientar que em função da quantidade de sedimentos utilizados nas metodologias (100 g para granulometria, 2 g matéria orgânica e 1 g para CaCO_3), as amostras destinadas às referidas análises correspondem ao substrato inconsolidado, excluindo-se os rodolitos.

Figura 6 - Forno Mufla com cadinhos após a queima da matéria orgânica



Fonte: Elaborada pelo

3.3 Análise de Biodetrítos

Para a análise dos biodetrítos, fez-se a verificação e quantificação, através de triagem, dos componentes bioclásticos em dois intervalos de frações, conforme a classificação granulométrica de Wentworth (1922) apud Suguio (1973), obtidas pelo processo de peneiramento mecânico, onde a Fração 1 é indicada pelo intervalo de $-1,5$ a 0 phi (grânulo a areia muito grossa) e a Fração 2 intervalo de 2 a 3 phi (areia média a fina).

A triagem, para a análise composicional dos biodetrítos, constituiu da verificação, de forma aleatória, através de lupa binocular, de 200 grãos, sendo 100 grãos para cada Fração homogeneizada, de acordo com a metodologia adotada por Drooger & Kaschieter (1958) apud Tinoco (1989).

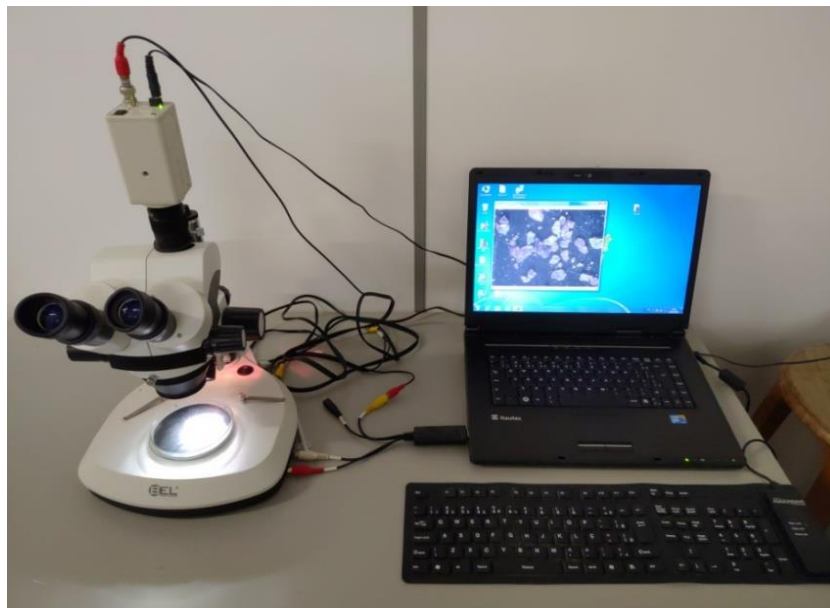
A metodologia empregada por Drooger & Kaschieter (1958) apud Tinoco (1989) ajuda a compreender a distribuição relativa dos biodetritos de acordo com o grupo ou nível taxonômico presente na amostra do sedimento.

A determinação dos componentes biodetríticos, de acordo com cada nível taxonômico, foi baseada em outros estudos apresentados por Tinoco (1989), Matthews-Cascon & Martins (2006), Amado-Filho et al. (2007) e Figueiredo et al. (2014).

Os grandes grupos taxonômicos foram identificados no nível de Filo. Os grupos foram divididos em Algas Calcárias Coralinas (rodolitos e maerl ou lithothamnium) e os filós Molusca (bivalvia, gastrópode e scaphopoda), Bryozoa (briozoário), Foraminifera, Echinodermata (espinhos de ouriços), Porífera (espículas de esponjas calcárias), Annelida (poliqueta) e crustáceos.

Após a contagem dos grãos (figura 7) foi feito o processamento dos dados, baseado na ponderação de cada grupo identificado, pelo peso de cada fração granulométrica (FONTES et al. 2011). Assim, foi possível determinar a contribuição de cada um dos grupos na amostra total. A abundância relativa (%) de cada grupo foi expressa graficamente e em mapas.

Figura 7 - Sistema utilizado para contagem dos biodetritos e captação de imagens



Fonte: Elaborada pelo autor

3.4 Análise Batimétrica

O mapa batimétrico foi confeccionado com base na compilação de cartas batimétricas desenvolvidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Posteriormente

à digitalização dos pontos, empregou-se o método *Topo To Raster*, fundamentado nos trabalhos concebidos por Hutchinson (1988) em seu programa ANUDEM.

O bom resultado advindo dessa técnica é justificado porque o método aceita, além de arquivos de pontos, a utilização de outros formatos de arquivos, tais como curvas de nível, delimitações de rios ou lagos, contorno de penhascos e delimitações de bacias, minimizando possíveis equívocos durante o processo de interpolação.

Conforme explicam Marcuzzo, Andrade e Melo (2011), o *software* interpola as informações de elevação numa grade regular, de forma iterativa, produzindo grades consecutivamente menores, reduzindo a soma de uma penalização de rugosidade (*roughnesspenalty*) e a soma dos quadrados dos resíduos (diferenças das elevações medidas e calculadas pela função).

Desse modo, cada elevação é dada pela função:

$$z_i = f(x_i, y_i) + w_i \varepsilon_i$$

Onde:

- $f(x, y)$ - é a função de interpolação, definida por uma função B-spline ;
- w_i - é uma constante positiva que representa o erro de discretização do ponto i ;
- ε_i - é uma amostra de uma variável aleatória de média zero e desvio padrão igual a um.

$$w_i = h s_i / \sqrt{12}$$

Onde:

- h - é o espaçamento da grade;
- s_i - é a medida de inclinação da célula da grade associada com o ponto (x_i, y_i) ; e

A função $f(x, y)$ é então estimada resolvendo uma aproximação na grade regular via método das diferenças finitas que minimiza (Ibid. p.799):

$$\sum [z_i - f(x_i, y_i) / w_i]^2 + \lambda J(f)$$

Onde:

- J - é a função de suavização da função $f(x, y)$
- λ - é o parâmetro de suavização
- w_i - varia com cada interação, em uma característica adaptativa local

Assim, *wi* muda a toda interação do *software* com um valor diferente de inclinação adquirido. Essa grandeza é disponibilizada para cada célula da grade, conforme o processo interativo prossegue ao longo da grade.

O programa, conforme Marcuzzo, Andrade e Melo (2011), emprega um procedimento *multi-grid* simples, com o objetivo de minimizar a equação, gerando resoluções sempre melhores. Primordialmente, o método é iniciado com uma grade larga até uma grade que apresente a resolução marcada pelo usuário, acatando restrições que avalizem uma estrutura de drenagem conectada.

3.5 Imageamento de Fundo

As filmagens de fundo foram adquiridas através de um *Remotely Operated Underwater Vehicle* (ROV), modelo LBV 150 (figura 8) e analisadas no *software* Intelbras Media Player. Através da análise das filmagens foram selecionadas imagens que representassem as principais características do fundo. Coletou-se um total de 31 pontos de ROV (Norte Rio Doce: 10 pontos; Rio Doce: 10 pontos; Sul Rio Doce: 11 pontos).

Figura 8 - ROV utilizado para captação de imagens do substrato marinho



Fonte: Elaborada pelo autor

As imagens coletadas pelo ROV foram exibidas em um quadro de imagens com as características sedimentares dos pontos amostrados e os biodetrítos observados. Para identificação pontual, as amostras coletadas ao Norte do Rio Doce foram denominadas de

A01 até A10. As amostras recolhidas em frente ao Rio Doce foram denominadas de B01 até B10 e as amostras coletadas ao Sul do Rio Doce foram denominadas de C01 até C 11.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sedimentologia

Os sedimentos coletados na área de estudo apresentaram, segundo a classificação de Folk e Ward (1957), predomínio de areia muito fina, silte grosso e silte fino, nas amostras recolhidas em profundidades inferiores a 25 m, próximo à foz Rio Doce e em ambas as estações (inverno e verão) estudadas. No perfil mais ao Sul o Rio Doce – coletado no período de inverno – identificou-se a preponderância de material mais fino, em profundidades inferiores a 25 m, próximo à desembocadura do Rio Piraquê-açu. Nessa área, Albino (1999) ressalta fácies majoritariamente de lama-arenosa, interpostas pelas fácies de areia lamosa e areia quartzosa nas imediações da foz do Rio Doce.

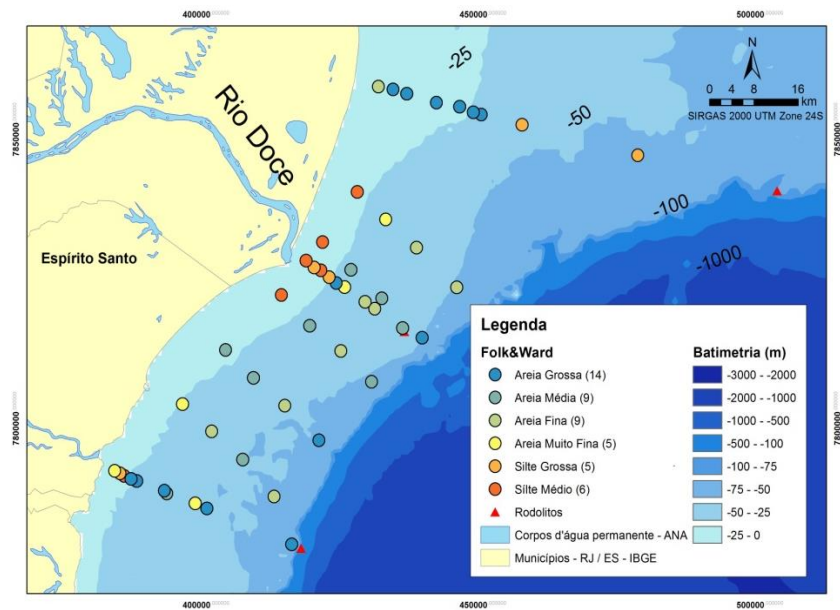
De acordo com Bandeira Jr (et al., 1979), a frente deltaica é composta de areias quartzosas; médias a grossas; bastante micáceas; argilosa; com breves quantidades de minerais pesados; com presença de biodetritos; com grande quantidade de conchas; e carapaças de organismos marinhos.

O perfil coletado mais ao Norte do Rio Doce, no período do inverno, apresentou sedimentos predominantemente classificados como areia grossa, em amostras coletadas em profundidades inferiores a 25 m. Com o aumento da profundidade em amostras coletadas próximo à isóbata de 50 m, observou-se nas amostras presença de material mais fino, qualificados como silte grosso.

Na região da plataforma adjacente ao Rio Doce, com o avanço da profundidade, os sedimentos passaram a variar de areia muito fina a areia grossa, apresentando tendência de aumento de grãos até a isóbata de 100 m. Enquanto na área ao Norte do Rio Doce, com a ampliação da profundidade, os sedimentos mostraram disposição a se tornarem mais finos, sendo classificados como silte grosso. Contudo, em amostra coletada próximo à isóbata de 100 m neste perfil, foram coletados rodólitos e, associado a eles, material mais grosso. Esses dados corroboram com os registrados em trabalhos anteriores (FRANÇA et al., 2007; PROJETO AMBES, 2014; SOARES, R.S. 2017).

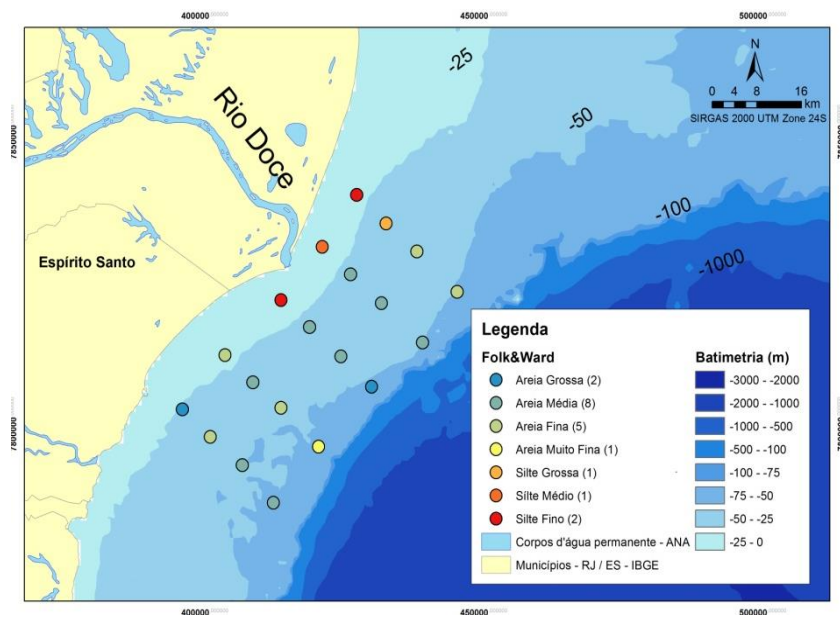
Para as amostras coletadas no verão, observou-se um comportamento similar ao das porções recolhidas no inverno, com material mais fino próximo à foz do Rio Doce e dominância de amostras caracterizadas como areia média, entre a isóbata de 25 m e 75 m, como demonstram as figuras 9 e 10.

Figura 9 - Distribuição sedimentológica na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo segundo Folk e Ward (1957) no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 - Distribuição sedimentológica na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo segundo Folk e Ward (1957) no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1 Fração Cascalho

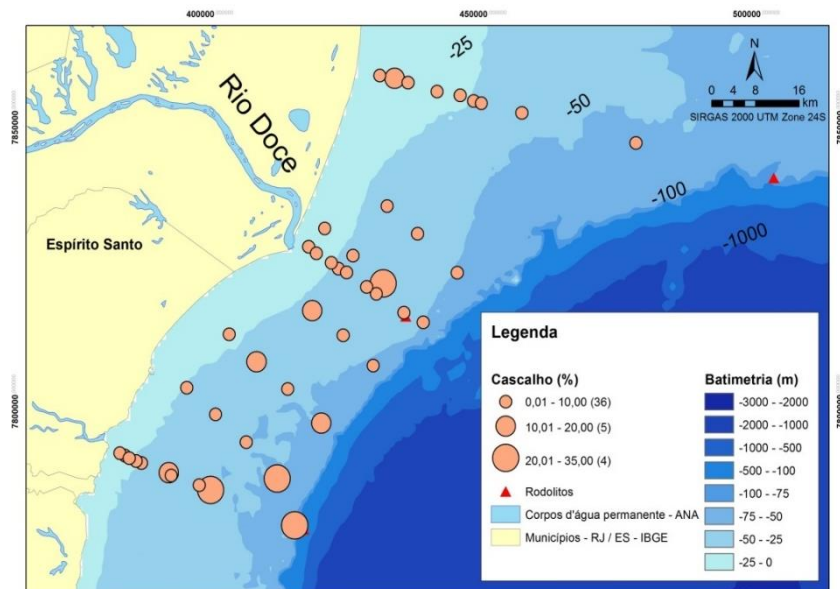
As amostras coletadas no período de inverno na Plataforma Continental da área de estudo apresentaram as menores concentrações de cascalho próximo à costa, em profundidades inferiores a 25 m. Em contrapartida, as coletas realizadas mais ao Norte do Rio Doce exibiram pontos com maior concentração de cascalho nas imediações do litoral, provavelmente correspondendo as deposições de rodolitos.

A faixa entre 25 m e 75 m de profundidade, que segue da foz do Rio Doce em direção ao Sul, mostram as concentrações mais elevadas de cascalho, destacando-se as amostras mais ao Sul, em maiores profundidades, que apresentaram concentrações superiores a 20 %.

Em relação às porções recolhidas no período do verão, nota-se uma tendência de aumento de concentração de cascalho, de acordo com o avanço da profundidade e seguindo para o Sul do Rio Doce. Entretanto, alguns pontos bem próximos à desembocadura deste rio evidenciam inexistência desta fração. Fato esse associado as maiores descargas fluvial (Rio Doce) em função das precipitações registradas no período de verão na região.

