



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

JULIANA ALMEIDA RIBEIRO

**ACUMULAÇÕES QUÍMICAS E MARCADORES ORGANOFÍLICOS DO
QUATERNÁRIO SUPERIOR DA SUB-BACIA DE ICARAÍ, ITAREMA-CE, BRASIL**

FORTALEZA

2020

JULIANA ALMEIDA RIBEIRO

ACUMULAÇÕES QUÍMICAS E MARCADORES ORGANOFÍLICOS DO
QUATERNÁRIO SUPERIOR DA SUB-BACIA DE ICARAÍ, ITAREMA-CE, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geodinâmica e Recursos Minerais.

Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

FORTALEZA

2020

R369a Ribeiro, Juliana Almeida.

Acumulações químicas e marcadores organofílicos do Quaternário superior da sub-bacia de Icaraí, Itarema-CE, Brasil / Juliana Almeida Ribeiro. – 2021. 194 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire .

1. Compostos orgânicos. 2. Marcadores químicos marinhos . 3. Talude continental. I. Título.

CDD 551

JULIANA ALMEIDA RIBEIRO

ACUMULAÇÕES QUÍMICAS E MARCADORES ORGANOFÍLICOS DO
QUATERNÁRIO SUPERIOR DA SUB-BACIA DE ICARAÍ, ITAREMA-CE, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia e Linha de Pesquisa: Geodinâmica e Recursos Minerais.

Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Márcio Mendes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Maamar El-Robrini
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso
Universidade Estadual de Pernambuco (UFPE)

Dedico este trabalho aos meus amados pais Maria Carmencita e Artênio, que me mostram a cada dia o poder do amor incondicional e me ensinam que a fé e a força de vontade são as grandes geratrizes das vitórias da Vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que é minha origem e minha sina, pela oportunidade da realização deste sonho e pela força dada a mim e aos meus nesta caminhada na senda da Vida.

Aos meus pais, a quem amo infinitamente, por me proporcionarem esta inexplicável experiência e por sempre me apoiarem, ensinando-me a ver além daquilo que meus olhos alcançam.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio à infraestrutura que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa científica e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap), pelo auxílio financeiro para a finalização exitosa deste trabalho científico.

À Coordenadora do Programa de Pós Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Profa. Dra. Cynthia Romariz, pelo notável empenho e dedicação ao curso e aos alunos deste programa.

À Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) por mais uma vez tornar viável a investigação sedimentológica de locais com promissores recursos e venturosa história geológica.

Ao Prof. Dr. George Satander, pela orientação, paciência e inúmeros ensinamentos compartilhados durante o curso. Levarei seu nome no meu trabalho e nas melhores lembranças deste mestrado.

Aos professores participantes da banca examinadora pela disponibilidade de partilharem comigo este momento de engrandecimento acadêmico, profissional e pessoal.

Ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) e Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGA), pela disponibilização de estrutura necessária à obtenção de dados laboratoriais e desenvolvimento da pesquisa. Aqui, cabe agradecer aos meus estimados colegas e queridos amigos, com quem compartilhei (e pretendo compartilhar ainda) tantos momentos alegres, gloriosos e repletos de risos. Que estes sempre sobressaiam às lágrimas desditosas que, fortuitamente, possam aparecer em nosso caminho.

Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME) e ao Laboratório de Raios-X (LRX), pela possibilidade de realização de análises e auxílio durante as pesquisas quase infindáveis.

À Coordenação do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade de Fortaleza (Unifor), na pessoa do querido amigo e coordenador Prof. Dr. Oyrton Monteiro e

técnicos Priscila e Márcio, pela acolhida sempre prestimosa e pela disponibilização da infraestrutura laboratorial impecável desta estimada universidade.

Ao Dr. David Martins e Dr. Eneias Uchoa por me mostrarem a base quando me faltou chão e a força quando estive fraca.

Ao Carlos Márcio, Denise Fernandes e à bióloga e colega de percursos Lilian Xavier pelo carinho e apoio, e a todos aqueles que estiveram comigo com respostas às minhas dúvidas, sugestões enriquecedoras e que me dedicaram inestimável atenção durante esta jornada.

“O resultado, portanto, de nossas investigações é que não encontramos nenhum vestígio de começo e nenhuma perspectiva de fim.”

James Hutton. 1788.

RESUMO

Por meio da utilização de testemunhagem com três amostradores no Quaternário da costa oeste do Ceará-Brasil, em Itarema, esta pesquisa aplica métodos para análises de parâmetros químicos e bióticos demonstrando teores de CaCO_3 acima de 80%; concentração de Matéria Orgânica (MO) e Carbono Orgânico (CO) com tendência à alteração de Querogênio I; Nitrogênio Total marinho e terrestre; detecção de grupos funcionais orgânicos ligados ao Ca, indicando grupos enzimáticos e metabólitos, por meio de Espectrofotometria de Infravermelho; comportamento mineralógico de Fe, K, Si e Al através de Difractometria de Raios-X e as disposições morfológicas dos grãos vistas na Exoscopia; identificações microfaunísticas e sua relação com o ambiente deposicional. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) ligados ao processo de maturação da matéria orgânica, minerais carbonatados como Dolomita, Caulinita e Magnesita e razão elevada de foraminíferos Planctônicos/Bentônicos (razão P/B) sugerem pouca alteração do nível do mar, mas grande influência fluvial e estuarina recente, demonstrada pelos foraminíferos do plexo *G. menardii* como o principal bioindicador de temperatura oceânica no litoral oeste cearense. Nitrificação e desnitrificação, sulfatação e fosfatação marcam as atividades microbiológicas redutoras e oxidantes residuais constantes nas alterações de pH e ORP. Processos diagenéticos e mineralizações, como dolomitização e piritização em algumas camadas, correlacionados à presença de componentes algálicos mostram consolidado sistema turbidítico.

Palavras-chave: Compostos orgânicos. Marcadores químicos marinhos. Talude continental.

ABSTRACT

By using of three sampled in the Quaternary of the west coast of Ceará-Brazil, in Itarema, this research applies methods for analysis of chemical and biotic parameters, showing CaCO₃ above 80%; concentration of Organic Matter (OM) and Organic Carbon (OC) with a tendency to alter Kerogen I; marine and terrestrial Nitrogen; detection of Ca linked groups in indicate enzymatic groups and metabolites, as showed by of Infrared Spectrophotometry; mineralogical activities of Fe, K, Si and Al through X-ray diffractometry and the morphologic characteristics by Exoscopy; microfaunistic identifications and their relationship with the depositional environment. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in the maturation process of organic matter, carbonated minerals such as Dolomite, Kaolinite and Magnesite and high ratio of Planktonic x Benthic foraminifera (B / W ratio) demonstrate few changes of sea level, but great fluvial and recent estuarine impact, pointed by *G. menardii* plexus foraminíferous as the main bioindicator of ocean temperature on the west coast of Ceará. Nitrification and denitrification, sulfation and phosphating mark as reducing microbiological activities and residual oxidants in the ORP e pH changes. Diagenetic processes and mineralizations, such as dolomitization and pyridization in some layers, correlated to the presence of algalic components evidence a consolidated turbiditic system.

Keywords: Organic compounds. Marine markers. Continental slope.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local de coleta.....	22
Figura 2 - Esquema de margem continental.....	23
Figura 3 - Plataforma continental brasileira.....	24
Figura 4 - Bacias sedimentares brasileiras (Norte e Nordeste).....	25
Figura 5 - Classificação dimensional de organismos planctônicos.....	28
Figura 6 - Bacia do Ceará.....	35
Figura 7 - Carta Estratigráfica das Sub-bacias Acaraú-Icaraí.....	36
Figura 8 - Arcabouço da Bacia do Ceará.....	37
Figura 9 - Navio Fugro Odyssey.....	41
Figura 10 - <i>Piston corer</i>	42
Figura 11 - Abertura dos <i>liner</i>	42
Figura 12 - Divisão do testemunho para descrição macroscópica.....	43
Figura 13 - Equipamento para granulometria <i>Rot-Up</i>	45
Figura 14 - Mistura do sedimento com coagulante.....	46
Figura 15 - Sifonação.....	46
Figura 16 - Kitasatos para determinação de Carbonato de Cálcio.....	47
Figura 17 - Calcímetro de Bernard.....	48
Figura 18 - Titulação com sulfato Ferroso amoniacal.....	50
Figura 19 - Microscópio Estereoscópico.....	51
Figura 20 - Equipamento de Infravermelho.....	52
Figura 21 - Destilador de Nitrogênio.....	54
Figura 22 - Microscópio eletrônico e dispersor.....	57
Figura 23 - Esquema descritivo do testemunho.....	59
Figura 24 - Diagrama de Sheppard.....	61
Figura 25 - Comparativo entre Textura e CaCO_3	65
Figura 26 - Relação entre CaCO_3 e MO e CO.....	67
Figura 27 - Foraminíferos e demais fragmentos.....	73
Figura 28 - Tecas e fragmentos opacos.....	74
Figura 29 - Minerais de mica e aglutinados.....	75
Figura 30 - Fragmentos de moluscos gastrópodes, tipo pterópode.....	77
Figura 31 - Esquema de foraminíferos representativos representativos representativos por amostra (de ANP-1207).....	78

Figura 32 - Correlação entre Razão P/B e análises orgânicas	79
Figura 33 - Reentrâncias mecânicas e químicas	81
Figura 34 - Marcas angulosas de arrancamento e dissolução.....	84
Figura 35 - Fraturas e cavidades.....	85
Figura 36 - Dissolução e arredondamento de extremidades.....	86
Figura 37 - Elementos detectados por MEV-EDS (topo)	88
Figura 38 - Elementos detectados por MEV-EDS (base)	89
Figura 39 - Razões químicas de influência telúrica e pelágica.....	90
Figura 40 - Relações químicas de intemperismo e alterações	91
Figura 41 - Comportamento de menardiformes e CaCO ₃	94
Figura 42 - Influência continental	95
Figura 43 - Análises multiparamétricas	95
Figura 44 - Esquema descritivo do testemunho.....	97
Figura 45 - Diagrama de Sheppard.....	99
Figura 46 - Comparativo entre Textura e CaCO ₃	103
Figura 47 - Relação entre CaCO ₃ e MO e CO.....	105
Figura 48 - Foraminíferos planctônicos de águas quentes	111
Figura 49 - Menardiformes e globigerinas	111
Figura 50 - Destaque pata tecas bentônicas.....	112
Figura 51 - Conglomerados mineralícos	113
Figura 52 - Tecas e mineralizações.....	114
Figura 53 - Testas e caudas de <i>pyramidatas</i> (pterópodos) fragmentadas	115
Figura 54 - Correlação entre Razão P/B e análises orgânicas	116
Figura 55 - Esquema de foraminíferos representativos por amostra (de ANP-1275)	116
Figura 56 - Grão anguloso com choque mecânico	118
Figura 57 - Relevo marcante e fraturas paralelas	119
Figura 58 - Grão com degraus	120
Figura 59 - Mineralizações e grãos de quatrzo.....	120
Figura 60 - Superfícies recentes e estriadas em paralelo.....	121
Figura 61 - Elementos detectados por MEV-EDS (topo)	125
Figura 62 - Elementos detectados por MEV-EDS (base)	125
Figura 63 - Razões químicas de influência telúrica e pelágica.....	126
Figura 64 - Relações químicas de intemperismo e alterações	126
Figura 65 - Comportamento de Carbonato de Cálcio e material orgânico	128

Figura 66 - Resultados multiparamétricos.....	129
Figura 67 - Esquema descritivo do testemunho.....	132
Figura 68 - Diagrama de Sheppard.....	133
Figura 69 - Material marinho costeiro.....	136
Figura 70 - Comparativo entre Textura e CaCO ₃	137
Figura 71 - Relação entre CaCO ₃ e MO e CO.....	139
Figura 72 - Globigerinóides e menardiformes bem preservados.....	143
Figura 73 - Conglomerados minerálicos.....	145
Figura 74 - Esquema de foraminíferos representativos por amostra (de ANP-1004).....	146
Figura 75 - Alterações granulares por dissolução.....	147
Figura 76 - Grãos com alto relevo.....	148
Figura 77 - Partículas com extremidades cuneiformes.....	149
Figura 78 - Elementos detectados por MEV-EDS.....	152
Figura 79 - Elementos detectados por MEV-EDS.....	152
Figura 80 - Razões químicas de influência telúrica e pelágica.....	153
Figura 81 - Relações químicas de intemperismo e alteração.....	154
Figura 82 - Modelo topográfico do talude continental de Itarema-CE.....	156
Figura 83 - Resultados multiparamétricos.....	157
Figura 84 - Comportamento entre <i>G. ruber</i> e CaCO ₃	157
Figura 85 - Marcação das Relações C/N e P/B.....	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de coleta	41
Tabela 2 – Estatísticas Granulométricas de Folk e Ward (1957).....	47
Tabela 3 – Resultados da análise granulométrica de ANP-1207	60
Tabela 4 – Teor de Carbonato de Cálcio em ANP-1207.....	64
Tabela 5 – Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico em ANP-1207	66
Tabela 6 – Valores de exoscopia dos grãos de quartzo	80
Tabela 7 – Resultados multiparamétricos de ANP-1207	87
Tabela 8 – Resultados da razão Carbono/Nitrogênio	87
Tabela 11 – Resultados da análise granulométrica de ANP-1275	98
Tabela 12 – Teor de Carbonato de Cálcio em ANP-1275.....	102
Tabela 13 – Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico em ANP-1275	104
Tabela 14 – Valores de exoscopia dos grãos de quartzo	117
Tabela 15 – Resultados multiparamétricos de ANP-1275	123
Tabela 16 – Resultados da razão Carbono/Nitrogênio	124
Tabela 17 – Resultados da análise granulométrica de ANP-1004.....	132
Tabela 18 – Teor de Carbonato de Cálcio em ANP-1004.....	136
Tabela 19 – Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico em ANP-1004	138
Tabela 20 – Valores de exoscopia dos grãos de quartzo	146
Tabela 21 – Resultados multiparamétricos de ANP-1004	150
Tabela 22 – Resultados da razão Carbono/Nitrogênio	151

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 – Teor de Carbonato.....	49
Equação 02 – Teor de MO.....	50
Equação 03 – Teor de CO.....	50
Equação 04 – Razão P/B.....	54
Equação 05 – Teor de Nitrogênio total.....	55
Equação 06 – Razão C/N.....	56
Equação 07 – Razão Química Fe/Ca.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus <i>Celsius</i>
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis.
AP	Antes do presente
cm	Centímetro
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.
CO	Carbono Orgânico.
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente.
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DNPM	Departamento Nacional de produção Mineral.
DP	Posicionamento Dinâmico.
DRX	Difratografia de Raio-X.
E&P	Exploração e Produção de petróleo.
EBSD	<i>Electron Back Scatter Diffraction.</i>
EDS	<i>Energy Dispersive System.</i>
ELPN	Escritório de Licenciamento de Atividades de Petróleo e Nuclear.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FRX	Fluorescência de Raios-X
FTIR	<i>Fourier transform infrared spectroscopy.</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
INPH	Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias.
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará.
IV	Infravermelho.
Km	Quilômetro
L	Litro
LGA	Laboratório de Geoquímica Ambiental
LGMA	Laboratório de Geologia Marinha Aplicada.
LME	Laboratório de Microscopia Eletrônica
LRX	Laboratório de Raios-X
m	Metro

MARPOL	Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios.
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura.
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mV	Milivolt
MO	Matéria Orgânica.
ORP	Potencial de oxirredução
PCJ	Plataforma Continental Jurídica.
Petrobrás	Empresa do Petróleo Brasileiro S/A.
PGT	<i>Petroleum Geoscience Technology.</i>
pH	Potencial Hidrogeniônico.
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente.
PSU	<i>Practical Salinity Unit</i>
REMAC	Reconhecimento da Margem Continental Brasileira.
SAD	<i>South American Datum.</i>
u	Micro (10^{-6})
UFC	Universidade Federal do Ceará.
Unifor	Universidade de Fortaleza.
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zona econômica exclusiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Apresentação	20
1.2	Objetivos	20
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo Geral</i>	20
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	20
1.3	Justificativa	21
1.4	Localização da Área de Estudo	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Morfologia Oceânica	23
2.2	Talude Continental	26
2.3	Sedimentos Marinhos e Processos Geomorfológicos	26
2.4	Biota Marinha	28
2.5	Processos Oceânicos	30
2.6	Marcadores e <i>Proxies</i>	31
2.7	Instrumentos Ambientais na ZEE Brasileira	32
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
3.1	Bacia Sedimentar do Ceará	35
3.2	Estratigrafia da Sub-bacia Sedimentar de Icaraí	36
3.3	Evolução Tectono-Estrutural e Geomorfologia	37
3.4	Elementos Climáticos e Oceanográficos	39
<i>3.4.1</i>	<i>Correntes costeiras</i>	39
<i>3.4.2</i>	<i>Marés</i>	39
<i>3.4.3</i>	<i>Ondas</i>	39
<i>3.4.4</i>	<i>Ventos</i>	40
<i>3.4.5</i>	<i>Precipitação</i>	40
4	MATERIAIS E MÉTODOS	41
<i>4.1</i>	<i>Amostragem</i>	41
4.2	Abertura dos Testemunhos	42
4.3	Descrição Macroscópica	44
4.4	Granulometria	44
4.5	Teor de Carbonato de Cálcio	47
4.6	Determinação de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico	49

4.7	Morfoscopia de Grãos de Quartzo.....	50
4.8	Espectrofotometria por Infravermelho (IV)	52
4.9	Razão Planctônica x Bentônica (Razão P/B).....	53
4.10	Teor de Nitrogênio Total	54
4.11	Razão Carbono/Nitrogênio (Razão C/N).....	55
4.12	Análises multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução	56
4.13	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-EDS)	56
4.14	Difratometria e Fluorescência de Raios X	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
5.1	Testemunho ANP – 1207	58
5.1.1	<i>Descrição Macroscópica</i>	58
5.1.2	<i>Análise Granulométrica</i>	60
5.1.3	<i>Teor de Carbonato de Cálcio</i>	64
5.1.4	<i>Matéria Orgânica e Carbono Orgânico Totais</i>	65
5.1.5	<i>Espectrofotometria por Infravermelho</i>	67
5.1.6	<i>Razão Planctônico x Bentônico</i>	72
5.1.7	<i>Exoscopia de grãos de quartzo</i>	79
5.1.8	<i>Análises multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução</i>	86
5.1.9	<i>Carbono/Nitrogênio</i>	87
5.1.10	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura</i>	88
5.1.11	<i>Difratometria e Fluorescência de Raios-X</i>	89
5.1.12	<i>Considerações Parciais de ANP-1207</i>	92
5.2	Testemunho ANP-1275	96
5.2.1	<i>Descrição Macroscópica</i>	96
5.2.2	<i>Análise Granulométrica</i>	98
5.2.3	<i>Teor de Carbonato de Cálcio</i>	102
5.2.4	<i>Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i>	104
5.2.5	<i>Espectrofotometria por Infra Vermelho</i>	105
5.2.6	<i>Razão Planctônico x Bentônico</i>	110
5.2.7	<i>Exoscopia de Grãos de Quartzo</i>	117
5.2.8	<i>Análises multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução</i>	122

5.2.9	<i>Carbono/Nitrogênio</i>	123
5.2.10	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura</i>	124
5.2.11	<i>Difratometria e Fluorescência de Raios-X</i>	126
5.2.12	<i>Considerações Parciais de ANP-1275</i>	127
5.3	Testemunho ANP-1004	130
5.3.1	<i>Descrição Macroscópica</i>	130
5.3.2	<i>Análise Granulométrica</i>	132
5.3.3	<i>Teor de Carbonato de Cálcio</i>	136
5.3.4	<i>Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i>	138
5.3.5	<i>Espectrofotometria por Infra Vermelho</i>	139
5.3.6	<i>Relação PlantônicoxBentônico</i>	143
5.3.7	<i>Exoscopia dos Grãos de Quartzo</i>	146
5.3.8	<i>Análises Multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução</i>	150
5.3.9	<i>Razão C/N</i>	151
5.3.10	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura</i>	151
5.3.11	<i>Difratometria e Fluorescência de Raios-X</i>	153
5.3.12	<i>Considerações Parciais de ANP-1004</i>	154
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	159
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	163
	REFERÊNCIAS	164
	APÊNDICE A - ESPECTROFOTOMETRIA POR FTIR DE ANP-1207	185
	APÊNDICE B - ESPECTROS DE MEV-EDS DE ANP-1207	186
	APÊNDICE C - DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X DE ANP-1207	187
	APÊNDICE D - ESPECTROFOTOMETRIA POR FTIR DE ANP-1275	189
	APÊNDICE E - ESPECTROS DE MEV-EDS DE ANP-1275	190
	APÊNDICE F - DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X DE ANP-1207	191
	APÊNDICE G - ESPECTROFOTOMETRIA POR FTIR DE ANP-1004	193
	APÊNDICE H - ESPECTROS DE MEV-EDS DE ANP-1004	194
	APÊNDICE I - DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X DE ANP-1004	195

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A Margem Continental é a zona de transição entre continentes e bacias oceânicas, abrangendo Plataforma e Talude Continental. A Margem é situada abaixo do nível do mar embora façam parte do continente, representando 20% do total da área oceânica (TESSLER & MAHIQUES, 2000).

O Talude Continental é a parte íngreme da fisiografia marinha que marca o limite externo da Plataforma Continental e seu sopé marca o início da Bacia Oceânica. Este apresenta gradientes topográficos específicos, regimes de sedimentação e erosão formadores de feições estruturais nos fundos marinhos, como correntes de turbidez formadas por sedimentos de origem terrígena (TESSLER & MAHIQUES, 2000). O Talude Continental é o local de maior instabilidade, sendo comum a presença de feições associadas a deslizamentos, desmoronamentos ou rastejamentos, que favorecem a formação de cânions e canais submarinos (MENDES, 1992).

Fenômenos como atividade hidrotermal, fluxos de massa, vulcanismo submarino, autigênese, presença de biodetritos, dentre outros, são influências que ocorrem na zona de transição e são indicadores das ocorrências marinhas no ambiente ao longo do tempo. Com isso, Brasier (1980) salienta que existem marcadores de processos hidrogeológicos atuantes como *proxies*, que indicam, além de outras características, condições paleoceanográficas e possibilitam reconstruções sedimentológicas e estudos paleobiogeográficos de associações químicas e orgânicas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as acumulações químicas e caracterizar os marcadores organofílicos presentes no registro sedimentar do Quaternário Superior do talude continental da Sub-bacia de Icaraí, município de Itarema-CE, Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever os sedimentos quanto a sua granulometria, estrutura, morfologia e cor;

- Analisar a morfologia dos grãos de quartzo, por exoscopia;
- Determinar o teor de Carbonato de Cálcio;
- Determinar as concentrações de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico;
- Determinar a influência terrígena ou marinha através da razão Carbono/Nitrogênio;
- Identificar a composição mineralógica da fração argila por DR-X;
- Identificar os elementos químicos presentes com FR-X e calcular a relação Ferro/Cálcio;
- Identificar compostos orgânicos e grupos funcionais por FTIR e suas influências no sedimento marinho;
- Determinar a influência de foraminíferos por meio da razão Planctônico/Bentônico e MEV.

1.3 Justificativa

A área de influência de taludes continentais são zonas de interferência marinha e continental que podem resguardar aspectos sedimentológicos e paleoambientais de grande importância para a compreensão de fenômenos globais, seus agentes, aspectos influenciadores e suas consequências. Dentre essas propriedades, destacam-se a identificação de processos geoquímicos e *proxies* orgânicos específicos de zonas taludais que podem levar a geração de complexos e substâncias de utilidade industrial, farmacológica e geológico-constructiva. A localidade em estudo apresenta poucos estudos e produções científicas, havendo, assim, a necessidade de um maior conhecimento científico sobre o talude continental do litoral de Itarema, no Ceará e estudo dos sistemas sedimentológicos e químicos que atuam na região.

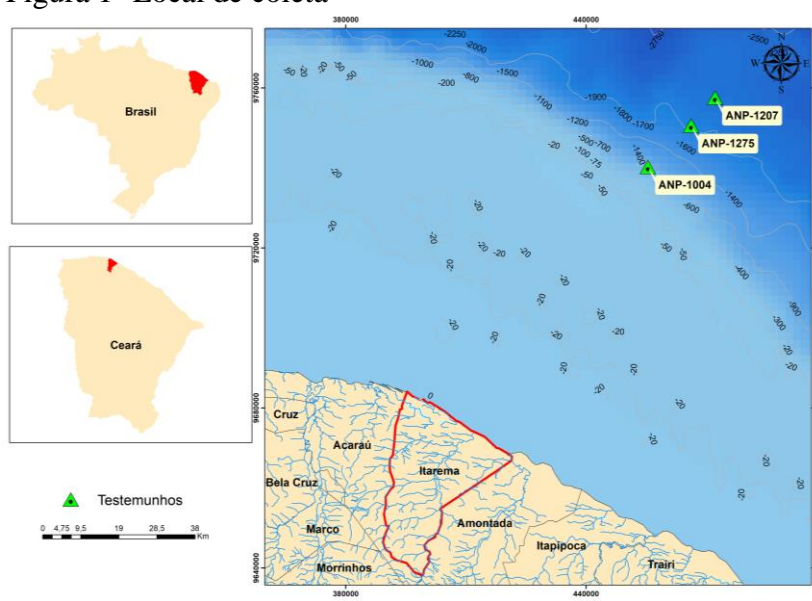
1.4 Localização da Área de Estudo

A área da pesquisa está localizada na Bacia Sedimentar do Ceará, mais precisamente na sub-bacia de Icaraí, contígua ao município de Itarema, onde foram coletados três testemunhos de sedimento marinho a distância da costa, na Praia de Guajiru, 80km, 95km e 104km, aproximadamente. As respectivas coordenadas, em SAD-69, são 460254,050;9750058,498 / 466188,229;9750595,615 / 472153,818;9757571,057. As demais características do local serão melhores descritas nos capítulos de Fundamentação Teórica e Caracterização da Área de Estudo.

A Margem Equatorial Brasileira (MEB) vem sendo estudada em sua geologia, estratigrafia e seus potenciais recursos exploratórios em trabalhos científicos desde Zalán (1983), Zalán *et al.* (1985), Françolin & Szatmari (1987), Costa *et al.* (1990), passando por Azevedo (1991), Beltrami *et al.* (1994) e Matos *et al.* (1996). Mais tarde, têm-se as pesquisas de Morais Neto *et al.* (2003), Soares Junior *et al.* (2008), Soares Junior *et al.* (2011), Carneiro *et al.* (2012) e Zalán (2012) com trabalhos recentes sobre as bacias sedimentares e evoluções geológicas da MEB.

A extensão média da plataforma continental cearense é de 78 km e possui declividade suave em direção a quebra da plataforma, estende-se desde a zona de praia com gradiente de declividade muito baixo (1:1000) (Morais, 1998). Nesse ínterim, foram coletados os testemunhos no talude continental adjacente ao município de Itarema (FIGURA 1)

Figura 1- Local de coleta



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

O Município de Itarema é localizado a aproximadamente 185km de Fortaleza e seus limitantes são Oceano Atlântico e Acaraú ao Norte, Acaraú e Amontada ao Sul, Amontada e Oceano Atlântico ao Leste e a Oeste, Acaraú (IPECE, 2018).

Segundo a Funceme (2009), a geologia do local é marcada por alinhamentos rochosos e descontínuos abaixo da linha de preamar, em faixas de praia e em desembocaduras fluviais. Na faixa praial e nos terraços marinhos, prevalecem neossolos quartzarênicos com minerais pesados, lascas de conchas e minerais de mica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Morfologia Oceânica

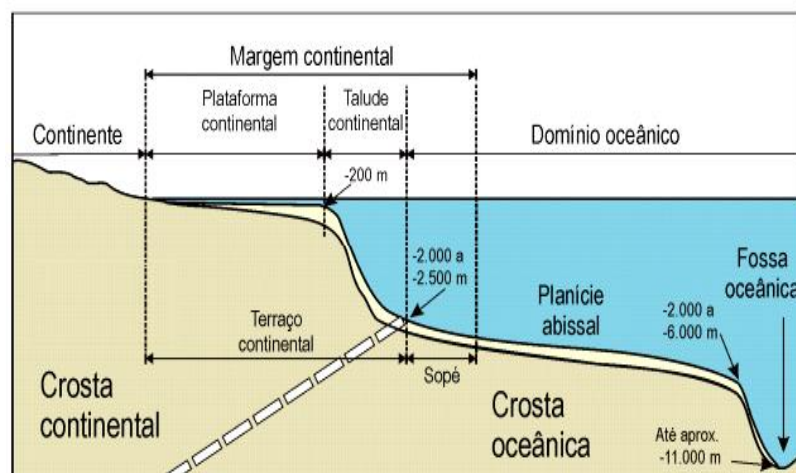
A área e relevo presentes no oceano possuem formas irregulares e são divididas em duas províncias: Margem Continental e Bacia Oceânica, onde a primeira vai da plataforma até o sopé e a segunda, a partir do sopé, engloba planícies abissais, montes e fossas submarinas, dentre outros (GURGEL, 2015).

A margem continental é a região de transição entre continentes e as bacias oceânicas, representando 20% da área dos oceanos (Kennett, 1982). Confere a zona mais próxima a terras emersas e é influenciada por aporte de sedimentos continentais e pela erosão marinha costeira.

Essas feições são separadas em dois grupos principais associando morfologia e evolução tectônica: margens do tipo Atlântico e do tipo Pacífico (Kennett, 1982). As primeiras, ou margens passivas, dão-se em placas de limites divergentes, onde existe maior estabilidade tectônica. Tal fato permite a formação de uma margem com maior acúmulo de sedimentos gerando faixa extensa e espessa. As margens ativas ou do tipo Pacífico cometem limites convergentes, portanto, menos estáveis, apresentando uma largura limitada e camadas sedimentares menos extensas.

Baptista Neto e Silva (2004) salientam que as margens continentais do tipo Atlântico, tais como a brasileira, possuem fisiografia bem delimitada e segmentada em três províncias (Figura 2): a plataforma continental, o talude continental e a elevação ou sopé continental.

Figura 2 -Esquema de margem continental.



Fonte: Martins (2010).

Desta forma, pela sua formação baseada nas regressões e transgressões marinhas e pela alta propriedade sedimentar, são propícias para explorações de recursos minerais.

A plataforma continental brasileira (Figura 3) é localizada na extremidade ocidental do Atlântico meridional. Com aproximadamente 8.000 km, compreende zonas climáticas influenciadoras do aporte de cargas sólida e líquida na região. A plataforma continental termina na região de aumento acentuado da inclinação, chamada de quebra da plataforma.

Configura-se pelo predomínio da baixa produtividade decorrente de sua localização (afora os aportes dos sistemas Amazonas, ao norte, e do Prata, ao sul), em virtude da circulação oceânica e de redes hidrográficas que deságuam na sua quase totalidade norte e sul (MUEHE & GARCEZ, 2005).

Figura 3- Plataforma continental brasileira.



Fonte: DNPM (2018).

Os autores Baptista Neto e Silva (2004) dizem que o Talude Continental é a província fisiográfica submarina mais íngreme de transição entre crostas continental e oceânica com gradientes médios em cerca de 1:15. Na sua base, ou sopé continental, podem ocorrer unidades de relevo constituídas por sequências sedimentares diretamente relacionadas

aos processos de transporte e deposição de sedimentos que moldam plataformas e taludes continentais, também denominadas como elevação continental (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

A margem continental do leste brasileiro compreende seis bacias, as quais foram iniciadas como *rifte*, sendo elas: Sergipe-Alagoas, Bahia Sul, Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas (Dias *et al.*, 1994). Elas ocupam a planície costeira, plataforma continental e talude da porção oeste do Oceano Atlântico Sul (FIGURA 4).

Figura 4- Bacias sedimentares brasileiras (Norte e Nordeste).



Fonte: ANP. Bacias Brasileiras (2018).

Segundo Freire (1985), a quebra da margem continental no litoral oeste cearense fica acerca de 60 m de profundidade, não existindo ponto específico para isso, mas uma zona de quebra. No litoral a oeste de Fortaleza, essa zona é mais larga, havendo uma cunha de sedimentos que parte da base do talude continental até o início da planície abissal, com profundidades entre 2.000 m e 3.350 m, na base do talude continental, e de 4.200 m a 4.800m sôpe-fundo da bacia oceânica.

Palma, em 1984, segregou o sopé continental da bacia sedimentar do Ceará em porção superior (com colinas, valas arredondadas, canais suaves e espaçados) e inferior (planícies levemente onduladas).

Desde o final da década de 1960, quando foi iniciada a exploração *offshore* de petróleo, grande quantidade de dados geológicos e geofísicos vem sendo obtida nestas bacias (CHANG *et al.*, 1991).

2.2 Talude Continental

O talude continental é a porção mais íngreme do assoalho marinho, inclinando-se rapidamente até 4.000m de profundidade em média, podendo atingir até 9.000m verticais em áreas de fossas oceânicas (Pickard e Emery, 1990). É ainda a área mais íngreme e com o relevo mais irregular da margem continental, possuindo *canyons*, vales e colinas oriundos da forte atividade erosiva, deposicional e de deslizamentos (FRANÇA, 1976).

Já o Sopé Continental é a região fisiográfica representada pela cunha de sedimentos levados da base do talude continental até se unir à crosta oceânica. O relevo do sopé continental reflete sua origem nas acumulações de sedimentos carreadas pelas correntes de turbidez e fluxos de gravidade, sendo depositados no pé do talude continental (Emery, 1968). Áreas com sedimentação carbonática apresentam relevo com característica irregular, recifes e bancos de algas calcárias.

A Petrobrás, após cerca de dez anos depois das primeiras descobertas de petróleo na plataforma continental, encontrou o primeiro campo gigante na região do talude continental, superior a 700 m de profundidade, sendo esta uma nova fronteira exploratória com novas necessidades tecnológicas e ambientais de exploração e produção de hidrocarbonetos (CHANG *et al.*, 1991).

O talude continental segrega-se 3 partes: superior, médio e inferior. O talude superior varia da quebra da plataforma até aproximadamente 1.000 m, sendo mais estreito e íngreme do que o talude inferior (Hedgpeth, 1957; Gage & Tyler, 1991). O talude médio localiza-se entre a profundidade de 1.000m a 2.000m, onde a partir daí inicia-se o talude inferior.

Dos anos de 1980 até hoje, vêm aumentando as pesquisas e buscas por riquezas petrolíferas localizadas em águas profundas (abaixo de 600 m da superfície) e ultraprofundas (superiores a 2.000 m) em taludes e sopés de margens continentais de vários países (Aguiar, 2007). No Brasil, isso ocorre com frequência principalmente devido ao carreamento de sedimentos e características geomorfológicas do piso marinho.

2.3 Sedimentos Marinhos e Processos Geomorfológicos

Os sedimentos marinhos/oceânicos são, fundamentalmente, de natureza detrítica síltico-argilosa, de origem, sobretudo biogênica, associados a sedimentos inorgânicos oriundos de processos químicos e biológicos (SUGUIO, 1998).

Os sedimentos marinhos originam-se em depósitos de sedimentos terrígenos em áreas de bacias oceânicas, sendo que quanto maior o grão do sedimento, mais difícil torna-se seu transporte (Mendes, 1992). Agentes modificadores, como os processos de erosão, deslizamentos, transporte de massas e sedimentação são os principais fatores formadores da margem continental do Ceará, ressaltam Araújo (2011) e Damuth & Palma (1979).

O revolvimento de sedimentos, causado pelos agentes citados acima, ricos em nutrientes e matéria orgânica ao largo do talude continental da costa Nordeste é considerado como fator relevante à maior abundância da biocenose em zonas bentônicas (FONTELES FILHO, 2007).

Os *canyons* submarinos são profundos e representam incisões íngremes, no fundo oceânico das plataformas e taludes continentais, atuam como condutos para o transporte de grandes quantidades de sedimentos do continente para o mar profundo, na forma de fluxos sedimentares gravitacionais (Shepard & Dill, 1966; Gardner, 1989), podem ainda provocar deslizamentos submarinos e correntes turbidíticas ao longo dos seus talwegues.

As fontes dos sedimentos marinhos podem ser classificadas como extra-bacias ou alóctones, oriundas de zonas adjacentes, e intra-bacia ou autóctone, originados na própria bacia de sedimentação. No primeiro caso, são disponibilizados sedimentos telúricos inorgânicos e orgânicos (rochosos ou biogênicos), bem como os cosmogênicos (TESSLER & MAHIQUES, 2000).

No segundo caso, ocorrem processos químicos no ambiente oceânico, como dissolução e precipitação, entre a água do mar e compostos químicos orgânicos e inorgânicos, dando origem aos sedimentos bioquímicos, onde as vasas silicosas ou carbonáticas são os principais constituintes, visto que grande parte do produto final é composto por matéria orgânica (PETROLEUM GEOSCIENCE TECHNOLOGY, 2011).

Até desembocar na plataforma continental, os grãos podem sedimentar em diferentes regiões deposicionais, como em planícies e elevações submarinas. Zhang *et al.*, (2008) afirmaram que, devido à ressonância entre ondas de maré (movimento ondulatório vertical na coluna d'água relacionado à densidade) e inclinação do talude continental, existe grande fluxo na borda da plataforma continental, interferindo no transporte de sedimentos nos sistemas costeiros.

Tais ondas de maré são mais observadas em taludes continentais e quebra de plataformas, e entram em contato com irregularidades da batimetria (Garrett; Kunze, 2007), sendo responsáveis pela deposição ou erosão em determinada região abaixo da linha de base de erosão (WATANABE, 2014).

Diversas descontinuidades presentes nos taludes continentais apresentam grande interferência no transporte sedimentar para oceano profundo. Através de *canyons* submarinos, vales profundos e estreitos em U ou V, os sedimentos podem originar leques aluviais.

2.4 Biota Marinha

No ambiente taludal, existem condições ambientais as quais seus habitantes marinhos enfrentam para adaptarem-se sua vida de reprodução e alimentação, tais como, hidrodinamismo, fluxos de massa, erosão, deposição e competição. Os organismos que vivem neste ambiente são classificados como bentônicos e planctônicos (MARTINS *et al.*, 2017).

Os organismos sésseis são denominados bentos. Vivem associados ao fundo, podendo estar fixos aos substratos duros (como algas, esponjas, hidrozoários, corais, briozoários, moluscos, equinodermos), enterrados nos sedimentos (como moluscos, anelídeos poliquetas), locomovendo-se sobre o fundo dos oceanos (como moluscos, crustáceos, equinodermos) ou mesmo em associações entre uns e outros (animais sobre algas, animais sobre outros animais) (SIEBURTH, 1979).

A epifauna engloba os animais que vivem sobre o substrato e a endofauna é constituída pelos animais que vivem dentro do substrato. Os bivalves litófagos e os tereidídeos podem perfurar o substrato duro. Já outros bivalves e poliquetas se enterram nos fundos móveis.

Os organismos planctônicos são os animais e vegetais que não vivem em relação de dependência ou fixação no substrato, vivendo, assim, livres na coluna d'água. Podem possuir movimentos próprios suficientemente fortes para vencer as correntes, presentes em seu habitat. São também definidos como seres pelágicos (OMORI & IKEDA, 1984). Quanto ao tamanho, os plânctons podem ser classificados em (FIGURA 5):

Figura 5 - Classificação dimensional de organismos planctônicos.

Categoria	Dimensões	Principais tipos de organismos
<i>Ultrananoplâncton</i>	<2 µm	Bactérias
<i>Nanoplâncton</i>	2-20 µm	Fungos, Flagelados, Diatomáceas
<i>Microplâncton</i>	20-200 µm	Fitoplâncton, Foraminíferos Ciliados, nauplii de Copépodes, Rotíferos
<i>Mesoplâncton</i>	200 µm-2 mm	Cladóceros, Copépodes
<i>Macroplâncton</i>	2-20 mm	Pterópodes, Copépodes
<i>Micronecton</i>	20-200 mm	Eufauseáceos, Quetognatas
<i>Megaplâncton</i>	>20 mm	Cefalópodes, Eufauseáceos, Mictofídeos Cifozoários, Taliáceos

Fonte: Omori & Ikeda (1984).

Observa-se que os animais que constituem o necton caracterizam-se pela capacidade de movimentarem-se ativamente e vencerem a força das correntes marinhas.

Os plânctons podem ser classificados ainda quanto ao biótopo (OMORI & IKEDA, 1984):

- Plâncton marinho (Haliplâncton): Plâncton oceânico; Plâncton nerítico; Plâncton estuarino.
- Plâncton de águas doces (Limnoplâncton)

A organização vertical dos seres na coluna d'água também é utilizada para fins de classificação:

- a) Pleuston - deslocamento baseado no regime dos ventos.
- b) Neuston - animais e vegetais que vivem nos primeiros centímetros das massas de água (Epineuston: vivem na interface ar e água e Hiponeuston: vivem logo abaixo da interface ar e água).
- c) Plâncton epipelágico – plânctons que vivem nos primeiros 300 m.
- d) Plâncton mesopelágico – vivem em profundidades entre 300m e 1.000m
- e) Plâncton batipelágico – plânctons que vivem em profundidades compreendidas entre 1.000m e 3.000/4.000m.
- f) Plâncton abissopelágico – plânctons compreendidos em profundidades de 3.000/4.000m e 6.000m.
- g) Plâncton hadopelágico – plânctons que vivem em profundidades superiores a 6.000 m.
- h) Plâncton epibentônico – plânctons que vivem próximo do fundo ou em contato com este.

Existem, no entanto, microorganismos que são bastante utilizados como indicadores geodinâmicos e paleoclimáticos, devido sua ampla distribuição geográfica e batimétrica, e sua alta sensibilidade às variações ambientais (temperatura, profundidade, salinidade, caráter do fundo, luminosidade, turbidez da água, pH, e outros). Esses bioindicadores de massas de água (Boltovskoy *et al.*, 1996) são os foraminíferos, organismos do Filo Foraminífera, grande grupo do Reino Protista.

Cerca de 43 milhões de toneladas de CaCO_3 presentes nos sedimentos biogênicos são oriundos dos foraminíferos, os quais contribuem por meio de suas tecas que comportam-se como grãos sedimentares sujeitas aos processos de transporte e erosão (ROCHA, 1972).

McLachlan (1983) salienta que o número de indivíduos bentônicos cresce à medida que diminui o grau de exposição e a ação das ondas, assim, menor a diversidade, menor abundância e menor tamanho individual.

2.5 Processos Oceânicos

Cooper (1977) explica que a regressão marinha, ou emergência cratônica é causada pela retenção de material astenosférico sob a litosfera continental, estando também relacionada à expulsão de lava subcontinental dentro do sistema extrudido nas cadeias meso-oceânicas e à dilatação do assoalho oceânico. A expansão das cadeias meso-oceânicas causa diminuição do volume das bacias oceânicas e subsequente expansão de mares epicontinentais, enquanto que subsidências dessas cadeias causam aumentos no volume dessas bacias e regressões marinhas.

O nível marinho alto mais antigo do Quaternário é conhecido como Transgressão Antiga (Glaciação *Wisconsin*) e foi sucedida pela fase transgressiva, há cerca de 120Ka AP (Suguoio & Martin, 1978). O aporte de sedimentos também se altera em decorrência da diminuição do nível do mar em glaciações e de seu consequente aumento em intervalos interglaciais, tendo em vista que, no ambiente marinho, ocorre mais carreamento de material granular durante degelos. Assim, pode-se deduzir que quando a velocidade de subida do nível do mar é maior que a sedimentação ocorrida, isso caracteriza a transgressão marinha, produzindo vales afogados e sedimentação marinha.

A produção e a preservação da matéria orgânica são condicionadas por aspectos como a estratificação na coluna d'água, salinidade e temperatura, que influem no padrão dessa estratificação. Isso dá margem a variações geoquímicas devido a maior susceptibilidade a mudanças ambientais. Essa dinâmica é influenciada por aspectos como marés, ventos, e transporte de sedimentos marinhos.

A fase de transgressão marinha causa a deposição de carbonatos em algumas formações geológicas em decorrência da retrogradação da costa. Já a fase regressiva é caracterizada pela presença de folhelhos e arenitos progradados. Essa sequência é relacionada a carbonatos e arenitos em regiões próximas, sendo finalizada com a deposição de sedimentos continentais clásticos (VIEIRA, 1981).

No Quaternário, depósitos arenosos de origem marinha, localizados acima da atual zona de deposição são evidências de antigos níveis marinhos mais altos que o atual, bem como *beach rocks*.

Durante o período de sedimentação das fácies da Formação Barreiras no litoral cearense, incluindo a margem continental de Itarema, deu-se a presença de argilominerais e grande maturidade petrográfica. Há 2500 anos A.P., as feições litorâneas, praias e marinhas cearenses organizaram-se como se conhece atualmente (MARTIN *et al.*, 1986).

2.6 Marcadores e Proxies

Os marcadores orgânicos geoquímicos são compostos de origem natural ou antrópica que apresentam características como natureza específica, estabilidade química e resistência à degradação, que permitem sua utilização como indicadores de eventos e processos, uma vez que sofrem pouca ou nenhuma alteração em uma determinada escala de tempo, mantendo o registro de sua origem (Colombo *et al.*, 1989). Além destes, os marcadores inorgânicos também podem descrever a geoquímica presente no ambiente por meio de associações minerais e reações químicas sedimentares.

Quando combinados, tais marcadores costumam ser empregados na investigação da origem de processos orgânicos e de alterações em condições ambientais presentes no registro histórico geológico como fonte de informações de uma região (Shanchun *et al.*, 1994; Chan *et al.*, 1998; Dachs *et al.*, 1999). Esses registros contêm os indicadores conhecidos atualmente como *proxies*, que são ferramentas geológicas, químicas e biológicas disponíveis no arcabouço sedimentar para analisar a evolução dos ecossistemas e o nível de modificações antropogênicas em determinado ambiente (Leckie & Olson, 2012). Os *proxies* estão presentes nos sedimentos, gelo, árvores e recursos naturais capazes de conservar esses indicadores.

O registro sedimentar é um nicho importante dos ecossistemas aquáticos, visto que é destino de acumulação de substâncias em níveis mais altos que na coluna d'água (Laureillard *et al.*, 1997). Desta forma, tem-se que, uma vez presentes na coluna d'água, os marcadores associam-se ao material particulado em suspensão e precipitam, sendo soterrados e preservados por longo período de tempo (BUCKLEY *et al.*, 1995; LI *et al.*, 2000).

Áreas com pouca influência antrópica permitem melhor compreensão das reações e processos que envolvem traçadores orgânicos, já que a ciclagem da matéria orgânica está relacionada aos processos de origem biogênica, e não há interferência de variáveis significativas externas. Utilizam-se como *proxies*, no ambiente marinho, as relações de

organismos foraminíferos, teores de Matéria Orgânica (MO), razões entre Carbono e Nitrogênio, decaimentos isotópicos, dentre outros (LAUREILLARD *et al.*, 1997).

Tais traçadores permitem inferir as condições ambientais de energia para que tais compostos e seres ocorressem ou, eventualmente, reduzissem sua quantidade, como aporte de material terrígeno, alterações do nível do mar e presença de reações químicas degradadoras de matéria orgânica e formadoras de compostos derivados, como hidrocarbonetos e proteínas.

Em plataforma e taludes continentais, existem áreas onde são encontrados minerais pesados, tendo sua origem relacionada à erosão, transporte e deposição de sedimentos pela ação das ondas e correntes costeiras associadas a alterações eustáticas do nível do mar durante o Quaternário. Depósitos fluviais também apresentam concentrações desses minerais, uma vez que sofrem influência do nível marinho ao final do Pleistoceno e Holoceno (EMERY E NOAKES, 1968).

As acumulações sedimentares de materiais detríticos que apresentam valor econômico são denominados de Placeres (*placers*), incluem-se aí bens metálicos, pedras preciosas, originados a partir da concentração mecânica, por decomposição e erosão de rochas-fonte, ígneas, metamórficas e sedimentares. As coberturas sedimentares quaternárias de areias retrabalhadas de plataforma continental e as areias fluviais existentes na região são favoráveis à concentração de minerais pesados, como salienta (EMERY E NOAKES, 1968).

Alguns dos primeiros trabalhos acerca desses depósitos na plataforma continental cearense (França *et al.*, 1976; Barreto *et al.*, 1975) identificaram locais com abundância de minerais pesados que os autores denominaram de províncias, na região do rio Jaguaribe, em praias de Fortaleza e entre o Piauí e o rio Acaraú.

2.7 Instrumentos Ambientais na ZEE Brasileira

Nos termos do parágrafo 3º do artigo 76 da Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar (CNUDM), a margem continental compreende o prolongamento submerso da massa terrestre do Estado costeiro e é constituída pelo leito e subsolo da plataforma continental, pelo talude e pela elevação continental. Não compreende nem os grandes fundos oceânicos, com as suas cristas oceânicas, nem o seu subsolo. Corresponde a uma zona de transição entre a plataforma e o sopé continental onde, em função de seu gradiente topográfico acentuado, ocorrem frequentes eventos de correntes de turbidez.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei Federal nº 6938/81, tem como princípio o desenvolvimento sustentável para preservação, melhoria e

recuperação da qualidade ambiental (art. 2º, *caput*), bem como o planejamento e fiscalização do uso de recursos naturais (art. 2º, III), envolvendo assim a exploração de petróleo, também expresso art. 4º, VI, da PNMA, que fala da preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente.

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), a qual inclui estudos aprofundados dos impactos e mitigações cabíveis, e o Licenciamento Ambiental estão entre os instrumentos da PNMA (art. 9º, III e IV), também regulados pela Resolução nº 01/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA (Xavier, 2011). Com isso, o possível esgotamento de um reservatório de petróleo e gás, dentro do contexto legal vigente, caracteriza impacto ambiental negativo, permanente e irreversível (*op. cit.*).

Em 1994, a Resolução nº 23/94 do CONAMA, foi estabelecida a regulamentação sobre o licenciamento ambiental das atividades de perfuração e produção de hidrocarbonetos, com isso, a fase de perfuração exige a elaboração de um Relatório de Controle Ambiental – RCA.

O sistema de licenciamento ambiental é um instrumento da gestão ambiental obrigatório nas atividades de perfuração e produção de petróleo e gás natural, retificadas em 1997, na Resolução nº 237/97 do CONAMA.

A Lei nº 9.478/97, Lei do Petróleo, tem como um dos objetivos o aproveitamento racional das fontes de energia, protegendo o meio ambiente através da utilização de fontes alternativas de energia (art. 1º, IV e VIII) (XAVIER, 2011).

