



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

RODRIGO CASTELO BRANCO SALOMÃO

ANÁLISE FACIOLÓGICA DA PLANÍCIE DE MARÉ DE ICAPUÍ (CE)

FORTALEZA

2018

RODRIGO CASTELO BRANCO SALOMÃO

ANÁLISE FACIOLÓGICA DA PLANÍCIE DE MARÉ DE ICAPUÍ (CE)

Trabalho apresentado ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito obrigatório à obtenção do título de bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

Co-Orientador: Inácio Ocinaí de Lima Neto.

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)

- S17a Salomão, Rodrigo Castelo Branco.
Análise faciológica da planície de maré de Icapuí (CE) / Rodrigo Castelo Branco
Salomão. – 2018.
95 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro
de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.
Coorientação: Prof. Me. Inácio Ocinaí de Lima Neto.
1. Quaternário. 2. Holoceno. 3. Planície de Maré. 4. Icapuí. I. Título.

CDD 551

RODRIGO CASTELO BRANCO SALOMÃO

ANÁLISE FACIOLÓGICA DA PLANÍCIE DE MARÉ DE ICAPUÍ (CE)

Trabalho apresentado ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito obrigatório à obtenção do título de bacharel em Geologia.

Aprovada em: 12/06/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George Satander Sá Freire (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Diolande Ferreira Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. João Capistrano de Abreu Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Mais uma grande etapa importante na vida se encerra aqui. A elaboração desse trabalho de conclusão de curso não teria acontecido sem a presença de pessoas importantíssimas na minha vida.

Aos meus pais, Ana Cláudia e Assis, por todo o apoio desde a escolha do curso, e por terem dado todo o suporte necessário para a chegada desse momento. Aos meus avós maternos Jane Maria e Elias Tadeu (*in memoriam*), pela grande ajuda no meu retorno à cidade.

À minha irmã Amanda, por ter colaborado de diversas formas na minha vida acadêmica.

Ao meu orientador, Professor George Satander, pelo enorme apoio, confiança, e ensinamentos de um profissional digno e correto, que foram repassados nesse período de um ano.

À professora Diolande Gomes e ao LGA, pela contribuição neste trabalho.

Ao LGMA e seus membros pelo apoio desde a montagem da proposta de TCC até a conclusão deste trabalho.

À minha turma, Geologia 2013.2, pessoas que a vida me presenteou e que foram importantes nos estudos, parceiros de desesperos em véspera de prova, e pela companhia boêmia durante estes 5 anos, em especial à Maria e Wesley, que além disso me ajudaram na construção deste trabalho.

Às amigas que criei neste período de graduação, que foram várias, e foram grandes pessoas que a vida me presenteou e que de forma direta ou indireta, me ajudaram a chegar neste momento.

E por fim, à UFC, por todo o suporte na minha formação acadêmica, e também aos professores, pelos ensinamentos repassados na sala de aula e durante as aulas de campo.

RESUMO

Este estudo foi realizado na planície de maré de Icapuí, com a finalidade de analisar a faciologia e estratigrafia da planície de maré durante a época Holocênica, seu contexto evolutivo e sua dinâmica costeira. A planície de maré da área de estudo apresenta uma área aproximadamente de 12,5 km², sendo formada pelos depósitos areno-lamosos do Banco dos Cajuais. O trabalho consistiu da análise de 4 testemunhos de 2 metros que foram introduzidos na planície de maré. Distinguiram-se as fácies sedimentares da área de estudo pela granulometria e teor de carbonato de cálcio, tratamento estatístico, minerais pesados, componentes bióticos, e teores de matéria orgânica e carbono orgânico. As estruturas encontradas nos testemunhos são homogêneas, com alguns contatos gradacionais e bruscos, muitos minerais micáceos, e fragmentos de organismos marinhos e corais. Foram definidas 7 fácies sedimentares, com a fração areia predominando nos testemunhos, seguida por lama e cascalho. O tratamento estatístico indicou maturidade textural intermediária e sugere um ambiente não tão equilibrado energeticamente. Os valores de carbonato de cálcio nos sedimentos apresentaram valores médios a altos, e de forma bastante heterogênea de como se dispõem ao longo do testemunho, o que desperta a curiosidade na mudança de sedimentação da área. A análise de carbono orgânico e matéria orgânica sugere uma sedimentação de baixa energia. O estudo dos minerais pesados indicou um retrabalhamento dos sedimentos da Formação Barreiras, e de contribuição do intemperismo de rochas da Formação Santarém. O estudo dos componentes bióticos permitiu indicar um transporte por suspensão em ambiente de baixa energia com rápida sedimentação do organismo. A partir dos resultados, entende-se que a planície de maré de Icapuí apresenta dados esperados, porém, deixa algumas dúvidas, o que sugere mais estudos na área.

Palavras-chave: Planície de maré, Icapuí, Holoceno.

ABSTRACT

This study was carried out in the tidal plain of Icapuí, in order to analyze the faciology and stratigraphy of the tidal plain during the Holocene age, its evolutionary context and its coastal dynamics. The tidal plain of the study area presents an area of approximately 12.5 km², being formed by the sand-mud deposits of Banco dos Cajuais. The work consisted of the analysis of four 2 meter pipes that were introduced in the tidal plain. The sedimentary facies of the study area were characterized by granulometry and calcium carbonate content, statistical treatment, heavy minerals, biotic components, and organic matter and organic carbon contents. The structures found in the pipes are homogeneous, some gradational and abrupt contacts, very mineral micaceous, and fragments of marine and coral organisms. Seven sedimentary facies were defined, with the sand fraction predominating in the samples, followed by mud and gravel. Statistical treatment indicated an intermediate textural maturity and an environment unbalanced energetically. The calcium carbonate content of the sediments presented average to high values, and it is distributed in the pipes in a very heterogeneous way, which arouses the curiosity in the sedimentation change of the area. The analysis of organic carbon and organic matter suggest a low energy sedimentation. The studies of the heavy minerals indicated a reworking of the sediments of the Barreiras Formation, and contribution of the weathering of rocks of the Santarém Formation. The study of the biotic components showed suspension transport in a low energy environment with rapid sedimentation of the organism. From the results, it is understood that the Icapuí tidal plain presents the expected data. However, it leaves some doubts, which suggests more studies in the area.

Key words: Tidal Plain, Icapuí, Holocene.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de acesso à área de estudo.	3
Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.	4
Figura 3: Atuação da ZCIT, mostrando a circulação do ar atmosférico.	5
Figura 4: Maré de sizígia e quadratura.	9
Figura 5: Intensidade média da corrente superficial de 8 anos de simulação do modelo PCCE - 1º semestre.	11
Figura 6: Intensidade média da corrente superficial de 8 anos de simulação do modelo PCCE - 2º semestre.	11
Figura 7: Padrões esquemáticos superficiais da circulação em grande escala para o Oceano Atlântico.	12
Figura 8: Mapa geológico simplificado da Bacia Potiguar.	16
Figura 9: Diagrama estratigráfico da Bacia Potiguar.	17
Figura 10: Mapa geológico da região de Icapuí.	18
Figura 11: Balanço sedimentar natural de um sistema praiar.	21
Figura 12: Procedimento de coleta do testemunho. A: Introdução. B: Retirada. C: Limpeza e identificação.	23
Figura 13: Mapa de localização dos pontos coletados.	24
Figura 14: Procedimento de abertura do testemunho.	24
Figura 15: Amostras levadas à estufa.	26
Figura 16: Peneiramento úmido das amostras em água corrente.	27
Figura 17: Série de peneiras utilizadas no procedimento de peneiramento mecânico.	28
Figura 18: Diagrama triangular de Shepard.	32
Figura 19: Kitassato com a amostra ao fundo e HCl.	33
Figura 20: A: Determinação da matéria orgânica por titulação. B: Ponto de viragem com o aparecimento da coloração verde brilhante.	35
Figura 21: Procedimento de separação dos minerais pesados.	36
Figura 22: Lupa Nikon SMZ 18, utilizada para visualização e fotografia dos componentes bióticos.	38
Figura 23: Descrição macroscópica dos testemunhos.	39
Figura 24: Porção superior do testemunho P01, com o contato brusco evidenciado.	41

Figura 25: Base do testemunho P04, sendo evidenciado na figura a amostra A06, correspondente à fácies descrita (contato).....	42
Figura 26: Testemunho P01 com a amostra A04 indicada na figura. Nota-se a presença de gastrópodes e fragmentos de rodolitos, além da mistura de areia e cascalho.	43
Figura 27: Fácies Areia bioclástica representada no testemunho P02, indicada pela amostra A02 na figura.	44
Figura 28: Amostra A02 do testemunho P03, indicada na figura, que corresponde ao contato brusco existente entre as fácies Marga calcárea (0 - 21 cm) e Areia bioclástica (21 - 54 cm).	44
Figura 29: Testemunho P03, com o contato brusco da base da fácies, indicado na figura, com a fácies Marga arenosa.	45
Figura 30: Testemunho P02, com a amostra A01 indicada na figura.....	45
Figura 31: Testemunhos P01 e P03 com suas respectivas amostras indicadas nas figuras A e B.....	46
Figura 32: Amostras dos testemunhos P04 indicadas nas figuras. A- Amostra A01 (topo), B- Amostra A03 (meio), C- Amostra A05 (base).	47
Figura 33: Testemunho P02, com a amostra A03 indicada na figura.....	48
Figura 34: Testemunho P03, com a amostra A04 indicada na figura.....	49
Figura 35: Testemunho P04, com a amostra A02 indicada na figura.....	49
Figura 36: Testemunho P02, com a amostra A05 indicada na figura.....	50
Figura 37: Testemunho P03, com a amostra A06 indicada na figura.....	51
Figura 38: Testemunho P04, com a amostra A04 indicada na figura.....	51
Figura 39: Teores de carbonato de cálcio dos testemunhos coletados.....	55
Figura 40: Diagrama Triangular I.....	59
Figura 41: Diagrama triangular II.....	60
Figura 42: Quinqueloculinas dos testemunhos em ordem crescente, representados por topo/base.	61
Figura 43: A: Topo do testemunho P01, onde observa-se bastante quartzo e conchas; B: Base do testemunho P01, evidenciando a grande quantidade de fragmentos de organismos.	62
Figura 44: A: Topo do testemunho P02, com fragmentos de conchas e espículas de ouriço em destaque; B: Base do testemunho P02, com alguns fragmentos de conchas.	63

Figura 45: A: Topo do testemunho P03, onde nota-se a expressiva quantidade de quartzo; B: Base do testemunho P03, com grande quantidade de fragmentos de organismos.....64

Figura 46: A: Topo do testemunho P04, com grande quantidade de quartzo; B: Base do testemunho P04, em que praticamente não se nota a presença de quartzo.65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Pluviosidade do município de Icapuí durante os anos de 2014 a 2016 no posto pluviométrico de Icapuí.....	7
Gráfico 2: Média das amplitudes mínima e máxima das marés (metros) de sizígia durante o ano de 2017 registrada pelo Porto de Areia Branca/RN.	10
Gráfico 3: Parâmetros estatísticos das amostras analisadas.....	53
Gráfico 4: Teores de carbono e matéria orgânica das amostras obtidas dos testemunhos coletados. As colunas azuis representam os teores de matéria orgânica, e as colunas laranjas os teores de carbono orgânico.....	57
Gráfico 5: Distribuição total (%) dos minerais pesados presentes em todas as amostras.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fração de sedimentos e suas respectivas correspondências para a escala phi (ϕ) e escala milimétrica.....	27
Tabela 2: Classificação do diâmetro médio nos intervalos segundo a escala phi (ϕ).	29
Tabela 3: Classificação do grau de seleção baseado no valor do desvio padrão.	29
Tabela 4: Classificação da assimetria.	30
Tabela 5: Classificação de curtose.....	30
Tabela 6: Classificação de sedimentos marinhos.	31
Tabela 7: Descrição dos testemunhos.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNB	Corrente Norte do Brasil
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	<i>Global Position System</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LGA	Laboratório de Geoquímica Ambiental
LGMA	Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada
LME	Laboratório de Microscopia Eletrônica
UFC	Universidade Federal do Ceará
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	2
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.2 Localização e área de estudo.....	3
2. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS	5
2.1 Ventos	6
2.2 Clima	6
3. ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS	8
3.1 Ondas	8
3.2 Marés.....	9
3.3 Correntes	10
4. GEOLOGIA REGIONAL.....	13
4.1 Arcabouço Estrutural.....	13
4.2 Estratigrafia	14
5. GEOLOGIA LOCAL	18
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
6.1 Levantamento bibliográfico	22
6.2 Trabalho de campo	22
6.3 Análises laboratoriais	24
6.3.1 <i>Análise Granulométrica</i>	25
6.3.2 <i>Análise do teor de carbonato de cálcio (CaCO₃)</i>	32
6.3.3 <i>Determinação de carbono e matéria orgânica</i>	34
6.3.4 <i>Determinação de Minerais Pesados</i>	36
6.3.5 <i>Análise dos componentes bióticos</i>	37

6.4	Integração e interpretação dos dados.....	38
7.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
7.1	Descrição dos testemunhos	39
7.1.1	<i>Descrição de fácies</i>	41
7.1.1.1	Areia Biosiliciclástica.....	41
7.1.1.2	Areia bioclástica com grânulos e cascalhos.....	42
7.1.1.3	Areia bioclástica.....	43
7.1.1.4	Areia silicibioclástica	45
7.1.1.5	Lama calcárea.....	46
7.1.1.6	Marga arenosa	48
7.1.1.7	Marga calcárea	50
7.2	Análise Granulométrica	52
7.2.1	<i>Tratamento estatístico das análises granulométricas</i>	52
7.3	Carbonato de cálcio	55
7.4	Matéria orgânica e carbono orgânico.....	56
7.5	Minerais Pesados.....	57
7.5.1	<i>Diagramas triangulares.....</i>	58
7.5.1.1	Diagrama Triangular I	59
7.5.1.2	Diagrama Triangular II	60
7.6	Componentes bióticos.....	60
8.	CONCLUSÃO.....	66

1. INTRODUÇÃO

Nas regiões costeiras, os ambientes de sedimentação foram formados a partir das oscilações do nível do mar durante o período Quaternário, e as formas mais recentes surgiram no Holoceno, há menos de 10.000 A.P. (MARTIN; SUGUIO; FLEXOR, 1993). Essas zonas costeiras são ambientes de interface de sistemas ambientais continentais, oceânicos e atmosféricos que propiciam uma complexa dinâmica geoambiental influenciada por fluxos de matéria e energia que controlam o equilíbrio dessas regiões.

A geologia ambiental versa sobre o emprego das informações geológicas, principalmente da geologia sedimentar para o bom uso do espaço físico, procurando minimizar a degradação ambiental e maximizar os resultados benéficos advindos da ocupação humana dos ambientes naturais e modificados (SUGUIO, 2003). A geologia ambiental também interage com a geografia, a biologia, a geomorfologia, a agronomia, a química, a medicina e outras ciências para estabelecer e definir os relacionamentos entre os diversos meios que integram os sistemas da paisagem. Sua importância está diretamente relacionada à capacidade de apoio à gestão ambiental e ao planejamento e ordenamento territorial (SILVA; DANTAS, 2010).

Portanto, a geologia ambiental deve preocupar-se com o espectro total de transformações produzidas pela interação humana com o ambiente físico. Não se deve esquecer o fato de que o homem aumenta o seu papel como agente geológico muito ativo. As interferências humanas refletem-se em mudanças das características originais da litosfera, da hidrosfera, da atmosfera e da biosfera, causando transformações e todos os ecossistemas (SUGUIO, 1999).

O período Quaternário, nas últimas décadas, por constituir o momento mais recente da história da Terra, tornou-se alvo de desenvolvimento de inúmeras pesquisas científicas, devido à amplitude temporal e aos processos geológicos ainda estarem em atuação. Isso se justifica pela reconstrução ambiental, que comparada aos outros períodos é mais fácil de ser compreendida, pois as marcas deixadas na superfície não foram completamente destruídas pela erosão, o que possibilita a reconstrução aproximada dos processos formadores do Quaternário tardio.

Os sistemas ambientais originados nas regiões costeiras são extremamente complexos, tendo em vista que são regidos por componentes de

origem oceanográfica, fluvial, terrestre e atmosférica. Um dos exemplos desses ambientes são as planícies de marés, já investigadas em várias partes do mundo e com estimativas de deposição do pacote sedimentar relacionadas às transgressões e regressões marinhas, correspondendo a sistemas ambientais de extrema variabilidade (WOODROFFE, 1982; BITTENCOURT *et al*, 1983).

As planícies de maré são consideradas ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes marinho e terrestre, típico de regiões estuarinas, o qual encontra-se um período submerso e um período emerso. Podem ocorrer no mundo inteiro, em geral nas margens de lagunas, baías ou atrás de ilhas-barreira, cujas representatividades dependem muito das respectivas amplitudes de maré.

A costa do município de Icapuí é formada por praias arenosas siliciclásticas, extensos terraços marinhos holocênicos, de dunas móveis, falésias e uma grande planície lagunar. Toda a costa apresenta pequenas drenagens litorâneas, diferentemente de outras áreas costeiras do Estado do Ceará.

O presente trabalho tem o intuito de analisar a evolução das planícies de maré durante a época Holocênica e a dinâmica costeira da região, na escala de estudo de 1:10.000, e correlacionar as informações com a faciologia e a estratigrafia.

Este trabalho é requisito imprescindível para a conclusão do curso de graduação em geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC). A sua produção contou com o apoio logístico e tecno-científico do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a evolução da planície de maré do município de Icapuí (CE) durante o período Quaternário (Holoceno).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinação de fácies sedimentares
- Confecção de mapa geológico

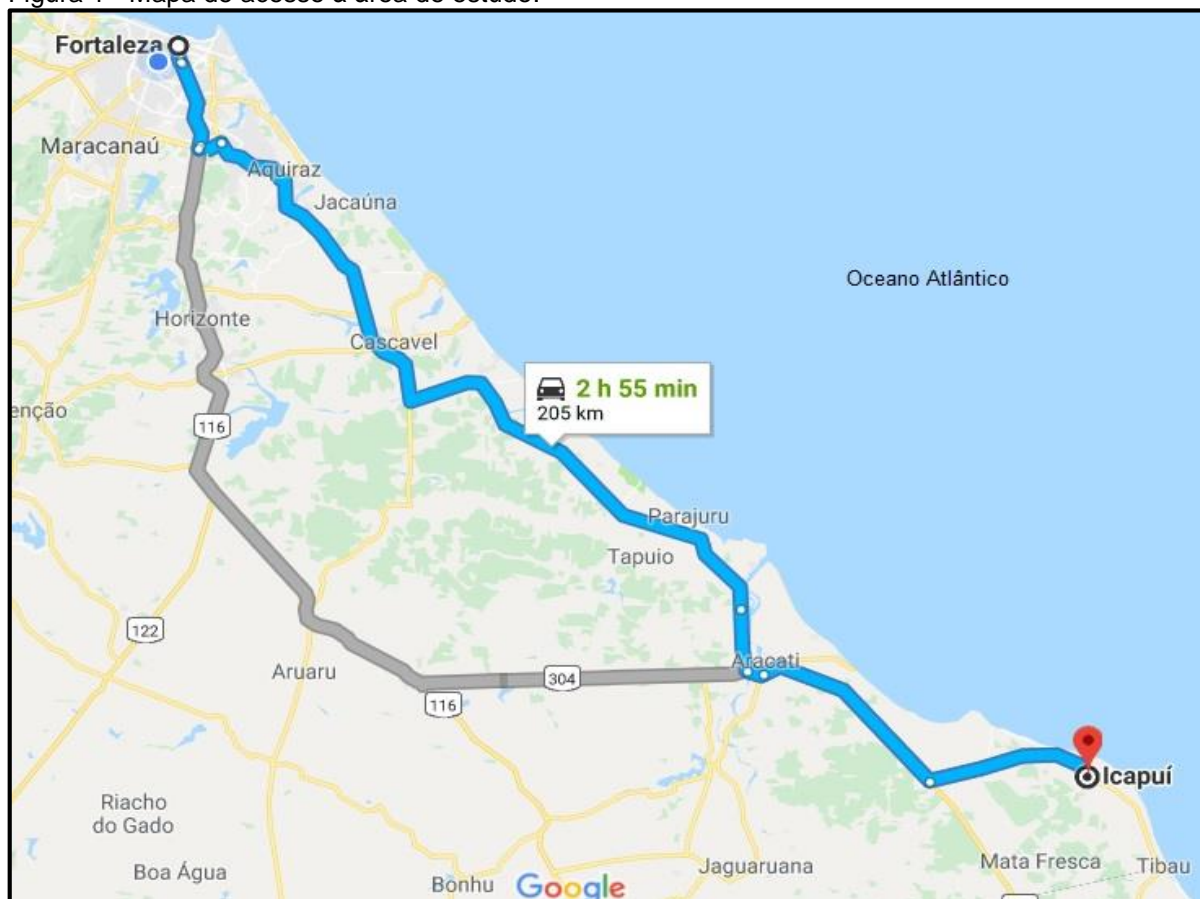
- Entendimento da dinâmica costeira da região, relacionada à ambiente de sedimentação, transporte e deposição
- Identificação de minerais pesados

1.2 Localização e área de estudo

Icapuí se localiza no litoral do extremo leste do estado do Ceará e na mesorregião de Jaguaribe, na latitude 4°42'47" S e longitude 37°21'19" W. O município se encontra próximo à fronteira com o estado do Rio Grande do Norte, a sul; a norte e a leste é banhado pelo Oceano Atlântico, e a oeste faz fronteira com o município de Aracati, no Ceará.

A distância de Icapuí à Fortaleza é de 205 km, com o acesso a partir da BR-116 saindo do município de Fortaleza até chegar a CE-040, onde se segue viagem para o sudeste até chegar ao município de Aracati, acessando a BR-304 até a CE-261, seguindo essa via até o local de estudo (FIGURA 1).

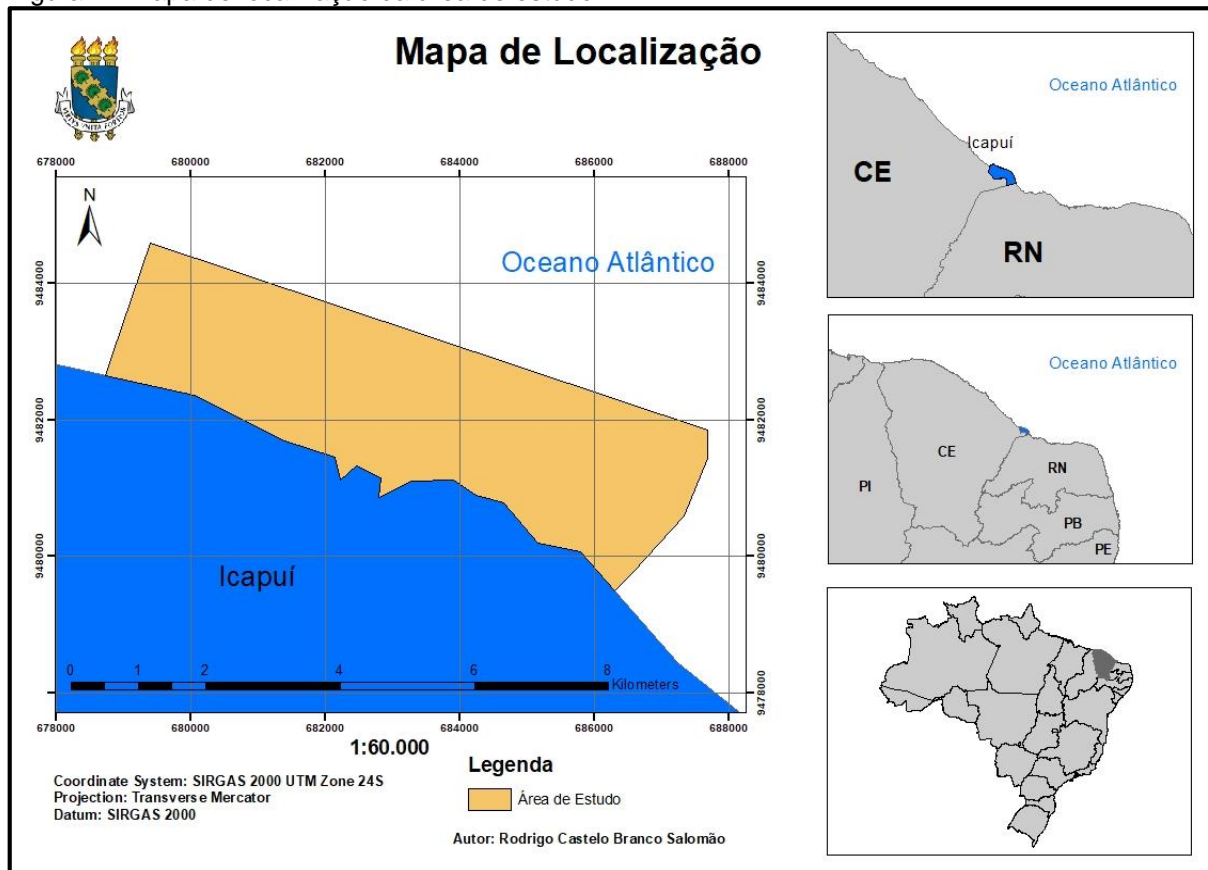
Figura 1 - Mapa de acesso à área de estudo.



Fonte: Google Maps (2018).

A área de estudo compreende a costa do município de Icapuí, delimitada pela região de coloração laranja (FIGURA 2).

Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.



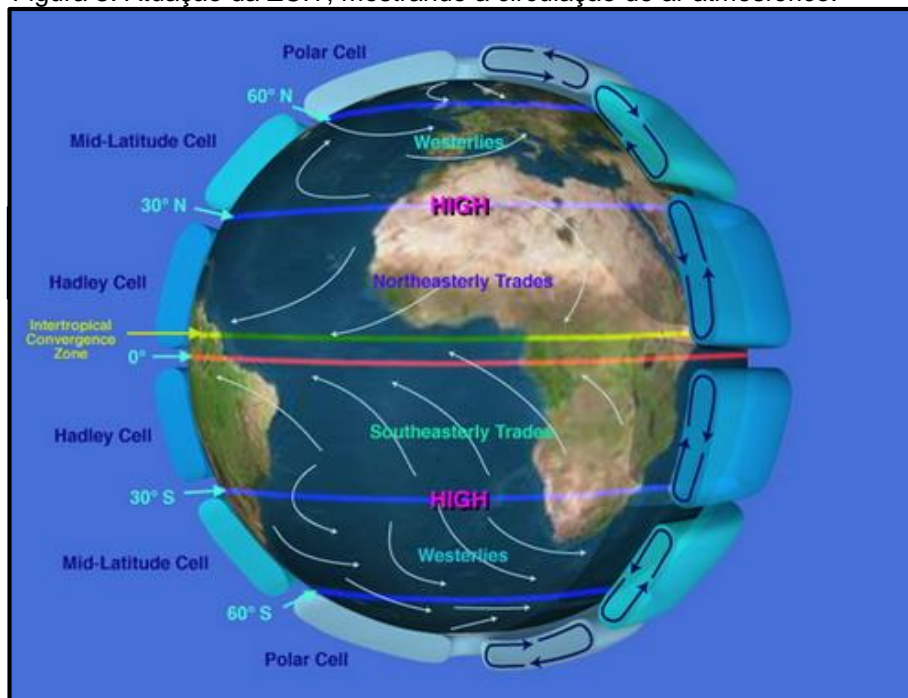
Fonte: elaborado pelo autor.

2. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

É fundamental considerar a localização geográfica da área de estudo. Por se encontrar em área litorânea, os períodos secos passam a ser atenuados por temperaturas amenas, mudanças sazonais entre as precipitações pluviométricas, velocidades dos ventos e regime de ondas, e passam a corroborar na mobilização de sedimentos e outros materiais em ambiente continental e o de plataforma rasa (BARROS, 2014).

Segundo a classificação de *Köppen*, a área em estudo apresenta o tipo climático Aw' – Clima Tropical Chuvoso, caracterizado por ser quente e úmido, com chuvas de verão e outono. Este tipo de clima é característico de ambientes litorâneos, com temperatura média elevada e com amplitude térmica anual inferior a 5°C devido à constância da temperatura. Os regimes de vento na região Nordeste do Brasil, em especial o município de Icapuí, são regidos por um sistema climático que varia durante alguns períodos anuais, conhecido como ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

Figura 3: Atuação da ZCIT, mostrando a circulação do ar atmosférico.



Fonte: CIOH.

A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério

Norte com os ventos alísios do hemisfério Sul. De maneira simplista, pode-se dizer que a convergência dos ventos faz com que o ar quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera ocorrendo formação das nuvens (FUNCEME).

A localização da ZCIT varia de acordo com as estações do ano, atingindo a sua posição mais ao norte durante o verão no hemisfério Norte, e a sua posição mais ao sul durante os meses de março, abril e maio.

2.1 Ventos

O vento é um dos principais agentes de transporte de material, agindo também como um dos principais fatores na formação e modificação da paisagem, além de ter fundamental importância para o controle da direção de ondas e correntes na área em questão. Segundo Meireles (2013), há uma predominância nos ventos de SE, ESE, E NE, onde as médias de velocidade atingem os 4,5 m/s, as médias costumam alcançar picos de 11 m/s nos meses de estiagem, entre agosto e novembro.

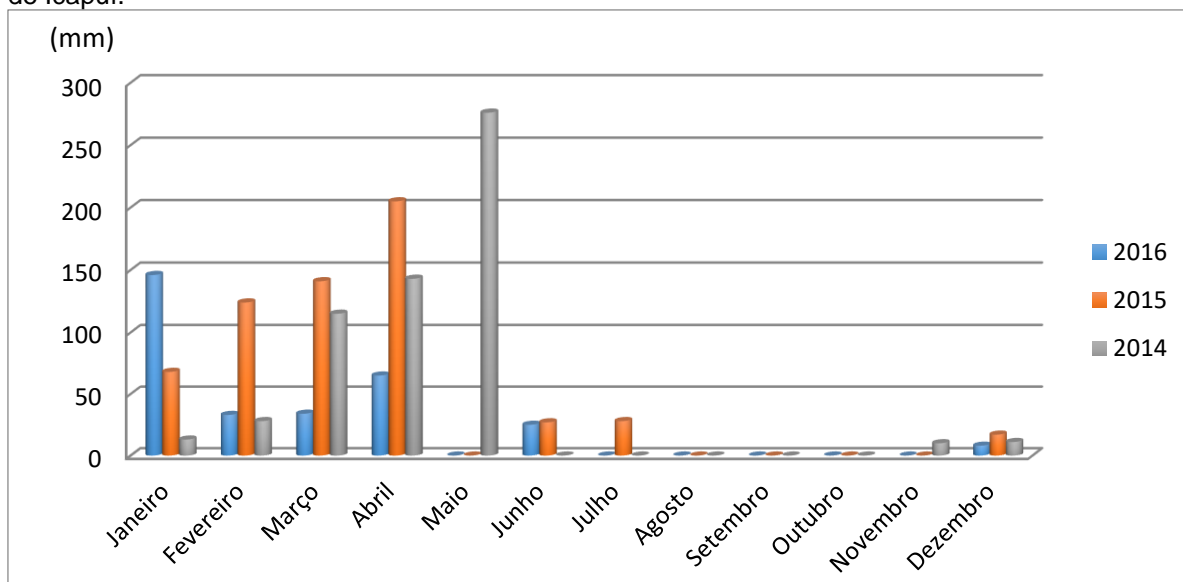
Devido à presença da ZCIT no primeiro semestre os ventos passam a predominar na direção NE, enquanto no segundo semestre os ventos passam a predominar de sudeste.

2.2 Clima

O clima desempenha um papel importante na distribuição das chuvas e também da variação de temperatura, fatores que atribuídos ao intemperismo determinam o tipo e também a eficácia da erosão em uma região. De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), o município de Icapuí se encontra numa região de clima tropical semiárido brando, apresentando temperaturas médias em torno de 26 °C a 28 °C. O índice de aridez calculado para essa região leva-se em consideração a precipitação média anual em função da evapotranspiração de referência média anual a partir de dados coletados nos últimos 20 anos e classifica Icapuí como sub-úmido seco. As chuvas assim como em todo o

Ceará, concentram-se no primeiro semestre, iniciando um aumento do índice pluviométrico em dezembro/janeiro, esta chamada de chuvas de pré-estação.

Gráfico 1: Pluviosidade do município de Icapuí durante os anos de 2014 a 2016 no posto pluviométrico de Icapuí.



Fonte: FUNCEME.

3. ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS

Para entender como funciona a complexidade da dinâmica costeira da área de estudo, é necessário analisar os processos físicos atuantes que são diretamente responsáveis pela modelagem da morfologia costeira e a dinâmica marinha e sedimentar (clima de ondas, marés e correntes), que registram suas atividades sob forma de depósitos e feições erosivas encontradas no litoral.

Segundo POPP (2010), os oceanos possuem uma grande influência nas variações climáticas ao redor no planeta o que reflete nos aspectos atmosféricos, hidrográficos e meteorológicos. Além disso, a maior parte dos ambientes costeiros são resultados de correntes marinhas e ondas, e o modo como interagem entre si, com os ventos e as descargas dos rios nas rochas pré-existentes.

Para esta etapa, foram utilizados os dados de ondas cedidos pelo CPTEC e INPE, e os dados de marés cedidos pela DHN.

As marés que atuam no litoral de Icapuí foram obtidas pela tábua de marés do Porto de Areia Branca – Termisa, no Rio Grande do Norte, pois é onde se encontra o registro mais próximo da área.

3.1 Ondas

Segundo Moura (2009), as ondas constituem-se da forma da superfície da água, ou seja, uma deformação da superfície de um corpo d'água provocada pela atuação do vento e são consideradas o principal fator de modelagem nas zonas costeiras.

O clima de ondas é a principal variável indutora dos processos costeiros de curto e médio prazos, responsável pelo transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal à linha de costa. A intensidade e recorrência das tempestades, aliada à energia das ondas, comandam a dinâmica dos processos de erosão e acumulação na interface continente-oceano e fundo submarino. A morfologia resultante depende de fatores adicionais como tipo e disponibilidade de sedimentos, geologia, variação do nível relativo do mar e modificações geoidais.

Em águas rasas as ondas sofrem mudanças de direção como reflexão, refração e difração, que resultam no estabelecimento de padrões de circulação costeira e, conseqüentemente, no transporte de sedimentos próximo à costa. No perfil

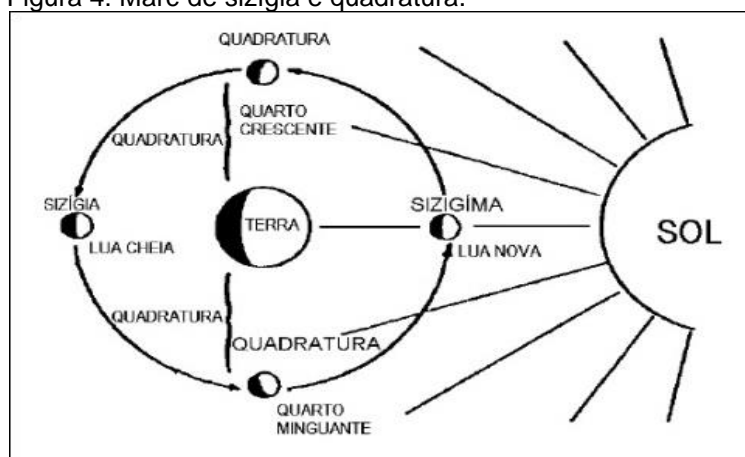
praial a zona de arrebentação representa o modo de dissipação energética da onda sobre a praia.

Monteiro Neto (2003) diz que a costa cearense apresenta um perfil bastante retilíneo, tal formação favorece a ocorrência de ondas em praticamente todo o litoral, sendo o regime destas caracterizado por ondas do tipo “swell” com variação média de 0,8 a 2,2 m, com predominância de SE. Dessa forma, o componente principal do arrasto se faz no sentido leste-oeste.

3.2 Marés

As marés se originam através da influência de forças gravitacionais do sistema Sol - Lua, dando formação a dois tipos de marés: a maré de sizígia e marés de quadratura. Segundo Dandolini (2000), as marés de sizígia ocorrem quando as forças dos astros estão alinhados em uma mesma linha em relação à Terra, marcado pelas luas Nova e Cheia, onde as marés ficam mais altas que o normal. As marés de quadratura ocorrem quando o Sol, a Terra e a Lua formam um ângulo reto, assim, a força do Sol é anulada pela força da Lua, formando marés mais baixas que o normal, e ocorrem nas luas Crescente e Minguante.

Figura 4: Maré de sizígia e quadratura.

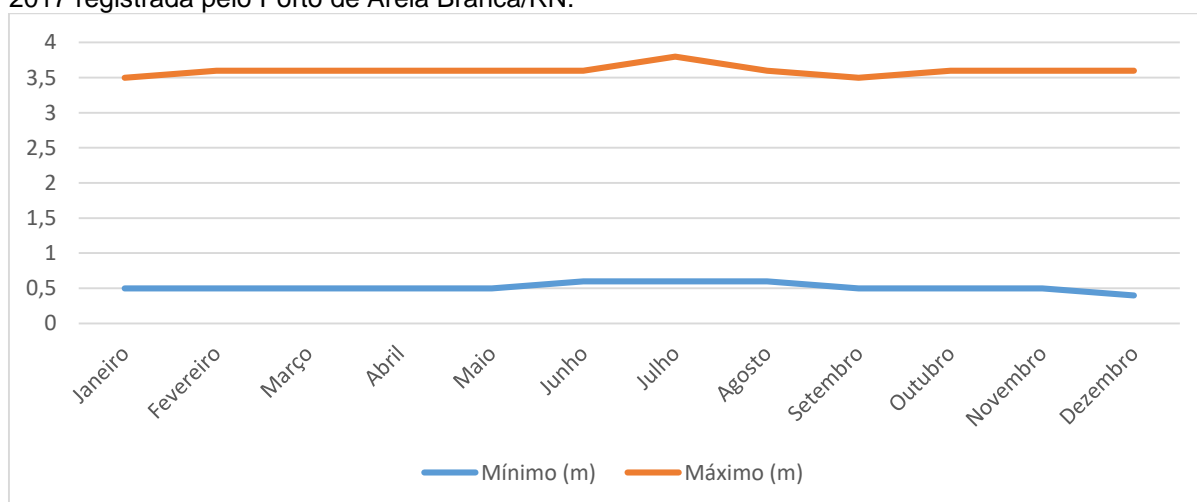


Fonte: Miguens (2009).

Segundo Moura (2009), as marés são importantes na questão de transporte de sedimentos ao longo da costa e sua oscilação interfere na morfologia do litoral, pois afetam a morfologia das zonas de surfe, arrebentação e espraiamento.

As marés do litoral extremo oeste de Icapuí são do tipo semi-diurna, com duas preamares e duas baixas marés em um dia lunar. As amplitudes de maré de sizígia foram analisadas durante o ano de 2017 (DHN). No primeiro semestre as maiores amplitudes ficaram em torno de 3,7 m e 3,5 m. No segundo semestre a média se manteve em 3,3 m, com destaque para o mês de outubro — mês que foi realizado o campo — onde as amplitudes ficaram em torno de 0,5 m e 3,1 m. A média dos valores mínimos e máximos apresentou pouca oscilação durante o ano, como pode ser observado no gráfico a seguir (GRÁFICO 2).

Gráfico 2: Média das amplitudes mínima e máxima das marés (metros) de sizígia durante o ano de 2017 registrada pelo Porto de Areia Branca/RN.



Fonte: DHN.

3.3 Correntes

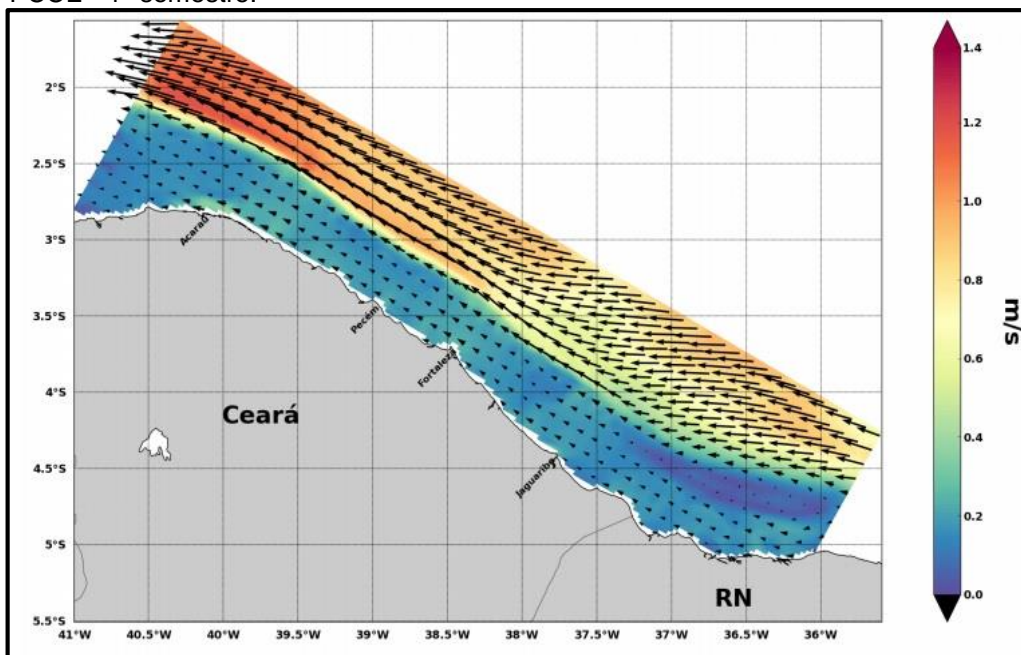
A zona costeira de Icapuí, bem como todo o litoral cearense, sofre influência da Corrente Atlântica Equatorial, mais especificamente da Corrente Norte do Brasil (CNB).

A CNB é uma intensa corrente de contorno que se fecha o giro do Atlântico Equatorial, fluindo para noroeste ao longo da costa brasileira. A importância da CNB não se restringe apenas as trocas inter-hemisféricas, mas ela possui um importante papel também como fonte de massa para algumas correntes do sistema equatorial de correntes alimentando-as em diversas latitudes e em diferentes profundidades.

A CNB constitui uma corrente de contorno oeste no oceano Atlântico, importante no transporte de água e calor através do Equador para o hemisfério Norte.

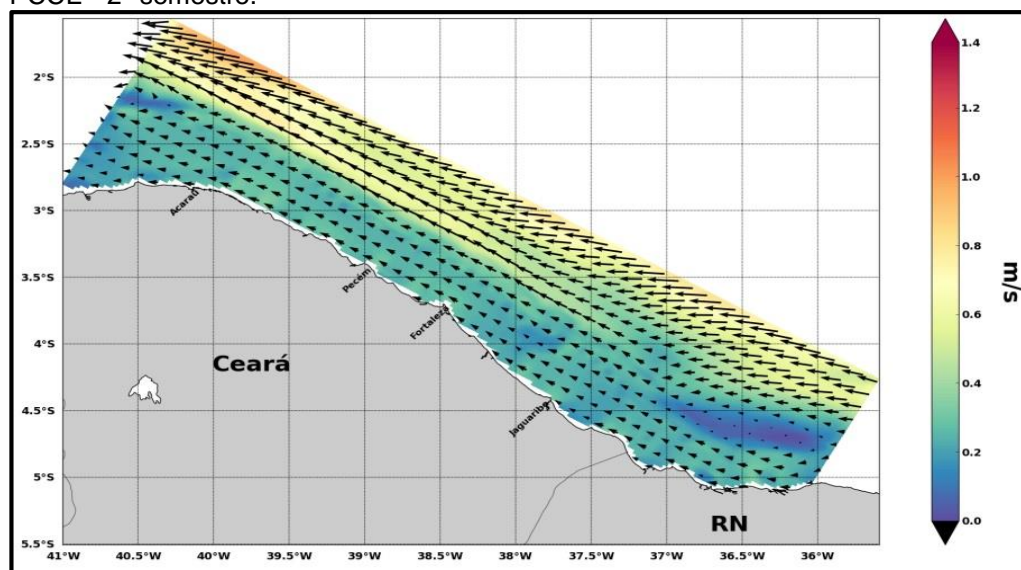
A sazonalidade de seu transporte é evidenciada com máximo entre julho e agosto e decrescendo ao longo do ano até o mínimo ser atingido entre abril e maio (JOHNS; LEE, 1998), fato que pode ser validado nas figuras 5 e 6, onde as cores representam a intensidade da corrente em metros por segundo e as setas a direção da mesma.

Figura 5: Intensidade média da corrente superficial de 8 anos de simulação do modelo PCCE - 1º semestre.



Fonte: De Freitas (2015).

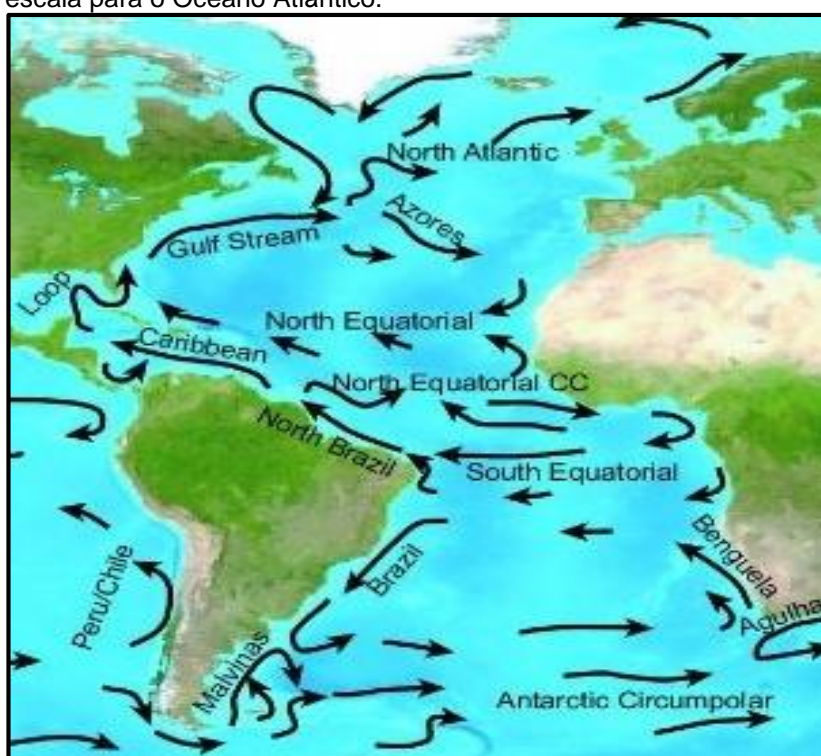
Figura 6: Intensidade média da corrente superficial de 8 anos de simulação do modelo PCCE - 2º semestre.



Fonte: De Freitas (2015).

Localmente identifica-se que as correntes que interferem na morfodinâmica e hidrodinâmica costeira são originadas através da ação dos ventos e das ondas que se movem paralelamente a linha de costa, chamadas de correntes longitudinais, e que transportam os sedimentos para fora da costa, chamadas de correntes de retorno. Essas correntes junto com a influência dos ventos alísios promovem um fluxo em direção NW, sendo este fluxo mais intenso no inverno quando os ventos alísios de sudeste são mais intensos (OLIVEIRA, 2009).

Figura 7: Padrões esquemáticos superficiais da circulação em grande escala para o Oceano Atlântico.



Fonte: South Atlantic.

4. GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo em que este trabalho foi desenvolvido se insere no contexto tectônico estratigráfico da Bacia Potiguar. Formada no Cretáceo Inferior, segundo Araripe e Feijó (1994), a Bacia Potiguar ocupa uma área de 60.000 km² de modo que apenas 40% desse total está emerso, se localizando no extremo leste da margem equatorial brasileira, com limites a noroeste no Alto de Fortaleza, com a Bacia Ceará, e a leste, que se dá no Alto de Touros, com a Bacia Pernambuco-Paraíba. Por ter evoluído de uma bacia rifte para uma bacia de margem passiva, tem uma grande expressão territorial no Brasil.

A porção emersa perlonga o litoral setentrional do Estado entre a cidade de Natal e o flanco direito do Vale do Baixo Jaguaribe. Já no Ceará, ocupa uma extensão de 300 km no sentido E-W, exibindo uma largura máxima de 120 km na porção ocidental da bacia. (FEITOSA, FEITOSA & LIRA, 2002).

4.1 Arcabouço Estrutural

Segundo Angelim *et al.* (2006) a Bacia Potiguar possui um arcabouço estrutural constituído basicamente por um conjunto de grábens assimétricos: Apodi, Umbuzeiros, Guamaré e Boa Vista, que apresentam uma direção NE-SW levemente oblíqua aos principais lineamentos do embasamento. As falhas de Canudos, Quixaba, Mossoró, Serra do Carmo e Macaú soergueram o embasamento da região e promoveram a separação desses grábens.

Esta estrutura denominada de Rifte Potiguar é limitada a leste e a oeste pelas falhas Carnaubais e Areia Branca, respectivamente, que constituem um duplo sistema de falhas lítricas normais, que teriam se desenvolvido durante a reativação mesozoica de zonas de cisalhamento neoproterozoicas (MATOS, 1987).

A Bacia Potiguar tem a sua origem e evolução intimamente associadas aos mecanismos de distensão litosférica que, a partir do Mesozoico, conduziram à ruptura do Paleocontinente Gondwana e à separação das placas Africana e Sul-Americana, acompanhando a formação do Oceano Atlântico Sul (Milani *et al.* 2000). Os esforços oriundos dessa abertura promoveram a reativação de descontinuidades crustais e/ou a superposição de estruturas preexistentes na Província Borborema, influenciando, assim, na direção e no estilo do rifteamento (MATOS, 1987).

Segundo Matos (1987), a Bacia Potiguar iniciou sua evolução tectônica no Cretáceo Inferior. A deposição e formação das unidades litoestratigráficas dessa bacia ocorreu sob a forma de 3 estágios: Estágio Rift, Estágio Transicional e Estágio Pós-Rift.

4.2 Estratigrafia

Araripe e Feijó (1994) propõem uma classificação para as rochas da Bacia Potiguar e sua organização, sendo composto basicamente por três grupos: Grupo Areia Branca, Grupo Apodi e Grupo Agulha.

O Grupo Areia Branca possui conteúdo predominantemente clástico, e compreende três formações: Pendência, Alagamar e Pescada. A Formação Pendência se caracteriza por sua litologia composta por arenitos de coloração cinza-esbranquiçadas com variação granulométrica que vai de fino a grosso, intercalado com folhelhos e siltitos. A Formação Alagamar foi proposta por Souza (1982) e divide-se em dois membros que se separam por uma seção pelítica denominada de maneira informal pelo nome de Camada Ponta do Tubarão. O Membro Upanema é caracterizado por arenitos com granulometria que varia de fino a grosso de coloração cinzenta e também por folhelhos cinza-esverdeado, e o Membro Galinhas, caracterizado por folhelhos cinza-escuro e calcilito de coloração creme-claro. Por fim, a Formação Pescada caracteriza-se por sua litologia representada por arenitos de granulometria média e coloração branca, e arenito fino de coloração acinzentada com intercalação de folhelhos e siltitos cinzentos.

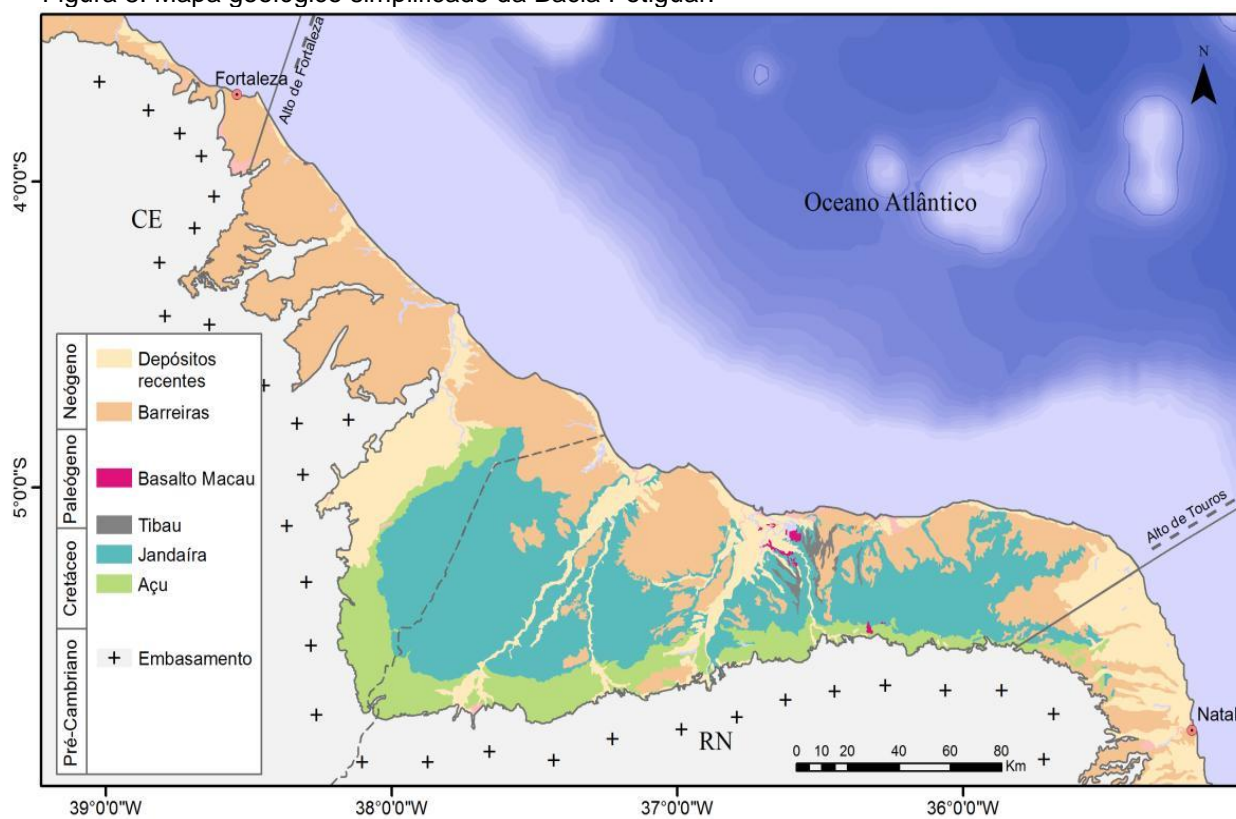
O Grupo Apodi apresenta em sua litologia quantidades consideráveis de rochas carbonáticas. Este Grupo era inicialmente composto pelas formações Açú e Jandaíra (Oliveira & Leonardos 1943), mas agregou em sua designação as formações Ponta do Mel e Quebradas (antigo Membro Quebradas, Souza 1982). A Formação Açú é caracterizada como arenitos que vão de finos a grossos de coloração esbranquiçada intercalado com folhelhos, e argilitos verde-claro e silito castanho-avermelhado. A Formação Ponta do Mel é composta por calcarenitos oolíticos de coloração creme, doloespatito castanho-claro e calcilito branco com camadas de folhelhos verde-claro. A Formação Quebradas é composta por arenitos finos de coloração cinza-clara, folhelhos e siltitos cinza-esverdeados e se caracteriza por seus dois membros: o Membro Redonda, formado por intercalação de arenito, silito e

folhelho e o Membro Porto do Manguê, formado prioritariamente por folhelhos e também por arenitos. Por fim, a Formação Jandaíra é composta por calcarenito bioclástico a foraminífero bentônico e calcilutito sendo datados de idade turoriana a mesocampaniana.