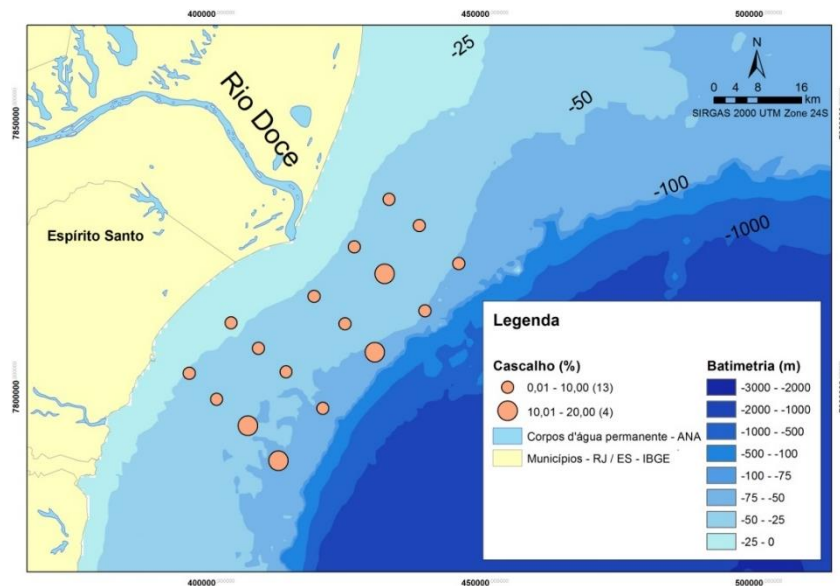
As análises supracitadas podem ser verificadas nas figuras 11 e 12.

Figura 11 - Distribuição de cascalho na porção centro-norte da Bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 - Distribuição de cascalho na porção centro-norte da Bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2 Fração Areia

No perfil localizado mais ao Norte do Rio Doce, as amostras recolhidas entre as proximidades da costa, em profundidades de até 40 m, apresentaram concentrações superiores a 70%, no período do inverno.

Na região adjacente à desembocadura do Rio Doce, observa-se um amálgama de amostras com menor e maior concentração de areia.

A partir da foz em direção à região Sul do Rio Doce, detecta-se a predominância de amostras com concentração de areia superior a 70% – valores encontrados principalmente entre a isóbata de 25 m e 50 m de profundidade. Contudo, após a isóbata de 50 m, as amostras evidenciaram concentrações menores (entre 30 % e 70%).

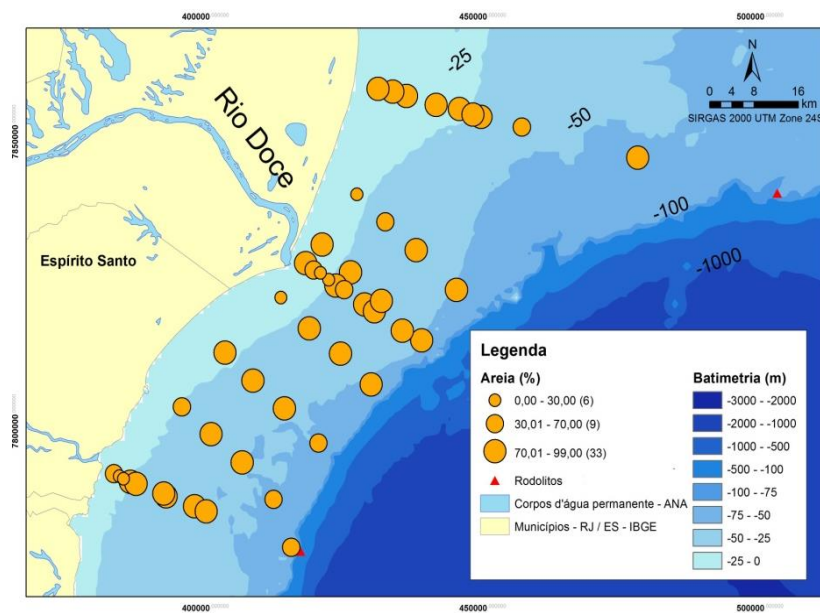
Nas porções recolhidas próximas à foz do Rio Piraquê-açu, nota-se a dominância de amostras com concentração até 30% de areia.

A malha amostral coletada no período do verão manteve o padrão de amostras com baixa concentração da fração areia nas imediações da foz do Rio Doce, em profundidades inferiores a 25 m. Em contrapartida, as amostras coletadas entre a isóbata de 25 m e 50 m revelaram as maiores concentrações desta fração, com valores entre 70% e 99%.

A tendência identificada no período do inverno – nas amostras coletadas mais ao Sul do Rio Doce, em águas mais profundas – manteve-se no período do verão, que ostentou concentrações menores do que as encontradas em suas adjacências.

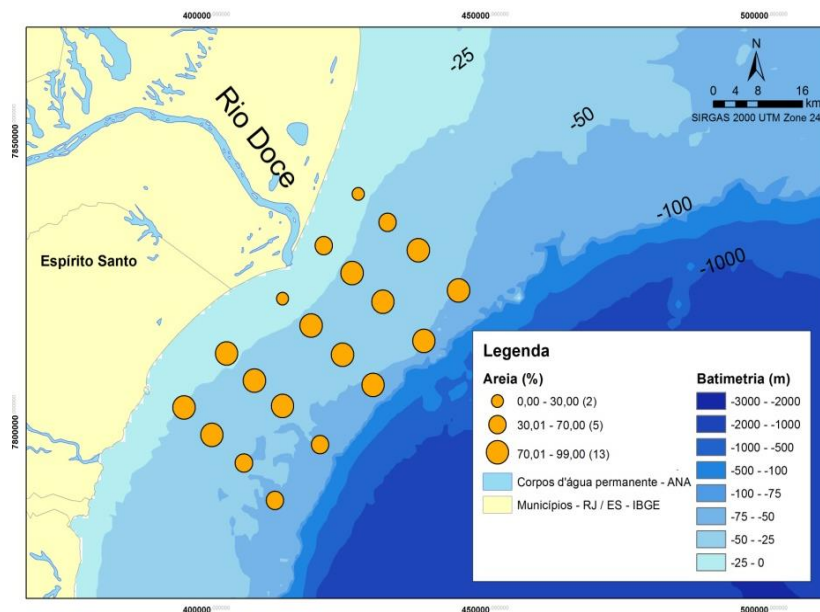
Esses apontamentos estão ilustrados nas figuras 13 e 14.

Figura 13 - Distribuição de areia na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 - Distribuição de areia na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

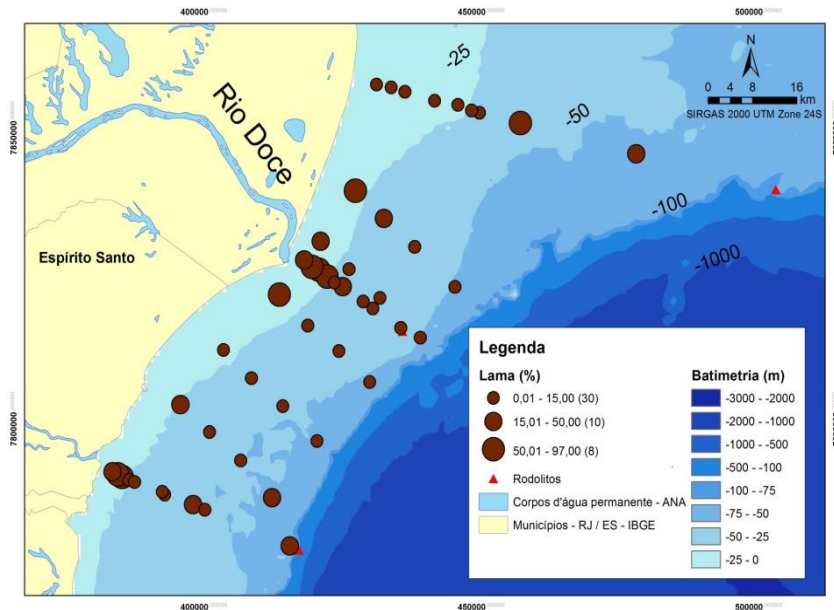
4.1.3 Fração Lama

As maiores concentrações desta fração são encontradas nas adjacências da foz do Rio Doce, em ambas as estações (inverno e verão), e próximo à foz do Rio Piraquê-açu, em amostras coletadas no inverno.

Observa-se, nas duas estações estudadas, a predominância das menores concentrações desta fração entre a isóbata de 25 m e 50 m de profundidade.

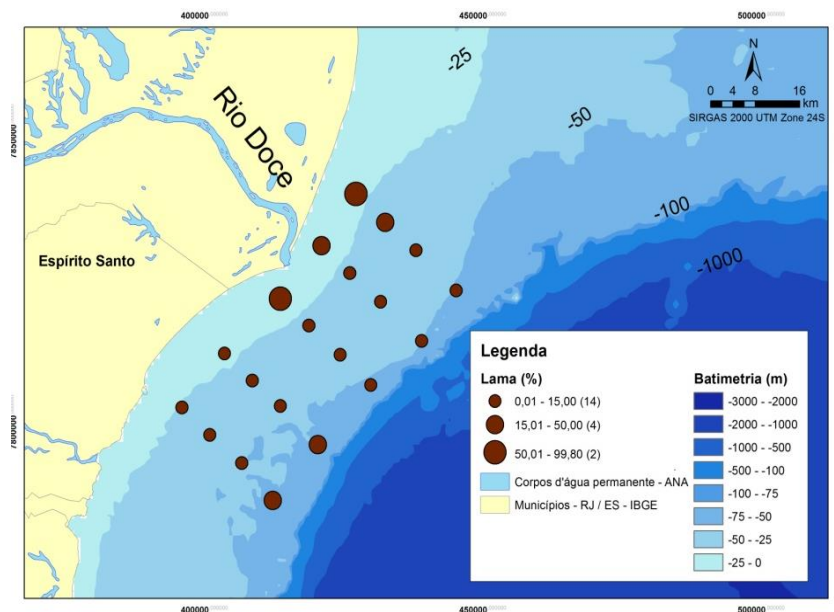
Nota-se, ainda uma tendência de acréscimo deste tipo de sedimento mais ao Sul do Rio Doce, em profundidades superiores a 50 m, conforme exibem as figuras 15 e 16.

Figura 15 - Distribuição de lama na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 - Distribuição de lama na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.4 Assimetria

A assimetria significa o grau de deformação da curva de frequência simples para a direita ou para a esquerda, considerando-se a analogia entre a moda, a média e a mediana. Nas análises em que a moda, da média e da mediana apresentam valores iguais, a distribuição é considerada simétrica, da mesma forma que valores distintos representam uma distribuição é definida como assimétrica.

Segundo orientam Folk & Ward (1957), para apreciação relativa à assimetria, os grãos mais grossos são retratados por números negativos – essa representação aponta para uma zona de energia mais intensa; os números adjacentes ao da média de distribuição indicam simetria, que corresponde à ciclicidade da intensidade da energia no ambiente; já a assimetria positiva revela região de menor energia com preponderância de sedimentos mais finos,

Do total de amostras analisadas no período do inverno (Gráfico 1), 44% apresentam características positivas; 27% aproximadamente simétrica; e 29% possuem características assimétricas negativas. No período do verão (Gráfico 2), 50% apresentam características positivas; 15% aproximadamente simétrica; e 35% exibem propriedades assimétricas negativas.

Estes dados refletem os níveis de energia no sistema, oscilando em deposição de material mais fino – nas imediações da costa e das fozes dos rios, e de médio a grosso no restante a plataforma, possibilitando a deposição simultânea desses sedimentos.

Mediante a análise das porções coletadas e conforme Folk & Ward (1957), é possível estabelecer uma relação direta entre o diâmetro dos grãos que compõem a amostra e a positividade ou negatividade da assimetria: quanto mais sedimentos finos existirem nas amostras, mais positiva será a assimetria e quanto mais sedimentos grossos presentes porções, mais negativa será a assimetria.

Gráfico 1- Distribuição das amostras coletadas no período do inverno quanto à assimetria

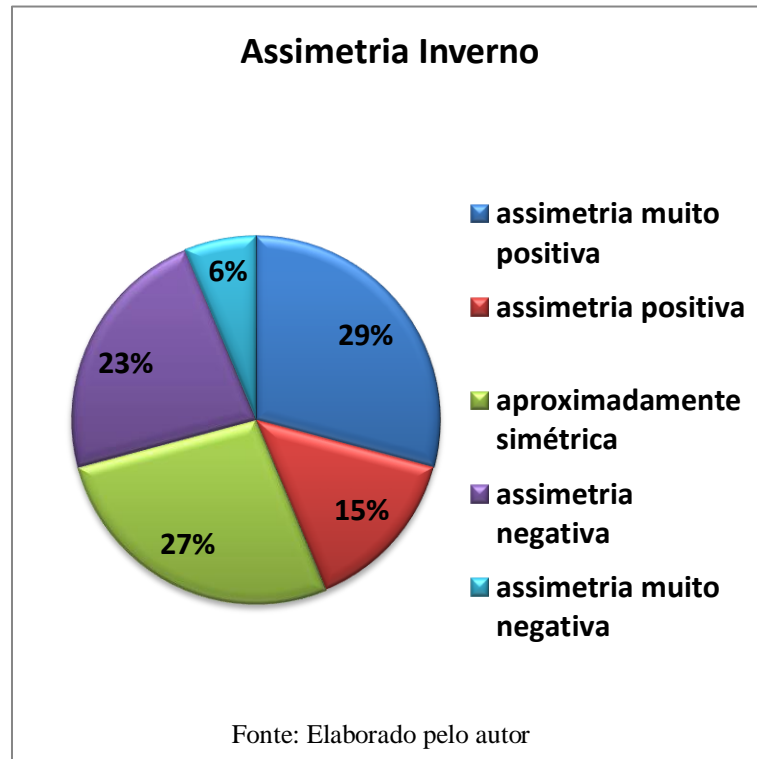
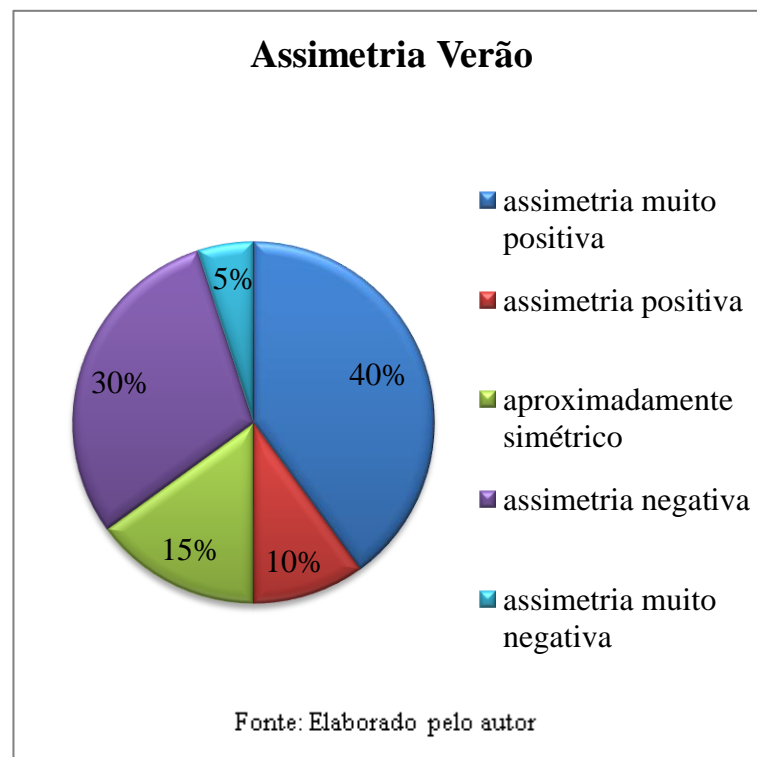


Gráfico 2- Distribuição das amostras coletadas no período do verão quanto à assimetria



Com a análise da malha amostral da estação do inverno, observa-se a dominância de amostras caracterizadas por apresentar assimetrias muito positiva e positiva nas adjacências das fozes dos Rios Doce e Piraquê-açu. Essa classificação também é identificada predominantemente em amostras coletadas mais ao sul do Rio Doce, após a isóbata de 50 m.