Mais tarde, em 1999, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) criou o Escritório de Licenciamento de Atividades de Petróleo e Nuclear (ELPN), com sede no Rio de Janeiro, com atribuições de controlar, em âmbito federal, o licenciamento ambiental das atividades de E&P de hidrocarbonetos em áreas *offshore*, desde a fase de aquisição de dados até a perfuração dos poços. A partir daí, houve a padronização dos processos administrativos de licenciamento para a exploração de hidrocarbonetos (LOPES, 2004).

Atualmente, as atividades sísmicas estão em vias de obter regulamentação específica, uma vez que alguns representantes do CONAMA, IBAMA, empresas de geofísica e ONGs, pretendem regular o setor através de normas, por meio de projeto para tal fim (CORDEIRO, 2004).

Percebe-se, com isso, no cenário brasileiro atual, o esforço exploratório nas atividades de sísmica e de perfuração, cada vez mais praticadas, fazendo o país integrar uma

área de atuação com participação de grandes empresas mundiais de prospecção marítima, intensificando a prática do licenciamento ambiental específico.

Já em 2004, o CONAMA, regulamentou a Resolução nº 350/2004 que dispõe sobre o licenciamento ambiental específico das atividades de aquisição de dados sísmicos marítimos e em zonas de transição, concordante com a PNMA para preservação de ambientes afetados por ações antropogênicas impactantes.

Existe, ainda, a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), que foi assinada no dia 17 de Fevereiro de 1973 e modificada pelo Protocolo de 1978, fazendo a Marpol 73/78 a mais importante convenção ambiental marítima, pois objetiva a prevenção da poluição por navios (BRASIL, 2015).

O principal objetivo é minimizar a poluição dos mares, através da eliminação completa de poluição por óleo e outras substâncias prejudiciais, bem como minimizar as consequências nefastas de descargas acidentais de substâncias tóxicas, nocivas e perigosas ao meio ambiente, e, por sua vez, à saúde.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

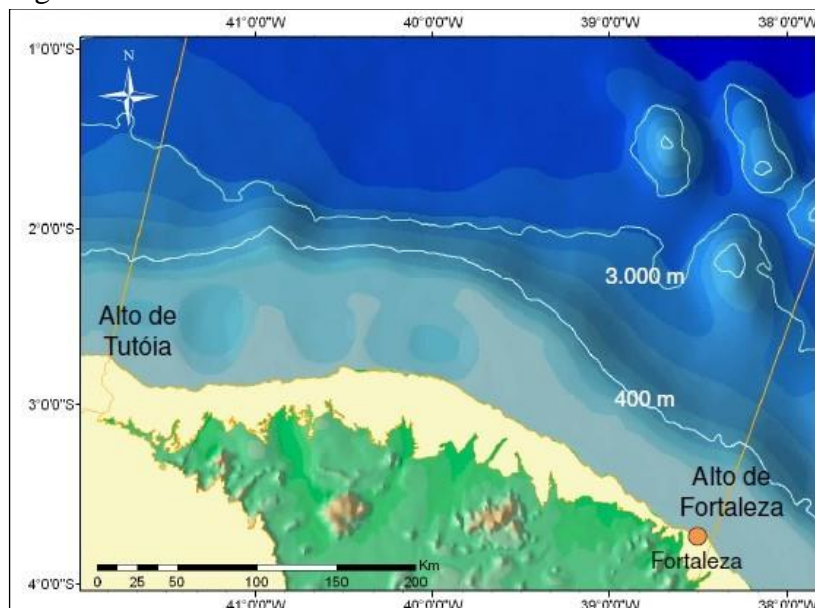
3.1 Bacia Sedimentar do Ceará

No Estado do Ceará, a plataforma continental caracteriza-se pelo baixo gradiente de declividade (1:1000), iniciando pela zona litorânea, após a praia, e chegando até a quebra da plataforma continental em desnível ténue, onde ocorre uma mudança repentina de inclinação, onde se localiza a crista do Talude Continental (MORAIS & FREIRE, 2003).

A Bacia do Ceará é localizada na margem equatorial brasileira, em uma área de cerca de 34.000 km², limitando-se a sudeste com a Bacia Potiguar pelo Alto de Fortaleza, e a oeste limita-se com a Bacia de Barreirinhas pelo Alto de Tutóia. Ao sul é limitado pelo afloramento do embasamento cristalino na linha de costa, e ao norte, pela Zona de Fratura Romanche (Costa *et al.*, 1989). Apresenta-se como uma região de homogeneidade geomorfológica com algumas feições diferenciadas de vales fluviais que são explicadas pela variação do nível do mar durante o Quaternário.

A Bacia do Ceará, observada na Figura 6, tem sua gênese relacionada à divisão do paleocontinente *Gondwana* durante o Eocretáceo, com sua evolução tectono-sedimentar iniciada no Eoaptiano e seu preenchimento pode ser dividido em três sequências principais: *Rift, Pós-Rift e Drift*.

Figura 6- Bacia do Ceará



Fonte: ANP (2019).

A subdivisão da Bacia do Ceará conta com quatro secções oeste para leste, de acordo com suas características tectônicas e estruturais, resultando nas sub-bacias: Piauí-Camocim, Acaraú, Icarai e Mundaú (Beltrami *et al.*, 1994). O Alto do Ceará separa as sub-bacias de Piauí-Camocim e Acaraú. O norte do Lineamento Transbrasiliano separa as sub-bacias de Icarai e Acaraú. Já as sub-bacias de Mundaú e Icarai estão separadas por uma inflexão da falha de borda da bacia, no prolongamento nordeste da falha de Forquilha (MORAIS NETO *et al.*, 2003).

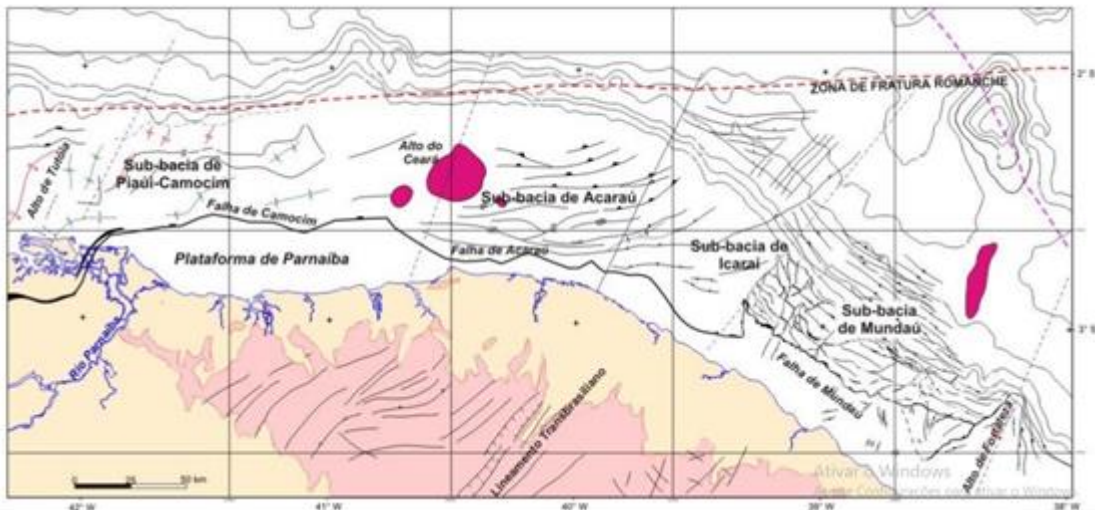
Segundo Almeida (2011), a região do Alto do Ceará, que divide as sub-bacias Acaraú e Piauí-Camocim, possui conglomerados e brechas intercaladas a rochas vulcânicas, contendo fragmentos de granito, com característica feldspática arenosa.

No ambiente marinho da bacia do Ceará, tem-se ainda a corrente Norte Brasileira que banha o Estado com águas salinas e oxigenadas, por meio de um ramo da corrente Sul Equatorial que se bifurca à borda do nordeste. Assim, o litoral cearense apresenta interação entre processos morfogenéticos (tectono-isostasia e flutuações do nível do mar), geologia local, clima e fenômenos oceanográficos.

3.2 Estratigrafia da Sub-bacia Sedimentar de Icarai

Consoante Souza (1998), toda a costa cearense é pertencente ao Domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos, ou seja, formado principalmente por sedimentos quaternários, onde existem ainda depósitos terciário-quaternários da Formação barreiras e depósitos quaternários continentais, marinhos e flúvio-marinhos holocênicos (Figura 7). No município de Itarema podem se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: sedimentos da Formação barreiras e depósitos aluvionares (VIEIRA *et al.*, 1998).

Figura 7 - Carta Estratigráfica das Sub-bacias Acaraú-Icarai



Fonte: Morais Neto *et al.* 2003

O rompimento do supercontinente Gondwana e seu desenvolvimento no Aptiano gerou grande quantidade de sedimentos espessos equivalentes à Bacia de Keta (equivalente africana). A partir disso, o estágio *rift* ocorreu devido ao estiramento e afinamento crustal durante o rompimento, devido aos esforços distensionais. Com isso, houve o desenvolvimento de falhas normais NW-SE (BELTRAMI *et al.*, 1994).

Após essa fase, iniciou-se o estágio transicional ou pós-*rift*, por meio do ciclo deposicional de arenitos fluviais, deltaicos, lacustres e evaporitos. Marcou-se a granulação variada e folhelhos de continuidade lateral finalizando em área marinha no Albiano com a deposição de pelitos em ambiente marinho e mar epicontinental (Costa *et al.*, 1983). Isso é corroborado pelas camadas de calcilutito, ostracodes e folhhos carbonosos bioturbados sob camadas siltíticas restritas.

O estágio final ou fase *Drift* é oriundo do fenômeno da deriva continental, resfriamento da litosfera e subsidência entre o Albiano e Eocenomaniano, onde houve movimentação transcorrente dextral, influenciando na sedimentação e estruturas nos domínios da Margem Equatorial Atlântica do Brasil (Costa *et al.*, 1983), na subbacia de Icarai o evento predominante foi transpressivo, marcando a deposição de arenitos na Formação Barreiras.

A deposição foi marcada pela sequência sedimentar transicional a marinho raso e depois profundo durante o Neoalbiano juntamente com fenômenos erosivos de *canyons* e rebaixamento do nível do mar. No Eoturoniano, depositaram-se folhelhos com matéria orgânica e anóxicos. O Neocampaniano/Maastrichtiano foi marcado pela regressão das fácies progradacionais e o Paleógeno, pelo rebaixamento eustático e atividade vulcânica, com escorregamentos e fluxos gravitacionais de natureza alcalina.

O substrato conta com gnaiss-migmatito em zonas de cisalhamento transcorrente dextral, onde ao norte existe a Zona de Cisalhamento Patos indo de E-W. De NE-SW, encontram-se zonas miloníticas (Jardim de Sá, 1994). Os cisalhamentos transcorrentes sinistrais com direção NW-SE e N-S são sujeitos às tensões em E-W e distensões em N-S. Isso acaba gerando veios E-W de quartzo e diques de granito, pegmatitos e aplios. Em zonas miloníticas, geram-se películas minerais com quartzo, epídoto, muscovita, clorita e sericita, indicando metamorfismo em xisto-verde.

3.4 Elementos Climáticos e Oceanográficos

3.4.1 Correntes costeiras

São as causadoras do transporte de sedimentos para a costa, angulosidade da incidência das correntes é fundamental para a deposição sedimentar, pois este setor determina sua velocidade e trajetória (SILVA, 2005).

Um estudo de correntometria, realizado próximo à foz do Rio Coreaú, mostrou velocidades na ordem de 0,24 m/s e direção 238°N na superfície e 0,21 m/s com direção de 87°N no fundo. As correntes Norte do Brasil (CNB), Sub-Corrente Equatorial (SCE) e Corrente Sul Equatorial (CSE) têm comportamento de movimentação paralela à quebra da plataforma continental (FREIRE, 1985).

Existe também a movimentação vertical das massas de água, a Termohalina, baseada na temperatura e na salinidade.

3.4.2 Marés

Estas são ondulações nos oceanos, gerando levantamento e um abaixamento periódico no nível do mar que dura horas, os limites e intensidade variam no tempo e no espaço observados (CHAVES, 2000 *apud* SILVA, 2005).

O litoral de Itarema é regido por um regime de mesomarés de 1,48 m (DHN) e ondas médias medindo em torno de 0,56 m (DHN). Apresenta marés semi-diurnas, com desigualdade de amplitude e com período médio de 12,4 h. No local, a maré da região oeste alcança em média o nível de 2,6 m.

3.4.3 Ondas

São os principais agentes modeladores das zonas costeiras, através da distribuição de sedimentos que modificam as margens continentais (SILVA, 2005).

Segundo os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH, 2015), são frequentes ondas de até 2 m, aproximadamente, para o litoral de Itarema e Acaraú, havendo ondas acima de 4m, porém com menor frequência.

3.4.4 Ventos

Os dados de ventos são originados da estação anemográfica localizada no Pecém, município de São Gonçalo do Amarante –CE. Nos meses de março a junho, a velocidade do vento fica em torno de 1 a 2 m/s. No entanto, entre os meses de agosto a outubro, essa velocidade fica acima do patamar dos 5 m/s, atingindo picos de 7 m/s. A velocidade média anual costuma ser, aproximadamente, 7 m/s, nas direções dominantes de E para SW e NW (INPH, 2016).

Durante os meses de setembro-novembro, em Acaraú, a Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) está em posição norte, predominando os ventos alísios de SE. Já durante os meses de dezembro-março, quando a ZCIT encontra-se ao sul, predominam os ventos alísios de NE (SILVA *et al.*, 2006).

3.4.5 Precipitação

O clima da região é Tropical Quente Semi-árido Brando e Tropical Quente Semiárido com pluviosidade média de 1.139,7mm e Temperatura de 26°C a 28°C e período chuvoso de janeiro a maio (IPECE, 2017).

Em Acaraú (-02°53'08,0" E; - 40°07'12,0"N) no dia da coleta do testemunho analisado no presente trabalho, havia ventos de E predominantemente a NW e SW, e uma velocidade média de cerca de 10 m/s.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.4 Amostragem

Os testemunhos utilizados nesta pesquisa foram retiradas da Costa Oeste do Ceará, contíguo ao município de Itarema, e foram doados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) ao Laboratório de Geologia Marinha Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC). A coleta foi realizada por testemunhador a pistão, *piston corer*, que utiliza o processo de queda livre para coleta de sedimentos lamosos inconsolidados, presente no Navio *Fugro Odyssey* (FIGURA 9).

Figura 9- Navio Fugro Odyssey



Fonte: Abreu Neto (2011).

Foram doados três testemunhos denominados pela ANP de ANP-1004, ANP-1275 e ANP-1207, cujos atributos estão descritos na tabela 01 abaixo:

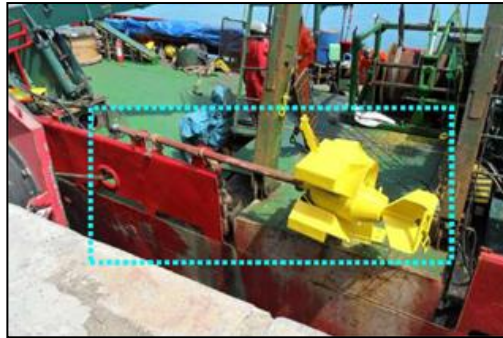
Tabela 1– Dados de coleta

Nome	Coordenadas em SAD-69 (x;y)	Profundidade (m)	Tamanho (cm)
ANP 1004	455411,326; 9740251,454	1064	100
ANP 1275	466188,229; 9750595,615	2040	175
ANP 1207	472153,818; 9757571,057	2200	160

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

O pistão apresentava peso de cabeça de 900 kg, um barrilete externo de aço de 6m, lançado do Navio *Fugro Odyssey*, com barrilete inteiro de prolipropileno transparente *liner*, com 2 15/16 pol de diâmetro interno (FIGURA 10).

Figura 10- *Piston corer*



Fonte: Abreu Neto (2011).

4.5 Abertura dos Testemunhos

Os *liners* foram abertos no dia 28 de agosto de 2018, no LGMA, com uso da maquina (Figura 11), sendo divididos em dois semicilindros, cada. Como algumas partes apresentavam *self-munching*, ressecamento, endurecimento e partes com friabilidade, o testemunho foi separado por percussão, com espátula.

Figura 11- Abertura dos *liner*



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Logo após, para a descrição macroscópica, os testemunhos foram identificados em seu topo, meio e base (FIGURA 12).

Figura 12- Divisão do testemunho para descrição macroscópica



Fonte: Elaborado pela Autora (2018)

Cada testemunho foi dividido em amostras de acordo com as características verificadas na descrição macroscópica, como texturas, zonas de transição, geóglifos ou mudanças bruscas. O testemunho denominado ANP 1207 foi dividido em 12 amostras (de A1 a A12, do topo à base respectivamente), ANP 1275 foi dividido em 11 seções (de B1 a B11,

do topo à base respectivamente) e ANP 1004 foi dividido em 8 (de C1 a C8, do topo à base respectivamente). As fácies foram classificadas de acordo com a textura Folk & Ward (1957).

4.6 Descrição Macroscópica

Nesta etapa, foram visualizados e descritos os aspectos físicos perceptíveis a olho nu presentes nos sedimentos, tais como cores, fases de transição, estruturas, tipo de sedimento, detritos e demais fragmentos e características. Uma trena foi utilizada para auxílio na descrição, a qual iniciou-se pelo topo, região superior. Os testemunhos foram umedecidos, com determinação das cores prevalentes com uso da cartela *Rock-Color Chart* (Chairman *et al.*, 1984) oriunda da Cartela de *Munsell*. Foram elaborados esquemas a partir da descrição com auxílio do programa SedLog[®] onde detalharam-se as transições e observações pontuais em cada amostra.

4.7 Granulometria

A análise textural, ou estudo da variação do tamanho do grão, dos testemunhos se deu através do peneiramento úmido e peneiramento seco de cada amostra.

Peneiramento úmido

- Separou-se alíquotas de cada amostra dos testemunhos e foram despejadas em uma peneira com uma malha de abertura de 0,062 mm;
- Abaixo da peneira, alocou-se um balde para a decantação da menor fração (silte e argila);
- Levou-se o material retido na peneira para secar na Estufa de Secagem e Esterilização Modelo 315SE, a 60°C, para ser utilizado no peneiramento seco;
- O sedimento passante pela peneira decantou no balde até precipitação completa da água;
- Retirou-se toda água por sifonação e levou-se o sedimento para a Estufa a 60°C;
- O sedimento seco foi guardado para utilização posterior na pipetagem adaptada.

Peneiramento Seco

- Após seco, o sedimento retido na peneira de 0,062mm foi transferido para a série de 14 peneiras (malhas variando desde 4mm até 0,062mm) acoplada ao agitador de peneiras tipo *Rot-Up* (FIGURA 13).

Figura 13- Equipamento para granulometria *Rot-Up*



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

- As amostras foram agitadas durante 10min, ficando retidas em diferentes peneiras. A fração de sedimento retirada em cada peneira é pesada, identificada e guardada separadamente.

Os dados obtidos das análises granulométricas foram tratados estatisticamente, utilizando-se as fórmulas de Folk e Ward (1957), através do software ANASED 5.0[®] (Lima *et al.*, 2001), cedido pelo LGMA.

Pipetagem

Método baseado na Lei de Stokes para obtenção do percentual das frações de 0,032; 0,016; 0,008; 0,004 e 0,002mm, referentes aos tamanhos relativos aos grãos mais finos do sedimento (silte e argila). Considera a velocidade e o tamanho das partículas no processo de decantação, onde partículas maiores possuem velocidade maior de decantação em relação às menores.

No caso da presente pesquisa, fez uma adaptação no procedimento, visto que o objetivo principal foi a separação simples de argila e silte, sem a necessidade de subdivisão dos tamanhos de cada fração.

- Os sedimentos que passaram da peneira e ficaram retidos no balde durante o peneiramento úmido foram secos na estufa e transferidos para uma proveta de 1000 ml;
- Adicionou-se água para completar o volume da proveta e 0,67 g de Oxalato de Sódio ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Esta solução foi agitada com o auxílio de um bastão até a homogeneização (FIGURA 14);

Figura 14- Mistura do sedimento com coagulante



Fonte: Elaborado pela Autora (2018)

- Esperou-se 31min para decantação, onde os grãos de silte ficam no fundo da proveta e a argila, em suspensão.
- Fez-se sifonação (Figura 15) para retirada da fração argila, a qual foi depositada em recipiente, bem como a fração mais silte foi depositada em outro recipiente. Ambas foram levadas à Estufa;

Figura 15- Sifonação



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

• Após secas, as amostras foram guardadas para determinação de argilominerais na Difractometria de Raios-X.

O estudo textural dos grãos fornece indicações sobre os processos sedimentares recentes. Associada à determinação do conteúdo em carbonato de cálcio, é relacionada à importância da sedimentação dos fatores que afetam a sedimentação organogênica (AGUIAR, 2007).

Após as observações e resultados oriundos da granulometria, utilizou-se o programa ANASED[®] que apresenta informações estatísticas de acordo com os parâmetros de Folk e Ward (1957), de forma a permitir análise de diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose, conforme tabela 02 abaixo.

Tabela 2– Estatísticas Granulométricas de Folk e Ward (1957).

Desvio padrão gráfico	Grau de selecionamento	Assimetria gráfica	Grau de assimetria
menor que 0,35	muito bem selecionado	entre 1,00 e -0,30	assimetria muito negativa
0,35 a 0,50	bem selecionado	-0,30 e -0,10	assimetria negativa
0,50 a 1,00	moderadamente selecionado	-0,10 e +0,10	aproximadamente positiva
1,00 a 2,00	pobremente selecionado	+0,10 e +0,30	assimetria positiva
2,00 a 4,00	muito pobremente selecionado	+0,30 e +0,10	assimetria muito positiva
maior que 4,00	extremamente mal selecionado		

Curtose	Grau de curtose
menor que 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
maior que 3,00	extremamente leptocúrtica

Fonte: Adaptado de Longarete (2011).

4.8 Teor de Carbonato de Cálcio

O teor de carbonato foi determinado pelo método do Calcímetro de Bernard (Lamas *et al.*, 2005). Esse dado é integrado à análise granulométrica para definir as fácies dos sedimentos segundo a classificação de Larssonner (1977):

• 0,50g do sedimento foi seco à 60°C em estufa e acondicionado em *erlenmeyer* adaptado a um tudo de ensaio (Figura 16), que recebeu 50 mL de HCl, separadamente à amostra, sendo posteriormente ligado ao tubo de buretas preenchidas por água;

Figura 16- Kitasatos para determinação de Carbonato de Cálcio.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

- Misturou-se e agitou-se a solução. O gás CO_2 desprendido pela reação de HCl + amostra fez com que a d'água se deslocasse dentro da bureta (FIGURA 17).

Figura 17- Calcímetro de Bernard



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

- Foram anotados os valores de início e o valor máximo atingido após a mistura. O resultado final de teor de CaCO_3 é o valor resultante da equação 1 abaixo:

$$\% \text{CaCO}_3 = (g1 \cdot v / g2 \cdot V) \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

g1 = massa (grama) de carbonato de cálcio puro empregado na aferição.

v = volume (mL) de CO₂ medido no ensaio da amostra.

g2 = massa (grama) da amostra.

V = volume de CO₂ medido no ensaio da aferição com CaCO₃ puro.

4.9 Determinação de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico

A matéria orgânica tem papel fundamental no ciclo geoquímico da maioria dos metais-traços que se depositam nos sedimentos e pode ser usada como indicador de ambiente deposicional e de processos sedimentares (WU *et al.*, 2011).

A matéria orgânica ocorrente no meio natural pode ser extraída por diferentes procedimentos, revelando, assim, sua origem e natureza química. A matéria extraída por solventes orgânicos tais como, benzeno, éter comum, clorofórmio, constitui o betume, ficando o querogênio como resíduo; a matéria extraída por álcalis é representada por ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, precipitando os húmicos pela adição de ácido e permanecendo como resíduo da extração por álcalis a humina (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983).

Nessa pesquisa foi utilizado o método de Walkley & Black (1934) com titulometria (Embrapa, 1999), onde o Carbono da matéria orgânica (MO) da amostra é oxidado a CO₂ e o Cr⁶⁺ da solução extratora foi reduzido a Cr³⁺ com titulação do excesso de dicromato pelo sulfato Ferroso amoniacal.

- Adicionou-se 10 mL de K₂Cr₂O₇ 0,20mol/dm³ e H₂SO₄ com AgSO₄ a 0,50 g de amostra e agitou-se;
- Após repouso de 30 min, acresceu-se 200 mL de água destilada, 10mL de H₃PO₄ 85%, 0,50mL de Difenilamina e 0,20g de NaF; e titulou-se com Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ 6H₂O (FIGURA 18).

Figura 18- Titulação com sulfato Ferroso amoniacal



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Após a titulação realizada, utilizou-se a fórmula abaixo para obter os resultados de teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico (Equações 2 e 3):

$$\% \text{ MO} = 10 \times (1 - T/F) \quad \text{Teor de Matéria Orgânica (MO)} \quad \text{(Equação 2)}$$

$$\% \text{ CO} = \% \text{ MO} \times 1,724 \quad \text{Teor Carbono Orgânico (CO)} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

T = Volume de Sulfato Ferroso amoniacal - FeSO_4NH_4

F = $1 \times (12/4000) \times 1,724 \times (100 / M \text{ amostra})$

Para a obtenção do teor de Carbono orgânico total (CO), realizou-se conversão da MO, com o fator de Van Bemmelen (x1,724), com base no pressuposto de que a MO humificada contém uma percentagem média de 58% de CO (KIEHL, 1979).

4.10 Morfoscopia de Grãos de Quartzo

Com o uso do Microscópio Estereoscópico Nikon SMZ18 (Figura 19), foi realizado o estudo de cada amostra, individualmente, para descrição morfoscópica dos grãos de quartzo presentes nas amostras.

Figura 19- Microscópio Estereoscópico



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

- Atacou-se parte da fração retida na peneira de 0,062mm com HCl 10% até não mais haver efervescência, de modo a retirar partículas orgânicas e fragmentos cálcicos que possam interferir na visualização.
- Iniciou-se a observação das superfícies dos grãos, analisando os seguintes aspectos:

Esfericidade: definida como grau em que a forma de uma partícula se aproxima da forma esférica. Possui quatro classes, de 0 a 3, estudadas por Krumbein e Sloss (1963).

Rolamento: aspecto de curvatura dos vértices dos grãos. Varia de 0 a 6, de acordo com a escala de Powers (1953) e Shepard (1954).

Relevo: considera os desníveis altimétricos na superfície do grão. Seus valores são (1- baixo; 2-médio; 3-alto). Possui ainda a subclassificação de sua **microtopografia**, que considera a distribuição das microtexturas presentes na superfície do grão, divididas de 0 a 4, onde: 0-ausente; 1- até 10% da superfície; 2- de 10% a 25% da superfície; 3- de 25% a 50% da superfície; de 50% a 75% da superfície.

Dissolução: é a microtextura originada por fenômenos químicos ou bioquímicos que acarretam a destruição de superfícies recentes e de saliências. Seus valores são graduados de 0 a 5, onde quanto mais próximo de 0, menor o grau de dissolução. Tipifica-se a dissolução em anastomosada, geométrica, descamação ou decapagem.

Precipitação: causada por fenômenos químicos ou bioquímicos que causam a presença pontual ou o revestimento da superfície por partículas minerais a partir da

precipitação de solutos. O valor é graduado de 0 a 5, onde 0 refere-se ao valor nulo de precipitação.

Além disso, os aspectos referentes às microtexturas verificadas serão considerados como marcas que retratam parte da história de transporte e deposição do grão, indicando o sistema sedimentar pelo qual passou, segundo especificações de análise microtextural descritas por Azevedo (1983).

4.11 Espectrofotometria por Infravermelho (IV)

O ensaio de espectroscopia na região do infravermelho (IV) é uma técnica muito importante para a análise orgânica qualitativa. Muitos indicadores de compostos orgânicos possuem picos de absorção na região do infravermelho, o que torna possível a identificação dessas substâncias químicas através das bandas de estiramento mostradas em forma de gráfico de transmitância ou absorbância (SKOOG, 2002).

Com o intuito de ratificar a existência de materiais carbonáticos, verificar a presença de hidrocarbonetos e espécie de matéria orgânica nas amostras, foi realizada a análise de FTIR (Fotometria de Infravermelho transformada de *Fourier*), através da qual os espectros obtidos apresentaram sinais de vibração e rotação com frequências (em absorbância) e intensidades posteriormente comparadas às divisões classificatórias realizadas por Skoog (2002).

Os espectros são obtidos com dispersões do sólido em uma matriz sólida ou líquida. Geralmente, nessas técnicas, a amostra precisa ser moída até que o tamanho das partículas seja menor que o comprimento de onda da radiação, para evitar os efeitos de espelhamento de radiação. Uma das técnicas mais populares para manuseio de amostras sólidas é o pastilhamento com KBr; já o espectro no infravermelho de sólidos que não são solúveis em um solvente transparente no infravermelho ou que não podem ser convenientemente transformadas em pastilhas com KBr são obtidos dispersando-se o analito em um óleo mineral ou hidrocarboneto Fluorado dispersantes.

- Pesou-se 0,002g de amostra moída, inferior a 0,063mm, pastilhadas com 0,003g de KBr e levadas ao Espectroscópio de Infravermelho (Figura 20) para leitura das frequências obtidas.

Figura 20- Equipamento de Infravermelho.



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

O equipamento detém Biblioteca própria para interpretação das ondas em transmitância ou absorbância.

4.12 Razão Planctônica x Bentônica (Razão P/B)

Após peneiramentos úmido e seco, as amostras foram pesadas em cerca de 5g na balança de precisão Micronal B360, do LGMA, para quarteamento, separação e contagem dos foraminíferos no Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME), com uso da Lupa Estereoscópica Nikon SMZ18:

- Separaram-se as 300 primeiras testas da fração 0,354mm, conforme metodologia adotada por Afonso (2015), onde foram identificadas as espécimes planctônicas e bentônicas, bem como os respectivos plexos.

Para o manuseio, foram utilizadas placas de Petri e agulha adaptada.

A razão P/B é expressa em porcentagem e é calculada através da seguinte expressão:

$$\mathbf{P/B (\%) = [P / (P+B)] \times 100} \quad \mathbf{(Equação 4)}$$

Onde:

P = número total de carapaças planctônicas;

B = número total de carapaças bentônicas;

F = número total de foraminíferos.

Esta razão costuma ser utilizada para as reconstruções de paleoprofundidades, onde a maior razão de foraminíferos planctônicos indicam um aumento da coluna d'água e maior distância da costa (MURRAY & ALVE, 2002; SMART, 2002).

4.13 Teor de Nitrogênio Total

Adotou-se o método de *Kjeldahl* (EMBRAPA, 1997), por meio do qual converte-se o Nitrogênio em Sulfato de Amônio. Em meio alcalino, o Sulfato de Amônio convertido da matéria orgânica libera o Amônio que é complexado na solução de Ácido Bórico, contendo indicador misto, e determinado por acidimetria com HCl, de acordo com o procedimento:

- Adicionou-se 15mL da solução extratora de Sulfato em 0,70g de amostra (diâmetro inferior a 2mm) e colocou-se o material em balões *Kjedahl* de 100 mL;
- Digeriu-se fervendo o conteúdo durante 1h30, na placa aquecedora Fanem 186, até destruição completa da matéria orgânica;
- Após resfriamento dos tubos, adicionou-se 1mL de água destilada e, após homogeneização, foram levados ao destilador de Nitrogênio TCNAL-TE 036/1 (Figura 21), adicionando NaOH 40% (com 0,5g de fenolftaleína) até a solução alcalinizar (exibir uma cor rósea);

Figura 21- Destilador de Nitrogênio



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

- No final do destilador, colocou-se *erlenmeyer* com 5mL de H₃BO₃ 4% com indicador misto (Vermelho de metila 0,1% e Verde de bromocresol 0,1%);
- Iniciou-se a destilação da Amônia durante 7min, onde no *erlenmeyer* a Amônia presente da amostra forma um complexo com o ácido bórico e mostra uma coloração azulada.
- Finalmente, é realizou-se a titulação da Amônia destilada, utilizando HCl a 0,005N até que atingiu uma coloração marrom clara.

Após a titulação e adaptações de concentrações utilizadas em reagentes, submeteram-se os resultados em mL à formula:

$$NT \text{ (g/kg)} = Va - Vb \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde:

NT= Nitrogênio Total, em g/kg;

Va = volume de HCl utilizado na titulação da amostra;

Vb = volume de HCl utilizado na prova em branco.

4.14 Razão Carbono/Nitrogênio (Razão C/N)

Este parâmetro tem sido largamente utilizado para a caracterização de áreas sujeitas à circulação hidrodinâmica, onde grande quantidade de matéria orgânica pode estar relacionada com baixa movimentação junto ao fundo e ao maior teor de sedimentos finos (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Para obtenção do resultado, utilizar-se-ão os resultados de Carbono e de Nitrogênio em percentagem, da seguinte forma:

$$C/N = COT(\%) / NT (\%) \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde:

C/N= Razão entre Carbono e Nitrogênio;

COT= Carbono Orgânico Total;

NT= Nitrogênio Total.

Meyers & Ishiwatari (1993); Meyers (2003); Kendall *et al.* (2001), Usui *et al.* (2006), Hu *et al.* (2006), ressaltam que a razão C/N entre 4 e 10 refere-se à atividade de algas, e razão C/N > 20 à vegetais vasculares terrestres. Já as razões C/N entre 10 e 20 são indicativas de fontes mistas de matéria orgânica (terrestres e marinhas). Isso ocorre devido aos diferentes componentes estruturais das fontes, uma vez que plantas vasculares são abundantes em

compostos ricos em Carbonos (lignina e celulose) e fitoplânctons, por sua vez, são compostos formados principalmente de proteínas, que possuem abundância em Nitrogênio.

Para Lins (2018), quando o sedimento apresenta elevada razão C/N, predominam-se compostos orgânicos não-nitrogenados sobre os nitrogenados, ou seja, houve períodos de maior influxo de matéria orgânica continental, enquanto valores mais baixos da razão C/N são indicativos de maior contribuição de matéria orgânica pelágica, ou mesmo melhores condições de preservação do Nitrogênio.

4.15 Análises multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução

Os parâmetros foram obtidos através de leitura direta por meio da sonda multiparamétrica Thermo Scientific Orion Star-A239.

- Separou-se 1cm³ das amostras em *beckers* de 50mL, adicionando 25mL de água destilada
- Após repouso de 30min, foram lidos os valores.

O pH é considerado um parâmetro importante, haja vista a influência que tem sobre o equilíbrio de certas substâncias presentes na água, tais como amônia, gás sulfídrico, cloro e alguns metais (BOYD & TUCKER, 1998).

O potencial redox é determinado pela carga elétrica, em milivolts, onde sedimentos em situação de anaerobiose possuem valores de -250mV a -300mV (Chien,1989). A Salinidade diz respeito aos sais, íons, metais-traço e compostos que permitem a condutividade elétrica, possibilitando a mobilidade entre água e sedimento.

4.16 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-EDS)

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) tem um sistema de detecção de raios X por dispersão em energia (EDS – *Energy Dispersive System*) que obtém imagens de alta resolução para identificar espécies minerais. Ele permite a observação de amostras sólidas com um aumento da ordem de até centenas de milhares de vezes. Seu princípio é análogo ao de um microscópio óptico tradicional.

A composição química foi determinada por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) e pela técnica de difração de elétrons retroespalhados (EBSD - *Electrons Back Scatter*

Difraction). As análises foram feitas no microscópio eletrônico de varredura da marca HITACHI, modelo TM 3000 do LME (FIGURA 22).

Figura 22– Microscópio eletrônico e dispersor



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

As análises de MEV têm muitas aplicações na mineralogia e pesquisa de componentes químicos quando combinado com EDS (Klein & Dutrow, 2012). Assim, durante análise de morfoscopia de grãos, foram separados alguns representantes atípicos de cada testemunho, com a distinção de topo, meio e base do *liner*, para análise composicional.

4.17 Difratometria e Fluorescência de Raios X

A Difração de Raios-X (DRX) descreve a estrutura cristalina das argilas, informando a mineralogia presente nos argilominerais e classificando-os de acordo com as dimensões dos átomos de SiO₂ detectáveis por meio do contato com os raios-X (SCARPIN, 2003).

Após o peneiramento úmido, foi encaminhada a quantidade de 1g da fração argila de cada amostra dos três testemunhos para o Laboratório de Física da UFC, onde se realizou a metodologia de operação dos aparelhos difratômetro de modelo XPert Pro MPD Panalytical, com tubos de raios-X, usando software X'Pert HighScore, e de Fluorescência de Raios –X, equipamento Rigaku (ZSX Mini II).

A partir da identificação dos elementos, faz-se a relação direta entre eles, os quais, para o presente trabalho, utilizou-se as massas relativas de Fe e Ca, para indicar influência terrígena ou marinha, respectivamente, de acordo com o nível do oceano à época da sedimentação, onde:

$$\text{(Equação 07)} \quad \text{Razão } Fe/Ca = \frac{Fe (\%)}{Ca (\%)}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.4 Testemunho ANP – 1207

5.4.1 Descrição Macroscópica

O *liner* foi coletado a profundidade de 2.200m, a distância de, aproximadamente, 105km da costa do município de Itarema (Praia do Guajiru) e apresenta 162cm de comprimento e 9cm de diâmetro.

Partindo-se do topo do testemunho, os primeiros 3,00 cm apresentaram coloração homogênea Light Olive Gray 5Y 5/2 (cinzento oliváceo claro), com grãos finos aparentemente arenosos a siltosos e bem coesos. De 3,00 cm a 13,00 cm, a coloração é Yellowish Gray 5Y 7/2 (cinzento amarelado), apresentando grande quantidade de fragmentos de carapaças, conglomerados e espículas esbranquiçadas misturadas ao sedimento arenoso altamente friável, onde aos 8,00 cm verificou-se a presença de estrutura semelhante a exoesqueleto cálcico, semirrígido e arredondado, de cor amarelada medindo 1,10 cm. Dos 13,00 cm aos 75,00 cm, as características descritas acima continuaram e a amostra apresentou rajadas de coloração Moderate Yellowish Brown 10YR 5/4 (bruno amarelado médio) a partir da borda lateral esquerda do *liner*.

De 75,00 cm até 90,00 cm a coloração verificada é Pale Yellowish Brown (bruno amarelado claro), onde, no início, se verifica a mudança brusca de grãos grossos e friáveis para finos e porosos, tendendo a argilosos. Entre 81,00 cm e 83,00 cm, há contornos de direção predominantemente horizontais sem forma definida, com coloração Dark Yellowish Brown 10YR 4/2 (bruno amarelado escuro). De 83,00 cm a 83,40 cm há estrutura horizontal de cor Moderate Yellowish (amarelado médio). Aos 84,10 cm há estrutura linear bem definida de 0,40 cm de cor Light Brown 5YR 5/6 (bruno claro), indicando presença de material óxido de Ferro.

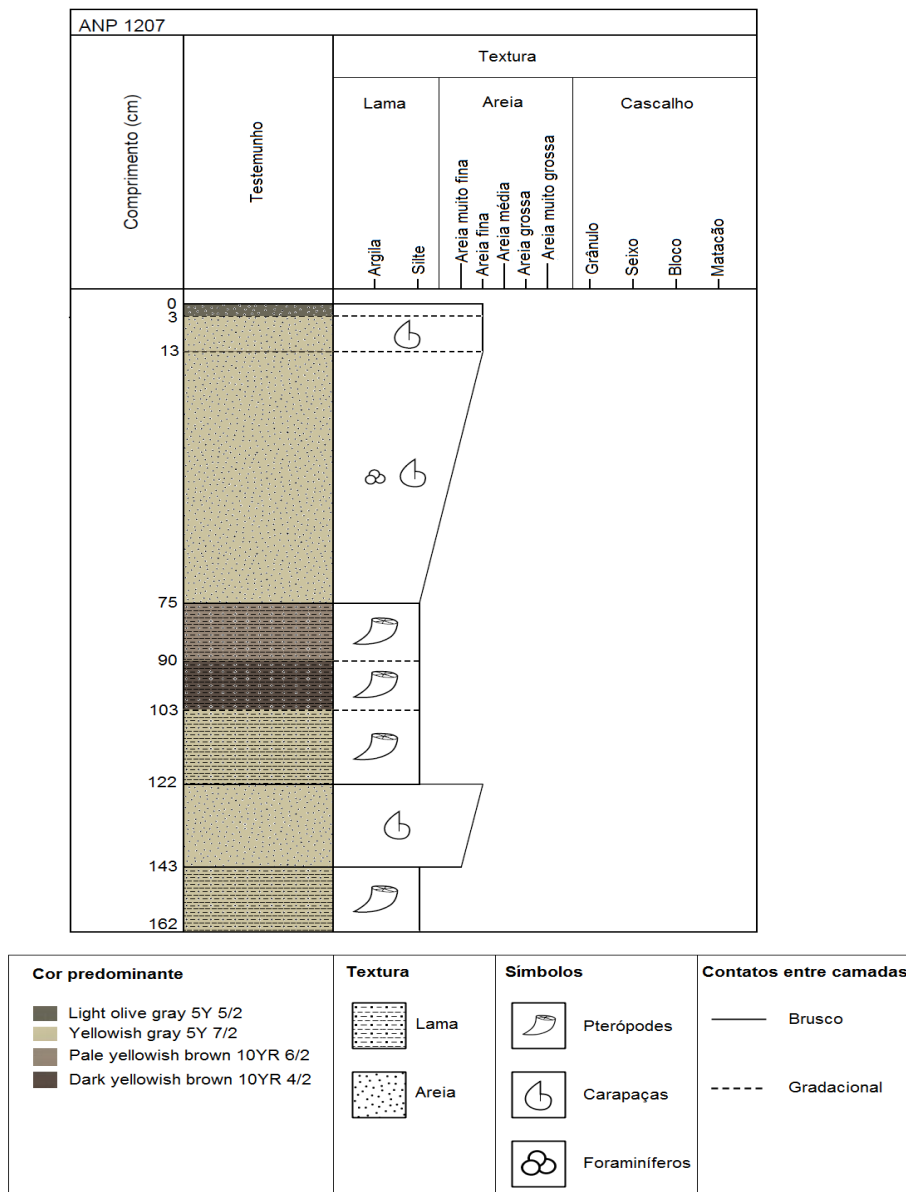
A partir de 90,00 cm até 103,00 cm a cor predominante é Dark Yellowish Brown 10 YR 4/2 (bruno amarelado escuro), onde de 90,01 cm a 92,00 cm e de 90,05 cm a 92,00 cm há formas circulares de cor Dusky Yellowish Brown 10 YR 4/2 (bruno amarelado acinzentado escuro), indicando presença orgânica. De 103,00 cm até 122,00 cm predomina a cor Yellowish Gray 5Y 7/2 (cinzento amarelado). Porém, aos 119,60 cm há formas horizontais de cor Moderate Brown 5YR 4/4 (bruno médio) e à esquerda de cor Olive Gray 5YR 1/1 (cinza oliváceo) que vai até os 122,00 cm. Verifica-se que a incidência de espículas e traços de carapaças e foraminíferos ocorre em todo o testemunho, porém em maior quantidade nas

frações mais grossas. Nas frações mais finas é mais visível a presença de formas indicativas de pterópodes.

De 122,00 cm até 143,00 cm prevalece a coloração Yellowish Gray 5Y 7/2 (cinza amarelado). A partir daí até 1,62 cm a coloração é Moderate Brown 5YR 4/4 (bruno médio). Aos 142,10 cm existem estratificações finas e bem definidas Dark Yellowish Orange 10 YR 6/6 (alaranjado amarelado escuro) com impressões arredondadas de cor Moderate Yellowish Brown 10 YR 5/4 (bruno amarelado médio).

Em termos gerais, o testemunho apresentou-se heterogêneo, com participação biogênica e algumas características de bioturbação. O esquema da Figura 23 abaixo demonstra as alterações de cor e estruturas.

Figura 23- Esquema descritivo do testemunho.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

A mudança de texturas e colorações são graduais em sua maioria, apresentou sedimentação em camadas bem definidas e zonas de transição, o que vai corroborar com a ideia das alterações no fluxo de água e sedimento, indicando que houve momentos de aumento e redução no regime de ondas, bem como a marcante presença biogênica e carbonática.

5.4.2 Análise Granulométrica

Após a realização dos ensaios de granulometria, obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 03):

Tabela 3– Resultados da análise granulométrica de ANP-1207

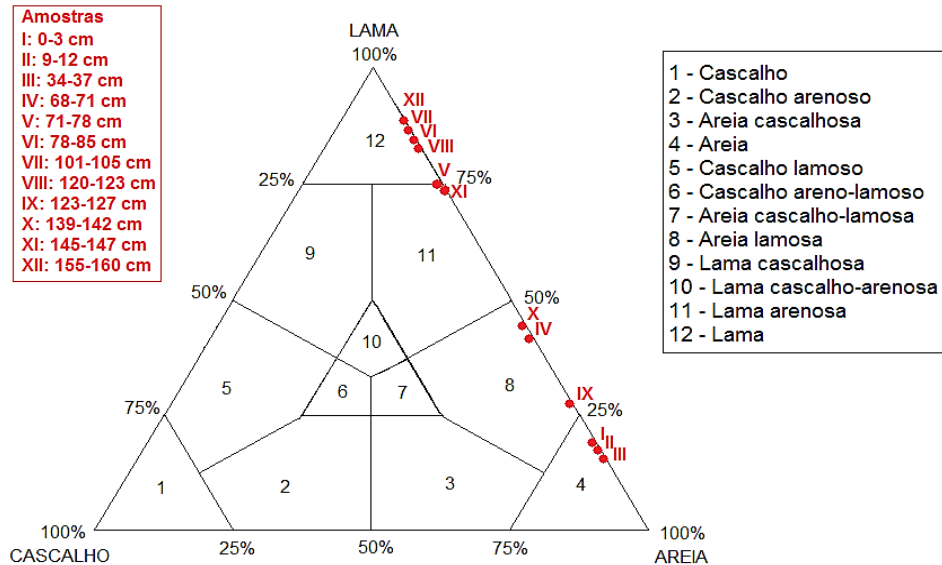
GRANULOMETRIA								
Amostra	Prof. (cm)	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Assim. (%)	Curt. (%)	Seleção (%)
A1	0-3	0,20	82,88	11,86	5,06	0,51	1,03	1,37
A2	9-12	0,14	81,41	11,10	7,35	0,43	0,86	1,37
A3	34-37	0,00	81,47	14,79	3,74	0,35	0,86	1,24
A4	68-71	0,15	59,06	33,19	7,60	-0,18	0,76	1,20
A5	71-78	3,00	24,00	61,00	12,00	-0,46	1,68	0,78
A6	78-85	0,00	14,89	12,74	72,37	-0,34	2,44	0,72
A7	101-105	0,00	10,68	66,04	23,28	-0,33	2,29	0,66
A8	120-123	0,00	14,97	56,30	28,73	-0,35	2,46	0,73
A9	123-127	0,13	73,31	19,44	7,12	0,30	0,64	1,32
A10	139-142	0,00	56,20	38,60	5,20	-0,18	0,78	0,95
A11	145-147	0,00	26,00	7,33	66,67	-0,58	1,94	1,00
A12	155-160	0,20	12,08	66,96	20,76	-0,33	2,19	0,65

Fonte: Elaborado pela Autora (2018)

De todo o testemunho, a Amostra A5 apresentou maior quantidade de cascalho (variando entre 2mm e 16mm), enquanto a A1 teve maior quantidade de areia, seguido por A12 e A6 com maiores quantidades de silte e argila, respectivamente. De acordo com a classificação de Freire *et al.* 1997 modificado por Vital *et al.* 2005, as 12 amostras tratam-se de Lama Calcárea, ou seja, sedimento bioclástico, de acordo com Larsonneur (1977) (percentual de carbonato maior que 70%) e quantidade de finos superior a 15%.

A classificação textural proposta por Sheppard (1954) destaca a amostra como arenosa (Figura 24).

Figura 24- Diagrama de Sheppard



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Considera-se, no entanto, que a quantidade de material biogênico é extremamente superior ao material puramente mineral, ou seja, o testemunho apresentou volume considerável de fragmentos de carapaças, exoesqueletos, espículas e demais conchas intemperizadas, mostrando grande deposição de organismos vivos, carreados *post mortem*, alóctones, ou autóctones.

Grãos maiores, mostrados nas quatro primeiras amostras, sugerem menor espaço percorrido até sua deposição final, bem como ambiente tranquilo para não houvesse diminuição de tamanho por transporte. Une-se a isso, a observação de boa preservação das carapaças e espículas da amostra, estando menos quebradiças em relação à A1 e mais foscas (opacas e acinzentadas). Isso demonstra que, embora houvesse carreamento biótico pelas correntes e movimentos oceânicos, a sedimentação decorreu-se em sua maior parte de maneira autóctone e em lento processo de deposição sedimentar, pois houve tempo para desgaste natural do nácar original das tecas.

Amostra A1 (de 0cm a 3cm)

A1 mostrou percentagem acentuada de areia de 82,88% em detrimento de 0,2% de cascalho, 11,86% de silte e 5,06% de argila. Por ser a parte mais superficial do testemunho, denota-se o aporte de grãos pouco rolados, depositados próximos ao local de origem. Com

areia fina como média e pobremente selecionada, a amostra apresentou grande dispersão dos valores granulométricos. Com assimetria muito positiva, Friedman (1961) e Martins (1965) afirmam que isso se deve pelo fluxo unidirecional do agente de transporte. A curtose apresentou-se normal, ou seja, distribuição mesocúrtica, típica de áreas de transporte.

Amostra A2 (de 9cm a 12cm)

Com comportamento granulométrico semelhante à A1, A2 mostrou-se arenosa, porém com menor diferença entre silte e argila, somando os finos em 18,45%. Difere-se no entanto, da amostra anterior, pela curtose ser platicúrtica, demonstrando espalhamento de grãos finos e grossos, o que deduz-se ter participação de diferentes ambientes originários do depósito.

Amostra A3 (de 34cm a 37cm)

Apresentando 81,47% de areia e demais 18,43% de finos, com 14,79% de silte, A3 mostra-se mais trabalhada, com crescente quantidade de grãos finos. Isso demonstra o maior retrabalhamento do grão em relação à profundidade da amostra e, conforme suas características estatísticas idênticas às da amostra anterior, tem-se a participação de diferentes populações.

Amostra A4 (de 68cm a 71cm)

A quantidade de argila e silte (40,79%) aproximam-se da quantidade de areia (59,06%). Deduz-se, com isso, que os grãos foram melhor erodidos pelo ambiente marinho ou pelos fenômenos sedimentares, o que é corroborado pela média dos grãos ser areia muito fina, com curva platicúrtica e assimetria negativa, que, deste modo, segundo Duane (1964), pode-se afirmar a participação de agentes costeiros como marés, ondas e correntes.