O Grupo Agulha é formado por material clástico e carbonatos de alta e baixa energia, e reúne as formações: Ubarana, Guamaré e Tibau. A Formação Ubarana é definida com folhelhos e argilitos cinzentos, arenitos que variam de muito fino a grosso de coloração esbranquiçada, siltito cinza-acastanhado e calcarenitos finos creme-claro. A Formação Guamaré é definida por apresentar calcarenitos bioclástico de coloração creme e calcilutito e por fim, a Formação Tibau, caracterizada por arenitos grossos.

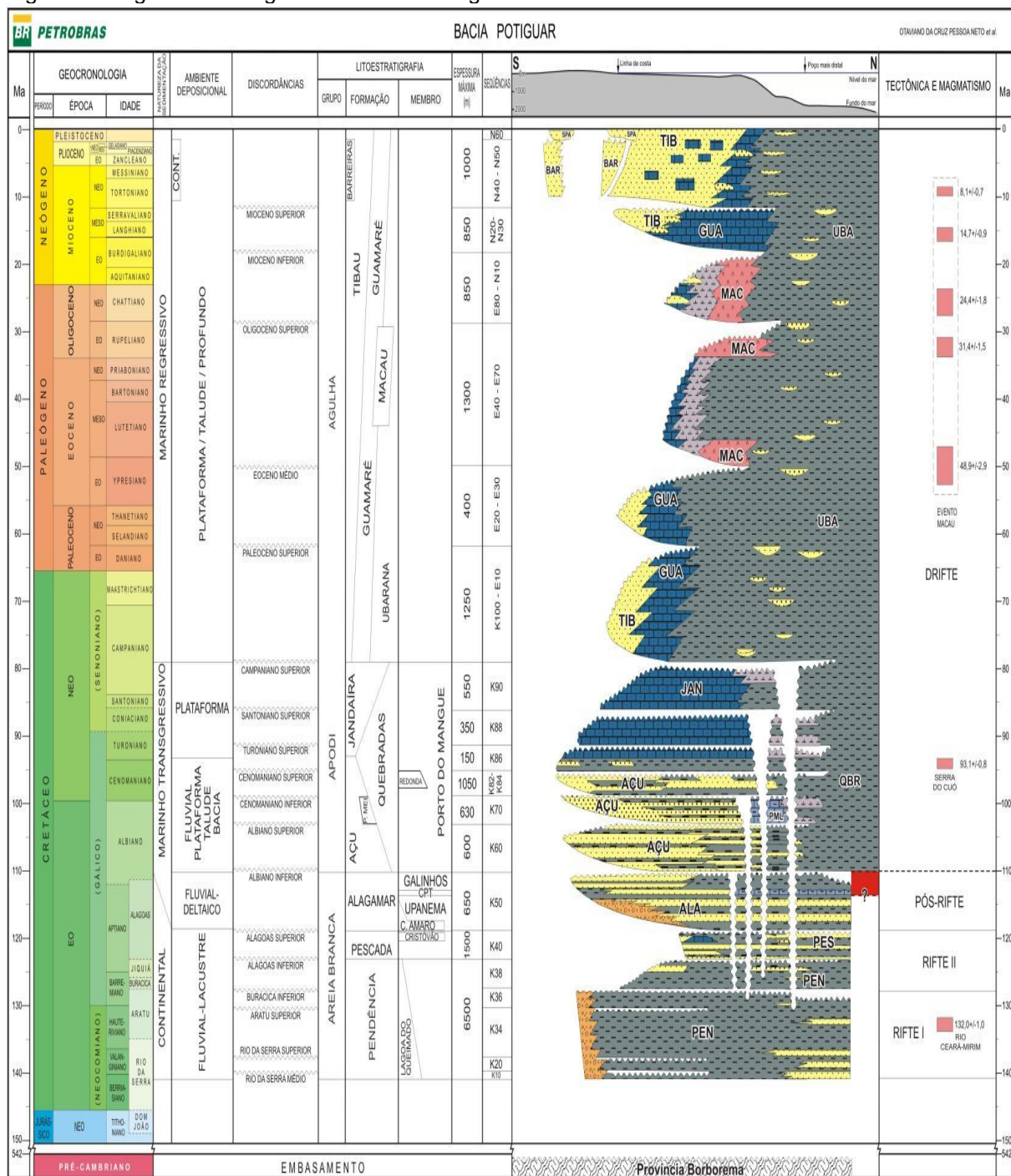
A par do preenchimento sedimentar, três episódios vulcânicos individualizados em três formações se fazem presentes na Bacia Potiguar (Araripe e Feijó, 1994): Rio Ceará-Mirim, Serra do Cuó e Macau. A Formação Rio Ceará-Mirim é formada por diques de diabásio toleíticos orientados na direção E-W, datados do Valanginiano ao Aptiniano. Mizusaki (1993) classifica a Formação Serra do Cuó como sendo formada por diques de diabásio de tendência alcalina de idade Santoniano-Campaniano. A Formação Macau é caracterizada por Mayer (1974) por derrames de olivina-basalto afaníticos eocênicos e oligocênicos que ocorrem intercalados com as rochas sedimentares das formações Tibau, Guamaré e Ubarana.

Figura 8: Mapa geológico simplificado da Bacia Potiguar.



Fonte: Angelim *et al.*, 2006; Mohriak, 2003.

Figura 9: Diagrama estratigráfico da Bacia Potiguar.



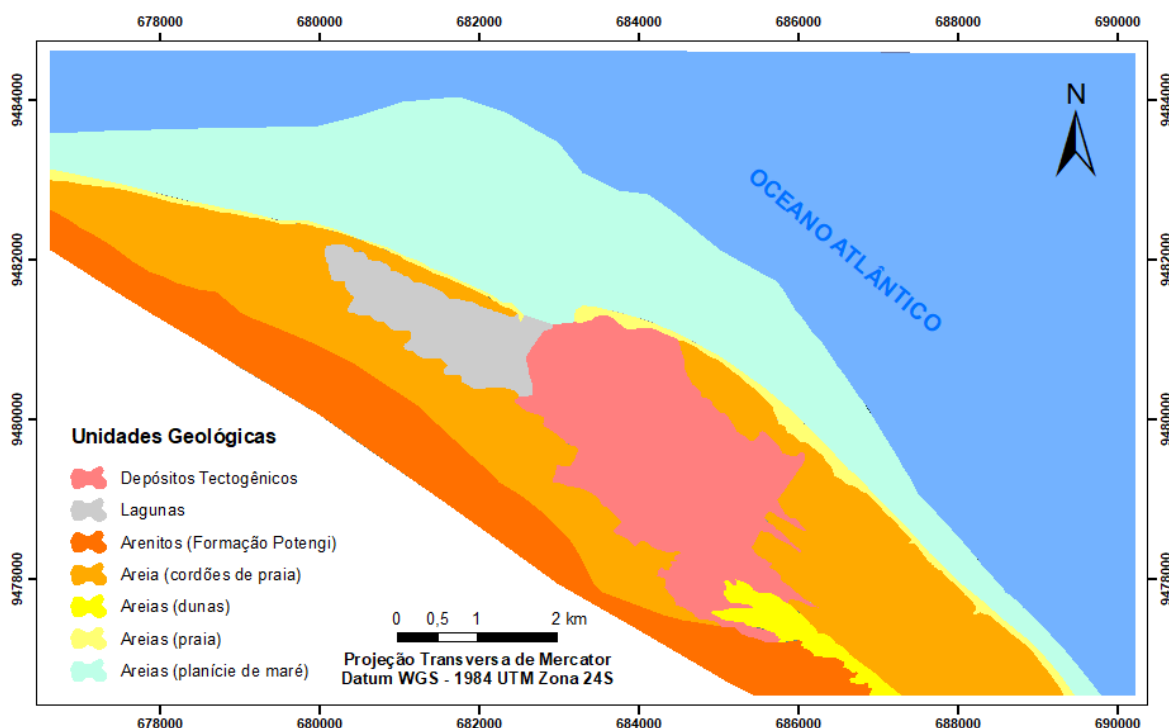
Fonte: Pessoa Neto et al., 2007.

5. GEOLOGIA LOCAL

A geologia da área de estudo insere-se na Bacia Potiguar. Oliveira (2009) caracterizou sua evolução tectônica relacionada aos esforços extensionais durante o Cretáceo Inferior, seguidos por rifteamento que culminou com a separação das placas Sul-Americana e Africana. A bacia apresenta diferentes litologias e feições estruturais que foram retrabalhadas pelo mar durante as transgressões quaternárias, representando uma fonte substancial de sedimentos para a construção da planície costeira de Icapuí.

As litologias e feições geomorfológicas aflorantes na área de estudo (FIGURA 10) são representadas por feições datadas do Quaternário, sendo estas: depósitos tectogênicos, lagunas, arenitos da Formação Potengi, areias da Planície de Maré, Cordões de Praia, Dunas e Praia atual (Quinário).

Figura 10: Mapa geológico da região de Icapuí.



Fonte: elaborado pelo autor.

O termo tectógeno é usado para se referir a situação geológico-geomorfológico atual, em que a ação geológica humana ganha destaque significativo, no que tange aos processos da dinâmica externa, em relação à processualidade

anteriormente vigente (holocênica) (PELOGGIA, 2005, p. 24). Em Icapuí, encontra-se uma obra de contenção na praia da Barrinha, o porto de Barra Grande, as salinas e os tanques de carcinicultura como alterações tectogênicas. Tais alterações foram provenientes de ações antropogênicas para sua construção.

A Formação Potengi (Quaternário) ocorre estratigraficamente acima da Formação Barreiras e abaixo das dunas recentes (CAMPOS SILVA, 1983). É uma unidade caracterizada por sedimentos areno-quartzosos, contendo laminações plano-paralelas e de coloração amarelo avermelhada que vão escurecendo em direção ao litoral. Tal unidade ocorre normalmente no topo de falésias, em contato discordante com as rochas da Formação Barreiras e exhibe pacotes pouco espessos capeados por dunas móveis.

Os cordões litorâneos (também chamados de “barreiras”) representam a morfologia superficial dos terraços marinhos, formados paralelos à linha de costa devido aos processos de transporte eólico, correntes longitudinais, ação das ondas e o afogamento das praias e dunas durante as variações do nível do mar, que ocorreram na região. A maioria são predominantemente lineares, com uma tendência a se apresentarem paralelos à costa, ocorrendo geralmente em cadeias, podendo estas estarem separadas do continente por uma região denominada retrobarreira, que pode ser composta por planícies de maré, baías ou lagunas.

Devido a diversidade de ambientes costeiros, a geologia do sistema de cordões litorâneos tem um grau de complexidade elevado pela ocorrência de fatores como mudança do nível do mar, regime de transporte/deposição do aporte sedimentar local e das regiões adjacentes, como também devido a influência das ondas e das marés.

As dunas são depósitos originados pela atividade eólica, compostas por areais de coloração branca com granulometria fina e presença de minerais pesados. Essas dunas, além de constituírem uma importante fonte de sedimentos para a deriva litorânea, bordejam paralelamente a linha de costa, compondo extensos campos apresentando alturas de até 60 m, variando em larguras de dezenas de metros e comprimentos em torno de 1,5 km, adentrando no continente em média de 3 a 5 km. São encontradas dispersas por toda a planície costeira, mas domina a direção E-W da costa, onde ocorrem na forma de barcanas, cordões arenosos longitudinais de contornos irregulares e eventualmente em pontais arenosos isolados de elevada espessura.

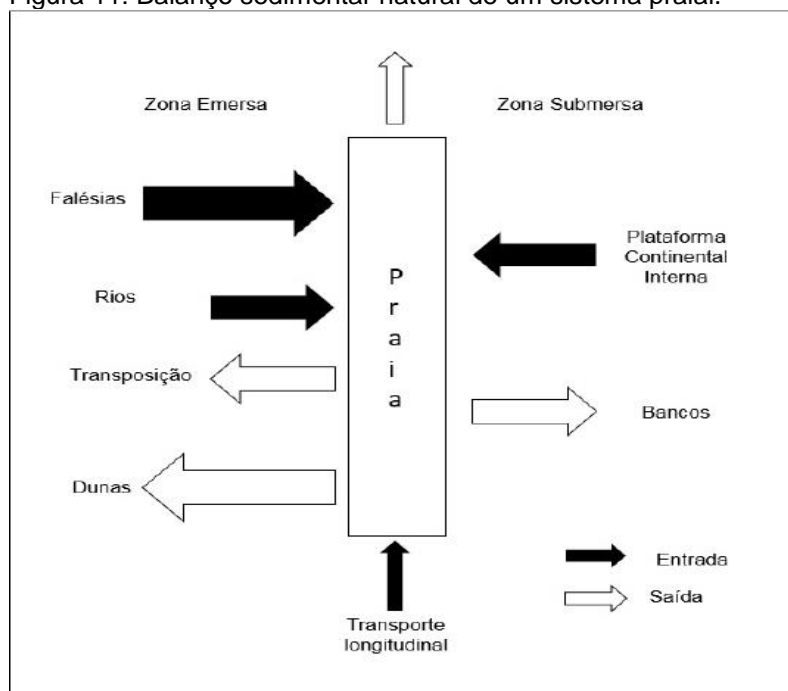
A praia atual é representada por depósitos de material não consolidado, constituído por areais quartzosas de granulometria variando de média a fina, fragmentos de rochas, biodetritos e minerais pesados.

As planícies de marés ocorrem em todo o mundo, em geral nas reentrâncias costeiras localizadas em zonas estuarinas, determinadas por condições únicas dos componentes geomórficos, geofísicos e biológicos (THOM, 1982). Quando esses ambientes de sedimentação (ou substratos lamosos) ocorrem em associação com vegetações do tipo halófitas (conhecidas como mangues), tem-se a formação de ecossistemas de manguezais. Para que os manguezais se desenvolvam são necessários, de acordo com Chapman (1975), seis requisitos básicos: temperatura do ar preferencialmente entre 20 °C e 25 °C; correntes marítimas mais quentes; áreas protegidas da ação mecânica das ondas como lagunas e baías costeiras; água salgada; regime de marés e substrato lamoso.

Mesmo reconhecendo que a origem da maioria das planícies de marés ocorreu ao longo do Quaternário, é possível verificar a formação desses ambientes em um período mais recente, em escala de médio prazo (décadas) e de curto prazo (meses e anos), sendo determinadas pela disponibilidade de sedimentos e pelas condições estuarinas locais.

A planície de maré da área de estudo apresenta uma área aproximada de 12,5 km², sendo formada pelos depósitos areno-lamosos do Banco dos Cajuais. Esses sedimentos são compostos por areias quartzosas, lama (silte + argila) e componentes biodetríticos (*lithothamnium*, rodolitos, gastrópodes e bivalves), apresentando estruturas de *sand waves*, de “*flaser*” e lentes, e a mineralogia é composta de minerais de argila (esmectita, caulinita e illita) e grãos de quartzo. A matéria orgânica existente na área está localmente relacionada com a presença de vegetação do mangue e os sedimentos biogênicos. O banco dos Cajuais representa um importante componente, caracterizando-se pelo aparecimento de algas durante a baixa-mar com papel fundamental na regulação da biodiversidade, principalmente na alimentação de aves migratórias e ainda na relação comunitária por meio da utilização das algas para a produção de alimentos e cosméticos por moradores das comunidades de Barrinha e Requenguela.

Figura 11: Balanço sedimentar natural de um sistema praial.



Fonte: Muehe (2013).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Para tornar possível a execução dos objetivos propostos, com o intuito de caracterizar a planície de maré, o trabalho foi dividido em quatro fases: levantamento bibliográfico, trabalho de campo, análises laboratoriais e análise e integração dos dados.

6.1 Levantamento bibliográfico

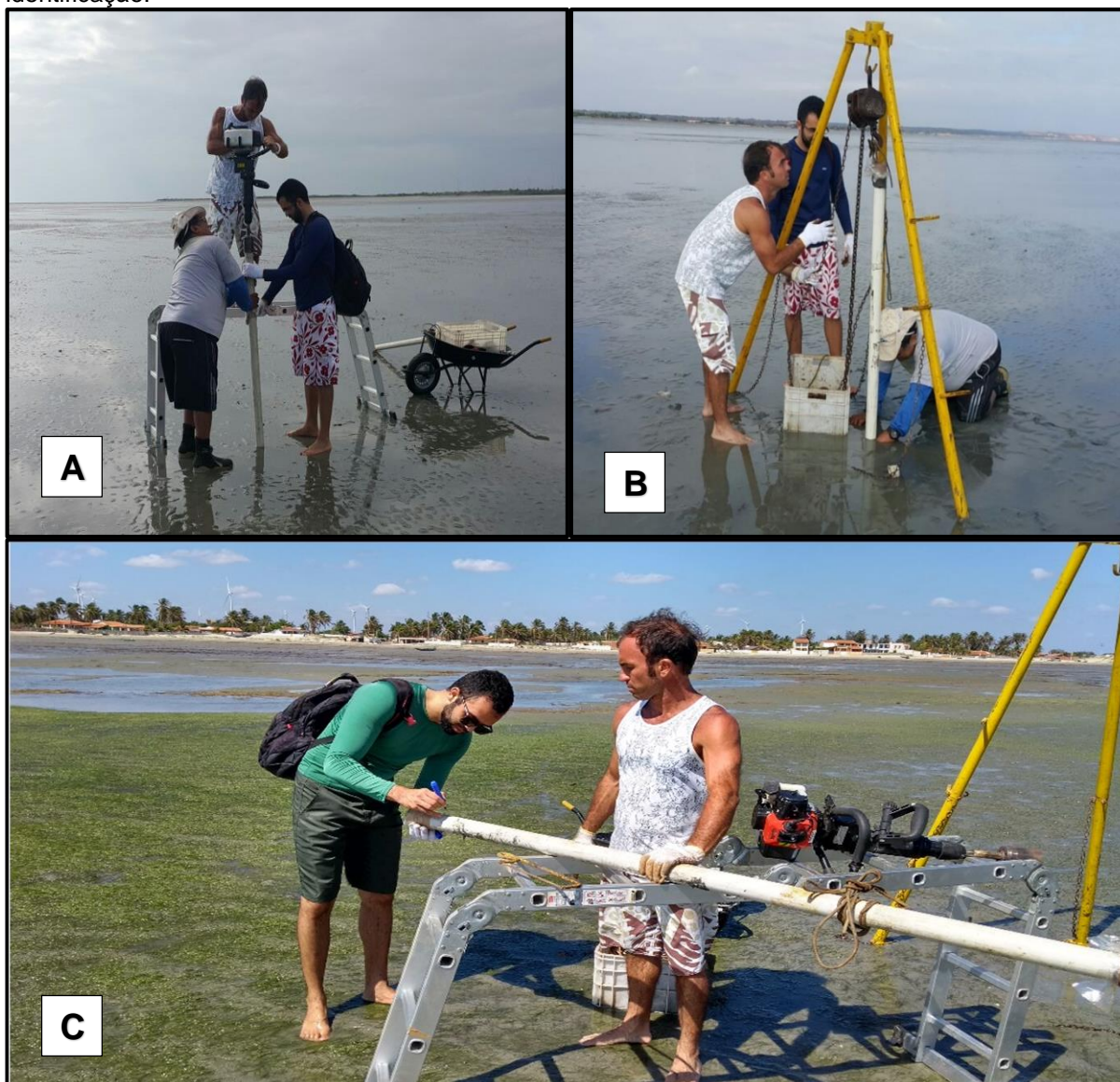
Inicialmente, foi realizado uma pesquisa de teses, dissertações, periódicos especializados, páginas eletrônicas, livros, bem como, levantamento de bases cartográficas já existentes, visando um maior conhecimento da geologia regional da área de estudo, e pesquisas relacionadas a outros órgãos ligados ao meio ambiente.

6.2 Trabalho de campo

A atividade de campo e a obtenção dos testemunhos em cada ponto ocorreu entre os dias 03 e 04 de outubro de 2017, onde foram coletados 4 testemunhos ao longo da planície de maré de Icapuí, em horário de maré baixa.

Foi utilizado um aparelho GPS cedido pela Universidade Federal do Ceará para a seleção dos pontos. Quatro canos PVC de 2 metros, rosqueados nas duas pontas (40 mm de diâmetro e 2 mm de espessura), que foram utilizados como testemunhos. Um martetele rompedor MR 33GBE da marca Kawashima, composto por um motor monocilíndrico, 2T tempos, 32,7 cilindradas e que emite em torno de 2000 batidas por minuto, através de uma estrutura adaptada para encaixe dos canos de PVC, que foi utilizado para introdução do testemunho (FIGURA 12-A). Um tripé de ferro com um sistema de catracas e correntes para auxiliar na retirada do testemunho (FIGURA 12-B), e tampas de PVC para fechar as extremidades, com o intuito de evitar ao máximo a perda do material coletado, pois sabe-se que a ação da gravidade influencia neste aspecto, o que torna a espessura do pacote sedimentar diferente em cada testemunho. Após ser fechado, é feita a limpeza do testemunho para anotação de topo e base e identificação do mesmo (FIGURA 12-C). Uma máquina com disco circular foi usada para abrir os canos de PVC.

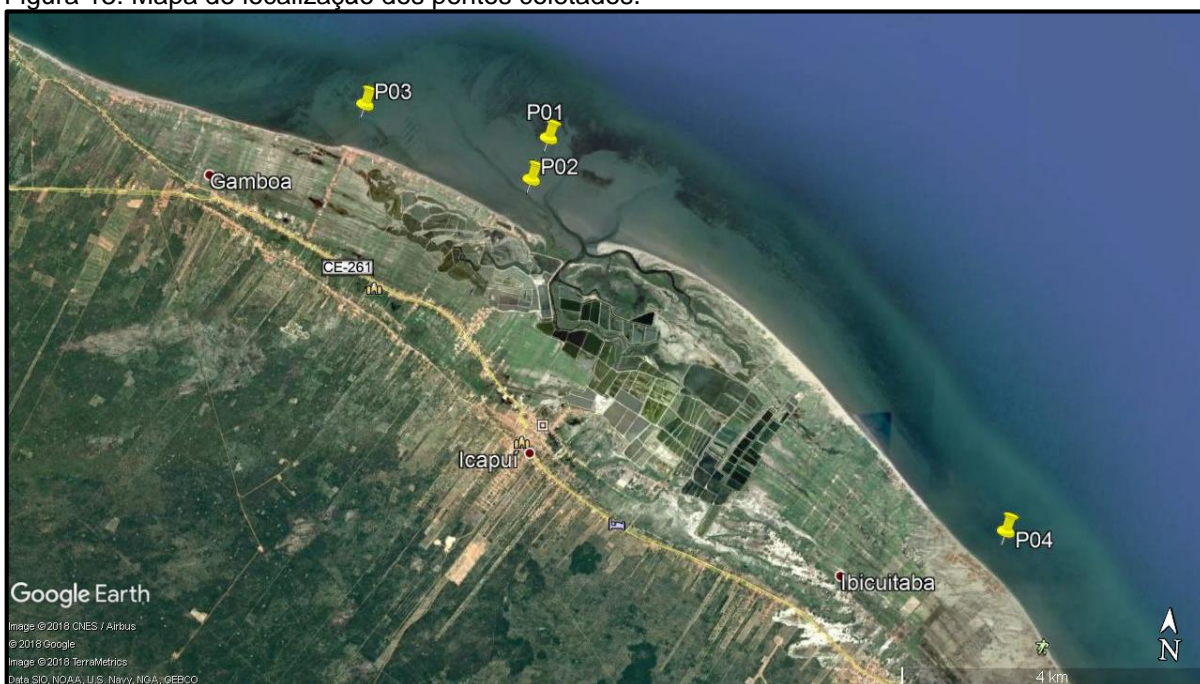
Figura 12: Procedimento de coleta do testemunho. A: Introdução. B: Retirada. C: Limpeza e identificação.



Fonte: elaborado pelo autor.

A seleção dos pontos de coleta ocorreu baseando-se em estudos anteriores na região, com finalidade de complementação, e a sua disposição espacial ampla foi definida para entendimento maior da complexidade da planície de maré. Os pontos P01 e P02 foram coletados na Praia da Requenguela, próximo do Restaurante João Velho, bastante conhecido na região. O ponto P03 foi realizado na Praia da Barrinha, e o ponto P04 na Praia de Quitérias. A figura 13 representa o mapa de localização dos pontos no município de Icapuí.

Figura 13: Mapa de localização dos pontos coletados.



Fonte: elaborado pelo autor.

6.3 Análises laboratoriais

Nesta etapa, foi realizada a abertura dos testemunhos de sondagem (FIGURA 14) com o auxílio de uma máquina com um disco circular e de um fio de aço. Dividido ao meio, foi utilizado uma das metades para coleta de amostras. Após a abertura, iniciaram-se os trabalhos específicos propostos por esta pesquisa.

Figura 14: Procedimento de abertura do testemunho.



Fonte: elaborado pelo autor.

Aberto os testemunhos, foi feita uma análise macroscópica, validada com base nos registros fotográficos, onde foram descritos os tipos de sedimento, cores, estruturas (homogênea, laminada, gradual, cruzada ou mosqueada), contatos (brusco ou gradacional) e biodetritos. Na descrição dos testemunhos, foram utilizadas uma tabela comparativa de grãos e a carta de cores “*The Rock – Color Chart Committee*” (CHARMAIN *et al.*,1984). Baseando-se nas análises feitas, como mudanças visuais relacionadas à granulometria, contato e coloração, foram escolhidas porções específicas para coleta das amostras, que foram analisadas por meio de diversos métodos que serão descritos ao longo do trabalho. As amostras coletadas são as seguintes:

- P01-A01, P01-A02, P01-A03, P01-A04, P01-A05;
- P02-A01, P02-A02, P02-A03, P02-A04, P02-A05;
- P03-A01, P03-A02, P03-A03, P03-A04, P03-A05, P03-A06, P03-A07;
- P04-A01, P04-A02, P04-A03, P04-A04, P04-A05, P04-A06. No total foram 23 amostras.

A letra “P” corresponde ao ponto (testemunho) coletado e a letra “A” corresponde às amostras, seguindo a sequência “topo → base”. A representação esquemática dos testemunhos está inserida no Anexo E.

6.3.1 Análise Granulométrica

O termo “granulometria” corresponde a medida do tamanho dos grãos de sedimentos, tendo sido criada por meio da escala granulométrica para definir uma nomenclatura padrão e uma melhor descrição. O procedimento mais utilizado para executar a análise granulométrica de sedimentos é o peneiramento. Esta metodologia tem como finalidade, de acordo com Suguio (2003), fornecer as bases para uma descrição mais precisa dos sedimentos, sendo representada pelos mais diversos gráficos de dispersão, e utilização de alguns parâmetros (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) que resumem a descrição dos sedimentos, comparando-os entre si.