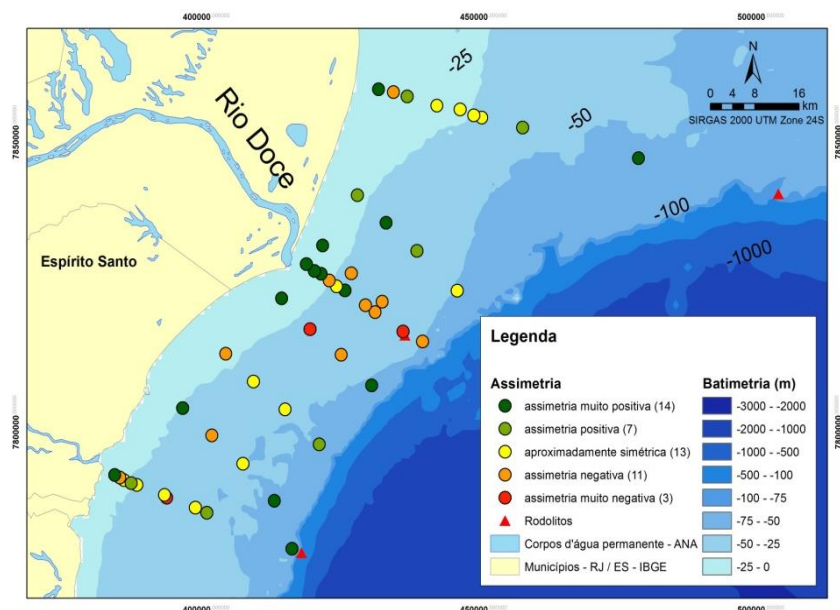
Entre as isóbatas de 25 m e 50 m, nota-se a prevalência de amostras caracterizadas por assimetrias aproximadamente simétricas e negativas. Essa faixa ainda apresenta três amostras com assimetria muito negativa.

A malha amostral coletada no período do verão mantém a caracterização visualizada no inverno. Contudo, próximo à foz e ao Sul do Rio Doce, em profundidades superiores a 50 m, visualiza-se a preponderância de amostras com assimetria muito positiva, além de mais assiduidade de amostras com assimetria qualificadas como aproximadamente simétrica e negativa.

Nesta região, uma única amostra com assimetria muito negativa, entre as isóbatas de 25 m e 50 m, foi detectada.

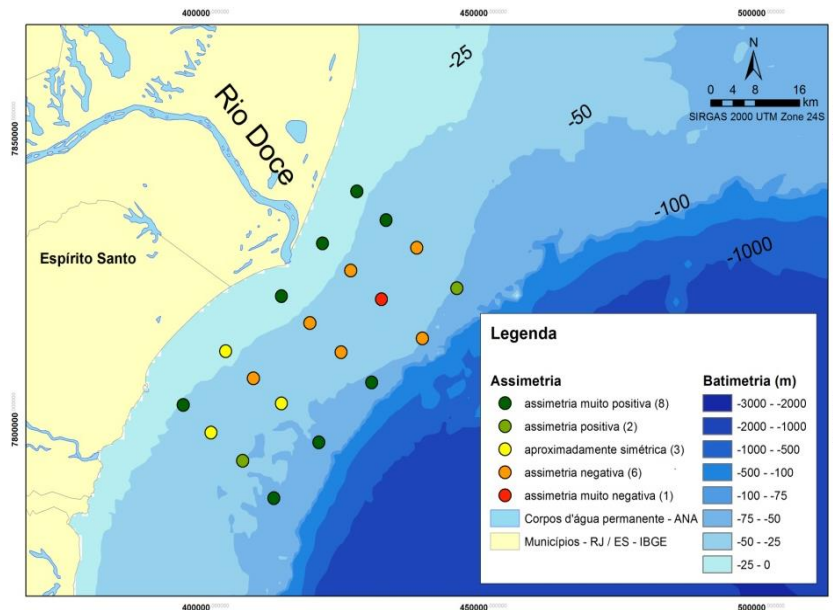
As figuras 17 e 18 ilustram as análises supracitadas.

Figura 17 - Classificação quanto à assimetria da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 18 - Classificação quanto à assimetria da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.5 Grau de seleção

O selecionamento ou grau de seleção é uma medida de dispersão da amostra. Para mensurar o grau de seleção de um grão e apontar a flutuação do coeficiente energético do meio deposicional, avalia-se o desvio padrão. Esse cálculo está relacionado com a habilidade de distintos agentes geológicos em escolher com maior ou menor eficiência, um certo grão, representando o nível da variação das circunstâncias atuais do fluido transportador (DIAS, 2004).

Contudo, conforme aponta Sahu (1964), caso não seja encontrado, na área fonte, material acessível entre as várias populações granulométricas, as oscilações energéticas do ambiente deposicional não serão, geologicamente, registradas.

Neste sentido, o modelo proposto por McLaren & Bowles (1985) admite a relação estreita entre a distribuição espacial do grão e a região fonte. Os autores explicam que a seleção do sedimento cresce no sentido do transporte, cuja média inclina-se à diminuição e a assimetria tende para sedimentos cada vez mais finos, conforme observa-se o afastamento da área fonte.

Apesar da área de estudo apresentar rica fonte de material, a disposição espacial das amostras, não possibilitou a identificação de um padrão de direção de distribuição de sedimentos.

Os valores percentuais do grau de seleção nas amostras analisadas no período do inverno (gráfico 3) apresentam a maior predominância da classe moderadamente selecionada,

com 36% do total, seguidos da variação de sedimentos mal selecionados, que correspondem a 64%.

No período do verão (gráfico 4), as amostras evidenciam a maior predominância da classe moderadamente selecionada, com 40% do total, seguida da variação de sedimentos mal selecionados, que equivalem a 55%, restando, assim, 5% da classe bem selecionada.

Com esta análise, é possível identificar que a variação sazonal é mínima.

As amostras coletadas nas imediações das fozes dos Rios Doce e Piraquê-açu, em profundidades inferiores a 25 m, apresentam predominância de material pobremente selecionado e muito pobremente selecionado, no período do inverno.

As amostras coletadas com características de grãos moderadamente selecionados estão localizadas, majoritariamente, entre as isóbatas de 25 m e 50 m.

No perfil estudado mais ao norte do Rio Doce, próximo à isóbata de 25 m, identifica-se considerável concentração de amostras com grão tipificado como moderadamente selecionado.

Gráfico 3 - Distribuição das amostras coletadas no período do inverno quanto ao grau de seleção

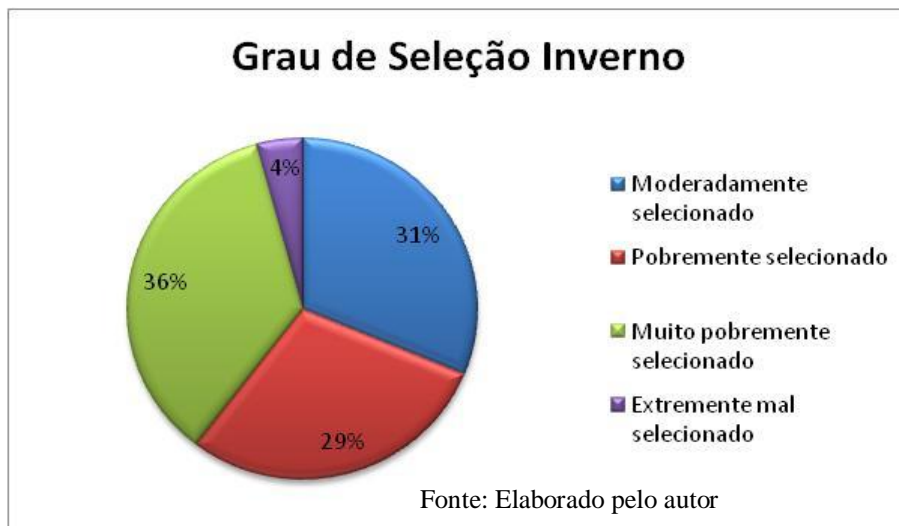
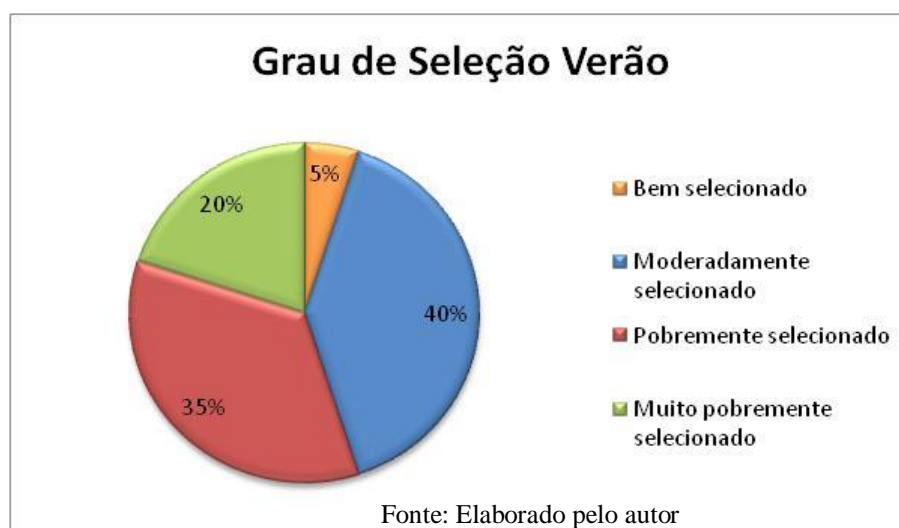


Gráfico 4 - Distribuição das amostras coletadas no período do verão quanto ao grau de seleção



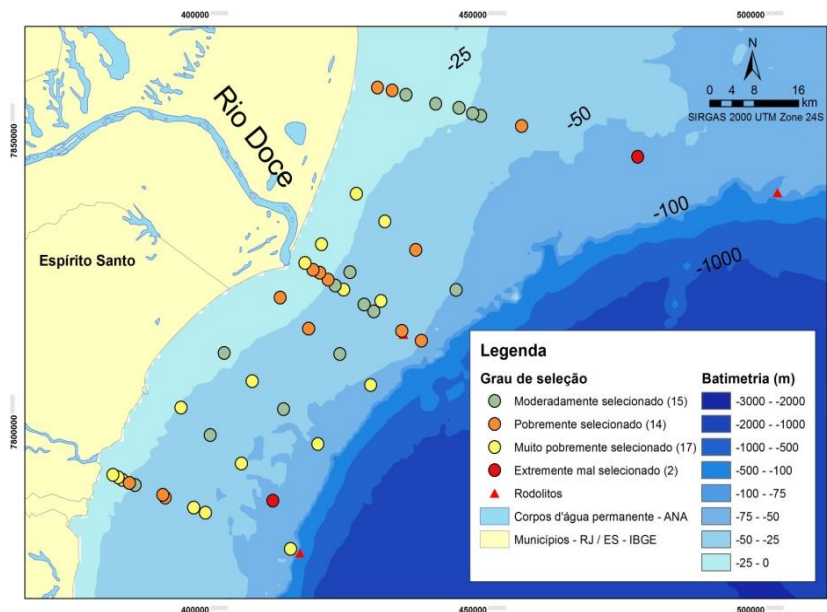
As amostras coletadas ao sul do Rio Doce, entre 30 m e 75 m profundidade, observa-se a dominância de grãos muito pobremente selecionados. Apenas uma amostra apresenta características de grão extremamente mal selecionado.

A malha amostral coletada na estação do verão exibe predomínio de material pobremente selecionado, em profundidades inferiores a 25 m.

Entre as isóbatas de 25 m e 50 m, nota-se a predominância de material moderadamente selecionado. Todavia, mais ao sul do Rio Doce, em profundidades próximas a 50 m, identifica-se, majoritariamente, a presença de material muito pobremente selecionado.

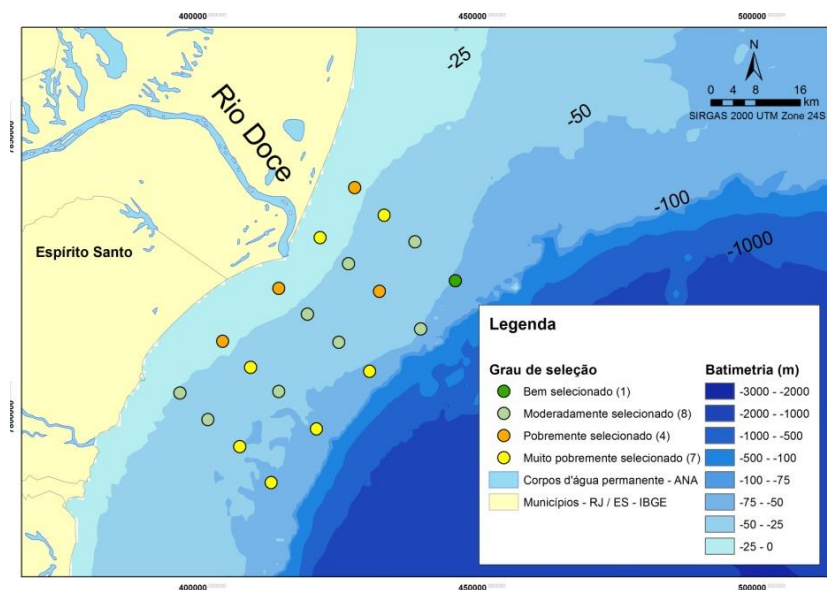
As análises supracitadas podem ser verificadas nas figuras 19 e 20.

Figura 20 - Classificação quanto ao grau de seleção na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 19 - Classificação quanto ao grau de seleção na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.6 Curtose

A curtose equivale ao grau de achatamento de uma curva em relação à curva representativa de uma distribuição normal – é uma característica que pode ser utilizada como critério para distinção de meios. Sua análise é capaz de indicar a existência de um sistema atuando no sentido de modificar as caudas de distribuição. Essa propriedade mensura o grau de agudez dos grãos nas curvas de distribuição de frequência, conferido a essas distribuições classificações dos tipos leptocúrtica (alongada), mesocúrtica (normal) ou platicúrtica (achatada).

Para Dias (2004), os valores de curtose estão associados às condições de movimentação no ambiente sedimentar. As distribuições leptocúrticas significam sedimentos unimodais, isto é, grãos relativamente bem selecionados na fração cêntrica da distribuição, sugerindo um meio de maior movimento. O autor ainda classifica as distribuições platicúrticas como sedimentos bimodais ou polimodais, o que representa baixa movimentação no ambiente (DIAS, 2004).

Dias (2004) aponta que as amostras que exibem distribuições leptocúrtica e muito leptocúrtica são de meios de mais movimentação; platicúrtica e muito platicúrtica são de ambientes de pouca movimentação; e distribuições mesocúrticas, de movimentação intermediária.

A análise da curtose nas amostras coletadas no período do inverno (Gráfico 5) permitiu identificar a dominância de percentuais de sedimentos com características de leptocúrticas a extremamente leptocúrticas (64%) e mesocúrticos (21%), enquanto as platicúrticas representam (15%).

Já na avaliação de porções recolhidos no período do verão (Gráfico 6), nota-se o predomínio de percentuais de sedimentos com propriedades de leptocúrticos a extremamente leptocúrticas (60%). As amostras classificadas com sedimento mesocúrticos representam (10%), enquanto as platicúrticas e muito platicúrticas representam (30%).

Gráfico 5 - Distribuição das amostras coletadas no período do inverno quanto à curtose

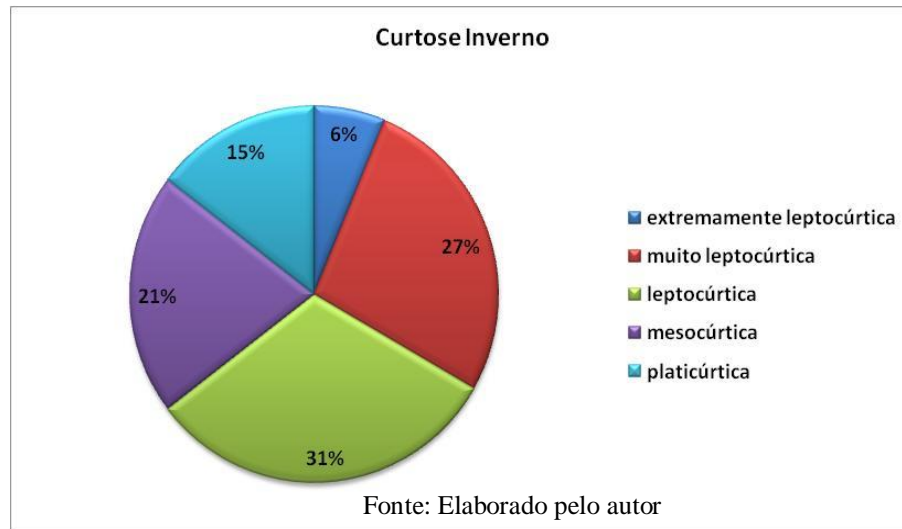
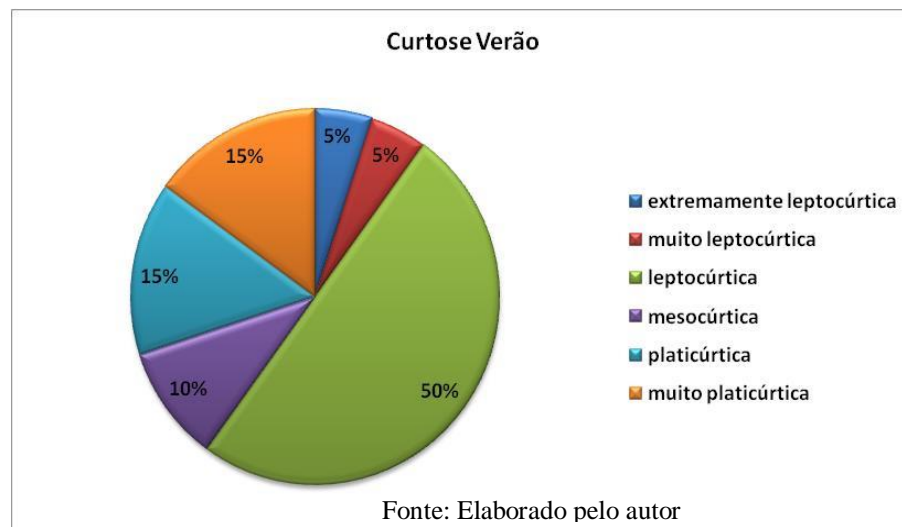


Gráfico 6 - Distribuição das amostras coletadas no período do verão quanto à curtose



O perfil ao Norte do Rio Doce apresenta dominância de sedimentos platicúrticos em águas mais rasas, variando até sedimentos muito leptocúrticos em águas mais profundas.