Amostra A5 (de 71cm a 78cm)

Com 24% de areia e maior quantidade de cascalho (3%) de todo o testemunho, a amostra A5 se apresenta mais fina, classificada como lama arenosa por Shepard (1954) pela quantidade considerável de silte (61%). É moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa, o que demonstra grande energia para deposição, justificando o carreamento de todo o cascalho encontrado.

Amostra A6 (de 78cm a 85cm)

Em A6, a quantidade de argila atingiu seu ápice com 72,37% de grãos menores de 0,0039mm, sendo sua média definida por Silte. Moderadamente selecionada, devido ao aumento da distância de transporte ou da agitação do meio, tornou-se melhor fracionada do que as amostras anteriores. A Assimetria é muito negativa, passando, o sedimento, por uma região erosiva. A curtose leptocúrtica indica baixa energia relativa de ondas (TANNER, 1995).

Amostra A7 (de 101cm a 105cm)

A fração silte foi a mais sobressalente com 66,40% e o teor de argila caiu em relação à A6. Em geral, a amostra apresentou-se moderadamente selecionada, com assimetria muito negativa e curva muito platicúrtica, o que significa alta energia e presença de aporte sedimentar e presença marcante de grãos finos e retrabalhados, justificando a média granulométrica como silte.

Amostra A8 (de 120cm a 123cm)

O teor de areia (14,97%) continua inferior ao de silte (56,30%) e argila (28,73%), reafirmando o retrabalhamento do grão de acordo com a profundidade. Bem como A7, esta apresenta resultados semelhantes de seleção de grãos, curtose e simetria, tratando-se do ambiente sob as mesmas condições.

Amostra A9 (de 123cm a 127cm)

Uma mudança brusca da fração areia de 14,97% para 73,31% demonstra alteração nas condições ambientais do local, variando com a quantidade de silte (19,44%) e argila (7,12%), podendo ter havido acreção de material grosseiro por meio de deslizamentos ou correntes de turbidez, o que é demonstrado pela seleção pobre e por ser muito platicúrtica, com modas amplamente separadas. Areia fina classificou a média desta amostra e a assimetria muito positiva indica que a moda de maior valor ainda está para grãos finos, indicando a mistura de grãos.

Amostra A10 (de 139cm a 142cm)

O ambiente desta amostra, com energia e circulação, acarretou o aumento da fração areia para 56,20% e silte para 5,20%, em detrimento de cascalho e argila, que resultaram em 0% e 5,20% respectivamente. Areia muito fina foi a média dos grãos, ressaltando-se assimetria negativa e curva platicúrtica, o que permite deduzir a baixa

percentagem de materiais grossos, com grãos moderadamente selecionados, depositados em ambiente de alta energia.

Amostra A11 (de 145cm a 147cm)

Ao contrário dos grãos particularmente arenosos acima, agora tem-se uma amostra cuja média é silte, apresentando queda do valor de areia para 26,00% e acréscimo acentuado do valor de argila para 66,67%. Os grãos mostraram-se pobremente selecionados, com dispersão de materiais grossos, refletindo na assimetria muito negativa e curtose muito leptocúrtica, o que indica variações nas condições de energia. A variação nos valores da assimetria indica que há ocorrência de sedimentos de fontes distintas (FRIEDMAN, 1961).

Amostra A12 (de 155cm a 160cm)

Ainda tendo silte como média, esta amostra apresentou maior valor de silte do testemunho de 66,96%. Seguido de 20,76% de argila, 12,08% de areia e 0,20% de cascalho, obteve moderado grau de seleção, ou seja possui tendência de homogeneidade em relação à amostra anterior, porém ainda apresenta assimetria muito negativa e muito leptocúrtica, indicando o mesmo ambiente deposicional, podendo, o grão, ter sido selecionado durante o transporte.

5.4.3 Teor de Carbonato de Cálcio

Em ANP- 1207, os valores diminuíram em A6 e A7, a alteração foi sinuosa, mas não ultrapassou valores inferiores a 50%, conforme mostra tabela 04.

Tabela 4- Teor de Carbonato de Cálcio em ANP-1207

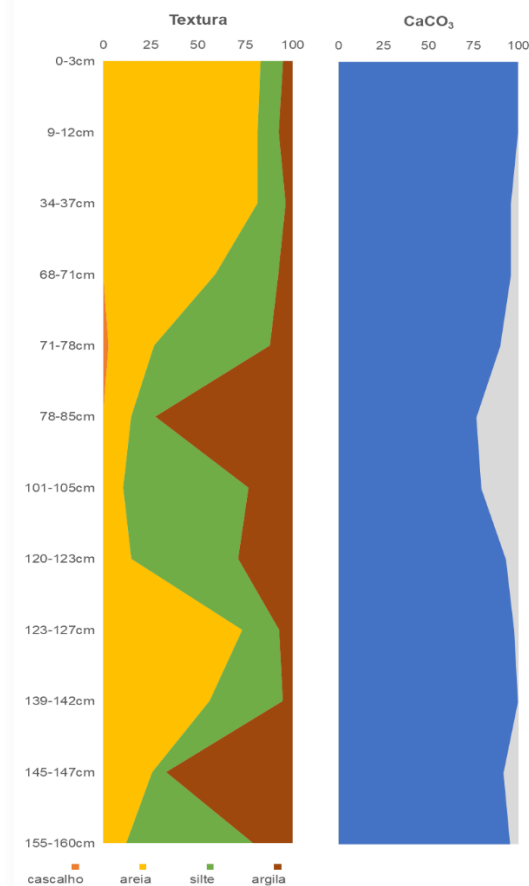
Amostra	CaCO₃ (%)
A1	100,00
A2	100,00
A3	96,06
A4	96,06
A5	90,11
A6	76,85
A7	79,59
A8	93,32
A9	97,89
A10	100,00
A11	91,94

A12 95,60

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Analisando-se a Figura 25 abaixo, verifica-se que o teor de carbonato nesta amostra variou de acordo com o teor da fração areia, inversamente proporcional à quantidade da fração argila.

Figura 25- Comparativo entre Textura e CaCO₃



Fonte: Elaborado pela Autora (2018)

Morais (1998) verificou feições bioclásticas na Plataforma continental cearense as quais denominou bioconstruções. São constituídas de carbonatos, oriundos de algas calcárias e carapaças e ocorrem em maior representatividade nas adjacências de Itarema, Mundaú e Aracati. Tendo em vista esse banco de algas calcárias recentes, verificados na região, tem-se que existe relação direta entre o tamanho dos grãos e fragmentos encontrados e o teor de CaCO₃.

5.4.4 *Matéria Orgânica e Carbono Orgânico Totais*

No caso do testemunho ANP-1207, após uma diminuição dos teores de MO e CO, houve a tendência crescente até A7 com estabilização em A4 e A5, conforme mostra tabela 05.

Tabela 5– Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico em ANP-1207

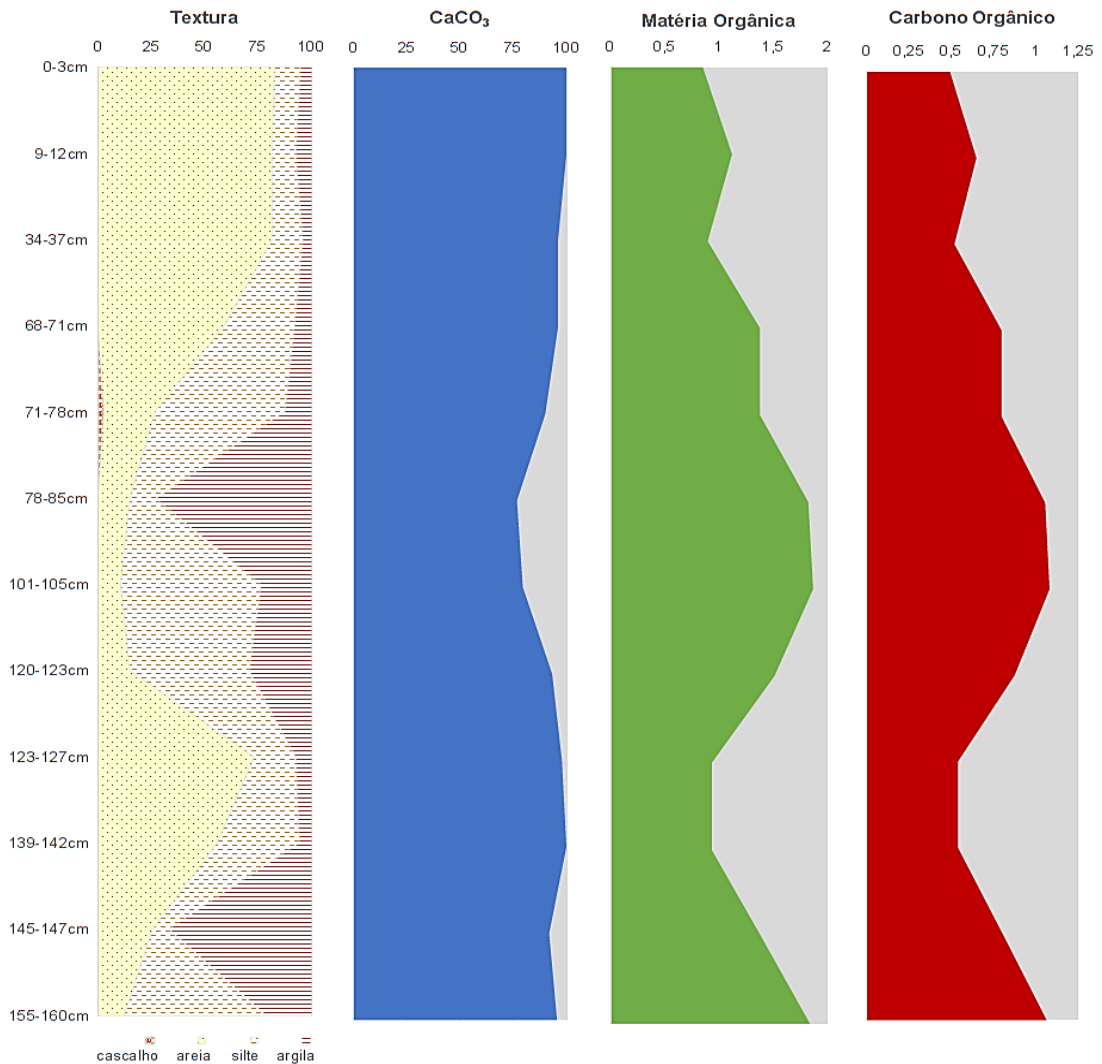
Amostra	M.O. (%)	C.O. (%)
A1	0,85	0,49
A2	1,12	0,65
A3	0,90	0,52
A4	1,38	0,80
A5	1,38	0,80
A6	1,82	1,06
A7	1,87	1,08
A8	1,51	0,88
A9	0,93	0,54
A10	0,93	0,54
A11	1,39	0,81
A12	1,84	1,07

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

É importante ressaltar que a fração de matéria orgânica sedimentar não solúvel e com polímeros em sua constituição é chamada de Querogênio, o qual é formado de maneira gradativa em centenas de metros da coluna de sedimento após a deposição de material com ácidos húmicos e fúlvicos (BJØRLYKKE, 1989).

O comportamento da MO e CO compostos segue o de argila, ou seja, quanto maior a quantidade da fração argila maior o teor de orgânico, conforme visualizado na Figura 26:

Figura 26– Relação entre CaCO₃ e MO e CO.



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Ressalta-se que grãos pequenos, com tendências coloidais como silte e argila, possuem maior área superficial do sedimento, permitindo um acúmulo de matéria orgânica em sua estrutura intersticial, por absorção ou adsorção. Desta forma, ANP-1207 apresentou média de CO igual a 0,77%.

5.4.5 Espectrofotometria por Infravermelho

Os primeiros picos foram de $3695,61\text{cm}^{-1}$ a $3608,81\text{cm}^{-1}$, onde se encontraram fortes ligações de fenóis e álcoois, livre, monomérico e com pontes de Hidrogênio, os quais surgem a partir das hidroxilas originadas de reações entre substâncias apolares com a água (polar) onde há trocas cátions e prótons, os quais podem formar outros ácidos, bases ou sais com a interação com o sedimento e matéria orgânica existente.

Os próximos picos, entre $3414,00\text{cm}^{-1}$ e $3437,15\text{cm}^{-1}$ dizem respeito às ligações de álcoois, às amidas- que são oriundas do amoníaco e do ácido caboxílico também presente em ligações médias, e às aminas. Estas últimas são os derivados orgânicos da amônia, sendo pouco reativos pelo seu caráter ácido. Neste caso, por meio da presença de benzeno e demais aromáticos, as aminas tendem a ser solúveis. Elas reagem com o grupo de aldeídos e/ou cetonas para formar as iminas, presente em organismos metabólicos.

Já as amidas são oriundas do cloreto, constituinte do hidrocloreto naturalmente presente no ambiente marinho, ou dos ácidos carboxílicos presentes em compostos orgânicos, que reagem fenóis e com anidridos gerando também os ésteres.

Entre $2920,23\text{cm}^{-1}$ e $2981,95\text{cm}^{-1}$ foram verificados, fortemente, alcanos, alcenos, aldeídos, ácidos, incluindo o carboxílico, e hidrocloreto. As amostras A6, A7, A8 e A12 não apresentaram as respectivas elevações de absorvância.

Os alcanos e alcenos são hidrocarbonetos biogênicos (Morrison & Boyd. 1995; Lourenço, 2003) que, comumente, são encontrados em todos os sedimentos que contém matéria orgânica, uma vez que são sintetizados por seres vivos, como microalgas, bactérias e plantas terrestres, estas refletidas pela presença de alcenos em especial.

Os ácidos fumárico e maleico são as duas formas (cis e trans) presentes com o radical di-carboxílico. São oriundas da decomposição do ácido málico ou do piruvato, por sua vez, oriundo do ácido pirúvico que é o resultado final da glicólise em processos metabólicos. No Ciclo de Krebs, acetil-Coa origina-se da decomposição da glicose, ácidos graxos, glicerol e diversos aminoácidos, os quais podem ser formados por fumarato, malato e oxaloacetato. (SHIBATA & TERADA, 2010; LASCANO & CÁRDENAS, 2010).

A decomposição anaeróbica de MO se dá por meio da adição de fumarato através de uma enzima "glycyl-radical enzymes", seguida por metilação de aromáticos. Após, ocorre hidroxilação com a água através de enzima contendo co-fator e de um alquil, e por fim a carboxilação por enzimas (VERMELHO, 2016).

Faz-se importante ressaltar que a presença dessas espécies orgânicas implica dizer que existe, na superfície do assoalho oceânico, grande atividade metabólica, visto que, além de outras informações comprobatórias, o ácido fórmico é um subproduto da produção do ácido acético, o qual é obtido pelo processo anóxico de fermentação (butírica, oxálica, acética, etc), utilizado por algumas bactérias e outros organismos para a quebra da glicose.

O ácido clorídrico no ambiente marinho tem sua origem a partir da quebra das moléculas de cloreto e o ácido carboxílico pode ter sua origem em variadas fontes, por

exemplo pela oxidação de tolueno, o que não é difícil ocorre já que foram verificados muitos anéis aromáticos, benzenos e fenóis.

Da mesma forma, ocorrem os ácidos carboxílicos, que formam pontes de Hidrogênio e, como são mais polares do que os álcoois, são mais solúveis em água. Geram as reações de quelação dos íons metálicos, de troca catiônica e formação de complexos com outros constituintes inorgânicos como óxidos metálicos e argilas, além disso, no ambiente marinho, reagem com hidróxido de sódio e bicarbonato de sódio, formando carboxilato.

Os ácidos carboxílicos que apresentam pelo menos um grupo de amina na estrutura são chamados aminoácidos, os quais formam as unidades básicas das proteínas. A quebra de enzimas proteicas através de peptidases extracelulares é realizada por micro-organismos que acabam liberando esses peptídeos e aminoácidos, até serem transformados em amônio e outros compostos, como aldeídos, que retornam ao ciclo metabólico dos seus decompositores.

De $2513,25\text{cm}^{-1}$ a $2519,03\text{cm}^{-1}$ encontraram-se compostos hidroclorados e organossulfurados (tiofenóis), que caracterizam, no ambiente marinho, a ecofisiologia de algas, pela biodisponibilidade de íons sulfato (CARVALHO & ROQUE, 2000).

Os Anidridos, que são grupos orgânicos obtidos através da desidratação de ácidos carboxílicos, ácido clorídrico e clorocarbonato, foram identificados em ligações fortes em $1797,66\text{cm}^{-1}$. Este último é um derivado ou éster do ácido carbônico, disponível no ambiente marinho pela reação da água com o dióxido de Carbono presente na atmosfera, dando origem aos carbonatos iônicos e liberando H^+ , reativo como os radicais -metileno e -vinila também encontrados na amostra.

Entre $1622,13\text{cm}^{-1}$ e $1633,71\text{cm}^{-1}$ foram identificados fenol aromático, iminas e carboxilatos, além de amidas e aminas. Os hidrocarbonetos aromáticos, bem como fenóis, hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA) e demais compostos são larga e naturalmente espalhados na natureza, oriundos de decomposição de materiais orgânicos como os benzenos e de sínteses metabólicas como a tirosina. Além das fontes naturais, as antrópicas são as petrogênicas e pirolíticas (Usepa, 2003), relacionadas à exploração e queima de combustíveis fósseis que levam à suspensão e precipitação desses compostos no leito oceânico.

A disponibilidade dos hidrocarbonetos em reações químicas no sedimento é proveniente da solubilidade dos compostos, as características físico-químicas e biológicas presentes no ambiente marinho, concentração e composição da matéria orgânica e taxa de sedimentação (WHITEHOUSE, 1984).

A grande presença desses compostos orgânicos em todos os testemunhos deve-se a processos hidrodinâmicos de revolvimento e suspensão por tempestades, movimentos e fluxos de sedimento, correntes, ondas e marés que gerem a bioturbação e biodisponibilização (ARNALOT, 2002; GEFFARD *et al.*, 2003).

Os carboxilatos são sais produzidos a partir das reações de ácidos carboxílicos com bases. Além disso, são ótimos receptores de íons metálicos (Akanni *et al.*, 1992). As iminas, também encontradas na amostra, são o produto da condensação do amoníaco ou de uma amina primária com uma cetona ou um aldeído. Elas possuem composto nitrogenado e geralmente relacionadas a reações bioquímicas que envolvem enzimas e proteínas.

Compostos Fluorados e clorados, além de carbonatos iônicos, nitratos e álcoois marcaram as bandas encontradas entre $1471,69\text{cm}^{-1}$ e $1417,68\text{cm}^{-1}$. Os organofluorados são largamente disseminados na crosta na forma de Fluoretos, ocorrendo principalmente como CaF_2 , Fluorita, ou associado a outros minerais (CHAMBERS *et al.*, 1996).

O Fluoretileno encontrado faz parte dos organofluorados, cuja característica é a forte ligação química entre Carbono e Flúor. Essa combinação orgânica é encontrada em microorganismos e plantas, mas não em animais. O Fluorocarbono natural mais comum é o ácido Fluoroacético e seus derivados em ácidos graxos Fluorados, Fluoroacetona e 2-Fluorocitrato, os quais são biossintetizados a partir do ácido Fluoroacético. Estes compostos são fármacos anti-cancro (anti metabólito).

Os clorometanos, ou clorofórmios, são oriundos da inserção de cloro em água, onde existem reações envolvendo cloro e material húmico. Sanches *et al.* (2003) salientam que o clorofórmio é o mais abundante em águas cloradas. Já os demais se formam quando há íons de brometo ou iodeto ligados a substâncias húmicas, pois esses íons reagem com a matéria orgânica em decomposição.

Na água do mar, o Nitrogênio apresenta-se como nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3) e amônio (NH_4^+), cada qual é parte ativa no ciclo biogeoquímico referente ao N, sendo assimilado por meio da produção primária pelágica e bentônica, e fixado por cianobactérias. Esse Nitrogênio orgânico pode ser remineralizado na coluna de água, resultando em amônio (NH_4^+). Os ácidos carbônicos reagem com amônia aquosa para formar sais de amônio. Já o ácido carboxílico, ao contrário, gera um íon carboxilato.

Já no sedimento, o Nitrogênio é liberado do sedimento na forma de gás inerte (N_2) através da denitrificação e oxidação anaeróbia do amônio - processos mediados por bactérias em condições anóxicas, ou seja, quanto maior a profundidade, maior a quantidade do íon amônio.

Os estiramentos de $1031,92\text{cm}^{-1}$, $1008,77\text{cm}^{-1}$ e $1006,84\text{cm}^{-1}$ caracterizaram-se pela presença de ligações médias de tióis, sulfonatos, sulfóxidos e fosfatos iônicos, ou seja, grupos com ligações entre metais com Enxofre, Fósforo, além de Flúor, hidroxilas livres, alcanos e carbonato.

Na presença de alcanos, os radicais –metil (metileno), -etil (vinila), -propil (isopropila) são indicativos de quebra de cadeias de ácidos graxos e esteróis sintetizados por algas e bactérias do assoalho oceânico, gerados a partir da formação de cetonas, processo presente na incorporação da matéria orgânica ao ambiente sedimentar. O -butil está presente durante as transições entre reações químicas.

Os tióis, algumas vezes chamados mercaptanas, são os análogos sulfurados dos álcoois. São presentes em proteínas, como os peptídeos e aminoácidos. São ácidos e reagem com bases e alguns metais, como Hg. São componentes endógenos intracelulares biologicamente relevantes (Trujillo *et al.*, 2016) presentes como glutathione, um tripeptídeo presente em todas as células animais.

O grupo fosfato reage em processos bioquímicos é a formação de fosfatos de alquila. Uma reação entre o ácido fosfórico e um álcool. Já os sulfóxidos apresentam o grupo sulfonilo (Enxofre ligado a outros elementos) unido a dois átomos de Carbono. São considerados tioéteres oxidados, pois na presença de agente oxidantes (como peróxido de Hidrogênio) os sulfóxidos são convertidos em sulfonas. Para este processo, os sulfetos são geralmente os originários dos sulfóxidos e por conseguinte, das sulfonas por oxidação orgânica. Estes sulfetos foram originados a partir da matéria orgânica em decomposição, oriunda de ambientes anóxicos e com a atividade biológica microbiana.

O íon sulfonato provavelmente liga-se a um grupo carbonílico e constitui a base conjugada do ácido sulfônico. A presença de polissacarídeos sulfatados é uma diferença bioquímica entre macroalgas e outros vegetais (Bixler & Porse, 2010, Cardozo *et al.*, 2007).

As bandas $912,33\text{cm}^{-1}$ e $873,75\text{cm}^{-1}$ estiveram presentes em todas as amostras e representam ácido carboxílico, ácido clorídrico, fosfato e tiol. $711,73\text{cm}^{-1}$ esteve presente em quase todas as amostras, com exceção de A6 e A7, e refere-se a alcenos, anéis aromáticos, aminas, compostos de Enxofre e de Silício, por meio do radical sililo $-\text{SiH}_3$, no grupo trimetilsililo, presente em reações com esteróis.

O grupo funcional referente aos éteres de sililo são os compostos orgânicos que possuem átomos de Silício e grupo alcóxi. Forma-se a partir do ácido clorídrico ou ácido sulfônico. Os trimetilsililos possibilitam estabilidade térmica e química em reações (ZWIRTES, 2003).

A oceanografia mostra a importância da sílica dissolvida (DSi) que acontece pela formação de SiO₂ (particulada) e ácido ortossílico (dissolvida), sendo capturada e processada pelas algas diatomáceas que polimerizam o ácido silícico para formação das frústulas. A concentração de sílica dissolvida aumenta com a profundidade da água.

A frequência de 796,60cm⁻¹ foi verificada de A5 a A12, ou seja, do meio para o final do *liner*, e significa a presença de epóxi, Silício, Cloro, iminocarbonato, além de alguns grupos aromáticos e aminas. Ressalta-se que o grupamento epóxi é um éter cíclico, porém mais reativo.

De 536,21cm⁻¹ a 538,14cm⁻¹ mostraram-se os compostos de Nitrogênio e éter, enquanto as bandas 462,92cm⁻¹ a 470,63cm⁻¹ referem-se à sulfato. Igualmente, entre 418,55cm⁻¹ e 432,05cm⁻¹ verificaram-se benzenos e sulfatos.

A presença de bactérias oxidantes de Enxofre e sulfeto produzem sulfato, enquanto as bactérias redutoras de sulfato consomem o sulfato, produzindo sulfeto de Hidrogênio (LEAL, 2012).

Existem processos de fermentação onde há transformação de açúcar vegetal em álcool seguida da retirada da hidroxila e formação de ácidos orgânicos (presentes nestes testemunhos). Como acetato e formiato são poucos estáveis, foi identificado o processo em andamento e neste processo, a acidez do meio permite a solubilização de materiais inorgânicos, podendo, desta maneira, apresentar elevadas concentrações de cálcio, Ferro e metais pesados.

Tal ilação é corroborada pela afirmação de Kawamura e Kaplan (1983) quando diz que as contribuições naturais para existência de ácidos orgânicos são as fontes provenientes de processos de biossíntese por bactérias, fungos, insetos e plantas.

Os grupos de ésteres formiato, acrilato, fumarato e maleato são sais ou íon de ésteres derivados de, respectivamente, ácido fórmico (CH₂O₂), ácido acrílico (C₃H₄O₂), ácido fumárico e ácido maleico (C₄H₄O₄). O ácido fórmico possui o grupo funcional dos aldeídos e atua como agente redutor e na presença de ácidos fortes, o ácido fórmico se decompõe em água e gás carbônico. Já o ácido acrílico sofre as mesmas influências do grupo carboxílico, por fazer parte de sua estrutura, sendo capaz de formar ésteres com o grupo hidroxila de açúcares e estruturas metabólicas vegetais (CARLSON, 1977).

5.4.6 Razão Planctônico x Bentônico

Amostra A1 (de 0cm a 3cm)

Nesta amostra, verificou-se maior representatividade dos plexos *Globigerinoide Ruber* e *Globorotalia Menardii*, que correspondem a 28,9% e 13,51% dos foraminíferos planctônicos nas amostras, respectivamente. As primeiras dizem respeito a climas tropical a temperado, presentes em superfície. As outras são de clima tropical a subtropical, vivendo de superfície à subsuperfície. Com 8,49% tem-se a *Orbulina Universa*, também vivendo na superfície da coluna d'água, em clima tropical a temperado.

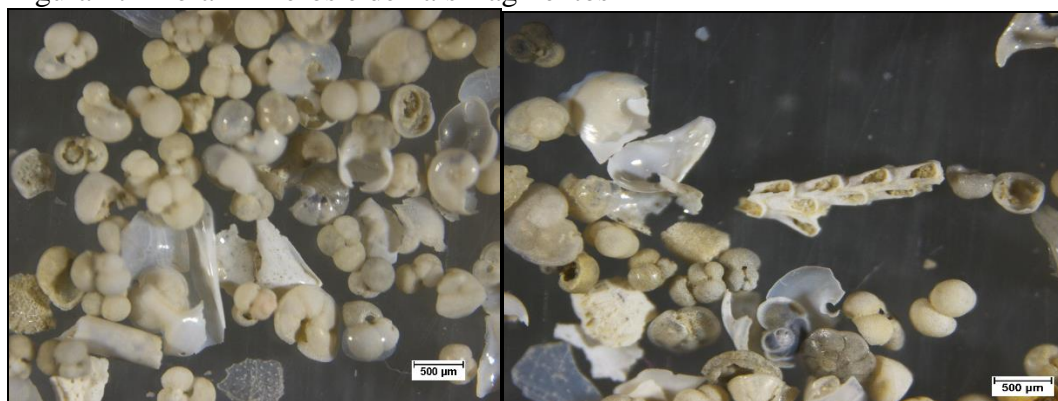
Dentre as espécies bentônicas, destaca-se o plexo *Cribrostomoides Jeffreysii*, presente em águas rasas (Araújo e Machado. 2008), representando 14,63% dos bentônicos encontrados, seguidos por *Melonis Affine*, com 12,19% encontrados em subsuperfície por Araújo e Machado (2008).

A partir de 300 tecas, obteve-se a quantidade de 259 espécimes planctônicas e 41 bentônicas, onde a razão P/B resultou em 86,30%, mostrando a grande presença de foraminíferos planctônicos.

Amostra A2 (de 9cm a 12cm)

Observou-se a amostra mais amarelada do que a anterior, que indica que esta teve mais tempo de sedimentação, visto que a anterior era a mais superficial. Apresentou muitos fragmentos de espongiários (FIGURA 27).

Figura 27– Foraminíferos e demais fragmentos



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

As maiores representatividades continuam de *G. ruber* com 41,63% e *G. menardii* com 24,91%, seguidos por *G. truncatulinoide*s de enrolamento levógiro, correspondendo a 8,54%, que significam temperatura mais baixas ou latitudes altas. Estes últimos são encontrados em águas profundas ou na superfície durante a reprodução (PETRÓ, 2019).

O índice de planctônicos foi de 0,936, indicando na razão P/B de 93,67%, ou seja, 7,6% superior à amostra A1.

Amostra A3 (de 34cm a 37cm)

Mostrou deposição calma e lenta sedimentação, com tecas mais amareladas e acinzentadas, onde o plexo *G. ruber* apresenta 54,21% dos foraminíferos planctônicos, seguido de *G. menardii* com 11,72%. Dentre as primeiras, aparecem aqui as *Globigerinoides Ruber Pink*, com 3,38% do total do plexo (*White+Pink*). São de clima tropical a subtropical e vivem na superfície, acima das classificadas como White. Atualmente é exclusiva do Oceano Atlântico e Mar Mediterrâneo (TOLDERLUND & BÉ, 1971).

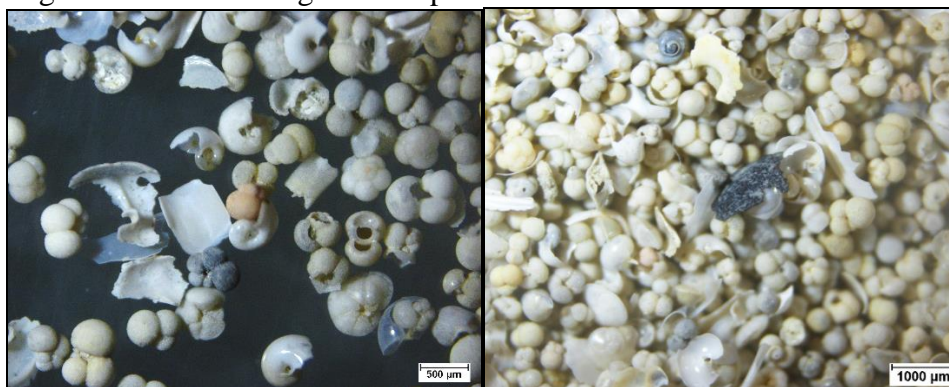
A coloração rósea vem da feofitina, substância oriunda da degradação ou modificação da clorofila a, resultando na perda de Mg^{2+} e entrada de 2 átomos de H^+ , por meio da hidrólise ácida. Está presente em sedimentos, especialmente influenciados por correntes de ressurgência e na flora simbiótica do citoplasma. Sedimentos com significativo teor de COT associado à granulação fina podem reter mais feofitina indica grande produção primária (IWAI, 2008).

Com 273 componentes planctônicos, esta amostra apresentou relação P/B de 91,00%, levemente inferior à anterior.

Amostra A4 (de 68cm a 71cm)

As amostras extremamente opacas, envelhecidas e acinzentadas (Figura 28), indicando peças antigas e que estavam expostas às intempéries, mostraram predominância de *G. ruber*, *G. menardii* e *Trilobatus Sacculifer* com, respectivamente, 38,61%, 10,42% e 7,72% dos planctônicos.

Figura 28– Tecas e fragmentos opacos



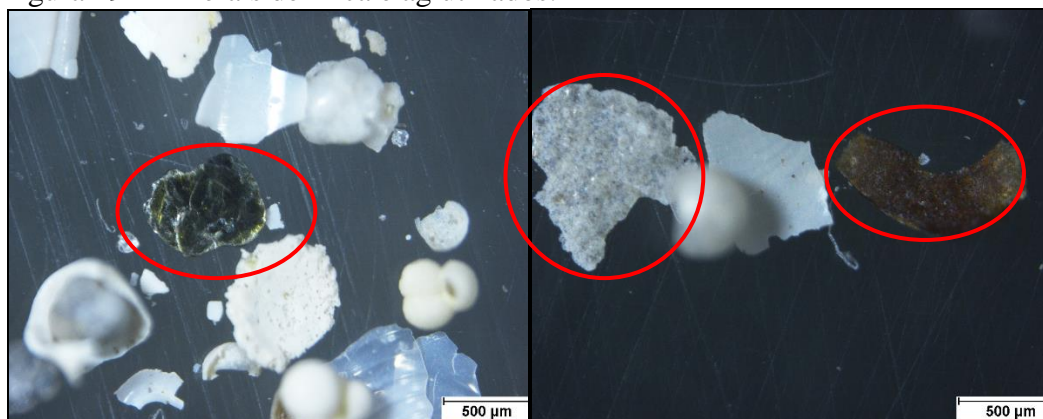
Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

O plexo *T. sacculifer*, presente na superfície de clima tropical a temperado, apresentou variada altura da abertura, predominando abertura ampla, indicativa de ambientes

quentes e salinos. Dentre os bentônicos, predominaram *M. affine* e *Buccella Peruviana*, com 21,95% e 17,07%. Esta última é indicativa de águas frias, espécimes de infauna rasa (BUBENSHCHIKOVA *et al.*, 2008).

Juntamente com as testas inteiras e fragmentadas, alguns minerais placóides foram observados conforme Figura 29 abaixo.

Figura 29– Minerais de mica e aglutinados.



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

A razão P/B foi equivalente à primeira amostra, 86,30%, havendo diminuição de espécimes planctônicas de 273 para 259 indivíduos.

Amostra A5 (de 71cm a 78cm)

Ainda conforme demonstraram as análises anteriores, *G. ruber* apresentou maior quantidade, com 34,84%, dos quais 7,00% são *Pink*. Em seguida, encontrou-se 11,14% de *G. truncatulinooides* levogiro. Os plexos mais representativos dos bentos foram 2,09% de *M. affine* e 1,74% de *Pullenia Bulloides*, o qual vive em infauna com alimentação detritívora (Murray, 1991), deduzindo existência de fluxos de lama com fitodetrítos.

Com 287 indivíduos de hábito planctônico, a razão P/B desta amostra é 95,66%.

Amostra A6 (de 78cm a 85cm)

Contraopondo as amostras acima, esta apresentou espécimes mais brancas, com nácar, e bem preservadas, incluindo algumas silicosas, inferindo-se em rápida sedimentação sem grandes movimentações de massa. No entanto, continuou a diminuição do plexo *G. menardii*, o qual apresentou somente 1 indivíduo.

Os plexos proeminentes foram *G. ruber* e *G. truncatulinoïdes* de enrolamento dextrógiro, com 44,98% e 22,83%, respectivamente. 15,38% das primeiras são do fenótipo *Pink*. 90,90% dos bentônicos foram do plexo *M. affine*.

0,96 foi o índice de planctônicos presentes, resultando em 96,33% como razão P/B.

Amostra A7 (de 101cm a 105cm)

Conforme A6, esta amostra também apresenta tecas bem preservadas, brancas e algumas silicosas, indicativos de ambientes calmos porém com fluxo sedimentar maior. Dentre as espécimes planctônicas, destacam-se *G. ruber* com 42,95% e 7,00% *Pink*, e *G. truncatulinoïdes* com 17,11%, destas 13,72% são de enrolamento levógiro.

Com apenas 2 indivíduos de hábito bentônico, obteve-se razão P/B de 99,30%, maior valor do testemunho.

Amostra A8 (de 120cm a 123cm)

Apresentaram-se organismos mais amarelados do que a anterior, porém inteiros em sua maioria, compatível com exposição em ambiente de lenta sedimentação.

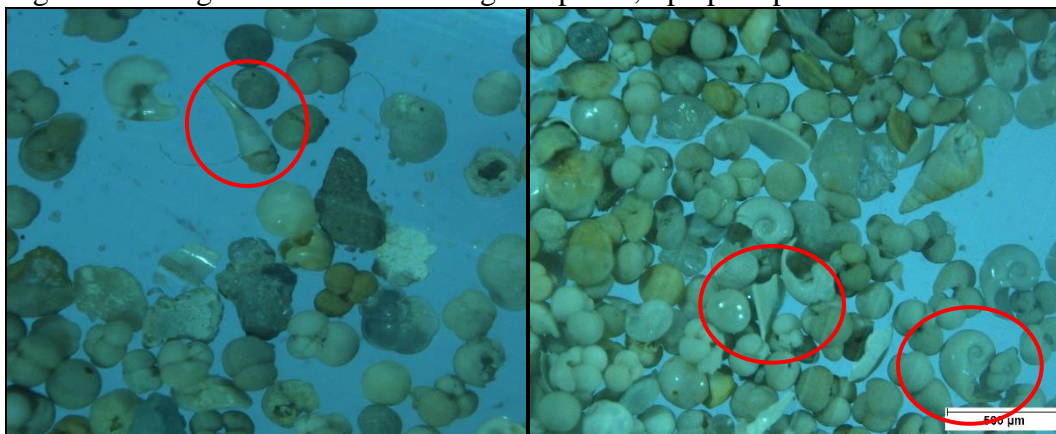
Predominaram entre os planctônicos, os plexos *G. ruber* com 39,73% (3,38% *Pink*) e *G. truncatulinoïdes* dextrógiro com 17,50%. Notou-se leve aumento do plexo *G. menardii*, que apresentou 6 indivíduos na amostra anterior e 14 nesta.

Os únicos três representantes bentônicos eram do plexo *P. bulloides*, resultando em razão P/B de 99,00%

Amostra A9 (de 123cm a 127cm)

Estruturas das tecas melhor mantidas do que as anteriores (Figura 30), porém mais envelhecidas e acinzentadas. *G. ruber* apresentou 35,40%, destes 5,15% era da tipologia *Pink*. *G. menardii* reapareceu como predominante em 16,42% da amostra. Em contrapartida, *G. truncatulinoïdes* apresentou 13,13%, dentre estes 66,67% era levógiros.

Figura 30– Fragmentos de moluscos gastrópodes, tipo pterópode.



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

P. bulloides obtiveram 50,00% de representatividade dentre os bentônicos, mostrando razão P/B de 91,30%, ou seja, aumento de 23 indivíduos em relação à anterior.

Amostra A10 (de 139cm a 142cm)

Destacaram-se *G. ruber* e *G. menardii* com 36,00% (5,00% *Pink*) e 32,72%, respectivamente, e *P. bulloides* com 44,00% dos bentônicos. Características demonstram ambiente semelhante ao da amostra anterior, com razão P/B 91,67%.

Amostra A11 (de 145cm a 147cm)

Retornando à diminuição do plexo *G. menardii* que apresentou apenas 4 espécimes, esta amostra teve maior representatividade de *G. ruber* com 42,40% (8,33% *Pink*) e 14,84% de *T. sacculifer*. *P. bulloides* representou 94,11% dos bentônicos. A presença desta última, segundo Gupta (2010), indica aporte de MO. A razão P/B foi de 94,30%.

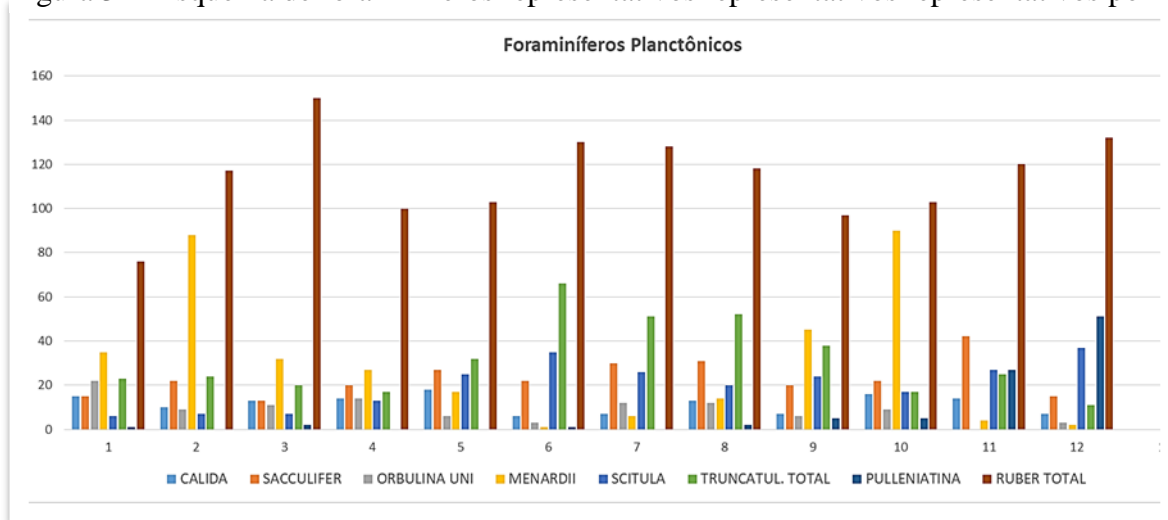
Amostra A12 (de 155cm a 160cm)

Juntamente com *G. ruber*, obteve-se *Pulleniatina obliquiloculata*, caracterizada por viver em profundidade e em clima tropical a subtropical (Petró, 2019). A primeira apresentou 48,00%, com 23,48% *Pink*. A segunda representou 18,54% dos planctônicos. Ramos *et al.* (2006) afirmam ser o plexo *Pulleniatina* o representante de águas quentes mais resistente a baixas temperaturas.

84,00% dos bentônicos foram do plexo *P. bulloide*. No entanto, apareceu pela primeira vez o plexo *Quinqueloculina*, com 4 indivíduos, que são espécimes epifaunais geralmente encontradas em amostras arenosas (Donnici & Barbero, 2002). A razão P/B foi de 91,67%, semelhante à A10.

Para Vicalvi (1999), existem espécies mais adequadas para indicar alterações de temperatura, como *Globorotalia inflata* e *Globorotalia truncatulinoides* que são adaptadas a águas frias e em águas mais quentes observam-se os plexos *Globorotalia menardii*. Sendo assim, utilizou-se *G. truncatulinoides* e *G. menardii* neste trabalho, conforme verificado na Figura 31.

Figura 31– Esquema de foraminíferos representativos representativos representativos por



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

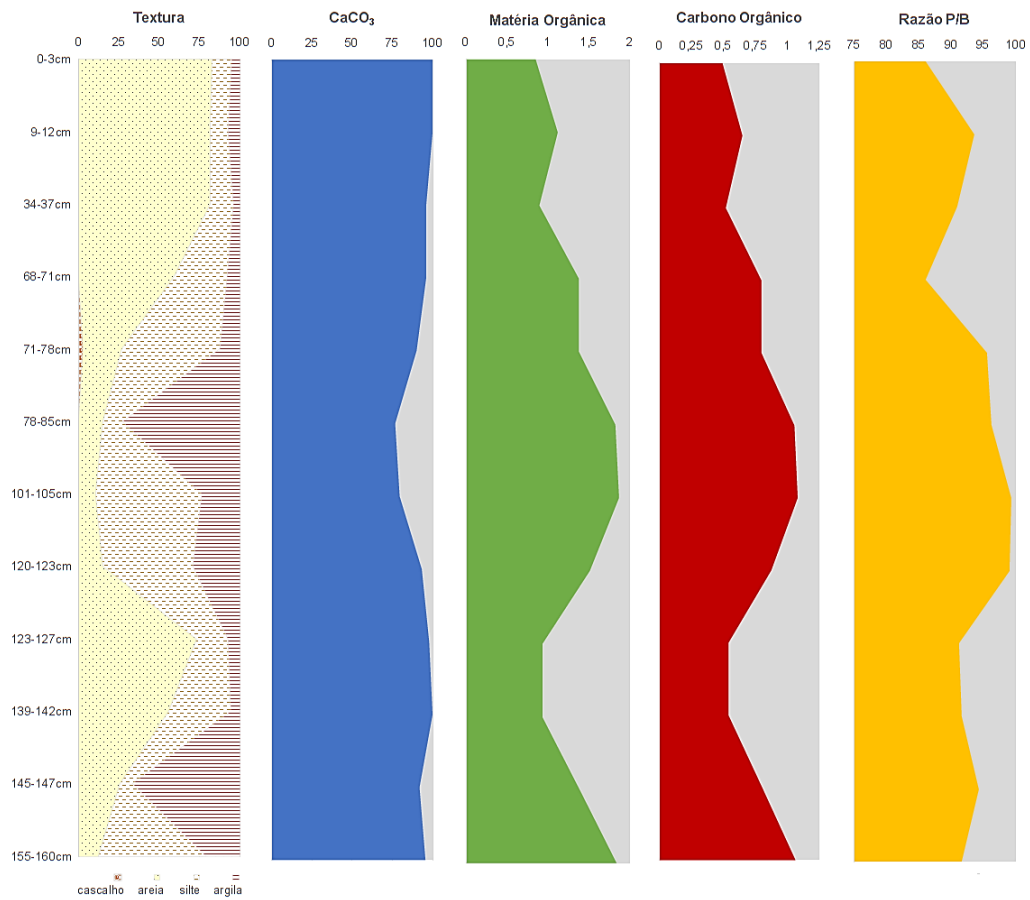
Globigerinoides Ruber apresenta-se como cosmopolita. Verificou-se o aumento da temperatura com os dois picos de *G. menardii* em A2 e A10. Antagonicamente, a maior redução de temperatura foi verificada com o pico de *G. truncatulinoides* em A6, após transição climática em A9, percebendo-se a diminuição do nível oceânico em, o que, seguindo a taxa de sedimentação proposta por Afonso (2015) de 8cm/Ka, estima-se que por volta de 10.000 anos atrás tenha havido época de temperaturas mais frias. *Globigerinella Cálida* aparece posteriormente aos picos de produtividade.

Além dessas espécies, Boltovskoy *et al.* (1996) salientam que *Globorotalia Scitula* pode ser utilizada como parâmetro em zonas de transição de latitudes, temperaturas e Feldberg & Mix (2002) classificam zonas oligotróficas de mistura ou ressurgência tropical superficial com a presença de *G. sacculifer* associada a *G. ruber*.

Da mesma maneira, o plexo *Orbulina Universa* ocorre em águas com ressurgência ou riqueza de nutrientes, podendo ocorrer em menor quantidade em águas frias e sob profundidade, conforme ressalta Santarosa (2010).

A partir da Figura 32 abaixo, pode-se verificar a existência da relação entre a quantidade de carbonato, MO e razão P/B.

Figura 32– Correlação entre Razão P/B e análises orgânicas



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Percebe-se que quando há aumento, por menor que seja, nos teores de CO e MO, aumenta a relação entre planctônicos e bentônicos, mostrando que a maioria dos planctônicos é atraído pela presença de alimentação orgânica. Entretanto, a partir de A4, a relação é levemente inversa ao teor de carbonato, talvez explicado pelo aumento de tecas aglutinantes de sílica.

As razões diminuem em A1, A4, A9, A10 e A12, onde até A9 existe a proximidade de valores entre os plexos indicativos dos climas frio e quente, suscitando épocas transicionais, onde o nível da coluna d'água ainda apresentava-se inferior, ou seja, início ou fim de transgressão.

5.4.7 Exoscopia de grãos de quartzo

Previamente à análise das amostras, por meio da efervescência por ácido clorídrico (10%), confirmou-se a grande quantidade de elementos de origem carbonática

quando as poucas partículas silicosas permaneceram para verificação de morfoscopia. Durante a análise, verificaram-se as seguintes classificações (Tabela 06):

Tabela 6– Valores de exoscopia dos grãos de quartzo

Amostras	Rolamento	Esfericidade	Relevo	Microtopografia	Dissolução	Precipitação
A1	4	3	2	4	2	1
A2	4	2	1	2	4	4
A3	4	1	2	5	5	4
A4	3	2	2	1	1	1
A5	2	3	2	2	3	2
A6	2	2	2	3	1	0
A7	2	2	1	1	1	0
A8	5	1	3	2	5	3
A9	3	1	2	3	1	2
A10	2	2	2	2	3	2
A11	5	2	3	3	3	2
A12	3	3	2	2	3	1

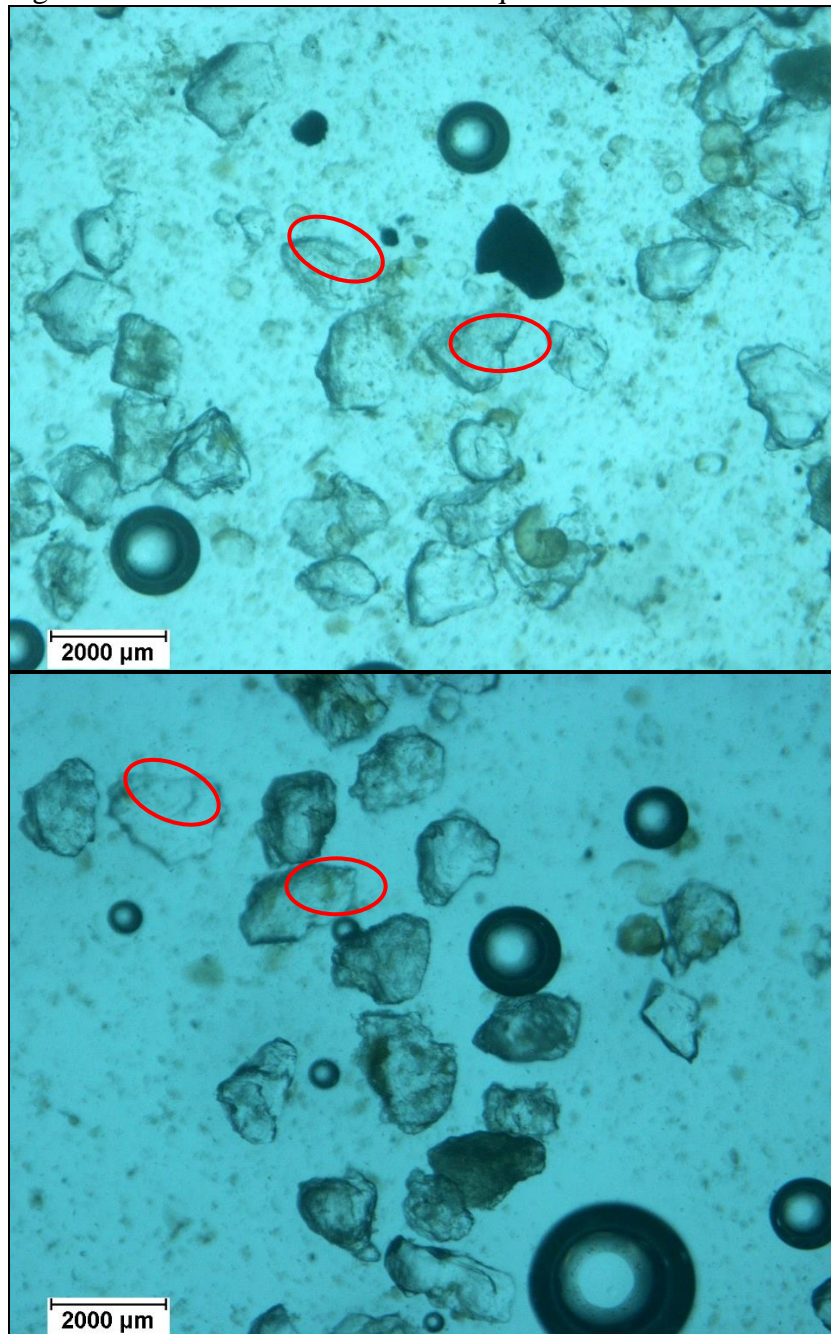
Rolamento: (0): Muito rolado. (1): Rolado. (2): Sub-rolado. (3): Sub-anguloso. (4): Anguloso. (5): Muito anguloso. **Esfericidade:** (0): Baixa. (1): Média-baixa. (2): Média-alta. (3): Alta. **Relevo:** (1): Baixo. (2): Médio. (3): Alto. **Microtopografia (mt):** (0): ausente. (1): 1%<mt<10%. (2): 11%<mt<25%. (3): 26%<mt<50%. (4): 51%<mt<75%. (5) mt>76%. **Dissolução:** (0): Ausente. (1): Baixa. (2): Baixa-média. (3): Média. (4): Média-alta. (5) Alta. **Precipitação:** (0): Ausente. (1): Baixa. (2): Baixa-média. (3): Média. (4): Média-alta. (5) Alta.
Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Rolamento, ou grau de arredondamento, variou entre muito anguloso e sub-rolado, onde sua esfericidade e relevo apresentaram-se médios. A microtopografia variou em zig-zag onde A4 e A7 apresentaram grãos de superfície mais homogênea. A1, A2, A3, A8 e A11 mostraram-se menos angulosos, ou seja, grãos mais antigos e que percorreram maior espaço submarino, lixando sua superfície e permitindo abaulamento.