O sistema de escala granulométrica adotado neste trabalho é o da escala logarítmica de *Wentworth* (1922).

Com as amostras coletadas e rotuladas, estas passaram por técnicas propostas por Suguio (1973). As amostras coletadas foram colocadas em recipientes

de vidro e levadas à estufa para secagem a uma temperatura de 60 °C durante 48 horas (FIGURA 15).

Figura 15: Amostras levadas à estufa.



Fonte: elaborado pelo autor.

Decorrido esse tempo, as amostras foram retiradas da estufa e postas para esfriar à temperatura ambiente, e em seguida foram cuidadosamente desagregadas, homogeneizadas, quarteadas e separadas em uma alíquota de 100 g (ou menos, dependendo do tamanho da amostra) para passar pela análise propriamente dita.

As amostras passaram pelo peneiramento úmido (FIGURA 16) com o auxílio de uma peneira de malha 0,062 mm, com o intuito de separar silte e argila das frações mais grossas — que possuem pouca representatividade na amostra — e dessalinizar as amostras, pois os sais impedem a flocculação do material.

Figura 16: Peneiramento úmido das amostras em água corrente.



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a lavagem, as frações mais grossas das amostras retornaram à estufa por 72 horas para secar, novamente à 60 °C. Em seguida, iniciou-se o processo de separação (peneiramento mecânico) das amostras que é realizado com o auxílio de um conjunto de peneiras, com medida das aberturas das malhas variando entre 4,000 e 0,062 mm, agitadas no “*Rotap Sieve-Shaker*” (FIGURA 17), onde são separadas as frações referentes à escala granulométrica, e, posterior a isso, ocorreu a pesagem das amostras em uma balança analítica, cujos pesos foram anotados em fichas de análise granulométrica (Anexo A). Nessas fichas as frações são separadas em escala milimétrica, como pode ser observado na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Fração de sedimentos e suas respectivas correspondências para a escala phi (ϕ) e escala milimétrica.

ϕ	Fração do Sedimento	mm
-2	Cascalho médio	4
-1	Cascalho fino	2
0	Areia muito grossa	1,000
1	Areia grossa	0,500
2	Areia média	0,250
3	Areia fina	0,125
4	Areia muito fina	0,0625

Fonte: Krumbein (1936).

Figura 17: Série de peneiras utilizadas no procedimento de peneiramento mecânico.



Fonte: elaborado pelo autor.

Finalizada a análise textural, o resultado final foi coletado e plotado no programa estatístico ANASED 5.0i, desenvolvido por Lima *et al.*, (2001), que produz medidas estatísticas como histogramas e curvas de frequência e auxilia, a partir dos resultados, a identificar a sedimentologia da área. Além disso, usa-se alguns parâmetros estatísticos baseados na classificação de Folk e Ward (1957), como diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose.

O diâmetro médio, ou mesmo média, é o método estatístico mais significativo, pois corresponde ao tamanho médio de partículas distribuídas na amostra, que é influenciada pela fonte de suprimento do material sedimentar, pelo processo de sedimentação e pela energia do agente deposicional (SUGUIO, 1973).

Tabela 2: Classificação do diâmetro médio nos intervalos segundo a escala phi (ϕ).

ϕ	Classificação de Diâmetro médio
0 a 1	Areia muito grossa
1 a 2	Areia grossa
2 a 3	Areia média
3 a 4	Areia fina
> 4	Areia muito fina

Fonte: Folk e Ward (1957).

O desvio padrão é uma medida de dispersão dos grãos. É importante na análise do grau de seleção devido a sua relação com a competência de agentes geológicos, informando a constância ou irregularidade dos níveis energéticos (SUGUIO, 1973), ou seja, o desvio padrão indica a maturidade textural do sedimento, e essa maturidade é uma medida de quanto o sedimento foi intemperizado, transportado e retrabalhado até atingir o estado final. A caracterização do material sedimentar relacionado ao desvio padrão está descrito na tabela 3.

Tabela 3: Classificação do grau de seleção baseado no valor do desvio padrão.

Desvio Padrão	Classificação do Grau de Seleção
< 0,35	Muito bem selecionado
0,35 a 0,50	Bem selecionado
0,51 a 1,00	Moderadamente selecionado
1,01 a 2,00	Pobremente selecionado
2,01 a 4,00	Muito pobremente selecionado
> 4,00	Extremamente mal selecionado

Fonte: Folk e Ward (1957).

A assimetria é de grande importância por caracterizar o ambiente deposicional, onde expressa o grau de afastamento do diâmetro médio da mediana, possuindo valor positivo ou negativo ao se dispersar para esquerda ou direita da média (SUGUIO, 1973). A tabela 4 mostra a classificação de assimetria segundo a escala *phi* (ϕ).

Tabela 4: Classificação da assimetria.

Assimetria	Classificação
- 1,00 a - 0,30	Muito negativa
- 0,29 a - 0,10	Negativa
- 0,09 a 0,10	Aproximadamente simétrica
0,11 a 0,30	Positiva
0,31 a 1,00	Muito positiva

Fonte: Folk e Ward (1957).

E por último, a curtose, que corresponde ao grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência, indicando a dispersão das curvas de distribuição granulométrica. Esta análise permite distinguir diferentes graus de energia da população de grãos, assim como determinar o grau de mistura de diferentes populações de um mesmo ambiente sedimentar (SUGUIO, 1973).

Tabela 5: Classificação de curtose.

Curtose	Classificação
< 0,67	Muito platicúrtica
0,67 a 0,90	Platicúrtica
0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,11 a 1,50	Leptocúrtica
1,50 a 3,00	Muito leptocúrtica
> 3,00	Extremamente leptocúrtica

Fonte: Folk e Ward (1957).

A classificação dos sedimentos do fundo marinho proposta por Freire *et al.* (1997), baseia-se essencialmente na predominância de depósitos carbonáticos formados por uma mistura de sedimentos de origem biogênica e biodetríticas, em que são representados proporcionalmente aos conteúdos percentuais em cascalho, areia e lama. A classificação proposta por Vital *et al.* (2005) substitui o termo litoclástico por siliciclásticos, deixando os demais critérios usados na classificação inalterados (TABELA 6).

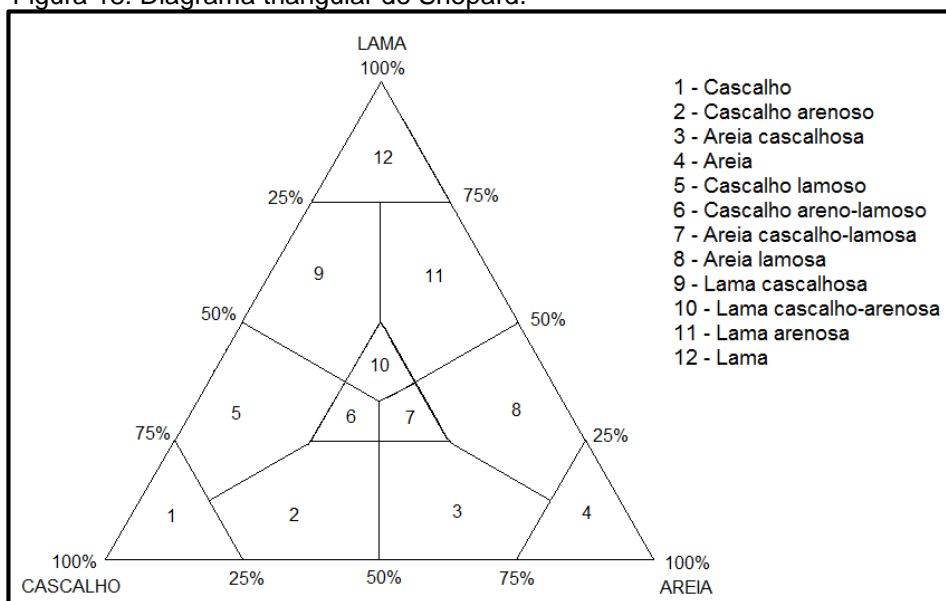
Tabela 6: Classificação de sedimentos marinhos.

SUBDIVISOES PRINCIPAIS	SEIXOS, GRÂNULOS, COQUINAS OU RODOLITOS L<15%; Md>2mm	AREIAS L<15%; areia + lama>50%; Md<2mm		SEDIMENTOS LAMOSOS L>15%
		15%< superior a 2mm <50%	Superior a 2mm <15%	
SEDIMENTO SILICICLÁSTICO Carbonatos 30 a 50%	CL1 – cascalho siliciclásticos	AL1a – Areia siliciclásticas com grânulos e cascalhos	AL1b – Areia siliciclásticas	LL1 – Lama Terrígena
SEDIMENTO SILICIBIOCLÁSTICO Carbonatos 30 a 50%	CL2 – Cascalho silicibioclástico	AL2a – Areia silicibioclástica com grânulos e cascalhos	AL2b – Areia silicibioclástica	LL2 – Marga arenosa
SEDIMENTO BIOSILICICLÁSTICO Carbonatos 50 a 70%	CB1 – Cascalho biosiliciclástico	AB1a – Areia biosiliciclástica com grânulos e cascalhos	AB1b – Areia biosiliciclástica	LB1 – Marga calcárea
SEDIMENTO BIOCLÁSTICO Carbonatos>70%	CB2 – Cascalho bioclástico	AB2a – Areia bioclástica com grânulos e cascalhos	AB2b – Areia bioclástica	LB2 – Lama calcárea
L = Lama; Md = Mediana				

Fonte: Freire *et al.* (1997), modificado por Vital *et al.* (2005).

Para a classificação granulométrica dos sedimentos com teor acima de 75% de areia, usa-se o diagrama triangular de Shepard (FIGURA 18), que utiliza-se das porcentagens de cascalho, areia e lama.

Figura 18: Diagrama triangular de Shepard.



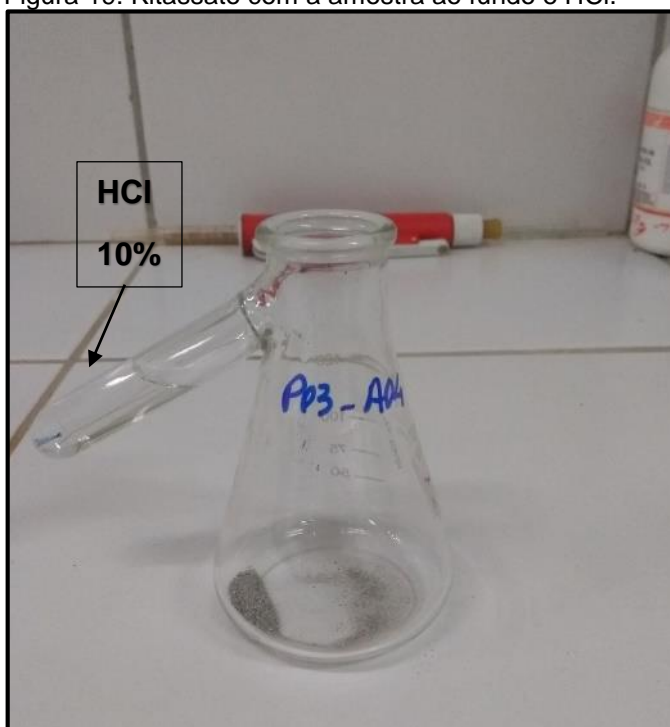
Fonte: Shepard (1954).

6.3.2 Análise do teor de carbonato de cálcio (CaCO_3)

A análise foi realizada através do método de Calcímetro de Bernard modificado (o LGMA utiliza uma modificação a partir desse com duas provetas interligadas e uma solução salina entre elas), no qual o teor de carbonato é medido indiretamente, através do volume de uma solução salina deslocado pelo gás carbônico produzido pela reação do HCl com o carbonato contido na amostra.

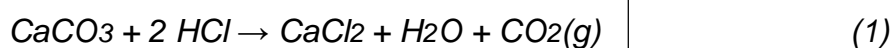
Inicialmente, preparou-se uma solução salina (35 g de NaCl dissolvidos em 100 ml de água), preenchendo os tubos comunicantes. Em seguida, foi feita a pesagem de 0,5 g de cada amostra, além de 3 amostras de carbonato de cálcio puro com 0,5 g em cada um, que foram utilizadas como média padrão, despejados no fundo dos kitassatos respectivamente (*erlenmeyer* com tubo de ensaio na lateral), e 3 ml de HCl 10% dentro do tubo de ensaio adaptado, de modo que não houvesse contato entre o ácido e as amostras (FIGURA 19).

Figura 19: Kitassato com a amostra ao fundo e HCl.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os kitassatos foram vedados antes de iniciar a reação química para que o gás carbônico liberado fosse captado pelos vasos comunicantes, e deslocasse a solução salina, e assim, indica-se os valores iniciais e finais de deslocamento. A reação provocada é:



Os cálculos realizados identificam os teores de CaCO_3 em porcentagem nas amostras e são realizados através da fórmula:

$$\text{Carbonato (\%)} = \left(\frac{\text{Valor da amostra}}{\text{Valor da média do carbonato de cálcio}} \right) \times 100 \text{ (constante)} \quad (2)$$

Após a determinação do teor de CaCO_3 , foi utilizado este valor durante o processamento dos dados da amostra no ANASED e inserido no espaço “Teor de carbonato”, após isso a amostra foi classificada segundo Freire *et al.*, 1997 (modificado por Vital *et al.*, 2005).

6.3.3 Determinação de carbono e matéria orgânica

A matéria orgânica e carbono é determinada para avaliar o papel desempenhado pela fração orgânica de sedimentos de transporte, deposição e retenção de vestígios de metais. Além disso, a matéria orgânica pode ser usada como indicador de ambiente deposicional e de processos sedimentares.

O teor de carbono orgânico é determinado pelo método Walkey-Black (1947), adotado e modificado a partir de Jackson (1958). Este método, diferencia a matéria úmida de fontes estranhas de carbono orgânico, como grafite e carvão.

Para a realização do procedimento, primeiramente pesou-se 0,5g de amostra, previamente triturada, em *erlenmeyer* 500 ml de vidro, e juntamente, preparou-se um ensaio em branco para a padronização das amostras. Adicionou-se 5 ml de solução $K_2Cr_2O_7$ 1N e 10 ml de H_2SO_4 concentrado com Ag_2SO_4 e mantido sob agitação por 1 minuto, garantindo a completa mistura entre o reagente e o sedimento. Após a mistura, foi preciso aguardar por 30 minutos (com os frascos devidamente tampados). Após os 30 minutos, adicionou-se 200 ml de água destilada, 10 ml de H_3PO_4 85% e aproximadamente 0,2 g de NaF, e em seguida adicionou-se 0,5 ml do indicador de difenilamina (aparece uma coloração escura). Prosseguiu-se com a titulação com sulfato ferroso amoniacal (FIGURA 20-A) até o aparecimento de uma coloração verde brilhante (FIGURA 20-B).

Figura 20: A: Determinação da matéria orgânica por titulação. B: Ponto de viragem com o aparecimento da coloração verde brilhante.



Fonte: elaborado pelo autor.

Cálculos e resultados:

$$\% \text{ Matéria Orgânica (oxidável)} = 10 \left(1 - \frac{T}{S} \right) \times F \quad (3)$$

$$\% \text{ Carbono Orgânico} = \frac{\% \text{ Matéria Orgânica}}{1,724} \quad (4)$$

Onde:

T = volume gasto de sulfato ferroso amoniacal na titulação da amostra;

S = volume gasto na titulação da prova em branco;

F = fator de correção:

$$F = (1.0 N) \times \left(\frac{12}{4000} \right) \times 1,72 \times \left(\frac{100}{\text{massa da amostra}} \right) \quad (5)$$

6.3.4 Determinação de Minerais Pesados

Após o peneiramento na etapa de análise granulométrica, foram separadas e unidas as frações 0,350 mm com 0,250 mm, e 0,088 mm com 0,062 mm, para quando somados seus pesos tivessem resultado igual ou superior a 10 g. Essas frações foram utilizadas pois são caracterizadas por terem as maiores concentrações de minerais pesados.

Posteriormente, colocou-se estas amostras para serem submetidas ao ácido clorídrico (HCl) 10%, para eliminação de impurezas como o CaCO_3 , por exemplo, que mascaram os grãos e causam interferência no líquido denso (bromofórmio). Em seguida, as amostras foram lavadas com água e colocadas para secar na estufa. Após esta fase, realizaram-se separações densimétricas convencionais (separação dos minerais leves dos pesados) utilizando o bromofórmio (CHBr_3 ; $d = 2,9$). Os grãos foram colocados em funis situados sobre um suporte de madeira. A cada um deles, adicionou-se uma fração previamente pesada do concentrado da amostra com o bromofórmio (FIGURA 21). Desta forma, os minerais mais densos que o líquido migraram para a parte inferior do funil, enquanto os minerais mais leves ficaram flutuando sobre o mesmo.

Figura 21: Procedimento de separação dos minerais pesados.



Fonte: elaborado pelo autor.

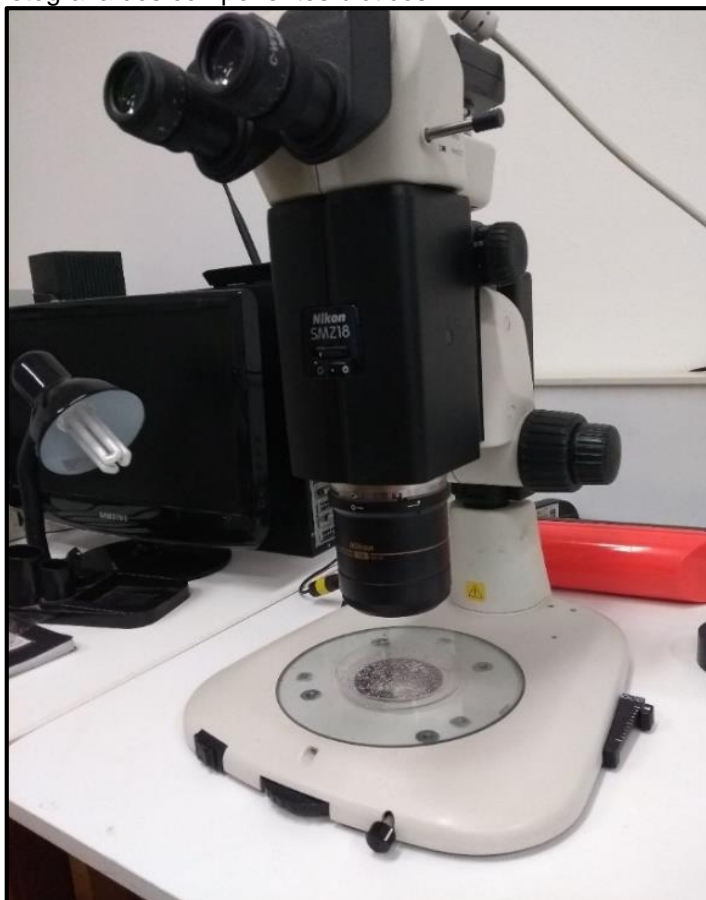
Após a completa separação, abriu-se vagarosamente a torneira do funil e os minerais pesados são recuperados em um segundo funil dotado de papel de filtro. Após a passagem dos minerais pesados, a torneira foi fechada e o papel de filtro recuperado com os minerais pesados. Um terceiro funil dotado de papel de filtro é colocado abaixo do funil separador para a recuperação da fração leve.

Após todas as frações de minerais pesados coletadas, foram analisadas em lupa binocular para realizar a classificação de acordo com Parfenoff *et al.* (1970), utilizou-se de um ímã para separação da magnetita, e foram construídos gráficos para uma melhor visualização da porcentagem de minerais em cada testemunho.

6.3.5 Análise dos componentes bióticos

As análises qualitativas e quantitativas da fauna de foraminíferos bentônicos contidas nas amostras foram analisadas utilizando a lupa Nikon SMZ 18 (FIGURA 22) fornecida pelo LME - Laboratório de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Ceará, localizado no Departamento de Geologia. Foram utilizadas amostras de sedimentos de topo e base de cada testemunho, usando preferencialmente as frações de 0,350 mm e 0,250 mm, onde os bióticos se concentram mais. Foi utilizada uma alíquota de sedimentos, que posteriormente foi colocada em um vidro de relógio. Foram analisadas descrições quanto a alteração e os tipos dos fragmentos que estão presentes na amostra, em seguida, foi analisado a presença de foraminíferos, no qual foi obtido imagens para classificação dos mesmos.

Figura 22: Lupa Nikon SMZ 18, utilizada para visualização e fotografia dos componentes bióticos.



Fonte: elaborada pelo autor.

6.4 Integração e interpretação dos dados

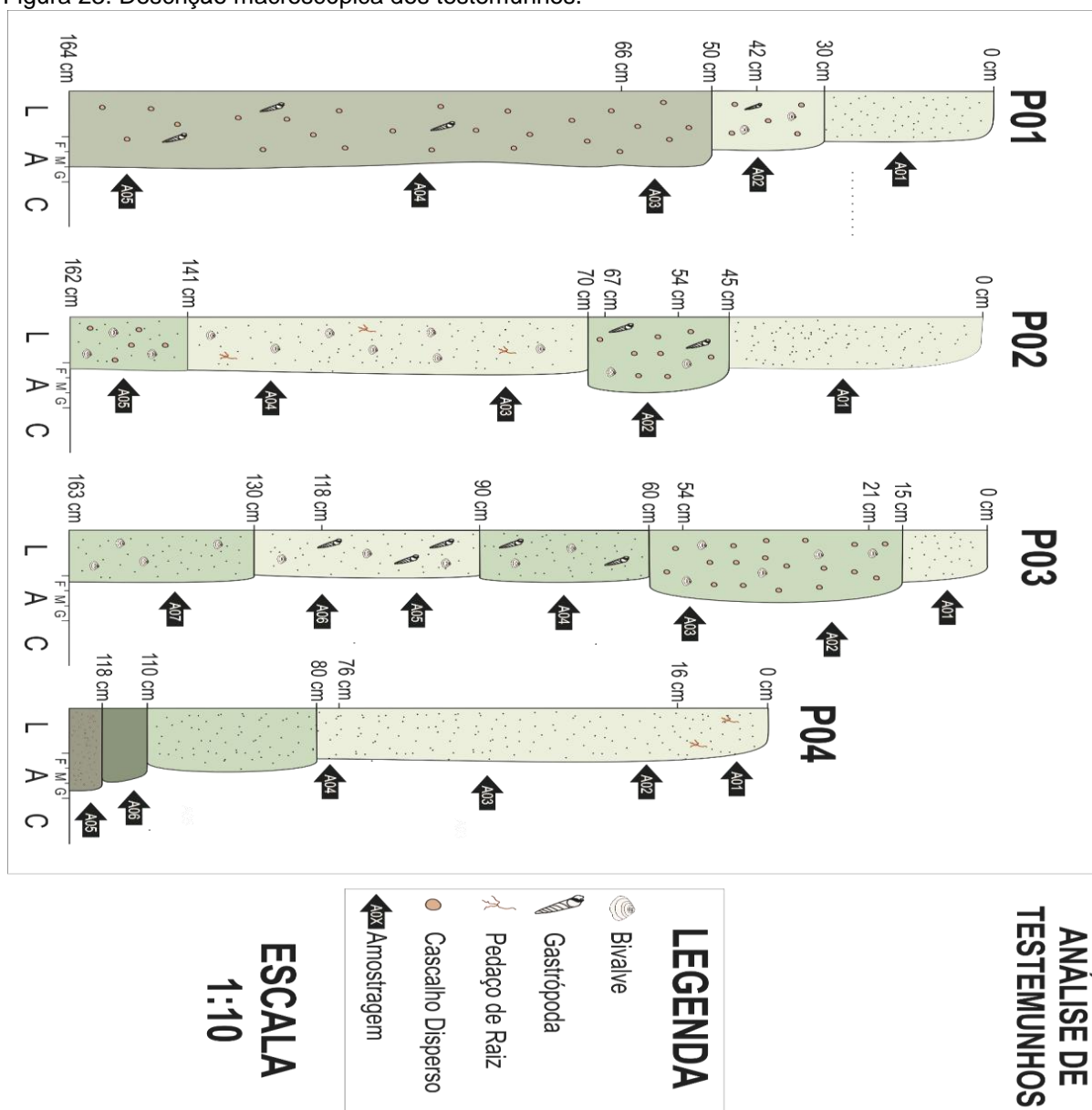
Os dados referentes às análises foram integrados com auxílio de *softwares* como ANASED 5.0, *CorelDraw* 2017 e *ArcGis* 10.3, e posteriormente descritos na presente pesquisa.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Descrição dos testemunhos

A descrição macroscópica dos testemunhos está representada na figura 23. Nesta descrição, pode ser observado o tamanho dos testemunhos, a granulometria, os bióticos, coloração e posição das amostras coletadas.

Figura 23: Descrição macroscópica dos testemunhos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados dos testemunhos coletados serão descritos a seguir, e foram catalogados de acordo com a Tabela 7:

Tabela 7: Descrição dos testemunhos.

PONTO	COORDENADAS			FÁCIES DESCRITAS	TAMANHO DO TESTEMUNHO	LEGENDA DAS AMOSTRAS
	E	N	Z			
P01	0682431	9482526	10	Areia biosiliciclástica; Areia bioclástica; Areia bioclástica com grânulos e cascalhos; e Lama calcárea.	164 cm	P01-A01 P01-A02 P01-A03 P01-A04 P01-A05
P02	0682234	9481961	9	Areia silicibioclástica; Areia bioclástica; Marga arenosa; e Marga calcárea.	162 cm	P02-A01 P02-A02 P02-A03 P02-A04 P02-A05
P03	0679945	9482834	8	Marga calcárea; Marga arenosa; Lama calcárea; e Areia bioclástica	163 cm	P03-A01 P03-A02 P03-A03 P03-A04 P03-A05 P03-A06 P03-A07
P04	0688803	9477680	8	Areia bioclástica com grânulos e cascalhos; Lama calcárea; Marga arenosa; e Marga calcárea	124 cm	P04-A01 P04-A02 P04-A03 P04-A04 P04-A05 P04-A06

Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.1 Descrição de fácies

Primeiramente, com os dados fornecidos pelo ANASED relacionados aos teores de areia, cascalho e lama, foram gerados os diagramas triangulares de Shepard (ANEXO B). A partir destes teores plotados no diagrama, foi possível classificar as fácies sedimentares segundo Freire *et al.* (1997).

7.1.1.1 Areia Biosiliciclástica

Ocorrência: P01

A fácies Areia Biosiliciclástica ocorre apenas em um testemunho, no topo de P01, com espessura de 0 a 42 cm, apresentando um contato brusco na base em 43 cm com a fácies Areia bioclástica com grânulos e cascalhos (FIGURA 23). Nesta fácies foram coletadas as amostras A01 e A02, e a mesma está disposta no testemunho com composição arenosa fina, estrutura homogênea, e ausência bióticos e vegetais. Além disso, a coloração corresponde a “*dusky yellow green 5GY 5/2*”.

Figura 24: Porção superior do testemunho P01, com o contato brusco evidenciado.



Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.1.2 Areia bioclástica com grânulos e cascalhos

Ocorrência: P01 e P04

Como o nome sugere, esta fácies caracteriza-se como uma mistura de areia e cascalho, apresentando bivalves, gastrópodes e rodolitos. No testemunho P01, esta fácies ocorre entre 43 cm e 66 cm, representada pela amostra A03 (55 - 65 cm), com seu topo apresentando contato brusco (FIGURA 23), e um contato gradacional na base. Além disso, a fácies apresenta coloração “*grayish olive green 5GY 3/2*”. No testemunho P04, esta fácies ocorre entre 113 e 116 cm, com coloração “*dark greenish gray 5GY 4/1*”, sendo exatamente a amostra A06, que corresponde ao contato com outra fácies localizada na base do testemunho (fácies Lama calcárea) (FIGURA 24).

Figura 25: Base do testemunho P04, sendo evidenciado na figura a amostra A06, correspondente à fácies descrita (contato).



Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.1.3 Areia bioclástica

Ocorrência: P01, P02 e P03

A fácies Areia bioclástica é caracterizada por uma mistura de areia com cascalhos, com a presença de bivalves, gastrópodes e rodolitos. Nota-se que a fácies ocorre na parte superior dos testemunhos, e até mesmo na transição topo-meio, como ocorre no testemunho P01, onde varia entre 80 e 135 cm, sendo representada pela amostra A04 (90 - 100 cm) (FIGURA 25). Nesta porção, nota-se uma estrutura homogênea, além da coloração “*grayish olive green 5GY 3/2*”.

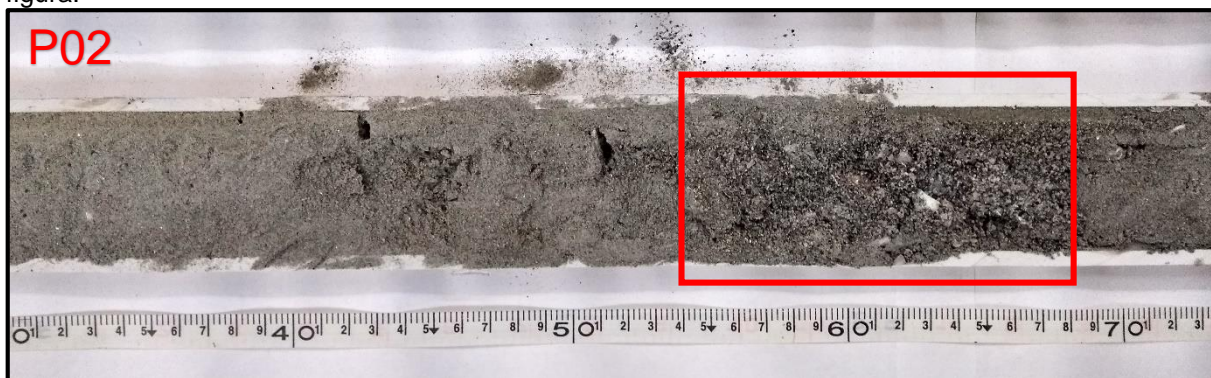
Figura 26: Testemunho P01 com a amostra A04 indicada na figura. Nota-se a presença de gastrópodes e fragmentos de rodolitos, além da mistura de areia e cascalho.



Fonte: elaborado pelo autor.

No testemunho P02, esta fácies está representada pela amostra A02 (54-68 cm) (FIGURA 26), que compreende a fácies por completo. De coloração “*olive gray 5Y 3/2*” (dominante) e “*light olive gray 5Y 5/2*”, esta fácies apresenta um contato gradacional no topo e brusco na base (com a fácies Marga arenosa).

Figura 27: Fácies Areia bioclástica representada no testemunho P02, indicada pela amostra A02 na figura.



Fonte: elaborado pelo autor.

No testemunho P03, a fácies varia entre 21 e 54 cm, sendo representada por duas amostras (A02 e A03). Na amostra A02 (19 a 28 cm) (FIGURA 27), essa porção corresponde ao contato brusco existente entre a fácies superior (Marga calcárea), ou seja, há uma mistura de cores “*light olive gray 5Y 5/2*”, que corresponde a fácies Marga calcárea, e a coloração “*olive gray 5Y 3/2*” sendo a dominante. A amostra A03 (36 - 46 cm) correspondem às mesmas características texturais e estruturais, e em 54 cm nota-se o contato brusco na base da fácies (FIGURA 28).

Figura 28: Amostra A02 do testemunho P03, indicada na figura, que corresponde ao contato brusco existente entre as fácies Marga calcárea (0 - 21 cm) e Areia bioclástica (21 - 54 cm).



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 29: Testemunho P03, com o contato brusco da base da fácies, indicado na figura, com a fácies Marga arenosa.



Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.1.4 Areia silicibiolástica

Ocorrência: P02

Esta fácies corresponde à amostra A01 (4 - 14 cm) (FIGURA 29), variando de 0 a 54 cm, limitada na base por um contato gradacional com a fácies Areia bioclástica. Apresenta-se de forma arenosa, com estrutura homogênea e coloração “*light olive gray 5Y 6/1*”.

Figura 30: Testemunho P02, com a amostra A01 indicada na figura.



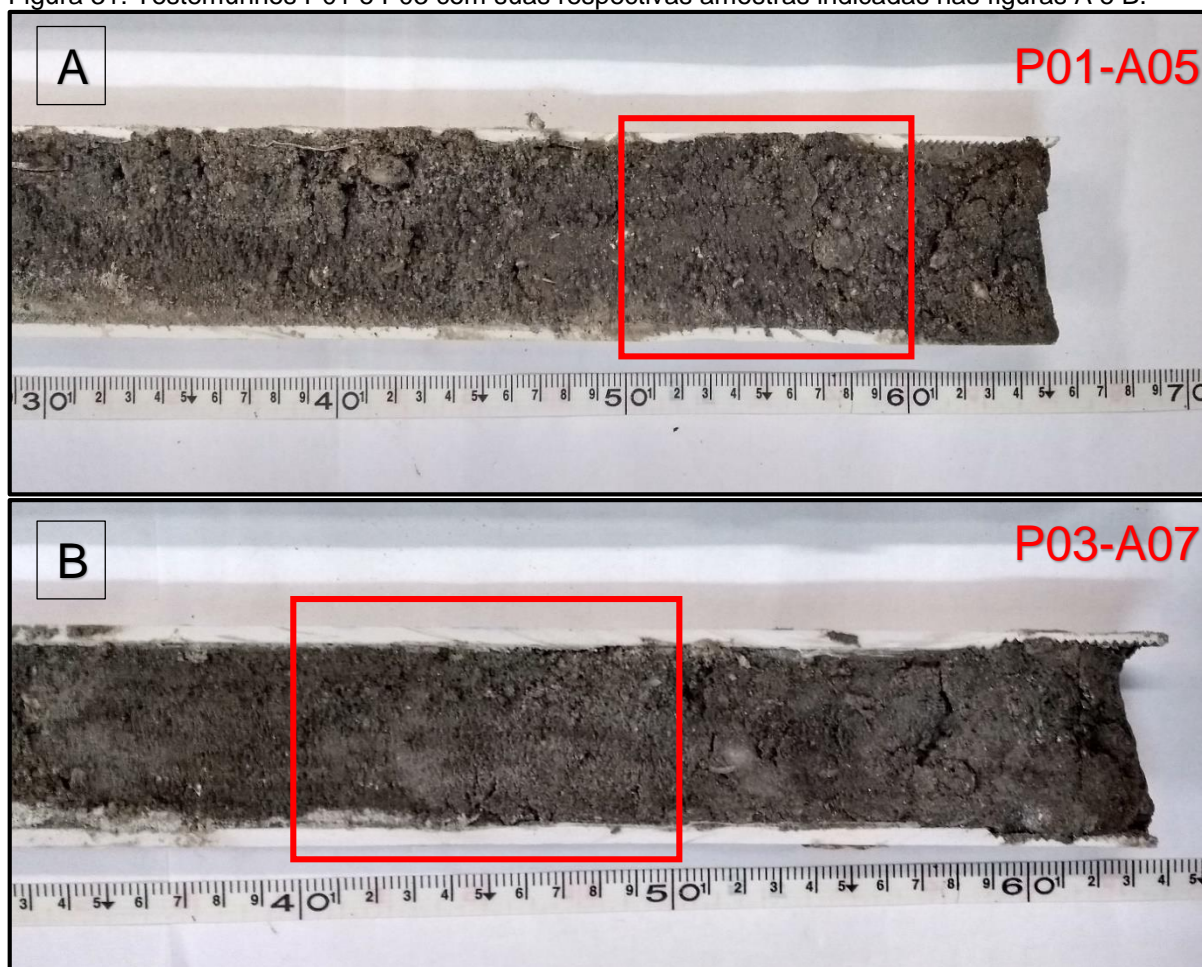
Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.1.5 Lama calcárea

Ocorrências: P01, P03 e P04

Esta fácies ocorre principalmente na base dos testemunhos, com exceção do testemunho P04, onde ocorre no topo (amostra A01), no meio (amostra A03) e na base (amostra A05). No testemunho P01 e P03 a fácies varia geralmente entre 110 e 164 cm (base do testemunho). As amostras P01-A05 (150 – 160 cm) e P03-A07 (140 - 150 cm) (FIGURA 30-A e B, respectivamente) foram selecionadas como representativas. Foi observado uma mistura de areia e cascalho, além da presença de gastrópodes e fragmentos de rodólitos e bivalves.

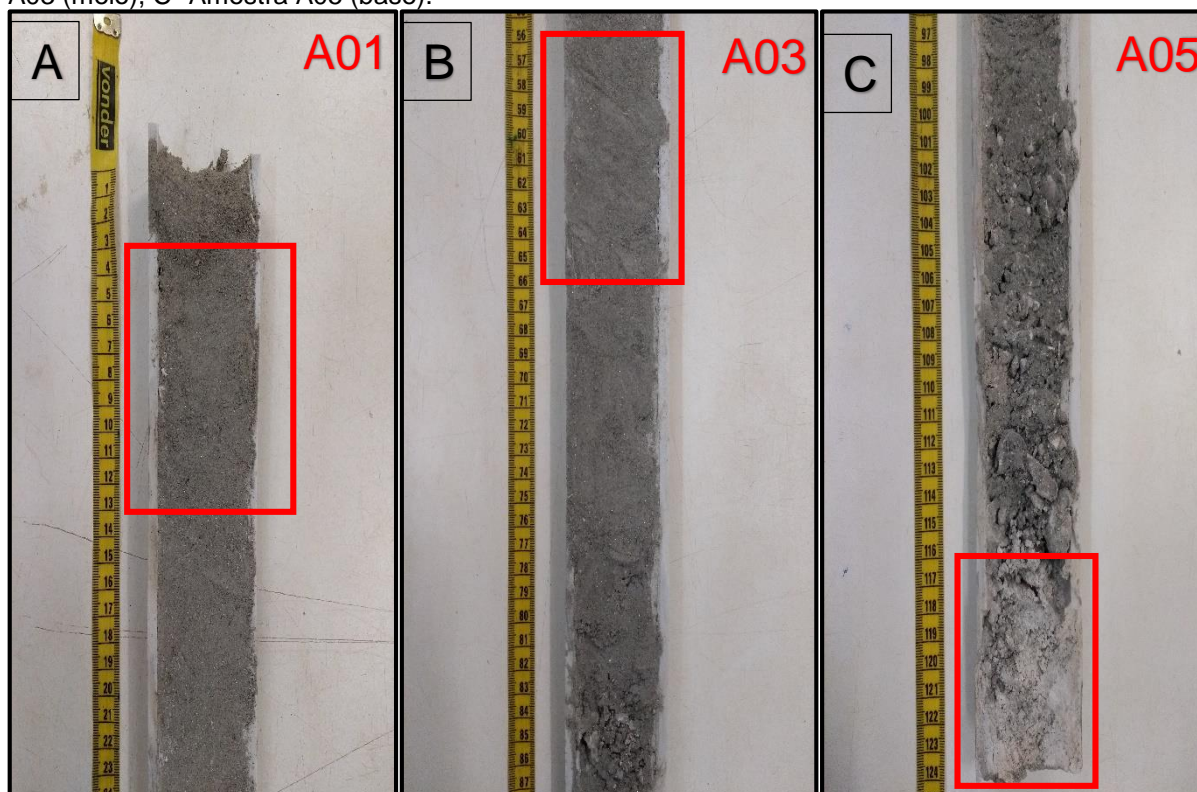
Figura 31: Testemunhos P01 e P03 com suas respectivas amostras indicadas nas figuras A e B.



Fonte: elaborado pelo autor.

No testemunho P04, ocorrem algumas diferenças comparadas aos outros dois testemunhos. O topo, que varia entre 0 e 16 cm, representado pela amostra A01 (3 - 13cm) (FIGURA 31-A), apresenta-se de forma fina arenosa, com estrutura homogênea, sem presença de bióticos, sendo observadas algumas raízes pequenas na porção 0 – 4 cm. No meio, a fácies varia entre 50 e 76 cm, sendo a amostra A03 (56 - 66cm) a correspondente (FIGURA 31-B). Nesta porção, diferente do topo, não há raízes. Na base do testemunho, a fácies ocorre entre 116 e 124 cm (FIGURA 31-C), englobada totalmente pela amostra A05, apresentando um material calcáreo mais duro, de difícil penetração no testemunho, e com pouquíssimos fragmentos de bivalves.

Figura 32: Amostras dos testemunhos P04 indicadas nas figuras. A- Amostra A01 (topo), B- Amostra A03 (meio), C- Amostra A05 (base).



Fonte: elaborado pelo autor.

Uma particularidade observada foi a diferença de coloração dessa fácies em praticamente todas as amostras coletadas. No testemunho P01, observa-se a coloração “*grayish olive green 5GY 3/2*”. No testemunho P03, foi definida a coloração “*olive gray 5Y 3/2*”. E por fim, no testemunho P04, são notadas duas colorações no topo, meio e na base. No topo e meio, ocorre a coloração “*light olive gray 5Y 5/2*” e

“olive gray 5Y 3/2” (dominante). Na base, as duas cores observadas foram a “yellowish gray 5Y 7/2” e “greenish yellow 5Y 8/4” (dominante).

7.1.1.6 Marga arenosa

Ocorrências: P02, P03 e P04

Esta fácies apresenta-se arenosa, com estrutura homogênea e presença de bivalves, gastrópodes e rodolitos. No testemunho P02, a fácies varia entre 68 e 141 cm, limitada por contatos bruscos no topo e na base, e engloba duas amostras: A03 (85 - 95cm) (FIGURA 32) e A04 (120 a 130 cm). Nesse testemunho, foram observados além das características próprias da fácies, fragmentos bem pequenos de raízes.

Figura 33: Testemunho P02, com a amostra A03 indicada na figura.



Fonte: elaborado pelo autor.

No testemunho P03, a fácies varia entre 54 e 90 cm, sendo a amostra A04 (70 – 80 cm) selecionada (FIGURA 33). Limitada por um contato brusco no topo com a fácies Areia bioclástica, e gradacional na base com a fácies Marga calcárea, esta fácies apresentou as mesmas características do testemunho P02, porém com um material mais frágil.

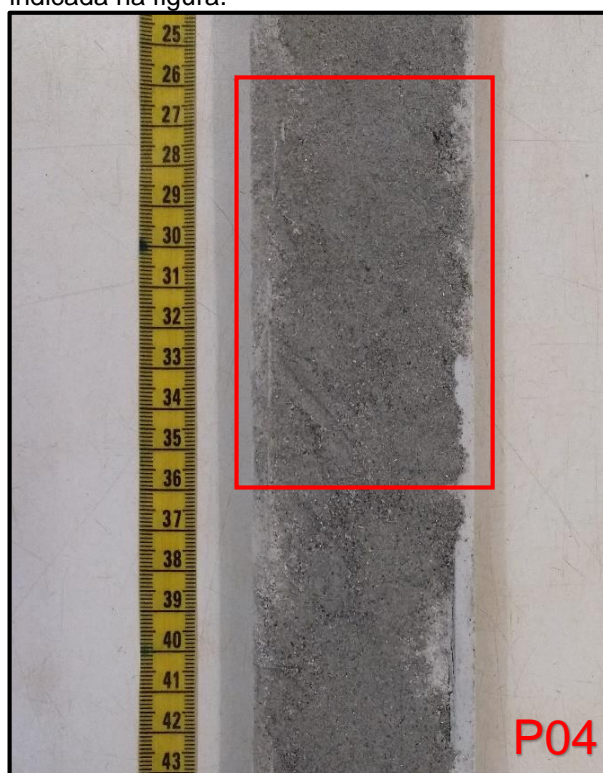
Figura 34: Testemunho P03, com a amostra A04 indicada na figura.



Fonte: elaborado pelo autor.

A variação dessa fácies no testemunho P04 é de 16 a 76 cm, limitada por contatos gradacionais no topo e na base, ambos com a fácies Lama calcárea. A amostra A02 (26 – 36 cm) (FIGURA 34) foi selecionada como representativa, e diferente dos outros testemunhos, não foram observados bióticos.

Figura 35: Testemunho P04, com a amostra A02 indicada na figura.



Fonte: elaborado pelo autor.

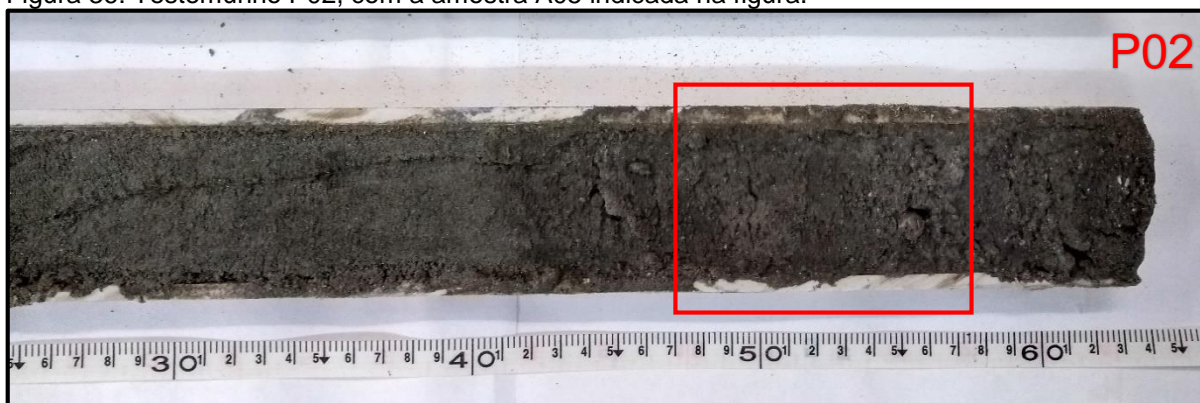
A coloração nos testemunhos P02 e P03 é a “*light olive gray 5Y 5/2*”, já no testemunho P04, é “*olive gray 5Y 3/2*”.

7.1.1.7 Marga calcárea

Ocorrências: P02, P03 e P04

A fácies Marga calcárea no testemunho P02 varia entre 141 e 162 cm, limitada no topo por um contato brusco com a fácies Marga arenosa, sendo representada pela amostra A05 (147 – 157 cm) (FIGURA 35). Apresenta-se como uma mistura de areia e cascalho, com estrutura homogênea, ocorrendo rodolitos e seus fragmentos, bivalves, e de coloração “*olive gray 5Y 3/2*”.

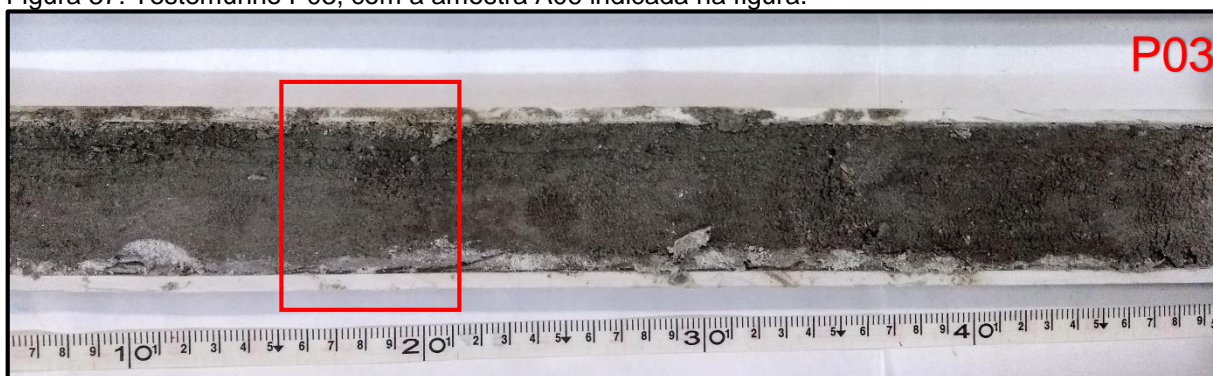
Figura 36: Testemunho P02, com a amostra A05 indicada na figura.



Fonte: elaborado pelo autor.

No testemunho P03, a fácies ocorre em 3 amostras. Primeiramente no topo, onde varia de 0 a 20 cm, sendo limitada por um contato brusco na base. A amostra A01 (3 - 13 cm) foi escolhida, apresentando-se de forma arenosa, estrutura homogênea, ausência de bióticos e coloração “*light olive gray 5Y 5/2*”. No meio, ocorre de 90 a 122 cm, sendo limitada por contatos gradacionais no topo e na base. Foram escolhidas duas amostras: A05 (100 – 110 cm) e A06 (115 – 121 cm) (FIGURA 36), onde as características são iguais às da porção superior, porém, foi observada a presença de pequenos bivalves, rodolitos e gastrópodes.

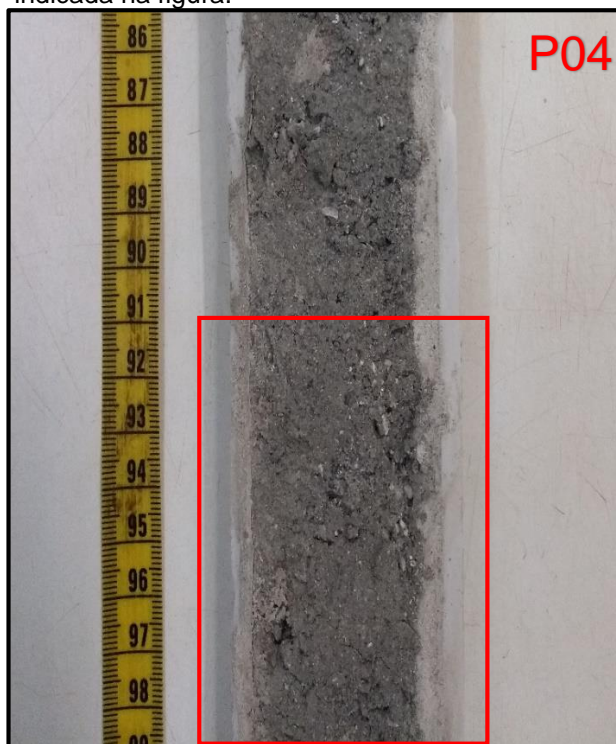
Figura 37: Testemunho P03, com a amostra A06 indicada na figura.



Fonte: elaborado pelo autor.

No testemunho P04, a fácies está localizada na porção central, variando entre 76 e 113 cm, limitada por contatos gradacionais no topo (com a fácies Lama calcárea) e na base (com a fácies Areia bioclástica com grânulos e cascalhos). A amostra A04 (91 a 101 cm) foi selecionada como representativa (FIGURA 37). Nesta fácies, ocorre a mistura de areia e cascalho, com estrutura homogênea, apresentando bivalves e gastrópodes, e uma coloração mais escura denominada “*dark greenish gray 5GY 4/1*”.

Figura 38: Testemunho P04, com a amostra A04 indicada na figura.



Fonte: elaborado pelo autor.

7.2 Análise Granulométrica

A análise granulométrica indicou que a maioria das amostras situam-se na classe areia, variando de muito fina a muito grossa, com uma predominância de areia muito fina. Os diagramas triangulares (Shepard, 1954 modificado por Lima, 2001) (Anexo B) foram utilizados para classificação dos tamanhos dos grãos, a partir dos teores de cascalho, areia e lama.

A média do teor de areia nos testemunhos gira em torno de 76,5%. O teor médio de lama nos testemunhos é de 19,4%, com os testemunhos P03 e P04 apresentando os maiores valores (em torno de 24,6%), e P01 a menor média (12,1%). A média do teor de cascalho nos testemunhos foi de 9,02%. O valor poderia ser ainda menor, porém, o fator que gerou um aumento desse teor foi a média de teor de cascalho no testemunho P04, próximo à base, por ser uma região de contato com rocha calcárea, apresentando vários fragmentos. Já nos outros, a média foi menor, como nos testemunhos P02 e P03, que apresentaram teor médio de 3,7%.

Ou seja, a fração areia é mais representativa, o que já era esperado pelo objeto de estudo ser em uma planície de maré.

7.2.1 Tratamento estatístico das análises granulométricas

Nesta etapa, foi realizado o tratamento estatístico com os ensaios de peneiramento para obtenção de dados.

No que diz respeito à média, a maioria das amostras apresentou granulometria entre 1,9 e 3,8 (variando de muito fina a muito grossa), com as amostras P01-A02 e P04-A04 mostrando-se como areia fina, as amostras P03-A05 e P03-A06 como silte grosso, e P04-A05 como areia grossa.

Em relação ao grau de seleção (desvio padrão), as amostras apresentaram-se com valores que variam entre 0,4 e 2,6 (bem selecionado a muito pobremente selecionado), sendo que, do total de 23 amostras, a maioria é moderadamente selecionado (9 amostras), e poucas apresentaram ser bem selecionadas (2 amostras).