O perfil em frente ao Rio Doce exhibe predomínio de sedimentos extremamente leptocúrticos e muito leptocúrticos. Próximo à isóbata de 25 m, os sedimentos são platicúrticos, mesocúrticos e leptocúrticos e, em águas mais profundas, os sedimentos voltam ser muito leptocúrticos.

O perfil ao Sul do Rio Doce apresenta dominância de sedimentos platicúrticos, mesocúrticos e leptocúrticos em águas mais rasas e, em águas mais profundas, os sedimentos são classificados como muito leptocúrticos e platicúrticos. As amostras coletadas no período do inverno, na região mais próxima à foz do Rio Doce, mostram maior concentração de material leptocúrtico, muito leptocúrtico e extremamente leptocúrtico. Observa-se ainda, nas

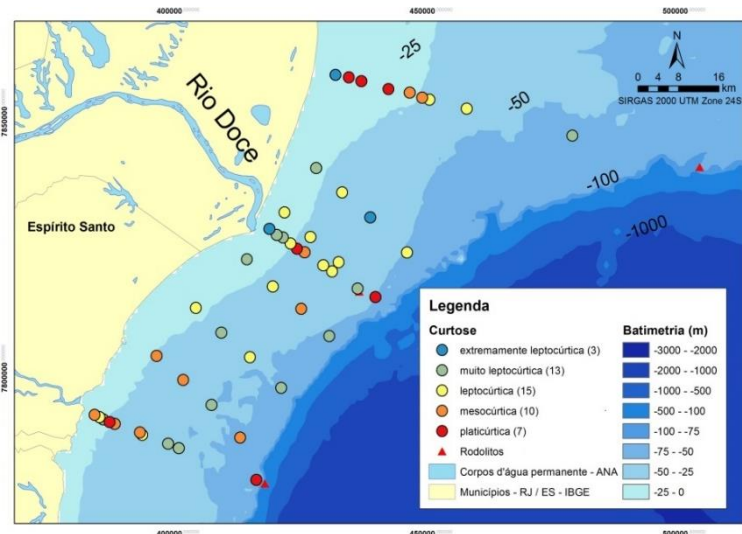
adjacências da foz do Rio Piraquê-açu, concentração superior de materiais mesocúrtico e platicúrtico.

O perfil coletado mais ao Norte do Rio Doce chama a atenção pela identificação de uma amostra classificada como extremamente leptocúrtica, coletada nas proximidades da costa. A sequência de amostras coletadas no perfil supracitado em direção a maiores profundidades segue uma variação ordenada de platicúrtica a muito leptocúrtica.

Nas porções recolhidas no período do verão, próximo à foz do Rio Doce, apresenta-se dominância de material muito platicúrtico e platicúrtico. Entretanto, a faixa entre as isóbatas de 25 m e 75 m é dominada por material leptocúrtico.

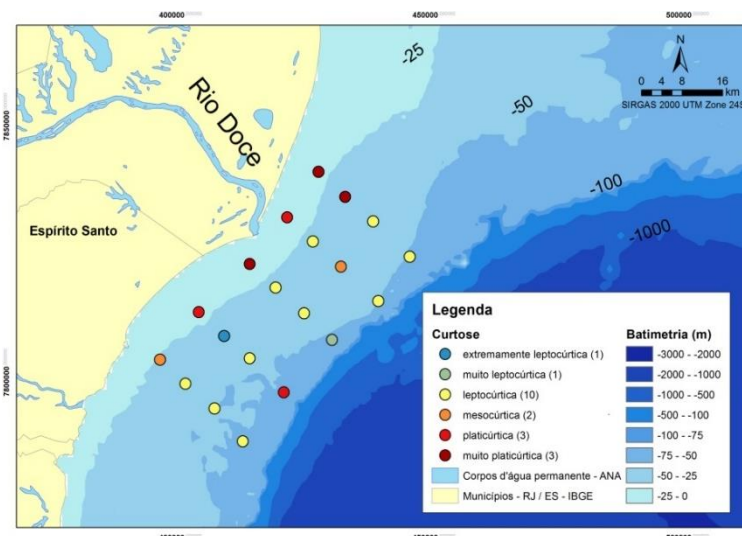
Essa avaliação é ilustrada nas figuras 21 e 22.

Figura 21 - Classificação quanto à curtose na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 22 - Classificação quanto à curtose na porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.7 Carbonato de Cálcio

A predominância de material litoclástico é detectada em ambos os períodos (inverno e verão), podendo ser verificada em quase todos os pontos coletados em profundidades superiores a 25 m. Apenas uma amostra, coletada próxima à foz do Rio Piraguê-açu, apresentou características litobioclásticas.

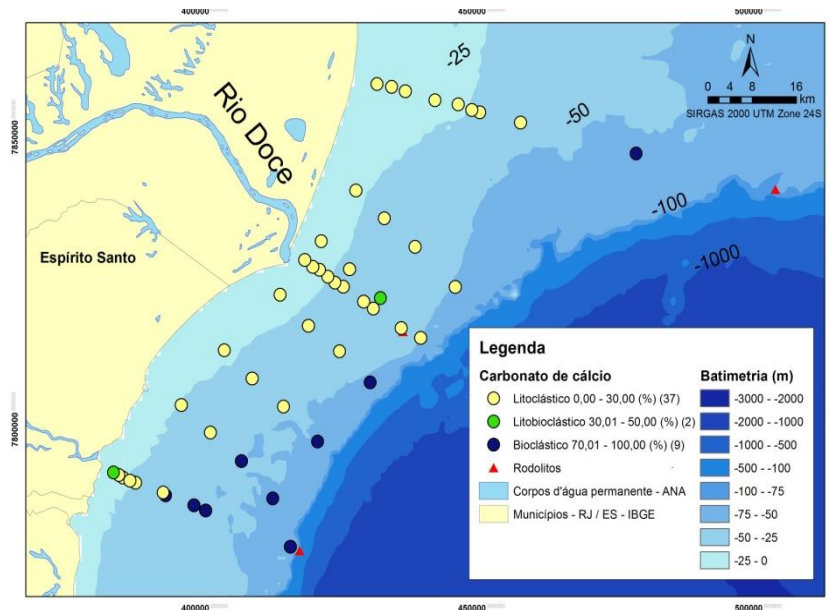
De modo geral, observa-se a tendência de aumento da concentração de carbonato de cálcio com a profundidade, padrão identificado, principalmente, nas amostras recolhidas nas regiões mais ao sul e ao norte do Rio Doce.

Os teores de CaCO_3 no inverno alteraram entre 1,07% e 94,64 %, enquanto que no verão, os teores de CaCO_3 variaram entre 0,97% e 96,68 %.

Em relação à análise sedimentológica, a região da plataforma adjacente ao Rio Doce pode ser considerada um ambiente misto, que é caracterizado por depósitos terrígenos na plataforma interna e por rodolitos e cascalhos carbonáticos na plataforma externa (KOWSMANN & COSTA, 1979; BASTOS et al., 2015).

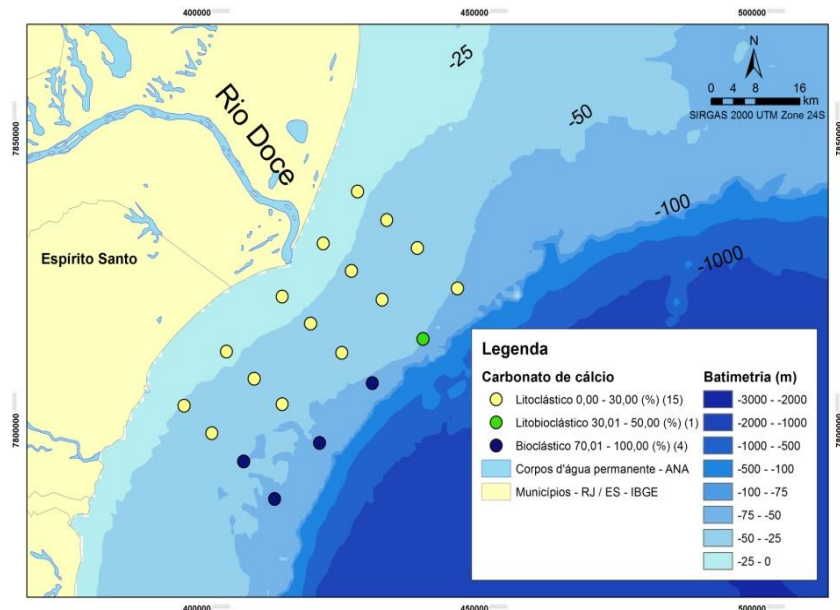
As figuras 23 e 24 mostram a distribuição espacial dos teores de carbonato de cálcio registrados durante os períodos de inverno e verão, respectivamente.

Figura 23 - Distribuição de carbonato de cálcio da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 24 - Distribuição de carbonato de cálcio da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.8 Matéria Orgânica

A maior parte das amostras coletadas em ambas as estações estudadas apresentaram dominância de pontos com baixa concentração de matéria orgânica (MO).

As maiores concentrações foram identificadas nas proximidades da foz do Rio Doce – nos períodos de inverno e de verão – e próximo à foz do Rio Piraquê-açu, nas amostras coletadas na estação inverno. Segundo Trask (1939 apud TYSON, 1995), o teor de MO dos sedimentos das margens continentais inclina-se ao aumento na medida em que os grãos se tornam mais finos.

Observa-se ainda, nas duas estações, uma tendência de acréscimo de matéria orgânica em porções recolhidas ao Sul do Rio Doce, mediante a ampliação da profundidade. Esse fenômeno foi detectado no perfil coletado mais ao Norte do mesmo rio.

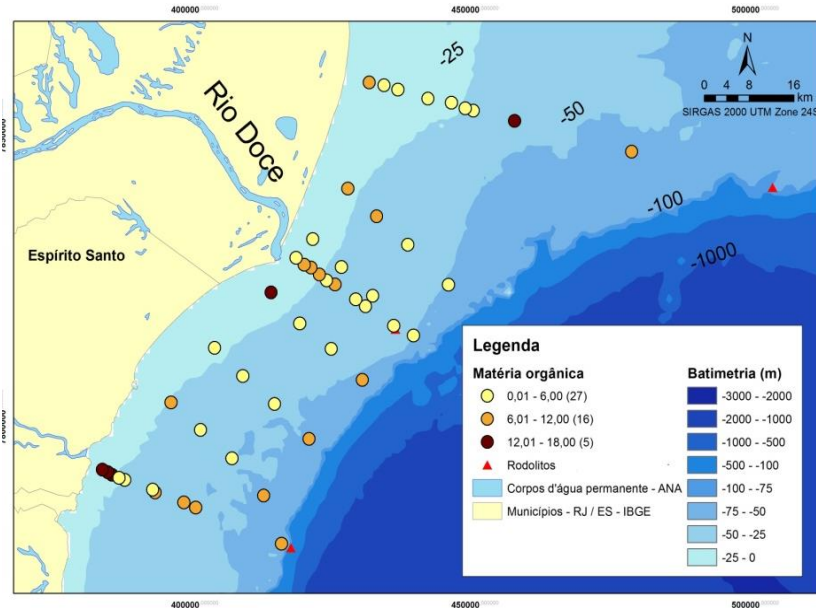
As concentrações de matéria orgânica no inverno foram baixas, variando entre 0,65% e 17,8%, com teores maiores nas proximidades da foz do Rio Piraquê-açu. As concentrações de matéria orgânica no verão foram um pouco maiores, apresentaram variação entre 1,10% e 22,85% , com maiores concentrações mais ao norte do Rio Doce.

A relação entre a matéria orgânica e a especificação dos diâmetros do material que compõem os sedimentos pode ser elucidada pela velocidade de deposição – análoga entre as partículas orgânicas e os grãos minerais finos, tais como silte e argila (TYSON, 1995). Assim,

nota-se que os ambientes de baixa hidrodinâmica contribuem para a deposição de sedimentos finos e de material orgânico.

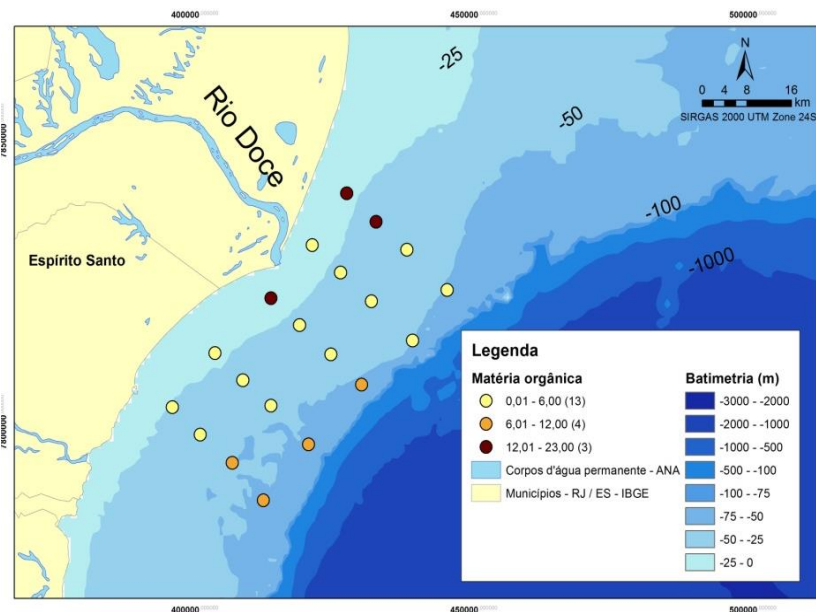
A análise supracitada é demonstrada pelas figuras 25 e 26.

Figura 25 - Distribuição de matéria orgânica da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 26 - Distribuição de matéria orgânica da porção centro-norte da bacia do Espírito Santo no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Análise Biodetrítica

4.2.1 Fração 1

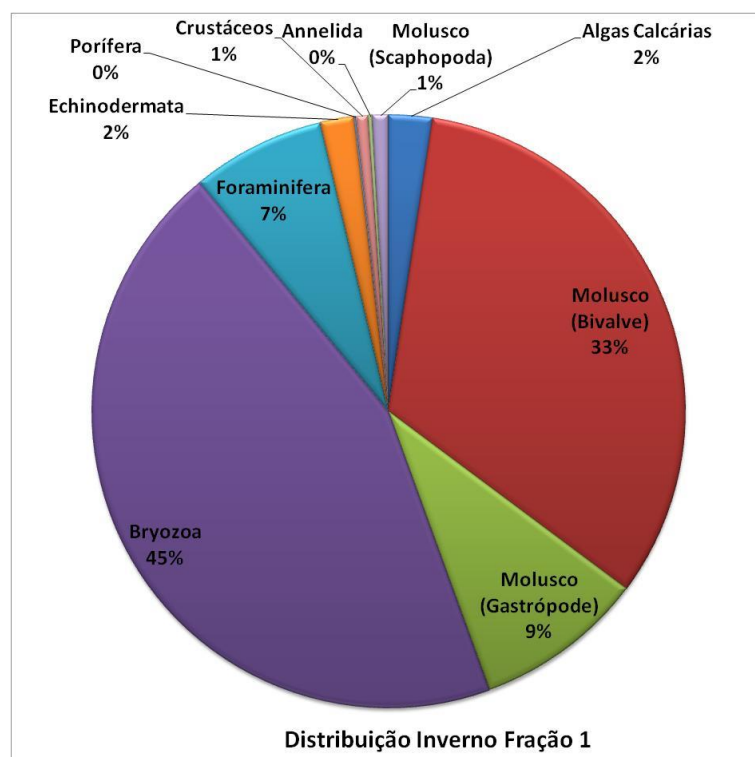
Os biodetritos identificados com maior abundância no período do inverno e verão na fração 1 foram: Filo Bryozoa, Filo Molusco da classe Bivalve, Filo Molusco da classe Gastrópode e Filo Foraminifera.