Amostra A1 (de 0cm a 3cm)

Com minerais sobressalentes de biotita, amostra apresentou grãos estalados, com arracamento e superfície recente, ou seja, ainda não submetidas à erosão que modificasse sua textura ou relevo (Figura 33).

Figura 33– Reentrâncias mecânicas e químicas



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Com fraturas lineares, mostrou-se com degraus e extremidades angulosas, com crateras, cúpulas de choque, ablação, depressões, abrasão por estrias e marcas de percussão, mostrando que o ambiente ainda conta com energia suficiente de desgaste dos grãos silicosos de superfície oceânica.

Amostra A2 (de 9cm a 12cm)

Ainda submetida às mesmas propriedades de A1, esta amostra apresentou maior dissolução e precipitação, o que influenciou na redução de picos no relevo. Com poucas fraturas lineares e derivações desta, teve marcas conchoidais, com superfícies recentes e algumas poucas extremidades angulosas. Desta forma, maior tempo para reações químicas ou modificações biológicas nos grãos minerais.

Grãos com ablação e abrasão por estria, bem como cavidades, depressões e percussão, a amostra não apresentou marcas arredondadas como crateras e cúpulas. Isso mostra as passagens por ambientes diferentes ou energia diversa influenciando no sistema, corroborado pela existência de grãos revestidos, ou seja, apresentando diferenciação em sua superfície por alterações mineralógicas ou interações com outras substâncias químicas.

Amostra A3 (de 34cm a 37cm)

Dissolução e microtopografia atingiram valores máximos. Visto que não foram visualizadas superfícies recentes, tem-se que os desgastes, fricções e grãos estalados foram maiores neste sistema, mostrando pela presença de abrasão, ablação, percussão, fraturas, degraus e extremidades angulosas.

Como não foram verificadas fraturas paralelas ou subparalelas, tem-se que o percurso não foi retilíneo nem contínuo. Além disso, viu-se grande quantidade de depressões e cavidades, unindo cicatrizes antigas e nova força infligindo os grãos.

Amostra A4 (de 68cm a 71cm)

Observaram-se grãos de feldspatos e micas, com grãos revestidos, oriundos possivelmente das reações que facilmente ocorrem com os cátions maiores disponíveis no oceano, como Ba, Ca, K e até Fe, Pb, Cs, dentre outros (DANA, 1978).

A presença de micas e feldspatos pode denotar a proximidade da área fonte destes sedimentos, onde foram vistas angulosidades e algumas marcas de abrasão, ablação, fraturas e choques mecânicos em V, embora tenham-se mostrado mais arredondados e esféricos do que a anterior. As marcas eram mais nítidas também pela dissolução e precipitação serem mínimas neste ponto.

Amostra A5 (de 71cm a 78cm)

Com grãos mais rolados e mais esféricos, esta amostra não teve superfície recente ou partículas aderentes, o que indica que os grãos foram bem retrabalhados e os impactos mecânicos durante seu transporte já foram erodidos. Isso caracteriza grãos bastante antigos.

As microtexturas existentes mostram cicatrizes antigas indicativas de abrasão por fricção como estrias, depressões e fraturas lineares e subparalelas.

Amostra A6 (de 78cm a 85cm)

Apresentou grande quantidade de minerais com coloração indicativa de Fe, Al e Mn em partículas revestidas, e raras marcas de reações químicas de dissolução e precipitação localizadas. Nesta amostra, a erosão, abrasão por desgaste, foi mais marcante do que extremidades angulosas e degraus.

A microtopografia mostrou-se significativa, abrangendo entre 25% e 50% da superfície. As cavidades presentes como as crateras, cúpulas e percussões são antigas e podem ser oriundas de processos simples de hidrólise (TUDOR, 2017).

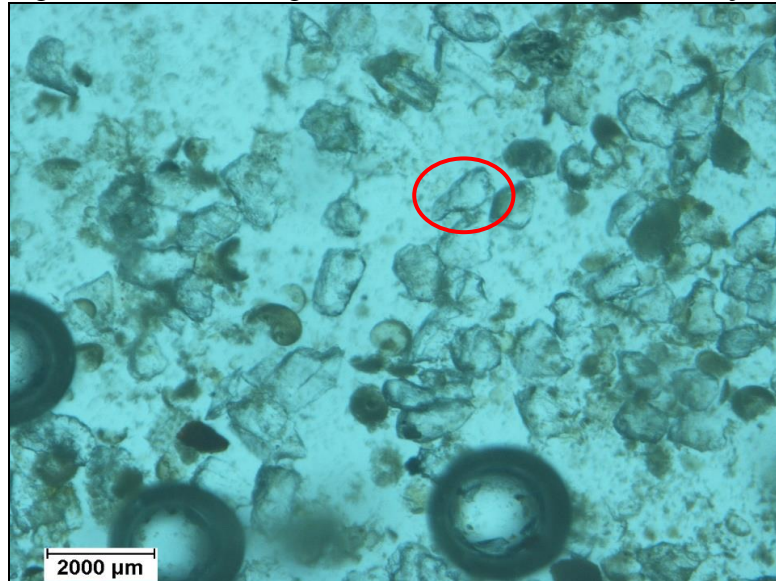
Amostra A7 (de 101cm a 105cm)

Com grãos sub-rolados, medianamente esféricos e topografia baixa (menos de 10%), a amostra manteve as características da anterior, no entanto, com consideráveis fraturas paralelas, depressões e cavidades lineares e circulares presentes na superfície e por meio de grãos estalados. Assim como A6, estas cavidades podem ter sido originadas por corrosão ou dissolução em algum momento seguido de choque mecânico durante seu transporte.

Amostra A8 (de 120cm a 123cm)

Observou-se grande diferença desta amostra para a anterior, visto que esta apresentou grãos muito angulosos, baixa esfericidade, com máxima característica de dissolução e relevo alto (Figura 34). Isso pode dever-se pela proximidade com o depósito originário sedimentar.

Figura 34– Marcas angulosas de arrancamento e dissolução



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Suas microtexturas apresentam marcas em V, degraus, arrancamento e estrias, o que indica que este sedimento passou por sistema lento de deposição final com poucos obstáculos de forma que não permitissem o retrabalhamento apurado dos grãos.

Amostra A9 (de 123cm a 127cm)

Menos anguloso do que A8, A9 ainda apresenta baixa esfericidade e relevo médio. Possui marcas de choque mecânico, com fraturas diversas, lineares, circulares, radiais e profundas. Ablações e depressões também a caracterizam como formada por grãos antigos.

Tais propriedades demonstram que esses sedimentos percorreram maior espaço até se depositarem.

Amostra A10 (de 139cm a 142cm)

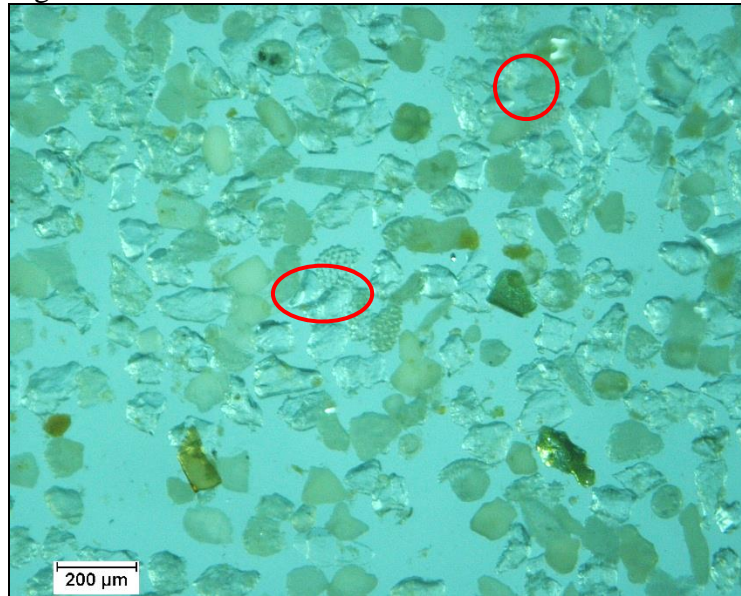
Partículas minerais de biotita menos marcantes do que nas anteriores. Apresentou grãos sub-rolados com maior representatividade de reações químicas em comparação à A9. Com relevo médio e microtopografia entre 10% e 25% da superfície, percebe-se maior nível de alterações, com grãos estalados, partículas aderentes e superfícies recentes.

Além disso, observou-se a pouca quantidade de estrias e fraturas lineares e paralelas, predominando radiais e conchoidais. Além disso, a grande quantidade de grãos revestidos observados podem identificar a presença de constantes reações bioquímicas no ambiente.

Amostra A11 (de 145cm a 147cm)

Retornando ao ambiente que remete à amostra A8, conforme Figura 35, com pouca energia e fluxo médio, têm-se grãos muito angulosos e alo relevo, onde as texturas chegam até 50% da superfície.

Figura 35– Fraturas e cavidades



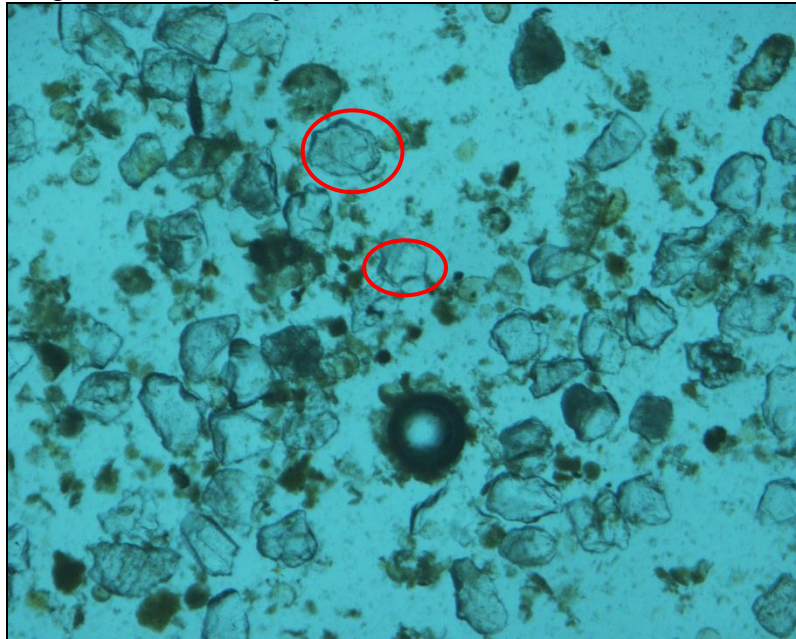
Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

No entanto, a esfericidade média-alta demonstra que esses grãos já haviam sido rolados e depositados, voltando a ser transportados novamente, o que é percebido através de cicatrizes já erodidas, como depressões, degraus e ausência de grãos estalados ou superfícies recentes.

Amostra A12 (de 155cm a 160cm)

Em um sistema de movimentação constante e energia suficiente para transporte e depuração dos sedimentos, esta amostra (Figura 36) apresentou-se mais rolada com poucos grãos estalados, estrias, fraturas lineares e paralelas.

Figura 36– Dissolução e arredondamento de extremidades



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Conclui-se, para A12, que a amostra passou por transporte majoritariamente de suspensão.

5.4.8 Análises multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução

Em ambiente marinho, estão presentes íons eletropositivos fortes como os de Na^+ (Van Rijn, 1993), onde são absorvidos na superfície das partículas de argila. O pH marinho é levemente alcalino, devido ao equilíbrio entre HCO_3^- , CO_3^{2-} e CO_2 . Bernstein *et al.* (2007) ressalta que valores elevados de pH possibilitam maior adsorção dos metais presentes em decorrência de elementos desprotonados como os óxidos. A partir das propriedades da Tabela 7 abaixo, tem-se a análise multiparamétrica dos testemunhos.

Tabela 7 - Resultados multiparamétricos de ANP-1207

Amostras	pH	Salinidade	ORP (mV * -1)
A1	8,07	5,45	296,50
A2	8,16	5,72	290,00
A3	8,10	5,24	288,50
A4	8,17	3,20	283,70
A5	8,04	11,44	291,50
A6	8,01	16,53	299,20
A7	7,89	11,24	303,70
A8	8,04	8,63	295,50
A9	8,15	4,55	289,30
A10	8,14	7,98	286,60
A11	7,92	8,98	302,20
A12	7,81	14,35	310,00

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Existe proporcionalidade entre salinidade e potencial de oxirredução, oriundas das cargas negativa presente em partículas minerais e orgânicas, podendo ainda ser dependentes das variações do pH. No entanto, percebe-se a inversão de valores do pH e os outros dois parâmetros, uma vez que o pH é oriundo da liberação de H⁺.

5.4.9 Carbono/Nitrogênio

Como parte dos sedimentos marinhos orgânicos de profundidade são lábeis, eles são oxidados pelas concentrações de O₂, mesmo que pequenas, antes unirem-se à superfície do sedimento, ou seja, processos químicos degradadores orgânicos já ocorrem antes mesmo da deposição dos compostos no substrato sedimentar. Desta forma, a Tabela 08 abaixo mostra os resultados oriundos da razão C/N nos três testemunhos estudados.

Tabela 8– Resultados da razão Carbono/Nitrogênio

Amostras	C/N
A1	3,80
A2	5,42
A3	4,34
A4	20,00
A5	3,48
A6	4,07

A7	4,17
A8	2,51
A9	3,01
A10	3,19
A11	4,25
A12	3,80

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Os valores das Razões C/N foram considerados altos devido à pouca quantidade de Nitrogênio total encontrado nas amostras. Isso pode ter sua origem na oxidação natural do sedimento dos *liner* após instauração e ressecamento ou pela ação de fungos ou das bactérias Nitrossomonas, *Nitrobacter* ou Pseudomonas que alteram a composição de complexos químicos.

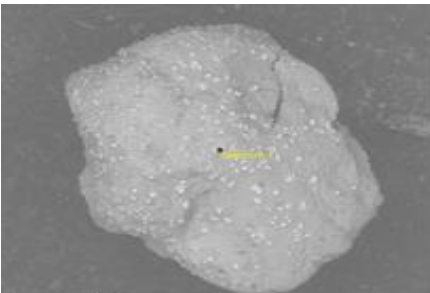
Hu *et al.* (2006), avaliam a razão C/N entre 4 e 10 é indicativo de algas, e razão C/N acima de 20 indica vegetais vasculares terrestres. Valores de 10 a 20 indicam fontes mistas de matéria orgânica (fontes terrestres e marinhas).

Aspectos naturais dinâmicos como aportes de biomassa no solo, os diferentes tipos de vegetação nativa e as variações nas características da matéria orgânica alteram as concentrações de C e N (Santos *et al.*, 2015). Conforme verificado nos testemunhos, o maior valor foi em A4, onde, de acordo com a granulometria, pôde-se observar o aumento na quantidade de silte, queda de salinidade e da relação P/B. Desta forma, e de acordo com os valores estipulados para orgiem, deduz-se esta amostra tratar-se de aporte terrígeno.

5.4.10 Microscopia Eletrônica de Varredura

Por meio das análises de MEV com EDS de partículas separadas para tal fim, obtiveram-se resultados semelhantes na extensão de todo o testemunho, onde da base ao meio do *liner* os elementos encontrados como óxidos foram (Figura 37):

Figura 37 - Elementos detectados por MEV-EDS (topo)

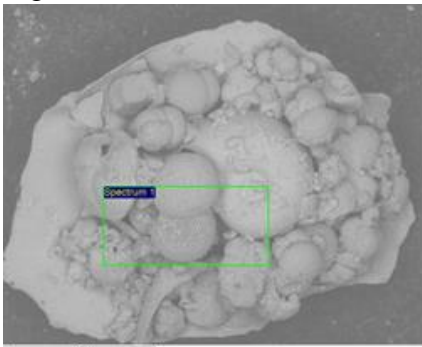
	Elemento	Quantidade (%)
	Alumínio	1,39
	Silício	3,30
	Enxofre	85,31
	Potássio	0,84
	Cálcio	1,46
	Ferro	7,69

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Os processos de intemperismo químico e hidrólise ácida geraram os óxidos de Ferro e Alumínio como produtos finais e são resistentes à dissolução, podendo estar ligados a metais, em grupos funcionais orgânicos e absorvidos em argilas silicatadas. Os óxidos de Ferro bem como de Enxofre, Manganês, Magnésio e Fósforo (Apêndice B) servem substrato para reações químicas de sínteses orgânicas microbiológicas que ocorrem constantemente no registro sedimentar de Itarema.

Semelhante às substâncias verificadas na Figura 35, têm-se agora os resultados encontrados nas partículas analisadas referentes do meio ao topo do testemunho, conforme mostrado no esquema na Figura 38 abaixo.

Figura 38 - Elementos detectados por MEV-EDS (base)



Elemento	Quantidade (%)
Sódio	4,64
Magnésio	1,62
Alumínio	8,32
Silício	26,25
Potássio	0,84
Cálcio	52,45
Ferro	3,14

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Elementos como K e Al estão presentes nos minerais do tipo Ortoclasio, enquanto Ca, Al e Fe representam os Epidotos os quais podem sofrer floculação e precipitação com a Si presente, no entanto o K está geralmente atrelado a fração não-carbonática, especialmente, aos argilominerais.

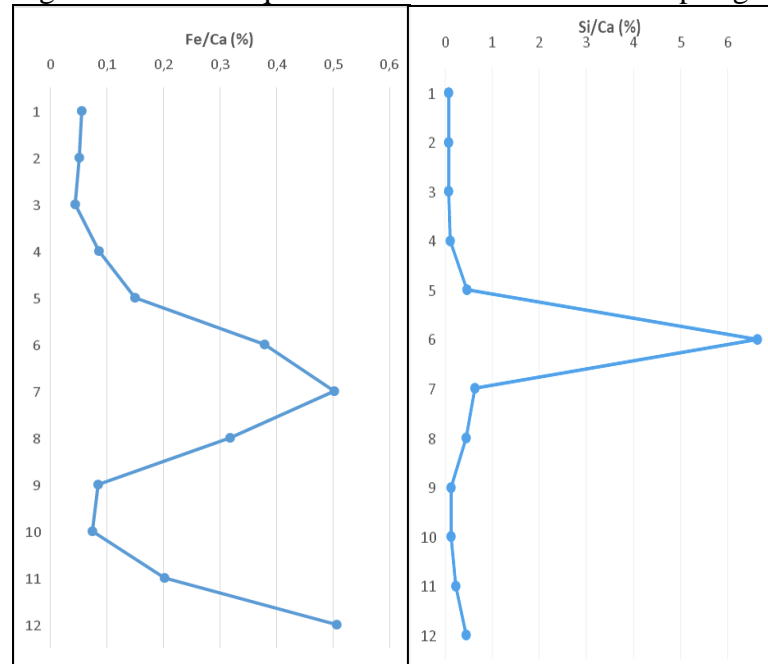
Em ambientes reduzidos, os óxidos e hidróxidos encontrados podem ser incorporados aos carbonatos no assoalho marinho, refletindo as alterações diagenéticas da mineralogia inicial. Ressalta-se a relação direta entre a presença de óxido de Mg e a dolomitização (HSU, 1967).

5.4.11 Difratometria e Fluorescência de Raios-X

Os elementos Fe, Ti e Ca são bons indicadores de aportes continentais e intemperismo. Os dois primeiros são presentes nos minerais das rochas continentais e o Ca é

comumente associado aos minerais calcita e aragonita que diz respeito aos carbonatos de origem marinha (Apêndice C). Como o Ti não aparece em todas as amostras, não pode ser utilizado como base para comparação, sendo assim, utilizou-se a razão Fe/Ca e Si/Ca para analisar a influência continental sobre a marinha, resultando nos seguintes dados (Figura 39).

Figura 39- Razões químicas de influência telúrica e pelágica

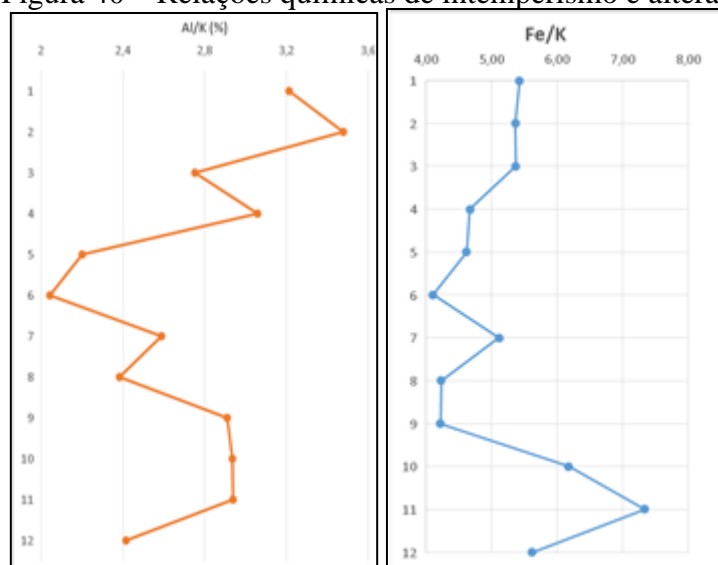


Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

A presença de Fe costuma demonstrar a influência terrígena em sedimentos marinhos, no entanto, como verificado nas análises referentes aos compostos químicos orgânicos, tem-se a interferência das reações químicas envolvendo o Fe reduzido (re)aproveitado das bactérias, o que nos faz indagar se o aumento de Fe de A9 a A4 e A12 são somente por influência terrígena. Nota-se que o Si decresce indicando maior presença de minerais pouco alterados pelos processos marinhos.

Desta forma, tendo em vista que argilominerais, além dos óxidos de Ferro, possuem Silício, Alumínio e Potássio e estes têm sua origem nos ambientes superficiais, utilizou-se comparações entre eles, considerando as amostras como majoritariamente calcárias. Obtiveram-se as correlações presentes na Figura 40 abaixo.

Figura 40 – Relações químicas de intemperismo e alterações



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

De acordo com o comportamento do Fe em A12, ou seja, de 155cm a 160cm, houve o aumento do aporte de Si. A quantidade, no entanto, é muito inferior ao que ocorreu em A6, de 78cm a 85cm. Os dados mostram a influência terrígena, por meio da presença dos compostos de Silício e Potássio. Tal fato deve-se ao processo de alteração dos minerais primários ser caracterizado pelos íons que são liberados em solução e agrupam-se gerando agregados coloidais, dependendo da instabilidade, onde os mais estáveis são os alcalinos e alcalinos terrosos, que são em sua maior parte, transportados a longa distância, já o Silício, o Alumínio e o Ferro precipitam-se mais rápido devido a sua instabilidade na água.

As razões Fe/K também expressam condições de alta umidade (Govin, 2012). Assim, a partir da análise dos outros parâmetros, como a diminuição de foraminíferos menardiformes e influência fluvial em A6, tem-se que esta relação marca o resfriamento da temperatura e decréscimo do nível do mar.

A mineralogia identificada no testemunho de sondagem é composta por: caulinita, quartzo, pirrotita, oxalato de sódio, calcita, halita e trona (APÊNDICE C).

A caulinita $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$ foi o argilomineral característico do testemunho, onde não foram encontrados polimorfos ou feldspatos detríticos que possam associar sua presença à formação *in situ*, visto que são produto de intemperismo, onde as condições físico-químicas são favoráveis a alteração de alumino-silicatos presentes em granitos e em rochas metamórficas. O processo de caulinização ocorre pela hidratação de um silicato anidro de alumínio e a remoção do álcalis.

A Halita compõe naturalmente a água do mar, onde o NaCl está em quase 80%, e a Trona trata-se do carbonato hidratado de sódio: $Na_3H(CO_3).2H_2O$. Esse mineral possui alto

índice de solubilidade, podendo ser considerado como formado durante o processo de secagem após pipetagem, como produto de reação do oxalato de sódio com a amostra.

5.4.12 Considerações Parciais de ANP-1207

A pesar de o comportamento de ANP-1207 ter fases altas e baixas bem definidas, o testemunho apresentou 50,00% de lama, com assimetria muito negativa, grau de seleção pobre e moderado igualmente, e curtose muito leptocúrtica. Após submetidas às análises de determinação do teor de CaCO_3 , as amostras obtiveram valores elevados, onde a maioria das amostras resultou em percentagens acima de 80%,00.

Existe, no entanto, a zona marinha onde há a conservação do carbonato sem que haja sua dissolução devido à pressão pela coluna d'água, essa zona está acima da profundidade chamada lisoclina. Entre a lisoclina e a profundidade de compensação do carbonato (CCD – *Carbonate Compensation Depth*) o carbonato começa a sofrer dissolução, e abaixo da CCD ocorre a dissolução total (Palike *et al.*, 2012). A CCD para aragonita é de cerca de 3 km no Atlântico e para a calcita é entre 4km e 5 km de profundidade.

Salienta-se que os sedimentos coletados contêm quantidade considerável de tecas, fragmentos de exoesqueletos e carapaças de gastrópodes, o que caracteriza-o como biogênico oriundo de vasas. Desta forma, verificou-se pouca influência mineral significativa. Nota-se, com isso, que a formação dos sulfetos metálicos só é possível em ambientes muito redutores, onde há abundância de matéria orgânica.

Ambientes estuarinos e as plataformas continentais encerram cerca de 90% da matéria orgânica sedimentar (MO), o que inclui o Carbono orgânico (CO), seja por aporte terrígeno ou produção primária (Xing *et al.*, 2011). Ela pode ocorrer em estados de decomposição, como partículas minerais, abrangendo argilas, carbonatos e silicatos não argilosos, ou como componente inorgânica de origem biogênica, como alguns tipos de carbonato de cálcio (MARTINS, 2008).

Associados aos grupos funcionais identificados (Apêndice A), os compostos químicos presentes em todas as amostras, obtidos com base nos escores verificados pelo equipamento foram: Carbonato de Cálcio; Caulim; Carbonato de Lítio; Etil-celulose. O Lítio é encontrado principalmente na fração argila e nos solos com atividade orgânica, embora, em menor quantidade (Bowen, 1966; Weiner, 1991). Já a assimilação do Lítio pode-se dar pelas plantas, sendo maior em meio ácido, pois permite a solubilidade de metais, incluindo Ferro, Cobre, Níquel, Cobalto, Manganês, Alumínio, Chumbo e Cádmiio. O processo marinho

ocorre, provavelmente, pela interação de um sal, ou íon, de Lítio com Carbonato de Sódio. Bem como a matéria orgânica importa para a presença do carbonato de Lítio, a rocha e minerais predominantes também são determinantes. Os principais minerais que apresentam o elemento em sua estrutura são espodumena, lepidolita, petalita.

O Caulim encontrado é, geologicamente, um tipo de argila esbranquiçada formada, basicamente, por caulinita, podendo apresentar mica, feldspato, quartzo, turmalina, dentre outros (Skinner, 1970). O caulim possui três possíveis fontes: residuais, hidrotermais ou sedimentares. Os primeiros advêm do intemperismo de rochas alumino-silicatadas e pobres em Ferro, sob condições propícias de lixiviação. O tipo hidrotermal é relacionado a eventos dínamo-termiais, concentrando-se no Proterozóico e os sedimentares, oriundos de deposição e transformação autóctone, desenvolvem-se bem em ambientes lacustres e aluviais (CPRM, 2005).

A celulose é encontrada sob diversas formas nas amostras em estudo, em especial, a etil-celulose, que é um polissacarídeo também considerado éter de celulose: Carboximetil celulose, etil-celulose, celulose acetato, celulose propionato, hidroxilpropil metilcelulose. Sua importância biológica está na síntese por fungos e bactérias e formação das estruturas fitológicas de algas e briozoários (Klemm *et al.*, 2005).

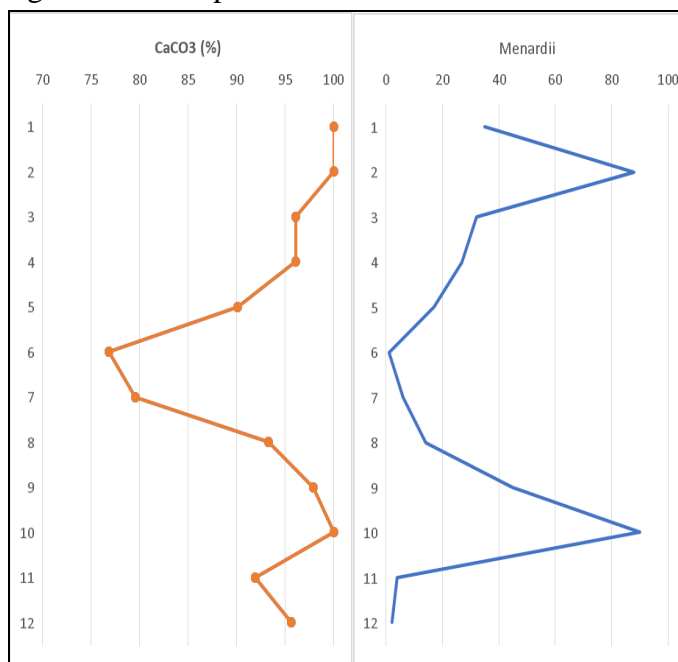
Por meio da análise das áreas dos picos de estiramento presentes nos gráficos de FTIR, notou-se certa semelhança entre os grupos funcionais detectados, com exceção de A6, A7, A8 e A12. $1417,68\text{cm}^{-1}$ até $1421,54\text{cm}^{-1}$ foram a matriz química verificada neste testemunho, caracterizada por ligações medianas de alcanos, B-naftaleno, aldeídos, álcool aromático e ligações fortes de sulfato e ácido carboxílico ionizado.

A6, A6 e A8, ou seja, de 78cm a 123cm do *liner*, prevaleceram os picos de $1031,92\text{cm}^{-1}$ a $1095,57\text{cm}^{-1}$, referentes a Si, P, S, tiol, F, sulfóxidos, carbonatos, benzoato, ftalato, anidrido, éteres e fosfato covalente. Tais elementos coincidem com a redução de temperatura e maior influência continental e fluvial. Já em A12, 157cm a 160cm, existem fortes ligações de álcool livre e anéis, aminas e iminas referentes à $3431,36\text{cm}^{-1}$.

Os foraminíferos do Quaternário são dispersados de acordo com fatores físicos, químicos e biológicos, onde os bentônicos são influenciados principalmente pelo tipo de sedimento, concentração de Oxigênio, matéria orgânica, salinidade e os planctônicos apresentam distribuição relacionada à temperatura (Phleger, 1960; Boltovskoy & Wright, 1976; Jorissen *et al.*, 1995; Boersma, 1998; Jorissen, 1999; Sen Gupta, 1999; Duleba *et al.*, 2003), sendo assim bons indicadores de paleoambientes.

Os picos da espécimen indicadora de águas quentes foram bem marcados em A2 e A10, ou seja, às profundidades de 9cm a 12cm e 139cm a 142cm, os quais são claramente comparáveis entre a quantidade de espécimes menardiformes e a quantidade de carbonato de cálcio (Figura 41). Os dados permitem inferir que em 139cm e 142cm de profundidade no *liner* o nível do mar esteve em seu nível máximo registado no testemunho.

Figura 41 - Comportamento de menardiformes e CaCO_3

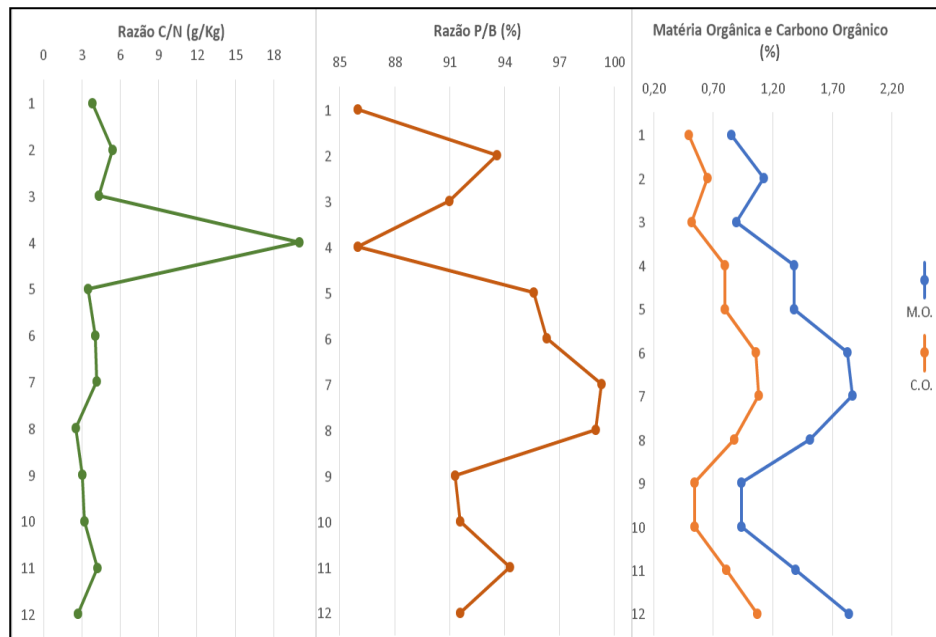


Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Murray (1995) diz que a plataforma continental interna possui razão P/B inferior a 20%, enquanto a plataforma continental média tem entre 20% e 60%, e a plataforma continental externa possui 40% a 70%. Já o talude continental superior apresenta razão P/B maior que 70% até 90% e o inferior com razão igual ou superior a 90% (Boersma, 1983). Assim, tem-se que os primeiros 3cm do *liner* dizem respeito ao talude continental superior (inferior a 1000m apartir da quebra da plataforma) e as demais amostras, que possuem razão P/B superior a 90% são de talude inferior.

A análise da relação entre C e N permitiu a caracterização de áreas impostas à circulação hidrodinâmica, visto que os locais com maiores concentrações de matéria orgânica referem-se à baixa movimentação junto ao fundo e maior teor de sedimentos finos. Além disso, possibilitou a avaliação das tendências do meio em relação ao potencial redox e origem do material encontrado que pode estar associada a plantas terrestres ou a algas marinhas (OLIVEIRA *et al.*, 2014). A Figura 42 abaixo mostra o comparativo.

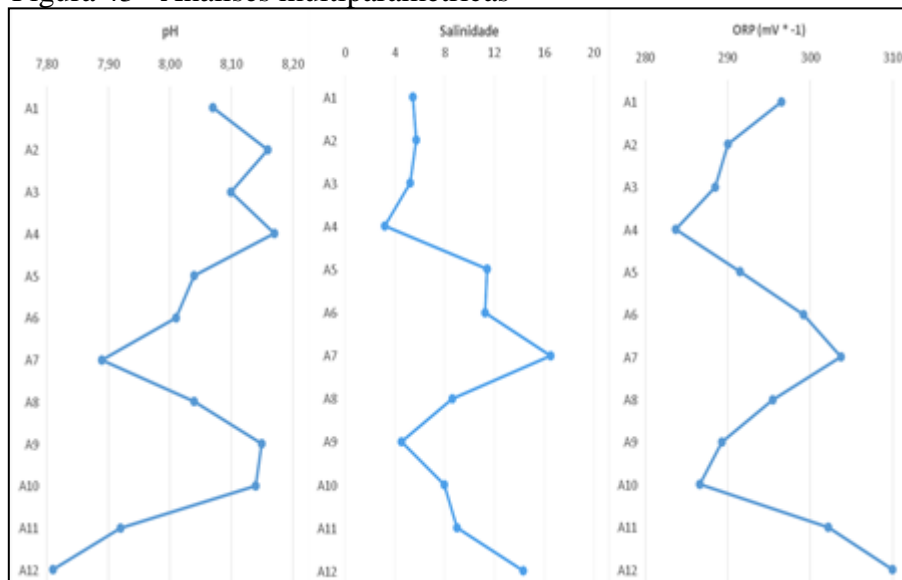
Figura 42 - Influência continental



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Percebe-se claramente que A4 é tipicamente continental, e A6 pode ter sofrido influência do evento Younger Dryas, visto que, segundo a aproximação da taxa de sedimentação de 8cm/Ka, a respectiva amostra consta entre 12Ka e 10Ka AP. Em seguida (Figura 43), os valores multiparamétricos obtidos pela sonda mostram a grande influência fluvial pela queda da salinidade a aumento do pH, onde conseqüentemente houve a redução de reações oxirredutivas. Liaghati *et al.* (2003) salientam que a grande influência de metais biodisponíveis podem caracterizar fortes ligações com carbono orgânico e óxidos responsáveis pela mobilidade catiônica.

Figura 43 - Análises multiparamétricas



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Meurer (2004) diz que quanto mais baixo for o valor redox, maior será a concentração de substâncias reduzidas, desta forma, a amostra referente a profundidade de 101cm até 105cm (A7) possui menor valor (visto que os valores são negativos) o que coincide com o menor valor de pH. Os H⁺ livres possibilitaram o ganho de elétrons através das trocas catiônicas no intervalo da amostra.

5.5 Testemunho ANP-1275

5.5.1 Descrição Macroscópica

Iniciando-se a descrição a partir do topo do testemunho, os primeiros 60,00 cm apresentam coloração Dark Yellowish Brown 10 YR 4/2 (bruno amarelado escuro), com grãos finos e bem coesos. Dos 32,00 cm aos 33,5 cm, nota-se uma estrutura à direita do *liner*, sem forma definida de cor Dark Yellowish Orange 10YR 6/6 (alaranjado amarelado escuro), indicando presença de composto de óxidos de Ferro ou Alumínio com sombreado circundante da mesma cor, porém tonalidade mais clara. Verificou-se a existência de orifícios de cerca de 1,00 mm de diâmetro.

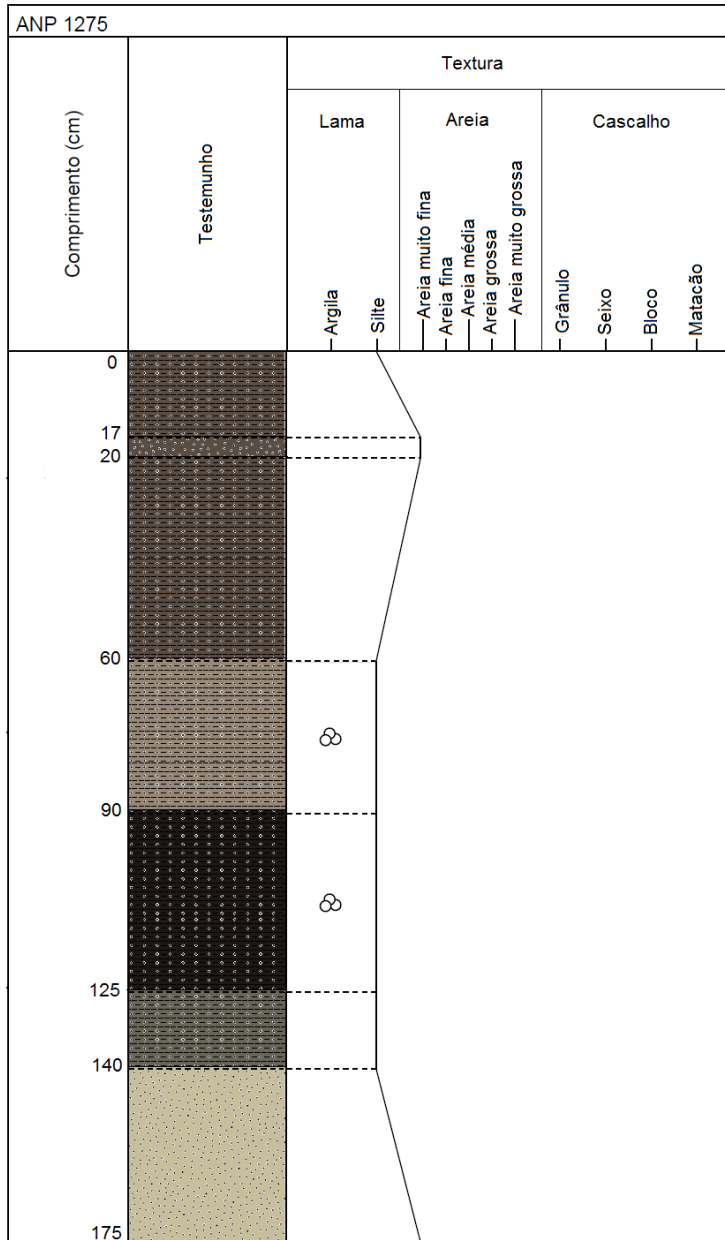
De 60,00 cm a 90,00 cm a coloração tornou-se mais aberta, Pale Yellowish Brown 10 YR 6/2 (bruno amarelado claro), com a presença, até então esporádica, de conglomerados cálcicos e indicativos de foraminíferos. A partir desta fase do testemunho até o final, são verificadas incrustações esbranquiçadas lineares de coloração Pale Greensih Yellow 10Y 8/2 (amarelo esverdeado claro) semelhante a estruturas de anelídeos poliquetas. Nota-se que as linearidades incrustadas são verificadas com mais intensidade nas partes do sedimento onde a coloração é mais escurecida, com grãos menos permeáveis e mais higroscópicos.

A coloração de 90,00 cm a 125,00 cm era Dusky Yellowish Brown 10YR 2/2 (bruno amarelado acinzentado escuro), onde aos 114,00 cm verificou-se existência de estrutura arredondada horizontalizada e de textura grossa, à esquerda do *liner*, de cor Moderate Olive Brown 5Y 4/4 (bruno oliváceo médio), medindo 1,50 cm e circundada pela coloração Grayish Brown 5YR 3/2 (bruno acinzentado) até 115,00 cm. Neste trecho, verificou-se a grande quantidade de minúsculas estruturas arredondadas, esbranquiçadas, semelhantes a fragmentos de carapaças carbonáticas, como de foraminíferos.

Dos 125,00 cm até 140,10 cm a cor predominante é Light Olive Gray 5Y 5/2 (cinza oliváceo claro), a partir daí até 175,00 cm a coloração predominante é Yellowish Gray

5Y 7/2 (cinza amarelado), com estrutura circular de cor Black (preto) verificada entre 173,00 cm e 173,50 cm. Nota-se aqui a existência de orifícios de cerca de 1,00 mm de diâmetro em partes do sedimento em análise, além de espículas e geóglifos (Figura 44).

Figura 44– Esquema descritivo do testemunho



Cor predominante	Textura	Simbolos	Contato entre camadas
Dark yellowish brown 10YR 4/2	Lama	Foraminíferos	----- Gradacional
Pale yellowish brown 10YR 6/2			
Dusky yellowish brown 10YR 2/2	Areia		
Light olive gray 5Y 5/2			
Yellowish gray 5Y 7/2			

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Não se verificaram alterações bruscas de textura ou coloração, ou seja, há homogeneidade do sistema deposicional. Espículas ainda foram encontradas em especial na base no testemunho.

5.5.2 Análise Granulométrica

De acordo com as análises, obtiveram-se os dados abaixo (TABELA 11):

Tabela 9– Resultados da análise granulométrica de ANP-1275

GRANULOMETRIA								
Amostra	Prof. (cm)	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Assim. (%)	Curt. (%)	Seleção (%)
B1	0-3	2,00	17,00	55,00	26,00	-0,47	2,38	0,80
B2	17-20	0,33	21,98	61,07	16,62	-0,63	2,38	1,08
B3	52-56	0,00	8,62	56,58	34,90	-0,31	2,03	0,59
B4	56-61	0,00	15,79	52,88	31,33	-0,35	2,55	0,76
B5	85-690	8,90	8,18	65,22	17,70	-0,64	4,86	1,44
B6	90-95	1,03	5,62	69,60	23,75	-0,15	1,08	0,39
B7	117-122	0,00	5,25	66,00	28,75	-0,08	0,88	0,35
B8	122-127	0,00	10,77	59,68	29,55	-0,34	2,43	0,69
B9	127-132	0,12	18,95	55,52	25,41	-0,53	2,48	0,90
B10	150-154	0,19	24,49	44,55	30,77	-0,63	2,38	1,13
B11	171-175	0,40	30,25	55,00	14,35	-0,67	1,19	1,35

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

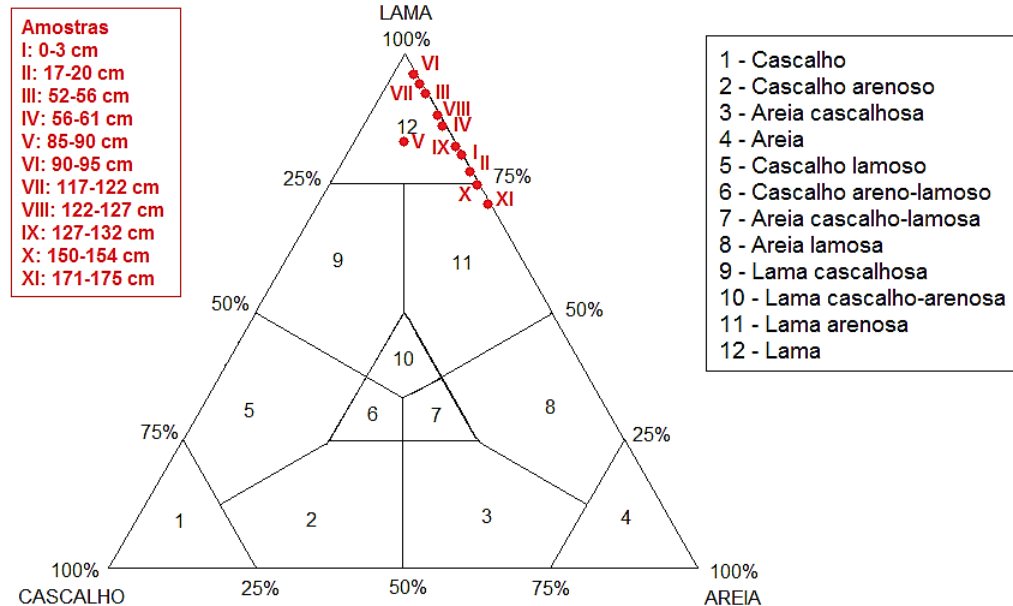
No geral, a maior quantidade de cascalho foi apresentada na amostra B5 (8,90%). Já areia, silte e argila foram destacados nas amostras B11 (30,25%), B6 (69,90%) e B3 (34,90%), respectivamente. Salienta-se que o valor de silte é, em todas as amostras, superior aos demais, diferente do primeiro testemunho, onde os valores de silte e argila aumentavam em detrimento da quantidade de areia, a qual, por vezes era superior aos demais. A fração silte, com isso, é a média da maioria das amostras, exceto B2, B10 e B11, onde a média foi Areia Muito Fina.

Aqui, o teor de argila é inferior ao de areia somente em dois pontos, B2 e B11. Isso indica que o caminho que os grãos percorreram até se depositarem permitiu melhor retrabalhamento dos grãos.

De acordo com a classificação de Freire *et al.* 1997 modificado por Vital *et al.* (2005), as amostras são Lama Calcárea, com exceção de B5, B6 e B7 que são classificadas

como Marga Calcárea. Já a classificação textural proposta por Sheppard (1954) identifica a amostra como lama (Figura 45).

Figura 45– Diagrama de Sheppard



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Assim como o testemunho anterior, este apresentou bastantes fragmentos de carapaças e testas de pterópodes e equinodermos, ou seja, o sedimento possui características carbonáticas e biogênicas.

Amostra B1 (de 0cm a 3cm)

Silte foi o tamanho médio desta amostra, a qual apresentou todas as frações destacando-se 55% de silte como o maior valor seguido de 26% de argila. Os grãos foram moderadamente selecionados, Martins (2004) afirma que os sedimentos passíveis dos fenômenos praias ou oceânicos tendem a ser moderadamente a bem selecionados. Obteve assimetria muito negativa e curva muito leptocúrtica, indicando baixa energia de ondas o que explica assimetria tendendo aos grãos mais grossos.

Amostra B2 (de 17cm a 20cm)

Amostra subsuperficial apresentou diminuição dos teores de cascalho e argila, 0,33% e 16,62%, respectivamente. Média como areia muito fina, indica que as condições de transporte e deposição da primeira amostra permitiram maior refinamento dos grãos em

relação a esta. No entanto, possivelmente pela influência da superfície, a seleção foi pobre e as demais características foram semelhantes às curvas de distribuição da amostra B1.

Amostra B3 (de 52cm a 56cm)

Esta amostra apresentou todas as propriedades estatísticas semelhantes à B1, com média silte e gráficos indicando tendência ainda aos grãos grossos, por assimetria muito negativa e curva muito leptocúrtica, indicando energia restrita por curto transporte. Destacou-se, no entanto, a maior quantidade de argila de todo o testemunho (34,90%) em detrimento das demais dimensões.