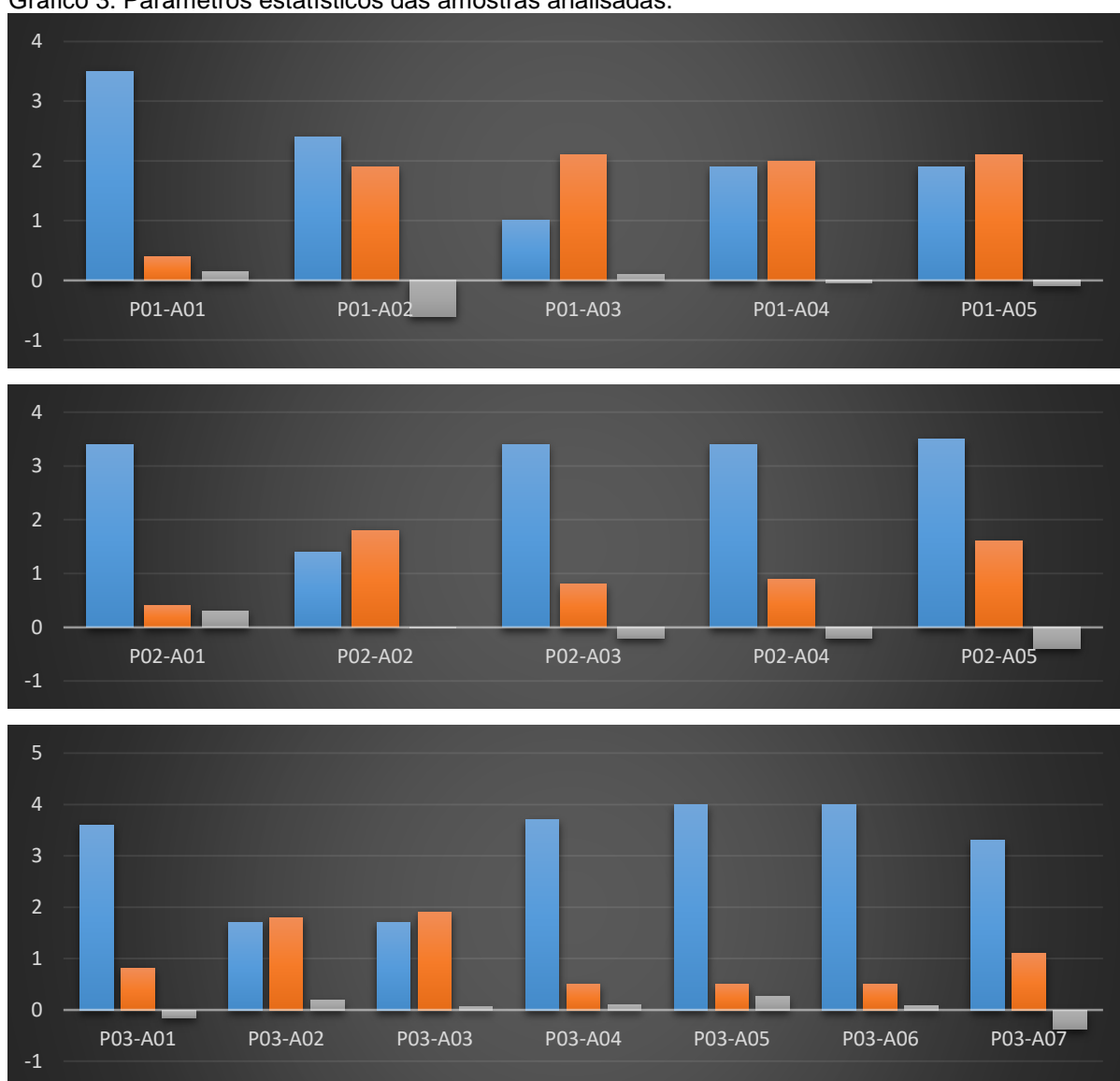
Na questão da assimetria, as amostras variam de assimetria muito negativa a assimetria muito positiva, sendo que, a maior parte das amostras apresentam-se

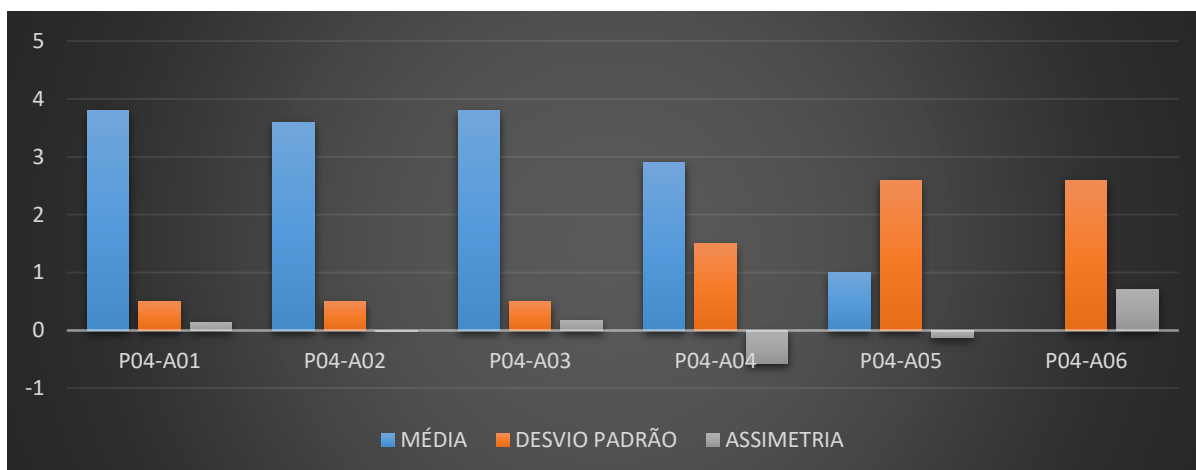
variando entre assimetria positiva (7 amostras) a aproximadamente simétrica (8 amostras).

No que diz respeito à curtose, a maioria das amostras enquadra-se entre muito leptocúrtica a platicúrtica (6 amostras cada), com exceção apenas de uma amostra (P04-A06), que corresponde a muito platicúrtica.

Após todas essas análises, foram criados quatro gráficos de colunas que exibem as variáveis de todas as amostras analisadas, com exceção da curtose. Isso foi realizado de forma a compará-las de uma forma mais visível, para que a junção desses parâmetros proporcionasse uma aproximação do entendimento da dinâmica que envolve o transporte de sedimentos no local da coleta.

Gráfico 3: Parâmetros estatísticos das amostras analisadas.





Fonte: elaborado pelo autor.

No gráfico 3, as colunas em azul indicam a média do diâmetro de cada amostra, onde as colunas maiores indicam uma presença significativa de material mais fino, portanto, as colunas de menor tamanho indicam maior presença de material médio a grosso. As colunas em laranja indicam o grau de seleção, onde as maiores colunas indicam um material mais pobremente selecionado, ao passo de que as menores colunas representam um grau de seleção melhor. As colunas cinzas indicam o grau de assimetria (positivo ou negativo).

Tomando essas informações como base no gráfico acima, e partindo do pressuposto de que as interpretações a seguir são baseadas na sequência topo → base, é possível inferir algumas considerações:

Em relação ao testemunho P01, nota-se um aumento do diâmetro médio das amostras, seguido de uma ligeira diminuição do diâmetro. Já no desvio padrão, nota-se que o topo possui um material bem selecionado, mas há um aumento repentino de material pobremente selecionado, que se estende até a base. Quanto a assimetria, no topo tem-se uma assimetria positiva, ao contrário da base, que possui assimetria negativa.

No que diz respeito ao testemunho P02, há um aumento do diâmetro do material, mas retorna ao material fino que se mantém até a base. O grau de seleção ocorre de forma variável, iniciando de forma bem selecionada, e finalizando como pobremente selecionado. A assimetria, assim como no testemunho P01, é positiva no topo e negativa na base.

Em relação ao testemunho P03, como nos outros dois testemunhos, no topo encontra-se um material mais fino, e aumenta para um material mais grosso,

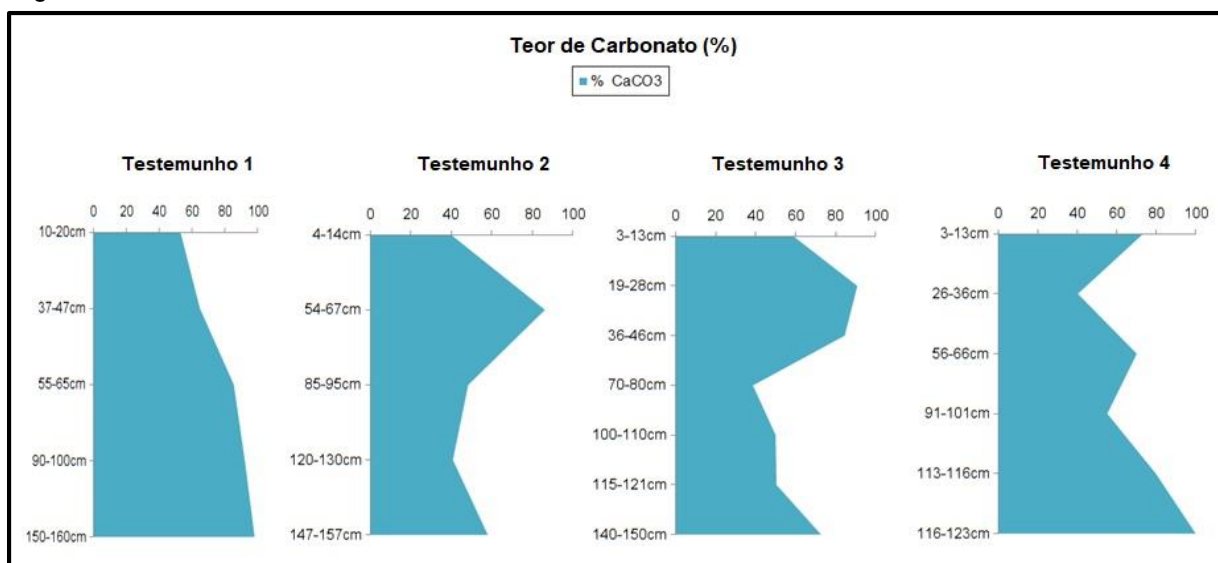
tornando a apresentar um material fino até a base. O grau de seleção ocorre de forma oscilatória, iniciando de forma moderadamente selecionada e terminando pobremente selecionada. A assimetria, diferente dos outros testemunhos, é constatada como negativa no topo e na base.

No testemunho P04, diferente dos outros analisados, possui a maior parte composta por material com diâmetro mais fino, tornando-se mais grosso até atingir a base, onde encontra-se uma rocha calcária. O grau de seleção inicia de forma moderadamente selecionada, mas seguindo a base, torna-se muito pobremente selecionada. Quanto à assimetria, se mantém positiva no topo, e diferentemente dos outros testemunhos, a base sofreu um aumento da assimetria, tornando-se positiva.

7.3 Carbonato de cálcio

Nos sedimentos marinhos, os foraminíferos, pterópodos, algas calcárias e corais são organismos fornecedores de carbonato, e também pode estar presente em forma de calcita ou aragonita, o que o torna sua representatividade expressiva. Na região de Icapuí isto também ocorre, sendo constatado nos testemunhos obtidos, os quais registraram a presença de foraminíferos, gastrópodos, bivalves e conchas. Os teores obtidos são de médio a alto, variando entre 38,71% a 100%. A figura 38 mostra os teores de carbonato obtidos nos 4 testemunhos.

Figura 39: Teores de carbonato de cálcio dos testemunhos coletados.



Fonte: elaborado pelo autor.

Como é observado na figura 38, os teores apresentaram-se de forma heterogênea entre os 4 testemunhos. No testemunho P01, há um acréscimo com o aumento de profundidade, e apresenta um teor médio de 78,68%. No testemunho P02 ocorre uma variação, aumentando na porção superior, diminuindo na porção central, e voltando a aumentar na base, com teor médio de 54,7%. No testemunho P03, a sequência é semelhante a do testemunho P02, com teor médio de 63,77%. No testemunho P04, os teores apresentam-se de forma cíclica, aumentando e diminuindo com o aumento da profundidade e teor médio de 69,82%.

O maior teor obtido é de 100% na base do testemunho P04, que corresponde a uma amostra de rocha calcárea. O menor teor é de 38,71%, que corresponde à porção intermediária do testemunho P03.

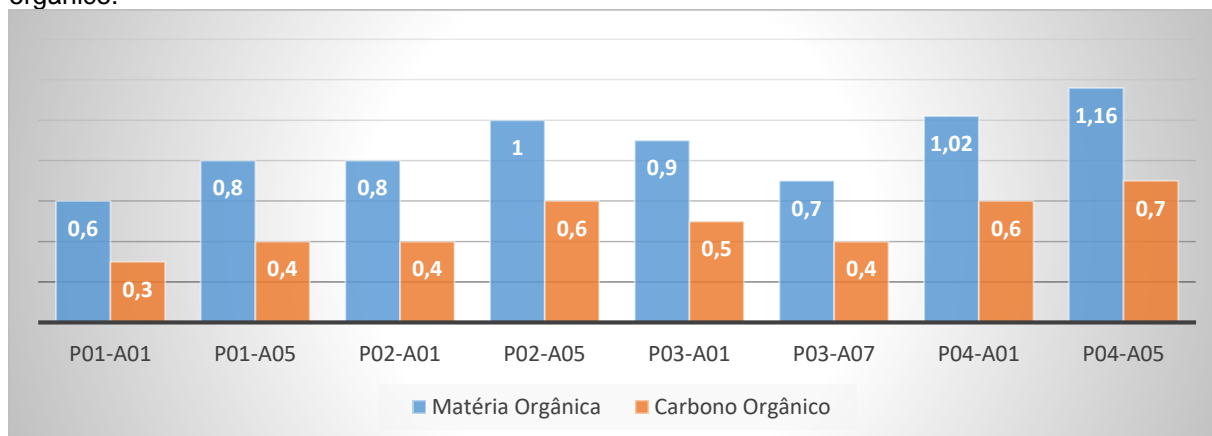
No testemunho P02 e P03 nota-se uma brusca diminuição e também aumento do teor de carbonato de cálcio. Isso pode indicar mudanças na sedimentação como também pode ser consequência da mudança de energia, sugerindo uma maior influência continental.

7.4 Matéria orgânica e carbono orgânico

A matéria orgânica nos solos, sedimentos e águas naturais apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua, sob a ação de fatores biológicos, químicos e físicos (Manzatto *et al.*, 1990).

O estudo do teor de matéria orgânica auxiliou na caracterização de sedimentos. Com isso, foram utilizadas amostras de topo e base, nos quais os resultados variaram entre 0,6% e 1,16%, e o teor de carbono orgânico em menor quantidade, variando entre 0,3% e 0,7%. O gráfico abaixo ilustra os valores obtidos em cada amostra analisada.

Gráfico 4: Teores de carbono e matéria orgânica das amostras obtidas dos testemunhos coletados. As colunas azuis representam os teores de matéria orgânica, e as colunas laranjas os teores de carbono orgânico.



Fonte: elaborado pelo autor.

Observando o gráfico 4, nota-se que as amostras de base apresentam valores de matéria orgânica e carbono orgânico maiores se comparados ao topo, com exceção do testemunho P03, em que há um decréscimo.

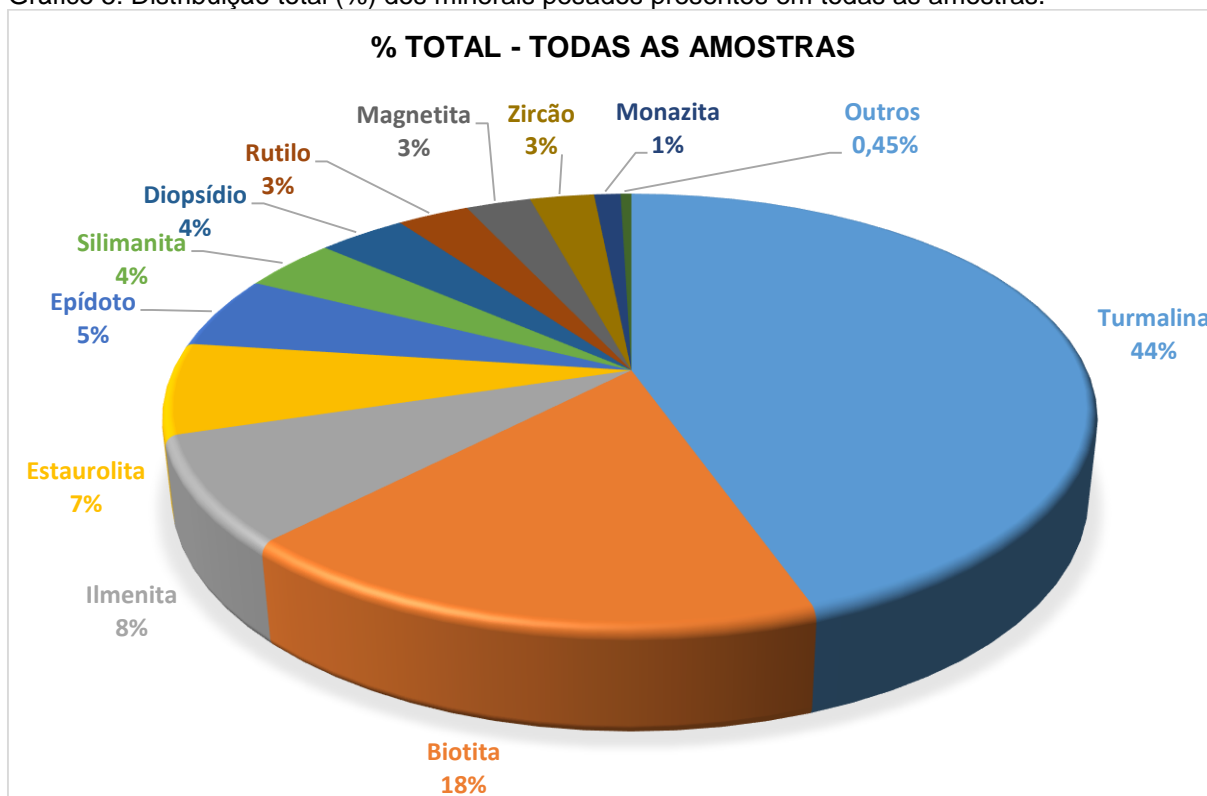
O testemunho P04 apresentou os maiores valores de matéria orgânica e carbono orgânico, tanto no topo como na base. No topo, o menor teor encontrado é do testemunho P01, e na base, o testemunho P03.

7.5 Minerais Pesados

Os minerais pesados são de grande importância nos estudos relacionados a: a) proveniência dos sedimentos; b) história do intemperismo e transporte; e c) correlação e paleogeografia (SUGUIO, 1980).

A identificação e quantificação dos minerais pesados foi realizada sob lupa binocular de acordo com suas propriedades físicas (e.g. Pereira *et al.*, 2005), sendo identificados os seguintes minerais: ilmenita, magnetita (opacos), turmalina, biotita, silimanita, monazita, diopsídio, zircão, epídoto, rutilo e estauroлита (transparentes), porém outras espécies minerais foram encontradas com concentrações menores que 1% em relação à fração de minerais pesados.

Gráfico 5: Distribuição total (%) dos minerais pesados presentes em todas as amostras.



Fonte: elaborado pelo autor.

No Anexo C estão apresentados os gráficos de minerais pesados que foram elaborados de cada amostra selecionada com suas respectivas porcentagens. Os minerais pesados mais expressivos da área estudada são turmalina, biotita e ilmenita. Nota-se a predominância de turmalina em grandes proporções em todas as amostras (44%), seguido de biotita (18%), ilmenita (8%) e estaurolita (7%).

7.5.1 Diagramas triangulares

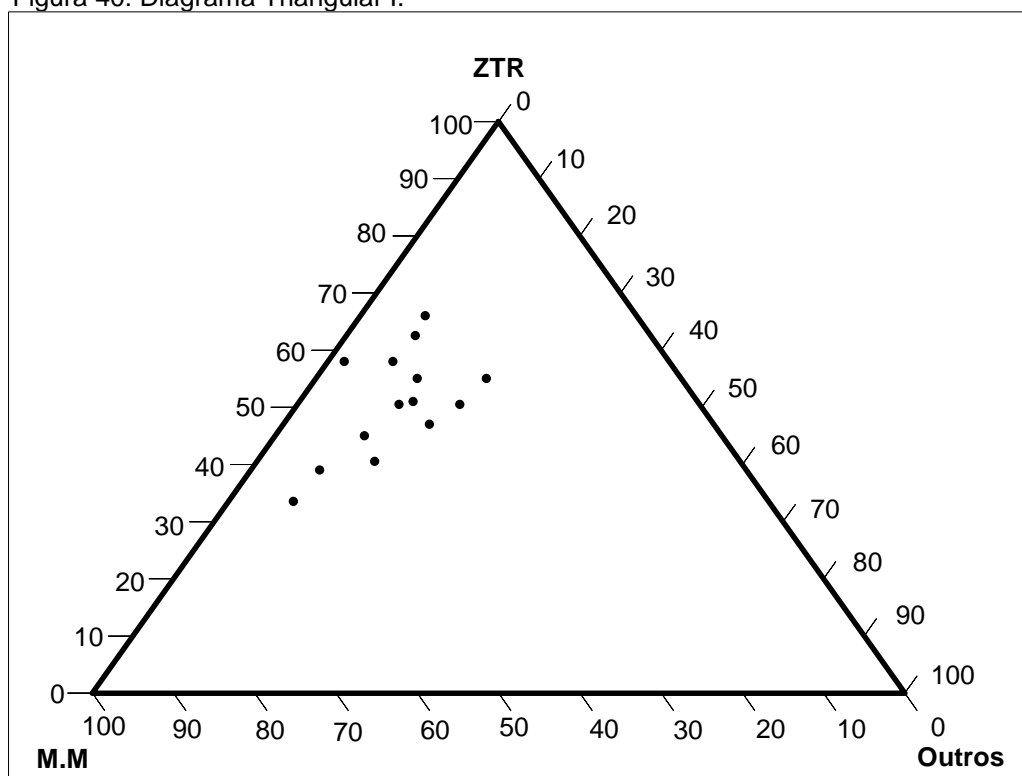
Os minerais identificados foram classificados inicialmente em três grupos baseados em suas propriedades semelhantes. O primeiro deles (Grupo 1) constitui-se da associação zircão + turmalina + rutilo (ZTR) que detém cerca de 50,20% da fração total de minerais presentes nas amostras. O segundo grupo (Grupo 2) é composto pelos minerais biotita, estaurolita, epídoto, silimanita e diopsídio, que ocorrem geralmente em condições de metamorfismo e apontam para uma média de cerca de 37,64% da fração total de pesados. Já o terceiro grupo (Grupo 3) é formado por minerais primários predominantes existentes nas amostras: ilmenita, monazita e

outros minerais de ocorrências menores, apresentando uma média de 12,16% da fração de minerais pesados.

7.5.1.1 Diagrama Triangular I

Nesse diagrama triangular (FIGURA 39), cada vértice representa respectivamente as porcentagens dos minerais ZTR, dos minerais de metamorfismo (M.M), e dos minerais primários e de menor ocorrência (outros). Essas associações mineralógicas são consideradas em relação a porcentagem total dos mesmos, que corresponde a 100%. Verifica-se que nesse primeiro diagrama os minerais dos grupos I (vértice “ZTR”) e II (vértice “M.M”) são mais expressivos em relação aos do grupo III (vértice “Outros”). Observa-se nesse diagrama que em mais da metade das amostras analisadas, existe a presença de mais de 50% dos minerais ZTR.

Figura 40: Diagrama Triangular I.

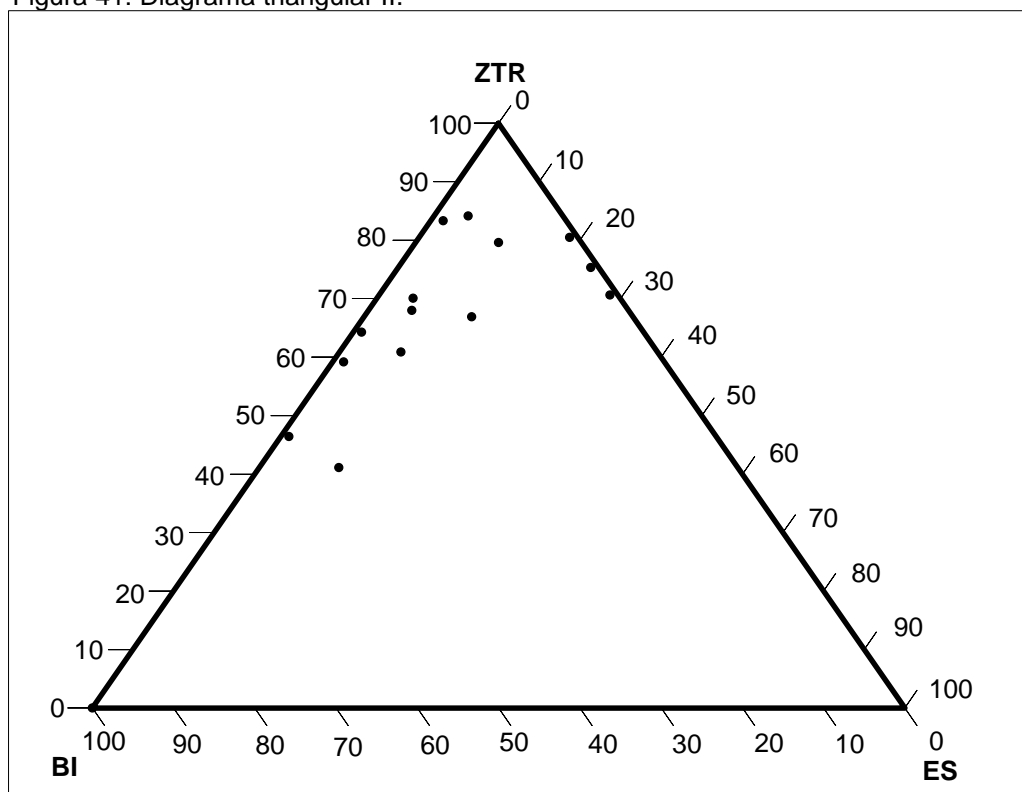


Fonte: elaborado pelo autor.

7.5.1.2 Diagrama Triangular II

Para um estudo mais detalhado, foram destacados os dois minerais do grupo II (M.M) que tiveram maior ocorrência, no caso, biotita e estaurolita, para que, juntamente com a associação ZTR fosse analisado um segundo diagrama triangular.

Figura 41: Diagrama triangular II.



Fonte: elaborado pelo autor.

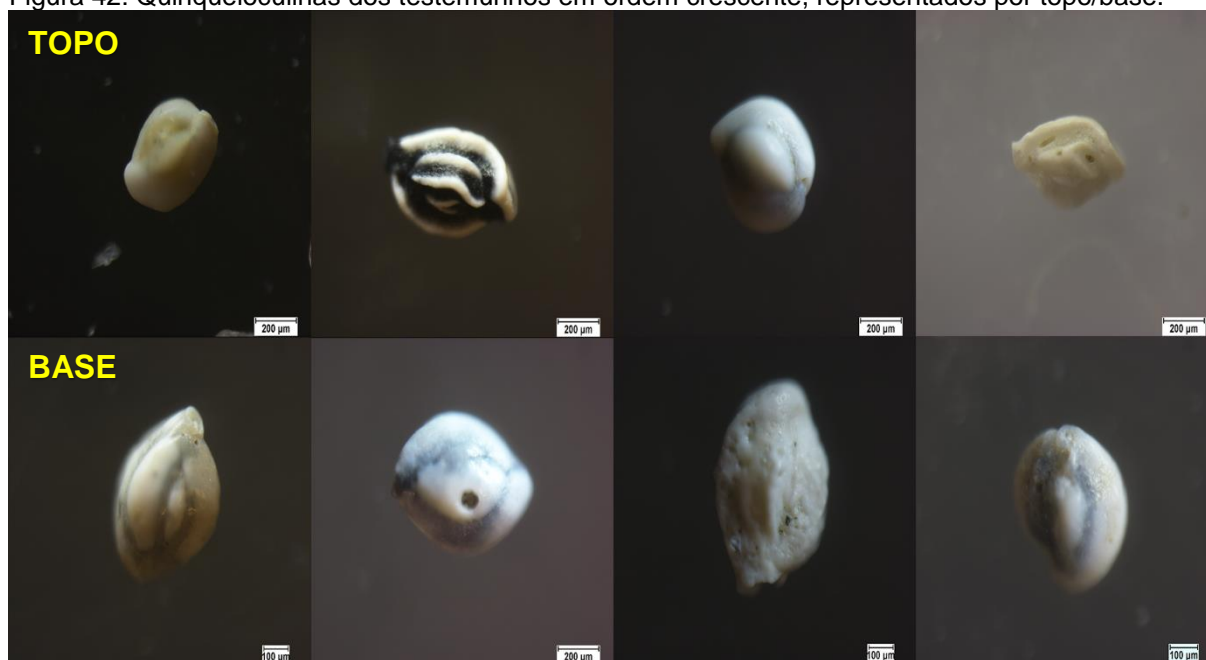
Pode-se observar a ampla predominância da associação dos minerais ZTR em relação aos minerais metamórficos biotita e estaurolita, onde em 85% das amostras os minerais ZTR ultrapassam os 60%. Também pode-se observar a predominância da biotita em relação a qualquer outro mineral isolado.