Segundo Dias (2000), a apresentação de rodolitos maciços em determinadas regiões – contrastando com outras zonas onde notam-se somente rodolitos ramificados do tipo maerl ou a presença de briozoários – podem ser predominantes em algumas áreas, a exemplo da plataforma continental norte do Espírito Santo.

Com essa informação, pode-se aferir que a abundância destes detritos não está associada à influência de período chuvoso ou seco. Isto deve ocorrer devido à classe dos sedimentos identificados na Fração 1 (grânulo a areia muito grossa), que apresentam menor potencial para serem transportados.

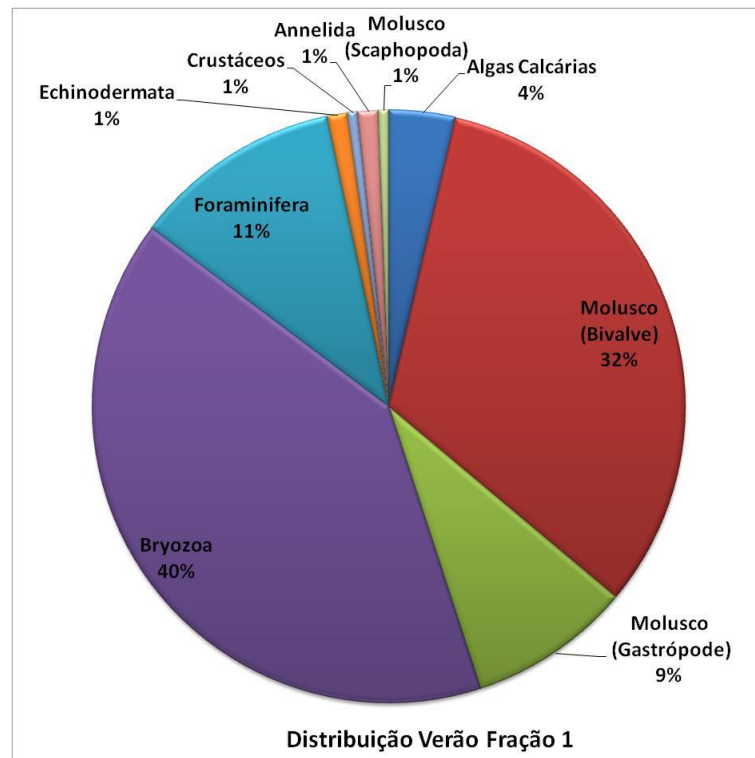
A distribuição em abundância dos detritos identificados nesta fração está representada nos gráficos abaixo (Gráfico 7 e Gráfico 8). Os Filos Porífera e Annelida, que estão representados no gráfico com 0%, devem ser considerados com presença de abundância inferior a 1%.

Gráfico 7 - Abundância relativa total dos biodetritos das frações granulométricas de grânulo e areia muito grossa no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 8 - Abundância relativa total dos biodetritos das frações granulométricas de grânulo e areia muito grossa no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

As maiores concentrações de biodetritos encontradas na malha amostral de inverno correspondem ao Filo Bryozoa. Parcela considerável desses organismos foi evidenciada nas imediações das fozes do Rio Doce e do Rio Piraquê-açu e entre as isóbatas de 25 m e 50 m de profundidade.

Nas adjacências da foz do Rio Doce ainda se observa eminente quantidade de detritos pertencentes ao Filo Molusco da classe Bivalve.

Notável abundância desses detritos também foi identificada no perfil mais ao Norte do Rio Doce, especialmente em profundidades inferiores a 25 m

Em profundidades superiores a 50 m e mais ao Sul do Rio Doce, observa-se a presença de detritos do Filo Foraminifera. Essa tendência também ocorre nas amostras coletadas no período do verão.

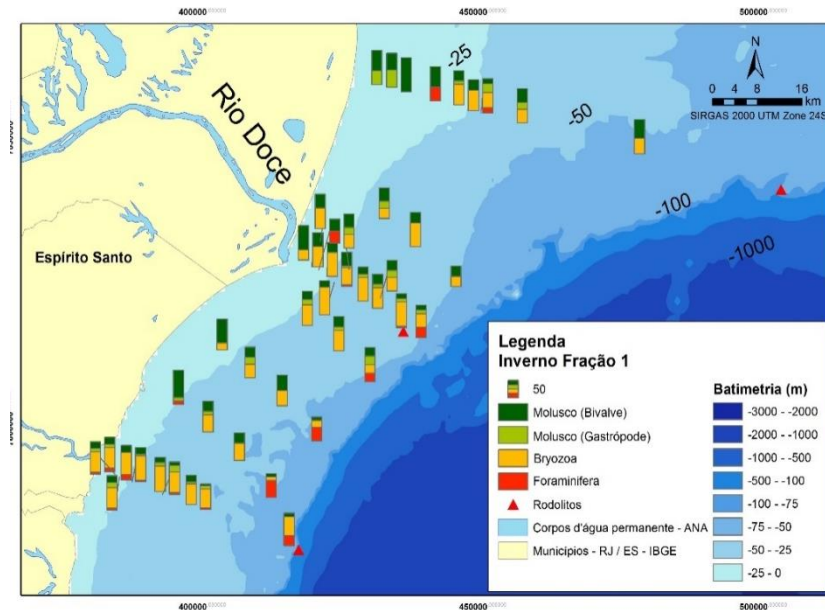
As amostras coletadas entre as isóbatas de 25 m e 50 m de profundidade evidenciaram dominância do Filo Bryozoa, contudo, com ocorrência maior de detritos do Filo Molusco da classe Bivalve em amostras recolhidas ao Norte do Rio Doce e nas imediações da isóbata de 25 m.

Em relação aos biodetritos menos abundantes, destaca-se, nas amostras coletadas em ambas as estações do ano, a presença dos Filos Echinodermata e Molusco da classe

Scaphopoda, entre as isóbatas de 25 m e 50 m. Nota-se ainda, próximo à isóbata de 50 m, a existência de algas calcárias.

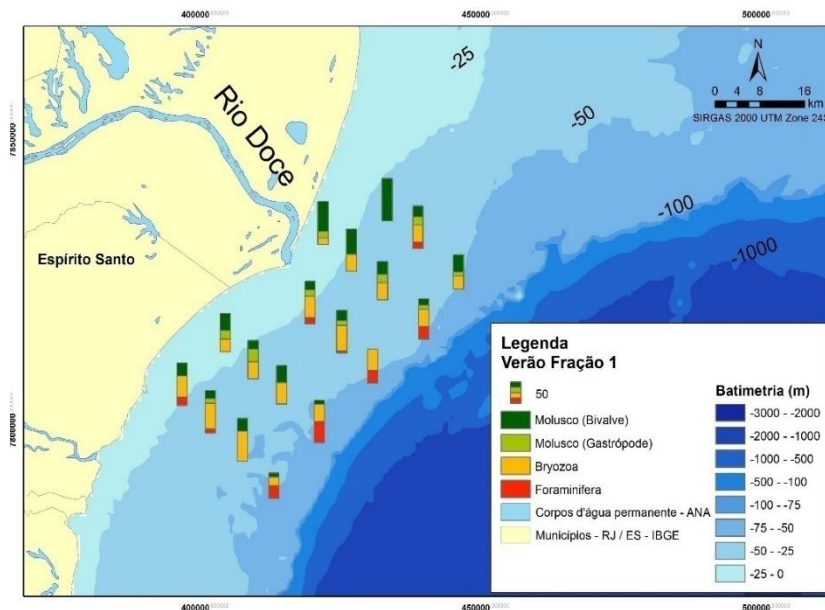
As figuras 27,28,29 e 30 ilustram essa distribuição.

Figura 27 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do inverno



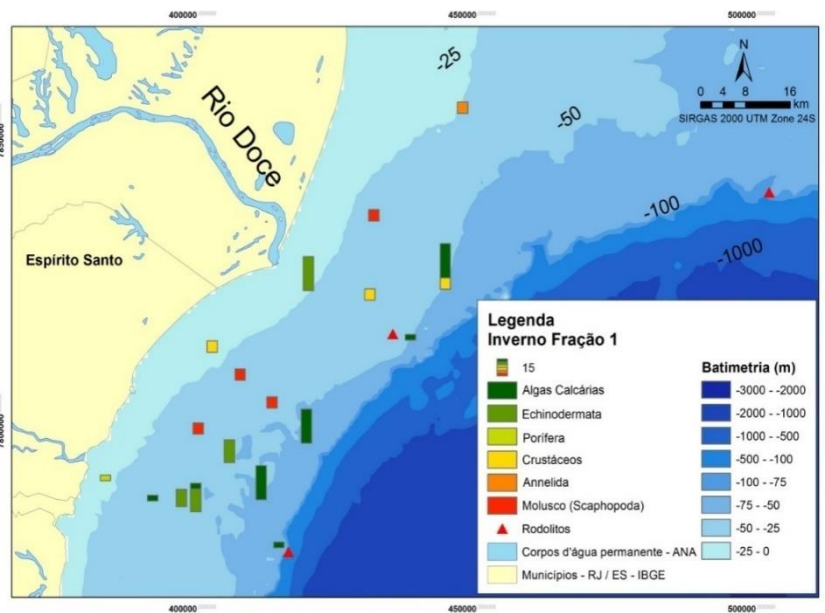
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 28 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do verão



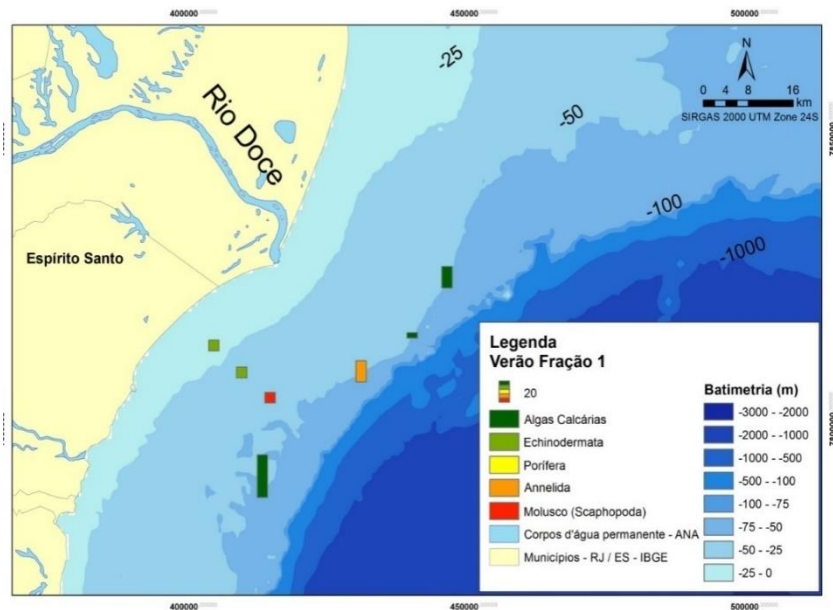
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes nas frações granulométricas nos intervalos de grânulo e areia muito grossa no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 Fração 2

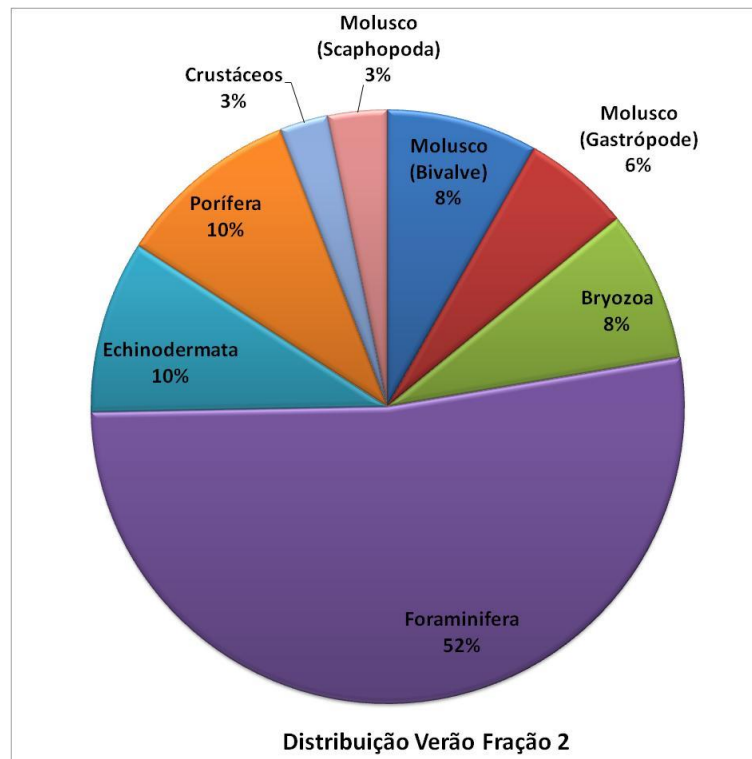
Os biodetritos identificados com maior abundância no período do inverno na fração 2 foram: Filo Foraminifera, Filo Molusco da classe Bivalve, Filo Bryozoa e Filo Echinodermata.

No período do verão, os biodetritos identificados com maior abundância nesta fração foram: Filo Foraminifera, Filo Echinodermata e Filo Porífera.

Com essa informação, foi possível aferir que a abundância destes detritos está associada à influência de período chuvoso ou seco. Vale ressaltar que a fração possui sedimentos classificados com areia média a fina, que são mais passíveis de serem transportados pelas forças naturais que atuam neste ambiente.

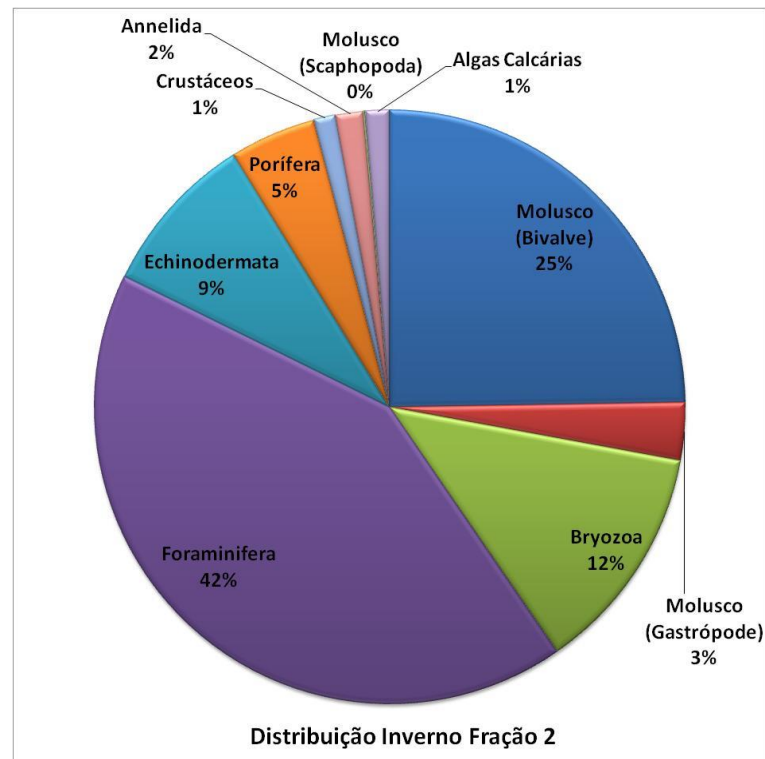
A distribuição em abundância dos detritos identificados nesta fração está representada nos gráficos abaixo (gráfico 9 e 10). O Molusco da classe Scaphopoda que estão representados no gráfico com 0%, devem ser considerados com presença de abundância inferior a 1%.

Gráfico 9- Abundância relativa total dos biodetritos da fração granulométrica de areia média a fina no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 10 - Abundância relativa total dos biodetritos da fração granulométrica de areia média a fina no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

Nas imediações da foz e nas amostras coletadas mais ao Norte do Rio Doce – ambos em profundidades inferiores a 25 m – observa-se maior concentração de detritos do Filo Molusco da classe Bivalve, no período do inverno.