Amostra B4 (de 56cm a 61cm)

O aumento de 8,62% para 15,79% da quantidade de areia caracterizou esta amostra, com estatísticas semelhantes às da amostra B3 e B2. Pode-se deduzir-se que o ambiente deposicional seja o mesmo, porém pela classificação média tendendo a grãos finos e as demais características de assimetria levadas a grãos grossos, pode-se inferir a deposição de diferentes tipos de sedimento, influenciadas, por exemplo, por correntes inesperadas ou deslizamentos.

Amostra B5 (de 85cm a 90cm)

Nesta amostra, o testemunho passou de lama calcária (teor de CaCO_3 acima de 70% e teor de lama acima de 15%) para marga calcária, ou seja, apresentou teor de CaCO_3 entre 50 a 70% e teor de lama acima de 15%. Além disso, teve a maior quantidade de cascalho (8,90%) de todo o *liner* e aumentou a quantidade de silte (65,22%) - sendo esta fração o tamanho médio da amostra - em detrimento de argila e areia que diminuíram, em especial esta última ficou com 8,18%, o que incita a dizer que houve deslizamento de material grosso ainda não retrabalhado pelas condições ambientais de correntes.

O grau de seleção foi pobre, assimetria muito negativa e curtose extremamente leptocúrtica, o que, segundo Suguio (1973) indica presença marcante de material grosseiro e transporte e movimentação dos sedimentos de fundo, sendo característicos de canais e regiões com efetivo transporte de sedimentos junto ao fundo (Bigarella *et al.*, 1978). Os valores de curtose muito altos ou muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi transportado de uma determinada área-fonte e depositado sem perder suas características originais (JESUS & ANDRADE, 2013).

Amostra B6 (de 90cm a 95cm)

A diminuição brusca dos valores de cascalho para 1,03% comprova a deposição repentina de material provavelmente oriundo de deslizamento ou corrente de maior energia. Esta amostra apresentou maior valor de silte de todo o testemunho (69,60%). Com grãos bem selecionados, assimetria negativa e curtose normal, ou seja, mesocúrtica, o que poderia indicar a presença de sedimentos eólicos (Martins, 2004), no entanto, no ambiente marinho indica a presença de sedimentos cujo transporte foi unidirecional. Este grau de seleção retrata a pouca dispersão dos seus valores granulométricos ou moda de tendência central.

Segundo Folk (1974), os sedimentos marinhos derivados de uma mesma fonte praial são mais bem selecionados do que sedimentos fluviais, devido à atuação dos agentes como ondas e marés. (Jesus & Andrade, 2013) afirma que o aumento do transporte ou da agitação do meio auxilia na separação granulométrica das partículas de tamanhos variados. A assimetria fez referência à presença de grãos grossos.

Amostra B7 (de 117cm a 122cm)

Os valores granulométricos foram semelhantes aos de B6, com pequenas diferenças para menos, com exceção da argila que aumentou 5%. Última amostra de classificada como marga calcária, teve seus grãos bem selecionados, com curva aproximadamente simétrica e platicúrtica, o que significa afastamento de grãos mais finos e mais grossos para as caudas do gráfico estatístico, indicando mistura de diferentes populações porém com quantidades próximas de finos e grossos, conforme explica (JESUS & ANDRADE, 2013).

Amostra B8 (de 122cm a 127cm)

Lama calcária, ou seja, maior quantidade de carbonato do que as três amostras anteriores, B8 apresentou maior teor de areia de 10,77% e menor quantidade de silte (59,68%). Com moderado grau de seleção, assimetria muito negativa e curtose muito leptocúrtica, as estatísticas indicam sedimento de granulometria levemente dispersa, com grãos grossos e baixa energia de retrabalhamento até sua deposição final.

Amostra B9 (de 127cm a 132cm)

A fração areia aumentou sua quantidade para 18,95% em detrimento de silte e argila que caíram para 55,52% e 25,41%, respectivamente. A dimensão de cascalhos começa a

surgir, timidamente, com 0,12%, no entanto as propriedades estatísticas seguem semelhantes às de B8, retratando um mesmo ambiente de transporte e deposição.

Amostra B10 (de 150cm a 154cm)

Com discreto aumento de cascalho para 0,19%, areia e argila também acompanharam o crescimento dos teores com 24,49% e 30,77%, respectivamente, em detrimento de silte, que caiu 10,97% em relação à anterior.

As características de assimetria muito negativa indicam grãos com tendência grossa, ainda conforme amostra B9, e curva muito leptocúrtica evidencia ausência de espalhamento de grãos no gráfico leptocúrtico, ou seja, sedimentos bem selecionados na parte central da distribuição, o que demonstra baixa energia no ambiente marinho (Tanner, 1995). A diferença para B9 foi o grau pobremente selecionado de grãos, o que, de acordo com Folk e Ward (1957), correlaciona-se com grandes variações da energia cinética do ambiente, e, com isso, existe mais de um processo de deposição de grãos ao longo do tempo. Já os sedimentos moderadamente e bem selecionados refletem condições de energia cinética relativamente constantes, ou seja, menor variabilidade de mecanismos de deposição ao longo do tempo, as quais, para este estudo, estão relacionadas à inflexões e estofas de maré.

Amostra B11 (de 171cm a 175cm)

Nota-se aumento da fração cascalhosa (0,40%), arenosa (30,25), sendo esta a máxima do testemunho, e siltosa (55,00%). Lama arenosa, apresentou grãos pobremente selecionados, o que pode ser explicado por Briggs (1977) que diz que os sedimentos tendem a ser menos selecionados próximos a área-fonte ou região sob influência fluvial. Com assimetria muito negativa e curtose leptocúrtica, pode-se deduzir que os sedimentos passaram por momentos de alta energia, bem como a curtose indica remoção de fração granulométrica por meio de correntes oceânicas ou outros forçantes deposicionais.

5.5.3 Teor de Carbonato de Cálcio

Em todo o testemunho, o menor valor foi 50,63% em B7, a partir de redução gradativa e aumento mais acentuado de B7 para B8, conforme Tabela 12.

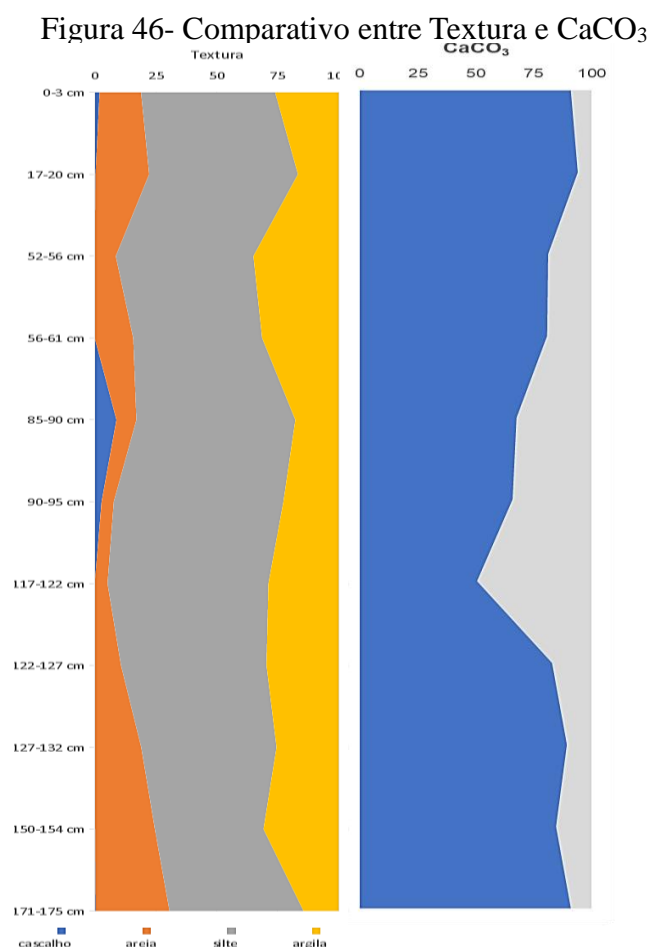
Tabela 10- Teor de Carbonato de Cálcio em ANP-1275

<u>Amostra</u>	<u>CaCO₃</u>
----------------	-------------------------

	(%)
B1	91,06
B2	94,04
B3	81,27
B4	80,85
B5	67,66
B6	65,95
B7	50,63
B8	82,97
B9	89,36
B10	84,68
B11	91,06

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Os biodetritos possuíram um alto percentual de carbonato de cálcio – 95% com total ou parcial presença de bioclastos, principalmente *Lithothamnium*, rodolitos e moluscos. O comportamento de areia e silte também apresentam semelhança com os teores de carbonato de cálcio em cada amostra (FIGURA 46).



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Em um ambiente sem grandes mudanças de nível de energia, houve o predomínio da fração silte. Quando essa dominância é da fração mais grossa, tem-se um ambiente típico de deposição, onde a remobilização é esporádica ou inabitual, em períodos de tempestades. Essas épocas ocasionam mudanças nas características físico-químicas com remobilização do fundo e consequentes mudanças de local onde ocorreram deposições prévias de matérias orgânicas, como os carbonatados.

5.5.4 *Matéria Orgânica e Carbono Orgânico*

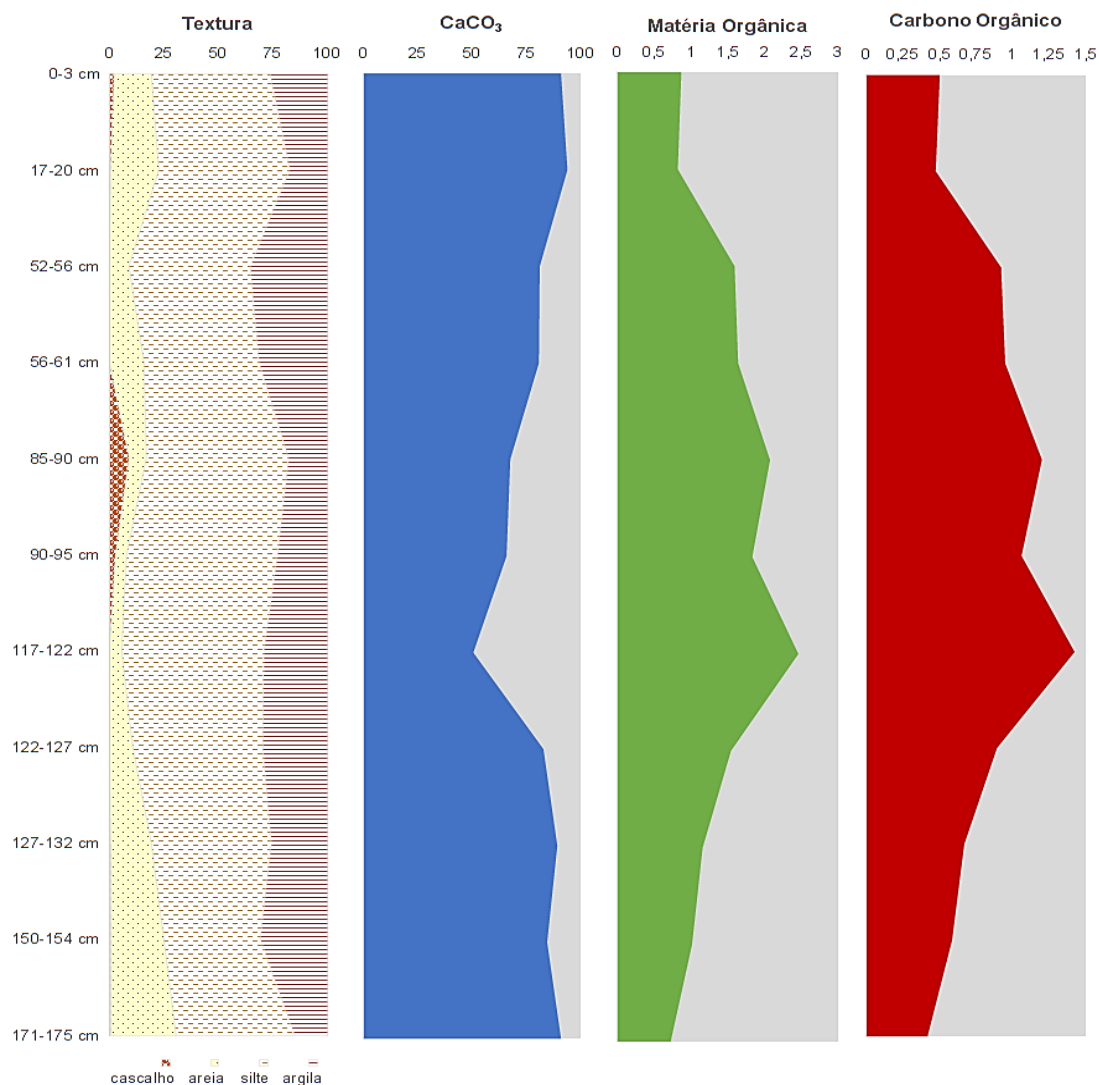
Com valores de MO mais estreitos, menos discrepantes, e com granulometria menos variável, o comportamento de MO e CO é inverso ao de CaCO₃, quanto maior um ou outro, menos carbonato tem a amostra (TABELA 13)

Tabela 11- Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico em ANP-1275

Amostra	M.O. (%)	C.O. (%)
B1	0,87	0,50
B2	0,82	0,48
B3	1,59	0,92
B4	1,64	0,95
B5	2,07	1,20
B6	1,83	1,06
B7	2,46	1,43
B8	1,54	0,90
B9	1,16	0,67
B10	1,01	0,59
B11	0,72	0,42

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Todos os seres vivos possuem Carbono em sua constituição, visto que é um nutriente importante, formador de carboidratos, lipídios e proteínas (AGEMIAN, 1997). Teores diminutos de CO, abaixo de 0,5%, são encontrados em bacias oceânicas. Em apenas B11, foi encontrado valor próximo a 0,5% (FIGURA 47).

Figura 47- Relação entre CaCO_3 e MO e CO.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

À medida que se aproxima da plataforma continental, os valores elevam-se para 2% a 5%, uma vez que esses teores podem estar relacionados à aportes costeiros ou contaminação antrópica, por exemplo, por hidrocarbonetos (RUC, 1980 apud RASHID, 1985).

A média de ANP-1275 foi de 0,83%, indicando que este possui mais influência de aporte terrígeno de acordo com o autor citado acima.

5.5.5 Espectrofotometria por Infra Vermelho

Os primeiros picos de todas as amostras foram de $3695,61\text{cm}^{-1}$ a $36977,54\text{cm}^{-1}$, significando a presença de álcool com ponte de Hidrogênio, seguidos dos picos de

3620,39 cm^{-1} a 3649,32 cm^{-1} , onde foi identificado ácido carboxílico monomérico e fenóis. De acordo com Simoneit (1978) com o grupo funcional ácido carboxílico interrelaciona-se com cetonas e álcoois, visto que muitos microorganismos oxidam os alcanos do álcool, que, por sua vez oxida-se em cetona e então em ácido carboxílico (MORGAN & WATKINSON, 1993; BAKAR *et al.*, 2011).

Embora os fenóis sejam estruturalmente semelhantes aos álcoois, apresentam-se como ácidos mais fortes. Os fenóis reagem como os anidridos do ácido carboxílico e cloretos para formar ésteres (Berg, 2013). Desta forma, a presença marcante de ésteres indica a acidez e salinidade com condições superiores às demais situações.

De 2511,32 cm^{-1} até 2517,10 cm^{-1} , identificaram-se hidrocloreto e grupos de Enxofre, justificados pela composição natural da água do mar, porém bastante presentes em rejeitos de fármacos após processados pelo organismo humano (Joroski, 2017). Os grupos sulfúricos são facilmente encontrados em compostos orgânicos ligados a átomos de Carbono, como ressalta Cardoso (2004), visto que em ambientes anóxicos, há a redução de sulfatos (SO_4^{2-}) como parte final do processo de respiração microbiana anaeróbica (CAPONE & KIENE 1988).

Ainda assim, o radical $-\text{SH}$, que é presente em diversas proteínas como atividade enzimática, também pode ligar-se a metais, pois o íon sulfeto gera sulfetos metálicos que precipitam na superfície sedimentar.

Entre 1795,73 cm^{-1} e 1797,66 cm^{-1} , encontraram-se alcenos, anidridos cíclicos e normais, isocianato, Beta-lactama, grupos epóxi, clorocarbonato e ácido clorídrico. Os dienóides são alcaloides, compostos cíclicos nitrogenados, com ligações duplas em dois Carbonos e bastante lábeis. Fazem parte de compostos metabólitos secundários biossintetizados pelos invertebrados marinhos (MAYER *et al.*, 2009).

Os isocianatos encontrados são grupos funcionais que contém o radical carbonila e Nitrogênio, bastante reativos com Hidrogênio e hidroxilas. Em ambiente marinho, o Ácido Cianico hidrolisa-se a Dióxido de Carbono e Amônia (uréia, na presença de amidas, e uretano, em álcool), sendo encontrado como ácido cianídrico (HCN) ou íon cianeto (CN^-) (LINARDI, 1998).

Ressalta-se que os cianatos, ou seus isômeros, podem ser produzidos naturalmente por algumas bactérias, algas e fungos como mecanismo de defesa (Fogaça, 2019). No reino mineral, os cianatos estão em algumas sementes e vegetais, e no reino animal, estão presentes em aminoácidos como a glicina, e nas bases nitrogenadas adenina e citosina.

Os anidridos normais e cíclicos são os resultantes da desidratação de ácidos, e apresentaram-se de forma simétrica e em anéis. Já os epóxidos, também chamados poliéteres, são éteres cíclicos no qual está incorporado um átomo de Oxigênio em um anel de três Carbonos (SILVA, 2018).

As epóxi-hidrolases são enzimas amplamente presentes na natureza, em fungos, bactérias, vegetais, dentre outros. No ambiente marinho em estudo, propõe-se que o íon carboxilato, presente em cadeias de aminoácidos, gerados por outras fontes microbiológicas, reage com o grupo epóxido e gera glicóis, também verificados nesta pesquisa. Este composto é então hidrolisado pela água do mar ou pelas hidroxilas de outros compostos.

De acordo com Martins (2008), os fungos de vida marinha *Penicillium miczunskii*, *Trichoderma sp*, *Aspergillus sydowii* e *Penicillium raistrickii* são bons catalizadores naturais, liberando enzimas e dióis no meio oceânico.

Beta-lactamas, B-lactamas, ou amidas lactamas, são compostos nitrogenados presentes em atividades biológica de plantas, fungos, insetos e organismos marinhos, e possuem relevante interesse comercial e medicinal devido suas características antibacteriana, antitumorais, analgésicas, herbicidas, dentre outras (Kobayashi *et al.*, 2005). Segundo o autor, os oceanos possuem uma grande fonte de compostos naturais bioativos provenientes dos seres invertebrados.

Foram inicialmente descobertas em fungos filamentosos, mas hoje se sabe que actinomicetos e algumas bactérias gram-negativas também produzem diferentes tipos de B-lactamas (PENGZHAN *et al.*, 2003).

Naturalmente, nas águas oceânicas, onde há o mínimo de atividade orgânica e mineral, haverá a presença de clorocarbonatos e ácido clorídrico pelas próprias características salinas e bióticas existentes.

Entre os estiramentos de $1417,68\text{cm}^{-1}$ e $1419,61\text{cm}^{-1}$ observaram-se alcanos, álcoois, aldeídos, naftalenos como hidrocarbonetos presentes. Além disso, obtiveram-se sulfato, sulfonato, amônio, nitrato, nitrito e amidas. Neste caso, o amônio do sedimento marinho analisado pode vir das reações com água do mar (cloretos disponíveis), produzindo sal de amônio, que é bastante estável e pode unir-se aos radicais –metil, -etil, -propil, -butil, todos encontrados no sedimento em análise (Januszek, *et al.*, 2004; Manini *et al.*, 2003) ou o amônio pode originar-se da gradual decomposição dos constituintes nitrogenados da MO, visto que estes são mais resistentes que os não nitrogenados (MAGLIOCCA & KUTNER, 1964).

A MO depositada *post mortem* ou produto de sintetização metabólica decompõe-se liberando NH_4^+ (pouco estável), logo oxidado por bactérias para nitrito, aproveitado como uma fonte de Nitrogênio para processos biológicos e síntese de aminoácidos (Gorsel & Jensen, 1999). O nitrato é a forma mais estável, onde, em ambiente marinho, o nitrito gerado pelas bactérias oxidadoras de amônia é rapidamente transformado em nitrato por bactérias oxidadoras de nitrito, para então ser assimilado por vegetais e microorganismos (POLANCO *et al.*, 2001).

Na análise deste testemunho, nota-se a interação entre Enxofre e Nitrogênio, o que é explicado por Mulder *et al.*, (1995) e Van de Graaf *et al.*, (1995), quando afirmam existir a competição entre bactérias redutoras de sulfato e microorganismos desnitrificantes pelas fontes de Carbono orgânico.

Deste modo, por meio de mecanismos bacteriano e termoquímico associados à oxidação de hidrocarbonetos e à decomposição de MO, ocorre a produção de sulfetos pelas bactérias anaeróbias e sua redução a sulfatos, com possível mineralização (em pirita, por exemplo). As bactérias redutoras de sulfato (BRS) utilizam elétrons de compostos sulfurados para oxidar a MO, liberando H_2S e utilizando o ácido sulfúrico. Destacam-se aqui os gêneros Desulfobulbos, Desulfomonas (MAINIER & VIOLA, 2005).

Nos ambientes marinhos, sulfonato oriundo do ácido sulfônico tem sua origem relacionada aos sulfuretos das algas marinhas (Cerqueira, 1999) e durante os processos, formam-se os íons sulfato, que tende a ser consumido, e posteriormente sulfonato.

Quanto à origem dos hidrocarbonetos associados, estes existem naturalmente como produtos de biossíntese da maioria das plantas, algas e animais (origem diagenética e biogênica), pirolítica, petrogênica, existindo aí a influência antropogênica e contaminações (Nishigima *et al.*, 2001). Pode apresentar características da matéria orgânica original, sob as condições físico-químicas de sua formação e do ambiente deposicional (Martins, 2005). Quando a granulometria excede 20% como fração fina cresce a interação entre o sedimento e compostos hidrocarbonetos e metálicos.

Todas as amostras apresentaram o estiramento $1031,92\text{cm}^{-1}$ que referem-se a anéis e éteres aromáticos, amina, aldeídos, sulfóxido, iminocarbonato (carbonato com função imina), fosfato e carbonato covalentes, e compostos de Si, P ou S, naturalmente presentes no sedimento, especialmente em atividades microbianas, onde os sulfóxidos originam sulfonas e os metais presentes ligam-se aos íons disponíveis na coluna d'água e no sedimento superficial.

Entre $1006,84\text{cm}^{-1}$ e $1008,77\text{cm}^{-1}$, as substâncias são semelhantes às retratadas acima, diferindo-se pela substituição da ligação de Carbono com Si, P ou S pela união com Flúor. $912,33\text{cm}^{-1}$ mostrou aldeído, ácido carboxílico, Enxofre e carbonato. De $871,82\text{cm}^{-1}$ a $873,75\text{cm}^{-1}$ mostrou, além destes, aromáticos, alcanos e Fósforo. Os ácidos carboxílicos, originários dos alcanos e álcoois, são lábeis e facilmente assimilados por microrganismos e organismos bênticos, no entanto Madureira (2002) afirma sua resistência à degradação.

Como o Flúor é o mais eletronegativo dos halogênios, forma íons em soluções, os Fluoretos, que são derivados de intemperismos continentais, acidificação de rochas ou reações mineralógicas (Burton, 1976), visto que é facilmente absorvidos por argilominerais e fosforitas, associando-se a minerais micáceos e feldspáticos e ao Ca em águas salinas. Nos oceanos, o flúor é carregado por aportes fluviais e incorporados nos organismos carbonáticos (MINEROPAR, 2005).

Uma vez que carbonato, sulfato, fosfato e silicato formam ânions com metais-traços (Lindsay, 1979), infere-se que nesta amostra existem muitas qualidades de compostos metálicos já mineralizados.

Em $711,73\text{cm}^{-1}$, ausente em B3, B4, B5 e B7, há Enxofre, Fósforo, Silício, Bromo e Cloro. Enquanto que em B3, B5, B6 e B7 apresentaram as bandas $694,37\text{cm}^{-1}$ e $692,44\text{cm}^{-1}$, que retornam às características anteriores de aromáticos, sulfonatos, compostos de Silício e Fósforo, entretanto apresentaram forte ligação de alcinos, que são mais quimicamente reativas e podem sofrer reações adicionais, como epoxidação ou hidratação, formando cetonas ou álcoois.

O Silício demonstra aporte de material terrígeno ou minerais primários e o Cloro ocorre de forma livre (íon) e associada com diversas substâncias pela composição natural da água do mar. O Bromo pode estar relacionado ao composto orgânico produzido naturalmente no oceano, por algas da ordem das Laminariales. Elas possuem bromofenóis e liberam hidrocarbonetos halogenados voláteis, como bromofórmio (CHBr_3), clorometano (CH_3Cl), bromometano (CH_3Br) e iodometano (CH_3I) (SILVA *et al.*, 2007).

De $534,28\text{cm}^{-1}$ a $538,15\text{cm}^{-1}$, verificou-se Nitrogênio conjugado, provavelmente com Carbono ou a anéis. Nos picos restantes de valores entre $399,26\text{cm}^{-1}$ e $424,34\text{cm}^{-1}$, há benzeno e sulfonato iônico, resultantes de degradação anóxica da MO presente e ação bacteriana para síntese metabólica.

As sulfonamidas, amidas de ácidos sulfônicos insolúveis em água, são os mais simples dos organossulfurados, e ligam-se a proteínas e carboidratos, importantes nas cadeias tróficas microbiológicas. Sua reologia química tem origem na oxidação do sulfeto por

quimiossintetizantes e no ácido sulfônico, menos estável, que converte-se em ácido sulfuroso (ISIK & OZDEMIR-KOCAK, 2009; SIDDIQUI *et al.*, 2007).

Possuem a capacidade de inibição de ácido fólico presente em organismos vivos, apresentando característica de ação antimicrobiana, como algumas espécies de algas: *H. pluvialis*, *K. alvarezii*, *S. filipendula* e *U. pinnatifida* (CORONEL, 2016).

Desta maneira, identificou-se, nos processos de decomposição anaeróbia, a hidrólise, a acidogênese e acetogênese que continuam a quebra das moléculas orgânicas e acabam gerando, dentre outros, subprodutos, como ácido propiônico, ácido acético, butírico, valérico, antecedentes de acetatos e propinato.

5.5.6 Razão Planctônico x Bentônico

Amostra B1 (de 0cm a 3cm)

G. scitula apareceu com 20,76% das espécimes planctônicas, seguida de 20,41% do plexo *G. ruber*. A primeira é representante de águas frias ou de ressurgência, vivendo em ambiente profundo (Ramos, 2006). Os plexos *G. menardii* e *G. truncatulinoides* apareceram com frequências próximas de 15,57% e 14,18, respectivamente. Desta forma, o índice de planctônicos foi de 0,963 e a razão P/B de 96,33%.

Amostra B2 (de 17cm a 20cm)

Saindo do ambiente transicional e superficial acima, em B2 (Figura 48) existe a predominância de *G. menardii* com 61,77% dos planctônicos e drástica redução de 11,54% de *G. ruber* em relação à anterior. Em seguida *G. scitula* apresenta-se em 9,89% da amostra. Corroborando com as espécimens de águas quentes, há 10,92% da presença de *Neogloboquadrina Dutertrei*, indicada, por Vicalvi (1999), como auxílio na identificação de limites entre intervalos paleoclimáticos e ressurgências, quando em zonas subtropicais. Naturalmente, elas demonstram preferência por águas ricas em nutrientes e intermediárias.

Figura 48– Foraminíferos planctônicos de águas quentes



A: *G. menardii*; B: *G. ruber*; C: *P. obliquiloculata*
 Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Dentre os bentônicos, 71,42% eram do gênero *Pyrgo*, presente na epifauna. A razão P/B resultou em 97,67%, aproximadamente 1,34% acima da anterior.

Amostra B3 (de 52cm a 56cm)

Os plexos *G. menardii* e *G. ruber* (Figura 49) foram os mais proeminentes com 35,83% e 19,11% cada, indicando época de clima quente.

Figura 49– Menardiformes e globigerinas



A: *Globorotalia menardii tumida*
 Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Juntamente com o plexo *Pulleniatina*, *G. menardii* incluindo túmida é indicativo de águas quentes e resistente à dissolução. Com apenas 7 indivíduos bentônicos, a razão P/B foi de 97,67%.

Amostra B4 (de 56cm a 61cm)

Com tecas bem preservadas e indivíduos mais brancos e menos acinzentados, esta amostra foi semelhante à anterior.

G. menardii apresentou 37,00% e *G. ruber*, 20,74%. Bem como B3, *G. scitula* mostrou valores consideráveis, porém inferiores às espécimes indicativas exclusivas de clima quente. Tais valores podem referir-se à influência de correntes frias. Com 294 espécimes planctônicas, a razão P/B foi de 98,00%.

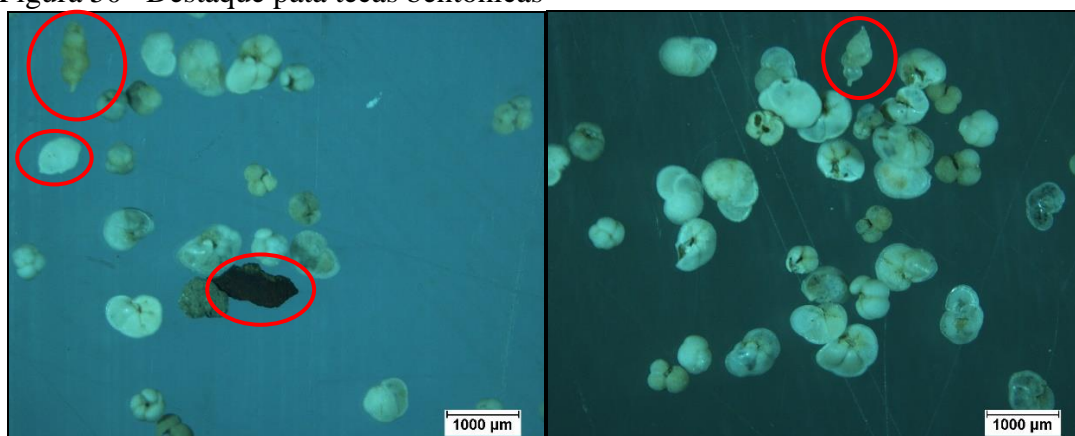
Amostra B5 (de 85cm a 90cm)

G. menardii está em 38,64% dos representantes planctônicos, enquanto *G. ruber* é 22,00% frequente, seguida de *N. dutertrei* com 14,57%. Dentre os bentônicos, *P. bulloides* aparece com 80,00% de presença. Sendo assim, caracterizando o ambiente com a existência de águas quentes, a razão P/B é de 98,33%.

Amostra B6 (de 90cm a 95cm)

Com representatividade de 51,54%, *G. menardii* continua sendo o plexo predominante, porém seguido de *G. scitula* com 13,05% dá indícios de diminuição de temperatura ou chegada de correntes frias ricas em nutrientes (Figura 50). Ambas de águas profundas (BÉ, 1977).

Figura 50– Destaque para tecas bentônicas



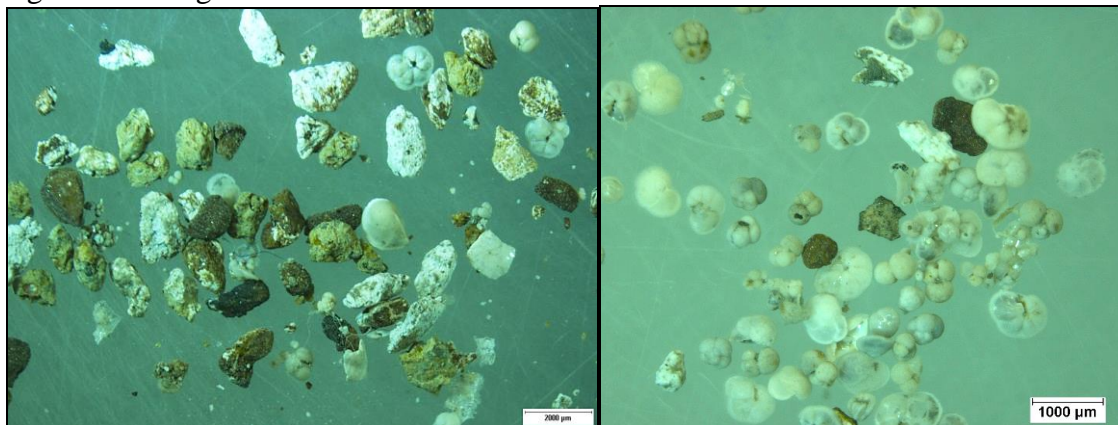
Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Com 12,37% tem-se o plexo *G. ruber*, presente natural e significativamente em todas as amostras por habitarem águas rasas. 97,00% foi a razão P/B.

Amostra B7 (de 117cm a 122cm)

Amostra marcada pela redução da presença de *G. menardii* para 36,51% e aumento de *G. ruber* para 24,23%. Óxidos de Ferro, minerais de Titânio e conglomerados opacos (Figura 51) foram observados em meio aos demais materiais carbonatados.

Figura 51- Conglomerados minerálicos



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Apenas 2 indivíduos eram *Pink*. *P. bulloides* aparece como única plexo representando os bentônicos, com 7 espécimes, resultando, assim em 97,67% de razão P/B.

Amostra B8 (de 122cm a 127cm)

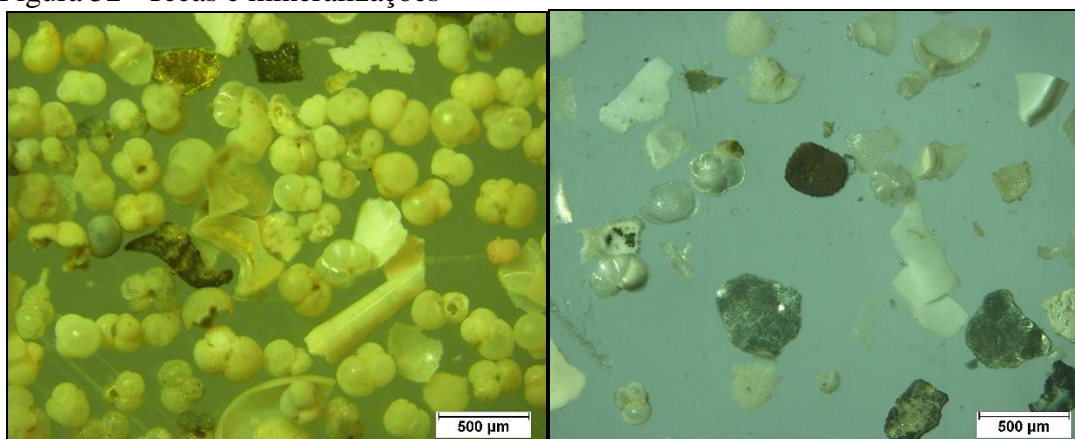
As propriedades da amostra acima perduram nesta, com *P. bulloides* representando os bentônicos, *G. menardii* predominando com 40,26% dos planctônicos seguido por 29,53% de *G. ruber*, onde 2,20% são *Pink*.

O índice de planctônicos foi de 0,99 e relação P/B de 99,30%, maior razão deste testemunho.

Amostra B9 (de 127cm a 132cm)

Com muitos fragmentos de pterópodes e tecas mais envelhecidas (Figura 52), tem-se 28,77% de *G. menardii* e a mesma quantidade de *G. ruber*.

Figura 52– Tecas e mineralizações



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

O plexo *Pulleniatina* aparece com 8,00% de significância, 4,12% superior à amostra anterior. Ramos (2006) diz que o plexo *Pulleniatina* é típico de climas tropical e subtropical, na subsuperfície da Corrente do Brasil. Vive em águas quentes, porém tem mais tolerância a baixas temperaturas do que os menardiformes, por isso desaparece ligeiramente depois destes (Bé & Duplessy, 1976). A razão P/B resultou em 95,00%.

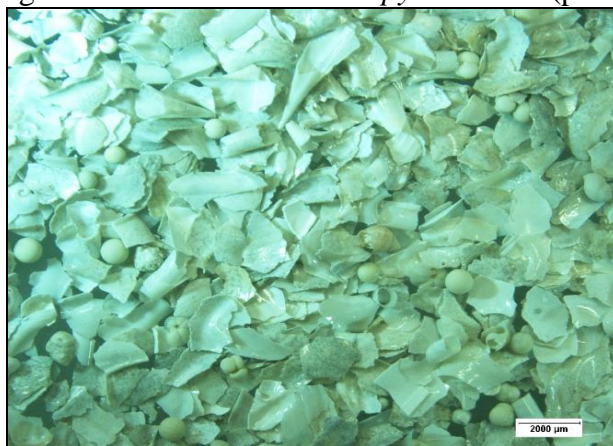
Amostra B10 (de 150cm a 154cm)

14,48% é a presença de *G. menardii*, seguida de 15,87% de *G. scitula* e 26,55% de *G. ruber*, dentre os planctônicos. Novamente *P. bulloides* destaca-se dentre os bentônicos com 70,00% dentre estes, resultando na relação P/B equivalente a 96,67%.

Amostra B11 (de 171cm a 175cm)

Embora as testas tenham-se mostrado brancas e com nácar, estavam bastante fragmentadas (Figura 53) e com grande quantidade de peças de pterópodes. O contexto traduz um ambiente de grande energia e aporte de sedimentos.

Figura 53– Testas e caudas de *pyramidatas* (pterópodos) fragmentadas

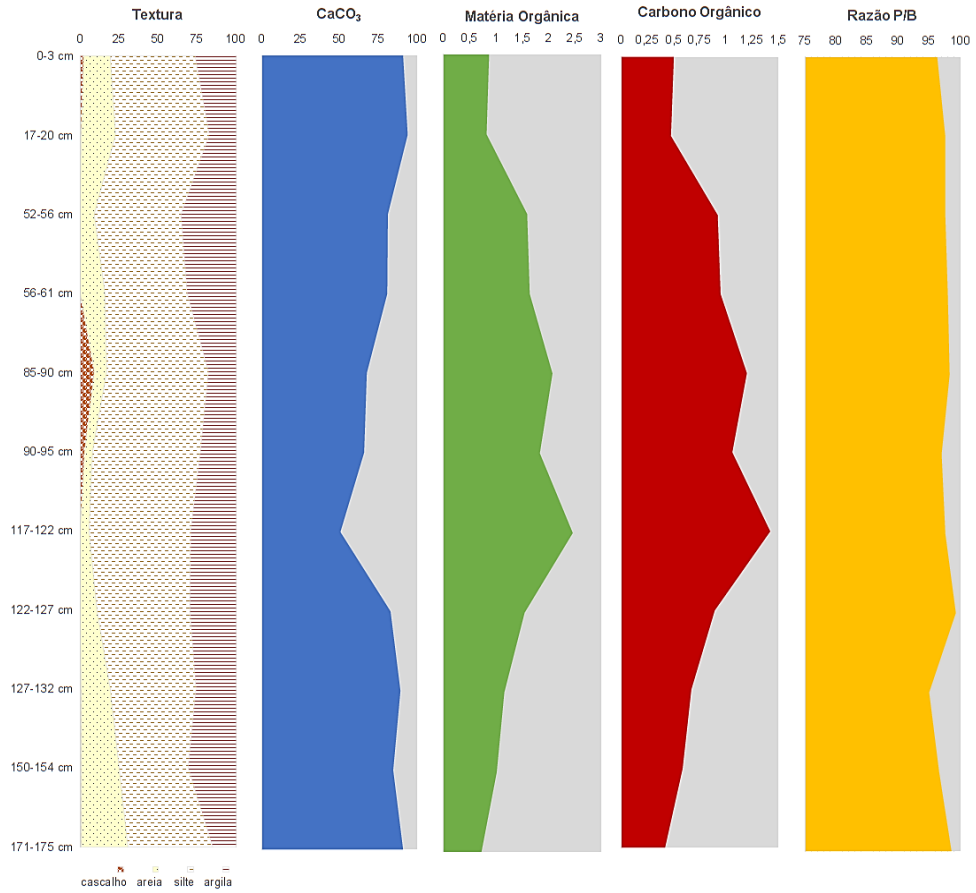


Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

G. menardii volta a subir, desta vez com 27,70% dos planctônicos. *G. ruber* apresenta 22,29%. *G. sacculifer* ocupa rasas e oligotróficas, sendo grupo estritamente tropical, corroborando com menardiformes na identificação de aumento de temperatura (Wyrski, 1971). Com o mesmo grupo *P. bulloides* representando 75,00% dos bentônicos, obteve-se relação P/B de 98,67%.

A partir da representação gráfica abaixo (Figura 54), percebe-se linearidade na quantidade de planctônicos e bentônicos, onde a maior diferença foi de B9 para B8, com queda de 4,30% de uma para outra.

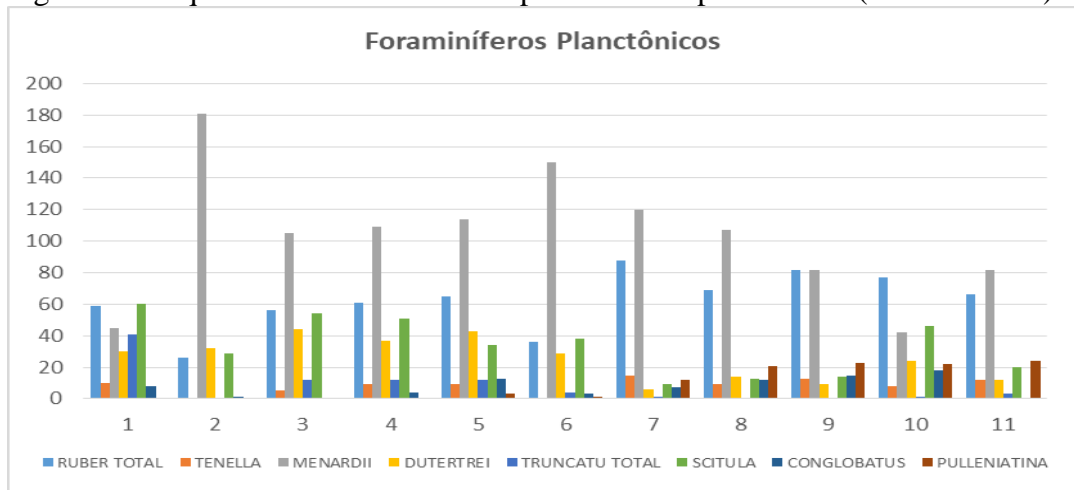
Figura 54- Correlação entre Razão P/B e análises orgânicas



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Este testemunho mostrou maior influência de *G. menardii* do que de *G. ruber* (Figura 55), surgindo também timidamente o plexo *Globoturborotalita tenella*, indicadora de águas quentes e profundas no Atlântico Sul (KEMLE VON MUCKE & HEMLEBEN, 1999)

Figura 55- Esquema de foraminíferos representativos por amostra (de ANP-1275)



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Os plexos mais significativos são indicadores de águas profundas e, relacionando-se à continuidade das razões P/B e à posição litorânea em clima equatorial tropical, não se verificam alterações absolutas, no entanto percebe-se a ciclicidade dos plexos *G. scitula* que mostra picos inversos a *G. menardii*. Os resfriamentos tendem de aproximadamente 2.000 anos atrás e 19.000 anos atrás, segundo Afonso (2015)

5.5.7 Exoscopia de Grãos de Quartzo

De acordo com as características visualizadas geradas por fatores de ação mecânica e química, os micro aspectos observados foram descritos na tabela 14 abaixo:

Tabela 12- Valores de exoscopia dos grãos de quartzo

Amostra	Rolamento	Esfericidade	Relevo	Microtopografia	Dissolução	Precipitação
B1	5	1	2	2	5	4
B2	3	2	2	1	5	4
B3	4	3	2	4	5	3
B4	4	1	2	2	4	2
B5	5	0	3	3	4	1
B6	1	3	1	1	3	4
B7	1	3	1	3	3	4
B8	3	3	2	5	5	4
B9	4	1	3	3	3	3
B10	3	2	1	2	2	3
B11	3	2	1	3	4	2

Rolamento: (0): Muito rolado. (1): Rolado. (2): Sub-rolado. (3): Sub-anguloso. (4): Anguloso. (5): Muito anguloso. **Esfericidade:** (0): Baixa. (1): Média-baixa. (2): Média-alta. (3): Alta. **Relevo:** (1): Baixo. (2): Médio. (3): Alto. **Microtopografia (mt):** (0): ausente. (1): 1%<mt<10%. (2): 11%<mt<25%. (3): 26%<mt<50%. (4): 51%<mt<75%. (5) mt>76%. **Dissolução:** (0): Ausente. (1): Baixa. (2): Baixa-média. (3): Média. (4): Média-alta. (5) Alta. **Precipitação:** (0): Ausente. (1): Baixa. (2): Baixa-média. (3): Média. (4): Média-alta. (5) Alta.
Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

O testemunho teve em média, grãos subrolados, com baixo relevo e esfericidade mediana. Na maioria das amostras, a microtopografia superficial teve pouca representatividade, no entanto, o processo de dissolução tendeu a alto. Tais propriedades gerais indicam a atuação de fenômenos sedimentares externos, ou seja fenomórficas (Costa *et al.*, 2014) e resultantes de ações sofridas no processo de transporte e deposição (ações mecânicas, químicas e biológicas). Não foram visualizadas alterações extremas ou abruptas entre as amostras.

Amostra B1 (de 0cm a 3cm)

Caracterizou-se por grãos angulosos, esfericidade média-baixa e altos índices de dissolução e precipitação, conforme Figura 56, o que indica a presença de minerais e ocorrência de reações químicas no meio. Quanto às estruturas referentes aos choques mecânicos, observaram-se degraus, grãos estalados percussão e cúpulas.

Figura 56– Grão anguloso com choque mecânico



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Tais estruturas possuem nitidez em suas bordas e, juntamente com a abrasão presente em alguns, tem-se que esse sedimento ainda sofre fenômenos de atrito e ablação no ambiente bem como chegam novas partículas, podendo estas estarem ou não com características geomórficas, ou seja, da rocha matriz. Fato possível tendo em vista ser uma amostra superficial.

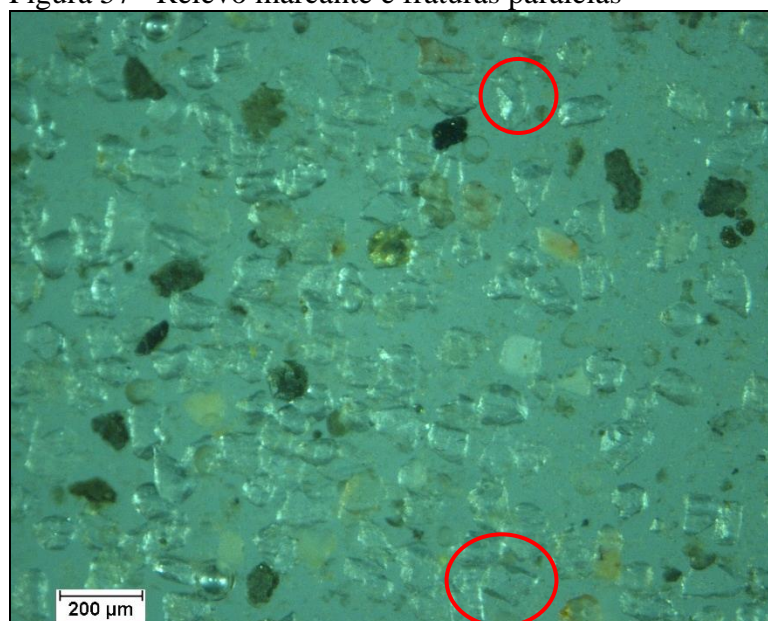
Amostra B2 (de 17cm a 20cm)

Bem como em B1, dissolução e precipitação estão fortemente presentes por meio de decapagem e anastomose, no entanto o rolamento e a esfericidade estão melhor desenvolvidos, sendo a amostra sub-angulosa. A topografia ainda é pouco presente, em até 10% da superfície. Todas as fraturas mostram-se desgastadas, de forma que não há limites definidos em crateras, marcas em V nem extremidades angulosas ou degraus.

Amostra B3 (de 52cm a 56cm)

Amostra com muscovita, biotita e feldspatos apresentou-se angulosa, porém com maior esfericidade e mais relevo sobressalente. Foram observadas partículas aderentes, marcas de percussão e arrancamento, bem como fraturas lineares, paralelas e conchoidais (FIGURA 57).

Figura 57– Relevo marcante e fraturas paralelas



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Desta forma, pode-se inferir que a amostra encontra-se próxima a área fonte ou que seu transporte foi epissedimentar, visto que possui mais marcas de alto e baixo relevo aparentes.

Amostra B4 (de 56cm a 61cm)

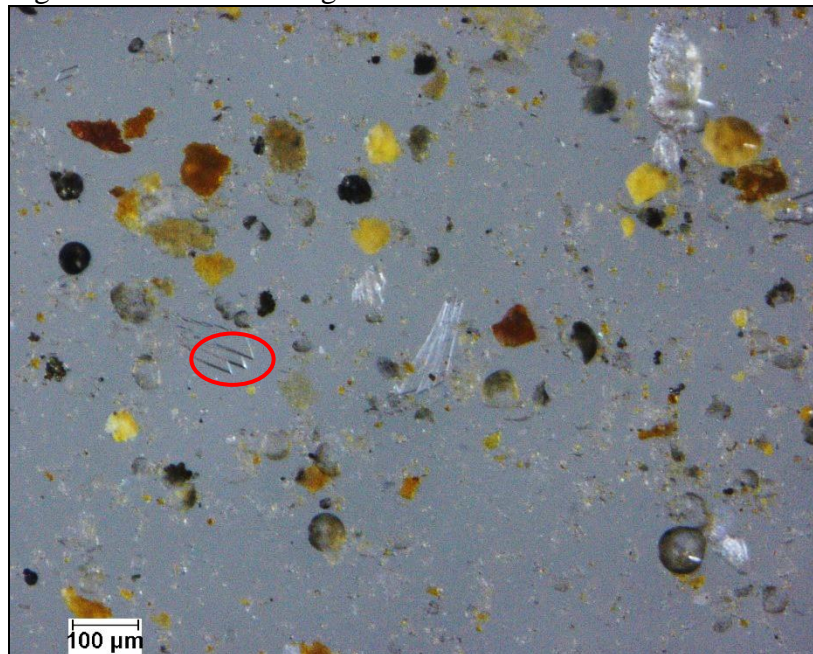
Ainda angulosa, B4 mostrou-se menos esférica e menos marcada por microtexturas, bem como houve decréscimo nos processos de dissolução por decapagem e precipitação. As impressões encontradas exibiram grãos com sulcos lineares e conchoidais, bem como depressões, arrancamento e marcas em V. Muitas manchas de abrasão por desgaste e fricção aliada à presença de grãos revestidos revelam que a amostra passou por transporte laminar até depositar-se.