7.6 Componentes bióticos

O resultado dos estudos micro paleontológicos (foraminíferos) foram realizados com amostras de topo e base de cada testemunho, nas quais foram encontrados apenas os foraminíferos bentônicos: Pyrgo e Quinqueloculina. A

Quinqueloculina foi encontrada em todas as amostras, e Pyrgo foi encontrado apenas nas amostras de topo dos testemunhos P01 e P02. Como a quantidade de Pyrgo não foi representativa, foi decidido representar na figura 41 as Quinqueloculinas encontradas nas amostras de topo e base dos testemunhos, seguindo em ordem crescente da esquerda para a direita.

Figura 42: Quinqueloculinas dos testemunhos em ordem crescente, representados por topo/base.



Fonte: elaborado pelo autor.

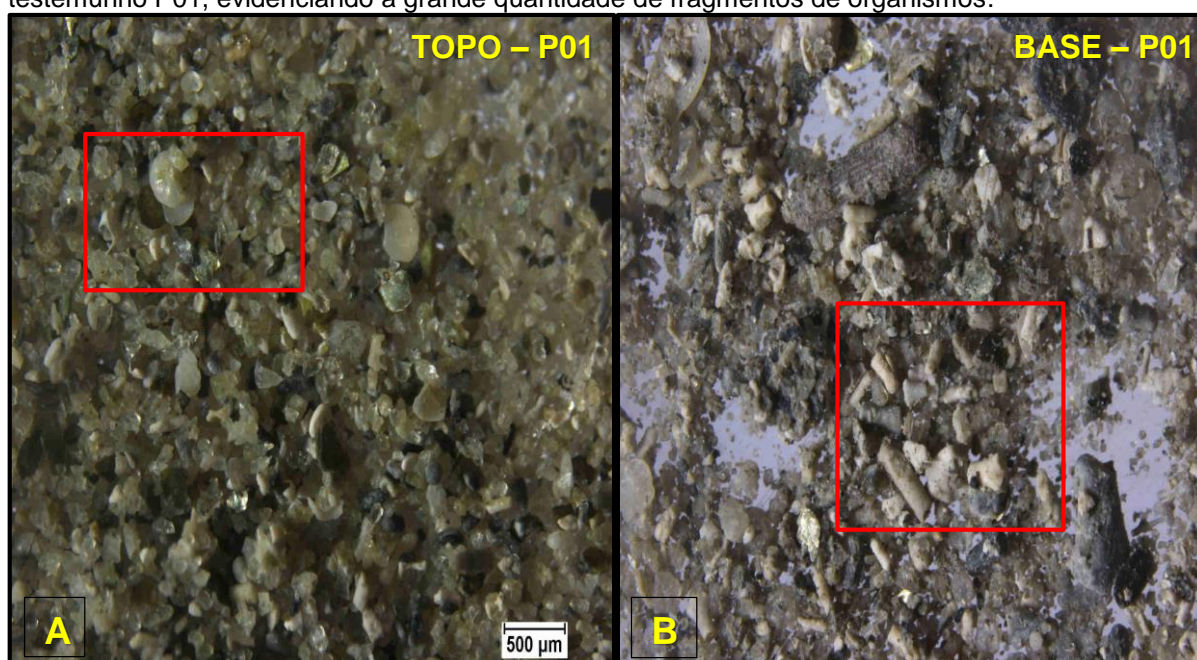
No geral, observa-se que as Quinqueloculinas presentes nas porções de topo apresentam a carapaça não fragmentada, esbranquiçada e pouco alterada. Na base já é perceptível que há uma alteração maior e uma coloração mais amarelada. Nota-se que o testemunho mais próximo ao mangue (P02) apresenta quinqueloculinas mais escuras, provavelmente por influência da matéria orgânica. Na base do testemunho P03 foi encontrado Quinqueloculina rugosa, que indica transporte, e também com os vazios preenchidos por quartzo.

As quinqueloculinas da base do testemunho P04, por estarem muito próximas ao calcário, apresentam-se alteradas, como se ocorresse uma aglutinação do material do calcário.

Como já mencionado, as carapaças dos foraminíferos encontram-se inteiras e a maioria de coloração branca, o que indica um transporte por suspensão em um ambiente de baixa energia.

No que diz respeito às alterações e organismos, o topo do testemunho P01 (FIGURA 42-A) é marcado pela quantidade expressiva de fragmentos de conchas, litotâmnio, algas e ouriço, além da presença de alguns seres, como gastrópodes e briozoários. Os minerais de biotita e fragmentos de quartzo são inúmeros, e alguns zircões e gipso também estão presentes. Na base (FIGURA 42-B), há gastrópodes, briozoários e muitos fragmentos de litotâmnio, de conchas e espículas de ouriço. Notou-se que o quartzo é bem anguloso, além da presença de gipso placoidal e biotita.

Figura 43: A: Topo do testemunho P01, onde observa-se bastante quartzo e conchas; B: Base do testemunho P01, evidenciando a grande quantidade de fragmentos de organismos.



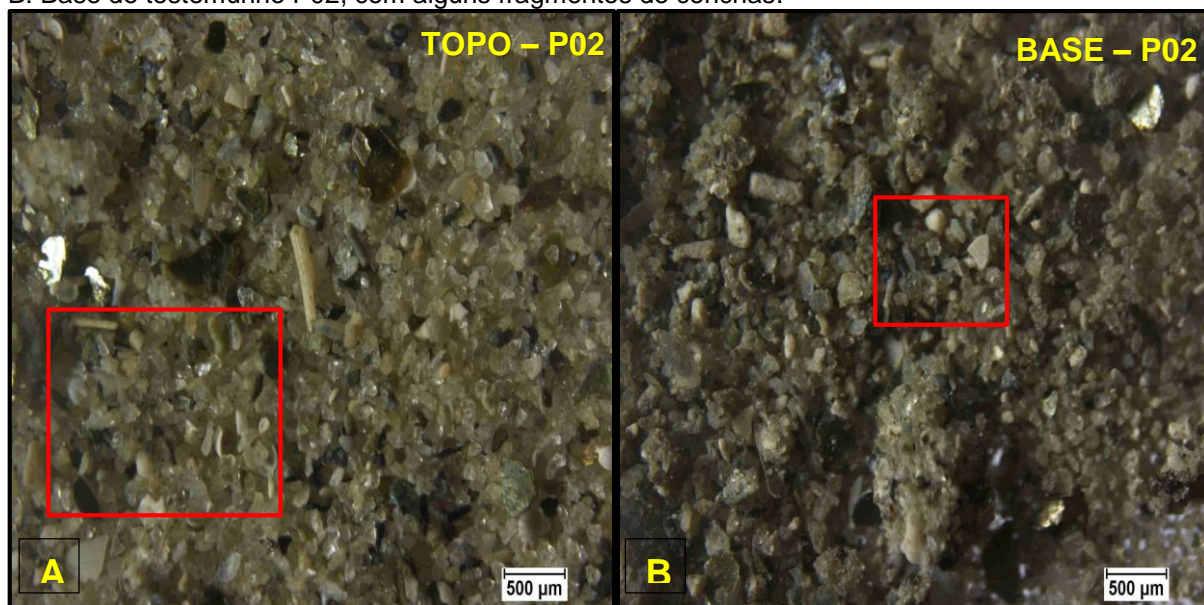
Fonte: elaborado pelo autor.

A título de comparação, no topo, a quantidade de quartzo é bem maior, com os grãos mais arredondados e esféricos, e mais translúcidos. Na base, são menos translúcidos e mais angulosos, e a quantidade de bióticos é maior, destacando-se os fragmentos de litotâmnio. No geral, os fragmentos no topo são menores, e na base são maiores, o que indica um grau menor de retrabalhamento na base.

Já no testemunho P02, no topo (FIGURA 43-A) o quartzo predomina, juntamente com minerais pesados opacos, biotita e gipso. Também há muitas espículas de ouriço, fragmentos de conchas, algas, briozoários, gastrópodes, e outros micro-organismos. Já na base (FIGURA 43-B), ocorrem pequenos minerais pesados

e fragmentos de conchas, com quartzo também pequeno. Há poucas micas e espículas, e também a presença de gastrópodes.

Figura 44: A: Topo do testemunho P02, com fragmentos de conchas e espículas de ouriço em destaque; B: Base do testemunho P02, com alguns fragmentos de conchas.

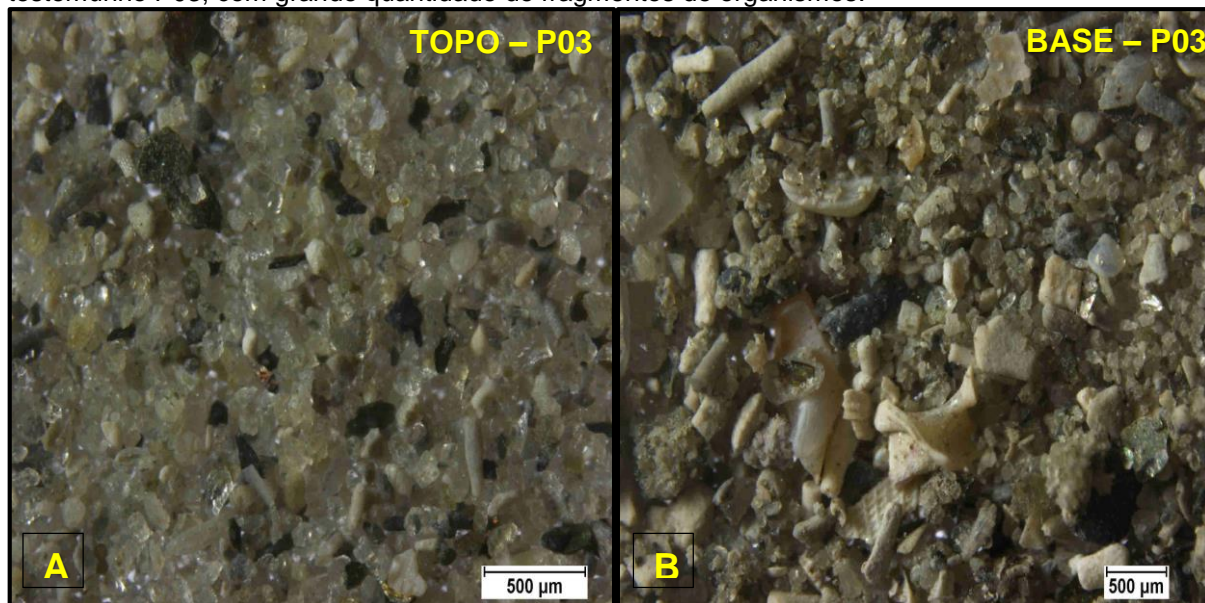


Fonte: elaborado pelo autor.

A diferença entre os dois é perceptível, no topo os grãos de quartzo são bem translúcidos e angulosos, pouco arredondados, já os da base são pouco translúcidos, fragmentados e angulosos, mas bem esféricos, o que indica uma maior alteração na base.

No testemunho P03, o topo (FIGURA 44-A) é marcado por ter quartzo em abundância (em torno de 70%) mas com grãos menores, além de zircão, biotita e gipso. Observa-se espículas escuras, fragmentos de conchas e algas, e também gastrópodes. Na base (FIGURA 44-B), nota-se uma grande quantidade de espículas de ouriço, espículas escuras, a presença de fragmentos de conchas e litotâmnio, além da presença de quartzo (60%), biotita, briozoários, gastrópodes e conchas.

Figura 45: A: Topo do testemunho P03, onde nota-se a expressiva quantidade de quartzo; B: Base do testemunho P03, com grande quantidade de fragmentos de organismos.



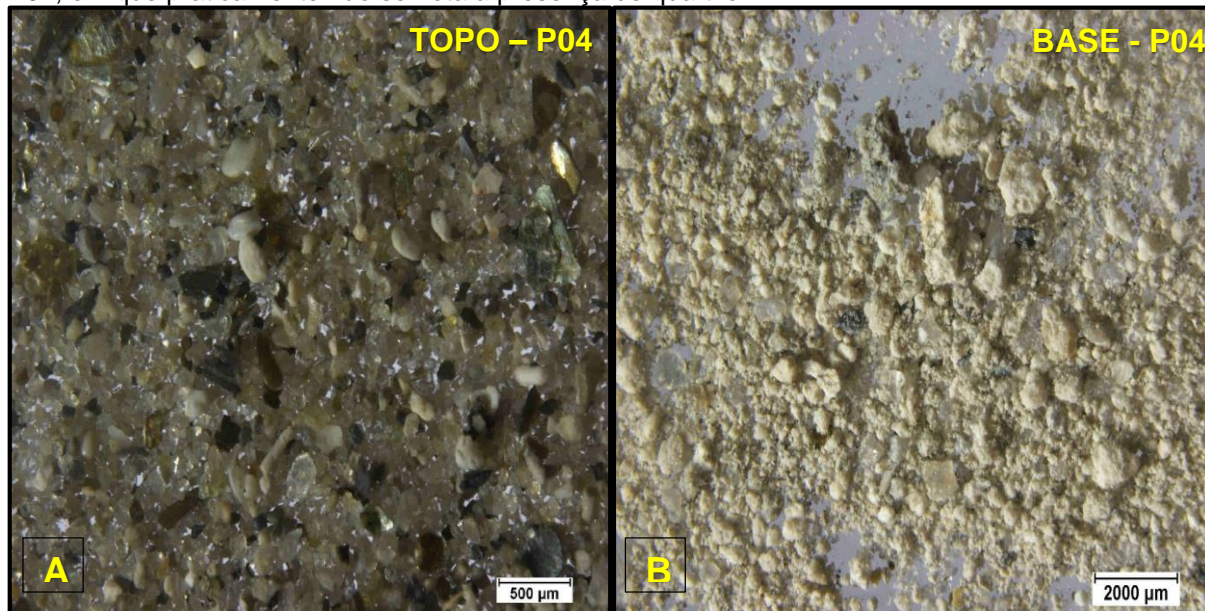
Fonte: elaborado pelo autor.

O topo é marcado por uma porcentagem de mica maior, e os grãos de quartzo são mais angulosos e pouco esféricos. Na base, os grãos de quartzo são mais esféricos e de sub-arredondados a sub-angular, poucos são angulosos.

A quantidade de quartzo em ambos é semelhante, o que diferencia é apenas o tamanho, sendo os do topo ligeiramente menores.

No testemunho P04 (FIGURA 45-A), o topo é marcado pela predominância de quartzo anguloso e translúcido, mica e gipso. Fragmentos de conchas, algas e espículas de ouriço também estão presentes, além de gastrópodes. A base de P04 (FIGURA 45-B) é extremamente diferente do topo, e também dos outros testemunhos. Isso se deve por ser uma porção que engloba uma rocha calcária, com poucos minerais pesados, sem mica, pouco quartzo (alguns são angulosos e outros arredondados). Apresenta alguns organismos, mas bastante alterados, o que dificulta sua identificação.

Figura 46: A: Topo do testemunho P04, com grande quantidade de quartzo; B: Base do testemunho P04, em que praticamente não se nota a presença de quartzo.



Fonte: elaborado pelo autor.

Observando-se as comparações entre topo e base, no geral a base encontra-se bem mais alterada que o topo, com os fragmentos mais escuros, quartzos angulosos e pouco translúcidos, o que indica um menor transporte na base, já que no topo o quartzo é menos anguloso, mais arredondado, e os fragmentos são menos escuros. Além disso, o fato de serem encontrados apenas foraminíferos bentônicos já era esperado, pois o ambiente se encontra na costa do continente, onde predominam, visto que com o aumento da distância com sentido para o mar, as proporções de bentônicos tendem a diminuir.

8. CONCLUSÃO

A descrição das fácies sedimentares é uma das principais referências para o entendimento da evolução sedimentar da planície de maré no período Quaternário. Foram descritas 7 fácies distribuídas nos 4 pontos de coleta. As estruturas encontradas nos testemunhos são homogêneas, alguns contatos gradacionais e bruscos, muito mineral micáceo, e fragmentos de organismos marinhos e corais, o que permite uma interpretação preliminar das condições de deposição na região.

A análise granulométrica e o tratamento estatístico das amostras mostrou que os grãos dos sedimentos coletados apresentam um diâmetro médio que os classifica como areias muito finas e areias médias. Com relação ao grau de seleção (ou desvio padrão), há o domínio de moderadamente selecionado a muito pobremente selecionado, com maturidade textural intermediária. A análise da curtose apontou um equilíbrio entre leptocúrtica e muito leptocúrtica, com mesocúrtica, platicúrtica e muito platicúrtica, o que sugere um ambiente equilibrado energeticamente, pois os leptocúrticos sugerem um ambiente mais energético, e o platicúrtico menos energético. Quanto a assimetria, há um predomínio da classe aproximadamente simétrica (34,7%), com uma ligeira tendência à assimetria positiva.

A partir dos resultados, sugere-se que a planície de maré apresente uma baixa energia, porém, alguns valores equilibrados como o de curtose e assimetria podem sugerir um ambiente não muito calmo, além da corrente de deriva ser o agente transportador.

Os valores de carbonato de cálcio nos sedimentos apresentaram valores médios a altos, com a maior média de teor ocorrendo no testemunho P01, mais distante da costa. A base do testemunho P04, do extremo leste, foi o único a ter um teor de 100%, por ser uma porção de rocha calcárea, provavelmente uma rocha submersa resultante de antigas linhas de falésias. Os outros dois testemunhos, P02 e P03 variam em sequência, aumentando e diminuindo. O que desperta a curiosidade neste resultado, é a heterogeneidade em relação a estes teores, e a forma como eles se dispõem no testemunho, sendo que uns ocorrem de forma progressiva e outros variam de forma cíclica, ou seja, possivelmente a mudança de sedimentação é diferente em cada um. Além disso, essas variações podem indicar que o ambiente foi mais energético em alguns períodos.

Curiosamente, em relação a matéria orgânica e carbono orgânico, os maiores valores foram encontrados nos extremos da planície de maré, nos testemunhos P03 e P04. O fato que gera essa curiosidade é o testemunho P02, o mais próximo ao mangue, apresentar teores menores que P03 e P04. Isso provavelmente se deve pela corrente de água ativa que retira a matéria orgânica, pois o ponto P02 foi inserido na beira de um canal de maré. Como as amostras de topo apresentam teores menores que a base, sugere-se uma sedimentação de baixa energia, o que é corroborado pela análise granulométrica e pelo tratamento estatístico, já descritos.

Os minerais pesados mais abundantes na área foram turmalina, biotita e ilmenita, com a turmalina sempre em grandes proporções. Os minerais ZTR são ultra estáveis e conseguem resistir tanto ao intemperismo químico quanto ao físico, contribuindo para que esse grupo ocorra em maior quantidade na assembleia.

Parte das amostras analisadas apresenta o teor de minerais metamórficos superior a 30%, isso significa dizer que a contribuição para a composição dos minerais pesados pelo metamorfismo existe. Porém alguns fatores influenciaram para que a quantidade desses minerais não fosse maior na fração de pesados. Os componentes minerais dos sedimentos analisados foram submetidos ao intemperismo, sobretudo o químico ao longo do tempo geológico, e em um dado momento sofreram algum tipo de transporte sedimentar. Outro fator importante é que o grupo II, por sua vez, apresenta minerais pouco resistentes às condições locais de intemperismo.

A assembleia de minerais pesados da área estudada reflete proveniências do retrabalhamento dos sedimentos da Formação Barreiras e de contribuição do intemperismo de rochas da Formação Santarém. Os minerais biotita, estaurolita e silimanita são espécies indicativas de metamorfismo regional e possivelmente provêm dos micaxistos da Formação Santarém. Os minerais diopsídio e epidoto também são espécies indicativas de metamorfismo regional e ocorrem geralmente em calcários metamorfizados onde, possivelmente, provêm dos metacalcários da Formação Santarém. A turmalina, zircão, magnetita, ilmenita e monazita são espécies predominantes em rochas ígneas. A Ilmenita associa-se com magnetita, monazita, zircão e rutilo, constituindo as areias pretas que ocorrem em zonas costeiras (Klein e Dutrow, 2012). A turmalina é um mineral típico de pegmatitos graníticos e também ocorre em sedimentos marinhos e aluvionares, além de calcários metamórficos. A

abundância de turmalina nas amostras analisadas sugere que houve retrabalhamento de sedimentos antigos oriundos da Formação Barreiras.

Em relação aos bióticos, a maioria dos foraminíferos encontrados apresentam-se com carapaças inteiras e com coloração branca, algumas amareladas, o que indica um transporte por suspensão em ambiente de baixa energia com rápida sedimentação do organismo.

Portanto, este estudo foi de grande importância para caracterização da planície de maré de Icapuí, com a geração de informações concernentes aos possíveis meios de transporte e sedimentação que foram responsáveis pela formação do ambiente. Todavia, devido a heterogeneidade entre os testemunhos, como foi observado nos resultados (por exemplo, os testemunhos P01 e P02, os mais próximos um do outro, não serem tão semelhantes), este ambiente é complexo e necessita de mais pesquisas para uma caracterização mais ampla, a fim de se obter maior riqueza de informações e detalhes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELIM, L. A. de A.; MEDEIROS, V. C.; NESI, J. R. Programa Geologia do Brasil (PGB). **Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala. 1 500.000. Programa Geologia do Brasil-PGB: Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte.** Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala 1: 500.000, 2006.

ARARIPE, P. de T.; FEIJÓ, F. J. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, v. 8, n. 1, p. 127-141, 1994.

BARROS, Eduardo Lacerda. **Caracterização Faciológica da Plataforma Continental Interna de Icapuí, Ceará.** 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M. ; FERREIRA, Y. A.. **Evolução Paleogeográfica Quaternária da Costa do Estado de Sergipe e da Costa Sul do Estado de Alagoas.** Revista brasileira de geociências, v. 13, n. 2, p. 93-97, 1983.

CAMPOS SILVA, A. **Contribuição ao estudo do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte.** Coleção Mossoroense: Mossoró, Série B, n.391, 14pp, 1983.

CHAPMAN, V. J. Mangrove biogeography. **Proc. Int. Symp. Biology and Management of Mangroves**, v.1, 1975. p. 3-22.

CIRCULACIÓN General De La Atmósfera En Colombia. Disponível em: <<https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ClimatologiaCaribe1.php>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

CPTEC/INPE. **Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos.** Acesso em dezembro de 2017.

DANDOLINI, Marlene. **Marés.** Disponível em: <<http://planetario.ufsc.br/mares/>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

DA SILVA C. R & DANTAS, M. E. **Mapas Geoambientais**, Rio de Janeiro, Disponível
http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapas_geoambientais_SC GG.pdf. Acesso em: 09 de novembro. 2017.

DE FREITAS P. P. **Modelagem Hidrodinâmica da Circulação sobre a plataforma continental do Ceará – Brasil.** 2015

DHN. **Diretoria de Hidrografia e Navegação.** Acesso em dezembro de 2017.

FEITOSA, E. C.; FEITOSA, F. C.; LIRA, H. M. Porto. **Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a Bacia Costeira PE/PB/RN – uma hipótese de trabalho**. Águas Subterrâneas, n. 1, 2002.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Acesso em dezembro de 2017.

JOHNS, W. E.; LEE, T. N. **Annual cycle and variability of the north brazil current**. Journal of Physical Oceanography, v. 28, p. 103 – 128, 1998.

LIMA, S.F. 2001. **ANASED: programa de análises, classificação e arquivamento de parâmetros metodológicos**. XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários, Mariluz-Imbé, ABEUA, p.458-459.

LORING, Douglas H.; RANTALA, R. T. T. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. **Earth-science reviews**, v. 32, n. 4, p. 235-283, 1992.

MATOS, R. M. D. **Sistema de riftes cretáceos do NE Brasileiro**. In: SEMINÁRIO DE TECTÔNICA DA PETROBRAS, 1, 1987, Rio de Janeiro. Atas. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPS/DEPEX, 1987. p.126-159.

MARTIN, L; SUGUIO, K; FLEXOR, J. M. **As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de “deltas brasileiros”**. Boletim IG-USP, nº15. p.1 – 186, 1993.

MAYER, E. 1974. **Estratificação preliminar na Plataforma Continental da Bacia Potiguar, Rio Grande do Norte**. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. Rel. Interno

MEIRELES, A. J. A. **Mapeamento Geológico - Geomorfológico do Quaternário Costeiro de Icapuí – Extremo Leste do Estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 133 p. 1991.

MONTEIRO NETO, C., De Andrade Cunha, F. E., Carvalho Nottingham, M., Araújo, M. E., Lucena Rosa, I., & Leite Barros, G. M. (2003). **Analysis of the marine ornamental fish trade at Ceará State, northeast Brazil**. Biodiversity and Conservation, 12(6), 1287-1295.

MORAIS, Soyla Olenka Correa de. **CARACTERIZAÇÃO DA CORRENTE NORTE DO BRASIL NA REGIÃO DA RETROFLEXÃO**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/SoylaOlenkaCorreiaDeMoraes.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2017.

MORELATTO, Rodrigo; FABIANOVICZ, Rosemari. **Bacia Potiguar: Sumário Geológico e Setores em Oferta**. 2015. Disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/areas_oferecidas_r13/Sumarios_Geologicos/Sumario_Geologico_Bacia_Potiguar_R13.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2017.

MOURA, M.R. 2009. **Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará entre 1970 e 2008**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará, 137p.

OLIVEIRA A.I. & Leonardos O.H. 1943. **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Serv. Inf. Agric., 813p.

OLIVEIRA, P. R. A. (2009). **Caracterização morfológica e sedimentológica da plataforma, continental brasileira adjacente aos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí-CE** (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

PARFENOFF, Alexandre. **Les Minéraux en grains: méthodes d'étude et détermination par Alexandre Parfenoff, ... Charles Pomerol, ... Josette Tourenq**. Masson et Cie, 1970.

PESSOA NETO, O.C., Soares U.M., Silva J.G.F., Roesner E.H., Florencio C.P., Souza C.A.V. 2007. **Bacia Potiguar**. Boletim de Geociências da Petrobras, 15(2):357-369.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

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

SOUTH Atlantic. Disponível em: http://www.cruiserswiki.org/wiki/South_Atlantic. Acesso em: 19 dez. 2017.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1973.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Paulo's Com. Art. Graf. 366p. 1999.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. 1st Edition, Edgard Blucher, Sao Paulo. (2003)

SOUZA S.M. 1982. **Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador, Anais, 5:2392-2406.

THOM, B. G. **Mangrove ecology: a geomorphological perspective**. Mangrove ecosystems in Australia, structure, function and management (ed. by B. F. Clough). p. 3-17, 1982.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

WOODROFFE, C. D. **Geomorphology and development of mangrove swamps**. Grand Cayman island, West Indies, *Bulletin of Marine science*, nº 32, v.2, p.381 – 398, 1982.

ANEXO A – FICHA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS TESTEMUNHOS COLETADOS, COM SEUS RESPECTIVOS PESOS (EM GRAMAS) RETIDOS.