Contudo, nas proximidades da foz do Rio Piraquê-açu e entre as isóbatas de 25 m e 50 m, identifica-se a predominância de detritos Filo Foraminifera.

A apresentação do Filo Echinodermata foi observada em vários pontos coletados ao longo da plataforma.

Já no período de verão, o Filo Foraminifera é evidenciado em maior abundância, ocorrendo em toda a plataforma.

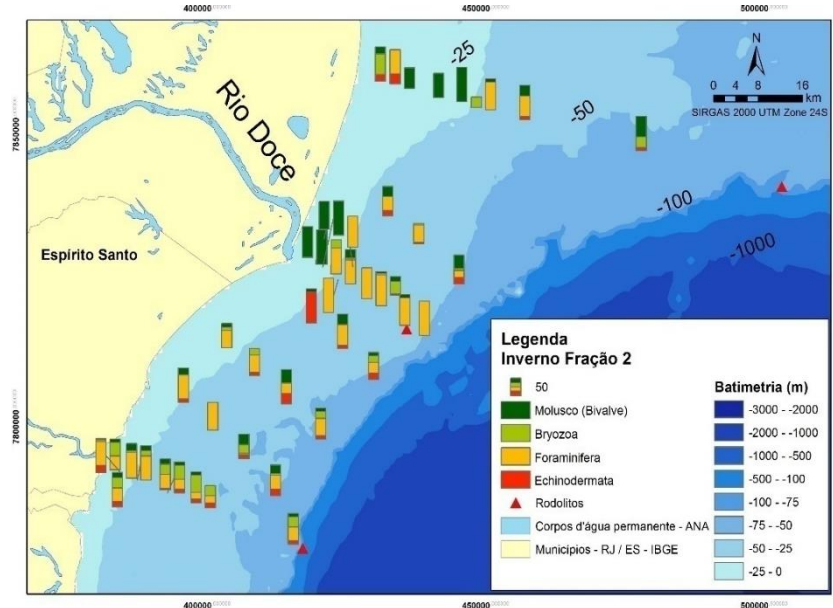
Além disso, nota-se um ponto, mais próximo à foz do Rio Doce, com maior profusão de detritos dos Filos Echinodermata e Molusco da classe Bivalve. Em oito amostras, coletadas principalmente ao Sul Do Rio Doce, em maiores profundidades, e ao Norte do mesmo rio entre a isóbata de 25 m e 75 m, identifica-se o Filo Porífera.

As amostras coletadas no período do inverno apresentam menor abundância de detritos dos Filos Porífera e Molusco da classe Gastrópode, entretanto, com maior ocorrência entre a isóbata de 25 m e 50 m e na faixa que se estende da foz do Rio Doce até a foz do Rio Piraquê-açu. Ademais, evidencia-se ainda a existência do Filo Annelida em profundidades

inferiores a 25 m e mais ao Norte do Rio Doce.

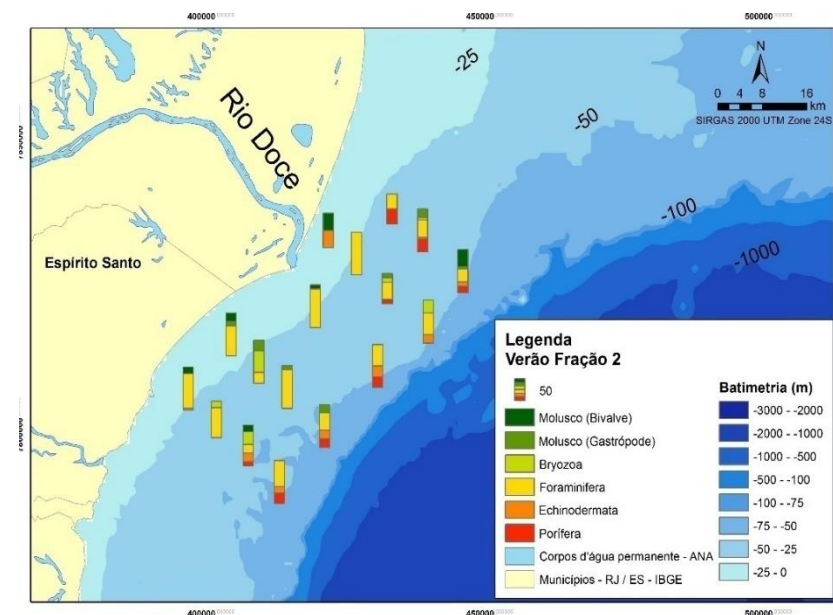
Todas as análises supracitadas relativas à Fração 2 estão evidenciadas nas figuras 31, 32, 33 e 34.

Figura 31 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do inverno



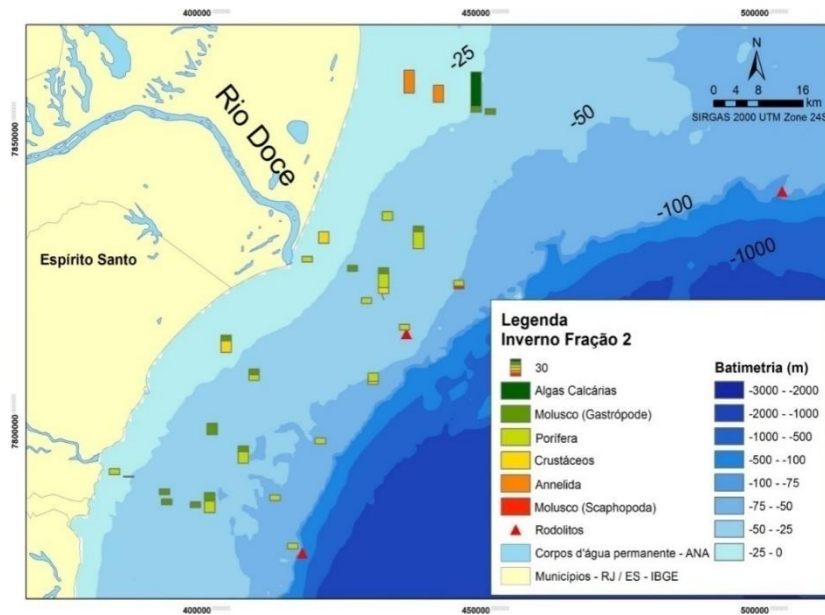
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 32 - Distribuição dos biodetritos mais abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do verão



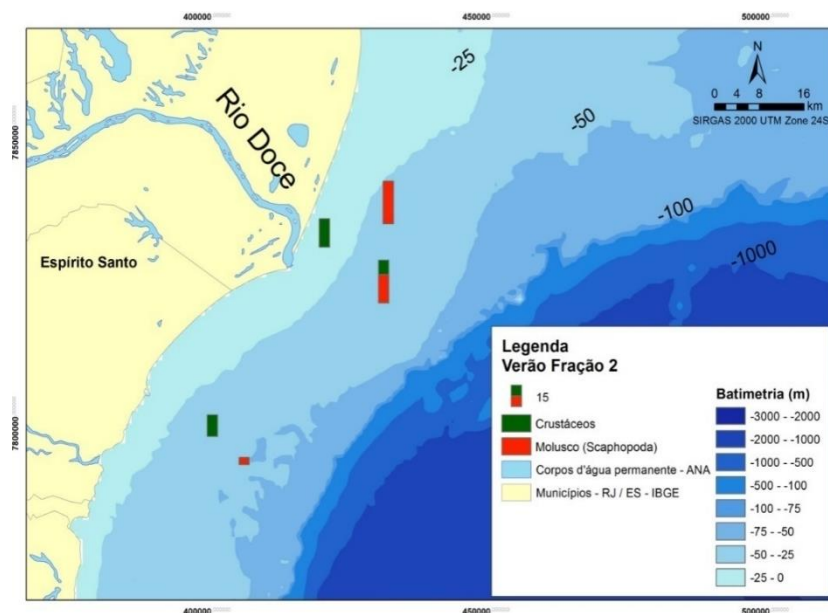
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 33 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do inverno



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 34 - Distribuição dos biodetritos menos abundantes na fração granulométrica no intervalo de areia média a fina no período do verão



Fonte: Elaborado pelo autor

Neste sentido, é necessário discorrer acerca dos tipos de biodetritos, especialmente os identificados nesta pesquisa, mais presentes nos granulados bioclásticos ou carbonáticos marinhos, que de acordo com Dias (2000), correspondem a areias e cascalhos inconsolidados formados por algas calcárias, moluscos, briozoários, foraminíferos bentônicos

e quartzo.

Nas frações de algas preponderam os artículos de Halimeda, algas verdes, e as algas coralíneas, algas vermelhas, ramificadas, maciças ou em concreções (DIAS, 2000). Desta forma, cabe destacar que Cavalcanti (2011) evidenciou a existência de deposições de granulados bioclásticos constituídos, predominantemente, por fragmentos de algas coralíneas, moluscos e briozoários, no Estado do Espírito Santo, a Norte de Vitória, na Plataforma Continental de Aracruz e Serra. Contudo, as análises realizadas neste trabalho constataram maior presença de briozoários e foraminíferos do Filo Foraminifera na área de estudo.

Os resultados desta pesquisa corroboram com Cavalcanti (2011) no que tange à predominância de briozoários em determinadas áreas – a exemplo na Plataforma Continental Norte do Espírito Santo – e de algas coralíneas incrustantes (rodolitos), seguidas de briozoários, pouca Halimeda e coralíneas ramificadas.

As análises deste trabalho ainda apontaram que os briozoários tornam-se abundantes em direção ao Sul, assim como em águas mais profundas, conforme a mesma autora.

Quanto à presença de rodolitos, Dias (2000) identificou esses organismos maciços em determinadas regiões contrapondo com outras, em que apenas rodolitos ramificados do tipo maerl foram observados, além da participação de briozoários, que podem apresentar predomínio em certas áreas.

Ainda de acordo com Dias (2000), nota-se, na Plataforma Continental Brasileira, considerável diversidade em relação aos tipos de bioclastos, tanto regionalmente quanto em função da profundidade. Isso quer dizer que é possível observar a presença de algas coralíneas sob a forma de rodolitos maciços em certas regiões, em contraste com outras em que ocorrem apenas estilhaços ramificados do tipo maerl.

Sobre este aspecto, neste estudo, com o auxílio do ROV, pode-se identificar que os rodolitos são encontrados nos pontos coletados a maiores profundidades, oferecendo a sensação de linearidade dos mesmos, como uma faixa, próximo às isóbatas de 50 m e 75 m.

Nesta perspectiva, Coutinho (2000) também identificou que a maior parte dos recifes situados ao Norte de Vitória é compreendida por algas coralinas incrustantes, com abundância mínima de briozoários, algas coralinas ramificadas, serpulídeos e determinados gastrópodes vermetídeos, desenvolvendo uma assembléia de recifes algálicos.

O autor também sobrelevou a dominância de briozoários ao Sul dos Abrolhos,

constituindo outra assembléia, agora de areias de recifes de briozoários. Coutinho (2000) ainda identificou uma assembléia composta, especialmente, por foraminíferos bentônicos e moluscos. Circunscrita na Plataforma mais externa esta última assembléia é dominada, nomeadamente, por Amphistegina, acontecendo, particularmente, nos Abrolhos, ao largo de Vitória e do Banco Besnard, mesmos padrões observados por este trabalho.

Em relação à constituição mineralógica dos sedimentos, a Plataforma Continental, mediante segundo Kowsmann & Costa (1979), é revestida, sobretudo, por sedimentos carbonáticos, com quantidades de CaCO_3 maiores que 75%, integrado, majoritariamente, por fragmentos de algas coralinas, briozoários, moluscos e foraminíferos bentônicos (MELO et al., 1975; ALBINO, 1999), cujas fixação e produção são amparadas pelos terraços de abrasão da Formação Barreiras (ALBINO, 1999).

Esta pesquisa, contudo, observou que as maiores concentrações de CaCO_3 tendem a ocorrer em águas mais profundas, bem como nas adjacências da quebra da Plataforma, visto que a maior influência nos sedimentos adjuntos à costa está associada à descarga do Rio Doce.

4.3 Análise Batimétrica

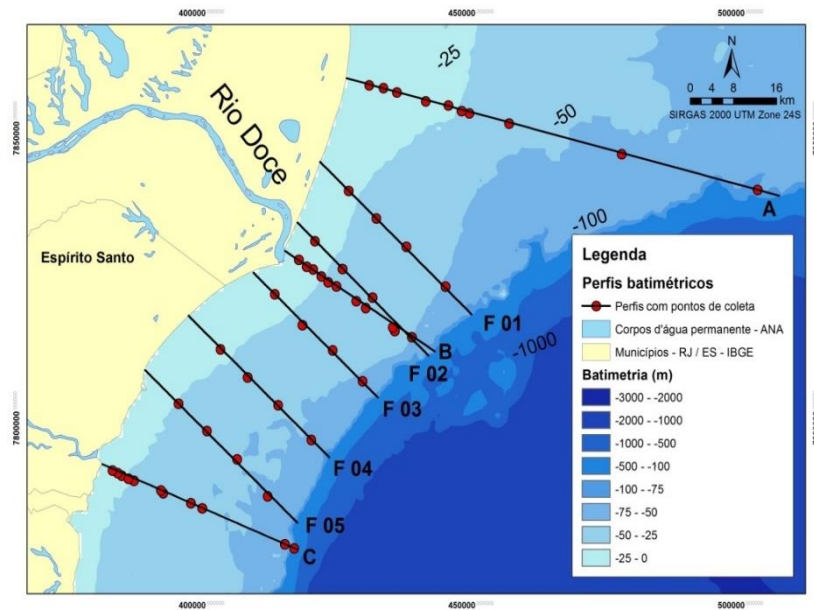
A partir da interpolação dos dados, produziu-se um mapa batimétrico (figura 35), cujo oito perfis foram traçados perpendicularmente à costa, respeitando a disposição das amostras de sedimento. O mapa confeccionado destaca as isóbatas de 25, 50 e 100 m. Nesta perspectiva, é salutar destacar a quebra da PC, que ocorre nas adjacências da isóbata de 75 m.

Os perfis traçados permitiram visualizar a suavidade da Plataforma Continental da área de estudo até as proximidades de sua quebra. O perfil A, localizado mais ao Norte do Rio Doce, apresentou a maior extensão, com aproximadamente 85 km, bem como o limite da plataforma a, aproximadamente, 75 m.

Observa-se ainda o estreitamento da plataforma nos perfis B, F02 e F03, apresentando quebra da plataforma próximo a 50 m, seguido de uma propensão a alargamento dos perfis traçados ao sul do Rio (F04, F05 e C), como mostra o Gráfico 11.

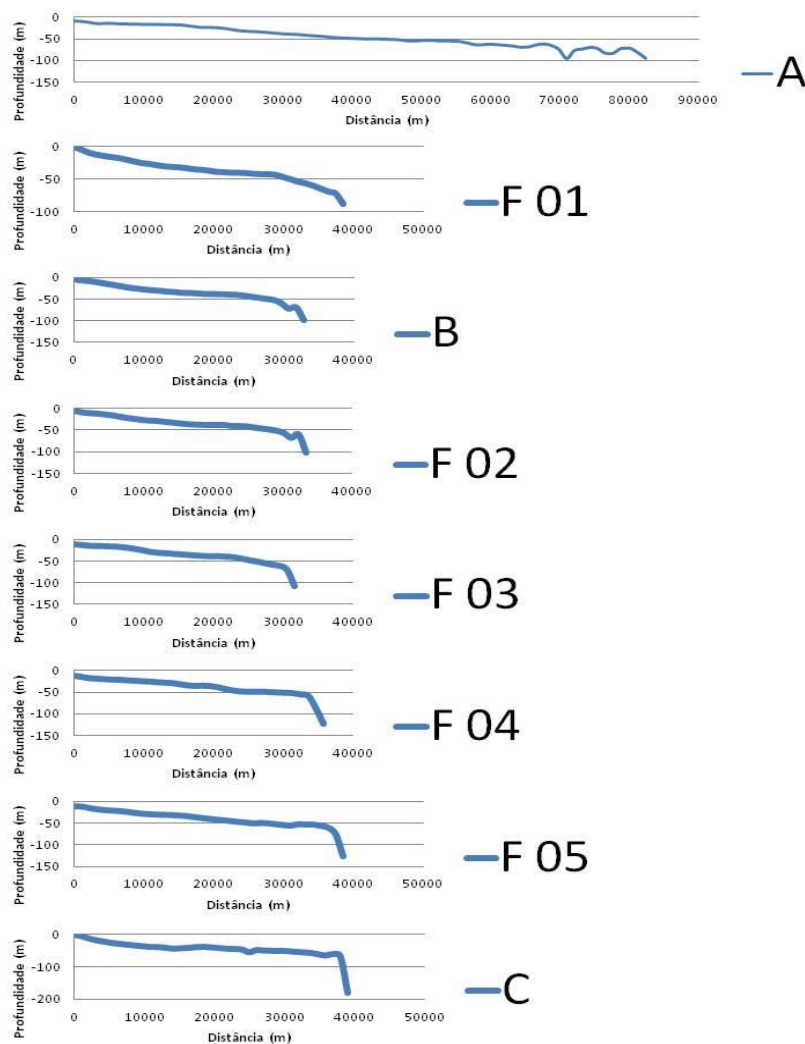
Entretanto, Cetto (2009) aponta uma profundidade da quebra em 52 m, para o intervalo de menor largura da plataforma investigada em sentido ao Rio Doce. No perfil B e F02 (perfis traçados nas imediações da foz do Rio Doce) identifica-se profundidades próximas a 50 m no limite da plataforma.