Amostra B5 (de 85cm a 90cm)

Por meio da intensificação do rolamento, esfericidade mínima e relevo alcançando até 50% das faces, tem-se que esta amostra sofreu interferências do ambiente externo durante

o transporte. As extremidades angulosas estavam em forma de degraus (Figura 58), apontando a possibilidade de saltação e impactos mecânicos nas bordas.

Figura 58– Grão com degraus



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Corroborando com isso, visualizou-se grande quantidade de fraturas lineares e paralelas, partículas aderidas à superfície ou encaixadas nas cavidades e depressões.

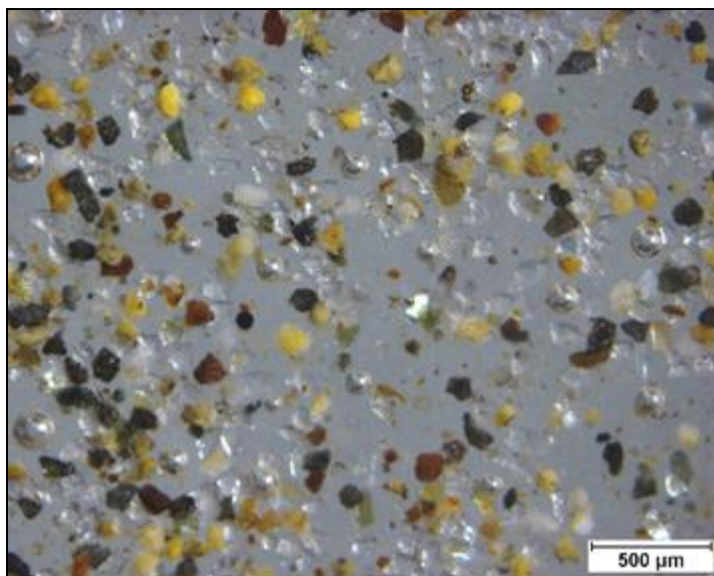
Amostra B6 (de 90cm a 95cm)

A mudança entre a amostra anterior e B6 mostra um processo bem mais trabalhado através de grãos rolados, esféricos e sem extremidades pontudas. Processos químicos de dissolução por descamação e precipitações nas superfícies aumentaram o processo de erosão e desgaste. Nenhuma superfície recente foi vista, no entanto foram observadas muitas crateras e ínfimas partículas aderentes.

Amostra B7 (de 117cm a 122cm)

O sistema de transporte longo e retrabalhamento no ambiente marinho permaneceu diante de B7 (Figura 59). As microtexturas, porém, aumentaram, podendo ser vistas as cicatrizes de arrancamento por impacto, saliências, percussão conchoidal e linear. Muitas partículas de óxidos de Fe e Al.

Figura 59– Mineralizações e grãos de quartzo



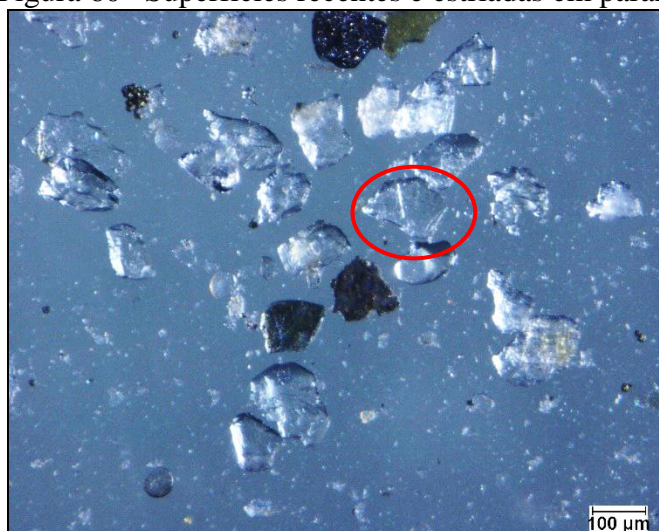
Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

O processo de precipitação permitiu a formação de “capas” de alteração química revestindo grande parte dos grãos. Tais capas podem ter sido causadas por interações com a microbiota do ambiente.

Amostra B8 (de 122cm a 127cm)

De rolado para sub-anguloso e apresentando mais impressões microtopográficas, foram observadas algumas novas superfícies originadas por impactos recentes, abrasão por desgaste e fraturas radiais, lineares e paralelas (FIGURA 60).

Figura 60– Superfícies recentes e estriadas em paralelo



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

A pouca presença de partículas aderidas aos grãos mostraram que os processos de alteração mecânica foram de natureza inferior à capacidade de desenvolvimento de nova camada sedimentar superior.

Amostra B9 (de 127cm a 132cm)

As reações de dissolução e de precipitação reduziram levemente, o que influenciou diretamente no índice da topografia dos grãos. Ainda assim, encontraram-se estrias anastomosadas, depressões, cúpulas bem delimitadas e, especialmente, fraturas paralelas. Tais características podem indicar fluxo sedimentar por atrito contínuo, com um escorregamento ou deslizamento.

Amostra B10 (de 150cm a 154cm)

As partículas sub-angulosas e mais esféricas do que as da amostra anterior apresentaram baixo relevo com formas geométricas retilíneas e poucas extremidades pontiagudas. Ablação, desgaste e fraturas radiais demonstraram choques com outras partículas, no entanto, as cicatrizes amenizadas e a ausência de degraus possibilita inferir que esta foi melhor polida e/ou maturada por mais tempo.

Amostra B11 (de 171cm a 175cm)

De B10 para B11, a maior alteração foi em relação à dissolução que passou de baixa-média para média-alta, interferindo nos sulcos da microtopografia que passou para cerca de 50% da superfície das partículas. Amostra possui cesuras antigas, sem bordas nítidas, porém demonstra degraus e angulosidades em processo de burilamento.

5.5.8 Análises multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução

Em 1275, verificaram-se os mesmos padrões de comportamento entre as análises (TABELA 15).

Tabela 13 - Resultados multiparamétricos de ANP-1275

ANP – 1275			
Amostras	pH	Salinidade	ORP (mV * -1)
B1	7,81	6,09	300,80
B2	7,93	5,93	293,80
B3	7,77	5,46	303,40
B4	7,83	8,13	299,40
B5	7,82	7,98	300,10
B6	7,64	10,03	310,70
B7	7,60	10,90	313,30
B8	7,72	7,69	306,00
B9	7,85	6,08	298,60
B10	8,02	4,38	288,20
B11	7,95	5,05	292,60

Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Durante tempestades chuvosas, interglaciais e ressurgências, o ambiente marinho apresenta-se menos salino, o que desfavorece a mobilidade e causa a redução do pH nas condições redutoras. De acordo com Mehta (1984), tal fato se dá pelo crescimento da estabilidade dos complexos orgânicos presentes em metais ou substâncias condutoras nas regiões de maior salinidade. Desta forma, os cátions neutralizam as cargas negativas e ocorre a decantação desses organo-complexos salinos de maior densidade, depositando-se no sedimento.

O potencial oxi-redutivo é influenciado pela matéria orgânica presente no meio, visto que fornece energia para processos microorgânicos, sendo a principal fonte de elétrons para as reações de redução. Desta forma, nota-se que a maior quantidade de material orgânico decomponível a partir de B5, torna maior a atividade dos microorganismos e mais intensa a redução, ganhando elétrons e aumentando a acidez.

5.5.9 Carbono/Nitrogênio

O Carbono e o Nitrogênio orgânicos são os principais formadores da MO depositada no fundo oceânico. Suas moléculas encontram-se dissolvidas na forma de peptideos, purinas, aminas, aminoácidos, etc (Esteves *et al.*, 1988). Já sua constituição inorgânica é adsorvida nos colóides de partículas argilosas mineralicas. Tanto o Carbono

quanto o Nitrogênio existentes na MO variam de acordo com os tipos de organismos presentes no local e dos processos de degradação do substrato (Siqueira *et al.*, 2005). A tabela 16 abaixo mostra as quantidades oriundas da relação entre Carbono e Nitrogênio.

Tabela 14- Resultados da razão Carbono/Nitrogênio

Amostras	C/N
B1	7,19
B2	15,85
B3	5,43
B4	6,34
B5	3,65
B6	2,87
B7	3,75
B8	3,32
B9	3,05
B10	5,34
B11	2,21

Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Para Faganeli *et al.* (1988), a matéria orgânica de origem terrígena pode ser identificada nos sedimentos marinhos por meio de alto teor de Carbono e baixa quantidade de proteínas, onde o Nitrogênio existente no local pode ser oriundo de detritos com bactérias.

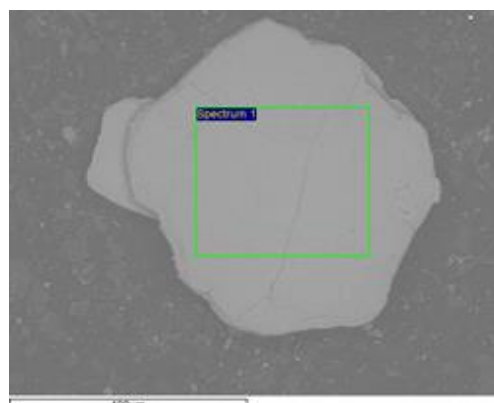
Meyers (1994) classifica a origem da matéria orgânica de acordo com os valores da razão C/N, onde valores de 4 a 10 são de algas (com ou sem estrutura celulósica, ricas em proteínas), entre 10 e 20 são da mistura entre plantas vasculares e lacustres e superior a 20 são de plantas superiores (com estrutura celulósica).

Já Barcellos (2005), divide mais detalhadamente os valores das razões, de 0 a 6 para origem marinha, de 6 a 12 para origem mista tendendo a marinha, de 12 a 18 para mista, de 18 a 24 como origem mista tendendo a continental e superior a 24 para origem continental. Desta forma, B2 apresenta-se como mista e as demais como sedimentos de origem puramente marinha, conforme Bacelos (2005).

5.5.10 Microscopia Eletrônica de Varredura

As análises de ANP-1275 referentes da base ao meio mostraram a maior presença de Fe e Al, os quais são polivalentes e podem causar a precipitação de solutos orgânicos que vêm a constituir carapaças e testas (FIGURA 61).

Figura 61 - Elementos detectados por MEV-EDS (topo)

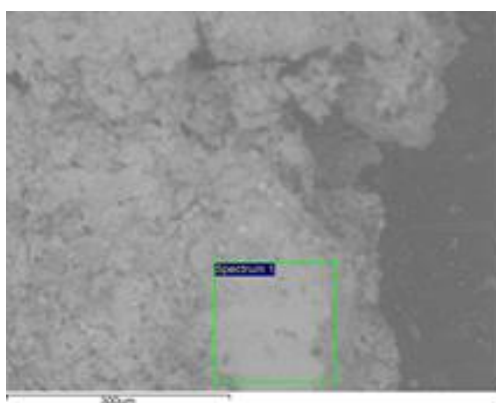


Elementos	Quantidade (%)
Sódio	0,85
Magnésio	7,85
Alumínio	20,35
Silício	40,24
Potássio	7,83
Titânio	1,85
Ferro	20,25

Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Os íons divalentes como Ca e Mg costumam estar presentes em quantidade consideráveis em ambientes marinhos e auxiliam na formação de organo-argilas e oriundas da competição por íons entre minerais e compostos orgânicos. Já o Titânio está presente na forma de ilmenita e rutilo e em minerais máficos, onde pode substituir Al e Fe. Em selecionando somente um ponto no fragmento analisado, obteve-se 64,98% de Carbono e 35,02% de Cálcio. Enquanto isso, do meio ao topo, obtiveram-se os dados presentes na Figura 62.

Figura 62 - Elementos detectados por MEV-EDS (base)



Elementos	Quantidade (%)
Alumínio	4,89
Silício	7,61
Enxofre	35,97
Potássio	7,61
Cálcio	0,85
Ferro	43,08

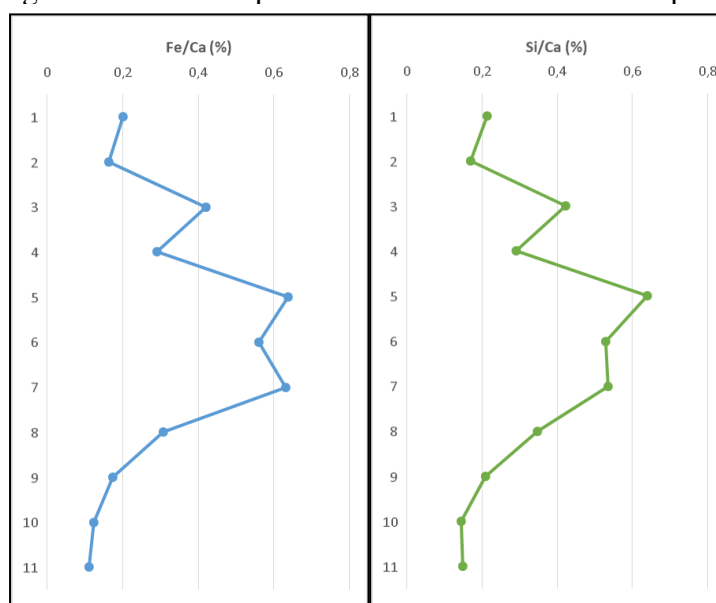
Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Granulado mostrou maior capacidade de acumular minerais por conta do teor elevado de compostos de Enxofre. Em sedimentos salinos a MO apresenta importância secundária na retenção e complexação de metais em comparação aos óxidos de Mn, Fe e aos sulfetos (Perin *et al.*, 1997). O K foi fixado como illita autigênica e/ou adsorvido aos argilominerais. A presença de Silicatos de Potássio, Magnésio e Ferro caracterizam biotita (APÊNDICE E).

5.5.11 Difratometria e Fluorescência de Raios-X

A análise das razões Fe/Ca e Ti/Ca costuma indicar a chegada de material continental, no entanto, nos testemunhos em análise o Fe é bastante sensível aos efeitos de processos químicos de diluição, dissolução, atividade biológica aumentada e efeitos de oxirredução, normalizando-se por meio do percentual de Si (FIGURA 63).

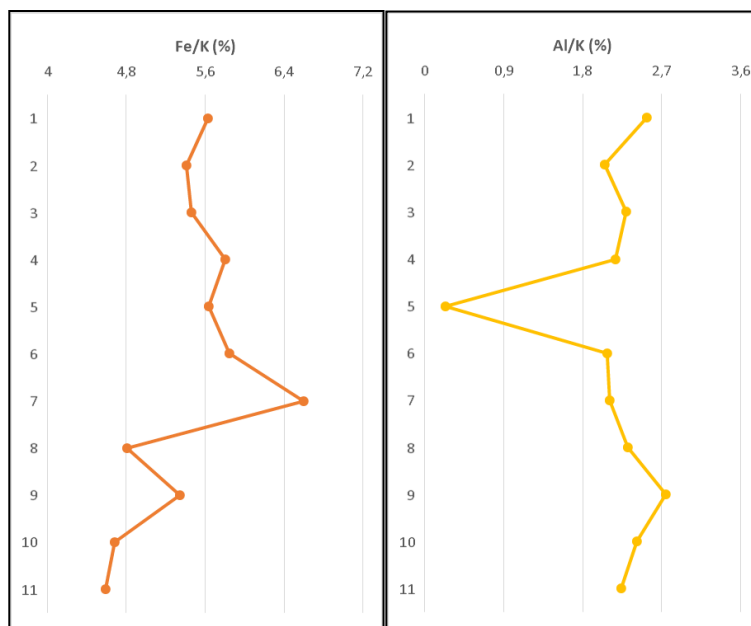
Figura 63 - Razões químicas de influência telúrica e pelágica



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Maiores valores de Fe e Si são semelhantes, onde se destacam as amostras B7 (117-122cm), B5 (85-90cm) e B3 (52-56cm) sendo opostos à quantidade de Ca de origem marinha, a qual eleva-se de B11 a B7, ou seja, de 171cm até 117cm. Os resultados podem mostrar B7 como resultante de processos sedimentológicos minerais e microbiológicos, tendo em vista a diferença entre as razões. As alterações podem ser visualizadas na Figura 64 abaixo.

Figura 64 - Relações químicas de intemperismo e alterações



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Conforme observado anteriormente, o índice de Fe dá-se também pela influência de microorganismos em B7 e alterações mineralógicas sob interferência de umidade, por isso o pico em relação às outras amostras. Em relação às alterações químicas, o testemunho apresentou homogêneo, porém B5, de 85cm a 90cm, mostrou-se menos intemperizada, o que é corroborado pela relação Si/Ca e pela análise de exoscopia.

De acordo com a difratometria (Apêndice F), o quartzo da amostra é oriundo de material detrítico, biogênico, transportado e depositado no ponto de coleta, composto por carapaças siliciosas, espículas de espongiários ou mesmo por sedimentos terrígenos.

A biomineralização encontra-se em todo o testemunho, onde a Pirrotita é bastante representativa. Um dos organismos formadores, pode ser a bactéria *Desulfovibrio desulfuricans*, na presença de sais ferrosos, que produz makinavita (FeS amorfo), greigita (Fe₃S₄), marcasita (FeS₂) e pirita (FeS₂). A bactéria realiza uma redução do sulfato, liberando o sulfeto de hidrogênio, os quais reagem com o Fe disponível (Canfield, 1989) depositando sulfetos de Fe e outros metais presentes no meio.

O Oxalato de Sódio também verificado nos picos, trata-se do agente flocculante utilizado no processo de pipetagem que cristalizou no registro sedimentar.

5.5.12 Considerações Parciais de ANP-1275

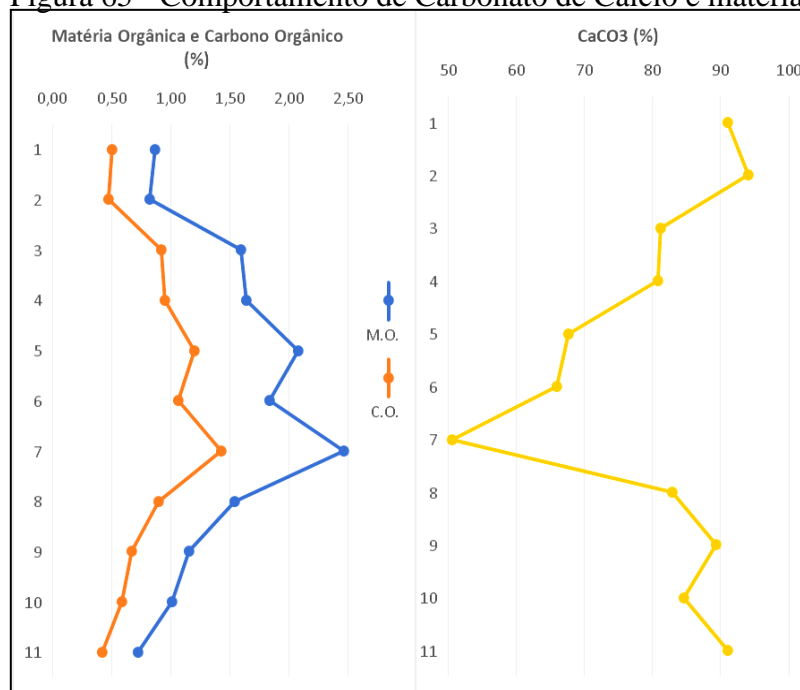
Amostra visualmente homogênea, mostrou comportamento menos variável e obteve 73,00% de lama, grau de seleção moderado, assimetria muito negativa (82,00%) e

curtose muito leptocúrtica, desta forma, nota-se a tendência da amostra a grãos mais grossos e a pouca energia do ambiente que mostra a ausência ou a pouca influência da mistura entre populações sedimentares diferentes.

Santos (2009) diz que o carbonato forma um substrato de adsorção para o fosfato dissolvido, estando, o fosfato de sódio, presente como proteínas, lipídios e açúcares e no processo de degradação de hidrocarbonetos. Por meio da fosfatase alcalina, os plânctons (fito e zoo) realizam a troca e renovação dos fosfatos, onde o teor aumenta com a profundidade com concentração máxima em, aproximadamente, 2.000m. De acordo com a classificação de Boersma (1983), tem-se que a profundidade do testemunho em análise tratou-se no meio-tempo analisado, de talude continental inferior, visto que a razão P/B mostrou-se superior a 90% em todas as amostras.

Sua matéria orgânica e carbono orgânico apresentaram pico concomitante ao decréscimo de CaCO_3 em B7, ou seja, de 117cm a 122cm de profundidade no *liner*, fato que não é relativo à apresentação de espécimes específicas de foraminíferos, visto que a razão P/B permaneceu sem grandes alterações (FIGURA 65).

Figura 65 - Comportamento de Carbonato de Cálcio e material orgânico

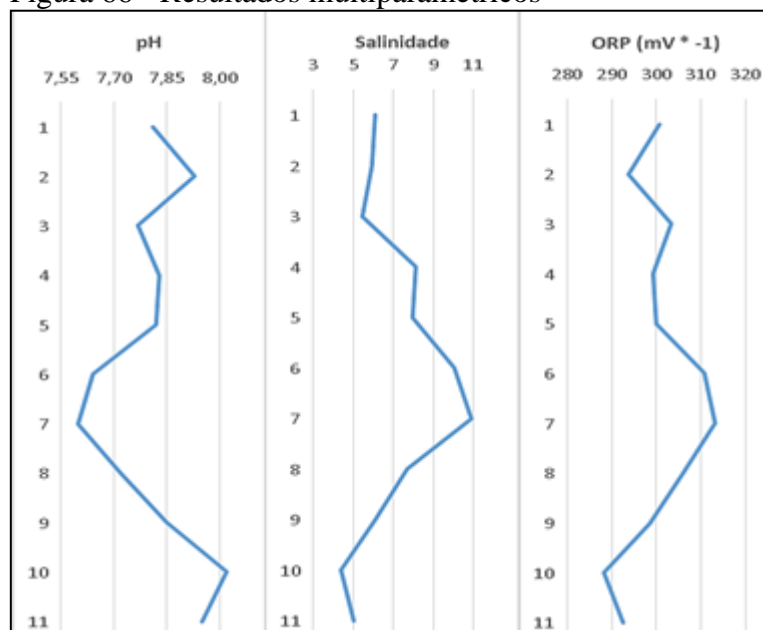


Elaborado pela Autora (2009).

Em B7, notou-se diminuição do pH e aumento de ORP e Salinidade, tais fatos podem ser interpretados como a presença de metais trocáveis que se ligaram à MO disponível, ao invés de carbonato, tais como Fe, Mg, Mn, Li e Ba, originários de aluminossilicatos, da

decomposição orgânica e de reações microbianas. Ressalta-se que em B7, houve o maior índice de redução, visto que todos os valores de ORP são negativos (FIGURA 66).

Figura 66 - Resultados multiparamétricos



Elaborado pela Autora (2009).

De acordo com a aproximação da taxa de sedimentação adotada, tem-se que na amostra B7, entre 117cm e 122cm, encontra-se referente ao período de 16Ka a 18Ka AP, aproximadamente, onde o nível do mar recuou cerca de 120m lineares referente à glaciação Winscosin.

Em relação à MO nos sedimentos anóxicos, a fosfogênese é possível, principalmente caso haja detritos fosfatados ou matéria orgânica presentes, fazendo os fosfatos precipitarem-se no assoalho oceânico. Ressalta-se que nas zonas mais profundas dos oceanos, acima de 200m, onde a água é fria e mais ácida, há assembleias biológicas, seres com carapaças carbonáticas e fosfáticas. Isso causa a dissolução de CO_2 e apatita e gera fosfato e gás carbônico no ambiente marinho. Pela presença de sais de Sódio, o fosfato em meio oceânico une-se a ele e toma algumas características de agente quelante, tamponante, dentre outras.

Além das atividades biológicas locais que incorporam e recirculam os fosfatos, Follmi (1996) salienta que as principais fontes de fosfato são relacionadas à atividade hidrotermal e modificações de basaltos submersos em regiões próximas às dorsais meso-oceânicas. Já em terra, por meio do intemperismo sobre rochas sedimentares e ígneas continentais, ocorre o fornecimento de fosfato para as bacias oceânicas. Existem estudos que

explicam o aporte de Fósforo nos taludes e nas áreas mais externas da plataforma através da ação das correntes marinhas ascendentes vindas das regiões mais profundas. Outros autores, no entanto, afirmam que esta teoria não é viável globalmente a todos os depósitos fosfáticos marinhos.

O Bário é encontrado geralmente ligado a sulfatos, podendo ser encontrado predominantemente como o mineral Barita, $BaSO_4$ (Nordberg *et al.*). Em zonas marinhas, o Ba está associado aos componentes geoquímicos mais ativos, como matéria orgânica, oxi-hidróxidos de Fe e Mn, carbonatos e aluminossilicatos (Van Beek *et al.*, 2003). Biogenicamente, o Ba pode ser utilizado como constituinte de tecas (Reitz *et al.*, 2004) e estatólitos (estruturas orgânicas de orientação, equilíbrio e profundidade) (Brook *et al.*, 1980).

Utilizando-se o comparativo entre as áreas dos picos mais representativas (Apêndice D), este testemunho apresentou a mesma matriz de ANP-1207, no entanto em B5, de 85cm a 90cm, esta matriz associou-se aos não metais do 3º período, bem como ao F e Si os quais prevalecem como sulfóxidos, fosfatos, carbonatos e tióis até 127cm de profundidade no testemunho, além de benzoato e ftalato.

Já em relação à origem e influências, a relação entre C e N mostrou que B1 e B2, ou seja, de 0cm a 20cm a partir do topo, existe mistura de sedimentos telúricos minerais e orgânicos. Existe certa relação entre material oriundo de organismos e influência continental, onde até 122cm existe influência da grande quantidade de menardiformes e a partir disso *Truncatulinoïdes* passam a seguir o mesmo comportamento, porém em menor escala.

5.6 Testemunho ANP-1004

5.6.1 Descrição Macroscópica

Os primeiros 20,00cm apresentam coloração Grayish Orange 10YR 7/4 (alaranjado acinzentado) com grãos arenosos de característica friável, onde aos 10,00 cm verificou-se estrutura retilínea, à esquerda do *liner*, diagonalmente disposta medindo 2,00 cm. De 20,00 cm a 35,50 cm os grãos tornaram-se aparentemente mais finos, de cor Dark Yellowish Brown 10 YR 4/2 (bruno amarelado escuro) com estruturas amareladas lineares, com sentido predominantemente horizontal. Dos 35,00 cm aos 38,00 cm foram verificadas estruturas esbranquiçadas mais finas, onde a cor predominante clareou para Pale Yellowish Brown 10YR 6/2 (bruno amarelado claro).

A partir dos 38,00 cm até 50,00 cm, os grãos tronaram-se totalmente soltos e mais grossos, de cor Yellowish Gray 5Y 7/2 (cinza amarelado). Há a presença de conchas e fragmentos de câmaras enroladas calcárias, de cor Very Pale Orange 10YR 8/2 (alaranjado muito claro). De 47,00 cm a 48,50 cm, há finas camadas estratificadas de coloração Light Brown 5YR 5/6 (bruno claro) seguidas por 0,70 cm de Dark Yellowish Orange 10YR 6/6 (alaranjado amarelado escuro), indicando oxidação ocorrida.

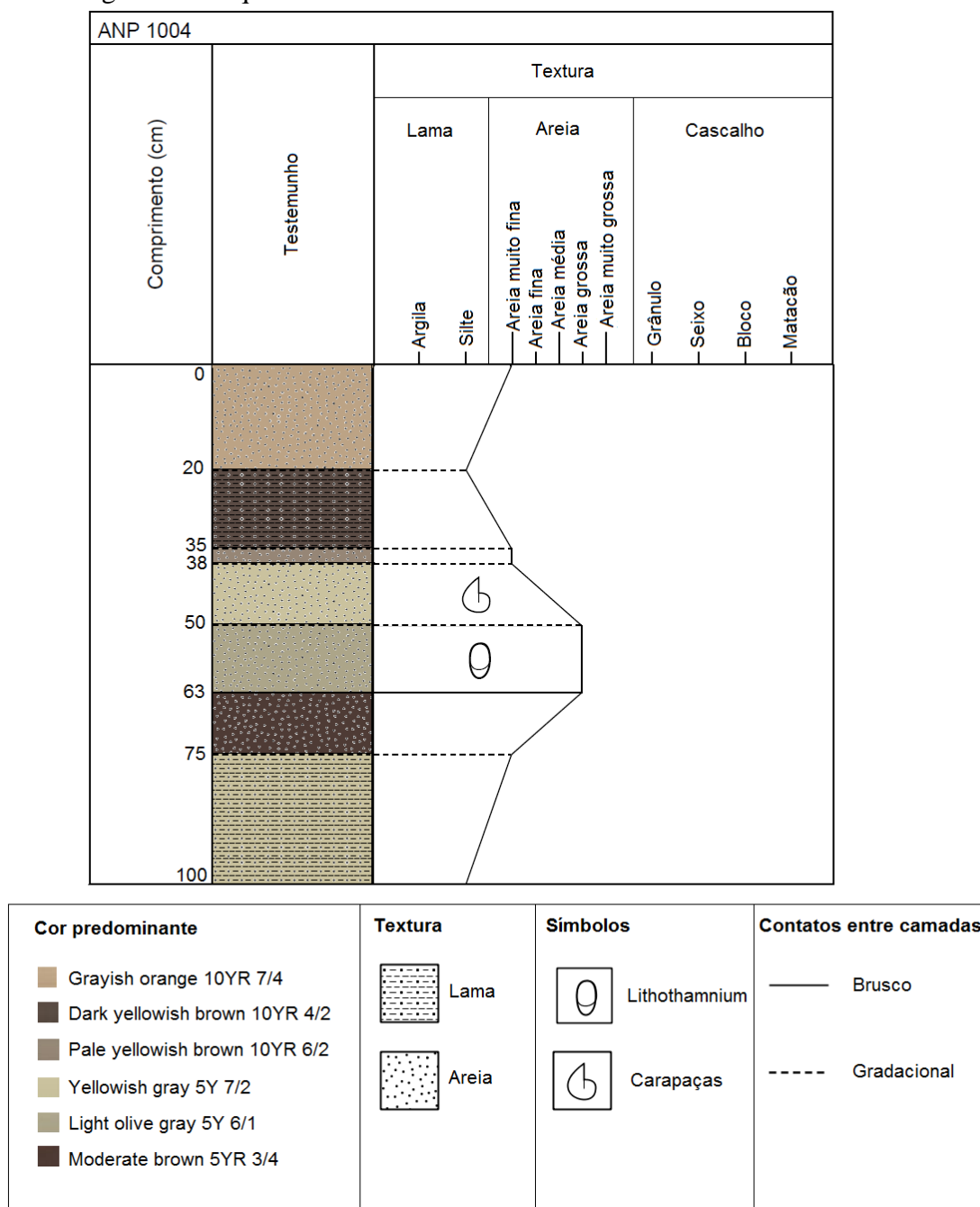
De 48,50 cm até 63,00 cm a coloração predominante é Light Olive Gray 5Y 6/1 (cinza oliváceo claro) com grande quantidade de estruturas retilíneas, endurecidas e amareladas, com tamanhos variados (média de 1,00 cm), espessura de cerca de 0,10 cm a menos, e cor Pale Yellowish Orange 10YR 8/6 (alaranjado amarelado claro), bem como fragmentos de carapaças e de conchas esbranquiçadas e envernizadas. Dos 52,00 cm aos 53,90 cm, há presença de estrutura coralínea, semelhante a fragmento de alga calcária lithothamnium, com coloração Grayish Orange Pink 5YR 7/2 (róseo alaranjado acinzentado).

Aos 54,00 cm, 55,00 cm e 55,50 cm foram verificadas estruturas arredondadas, cintiladas, de 0,50 cm com a coloração descrita acima, porém com marcas de oxidação Moderate Brown 5YR 3/4 (bruno médio) na superfície.

A partir dos 63,00 cm a 75,00 cm, a cor e a textura mudam bruscamente, prevalecendo Moderate Brown 5YR 3/4 (bruno médio) e grãos bastante coesos. Há delineamento bem definido aos 74,40 cm, de cor Dusky Yellow 5Y 6/4 (amarelo escuro), com 0,10 cm de espessura, marcando novamente ocorrência de oxidação. Aos 75,00 cm verificou-se estrutura retilínea de cor Pale Olive 10YR 6/2 (oliváceo claro). Desde então até os 100,00 cm finais do *liner*, o sedimento apresenta coloração Yellowish Gray 5Y 7/2 (cinza amarelado) com conglomerados calcários esporádicos e textura semelhante à areia fina a média.

O esquema mostra na Figura 67 abaixo demonstra as estruturas encontradas de acordo com sua granulometria.

Figura 67- Esquema descritivo do testemunho



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

5.6.2 Análise Granulométrica

Após as análises oriundas do peneiramento, foram obtidos os seguintes resultados (TABELA 17):

Tabela 15- Resultados da análise granulométrica de ANP-1004

GRANULOMETRIA								
Amostra	Prof.	Cascalho	Areia	Silte	Argila	Assim.	Curt.	Seleção

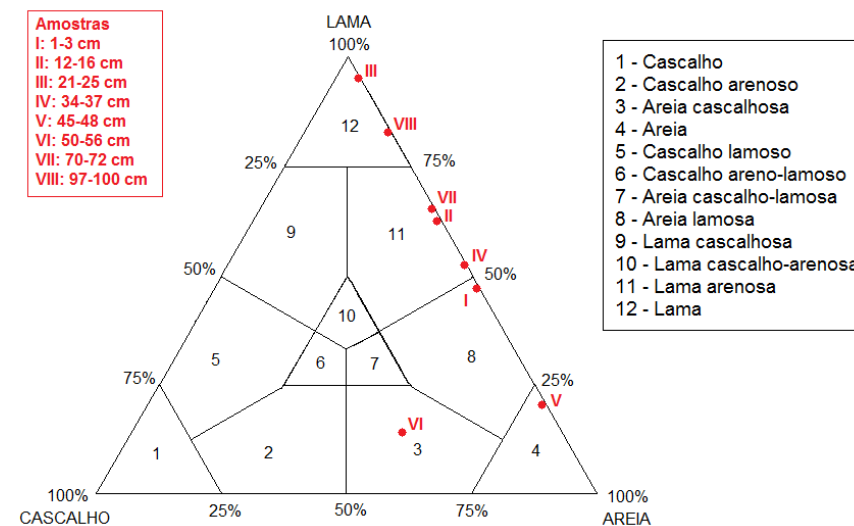
	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
C1	0-3	0,00	52,69	39,31	8,00	-0,22	0,52	1,41
C2	12-16	1,85	33,72	39,64	24,79	-0,63	0,74	1,31
C3	21-25	0,00	5,46	83,19	11,35	-0,15	1,06	0,38
C4	34-37	0,10	45,12	47,92	6,86	-0,58	0,59	1,37
C5	45-48	1,58	79,23	16,15	3,04	0,36	1,52	1,52
C6	50-56	28,97	56,49	11,08	3,46	0,31	1,43	2,21
C7	70-72	0,00	33,05	49,22	17,73	-0,63	0,78	1,25
C8	97-100	0,00	15,87	59,96	24,17	-0,32	2,08	0,65

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

O testemunho apresentou composição variada, com maior valor de cascalho (28,97%) em C6 e maior valor de areia 79,23% em C5. Curiosamente, C3 e C2 mostraram maiores quantidades de silte e argila, respectivamente, com 83,19% e 24,79%.

De acordo com a classificação de Freire *et al.* 1997 modificado por Vital *et al.* (2005), C6 foi classificada como areia bioclástica com grânulos e cascalhos e as demais, lama calcária. A classificação de Sheppard (1954) passou por lama, areia lamosa, lama arenosa, areia e areia cascalhosa, conforme diagrama abaixo (Figura 68):

Figura 68– Diagrama de Sheppard



Fonte: Elaborado pela Autora (2018)

Mendes (1984) afirma que de acordo com a distância de regiões submersas profundas para a costa, a granulometria é alterada para frações mais finas. Assim, no talude continental, existem sedimentos finos originários de fatores gravitacionais, em sua maioria sedimentos como silte e argila, que são transportadas por tração ou suspensão.

No assoalho de bacias oceânicas há predomínio de partículas biogênicas, onde o ingresso de material terrígeno é limitado (Tessler & Mahiques, 2000). Fato salientado também

para as amostras deste testemunho, que possuem grande quantidade de carapaças de gastrópodes, algas calcárias, lithothamnio pouco fragmentados e, por suas características, originários de ambientes mistos ou estuarinos.

Amostra C1 (de 0cm a 3cm)

O teor da fração mais considerável diz respeito à areia, com 52,69%, seguido de silte, representando 39,31% e por último, argila com 8%. A fração média foi areia muito fina. Com grãos pobremente selecionados e assimetria negativa, a amostra apresenta dispersão dos grãos e tendência a grãos mais grossos. Muito platicúrtica, demonstrou ainda distribuição achatada e, segundo Martins (2003) isso representa influência fluvial e tendência de pouca movimentação dos sedimentos, ou seja, deposição ocorre em locais protegidos da ação de correntes vigorosas.

Amostra C2 (de 12cm a 16cm)

Apresentou 1,85% de cascalho, diminuição da fração areia para 33,72% e maior percentual de argila do testemunho, com 24,79% de representatividade. A média, assim como a amostra superior, foi areia muito fina e grãos pobremente selecionados. A curtose apresentou-se platicúrtica, menos do que a anterior, e assimetria muito negativa, ou seja, a pesar de terem sido separados para fins de estudo e análise, as amostras possuem características semelhantes, indicando o mesmo ambiente de deposição e com transporte sob alta energia, visto que o baixo grau de seleção corrobora com a perspectiva da não uniformidade de condições ambientais durante o transporte até a deposição. A quantidade maior de argila em relação aos demais pode sugerir a presença de população já existente quando da chegada de frações diferentes (maiores ou menores)

Amostra C3 (de 21cm a 25cm)

Sem valores consideráveis de cascalho, C3 demonstrou maior quantidade de silte de todo o *liner*, com 83,19% em detrimento das demais frações, em especial areia que diminuiu para 5,46% do sedimento coletado. O tamanho médio corresponde ao silte e foi classificada como lama, sugerindo retrabalhamento de sedimentos de forma crescente a partir do mais superficial (C1). A boa distribuição característica de grãos bem selecionados combina com a distribuição normal (mesocúrtica) que indica um nível intermediário de movimentação de sedimentos em faixas de transição entre áreas com maior e menor hidrodinâmica (Bigarella *et al.*, 1978). A assimetria muito negativa converge com as observações de

McLaren (1985) quando diz que depósitos reliquiais residuais são caracterizados por sedimentos grossos e médios, com bom selecionamento e assimetria negativa.

Amostra C4 (de 34cm a 37cm)

Areia e silte tiveram quantidades de 45,12% e 47,92%, respectivamente, e argila apresentou 6,86%. Classificada como lama arenosa, assim como amostra C2, C4 também teve média como areia muito fina, grãos pobremente selecionados e assimetria muito negativa. Sua curvose foi muito platicúrtica, o que se deduz ter havido corrente de energia suficiente para ter levado os sedimentos ao depósito final.

Amostra C5 (de 45cm a 48cm)

Pequena quantidade de cascalho surgiu com 1,58% e areia obteve seu maior percentual de 79,23% em detrimento de silte e argila que diminuíram as quantidades para 16,15% e 3,04%. A fração média foi areia fina, com grãos pobremente selecionados, ou seja, com desigualdade de dispersão nos variados tamanhos. A assimetria muito positiva e curva muito leptocúrtica indicam moda de grãos com tendências finas e baixa energia deposicional ou com alta energia de fundo (Sugio, 1973), uma vez que após o transporte dos sedimentos, basta um momento de calmaria em ambientes de pouca energia hidrodinâmica para que os grãos mais finos floculem e decantem.

Amostra C6 (de 50cm a 56cm)

A fração média desta amostra foi areia cascalhosa, cujo ponto principal para essa classificação esteve na fração cascalho que apresentou 28,97% de representatividade, a maior do testemunho, enquanto as outras dimensões diminuíram um pouco, com exceção com da argila que aumentou 0,40%. A pesar de possuir populações em todos os *mesh*'s, os grãos foram muito pobremente selecionados, devido à diferença de percentual em cada malha. Leptocúrtica e com assimetria muito positiva, há a remoção de frações granulométricas por correntes de fundo (Ponçano, 1986), mostrando a propensão do ambiente a grãos mais finos e, por outro lado, ressaltando que a fração cascalhosa se trata de um aporte abrupto oriundo de regiões mais rasas, visto que os materiais grossos depositados são encontrados em regiões de tenência estuarina ou mista e com atividade fotossintética (Figura 69).

Figura 69– Material marinho costeiro



Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Amostra C7 (de 70cm a 72cm)

O fato descrito acima sobre o material cascalhoso contido em C6 que se tratou de um aporte episódico foi corroborado pela nulidade dessa fração em C7, que apresentou média como areia muito fina e valor de silte (49,22%) maior do que de areia (33,05%). A média desta fração foi areia muito fina, ainda com grãos pobremente selecionados, porém com assimetria muito negativa e curva platicúrtica (achatada). Isso significa que as condições de um ambiente de alta energia transportaram os sedimentos marinhos, cuja representação maior é da fração mais grossa dos grãos presentes. Isso, segundo Tanner (1995) pode indicar mistura de subpopulações.

Amostra C8 (de 97cm a 100cm)

Com fração de areia menor do que a amostra anterior (15,87%), as frações de silte e argila aumentaram para 59,96% e 24,17%, respectivamente, o que indica melhor retrabalhamento dos grãos depositados. A média foi silte e os grãos foram melhor selecionados (moderadamente) do que os anteriores. A assimetria foi semelhante C7, porém a curtose foi muito leptocúrtica. O maior refinamento dos grãos juntamente com o melhor grau de seleção relativa e a diminuição de frações grosseiras mostram um ambiente de baixa energia para deposição, porém com transporte ou retirada de frações por agentes marinhos.

5.6.3 Teor de Carbonato de Cálcio

O comportamento de CaCO_3 não seguiu transições logicamente interpretadas separadamente (TABELA 18).

Tabela 16- Teor de Carbonato de Cálcio em ANP-1004

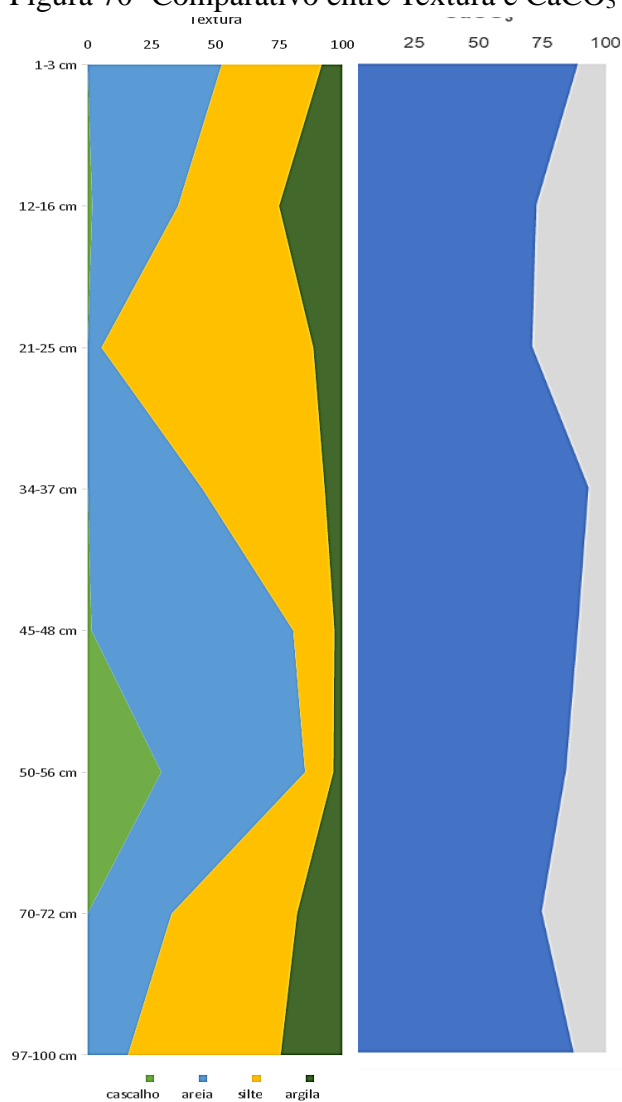
Amostra	CaCO_3 (%)
----------------	---------------------------------------

C1	89,16
C2	72,91
C3	71,25
C4	93,33
C5	89,16
C6	84,58
C7	75,00
C8	87,50

Fonte: Elaborada pela Autora (2018).

As frações areia e argila mostraram-se relacionadas ao carbonato, uma vez que à medida que uma aumentava seu teor, os demais também alteravam-se positivamente, como mostra a Figura 70.

Figura 70- Comparativo entre Textura e CaCO_3



Fonte: Elaborada pela Autora (2018).

Fazem-se compreensíveis as alterações de carbonatos de acordo com o estudo granulométrico, pois se evidenciou a influência de correntes ou deslizamentos marinhos, em ANP-1004 em especial, carreando organismos que se depositaram e formaram as frações granulométricas as quais, por sua constituição química biogênica, alteram de forma idêntica ou proporcional o teor de carbonato.

5.6.4 *Matéria Orgânica e Carbono Orgânico*

O testemunho ANP-1004 (Tabela 19), apresentou média de CO igual a 0,58%, desmentindo, neste caso, a relação terrígena e teor de CO, visto que este testemunho apresenta muita influência costeira e aporte sedimentar e biótico telúrico.

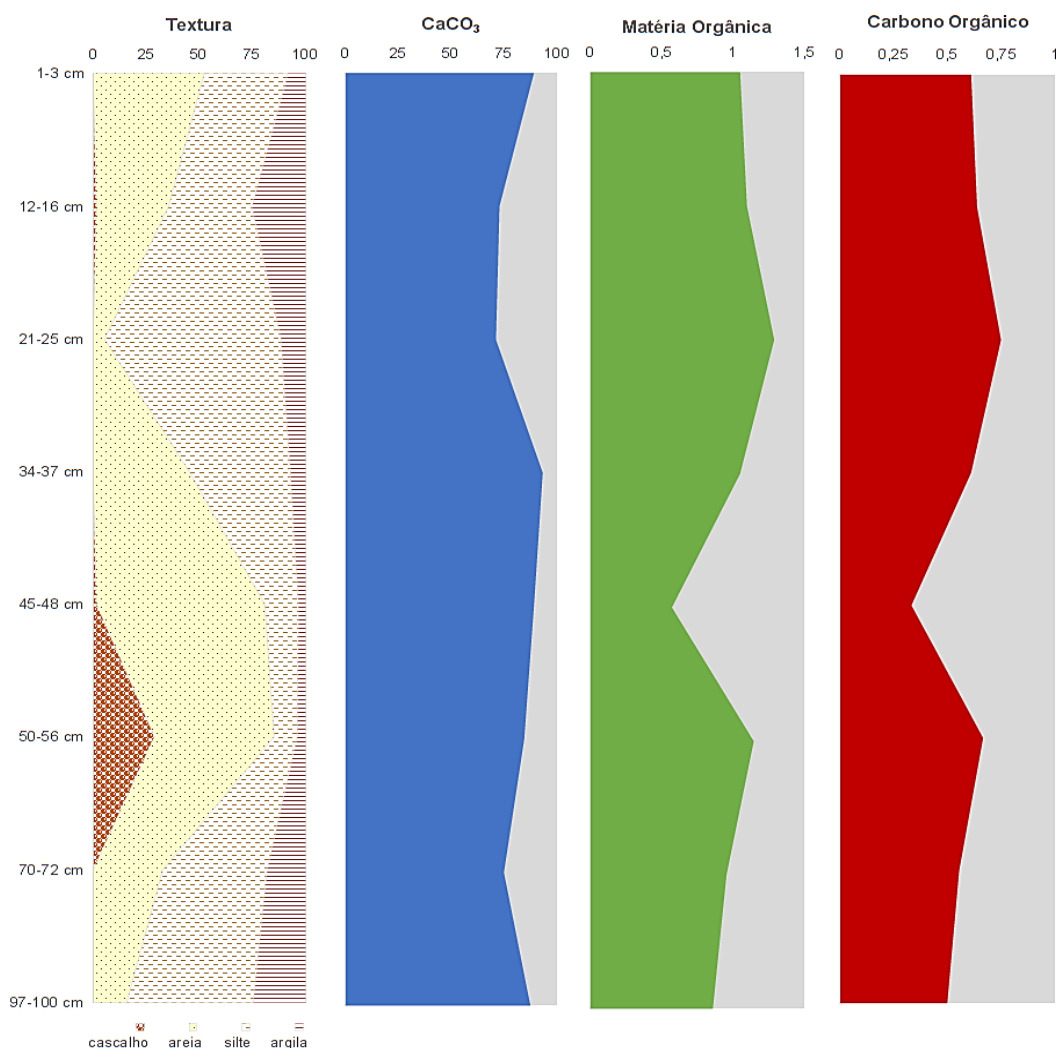
Tabela 17- Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico em ANP-1004

Amostra	M.O. (%)	C.O. (%)
C1	1,05	0,61
C2	1,10	0,64
C3	1,29	0,75
C4	1,05	0,61
C5	0,57	0,33
C6	1,15	0,67
C7	0,96	0,55
C8	0,86	0,50

Fonte: Elaborada pela Autora (2018).

O querogênio tipo I é gerado pela degradação microbiana de esporos, algas e também matéria orgânica animal, enquanto o tipo II é originado de uma combinação de materiais orgânicos, com maior quantidade de oxigenação do que o anterior. Já o querogênio tipo III tem maior participação de matéria orgânica vegetal terrestre, liberando CO₂ e CH₄ (Bjørlykke. 1989).

Embora ANP-1004 seja o mais raso dos três testemunhos, a 1900m de profundidade, possui condições não favoráveis à seres fotossintéticos e de ambientes rasos, no entanto, a transição de C4 para C5 até C6 foi marcada por aporte brusco de restos de algas e gastrópodes e, conseqüentemente, mudança de granulometria biogênica (FIGURA 71).

Figura 71- Relação entre CaCO_3 e MO e CO

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Não seguiu a lógica do comportamento de CaCO_3 , no entanto, até C5 os teores de MO e CO eram proporcionais à quantidade da fração silte, já explicado acima pela superfície de contato, depois disso segue o comportamento de areia, ou seja, quanto maior o teor da fração areia, mais MO e CO apresentou a amostra, o que comprova que o material veio de ambiente com características costeiras, grosseiras. A relação inversa entre carbonato e matéria orgânica é explicada pela ausência de precipitação do carbonato quando sujeitos à introdução de sedimentos continentais.