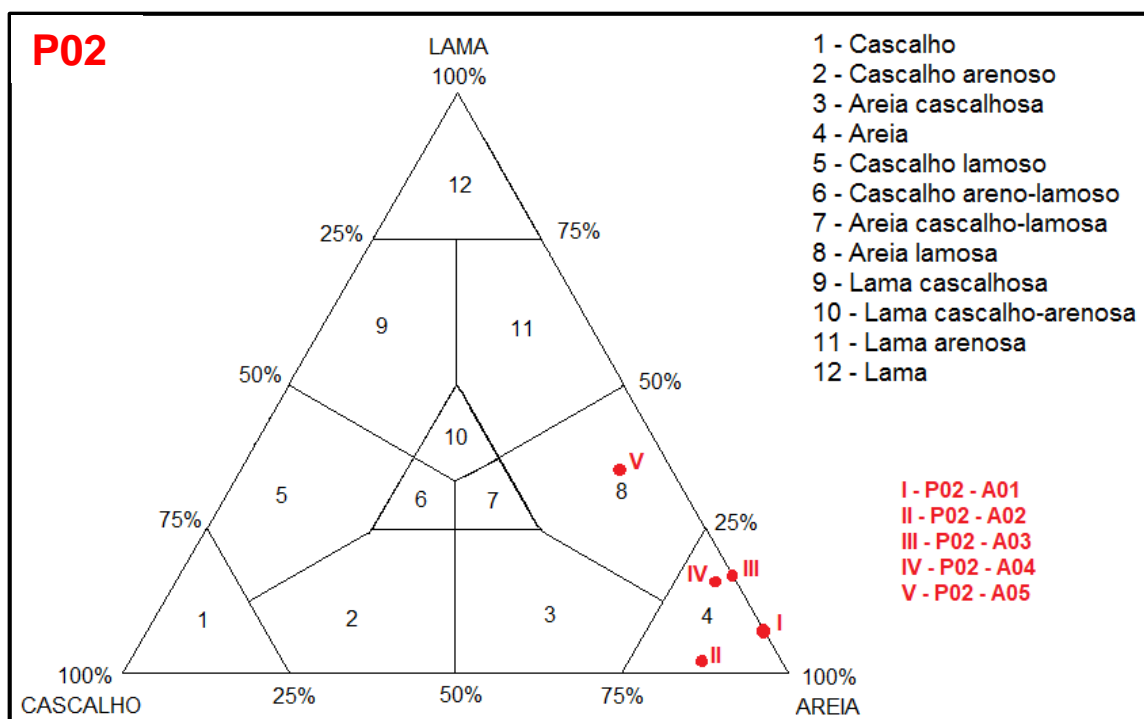
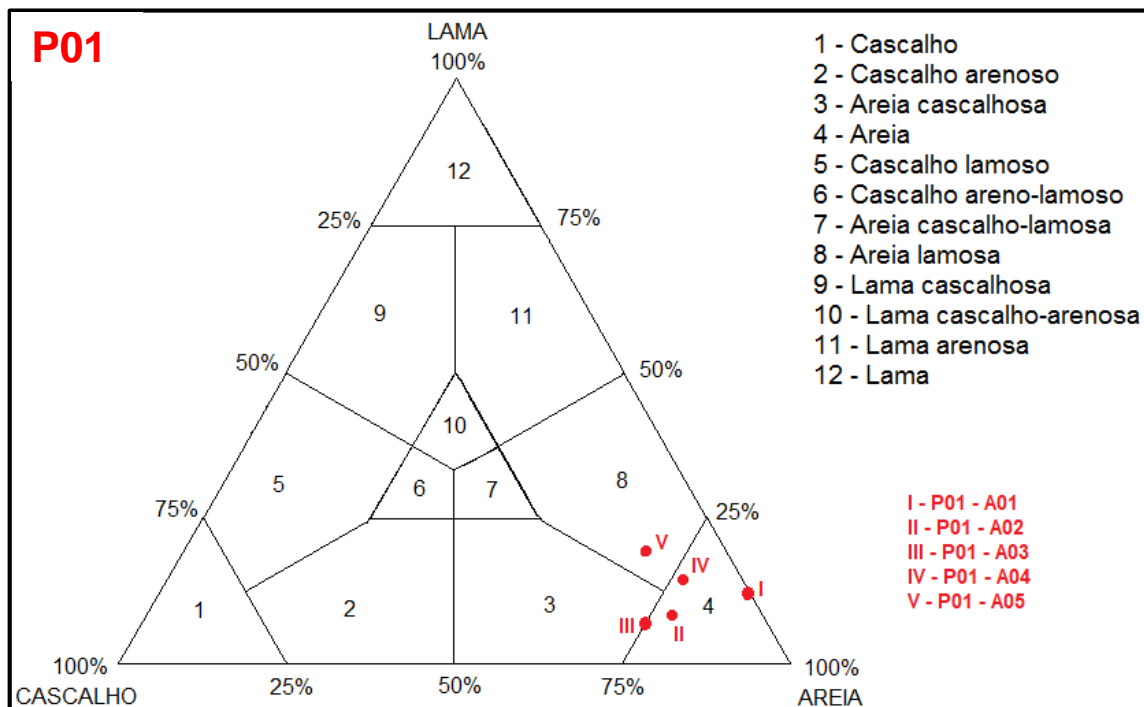
	P01-A01	P01-A02	P01-A03	P01-A04	P01-A05
Peso Inicial (g)	100,00g	100,02g	100,00g	100,00g	100,00g
Diâmetro					
4,000	0,086	9,29	11,63	5,27	8,50
2,830	0	1,38	2,70	1,25	0,83
2,000	0,020	1,09	2,85	1,86	1,81
1,410	0,030	1,02	4,95	3,19	2,30
1,000	0,09	2,20	8,22	4,66	3,90
0,710	0,10	3,60	12,59	6,50	6,91
0,500	0,13	4,09	11,25	7,41	7,18
0,354	0,27	6,24	13,00	12,57	10,46
0,250	0,40	2,83	5,31	11,20	9,39
0,177	0,79	0,54	0,78	2,03	3,27
0,125	4,29	4,01	3,75	6,58	8,45
0,088	42,46	28,31	6,50	6,36	6,25
0,062	38,79	26,84	8,90	16,63	13,48
Lama/Finos	12,574	8,58	7,57	14,49	17,27

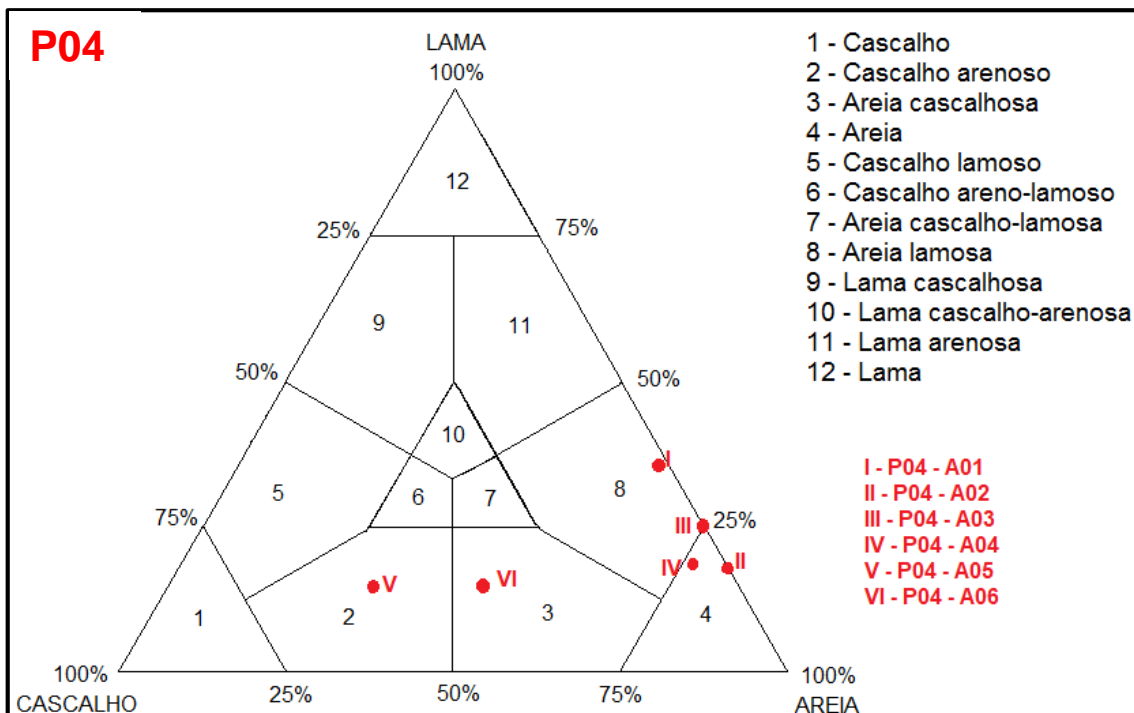
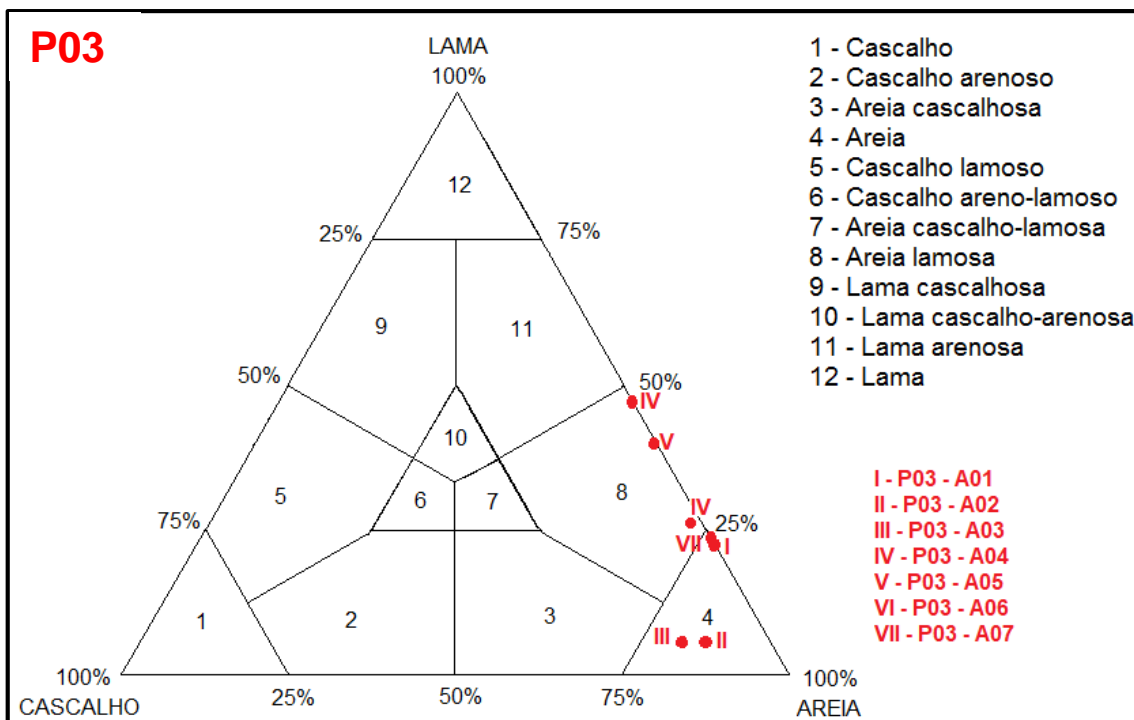
	P02-A01	P02-A02	P02-A03	P02-A04	P02-A05
Peso Inicial (g)	100,00g	100,01g	100,01g	100,01g	100,01g
Diâmetro					
4,000	0	9,28	0,28	0,42	7,00
2,830	0	1,31	0,13	0,50	0,54
2,000	0	1,32	0,30	0,35	0,36
1,410	0,013	3,12	0,36	0,38	0,61
1,000	0,01	5,22	0,78	0,90	1,01
0,710	0,04	10,14	1,59	2,07	1,81
0,500	0,06	11,17	1,64	2,05	1,45
0,354	0,15	14,55	2,68	2,48	1,59
0,250	0,30	4,58	2,16	1,79	1,09
0,177	0,36	2,64	1,68	2,13	0,70
0,125	4,83	7,70	5,90	5,18	2,28
0,088	54,73	14,61	31,72	34,58	16,58
0,062	29,79	12,12	31,44	29,81	29,36
Lama/Finos	9,717	2,25	15,51	17,37	35,63

	P03-A01	P03-A02	P03-A03	P03-A04	P03-A05	P03-A06	P03-A07
Peso Inicial (g)	100,01g	100,00g	100,00g	100,00g	50,01g	40,00g	100,00g
Diâmetro							
4,000	0	6,91	10,82	1,03	0	0	0,08
2,830	0	0,61	0,79	0,18	0	0	0,20
2,000	0,03	0,62	0,45	0,03	0	0,03	0,16
1,410	0,19	1,46	1,00	0,08	0,04	0,11	0,41
1,000	0,46	3,46	2,63	0,10	0,07	0,11	0,83
0,710	1,17	11,62	9,11	0,31	0,16	0,20	1,94
0,500	2,22	17,68	13,01	0,47	0,21	0,24	2,41
0,354	3,41	19,11	15,18	0,61	0,28	0,35	4,38
0,250	0,88	3,50	6,32	0,46	0,24	0,34	4,99
0,177	0,62	0,80	0,44	0,32	0,36	0,35	1,62
0,125	3,05	1,59	3,15	2,05	0,88	0,59	9,32
0,088	27,98	5,64	10,70	22,83	0,57	1,77	15,48
0,062	38,26	19,47	19,54	45,50	26,32	17,69	35,74
Lama/Finos	21,74	7,53	6,86	26,03	20,87	18,22	22,44

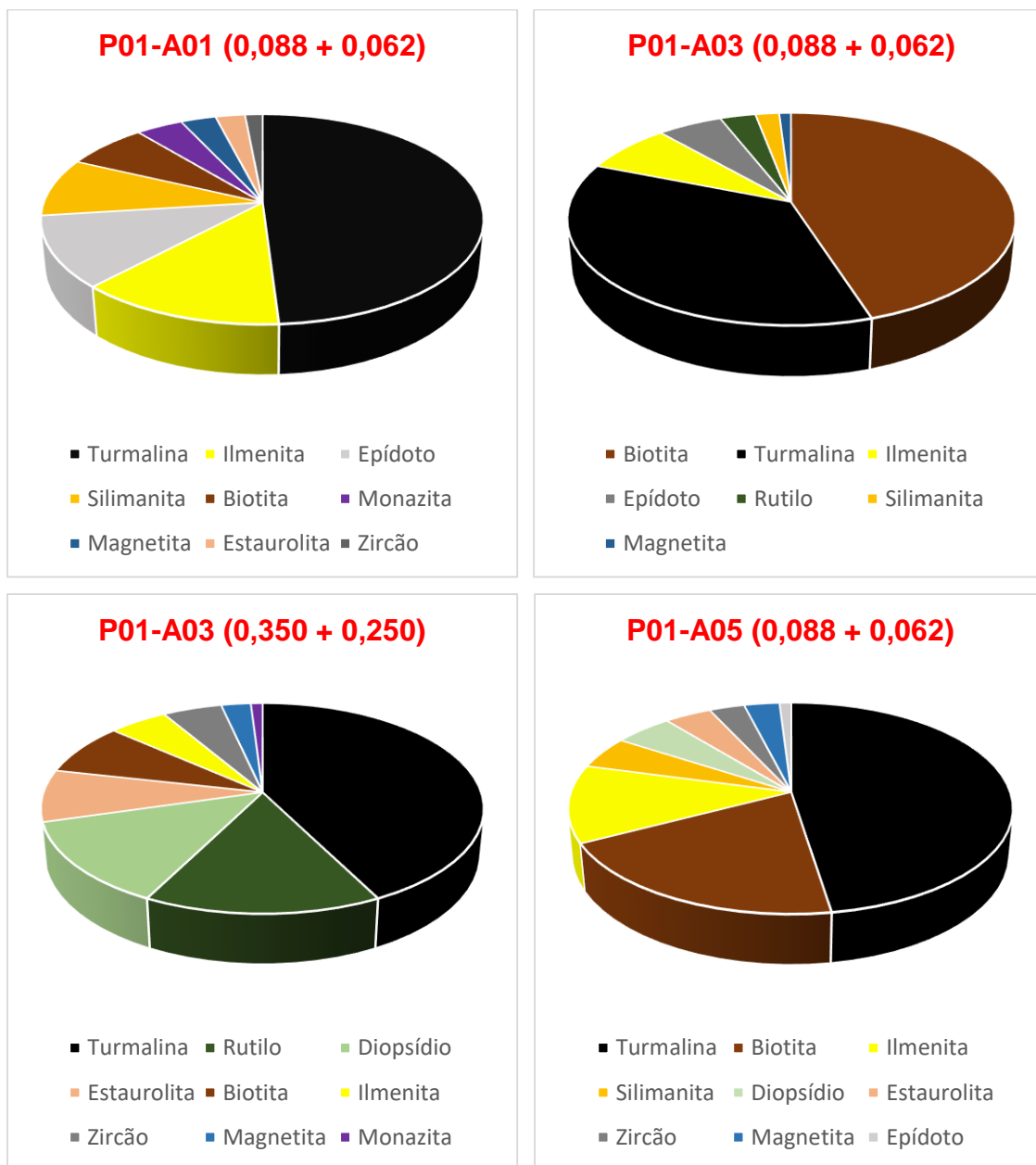
	P04-A01	P04-A02	P04-A03	P04-A04	P04-A05	P04-A06
Peso Inicial (g)	100,02g	100,02g	100,00g	100,00g	100,00g	100,02g
Diâmetro						
4,000	1,34	0,01	0	2,44	44,93	29,00
2,830	0,02	0,02	0	0,75	4,53	4,16
2,000	0,09	0,05	0,04	1,21	3,09	3,60
1,410	0,06	0,06	0,05	1,18	3,26	2,38
1,000	0,06	0,08	0,05	1,21	2,81	1,78
0,710	0,06	0,13	0,06	1,22	3,75	1,97
0,500	0,03	0,28	0,12	2,66	3,65	2,32
0,354	0,08	0,98	0,30	10,42	5,41	5,65
0,250	0,16	1,33	0,34	8,43	3,64	5,05
0,177	0,52	0,72	0,16	3,53	2,51	3,48
0,125	2,40	2,43	1,92	6,40	2,35	2,92
0,088	21,83	25,81	18,58	7,28	0,77	4,40
0,062	39,61	50,95	53,91	34,69	3,74	19,03
Lama/Finos	33,74	17,15	24,47	18,58	15,56	14,26

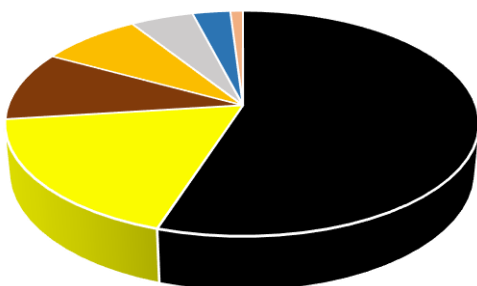
ANEXO B – DIAGRAMAS TRIANGULARES DE SHEPARD (1954) DAS AMOSTRAS DOS TESTEMUNHOS.



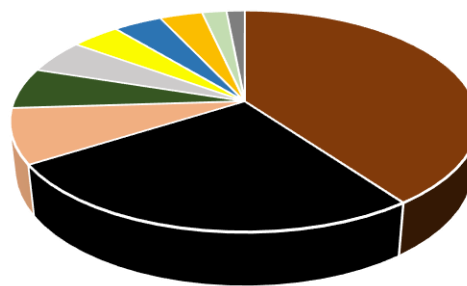


ANEXO C – GRÁFICOS E TABELA DE MINERAIS PESADOS.

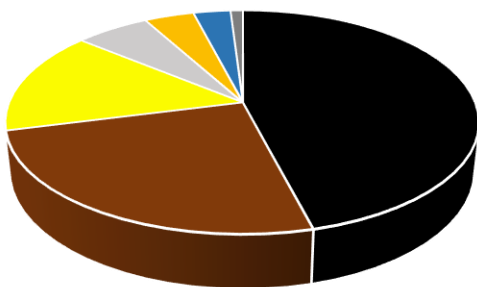


P02-A01 (0,088 + 0,062)

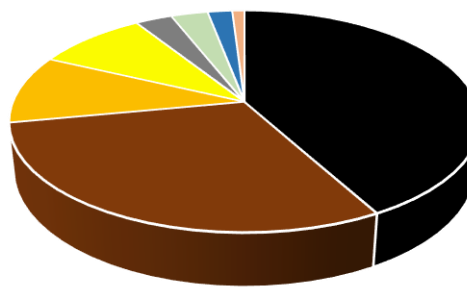
■ Turmalina ■ Ilmenita ■ Biotita
 ■ Silimanita ■ Epídoto ■ Magnetita
 ■ Estaurolita

P02 - A02 (0,350 + 0,250)

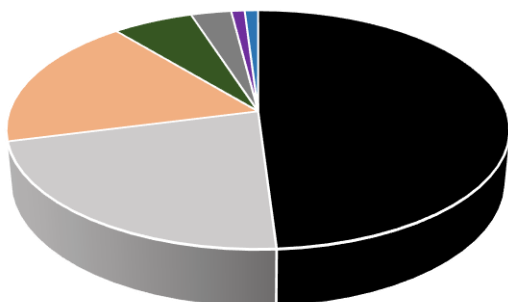
■ Biotita ■ Turmalina ■ Estaurolita
 ■ Rutilo ■ Epídoto ■ Ilmenita
 ■ Magnetita ■ Silimanita ■ Diopsídio
 ■ Zircão

P02 - A05 (0,088 + 0,062)

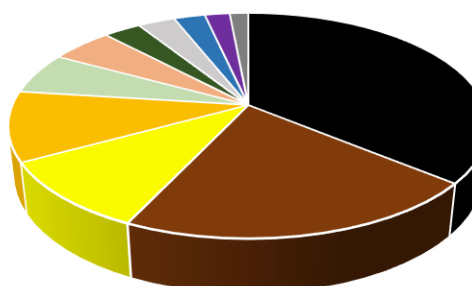
■ Turmalina ■ Biotita ■ Ilmenita
 ■ Epídoto ■ Silimanita ■ Magnetita
 ■ Zircão

P03 - A03 (0,088 + 0,062)

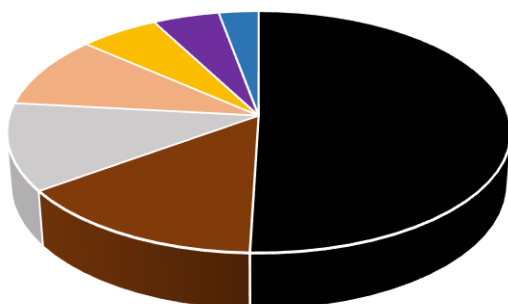
■ Turmalina ■ Biotita ■ Silimanita
 ■ Ilmenita ■ Zircão ■ Diopsídio
 ■ Magnetita ■ Estaurolita

P03 - A03 (0,350 + 0,250)

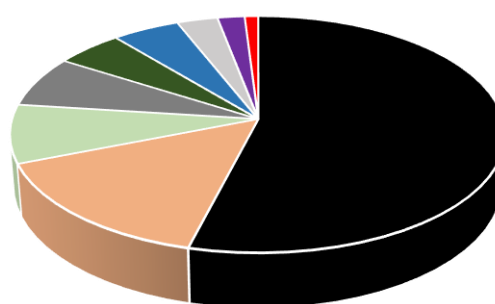
■ Turmalina ■ Epídoto ■ Estaurolita
 ■ Rutilo ■ Zircão ■ Monazita
 ■ Magnetita

P03 - A07 (0,088 + 0,062)

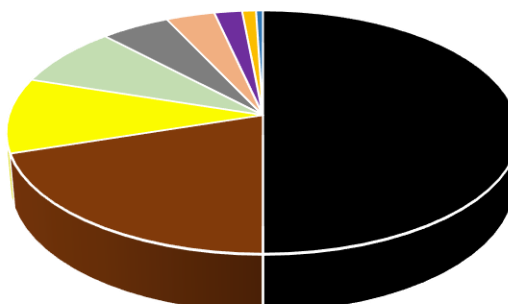
■ Turmalina ■ Biotita ■ Ilmenita
 ■ Silimanita ■ Diopsídio ■ Estaurolita
 ■ Rutilo ■ Epídoto ■ Magnetita
 ■ Monazita ■ Zircão

P04 - A04 (0,088 + 0,062)

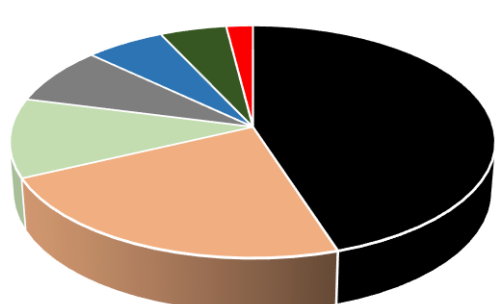
■ Turmalina ■ Biotita ■ Epídoto
 ■ Estaurolita ■ Ilmenita ■ Monazita
 ■ Magnetita

P04 - A04 (0,350 + 0,250)

■ Turmalina ■ Estaurolita ■ Diopsídio
 ■ Zircão ■ Rutilo ■ Magnetita
 ■ Epídoto ■ Monazita ■ Granada

P04 - A06 (0,088 + 0,062)

■ Turmalina ■ Biotita ■ Ilmenita
 ■ Diopsídio ■ Zircão ■ Estaurolita
 ■ Monazita ■ Silimanita ■ Magnetita

P04 - A06 (0,350 + 0,250)

■ Turmalina ■ Estaurolita ■ Diopsídio
 ■ Zircão ■ Magnetita ■ Rutilo
 ■ Granada

ANEXO D – TABELA DE DADOS E CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS DOS TESTEMUNHOS.

AMOSTRA	NÍVEL	% CASCALHO	% AREIA	% LAMA	% TEOR DE CaCO ₃	CLASSIFICAÇÃO (Freire)
P01-A01	10-20cm	0.1	87.32	12.57	53	Areia Biosiliciclástica
P01-A02	37-47cm	11.75	79.66	8.58	64.8	Areia Biosiliciclástica
P01-A03	55-65cm	17.18	75.25	7.57	85.41	Areia Bioclástica com grânulos e cascalhos
P01-A04	90-100cm	8.38	77.13	14.49	92.15	Areia Bioclástica
P01-A05	150-160cm	11.14	71.59	17.27	98.04	Lama Calcárea
P02-A01	4-14cm	0	90.28	9.72	39.97	Areia silicibioclástica
P02-A02	54-67cm	11.9	85.84	2.25	86.26	Areia Bioclástica
P02-A03	85-95cm	0.73	83.13	16.13	48.39	Marga Arenosa
P02-A04	120-130cm	1.26	81.36	17.37	40.81	Marga Arenosa
P02-A05	147-157cm	7.89	56.47	35.63	58.06	Marga Calcárea
3-13cm	P03-A01	0.02	78.23	21.74	58.91	Marga Calcárea
19-28cm	P03-A02	8.14	84.33	7.53	90.88	Areia Bioclástica
36-46cm	P03-A03	12.06	81.08	6.86	84.57	Areia Bioclástica
70-80cm	P03-A04	1.24	72.73	26.03	38.71	Marga Arenosa
100-110cm	P03-A05	0	58.26	41.74	50.07	Marga Calcárea
115-121cm	P03-A06	0.07	54.37	45.55	50.49	Marga Calcárea
140-150cm	P03-A07	0.44	77.12	22.44	72.79	Lama Calcárea
3-13cm	P04-A01	1.45	64.81	33.74	73.39	Lama Calcárea
26-36cm	P04-A02	0.08	82.77	17.15	40.32	Marga Arenosa
56-66cm	P04-A03	0.04	75.49	24.47	70.16	Lama Calcárea
91-101cm	P04-A04	4.4	77.02	18.58	55.24	Marga Calcárea
113-116cm	P04-A06	36.76	48.98	14.26	79.84	Areia Bioclástica com grânulos e cascalhos
116-123cm	P04-A05	52.55	31.89	15.56	100	Lama Calcárea