Figura 35 - Batimetria com dados interpolados pela ferramenta Topo Raster com perfis traçados sobre os pontos de coleta



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 11 - Perfis batimétricos sentido Norte-Sul



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Imageamento com ROV

Os pontos de amostragem do ROV, onde também se coletou sedimentos, foram selecionadas por este estudo para apresentar e exemplificar os biodetritos identificados durante a produção deste trabalho.

O perfil A (ao Norte do Rio Doce) apresenta, das amostras A01 a A05, Quadro 1, características bastante arenosas, com teores de CaCO_3 e MO baixos. No ponto A08, por sua vez, identifica-se grande concentração da fração lama e teores de CaCO_3 e MO maiores do que os encontrados nos pontos anteriores, coletados em águas mais rasas. O ponto A09 oferece alto teor de CaCO_3 e o ponto A10 se destaca pela alta concentração de rodolitos (Quadro 2).









No perfil B (em frente ao Rio Doce) e o no perfil C (em frente ao Rio Piraquê-açu), notam-se comportamentos similares, exibindo substrato com propriedade lamosas das menores profundidades até a isóbata de 25 m, com teores de CaCO_3 baixos e de MO mais altos. Na medida em que se avança para águas mais profundas, as amostras tendem a se tornarem mais arenosas e a apresentarem teores mais elevados de CaCO_3 (Quadro 3). Os Pontos B09, B10, C09, C10 e C11 se evidenciam pela alta concentração de rodolitos (Quadros 4 e 6).

As imagens captadas pelo ROV nos três perfis revelaram que, em profundidades próximas a 40 m em direção a águas ainda mais profundas, verifica-se o aparecimento de rodolitos em grande quantidade.

Devido ao excesso de material em suspensão e à iluminação deficiente, alguns pontos de coleta não evidenciaram imagens nítidas. Contudo, nas amostras A10, B09 e C11 não se promoveu a análise granulométrica porque, nestes pontos, coletou-se somente rodolitos.










A imagem captada pelo ROV no ponto de coleta C02 chama atenção por apresentar grande quantidade de conchas e carapaças na sua superfície, entretanto, a amostra coletada é predominantemente lamosa e com baixa concentração deste material (Quadro 5).

Quadro 1- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos A01 ao A 05

A 01	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	0,65	84,93	14,41		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	11,39	7,70	13,00		
A 02	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	13,60	85,46	0,95		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	3,56	1,70	14,00		
A 03	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Sem Imagem	
	9,74	89,33	0,93		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,78	0,65	15,00		
A 04	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	0,17	98,72	1,11		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,43	1,75	18,00		
A 05	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Sem Imagem	
	0,31	98,28	1,42		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,15	1,80	25,00		

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 2 - Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos A06 ao A10

A 06	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	1,86	96,60	1,54		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,92	1,05	23,00		
A 07	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	0,40	97,49	2,11		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	3,83	1,85	30,00		
A 08	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	0,32	38,61	61,08		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	21,88	13,35	40,00		
A 09	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	4,10	79,70	16,20		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	94,27	7,00	62,00		
A 10	Rodolitos				Sem Coleta









Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos B01 ao B 05

B 01	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	 <p>12/09/2014 09:28:16</p> <p>US H65 049HD+1 CA-55 12SEP14 05 L3 0011.0MS 22C 09:28:03</p> <p>CAM 1</p>	 <p>0</p> <p>10 mm</p>
	0,16	81,36	18,48		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,07	1,65	10,00		
B 02	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	 <p>12/09/2014 08:55:39</p> <p>US H65 059HD+0 CA-50 12SEP14 05 L1 0015.5MS 21C 08:55:26</p> <p>CAM 1</p>	 <p>0</p> <p>10 mm</p>
	0,08	42,14	57,78		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,53	6,65	13,00		
B 03	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	 <p>12/09/2014 08:25:16</p> <p>US H65 075HD+0 CA-60 12SEP14 05 L3 0019.8MS 21C 08:25:04</p> <p>CAM 1</p>	 <p>0</p> <p>10 mm</p>
	0,00	17,01	82,99		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	8,06	11,60	18,00		
B 04	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	 <p>11/09/2014 16:17:49</p> <p>US H65 078HD+0 CA-60 11SEP14 05 L1 0025.0MS 21C 16:17:47</p> <p>CAM 1</p>	 <p>0</p> <p>10 mm</p>
	1,11	18,28	80,61		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	4,61	11,90	25,00		
B 05	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	 <p>11/09/2014 15:26:58</p> <p>US H65 074HD+0 CA-15 11SEP14 05 0028.8MS 21C 15:26:56</p> <p>CAM 1</p>	 <p>0</p> <p>3 mm</p>
	3,43	95,28	1,29		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,15	0,90	28,00		








Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos B06 ao B 10

B 06	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Sem Imagem	
	0,48	54,40	45,13		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	5,36	9,75	30,00		
B 07	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	0,06	98,51	1,43		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,54	2,60	36,00		
B 08	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	0,07	98,38	1,55		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,15	1,85	37,00		
B 09	Rodolitos				Sem Coleta
B 10	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	7,46	91,23	1,31		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	27,24	3,75	40,00		












Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 5- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos C01 ao C 05

C 01	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Sem Imagem	
	0,53	58,58	40,89		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	46,27	14,40	17,00		
C 02	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	0,84	28,07	71,10		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	28,82	17,80	23,00		
C 03	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Sem Imagem	
	0,78	98,11	1,11		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	2,05	1,60	28,00		
C 04	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Sem Imagem	
	0,15	21,43	78,43		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	21,34	13,82	12,00		
C 05	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	5,76	93,31	0,93		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,37	0,70	32,00		

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 6- Apresentação sequencial de características granulométricas/imagens do substrato captadas pelo ROV/exemplos de biodetritos identificados ao longo deste estudo dos pontos C06 ao C 11

C 06	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	10,80	88,78	0,43		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	17,59	2,35	40,00		
C 07	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	7,07	90,53	2,40		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	87,41	7,00	40,00		
C 08	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	3,93	71,57	24,51		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	1,15	1,85	37,00		
C 09	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	20,62	71,27	8,12		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	85,37	7,45	40,00		
C 10	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)		
	29,98	48,32	21,70		
	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Profundidade		
	92,14	10,85	69,00		
C 11	Rodolitos				Sem Coleta

Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

A realização desta pesquisa provou, por meio da análise de amostras coletadas nos períodos do inverno e do verão, que não há considerável variação sedimentar mediante a mudança sazonal, visto que em ambas as estações coletadas as porções exibiram no seu total maior concentração da fração areia e, alguns pontos, nas adjacências da foz do Rio Doce, evidenciaram maior concentração da fração lama.

Constatou-se ainda que as concentrações de matéria orgânica no período do inverno oscilaram entre 0,65% e 17,8%, com teores maiores nas proximidades da foz do Rio Piraquê-açu. Não obstante, as concentrações de matéria orgânica no verão se apresentaram um pouco maiores, com variação entre 1,10% e 22,85%, e maiores concentrações mais ao Norte do Rio Doce. Notou-se ainda que os maiores teores de MO estão associados ao material mais fino e ao período chuvoso da região.

Em relação aos teores de carbonato de cálcio (CaCO_3), observou-se no inverno oscilação entre 1,07% e 94,64%, enquanto, no verão, esses valores alteraram entre 0,97% e 96,68%. Cabe salientar que as duas estações exibiram dominância de material litoclástico, profundidades mais modestas nas imediações à foz do Rio Doce. Notou-se, ainda, que a plataforma apresenta uma tendência de aumento nas concentrações de CaCO_3 na medida em que se avança para águas mais profunda, disposição que se tornou mais evidente ao Sul do Rio Doce.

Quanto à abundância dos biodetritos, este estudo identificou que na Fração 1, no período do inverno, encontrados em quantidades mais significativas foram os Filos Bryozoa e Molusco da classe Bivalve e Gastrópode. Todavia, na Fração 2, os Filos Foraminifera, Molusco da classe Bivalve e Bryozoa foram os mais abundantes.

Em contrapartida, nas amostras coletadas no verão, verificou-se que os biodetritos mais abundantes na Fração 1 foram dos Filos Bryozoa e Molusco da classe Bivalve e Foraminifera, enquanto na Fração 2, as quantidades mais relevantes foram dos Filos Foraminifera, Echinodermata e Porífera.

É salutar destacar que a maior variação de Filos ocorre na Fração 2 em virtude de suas características granulométricas, que facilitam o transporte sedimentar pelas forças hidrodinâmicas.

É imperativo, contudo, ressaltar que a coleta das amostras foi realizada anteriormente à ruptura da barragem de rejeitos da mineradora Samarco, em Mariana (MG). Imputa-se a essa tragédia o despejo de toneladas de rejeitos de minério e de sedimentos

lamosos nas águas do Rio Doce, e, conseqüentemente ao ambiente marinho.

Neste sentido, sugere-se que trabalhos futuros na região utilizem esta e outras pesquisas já efetivadas com intuito de comparar as alterações nos sedimentos decorrentes desse desastre ambiental sem precedentes.

CAPÍTULO 2

1 REJEITOS DE MINÉRIO NA PLATAFORMA ADJACENTE AO RIO DOCE

Situada no município de Mariana, em Minas Gerais (MG), a barragem de Fundão foi edificada particularmente com objetivo de depositar-se os resíduos produzidos no decorrer do processo de mineração de ferro. A barragem é de propriedade da empresa Samarco S/A, cujos acionistas majoritários são a Companhia Vale do Rio Doce e a anglo-australiana BHP Billinton.

Segundo Brasil (2015), aproximadamente, às 6h20min do dia 5 de novembro de 2015, o dique de Fundão entrou em colapso e se rompeu, ocasionando uma catástrofe ambiental sem antecedentes na história do país.

Estima-se que, com a ruptura, cerca de 34 milhões de m³ de rejeitos de minério tenham sido diretamente difundidos no meio ambiente, compreendendo a barragem de Santarém, logo à vazante, provocando-lhe importantes danos e o seu conseqüente transbordo.

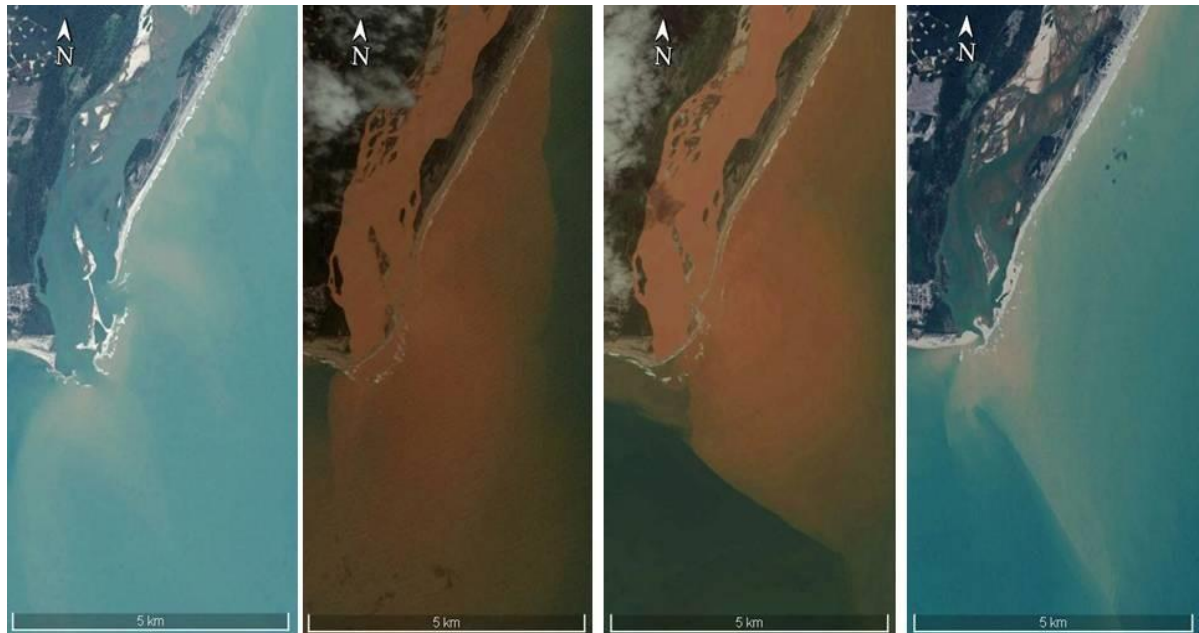
Os 16 milhões de m³ remanescentes permanecem sendo derramados, lentamente, abraçando o curso da correnteza das águas em sentido à foz do Rio Doce, no mar do Espírito Santo (BRASIL, 2015).

A figura 35 apresenta a região da foz do Rio Doce no período subsequente ao desastre. É importante destacar que entre Novembro de 2015 e Dezembro de 2016 a vazão do Rio Doce registrou baixa (abaixo de 500 m³/s) durante a maior parte do tempo, exibindo apenas duas ocasiões de altos fluxos: Janeiro e Dezembro de 2016.

Os efeitos imediatos dessa tragédia, ainda em desenvolvimento, puderam ser observados desde a jusante da barragem destruída, em Minas Gerais, até a foz do rio Doce, no mar do Espírito Santo.

A represa encontrava-se localizada no município de Mariana/MG e foi especificamente construída para servir de depósito dos resíduos gerados durante o processo de mineração de ferro. Pertencia à empresa Samarco S/A, cujos acionistas majoritários são a Companhia Vale do Rio Doce e a anglo-australiana BHP Billinton.

Figura 35 - Imagens da pluma da foz do Rio Doce em dezembro/2014, novembro/2015, dezembro/2015 e agosto/2017.