5.6.5 Espectrofotometria por Infra Vermelho

Os primeiros estiramentos foram de $3620,39\text{cm}^{-1}$ a $3697,54\text{cm}^{-1}$, indicando fenóis, álcoois livres e ácido carboxílico. Acrescentando-se Enxofre, e fortemente amidas e aminas,

têm-se as substâncias verificadas nos picos $3400,50\text{cm}^{-1}$ a $3446,79\text{cm}^{-1}$. Tal fato é corroborado por (Barcellos & Furtado, 1999) quando afirma que o Nitrogênio orgânico aumenta em direção às áreas costeiras, especialmente em regiões onde ocorre ressurgência de águas profundas.

A ligação peptídica é a ligação covalente mais importante que une os aminoácidos para formar os peptídios e é através desta ligação que se origina o grupo amida.

Proteínas e açúcares poliaminados tornam-se disponíveis após morte celular para os organismos decompositores ou quando são excretados para o meio onde se inserem (WARD, 1992; HERBERT, 1999).

Entre as bandas $2873,94\text{cm}^{-1}$ e $2980,02\text{cm}^{-1}$, obtiveram-se fortes ligações de alcanos, alcenos e aldeídos. Essas substâncias mostram fase inicial de degradação de MO, visto que alcanos a degradação destes passam pela formação de cetonas, aldeídos e finalmente, ácidos graxos (Callaghan *et al.*, 2009). O radical-vinil pode estar presente por meio do etileno, mais simples dos alcenos presente na regulação vegetal.

Consoante Theologis *et al.* (1992), Bouzayen *et al.* (1997) e Zimmer (1998) o hidrocarboneto etileno é o fitormônio responsável pela regulação do processo deteriorativo de vegetais, por meio do controle de maturação e senescência. Sua síntese também pode ser instigada por fatores exógenos como interferências fúngicas ou bacterianas, injúrias mecânicas, estresses hídrico, térmico e salino, ou por outros fitormônios.

A metionina, aminoácido precursor do etileno, está presente em todas as plantas superiores, e é convertido em etileno pela ação da enzima ACC sintetase (ACCS), que após metabolizado pela enzima AC-Coxidase (ACCO), com O_2 e Fe, é ativada pelo CO_2 para produzir etileno e poliaminas (Yang & Hoffman, 1984). Pommerrenig *et al.* (2011) ressaltam que o etileno e o propileno oleofinas (alcenos) derivados de processos bacterianos e não de reações comuns catagênicas e termogênicas.

De $2513,25\text{cm}^{-1}$ a $2519,03\text{cm}^{-1}$ foram verificados hidrocloreto e tióis. Os primeiros ocorrem em abundância nas águas oceânicas, pois são resultantes da dissolução de minerais ou de sais, neste caso, está associado ao Hidrogênio livre a partir da quebra de cadeias. Os tióis, função do grupo das sulfidrilas, são presentes em enzimas que controlam reações metabólicas (BENITE *et al.*, 2007).

Enquanto todas as amostras deste testemunho apresentaram a banda de estiramento $1797,66\text{cm}^{-1}$, que se refere a isocianatos, B-lactamas, anidridos e alceno, somente as amostras C1, C3 e C4 mostraram a frequência $1624,06\text{cm}^{-1}$, referente aos grupos funcionais benzeno, carboxilato, amida, amina, hidrocloreto, iminocarbonato, nitrito, nitrato e

naftaleno. Tais componentes demonstram o processo de estabilização da decomposição orgânica de grande quantidade de matéria orgânica.

Entre estruturas orgânicas e inorgânicas, o Ferro realiza junção geoquímica por meio do grupo carboxilato e das argilas, respectivamente. O primeiro, em pH semelhante ao oceânico (neutro) possui carga negativa, participando da constituição de lactonas, as quais são ésteres cíclicos produtos de condensação de um álcool e um ácido carboxílico (SILVA, 2001).

Em detrimento das demais amostras, C7 e C8 não apresentaram o estiramento $1471,69\text{cm}^{-1}$ (ligações médias para amidas e aromáticos). No entanto, retornaram às semelhanças químicas entre os estiramentos $1417,68\text{cm}^{-1}$ e $1429,25\text{cm}^{-1}$, que retratam fortes ligações de alcanos, carbonato, ácido carboxílico e sulfato, além de amônio e aldeídos.

$1031,92\text{cm}^{-1}$ e $1008,77\text{cm}^{-1}$ foram dois picos presentes em todas as amostras, com exceção de C5, C6 e C7, identificando-se fortemente organofluorados, compostos silícicos, fosfatados ou sulfurados, como sulfonato, ácido sulfônico e sulfóxido (Lisboa, 2017). A ligação Fluor-Carbono é forte, devido à eletronegatividade do F e sua estabilidade química.

Biologicamente, tem-se o conhecimento de uma enzima que catalisa essa ligação, a Fluorinase, presente na bactéria *Streptomyces Cattleya*. Actinobactérias do gênero *Streptomyces* são encontradas em solos e sedimentos terrestres e marinhos, nestes, especialmente, em invertebrados, como esponjas (Taylor *et al.*, 2007).

As amostras C5, C6 e C7 também não apontaram o estiramento $1008,77\text{cm}^{-1}$, presente nas demais, que identifica ligações fortes de fosfato iônico, carbonato, e compostos de Si, P e S. Porém, em $1010,70\text{cm}^{-1}$, $1033,85\text{cm}^{-1}$ e $1083,99\text{cm}^{-1}$, identificaram-se álcool, éter, éster, benzenos, ácido sulfônico, sulfonato e fluorocarbono. Ligações fracas de alcenos e iminocarbonatos também foram verificadas.

Tais resultados implicam limitada decomposição de material orgânico, seja pela utilização esgotada de extratos como nitrato e sulfato ou pela baixa representatividade de microbiontes capazes de biodegradar alcenos e aromáticos, visto que esses grupos são mais resistentes que alcanos alifáticos (MELO, 2004)

De $912,33\text{cm}^{-1}$ a $914,26\text{cm}^{-1}$ (em C8) com fracas ligações de alcanos e de Enxofre, verificaram-se alcenos, amina, aldeídos e ácido carboxílico.

A banda $873,75\text{cm}^{-1}$ demonstra (imino) carbonatos e carboxilatos, oriundos do dinamismo entre o dióxido de Carbono e água, formando o ácido carbônico (H_2CO_3), instável que se dissocia em bicarbonato (HCO_3^-) e este em carbonato (CO_3^{2-}). Ressalta-se que carboxilados de origem orgânica, por exemplo vegetal, são recalcitrantes em anaerobiose

(Louchouart *et al.*, 1997). A amostra C6 reafirma tais compostos através do estiramento $856,39\text{cm}^{-1}$.

As amostras C1, C2, C3 e C4 apresentaram o estiramento $796,60\text{cm}^{-1}$, referente a carbonato, cloro, epóxidos, amina e Silício. C6 manifestou $713,66\text{cm}^{-1}$ e as demais, $711,73\text{cm}^{-1}$, retratando S, P, Si, ligações Cloro-Carbono e aminas. Tais grupos de compostos mostram a influência mineral telúrico e associado a manifestações bióticas.

As formas reduzidas de Manganês e Ferro são capazes de capturar o Oxigênio em ambiente anaeróbio, possibilitando desenvolvimento de microrganismos como os redutores de sulfato ou nitrato, e metanogênicos (MESQUITA, 2004).

De $536,21\text{cm}^{-1}$ a $538,14\text{cm}^{-1}$, identificaram-se nitrito conjugado a outros compostos, provavelmente a alcenos, visto que ambos caracterizam fase intermediária de degradação orgânica. Já entre os picos de $405,05\text{cm}^{-1}$ (somente em C6), $418,63\text{cm}^{-1}$ e $470,63\text{cm}^{-1}$, evidenciaram-se sulfato iônico e benzeno. Os sulfetos são facilmente oxidados a sulfitos, sulfóxidos e sulfatos, que são mais estáveis. A posterior oxidação do sulfóxido dá origem a uma sulfona.

Os estágios fermentativos perpassam pela *i*. Hidrólise, onde polimoléculas orgânicas são quebradas em moléculas padrão como açúcares, aminoácidos, esteróis e ácidos graxos com a adição de grupos hidroxila; *ii*. Acidogênese. Para obtenção de ácidos graxos voláteis (AGV), álcoois, ácido láctico e compostos minerais como CO_2 , H_2 , NH_3 e H_2S (Pukasiewicz, 2010). A maior parte das bactérias que fazem acidogênese são dos gêneros *Clostridium*, *Paenibacillus* e *Ruminococcus* (Deublein & Steinhauser, 2008); *iii*. Acetogênese, onde as bactérias acetogênicas irão converter os produtos em acetatos, H_2 e dióxido de Carbono, os quais serão utilizados como substratos na fase metanogênica.

Algumas espécies que atuam na acetogênese (secretam ácido acético) fazem parte dos gêneros *Acetobacter* e *Clostridium acetobutylicum* e *Desulfovibrio*, *Aminobacterium* e *Acidaminococcus*, onde o propionato é convertido a formato e acetato, este origina CH_4 e CO_2 , e o formiato dá origem a H_2 e CO_2 . (Deublein; Steinhauser, 2008; Pierotti, 2007); *iv*. Metanogênese, última etapa da fermentação onde ocorre formação de metano, dióxido de Carbono e água (CHERNICHARO, 1997).

As enzimas das actinobactérias são capazes de degradar compostos nitrogenados orgânicos, carboidratos, vários esteróides como o colesterol, uma variedade de compostos aromáticos, acetileno e muitos outros (SEMÊDO *et al.*, 2000).

Algas como *Laurencia filiformis*, *Laurencia intricata*, *Plocamium brasiliense* e *Ochtodes secundiramea* produzem ftalatos, que são compostos derivados do ácido ftálico, um

ácido dicarboxílico aromático naturalmente encontrado na composição química volátil. Também são largamente utilizados como plastificantes em processos fabris industriais (GRESSLER, 2009).

Os ftalatos são tóxicos e prejudiciais à cadeia trófica marinha, pois ficam disponíveis no sedimento (Schwarzenbach, 1998) e possuem persistência em ambiente anaeróbico. Sua decomposição é por meio de hidrólise formando ésteres, ácido ftálico e álcoois, quando passa para a degradação do benzoato, fenol e, finalmente, torna-se gás carbônico. Sua degradação pode ocorrer naturalmente (meia-vida) ou por decomposição bacteriana, como por meio das *Pseudomonas Fluorescences*.

5.6.6 Relação PlanctônicoxBentônico

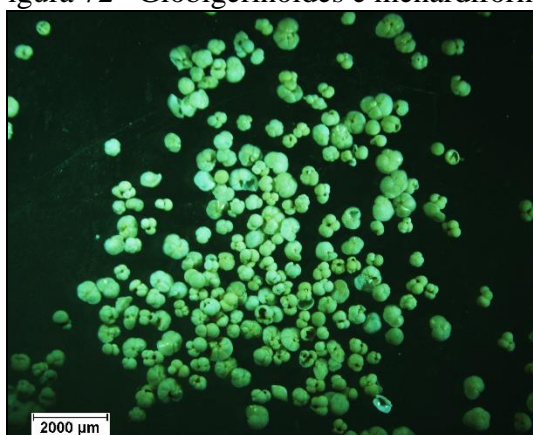
Amostra C1 (de 0cm a 3cm)

Com razão P/B igual a 98,30%, esta amostra teve 295 indivíduos planctônicos, onde 36,27% eram do plexo *G. menardii* e 25,08% representavam *G. ruber*. Já dentre os bentônicos, 80,00% eram do plexo *Discorbinella*.

Amostra C2 (de 12cm a 16cm)

Conforme amostra anterior, esta apresentou maior quantidade de menardiformes, com 34,79% dos planctônicos (Figura 72), seguidas de 18,92% de *G. ruber* e 14,53% de *G. scitula*.

Figura 72– Globigerinóides e menardiformes bem preservados



Fonte: Elaborada pela Autora (2019)

Com 296 espécimes planctônicas, a relação P/B foi de 98,67%

Amostra C3 (de 21cm a 25cm)

Reduzindo timidamente a quantidade de *G. menardii*, agora com 25,44% de representatividade, destacaram-se *N. dutertrei* com 18,37% e *G. scitula*, com 15,90%. *G. truncatulinoides* aumentam de 8 indivíduos em C1 para 20 na presente amostra.

A razão P/B resultou em 94,30%, onde 41,17% dos bentônicos eram do plexo *Quinqueloculina*, habitante de águas rasas de clima tropical, predominantemente de plataforma continental interna a média, convivem com algas e necessitando de boa luminosidade para sobreviverem (TINOCO, 1989; SEN GUPTA, 1999; BATISTA *et al.*, 2007).

Amostra C4 (de 34cm a 37cm)

Com apenas 8 indivíduos menardiformes, esta amostra possui razão P/B de 89,00%. O plexo *Pulleniatina* apresentou 19,98% de frequência dentre planctônicos. Caracteriza-se por habitar regiões tropicais e subtropicais em água intermediárias, sendo mais tolerante ao frio que o plexo *G. menardii*. 25,46% representou *G. ruber*, *G. scitula* e *Globineginoides Conglobatus* 8,23% e 8,61%, respectivamente. Dentre os bentônicos, destacou-se *P. bulloides* com 45,45%

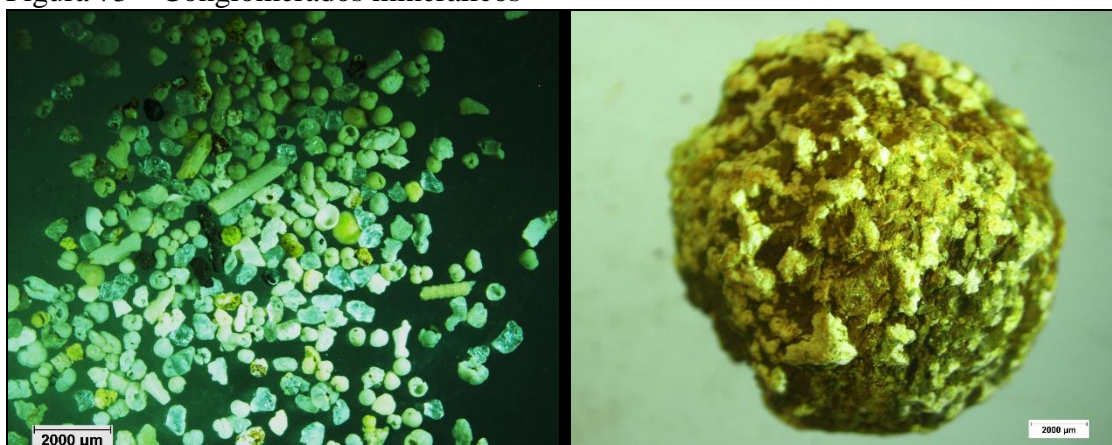
Amostra C5 (de 45cm a 48cm)

Amostra com grande parte de tecas bastante amareladas e considerável quantidade de minerais de quartzo. *G. ruber* esteve em 19,78% dos planctônicos, seguida de *G. menardii* esteve em 15,46% e *P. obliquiloculata* em 14,38%. Dentre os bentônicos, destacou-se o plexo *planorbis* com 22,72% de representatividade. Com 278 indivíduos planctônicos, obteve-se a razão P/B de 92,66%

Amostra C6 (de 50cm a 56cm)

Semelhante à C5, esta amostra apresentou grande quantidade de minerais de quartzo, foscos, indicativos de óxidos de Ferro e Titânio, e feldspatados bem como testemunho 1275 (Figura 73), bem como considerável quantidade de tecas aglutinantes, o que pode demonstrar a ausência de carbonato livre, seja pela característica de não deposição no sedimento ou pela dissolução na água.

Figura 73 – Conglomerados mineralógicos



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

26,07% dos planctônicos foram de *G. menardii* e 19,06% foram de *P. obliquiloculata*. A cosmopolita *G. ruber* apresentou-se em 14,39%. Desta vez, o plexo *P. bulloides* esteve em 34,88% dos bentônicos. A razão P/B desta amostra foi a mais baixa deste testemunho com 85,66%.

Amostra C7 (de 70cm a 72cm)

Com uma transição brusca entre a amostra anterior e esta, têm-se testas brancas e bem preservadas, e a relação entre planctônicos e bentônicos de 99,67%, onde destacam-se *Orbulina Universa* e *Orbulina Saturalis Brönnimann*, com 24,41% dos planctônicos.

Amostra C8 (de 97cm a 100cm)

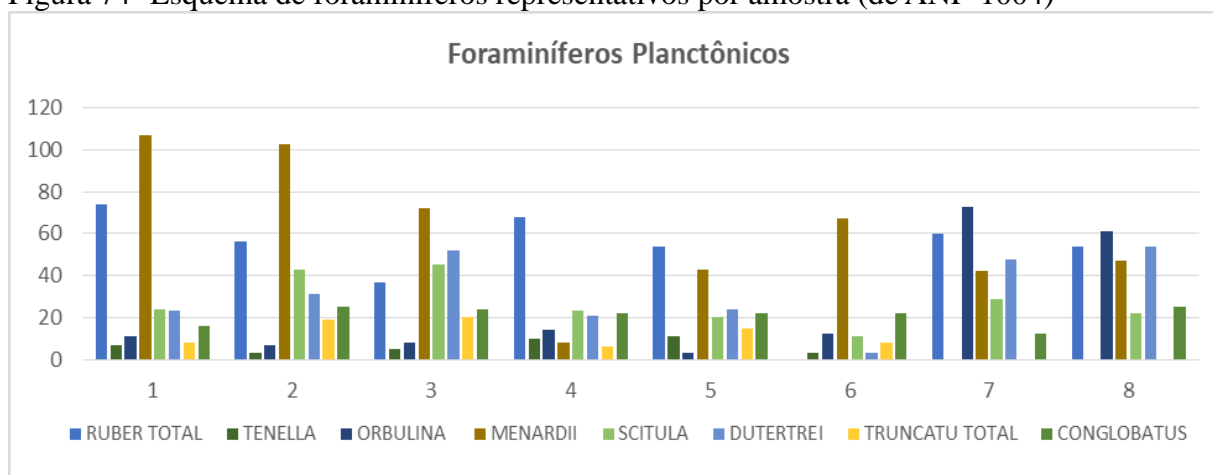
Orbulina Universa e *Orbulina Saturalis Brönnimann* representaram 20,40% dos planctônicos. *G. ruber* e *N. Dutertrei* apresentaram, ambas, 18,06% de representatividade dentre os planctônicos e *G. menardii*, 15,72%. O plexo referente à *N. dutertrei* é uma espécie representante de condições de termoclinas, com preferência por águas ricas em nutrientes (Giraudeau *et al.*, 2000). Juntamente com *Globorotalia crassaformis* e *G. conglobatus*, esses plexos foram selecionadas por Vicalvi (1999) para auxiliar na identificação de limites entre intervalos paleoclimáticos.

G. conglobatus, representante de águas intermediárias subtropicais e tropicais (Schmidt *et al.*, 2004) apresentou 25 indivíduos. Desta forma, a relação P/B foi equivalente a 99,67%.

A análise do gráfico mostrado na Figura 74 abaixo mostra o comportamento dos foraminíferos planctônicos mais significativos da amostra, onde se percebe que a generalidade do plexo *G. ruber* extingue-se em C6, amostra caracterizada pela presença inesperada de

componentes caracterizados como estuarinos (algas calcáreas, *lithothamnium* e gastrópodes univalves de paredes grossas). Esse fato pode ser oriundo de antigo aporte fluvial que tenha alterado as características de salinidade e temperatura da água.

Figura 74- Esquema de foraminíferos representativos por amostra (de ANP-1004)



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Bem como nos outros testemunhos, o plexo Globigerinoides ruber, indicador de massas de água quentes, apresentou-se cosmopolita (Boltovskoy, 1959), o plexo *Pulleniatina* não foi significativamente visualizado. Tem-se que este apresenta preferência por águas de baixa temperatura e baixa salinidade.

G. Conglobatus, como subtropical, é verificada nas massas de água centrais do oceanos Atlântico e Índico, e possui os mesmos simbiontes de *G. ruber*, *G. sacculifer* e *O. universa* (SANTAROSA, 2010).

5.6.7 Exoscopia dos Grãos de Quartzo

O testemunho apresentou-se, em média, sub anguloso com baixa esfericidade. Seu relevo mostrou-se médio e suas marcas de reações químicas tinham mais resquíços de dissolução do que de precipitação (Tabela 20), indicando ambiente com tendência a acidificação, provavelmente, por interferência da chegada de materiais externos às condições marinhas locais.

Tabela 18- Valores de exoscopia dos grãos de quartzo

Amostras	Rolamento	Esfericidade	Relevo	Microtopografia	Dissolução	Precipitação
C1	5	1	3	4	5	1
C2	4	1	2	4	4	2
C3	3	2	1	4	5	1

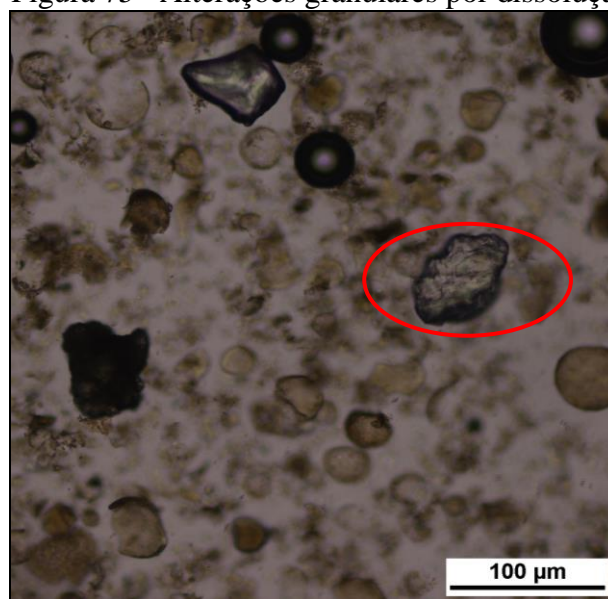
C4	2	2	2	5	3	2
C5	1	3	3	4	3	2
C6	5	0	3	3	3	1
C7	3	3	3	4	2	1
C8	1	3	3	5	4	4

Rolamento: (0): Muito rolado. (1): Rolado. (2): Sub-rolado. (3): Sub-anguloso. (4): Anguloso. (5): Muito anguloso. **Esfericidade:** (0): Baixa. (1): Média-baixa. (2): Média-alta. (3): Alta. **Relevo:** (1): Baixo. (2): Médio. (3): Alto. **Microtopografia (mt):** (0): ausente. (1): $1% < mt < 10%$. (2): $11% < mt < 25%$. (3): $26% < mt < 50%$. (4): $51% < mt < 75%$. (5) $mt > 76%$. **Dissolução:** (0): Ausente. (1): Baixa. (2): Baixa-média. (3): Média. (4): Média-alta. (5) Alta. **Precipitação:** (0): Ausente. (1): Baixa. (2): Baixa-média. (3): Média. (4): Média-alta. (5) Alta.
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Amostra C1 (de 0cm a 3cm)

Alto grau de dissolução em um relevo alterado entre 50% e 75% da superfície. Grãos em alteração, onde foram visualizadas superfícies recentes por meio de degraus, extremidades angulosas e cicatrizes de percussão, ablação, crateras e cavidades (FIGURA 75).

Figura 75 - Alterações granulares por dissolução



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

A abrasão mais verificada foi em meio às estrias e as fraturas presentes eram do tipo conchoidal, radial e linear. Tais características mostram sedimento recentemente transportado e de superfície, sujeito às condições de arrasto.

Amostra C2 (de 12cm a 16cm)

Baixa esfericidade e rolamento anguloso marcaram a presente amostra que manteve a tendência de C1. As marcas de abrasão e ablação estavam mais fortes e visíveis,

bem como havia grande quantidade de fraturas e depressões. Superfície recente, partículas aderente e angulosidade não foram verificadas, indicando sedimento melhor retrabalhado.

Amostra C3 (de 21cm a 25cm)

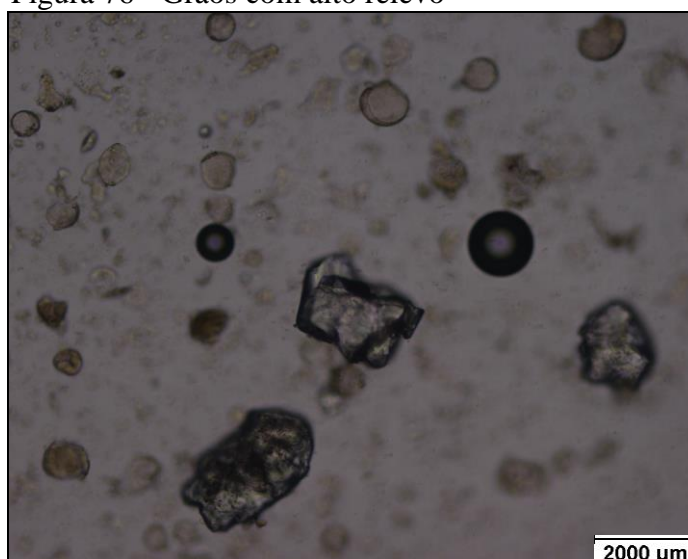
Embora apresente alta microtopografia, o sedimento vem tornando-se mais anguloso verticalmente, porém mais esférico, o que indica que os grãos sofreram arredondamento conforme afastavam-se de sua fonte passando por momento de variação de energia do ambiente até sua deposição, fazendo ocorrerem extremidades angulosas, crateras, cúpulas e grãos estalados.

A abrasão mostrou-se por meio de desgaste e dissolução por decapagem. Foram ainda verificados alguns grãos revestidos e partículas aderentes em meio as cicatrizes mais antigas como depressões e fraturas.

Amostra C4 (de 34cm a 37cm)

Amostra com redução do grau de dissolução e grande quantidade de minerais placóides escurecidos, como biotita e compostos de Manganês. O relevo e conseqüentemente a microtopografia aumentaram concomitante ao grau de precipitação. Foram verificadas extremidades angulosas, superfície recente, fraturas e degraus (FIGURA 76).

Figura 76 - Grãos com alto relevo



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

As marcas agudas de cúpulas e crateras ocorreram em combinação com as cicatrizes antigas de depressões e fraturas lineares, paralelas e subparalelas em sua maioria, mostrando um percurso sem grandes alterações até a deposição.

Amostra C5 (de 45cm a 48cm)

Amostra arredondada e esférica, com grãos boleados, ainda apresenta grande quantidade de alterações na superfície, desde estrias e marcas em “v” até superfícies recentes e de arrancamento. Abrasão por desgaste foi pouco observada. Isso indica mudança abrupta no regime de energia e fluxo.

Amostra C6 (de 50cm a 56cm)

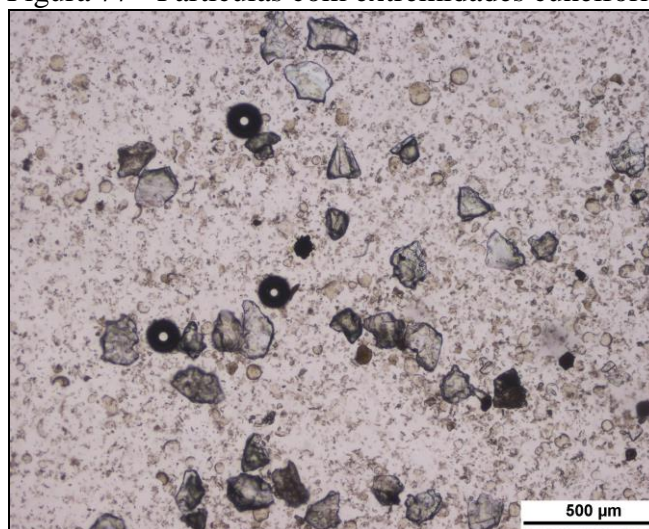
Ao contrário das amostras anteriores adjacentes, C6 apresentou grãos angulosos e pouco esféricos, resultando em relevo sinuoso, porém com poucas cicatrizes, o que corrobora com a observação de mudança de energia ou aporte relatado acima.

Sem degraus, cúpulas, grãos revestidos e partículas aderentes, os grãos estavam pouco maduros, denotando rápida retirada de sua fonte e sedimentação.

Amostra C7 (de 70cm a 72cm)

Verificou-se baixa dissolução e precipitação, o que não permite o revestimento químico dos grãos por alterações mineralógicas ou biológicas (FIGURA 77).

Figura 77 - Partículas com extremidades cuneiformes



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Amostra aparentemente antiga, com micro relevo entre 50% e 75%, e marcas de erosão e desgaste seguidas de crateras, depressões e cavidades profundas.

Amostra C8 (de 97cm a 100cm)

Continuando as últimas evidências de sedimento antigo, C8 mostrou-se bem rolado, esférico e com micro relevo superior a 75% da superfície. Altas taxas de reações químicas nos grãos, apresentou abrasão por estrias em grande quantidade e marcas conchoidais recentes e antigas. Tais propriedades mostram que houve retrabalhamento lento em sistema contínuo de fluxo.

5.6.8 Análises Multiparamétricas: Potencial Hidrogeniônico, Salinidade e Potencial de Oxirredução

Em ANP-1004 (Tabela 21) ocorreu a intensidade de redução do sedimento, ou seja, potencial redox, causando reações de oxi-redução que consomem o H^+ e levou o pH até próximo da neutralidade.

Tabela 19 - Resultados multiparamétricos de ANP-1004
ANP - 1004

Amostras	pH	Salinidade	ORP (mV * -1)
C1	7,96	6,75	291,70
C2	8,00	6,63	289,70
C3	7,71	12,27	306,90
C4	7,92	7,77	294,40
C5	8,07	2,32	285,40
C6	7,64	3,04	310,70
C7	7,88	6,54	296,50
C8	7,97	5,04	291,30

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

O aumento da salinidade promoveu o processo de adsorção e alterou o pH para valores mais baixos, tendo em vista a presença de íons de brometo, iodeto e cloreto. Já a partir de C4, considerando o aporte de interferência terrígena, notou-se a diminuição da salinidade por conta da redução da concentração dos íons livres e chegada de carbonato, que elevou a tendência do pH para a alcalinidade. As cargas elétricas que se formam nos grupos funcionais de superfície são originadas pela sorção ou dessorção de prótons (íons H^+) ou de íons hidroxil

(OH⁻) pelos grupos funcionais de superfície. Já na matéria orgânica, o principal grupo funcional é o carboxil (-COOH).

5.6.9 Razão C/N

Segundo Meyers & Ishiwatary (1993), matéria orgânica de origem especialmente planctônica é autóctone e tem valor entre 6 e 8. Valores entre 4 e 5 são relacionados às bactérias, salientando que razões mais altas são de misturas e componentes continentais. Os resultados deste testemunho (Tabela 22) apresentaram razões C/N com valores homogêneos e baixos o que indica uma matéria orgânica enriquecida em Nitrogênio.

Tabela 20- Resultados da razão Carbono/Nitrogênio

Amostras	C/N
C1	3,39
C2	3,98
C3	4,40
C4	4,07
C5	3,33
C6	8,31
C7	11,09
C8	3,33

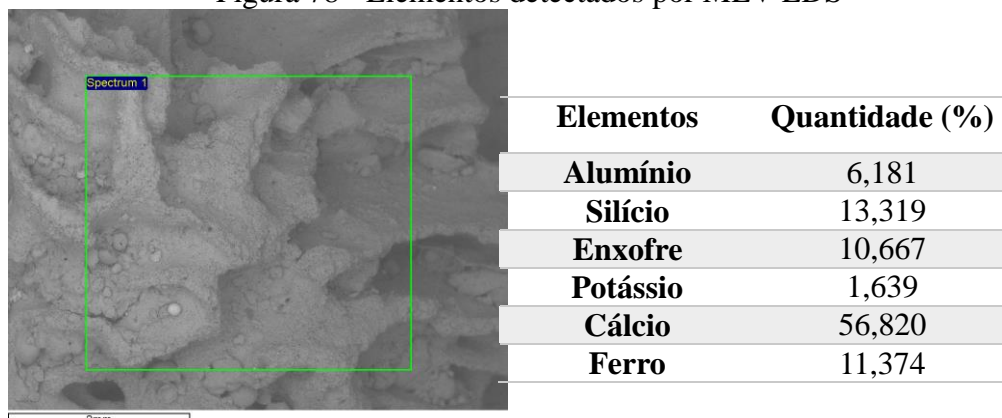
Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Os maiores valores estiveram nas amostras C6 e C7, estando associados a compostos terrestres com influência marinha, visto que as amostras que apresentam razão C/N mais elevadas existe a decomposição da celulose e influxos continentais que estejam associadas a um período de maturação mais recente, ressaltando-se que acima de 7, o pH não torna possível a hidrólise de vários cátions, causando deposição dos metais nos sedimentos de fundo.

5.6.10 Microscopia Eletrônica de Varredura

Os elementos encontrados possuem mobilidade favorecida pelo aumento da salinidade, em C3 e C7, a qual também é elevada pela presença de sulfeto, acarretando na redução de do pH em condições redutoras. Isso permite a solubilização de Mn, Mg e formação de cloro-complexos, verificados na análise de infravermelho, os quais foram adsorvidos pela MO (FIGURA 78).

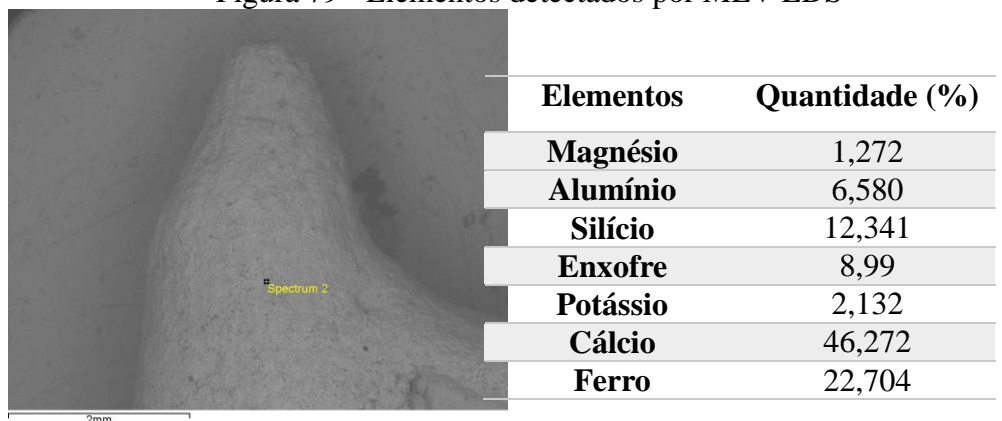
Figura 78 - Elementos detectados por MEV-EDS



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Notou-se que o material também carbonático encontrado ao final do testemunho, além dos óxidos da partícula superior, apresentou Mg, em detrimento de Si, S e Ca, mostrando que existe competição entre esses elementos no ambiente em análise (FIGURA 79).

Figura 79 - Elementos detectados por MEV-EDS



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Geralmente, os óxidos de Fe e Mn têm uma importância geoquímica maior que os de Al e Si, pois têm capacidades de sorção mais elevadas, se dissolvendo à medida que o potencial redox decresce e reprecipitando à medida que o sistema se torna mais oxigenado (Jenne, 1968). Arelado a isso, e de acordo com as características organofílicas presentes no testemunho (Apêndice H), os metais podem unir-se à MO por processos de quelação, onde esta atua como ligantes e os álcoois fenólicos e ácidos carboxílicos que ligam ou trocam íons metálicos foram outros compostos organofílicos ou substâncias inorgânicas. Isso ocorre, pois

os ácidos orgânicos contendo grupos -COOH, -OH ou similares, podem formar sais orgânicos onde os metais passam a ficar no local do H^+ .

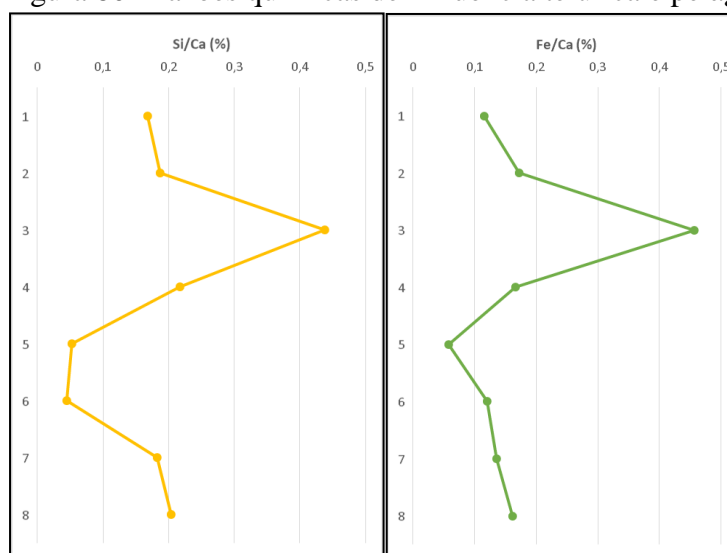
O S presente pode estar relacionado aos processos de piritização que são relacionados à atividade de microrganismos anaeróbicos e que oxidam a matéria orgânica através da redução dos sulfatos Fe. O Fe^{2+} reduzido de óxidos ou minerais primários, como biotita, piroxênios, anfibólios, magnetita e hematita, é liberado e reage a partir do FeS que foi liberado pelas bactérias (HOWARTH, 1993; KOSTKA & LUTHER, 1995).

5.6.11 Difractometria e Fluorescência de Raios X

Como constituinte da calcita e aragonita, o Ca reflete o conteúdo de carbonatos presente em material de origem biogênica e autigênica nos sedimentos marinhos, enquanto Fe e Si abordam o marcadores de aporte terrígeno, pois relacionam-se a sedimentos siliciclásticos e minerais argilosos. Al é principalmente associado aos minerais de argila mais trabalhados quimicamente e K costuma ser indicador da entrada de material por vias fluviais vindos de ambientes sobre condições úmidas.

Utilizando-se tais elementos, obtiveram-se os seguintes dados (Figura 80)

Figura 80- Razões químicas de influência telúrica e pelágica

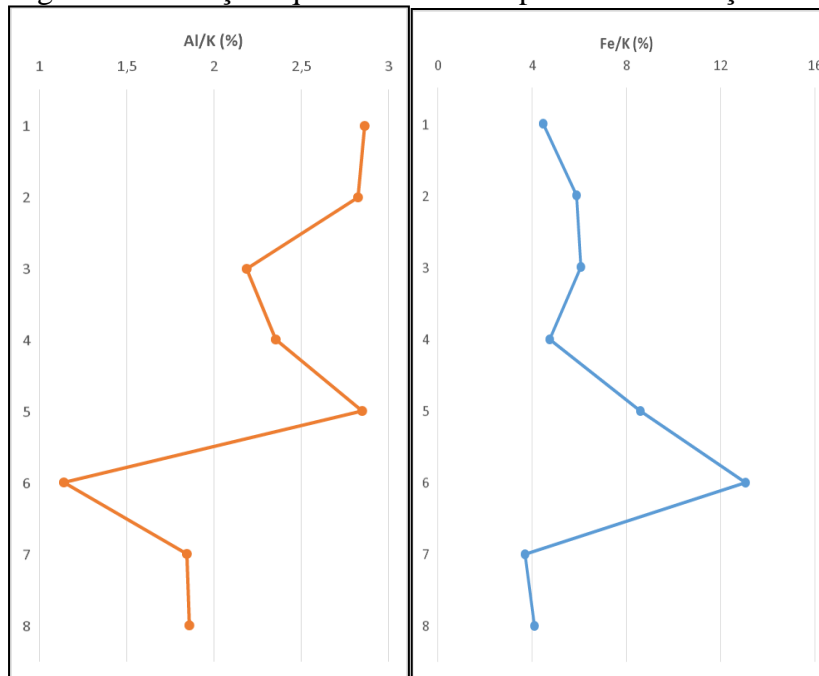


Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Em C3, de 21cm a 25cm de profundidade, elementos de origem terrígena predominaram em relação ao Ca. Através da relação de Govin (2012) por meio da utilização da razão Al/K (Figura 81), nota-se que em C6, de 50cm a 56cm, houve a chegada de material

pouco intemperizado e com mais Fe, o que coincide com a granulometria mais grossa do testemunho onde há conchas e concreções (Apêndice H).

Figura 81 - Relações químicas de intemperismo e alteração



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

O contrário ocorre em C5, ou seja, de 45cm a 48 cm de profundidade, o material é mais alterado semelhante aos 3 primeiros centímetros do testemunho, indicando influência de umidade, correntes fluviais e maior intemperismo químico.

Diferente dos testemunhos 1275 e 1207, neste não foi encontrada Pirrotita e Trona no entanto foram observados teores bem maiores de oxalato (Apêndice I), o qual pode não ter reagido completamente devido às características de inviabilidade de troca catiônica dos íons de oxalato ou pode ter reagido com os elementos livres formando minerais com - C₂O₄ na fórmula.

5.6.12 Considerações Parciais de ANP-1004

A classificação da textura de ANP-1004 foi areia muito fina, com curtose muito platicúrtica, platicúrtica e muito leptocúrtica, com 25,00% para cada, assimetria muito negativa e grãos pobremente selecionados.

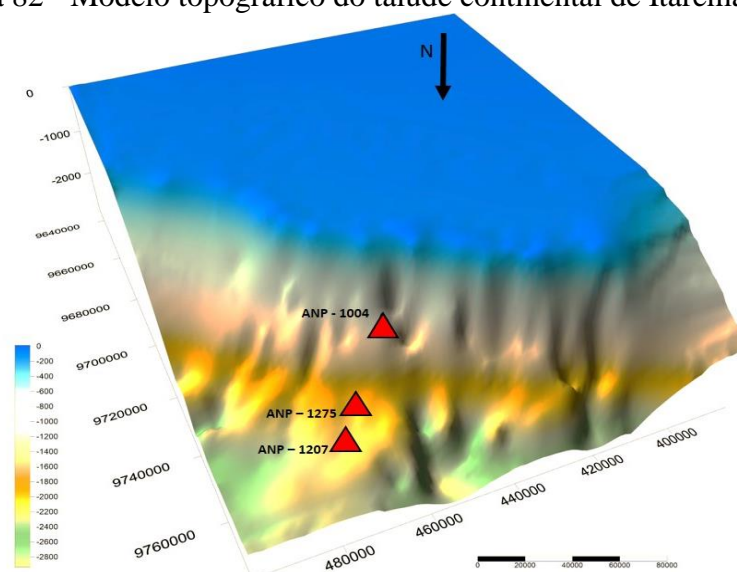
O testemunho apresentou organismos de influência estuarina, ou seja, sob as condições da mistura entre mar e continente, com gastrópodes de parede grossa e fragmentos algálicos. As amostras de ANP-1004 possuem comportamento diferente dos outros dois

liners, ou seja, onde havia maior valor de cascalho, ocorreu uma queda nas frações argila e silte, inversamente proporcional à tendência da fração arenosa.

Bem como os organismos vegetais terrestres, as algas também necessitam de uma reserva de energia, desta forma, tornaram-se capazes de armazenar o amido em seus cloroplastos (Raven *et al.*, 2007). Foram identificadas, por FTIR, formas de amido, que se trata de carboidrato constituído principalmente de amilase e pectinase (glicoses) produzido organicamente como fonte de energia, no entanto pode ser o produto metabólico de fungos e bactérias em meios anóxicos por meio da fermentação, como as bactérias *Pseudoclavibacter helvolus* e *Corynebacterium* (Teixeira *et al.*, 2017). Tais substâncias estiveram presentes na amostra em questão, verificada por celuloses, dextrano e alginato.

Desta maneira, nas amostras há contribuição de microrganismos anóxicos ou facultativos e de algas fotossintéticas oriundas de zonas eufóticas e que, por movimentação de massa, foram carreadas à profundidade de coleta e suas propriedades químicas foram incorporadas ao sedimento local. Tanto na batimetria quanto no corte do modelo topográfico abaixo (Figura 82), percebe-se que ANP-1004 está localizado em área de baixio topográfico que se estende desde a costa até o ponto da coleta, o que corrobora com a possibilidade de influência fluvial em época de resfriamento global. Dados mais recentes, obtidos por Mahiques e Souza (1999) e outros e apresentados por Mahiques *et al.* (2010), constituem no momento, o conjunto mais acurado, indicando períodos de estabilização no nível relativo do mar antes da elevação máxima de 5.600 anos calibrados antes do presente. Segundo Milne *et al.* (2005), o nível atual do mar foi ultrapassado pela primeira vez no Holoceno, durante a transgressão que se seguiu ao UMG, por volta de oito mil anos calibrados antes do presente. A sua elevação máxima teria alcançado aproximadamente 4,5 metros por volta de 7.200 anos calibrados antes do presente, em Pernambuco e no Rio de Janeiro.

Figura 82 - Modelo topográfico do talude continental de Itarema-CE



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Nascimento (2011) diz que a Plataforma do Nordeste do Brasil possui grande desenvolvimento de organismos produtores de carbonatos, o que corrobora com a informação de Dias (2000) onde afirma que os granulados bioclásticos marinhos são constituídos, em boa parte, por algas calcárias *Maerl* e *Lithothamnium*. O autor ressalta ainda que as algas coralinas precipitam em suas paredes celulares o Carbonato de Cálcio e Magnésio, também encontrado no talco, visto na amostra.

As algas participam da síntese do glicerol, que é uma molécula orgânica, formadora de lipídeos, com três grupos de hidroxilas. Dentre os glicerídeos, os que se destacam são *i.* gorduras: cadeias-lineares de ácidos carboxílicos alifáticos, chamados ácidos graxos cujas principais fontes são bactérias, microalgas, plantas superiores e organismos marinhos; *ii.* ácidos poli-insaturados: glicerídeos comuns em algas; *iii.* Fosfatídeos: triacilgliceróis com um ácido fosfórico e dois ácidos graxos (KILLOPS & KILLOPS, 2005).

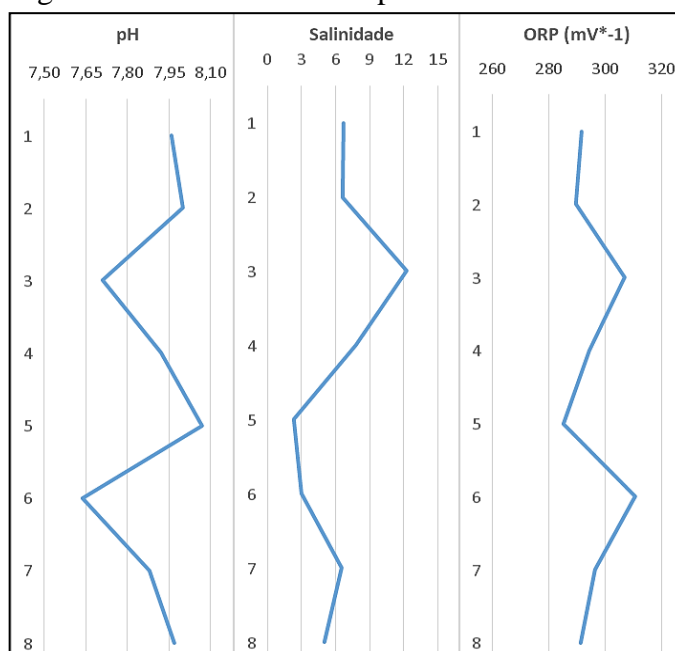
Partindo para verificação de grupos funcionais mais representativos (Apêndice G), têm-se fortes ligações de nitratos, sulfatos, fosfatos, éteres e ésteres, aldeídos anidridos e ligações eletronegativas com F, Cl, P e S em C1 e C3, ou seja, de 1cm a 3cm e de 21cm a 25cm, com os picos de $1082,07\text{cm}^{-1}$ e $1097,50\text{cm}^{-1}$. A matriz que prevalece é a mesma dos testemunhos ANP-1207 e ANP-1275.

Neste caso, o Fósforo possui mobilidade reduzida com as alterações mineralógicas feitas por bactérias. Já o Enxofre está ativamente presente na distribuição de metais pesados e precipita no ambiente redutor marinho. O Flúor, assim como o Cloro, é um

elemento litófilo e facilmente sorvido por argilominerais e fosforitas, este por sua vez associa-se a micas, apatita e feldspatos e seres inferiores marinhos como antozoários.

O nível de degradação da MO produz substâncias reduzidas quimicamente, onde o nitrato identificado na amostra é o receptor de elétrons, e diminui o valor de pH no sedimento. Conforme Figura 83 são possíveis de visualizar os resultados químicos. A queda de pH ocorre devido a presença de ácidos orgânicos e de CO₂, porém os sais marinhos ajudam a neutralizá-lo.

Figura 83 - Resultados multiparamétricos

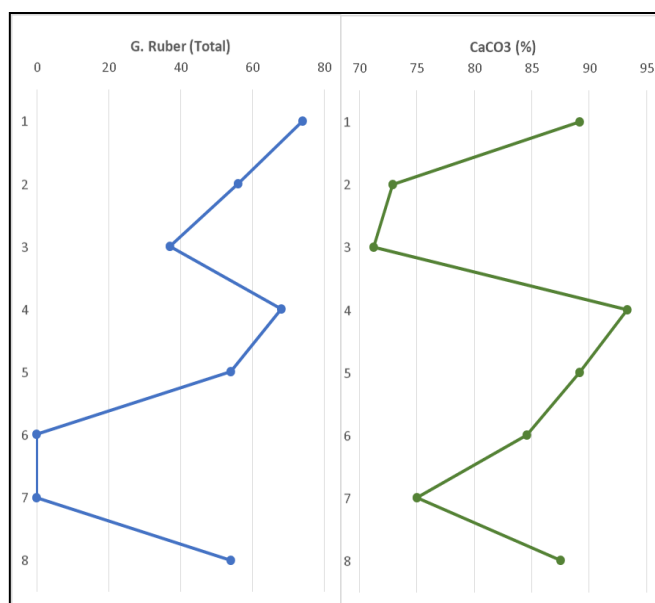


Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Verificam-se que os pontos C3, C5 e C6 (ou seja, de 21cm a 25cm, de 45cm a 48cm e de 50cm a 56cm) são bem marcados no que se refere às suas interações entre microbiota e geoquímica, onde estes dois últimos são caracterizados pelo aporte abrupto de material grosso de influência estuarina. Em C7 e C8, de 70cm a 100cm, a granulometria e estrutura iniciais são reestabelecidas.

A interferência de foraminíferos cosmopolitas indicadores de águas tropicais superficiais é semelhante ao comportamento de carbonato de Cálcio, os quais coincidem com as marcações em C3, C7 e C8 (FIGURA 84).