Fonte: Google Earth¹

Segundo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM (2018),

[...] decorridos três anos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana/MG, foi possível verificar o comportamento geral da área globalmente afetada, com relação aos poluentes considerados mais importantes. Tendo como referência a qualidade histórica das águas no período de cinco anos antes de rompimento da barragem, observam-se comportamentos distintos para os parâmetros analisados. Em todos os trechos, pode-se considerar o ano de 2016 como o de impactos agudos, quando foram sentidos os efeitos imediatos da passagem da pluma. No entanto, era esperada uma redução gradual dos valores de todos os parâmetros, mas esse não foi o resultado obtido para todos os dados (p.47)

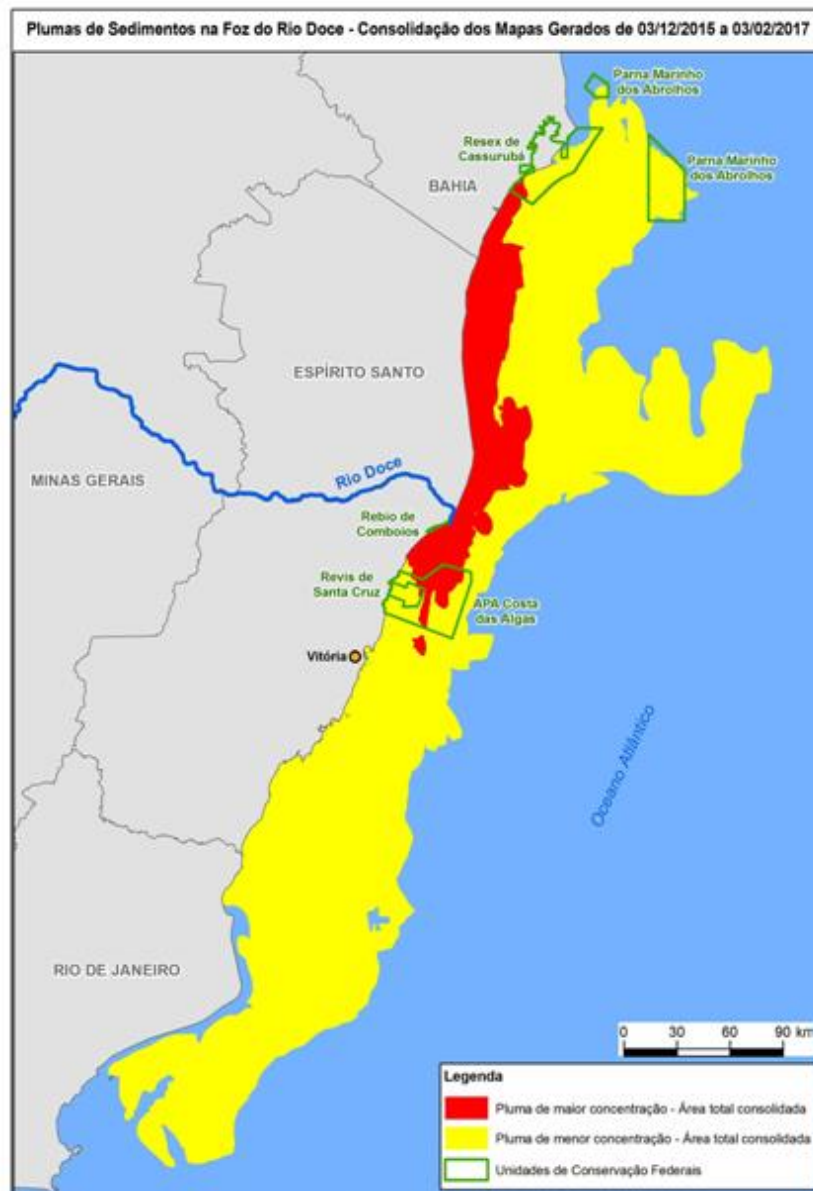
Confeccionado em 10 de fevereiro de 2017, o mapa da figura 36 foi fundamentado na consolidação das regiões de plumas de alta e baixa de todos os mapas fabricados pelo Núcleo de Geoprocessamento e Monitoramento Ambiental da Superintendência do IBAMA no Estado de São Paulo (NUGEO-SP), no período que compreende 3 de dezembro de 2015 e 3 de fevereiro de 2017.

Esses mapas foram concebidos por meio da interpretação visual de imagens dos satélites Aqua, Terra, Suomi NPP (NASA), das quais áreas e sombra de nuvem foram

rejeitadas.

Os ventos superficiais, as correntes, a vazão e a turbidez na foz do Rio Doce são elementos que afetam a dimensão e a posição das plumas. Em determinadas condições, intervalos da pluma de baixa concentração são capazes de decorrer dos sedimentos de outros rios que deságuam na área.

Figura 36 - Mapa consolidado das áreas afetadas pela pluma de alta e baixa concentração dos mapas gerados pelo NUGEO/IBAMA entre 03/12/2015 e 03/02/2017



Fonte: NUGEO/IBAMA-SP

A figura 36 permite visualizar a área impactada pela pluma de menor concentração, que atingiu do Norte da Bacia de Campos até a Plataforma Continental ao Sul

da Bahia.

A pluma de maior concentração ficou localizada em regiões mais próximo à costa e se deslocou predominantemente na direção Norte do Rio Doce, atingindo a região Sul da Plataforma Continental da Bahia Reserva Extrativista de Cassurubá. Em direção ao Sul do Rio Doce, a pluma supracitada atingiu a Reserva Biológica de Comboios, o Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz e Área de Proteção Ambiental Costa das Algas.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, J. **Processos de Sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a Povoação, ES**. 1999. 175 f. Tese de Doutorado (Doutor) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Departamento de Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ALBINO, J., SUGUIO, K., 2010. **Sedimentation processes and beach morphodynamics active at the Doceriver mouth, Espírito Santo State, Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 82(4): 1031-1044.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUL, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. **Províncias estruturais brasileiras**. 1977. P 366-391. In: Simp. Geol. Nordeste, 7. SBG. Campina Grande – PB. 1977.
- AMADO-FILHO, G. M.; MANEVELDT, G.; MANSO, R. C. C.; MARINS-ROSA, B. V.; PACHECO, M. R.; GUIMARAES, S. M. P. B. **Estructura de los mantos de rodolitos de 4 a 55 metros de profundidad en la costa sur del estado de Espírito Santo, Brasil**. 2007. Cienc. Mar., v. 33, n. 4, p. 399-410, 2007.
- ANA – Agência Nacional de Águas, 2015. **Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Rio Doce**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. v.10.
- BANDEIRA Jr., A N., PETRI, S. e SUGUIO, K. 1975. **Projeto rio Doce. Rio de Janeiro. Petrobras/Cenpes**. 203 p. (Relatório Final).
- BANDEIRA JR, A.N; PETRI, S; SUGUIO, K. In: Suguio, K; Fairchild, T.R; Martin, L; Flexor, J.M (Eds.). **The Doce River Delta: Na example of a “Highly Destructive Wave-Dominated Quaternary delta on the Bazilian Atlantic Coastline, State of Espírito Santo**. International symposium on coastal evolution in the Quaternary, São Paulo. 1979. 275-295.
- BASTOS, A. C. et al (Org.). **Monitoramento da Influência da Pluma do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana/MG: novembro de 2015: Processamento, Interpretação e Consolidação de Dados**. 2017. 254 p. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2017.
- BASTOS, A.C., QUARESMA, V.S., MARANGONI, M.B., D'AGOSTINI, D.P., BOURGUIGNON, S.N., CETTO, P.H., SILVA, A.E., AMADO FILHO, G.A., MOURA, R.L., COLLINS, M. **Shelf morphology as an indicator of sedimentary regimes: A synthesis from a mixed siliciclastic carbonate shelf on the eastern Brazilian margin**. 2015. Journal of South American Earth Sciences. 63: 125-136.
- BHATTACHARYA, J.P AND WALKER, R.G. Deltas. In: Walker, R.G and James, N.P. **Facies Models: response to sea level change**. Canada: Geological Association of Canada, 1992. 409p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Nota Técnica nº3: Identificação da área atingida pela pluma de rejeitos da Samarco e das principais comunidades pesqueiras.** Vitória ES/TAMAR/DIBIO/ICMBio, 2017. 16p.

BRASIL. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** In: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Minas Gerais, 2015. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf. Acesso em: 09 de mar. 2019.

CAVALCANTI, Vanessa Maria Mamede. **Plataforma Continental: a última fronteira da mineração brasileira.** 2011. Produzido pelo Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-sustentabilidade/>. Acesso em: 15 jan. 2011.

CETTO, P.H. **Vales Incisos Quaternários da Plataforma Continental do Espírito Santo-Brasil.** 2009. Dissertação (Mestre) - Curso de Pós-graduação em geologia e geofísica marinha – Departamento de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

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

COUTINHO, P. N. 2000. Oceanografia Geológica. In: Coutinho, P. N. ed. **Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil.** Brasília, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente. (Programa REVIZEE). 75 p.

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

CPRM. Serviço Geológico do Brasil., 2013. **Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo,** Projeto Geologia e Recursos Minerais de Estado do Espírito Santo, Ministério de Minas e Energia.

DEBENAY, J.-P. (2012). **A Guide to 1,000 Foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia.** IRD Editions, Marseille, 378 pp.

DIAS, J. A. 2004 **A análise sedimentar e conhecimento dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica).** Edição Preliminar, Universidade do Algarve, 2004, 84 p.

DIAS, G. T. M.. GRANULADOS BIOCLÁSTICOS – ALGAS CALCÁRIAS. **Revista Brasileira de Geofísica**, Brasília, v. 18, n. 3, p.307-318, 23 ago. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbg/v18n3/a08v18n3>. Acesso em: 22 fev. 2019.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S.; MARTIN, L. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**: 11(4), 227-237. 1981.

DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. **Sea level history and Quaternary evolution of River Mouth-associated beachridge plains along the east-southeast Brazilian coast**: A summary. 1987. In: Nummedal, D. et. al. (Ed.), *Sea level fluctuations and coastal evolution*. Tulsa: The society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 41, p. 116-127.

DOMINGUEZ, J. M. L. The Coastal Zone of Brazil. In: Dillenburg, S., Hesp, P. A. (ed). **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. 2009. Springer: Berlin, 390 p.

FIGUEIREDO, M.A.O.; VILLAS-BÔAS, A.B.; DIAS, G. T. M.; COUTINHO, R. 2014. **Estado da arte sobre estudos de Rodolitos no Brasil**. IBP: Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. 65p.

FOLK R.L. & WARD W.C. 1957. Brazos River Bay: Study of the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27:3-27.

FONTES. L.C.S; SUFFREDINI, M; MENDONÇA,J.B; QUEIROZ, E.V; SILVA, D.S; SANTOS, J.R. **Sedimentos Biodetríticos da Plataforma Continental Sul de Alagoas**. 2011. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. Armação dos Búzios-RJ. 2011. Disponível em: http://www.abequa.org.br/trabalhos/03_08_2011_10_20_46_Biodetritos_ABEQUA_2011_v9_final.pdf. Acesso em: 09 de maio 2019.

FONZAR, B. C. 1994. **A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente**: Localização e trajetórias. Rio de Janeiro. Caderno de Geociências. 11: 11-33.

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

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

FRANÇA.R.L & TOKUTAKE.L.R. **Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia do Espírito Santo**. Aracaju: F.P. PHOENIX. ano 6, n.69, 2004.

HATUSHIKA, R. S. **Evolução da planície costeira do rio Doce (ES) com base nos conceitos de estratigrafia de sequência**. 2008. UFF. Dissertação de Mestrado. P. 6-27, p. 105-110.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, v. 106, p. 211-232, 1988.

NUGEO/IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis – Centro de Sensoriamento Remoto. Disponível em: WWW.ibama.gov.br/photocadowload/pluma/2017-03-17-Ibama-pluma.pdf. Acesso em: 15 maio 2019.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: www.igam.mg.gov.br. Acesso em: 20 de jun. 2019

KENNETT, J.P. **Marine Geology**. Prentice Hall Inc. New Jersey, 1982. 752 p.

KOWSMANN, R.O. e COSTA, M.P.A. **Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e da áreas oceânicas adjacentes**. 1979. 55p. Projeto Remac n. 8.

LARSOUNNEUR, C. **La Cartographie des Depots Meubles Sur le Plateau Continental Français: Methode Mise au Point et Utilisee em Manche**. J. Roch. Oceanographiques, n. 2,p. 34 – 39, 1977.

LIMA, J. E. F. W., LOPES, W. T. A., CARVALHO, N. DE O., VIEIRA, M. R., SILVA, E. M. da, 2005. **Suspended sediment fluxes in the large river basins of Brazil**. Sediment Budgets 1, IAHS Publ. 291.

LIMA, S. F. ; SILVA FILHO, W. F. ; FREIRE, G. S. S. ; MAIA, Luis Parente ; DANTAS, R. P. ; MONTEIRO, L. H. U. . ANASED 5.0i, **Programa de Análise, Classificação e Arquivamento de Parâmetros sedimentológicos**. 2001.

LORING, D. H.; RANTALA, R. T. T. **Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter**. Earth – Science Reviews, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. v. 32, p. 235-283, 1992.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, JM; ARCHANJO, J. D..Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, p. 389-404, 1996.

MARTIN,L; SUGUIO,K; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. 1997. **Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Estado do Espírito Santo**. Belo Horizonte. CPRM, 112 p.

MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.M. 1993. **As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros**. Boletim IG-USP. Publ. Especial 15. 186 p.

MATTHEWS-CASCON H. & MARTINS, I. X. **Práticas de Zoologia:** de Protozoários a Moluscos. 2006. Fortaleza, UFC/LABOMAR, 2006, 142p. Milliman, J.D. & Amaral, C.A.B., 1974. Economic potential of Brazilian continental margin sediments. Soc. Brasil. Geol., An. XXVIII Congr., Porto Alegre, RS, 3: 335-344.

MARTINS, L. R.; COUTINHO, P. N. **The Brazilian Continental Margin. Earth-Science Reviews**, Amsterda. v. 17, n. 1 – 2, p. 87 – 107, 1981. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0012825281900076>. Acesso em: 13 de agosto. 2018.

MARTINS, L. R., URIEN, C. M. & EICHLER, B. B., 1967. Distribuição do sedimentos modernos da plataforma continental sul brasileira e uruguaia. **Anais XXI Congr. Bras. Geol.**, Curitiba, 29-43.

MARTINS, L. R.; NUNES, J. C. 2007. **Granulados Marinhos Terrígenos**. Gravel. Porto Alegre. NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2 ed, Rio de Janeiro, IBGE. 1989.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; MELLO, L. T. A. **Uso dos Métodos de Krigagem e Spline de Tensão no Mapeamento de Chuvas na Região Metropolitana de Goiânia e Seu Entorno**. II Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia. São Paulo: EDUSP. 2010. p. 128-128.

MCLAREN, P.A. and BOWLES, D., 1985. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**, 55(4), 457-470.

MELO, U., SUMMERHAYES,C.P., ELLIS, J.P. 1975 **Salvador to Vitoria, Southeastern Brazil**. Contr. Sedimentology4:78-116. Stuttgart.

MILLIMAN, J.D. 1974. **Marine Carbonates**. New York: Springer-Verlag,1974.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018**. Belo Horizonte-MG, 2018. 64p.

NIMER, E., 1989. Climatologia do Brasil. IBGE, Rio de Janeiro, 421 pp.

PATCHINEELAM, S. R., SMOAK, J. M. **Sediment accumulation rates along the inner eastern Brazilian continental shelf.** *Geo-Marine Letters*, 1999, Volume 19, Number 3, Page 196.

PONZI, V.R.A. Sedimentação Marinha. IN: BAPTISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R. A.; SICHEL, S.E. (eds), **Introdução à Geologia Marinha.** Rio de Janeiro: Editora Interciências, 2004. Cap. 9:219-241.

PROJETO AMBES. 2014. Geologia, Geomorfologia, Sedimentologia da Plataforma Continental e Caracterização Bentônica da Plataforma Continental e do Talude da Bacia do Espírito Santo e Norte da Bacia de Campos. Relatório Técnico. 250p.

RANKEY, E. C.; DOOLITTLE, D.F. 2012. **Geomorphology of carbonate platform-marginal uppermost slopes:** Insights from a Holocene analogue, Little Bahama Bank, Bahamas. *Sedimentology*, 59: 2146-2171.

ROSSETTI, D.F., POLIZEL, S.P., COHEN, M.C.L., PESSEDA, L.C.R., 2015. **Late Pleistocene–Holocene evolution of the Doce River delta, southeastern Brazil:** implications for the understanding of wave-influenced deltas. *Mar. Geol.* 367, 171–190.

SAHU, B.K. (1964) Depositional Mechanisms from the Size Analysis of Clastic Sediments. **Journal of Sedimentary Petrology.** Vol. 34 (1). pp. 73-83. 1964.

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

SILVERA, I. C. A; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S . ; 2001. A corrente do Brasil ao largo da Costa Leste do Brasil. **Revista Brasileira de Oceanografia.**

SOARES, R.S. **Novas proposições metodológicas para o calcímetro de Bernard e caracterização dos sedimentos marinhos do Espírito Santo.** 2017. 90p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará.

SUGUIO, K. 1973. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo, Edgard Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L. 1980. **Evolução do delta do Rio Doce (ES) durante o Quaternário:** influência das variações do nível do mar. IN: IV Simpósio do Quaternário no Brasil, Rio de Janeiro, RJ. Publicação Especial, 1, p. 14-15.

TESSLER, M. G.; MAHIQUES, M. M. de. **Processos oceânicos e a fisiografia dos fundos marinhos.** *In:* Decifrando a terra [S.l: s.n.], 2000.

TYSON R. V. **Sedimentary organic matter:** Organic facies and palynofacies. London: Chapman & Hall, 1995. 615p.

TINOCO, I. M. 1989. **Introdução ao estudo dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes**. 220p. Recife, Ed. Universitária da UFPE, 1989.

URIEN, C. M.; MARTINS, L. R.; MARTINS, I. R. 1987. **Basal Transgressive Sand-Markers of Holocene Marine Transgression**. INQUA Congress, 12^o, Canadá.

WALLACE JM; HOBBS PV. Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press, Inc, London, 467 pp, 1977. Almeida, F.F.M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 48:15-26. Suplemento.