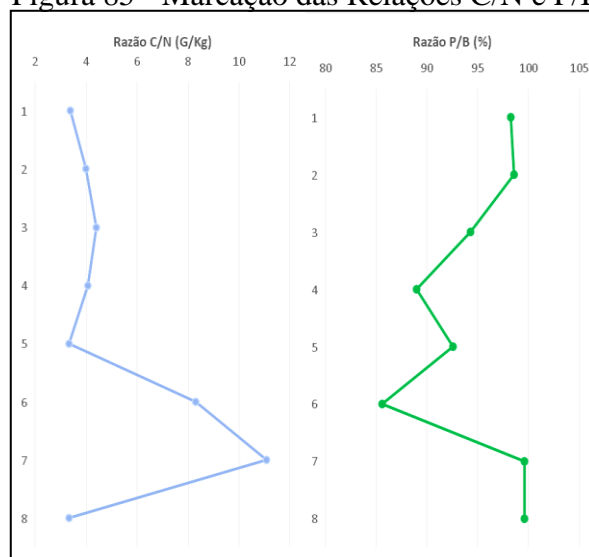
Figura 84 - Comportamento entre *G. ruber* e CaCO₃



Fonte: Elaborada pela Autora (2019)

Na Figura 85, no entanto, percebe-se que C7 é o mais destacado ponto referente às relações P/B e C/N, o qual identifica o último período antes da deposição do material continental.

Figura 85 - Marcação das Relações C/N e P/B



Fonte: Elaborada pela Autora (2019)

Até C6, a razão C/N é típica de zoo e fitoplâncton marinho, pois possui valores entre 4 e 10, enquanto C6 e C4, além disso, também apresentam característica de talude continental intermediário, pois a influência bentônica é maior. Nota-se que este *liner* é o mais influenciado pelos efeitos de costa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as interpretações das amostras de cada testemunho, pôde-se observar as interferências de inflexões, estofas, movimentos de massa e fluxos oceânicos hidrodinâmicos e sedimentares influenciando na morfologia e comportamento microbiológico e sedimentar do talude continental de Itarema, no Ceará.

As tendências estatísticas somadas aos comportamentos granulométrico, químico e às observações macrodescritivas, verificou-se que ANP-1207 e ANP-1004 apresentam-se com indícios de serem o resultado de correntes de turbidez depositadas em águas profundas, visto que possuem fases de fluxo granular pressurizado, de corrente turbulenta e de alterações de sua densidade, incluindo aí a carga sedimentar de fração grosseira. Desta forma, nas regiões onde se verificaram os sedimentos siltosos, houve o predomínio das condições de baixa energia hidrodinâmica na maior parte do tempo e a atuação de correntes vigorosas durante momentos capazes de introduzir partículas de areias naquela população de sedimentos. De outra maneira, os locais caracterizados com areias finas e muito finas são resultantes de fases de calmaria das correntes que permitem floculação e deposição de partículas finas suspensas.

Detectou-se oscilação de energia relativa aos fluxos hidrodinâmicos associados (descarga fluvial no primeiro e correntes de maré no segundo caso), resultando primeiramente na deposição partículas grossas, indicando o predomínio de deposição por tração e/ou saltação. O choque entre os grãos sedimentares é relativamente pouco violento na média geral, tendo em vista a viscosidade da água, o que proporciona grãos com superfícies suavemente polidas e com contornos arredondados e aspecto brilhante.

Os processos oceânicos principais na região das coletas são a maré, o eventual influxo de água doce, densidade dos fluxos, vento e circulação de mistura. Durante acréscimo de água menos salobra ou doce, o pH apresenta relação inversa com a salinidade, além disso a acidez é resultado, dentre outros, de fatores como a baixa circulação, que reduz a dispersão dos nutrientes e permite atividade orgânica decompositora. Ressalta-se que a formação do ácido carbônico (H_2CO_3) reduz o pH do sistema e a dissociação dele forma o íon bicarbonato (HCO_3^-) que, por sua vez se dissocia em íons carbonatos (CO_3^{2-}).

Esta reação é de importante significado para a formação de íons metálicos, pois muitos reagem com o íon carbonato para gerar carbonatos minerais como calcita (CaCO_3), magnesita (MgCO_3) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Nos valores de pH encontrados nos três testemunhos existe grande quantidade livre de carbonato iônico e covalente.

Da mesma forma, o calcário biodetrítico encontrado foi gerado pela presença de organismos marinhos e sua conservação no sedimento, por meio da síntese e precipitação de carapaças, moluscos, foraminíferos, pterópodes, equinoides e ostracodes, sob condições de luz, temperatura, salinidade, revolvimento mecânico natural e oxigenação baixos, bem como sedimentado acima da zona de compensação carbonática, visto que em temperatura reduzida e pressão elevada, bem como em quantidades significativas de MO, ocorre a diminuição do pH que, quando abaixo de 5 ou com grande pressão da coluna d'água, causa a dissolução do CaCO_3 .

A dispersão dos elementos e compostos complexados é minoritariamente clástica por arraste e suspensão, biogênica e, na maior parte, hidromórfica onde o agente dinâmico foi o meio oceânico uma solução aquosa com carga iônica.

As observações da microbiota fóssil existente identificaram, em todos os testemunhos, grande quantidade de seres carbonatados fragmentados, peças desgastadas e tecas inteiras e bem preservadas, inferindo-se na alteração da energia de transporte e velocidade de deposição.

Salienta-se, no entanto, que as camadas sedimentares superiores, recente ou biológica, foram caracterizadas pela alta reação da matéria orgânica, e maior densidade e atividade faunística, e abaixo desta as atividades microbiológicas remetem a reações geoquímicas mais antigas de mineralização, diagênese, piritização, metanogênese e acetogênese, inclusive querogenização da MO.

Detectaram-se minerais aluminossilicatados de origem secundária que se formaram pela hidratação de silicatos de Al, Ca e Na de outros aluminossilicatos. Grande quantidade de Mg hidratado de filossilicatos e piroxênios ocorreram associados, principalmente, à calcita, quartzo e dolomita. A presença e mobilidade de tais substâncias, bem como os óxidos de Enxofre, Ferro, Titânio, Manganês contribuíram na alteração da coloração das carapaças dos foraminíferos.

A mineralização do carbono presente e o enriquecimento de enxofre nos sedimentos formou a quantidade considerável de sulfetos de Ferro, onde o grupo funcional orgânico CH_2O representa a MO no processo de diagênese sulfídrica. Com isso, no ambiente marinho, ocorre a sulfato-redução e formação de sulfeto de Hidrogênio.

Desta maneira, as moléculas de Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Enxofre e outras que formavam o material orgânico são alteradas no meio marinho, uma vez que os processos de metabolização e síntese microbiológica utiliza o Oxigênio proveniente do nitrato (NO_3) e fosfato (SO_4^{2-}) que interagem também com a geoquímica do ambiente.

Os grupos funcionais orgânicos verificados nas amostras caracterizados por serem ionizáveis, como carboxilato, fenolato, sulfidro, amino e fosfato, apresentam tendência às ligações com íons metálicos, como os do tipo carboxil, amino, sulfidril e sulfonato. Tais grupos formam os polissacarídeos que, nesta pesquisa, foram relacionados à presença de vegetais superiores e ácidos algínicos com proteínas resistentes à biodegradação em condições anaeróbicas. Além disso, esteróis e peptídoglicanos encontrados no sedimento podem ser autóctones ou alóctones, produzidos por bactérias ligadas aos fitodetritos. Tal fenômeno faz parte mineralização da MO e serve de indicação de produtividade primária e da composição química da biota marinha.

Sabendo-se que a origem e processos sedimentares, assim como hidrodinâmica oceânica e geomorfologia, influenciam na acumulação de hidrocarbonetos, minerais e compostos exploráveis nos sedimentos marinhos, a necessidade de indicadores ou biomarcadores é de elevada importância para compreensão da dinâmica ambiental. Assim, por meio da pesquisa realizada, pôde-se verificar a existência de *proxies* importantes que contam a história pela qual os fenômenos sedimentares ocorreram e as propensões futuras da região.

Os fósseis químicos que mostraram a forma como se dão os processos, reações e os subprodutos gerados nesses processos biogeoquímicos foram:

- Frequência dos compostos existentes nas etapas de Fosforilação e Fosfatase;
- Grupos de Compostos Nitrogenados;
- Compostos oriundos de Sulfonação e Sulfatação;
- Comportamento do Plexo Menardiforme e razão P/B;
- Relações químicas entre Si/Ca e Al/K e identificação de mineralizações;
- Identificação das etapas de respiração e digestão anaeróbia;
- Disponibilidade de hidrocarbonetos (dentre eles os aromáticos) e classificação da maturação do querogênio;
- Identificação de polissacarídeos marinhos e terrestres.

O querogênio sapropélico (tipo I), conforme tratado nesta pesquisa, é especialmente rico em lipídios e estruturas alifáticas, possui alta proporção H/C e baixa O/C, gerando como principal produto o óleo, no entanto, predominantemente ocorre em condições de água doce. De outra forma, o querogênio tipo II é uma complexação química de materiais orgânicos variados com maior oxigenação do que o anterior, sendo, por isso, mais presente em bacias marinhas. Já o querogênio húmico (tipo III), tem grande influência dos vegetais

terrestres, apresentando menos H e mais O, liberando dióxido de carbono e metano em sua maturação, que pode iniciar-se entre 1 e 2km de profundidade de material sedimentar, o que equivale *grosso modo* de 50°C a 70°C.

Com isso, o querogênio tipo II foi verificado nesta amostra, bem como há indícios do tipo III, sendo em vista as condições físico-químicas do ambiente estudado bem como as reações diagenéticas, onde existe liberação de Oxigênio, formação de hidrocarbonos e liberação dos subprodutos com estruturas alifáticas, lipídios, ácidos gordurosos, proteínas e esteróis.

Identificaram-se processos organofílicos com enzimas tipo oxirredutase: alterações químicas com liberação de H₂; transferase: transferência de aldeídos, cetonas, fosforil, amino; hidrolase: quebra e formação de éster, amida, lactama, epóxido, nitrila, anidrido; liases: adição ou retirada de moléculas C ligada a N, C ou O; ligases: união ou quebra de ligação de C com C, O, N ou S. Tais reações químicas marcam a existência de metabólitos e processos de síntese e reaproveitamento de subprodutos. Destacam-se polissacarídeos como alginato, carragenana, dextrana, propionato/carboxilato/nitrato/acetato/ de celulose.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Biomarcadores possuem informações sobre os tipos de organismos que contribuíram para matéria orgânica incorporada aos sedimentos, sendo utilizados para caracterização, correlação e/ou reconstituição do ambiente deposicional (TISSOT & WELTE, 1984).

Tendo em vista o local estudado, os resultados encontrados e as correlações entre o ambiente marinho taludal de Itarema e os processos bioquímicos existentes, sugere-se, para trabalhos futuros, a análise cromatográfica acoplada à espectrometria de massa, para a identificação da composição elementar das cadeias orgânicas das amostras. Com isso, poder-se-ão detectar e classificar com maior riqueza de detalhes os polissacarídeos da microbiota e das algas marinhas carreadas, visto que já existem trabalhos que preconizam a distribuição desses compostos em sedimentos, determinando influência lacustre, terrestre e planctônica marinha.

Assim como os polissacarídeos, que são substâncias bastante ativas, como ágar, carragenanas e fucoïdanas, os esteróis também são amplamente utilizados como fósseis químicos da matéria orgânica e da microfauna. Nos sedimentos oceânicos, os esteróis podem ter três origens fitoplanctônica na coluna d'água, nas alterações químicas secundárias de produtos do zoo e do fitoplâncton, e na síntese de outros esteróis.

Conforme relatam Volkman (1986), os esteróis com 29 átomos de carbonos como o β -sitosterol e o estigmasterol são importantes na fitologia terrestre, enquanto o plâncton marinho é caracterizado por esteróis com C27 e C28. A importância da verificação analítica orgânica das cadeias carbônicas também se destaca pela compreensão dos processos sedimentares e sua consequente formação de produtos com vasta aplicação na indústria alimentícia, farmacêutica e biotecnológica.

As razões elementares H/C e O/C, unidas a análise de nanofósseis e ao cálculo de paleoprodutividade também fazem parte do cabedal crescente de análises construtivas que corroboram com o presente estudo na identificação de compostos químicos, suas origens sedimentares e seus subprodutos que permitem a compreensão dos processos de bioformação de fósseis químicos em camadas sedimentares de condições redutoras oceânicas.

REFERÊNCIAS

- ABREU NETO, J.C. **Análise textural e geoquímica dos argilominerais do Talude Continental do Oeste do Ceará.** 2011. Dissertação (mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- AFONSO, R.L.G. **Zoneamento bioestratigráfico, paleoceanografia e aspectos ecológicos da fauna de foraminíferos no talude da costa do Ceará.** 2015. Tese (doutorado em Geologia) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2015.
- AGEMIAN, H. Determination of nutrients in aquatic sediments: *In* MUDROCH, A., AZCUE, J. M.; MUDROCH, P. **Manual of physico-chemical analysis of aquatic sediments.** Nova Iorque: CRC, 1997.
- AGUIAR, J.E. **Comparação De Metodologias Para Caracterização da Geoquímica de Metais traço em Sedimentos da Plataforma Continental do Ceará.** 2007. Dissertação (mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- AKANNI, M.S.; OKOH, E. K.; BURROWS, H. D.; ELLIS, H. A. The thermal behaviour of divalent and higher valent metal soaps: a review. **Thermochemica acta.** [S.l.]. v. 208, p. 1-41, 1992.
- ALMEIDA, N.M. Análise Morfológica e Geofísica da Região Adjacente ao Delta do Rio Parnaíba (PI-MA), Região Nordeste do Brasil *In*: Congresso Brasileiro de P&D em P&G, VI, 2011, Fortaleza. **Reunião Anual de Avaliação do PRH-ANP**, Fortaleza. [S.n.]. Universidade Federal do Ceará. p. 11-12.
- ARAÚJO, H.A.B.; MACHADO, A.J. Benthic Foraminifera associated with the South Bahia Coral Reefs, Brazil. **Journal of Foraminiferal Research**, [S.l.]. v. 38,n. 1, p. 23-38, 2008.
- ARAÚJO, M.V. Análise multitemporal da linha de costa do município de Acaraú – Ceará. *In*: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, **Anais**, Curitiba, 2009, p.7674.
- ARAÚJO, T.M.F; MACHADO, A.J. Análise Sedimentar e Micropaleontológica (Foraminíferos) de Seções Quaternárias do Talude Continental Superior do Norte da Bahia, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 35, n. 2, p.97-113, 2009. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/17941>. Acesso em: 16 out. 2018.
- ARNALOT, E.C. **Avaliação das concentrações de hidrocarbonetos do petróleo no Canal de São Sebastião, SP: Influência do lançamento de um efluente petroquímico.** 2002. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química e Geológica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- AZEVEDO, R.P. **Tectonic evolution of Brazilian equatorial continental margin basins.** PhD Thesis, 455. University of London, UK. 1991.
- AZEVEDO, T.M. **Exoscopia.** Textos de apoio ao ensino. Departamento de Geologia, FCUL, 26p. 1983.

BAPTISTA NETO, J.A.; SILVA, C. G. Morfologia dos Oceanos. *In*: BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução À Geologia Marinha**. Rio De Janeiro: Interciência, 2004.

BARCELLOS, R.L. **Distribuição da matéria orgânica sedimentar atual do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, São Paulo**. 2005. Dissertação (mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, SP, Brasil, 2005.

BARCELLOS, R.L.; FURTADO, V.V. Processo sedimentar atual e a distribuição de carbono e nitrogênio orgânicos no Canal de São Sebastião (SP) e plataforma continental interna adjacente. **Revista brasileira de oceanografia**. São Paulo, v. 47, p. 207-221, 1999.

BARRETO, L.A.; MILLIMAN, J.D.; AMARAL, C.B.; FRANCISCONI. **Northern Brazil: Contribution Sedimentologic Upper Continental margin sedimentation off Brazil**. Stuttgart, 1975.

BATISTA, D.S; VILELA, C.G; KOUTSOUKOS, E.A.M. Influência de Fatores Ambientais na Preservação da Microfauna de Foraminíferos Bentônicos no Ambiente Recifal dos Parrachos de Maracajaú, RN, Brasil. Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**. Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p.93-103, 2007.

BÉ A. W.H.; DUPLESSY J.C. Subtropical convergence fluctuations and Quaternary climates in middle latitudes of the Indian Ocean. **Science**, [S.l.], p.419-422, 1976.

BELTRAMI, C.V., ALVES, L.E.M.; FEIJÓ, F.J. Bacia do Ceará. *In*: **Bio. Geociência. Petrobras**, São Paulo, v.8, n.1, p. 117-125. 1994.

BENITE, A.M.C.; MACHADO, S. de P.; BARREIRO, E. J. Uma visão da química bioinorgânica medicinal. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p.2062-2067, 2007.

BERG M.M. **Análise Geoquímica De Biomarcadores Em Sedimentos Na Região De Coari - Amazonas, Brasil**. Rio De Janeiro. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

BERNSTEIN, L., BOSCH, P., CANZIANI, O., CHEN, Z., CRIST, R. Climate Change 2007: Synthesis Report. **Summary for Policymakers**. [S.l.], 2007. 22p.

BIGARELLA J.J.; BECKER R.D.; MATOS D.J.; WERNER A. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Planejamento, 1978.

BIXLER, H.J.; PORSE, H.A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *In*: **Journal Of Applied Phycology**, [S.l.], v. 23, n. 3, p.321-335. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-010-9529-3>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BJØRLYKKE, K.O. **Sedimentology and Petroleum Geology**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1989.

BOERSMA, A. Foraminifera. *In*: HAQ, B.U.; BOERSMA, A. **Introduction to Marine Micropaleontology**. New York: Elsevier, 1983, p.19-78.

BOERSMA, A. Calcareous microfossils: Foraminifera. *In*: Haq, B. U. & Boersma, A. Amsterdam: **Introduction to marine micropaleontology**. Elsevier. 1998.

BOLTOVSKOY, E. **Foraminifera as biological indicator in the study of ocean currents**. Buenos Aires: Marine Micropaleontology, 1959.

BOLTOVSKOY, E.; BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; BRANDINI, F. **Planktic foraminifera from the Southwestern Atlantic (30° - 60°S): species-specific patterns in the upper 50 m**. Marine Micropaleontology, 1996.

BOLTOVSKOY, E.; WRIGHT, R. **Recent foraminifera**. Netherlands: The Hague, 1976.

BOUZAYEN, M.; FERRER, M.; GUILLEN, P.; AYUB, R.; BIDONDE, S.; BEN AMOR, M.; GUIZ, M.; RAMASSAMY, S.; ZEGZOUTI, H.; PECH, J. C.; LATCHÉ, A. A ACC oxidase gene family: characterization and down-regulation by genetic manipulation. Oxford: **Phytochemistry of Fruit and Vegetables**, 1997.

BOWEN, H.J.M. **Trace Elements in Biochemistry**. New York: Academic Press, 1966.

BOYD, C.; TUCKER, C. **Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture**. Alabama: Auburn University, 1992.

BRASIER, M.D. **Microfossils**. London: George & Unwin, 1980.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 23** de 7 de dezembro de 1994. Institui procedimentos específicos para o licenciamento de atividades relacionadas à exploração e lavra de jazidas de combustíveis líquidos e gás natural. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1994.

BRASIL. CONAMA, **Resolução nº 237** de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1997.

BRASIL. DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Estatística**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/acesso-a-informacao/estatisticas>. Acesso em: 15 nov. 2018.

BRASIL. EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**, Brasília, 1997.

BRASIL. INPE/CPTEC, Instituto de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Pesquisas espaciais e dados**. Disponível em: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>. Acesso em: 19 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.478** de 6 de agosto de 1997, Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, 1997.

BRASIL. **MARPOL: Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios**. [S.l]:[S.e], 2015.

BRASIL. MMA, **Ministério do Meio Ambiente. Poluentes Atmosféricos**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BRASIL. Petrobrás. **Petróleo em águas profundas Uma história tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013.

BRASIL. PNMA, **Lei Federal nº 6938** de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 06 mar. 2018.

BRIGGS, D. **Sediments**. Norfolk: Fakenham Press limited, 1977.

BROOK, A.; FOTHERINGHAM, S.; BRADLY, J.; JENKINS, A. Barium accumulation by desmids of the genus *Closterium* (Zygnemaphyceae). **British Phycological Journal**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 261–264, 1980.

BUBENSHCHIKOVA, N.; NÜRNBERG, D.; LEMBKE-JENE, L.; PAVLOVA, G. **Living benthic foraminífera os the Okhotsk Sea: Faunal composition, standing stocks and microhabitats**. Marine Micropaleontology, 2008.

BUCKLEY, D. E.; SMITH, J. N. & WINTERS, G. V. Accumulation of contaminant metals in marine sediments of Halifax Harbour. **Applied Geochemistry**, Nova Scotia, vol. 10, 1995, p. 175-195.

BURTON, J.D. Basic properties and processes in estuarine chemistry. *In*: MÓSCA, N. P, **Concentração de Mercúrio nas águas e sedimentos da Baía de Guanabara**, Rio de Janeiro, 1976.

CADDAH, L.F.G. Análise sedimentológica de testemunhos a pistão do talude Quaternário da Bacia de Campos. **Comunicação técnica Selab**, Macaé, 1991.

CALLAGHAN, A. V. Anaerobic biodegradation of n-hexadecane by a nitrate-reducing consortium. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 75, n. 5, p. 1339–1344, 2009.

CANFIELD, D.E. Reactive iron in marine sediments. **Geochimica Cosmochimica Acta**, California, v. 53; p. 619-632, 1989.

CARDOZO, K.H.M. **Metabolites from algae with economical impact. Comparative Biochemistry And Physiology**. [S.l.]: Elsevier, v. 146, n. 1-2, p.60-78. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.05.007>. Acesso em: 13 out. 2019.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes *Limnology and Oceanography*. [S.l.]: **Mar**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; ZALÁN, P.V.; TEIXEIRA, J.B.G. 2012. Estágios evolutivos do Brasil fanerozoico. *In*: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**. São Paulo, Beca, p. 131- 136.

CARVALHO, L.R.; ROQUE, N.F. **Fenóis halogenados e / ou sulfatados de macroalgas marinhas**. São Paulo: Química Nova, v. 23, n. 6, p. 757-764, 2000 Disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422000000600009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 02 jan 2019.

CEARÁ. IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal - Acaraú**. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2019.

CEARÁ. IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal – Itarema**, 2018.

CERQUEIRA, M.M. **Origem e Distribuição do Enxofre na Atmosfera Costeira de Portugal Continental**. 1999. Tese (Doutorado em ambiente e ordenamento) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 1999.

CHAMBERS, R.D.; ROCHE, A.J.; F.S. VAUGHAN, F.S. Direct syntheses of Pentakis (trifluoromethyl) cyclopentadienide Salts and Related Systems. **Canadian Journal of Chemistry**, [S.l.], v. 74, p. 1925-1929, 1996.

CHAN, K.; LAM, M.H.W.; POON, K.; YEUNG, H.; CHIU, T.K.T. Application of fecal stanols e sterols in trace sewage pollution in coastal waters. **Water Research**, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 225-235, 1998.

CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O; FIGUEIREDO, A. M. F. Novos Conceitos Sobre o Desenvolvimento das Bacias do Leste Brasileiro. *In*: RAJA GABAGLIA, G.P.; MILANI, E.J. **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras, p. 269-289, 1991.

CHAVES, N.S. **Mecanismo de cimentação em sedimentos marinhos recentes, exemplo beach rocks do Litoral Pernambucano**. Rio Claro: Enesp, 2000.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: DESA, v. 5, 246 p, 1997.

CHIEN, Y. **The management of sediment in prawn ponds**. v.1, 1989.

COLOMBO, J. C.; E. PELLETIER, C. BROCHU, M. KHALIL & J. A. CATOGGIO. Determination of hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. Case study: Rio de la Plata Estuary. **Environmental Science and Technology**, Argentina, v. 23, p. 888-894, 1989.

COOPER, M.R. **Eustacy during the Cretaceous: its implications and importance**. Palaeogeography: [S.e.], 1977.

CORDEIRO, R. **Regras mais claras. Brasil Energia**. Rio de Janeiro: [S.e.], 2004.

CORONEL, L.G. **Avaliação da Atividade Antimicrobiana de Extratos de Algas Frente a Bactérias Patogênicas para Aquicultura**. Florianópolis: [S.e.], 2016.

COSTA, I.G.; BELTRAMI, C.V. & ALVES, L.E.M. A evolução tectono-sedimentar e o “*habitat*” do óleo na Bacia do Ceará. **Bol. Geociências. Petrobras**, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 65-74, 1990.

COSTA, R.C.F.G. **Three-dimensional modelling of cohesive sediment transport in estuarine environments**. University of Liverpool, Liverpool, 1995.

DACHS, J., BAYONA, J. M., FILLAUX, J., SALIOT, A., ALBAIGÉS, J. Evaluation of antropogenic and biogenic inputs into the western Mediterranean using molecular markers. **Marine Chemistry**, [S.l.], v. 65, p. 195- 210, 1999.

DAMUTH, J.E.; PALMA, J.J.C. Geomorfologia do fundo atlântico equatorial oeste. *In*: **PETROBRÁS: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Projeto REMAC**, Rio de Janeiro, v.7, 1979.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources**. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

DIAS, G.M.T. Granulados Bioclásticos – Algas Calcárias. **Brazilian Journal of Geophysics**, Niterói, v. 18, n. 3, p. 3017- 318, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbg/v18n3/a08v18n3>. Acesso em: 02 de abr. 2019

DIAS, J. L. M.; QUAGLINO, M. A. **A Questão do Petróleo no Brasil – Uma História da Petrobrás**. Rio de Janeiro: CPDOC/SERINST, PETROBRAS, Fundação Getúlio Vargas, 1993.

DONNICI, S.; BARBERO, R.S. The benthic foraminiferal communities of the northern Adriatic continental shelf. **Marine Micropaleontology**, [S.l.], 2002.

DUANE, D. B. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound. **Journal of Sedimentary Petrology**, North Carolina, 1964

DULEBA, W. **Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos, da Enseada do Flamengo**. Boletim Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *In*: SILVA, F. C.: **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EMERY, K.O.; NOAKES, L.C. **Economic placer deposits of the continental shelf**. **Technical Bull**. Economic Comission for Asia and Far East, p. 95-110, , Niterói,1968.

EMERY.K.O. **Characteristics of Continental Shelves and Slopes**. Massachusetts: [S.e], 1965.

ERICSON, D.B; WOLLIN, G. **Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments**. **Science**, 1968.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência/Finep, 1988.

FAGANELI, J.; MALEJ, A.; PEZDIC, J. & MALACIC, V. C:N: P Ratios and Stable C Isotopic Ratios as Indicator of Sources of Organic Matter in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). **Oceanologia Acta**, França, v. 11, p. 377-382, 1988.

FELDBERG, M.J.; A. C. MIX, SST estimates in the southeast Pacific based on planktonic foraminiferal species: Modern calibration and Last Glacial Maximum. **Marine Micropaleontology**, Oregon, v. 44, p. 1–29, 2002.

FOGAÇA, J. R.V. **Nitrilas ou Cianetos**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/nitrilas-ou-cianetos.htm>. Acesso em: 19 abr. 2019.

FOLK R.L.; WARD W.C. Brazos river bar: a study of significant of grain size parameters. **Sediment. Petrology**, Texas, 1957

FOLK, R.L. **Petrology of sedimentary rocks**. Austin: Hemphills Publishing, 1974.

FÖLLMI, K.B. The phosphorus cycle, phosphogenesis and marine phosphate rich deposits. **Earth-Science Reviews**, Zurich, v. 40, p. 55-124, 1996.

FONTELES FILHO, A.A. Síntese sobre o pargo (*Lutjanus purpureus*). *In*: HAIMOVICI, M. **Prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica**, 2007. Brasília: [S.e], p. 249-255. Foraminífera, 1977.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin: Springer-Verlag, 1983.

FRANÇA, A.M.C.; COUTINHO, P.N.; MORAIS, J.O. Sedimentos superficiais da margem continental Nordeste brasileira. **Revista Brasileira de Geologia**, São Paulo, p.78- 88, 1976.

FRANÇOLIN, J.B.L; SZATMARI, P. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. **Revista Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 196-207, 1987.

FREIRE, G.S.S.; CAVALCANTI, V.M.M.; MAIA, L.P.; LIMA, S.F. Classificação dos Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará, 1997. *In*: Simpósio de geologia do Nordeste, Fortaleza. **Anais**, Fortaleza, 1997.

FREIRE, G.S.S. **Geologia Marinha da Plataforma Continental do Estado do Ceará**. Departamento de Geologia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1985.

FRIEDMAN, G.M. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. **Journal of Sedimentary Petrology**, [S.l.], p. 514-529, 1961.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **A Zona Costeira do Ceará: Compartimentação Geoambiental e Antropismo**. Ciência, Tecnologia e Educação Superior, 2009.

GAGE, J.; TYLER, P. **Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor**. Cambridge: Cambridge University, 1991.

GARDNER, W.D. **Baltimore Canyon as a modern conduit of sediment to the deep sea**. United Kingdom: Deep-Sea Research, 1989.

GARRETT, C.; KUNZE, E. Internal tide generation in the deep ocean. **Annual Reviews of Fluid Mechanics**, Palo Alto, v. 39, p. 57–87, 2007.

GEFFARD, O.; GEFFARD, A.; HIS, E.; BUDZINSKI, H. Assessment of the bioavailability and toxicity of sediment-associated polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals applied to *Crassostrea gigas* embryos and larvae. **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 46, p. 481-490, 2003.

GIRAUDEAU, J.; CREMER, M.; MANTHE, S., LABEYRIE, L.; BOND, G.: Coccolith evidence for instabilities in surface circulation south of Iceland during Holocene times. **Earth Planetary Science Letter**, Talence, v. 179, p. 257–268, 2000.

GORSEL, M.; JENSEN, F. B. Nitrite uptake and HCO_3^- excretion in the intestine of the european flounder (*Platichthys flesus*). **Journal of Experimental Biology**, Ottawa, n. 202, p. 2103-2110, 1999.

GOSS, K.U.; SCHWARZENBACH, R.P. Gas/solid and gas/ liquid partitioning of organic compounds: critical evaluation of the interpretation equilibrium constants. **Environmental Science and Technology**, [S.l.], v. 32, p. 2025–2032, 1998.

GOVIN, A. Distribution of major elements in Atlantic surface sediments (36°N49°S): Imprint of terrigenous input and continental weathering. **American Geophysical Union**, [S.l.], v. 13, n. 1, 2012.

GRESSLER, V.; FUJII, M.T.; YOKOYA, N.S.; COLEPIOLO, P; PINTO, E. **Identificação de ftalatos naturais em espécies de algas vermelhas marinhas coletadas no estado do Espírito Santo, Brasil**. 2009. In: Sociedade Brasileira de Química (SBQ). 33a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas. 2009

GUPTA, A.K. Deep sea faunal provinces and their inferred environments in the Indian ocean based on distribution of recent benthic foraminifera. **Paleogeography, paleoclimatology, paleoecology**, India, v. 291, 2010.

GUPTA, S. B. K. **Modern foraminifera**. London: Kluwer Academic Publishers, 1999.

GURGEL, A.R.C. **Ressonância da Onda de Maré na Plataforma Continental Amazônica Recife-PE**. 2015. Dissertação (mestrado em Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2015.

HEDGPETH, J. **The treatise on marine ecology and paleoecology**. Washington: Geological Society of America, 1957.

HERBERT, RA. Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. **FEMS Microbiology Reviews** vol. 23, p. 563-590, 1999.

HOWARTH, R.W., 1993. Microbial processes in salt-marsh sediments. *In*: Ford, T.E: **Aquatic Microbiology: An Ecological Approach**. London: Blackwell Scientific, p. 239–258

HSU, K.J. Chemistry of dolomite formation. *In*: CHILLINGAR, G.V.; BISSEL, H.J.; FAIRBRIDGE, R.W. **Carbonate Rocks. Origin, Occurrence, and Classification**. Amsterdam: Elsevier, p. 169-191, 1967.

HU, J.; PENG, P.; JIA, G.; MAI, B.; ZHANG, G. Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediments of the subtropical Pearl River estuary and adjacent shelf, Southern China. Amsterdam: **Marine Chemistry**, v. 98, p. 274-285, 2006.

ISIK, K.; OZDEMIR-KOCAK, F. Antimicrobial activity screening of some sulfonamide derivatives on some *Nocardia* species and isolates. **Microbiological Research**, Turquia, v.164, p. 49-58, 2009.

IWAI, F. S. **Inferências paleoclimáticas com base em foraminíferos planctônicos em um testemunho da Bacia de Santos**. 2008. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2008.

JENNE, E.A., Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu, and Zn concentrations in soils and water- The significant role of hydrous Mn and Fe oxides. **American Chemical Society**, Washington, p. 337–387, 1968.

JESUS, L.V. & ANDRADE, A.C.S. Parâmetros Granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas-Aracaju-SE. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 9, 2013.

JORISSEN, F. J. Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment-water interface, 1999. *In*: GUPTA, B.K.S. **Modern foraminífera**. London: Kluwer Academic Publishers, 1999.

JORISSEN, F.J.; STIGTER, H.C.; WIDMARK, J.G.V. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. **Marine Micropaleontology**, Amsterdam, v. 26: p. 3-15, 1995.

JOROSKI, V.T. **Estudo da Degradação do Cloridrato de Fluoxetina Por Peróxido de Hidrogênio e Composto Contendo Prata Coloidal**. 2017. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

KAWAMURA, K; KAPLAN, I.R. Organic compounds in the rainwater of Los Angeles. **Environmental Science and Technology**, California, v. 17, p. 497-501, 1983.

KEMLE-VON MÜCKE, S.; HEMLEBEN, C. Foraminifera. *In*: BOLTOVSKOY, D. **South Atlantic Zooplankton**. Leiden: Backhuys Publishers, pp 43–73, 1999. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-58646-0_3. Acesso em: 09 mar. 2019.

KENDALL, C.; SILVA, S.R.; KELL, Y.V.J. Carbon and nitrogen compositions of particulate organic matter in four large river systems across the United States. **Hydrological Processes**, Washington, v. 15, p. 1301-1346, 2001.

- KENNETT, J. **Marine Geology**. New Jersey: Prentice Hall, 1982.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.
- KILLOPS, S.D.; KILLOPS, V. **Introduction to organic geochemistry**. Malden: Blackwell, n.2, 2005.
- KLEIN, C.; DUTROW, B. **Manual de ciência dos minerais**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H.P.; BOHN, A. **Cellulosis: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material**. Polymer Science, v. 44, 2005.
- KOBAYASHI, S.; MIYAMURA, H.; AKIYAMA, R.; ISHIDA, T. Highly Active, Immobilized Ruthenium Catalysts for Oxidation of Alcohols to Aldehydes and Ketones. Preparation and Use in Both Batch and Flow Systems. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 127, 2005.
- KOSTKA, J.E., LUTHER III, G.W. Seasonal cycling of Fe in salt marsh sediments. **Biogeochemistry**, Netherlands, v. 29, p. 159–181, 1995
- KRUMBEIN, W.C.; SLOSS, L.L. **Stratigraphy and sedimentation**. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1963.
- LAMAS, F.; IRIGARAY, C.; OTEO, C.; CHACON, J. Selection of the most appropriate method to determine the carbonate content for engineering purposes with particular regard to marls. **Engineering geology**, [S.l.], p.32-41, 2005.
- LARSONNEUR, C. La caryographie de's dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en Manche. **Journal de Recherche Oceanographique**, Paris, p. 34-39, 1977.
- LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, 2010
- LAUREILLARD J. L.; PINTURIER, J.; FILLAUX, A. Organic geochemistry of marine sediments of the Subantarctic Indian Ocean sector: Lipid classes – sources and fate. **Deep-Sea Research**, França, v. 44, p. 1085- 1108, 1997.
- LEAL, C.D. **Aplicação de Bactérias do Ciclo do Enxofre no Tratamento de Efluentes e Recuperação de Enxofre Elementar**. 2012. Trabalho de Conclusão (especialização em Microbiologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.
- LECKIE, R.M.; OLSON, H.C. Foraminifera as proxies for sea-level change on siliciclastic margins. **Society for Sedimentary Geology**, [S.l.], p. 5-19, 2012.
- LI, X.; WAI, O.W.H.; LI, Y.S.; COLES, B.J.; RAMSEY, H.; THORNTON, I. Heavy metal distribution in the sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. **Applied Geochemistry**, Hong Kong, v.15, p. 567-581, 2000.

LIAGHATI, T; PREDA, M.; COX, M. Heavy metal distribution and controlling factors within coastal plain sediments, Bells Creek catchment, southeast Queensland, **Environment International**, Australia, v. 29. 2003.

LIBES S.M. 2009. **An Introduction to Marine Biogeochemistry**, n. 2, Academic Press, 2009.

LINARDI, V.R. Degradação biológica de cianetos: a importância do desenvolvimento de tecnologia para obtenção de um tratamento biológico. **Revista de Biotecnologia**, Maringá, v. 1, n. 4, p. 44-45, 1998.

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibrium in soils**. New York: John Wiley and sons, 1979.

LINS, J.P.C. **Caracterização Sedimentológica Quaternária do Talude Continental do Município de Luís Correia, Piauí**. 2018. Dissertação (mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2018.

LISBOA, F.M. **Fluoreção nucleofílica de compostos orgânicos**. São João Del-Rei, 2017

LOPES, F.C. **O Conflito Entre a Exploração Offshore de Petróleo e a Atividade Pesqueira Artesanal**. Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: [S.e], 2004.

LOUCHOUARN, P.; LUCOTTE, M.; CAMEL, R.; GAGNE, J.; RICHARD, L. Sources and early diagenesis of lignin and bulk organic matter in the sediments of the Lower St. Lawrence Estuary and the Saguenay Fjord. **Marine Chemistry**, Canadá, v. 58, p. 3–26, 1997.

LOURENÇO, R.A. **Metodologia para determinação de biomarcadores geoquímicos orgânicos em sedimentos – hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, esteóis e alquenonas**. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 2003

MADUREIRA, L.A.S. Compostos orgânicos em sedimentos marinhos: uma viagem ao fundo do Oceano Atlântico Norte. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 5, p. 814-824, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000500018&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 07 dez. 2019.

MAGLIOCA, A; KUTNER, A.S. **Conteúdo orgânico dos sedimentos de fundo de cananea. Instituto oceanográfico**. Universidade de São Paulo, 1964.

MAINIER F.B; VIOLA, E.D.M. O Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) e o Meio Ambiente *In*: II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, **Anais SEGT**, Resende, 2005

MANINI, E.; FIORDELMONDO, C.; GAMBI, C.; PUSCEDDU, A.; DANOVARO, R. Benthic microbial loop functioning in coastal lagoons: a comparative approach. **Oceanologica Acta**, Italia, v. 26, p. 27-38, 2003.

MARCELINO, A. M. T. **Caracterização dos Ecossistemas Costeiros dos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí**. 1999, Natal – RN. Disponível em:

http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round7/arquivos_r7/PERFURACAO_R7/refere/RegiaoNo_rdeste_RGN_CE_PI.pdf. Acesso em: 13 fev. 2020.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. Shell middens as a source for additional information in Holocene shoreline and sea-level reconstruction: example from the coast of Brazil. *In: Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data. Anais*, p. 503-523, 1986.

MARTINS, A.S., COSTA, P.A.S., HAIMOVICI, M., BRAGA, A.C, MINCARONE, M.M. 2017. Ecologia trófica do nécton demersal da plataforma e talude continental da Baía de Campos. *In: CURBELO-FERNANDEZ, M.P.; BRAGA, A.C. Comunidades Demersais e Bioconstrutores: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier, v. 4. p. 167-185, 2017.

MARTINS, C.C. **Morfodinâmica de Praia Refletiva: Estudo de Caso a Praia da Sununga, Litoral Norte do Estado de São Paulo**. 2004. Tese (doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTINS, C.C. **Marcadores orgânicos em testemunhos de sedimento do sistema estuarino de Santos e São Vicente-SP: Um registro histórico da introdução de hidrocarbonetos no ambiente marinho**. 2005. Tese (doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MARTINS, L.R. Recent Sediments and Grain size analysis: **Revista Gravel**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 90- 105, 2003.

MARTINS, L.R. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, p. 768-770, 1965.

MARTINS, M.P. **Biotransformação de Epóxidos com Fungos de Origem Marinha e Síntese de Clorodrinas**. 2008. Dissertação (mestrado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MARTINS, R.F. **Avaliação da Presença de Metais e de Biomarcadores Fecais em Sedimentos do Rio Barigui na Região Metropolitana de Curitiba**. 2008. Dissertação (mestrado em engenharia de recursos hídricos e ambiental) - Universidade do Pará. Belém, 2008.

MATOS, R. M. D.; WAICK, R. N.; PIMENTEL, V. P. C. Baía do Ceará (Mundaú): Uma fase ríftica convencional? *In: Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, Anais*, n.5, p. 358-362, 1996.

MAYER, A.M.S., RODRIGUEZ, A.D.; TAGLIALATELA-SCAFATI, O.; FUSSETANI, N. **Marine pharmacology**, Marine Drugs, 2009.

MCLACHLAN, A. Sandy beaches ecology - A review. *In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. Sandy Beaches as Ecosystems*. [S.l.]: The Hague, p. 321-380, 1983.

MCLAREN, P.; BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal Sedimentary Petrology**, [S.l.], v. 55, n. 4, p. 457-470, 1985.

- MEHTA, A.J. Characterization of cohesive sediment properties and transport processes in estuaries *In*: MEHTA, A.J. **Estuarine cohesive sediments dynamics**. Florida: Elsevier, 1984.
- MELO, J.M. **Avaliação do Impacto do aumento das concentrações celulares na biodegradação de resíduos oleosos de petróleo**. 2004. Dissertação (mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- MENDES, J. C. **Ambientes de sedimentação marinhos**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1984.
- MENDES, J.C. **Elementos de Estratigrafia**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1992.
- MESQUITA, A.C. **Uso de técnicas de oxidação química e biodegradação na remoção de alguns compostos recalcitrantes**. 2004. Tese (doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- MEURER, E.J. **Fundamentos de Química do Solo**. Porto Alegre: UFRGS, n. 2, 2004.
- MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. **Chemical Geology**, Michigan, v. 114, p. 289-302, 1994.
- MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 34, p. 261–289, 2003.
- MEYERS, P. A.; ISHIWATARI, R. Lacustrine organic geochemistry-an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 20, p. 867-900, 1993.
- MINEROPAR, Minerais do Parana S.A. **Geoquímica do Solo – Horizonte B**, Curitiba. 2005, 2v.
- MORAIS NETO, J.M.; PESSOA NETO, O.C.P.; LANA, C.C.; ZALÁN, P.V. 2003. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia do Ceará. **Fundação Paleontológica Phoenix**, Aracaju, v. 57, p. 1-6.
- MORAIS, J. O. **Processos interativos na elaboração da zona costeira do Estado do Ceará – impactos associados**. 1998. Tese (doutorado em Geociências) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 1998.
- MORAIS, J.O.; FREIRE, G.S.S. **A Zona Costeira do Ceará Diagnóstico para Gestão Integrada**. Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos, Fortaleza, p.28-82, 2003.
- MORRISON, R; R. BOYD. **Química Orgânica**. Lisboa: Fundação Calouste/Gulbenkian, n. 12, 1995.
- MORSE, J. W.; ARVIDSON, R. S. AND LÜTTGE, A. Calcium carbonate formation and dissolution. **Chemistry Review**, Texas, v. 107, p. 342–381, 2007.

MUEHE, D.; GARCEZ, D.S. **A Plataforma Continental Brasileira e sua Relação com a Zona Costeira e a Pesca**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

MULDER, A. Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor. **FEMS Microbiology Ecology**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 177-184, 1995.

MURRAY, J. W. Microfossil indicators of ocean water masses, circulation and climate. **Geological Society**, London, v. 83, p. 245-264, 1995.

MURRAY, J.W. **Ecology and paleoecology of benthic foraminífera**. United Kingdom: Longman Scientific e Technical, 1991.

MURRAY, W.J.; ALVE E. Benthic foraminífera as indicators of environmental change: marginal-marine, shelf and upper-slope environments. *In*: HASLETT, K.S. **Quaternary environmental micropaleontology**, [S.l.]: Routledge, 2002.

MUTTI, E.; TINTERRI, R. An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective. **American Association of Petroleum Geologists**, Tulsa, v. 39, p. 52-76, 1999.

NASCIMENTO, A.A. **Sedimentação holocênica na plataforma continental de Sergipe, Nordeste do Brasil**. 2011. Dissertação (mestrado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2011.

NISHIGIMA, F.N.; WEBER, R.R; BÍCEGO, M.C. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in sediments of Santos and Cananéia, SP, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, Grã Bretanha, 2001.

NORDBERG, G. F.; FOWLER, B.A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. **Handbook on the Toxicology of Metals**, 2007.

OLIVEIRA, T. S.; BARCELLOS, R. L.; SCHETTINI, C. A. F.; CAMARGO, P. B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, Lisboa, v.14, n.3, p. 399-411, 2014.

OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1984.

PALIKE, H. A Cenozoic record of the equatorial Pacific carbonate compensation depth. **Nature**, London, v. 488, p. 609-615, 2012.

PALMA, J.J.C. Depósitos de Minerais Pesados. *In*: Amaral, Recursos Minerais da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes. **Projeto REMAC**, v. 10, Rio de Janeiro, 1979.

PENGZHAN, Y., QUANBIN, Z., NING, L., ZUHONG, X., YANMEI, W., AND ZHI'EN, L. Polysaccharides from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) and preliminary studies on their antihyperlipidemia activity. **Journal of Applied. Phycology**, Netherland, v. 15, p. 21-27, 2003.

PERIN, G.; FABRIS, R.; MANENTE, S.; REBELLO WAGENER, A.; HAMACHER, C.; SCOTTO, S. A five-year study on the heavy metal pollution of Guanabara Bay sediments (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the metal bioavailability by means of geochemical speciation. **Water Research**, [S.l.], v.12, p. 3017-3028, 1997.

PETRÓ, S. M. Guia para classificação de foraminíferos planctônicos recentes. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Instituto de Geociências**, Porto Alegre, 2019.

PETROLEUM GEOSCIENCE TECHNOLOGY. **Geologia do Petróleo**. 2011. Disponível em: https://albertowj.files.wordpress.com/2010/03/geologia_do_petroleo.pdf. Acesso em: 28 nov. 2018.

PHLEGER, F.B. **Ecology and distribution of recent foraminifera**. London: The Johns Hopkins press, 1960.

PICKARD, G. L. & EMERY, W. J. **Descriptive Physical Oceanography - an introduction**. Pergamon Press, 1990.

POLANCO, F. New process for simultaneous removal of nitrogen and sulphur under anaerobic conditions. **Water Research**, Bethesda, v. 35, p. 1111-1114, 2001.

POMMERENIG, B.; FEUSSNER, K.; ZIERER, W.; RABINOVYCH, V.; KLEBL, F.; FEUSSNER, I.; SAUER, N. Phloem specific expression. Yang cycle gene and identification of novel yang cycle enzymes in *Plantago* and *Arabidopsis*. **The plant cell**, [S.l.], 2011.

PONÇANO, W.L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 1986.

POWERS, M.C. A new roundness scale for sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Petrology**, Italy, v. 23, p. 117-119, 1953.

PUKASIEWICKZ, S.R.M. **Tratamento do efluente do processamento de subprodutos da indústria de produtos cárneos em filtro anaeróbio**. 2010. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2010.

PUSCEDDU, A.; BIANCHELLI, S.; CANALS, M.; VIDAL, A.S.; DEMADRON, X.D.; HEUSSNER, S.; LYKOUSIS, V.; STIGTER, H.; STIGTER, F.; DANOVARO, R. Organic matter in sediments of canyons and open slopes of the Portuguese, Catalan, Southern Adriatic and Cretan Sea margins. **Deep-Sea Research**, [S.l.], v. 57, p. 441-457, 2010.

RAMOS, R.C.P.; NETTO, A.M.R.; BARBOSA, C.F. Caracterização Bioestratigráfica do Neógeno Superior da Bacia de Santos com Base em Foraminíferos Planctônicos. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, 2006.

RASHID, M. A. **Geochemistry of marine humic compounds**. New York: Springer-Verlag, 1985.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. ELCHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Guanabara, 2007.

REITZ, A.; PFEIFER, K.; De LANGE, G.J.; KLUMP, J. Biogenic barium and the detrital Ba/Al ratio: a comparison of their direct and indirect determination. **Marine Geology**, [s.l.], v. 204, p. 289–300, 2004.

ROCHA, A.T. Métodos de estudo dos foraminíferos. **Boletim do Instituto de Investigação Científica**, Angola, v. 9, n.1, p. 27-50, 1972.

SANCHES, S. M., SILVA, C.H. T. P., VIEIRA, E. M. **Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água**. Química Nova na Escola, n. 17, p. 6-12, 2003

SANTAROSA, A.C.A. **Caracterização paleoceanográfica de um testemunho da Bacia de Santos com base em foraminíferos planctônicos durante o Holoceno**. 2010. Dissertação (mestrado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, D.B. **Fósforo como marcador geoquímico para avaliação dos impactos nos sedimentos do Rio do Sal –Aracaju/SE (Brasil)**. 2009. Dissertação (mestrado em química analítica e controlo de qualidade) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009.

SANTOS, E.M.S. **Modificação e caracterização da quitosana para uso como suporte em processos biotecnológicos**. 2009. Tese (doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.

SANTOS, J.M. Caracterização Geoquímica Orgânica e Inorgânica de Sedimentos de Manguezais do Estuário São Francisco, Sergipe: **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 7, n. 6, p. 2139-2153, 2015.

SCARPIN, M.A. **Aplicação da Difração e Fluorescência de Raios X (WDXRF): Ensaio em Argilominerais**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Minerais. USP, 2003.

SCHMIDT, D.N.; RENAUD, S.; BOLLMANN, J.; SCHIEBEL, R.; THIERSTEIN, H.R.. Size distribution of Holocene planktic foraminifer assemblages: biogeography, ecology and adaptation. **Marine Micropaleontology**, Zurich, v. 50, p.319–338, 2004.

SEMÊDO, L. T. A. S.; GOMES, R. C.; BON, E. P. S.; SOARES, R. M. A.; LINHARES, L. F. AND COELHO, R. R. R. Endocellulase and exocellulase activities of two *Streptomyces* strain isolated from a forest soil. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, [S.l.], v. 84, p. 267–76, 2000.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS – DGM Coordenação de Geocronologia, **Guia de Procedimentos do Sgb Para Amostragem E Seleção De Métodos Geocronológicos Aplicados ao Mapeamento Regional**, n. 1, 2005.

SHANCHUN, J.; O’LEARY, T.; VOLKMAN, J. K.; HUIZHI, Z.; RONGFEN, J.; SUHUA, Y.; YAN, W.; ZUOFENG, L.; ZUOQING, S.; RONGHUA, J. Origins and simulated thermal alteration of sterols and keto-alcohols in deep-sea marine sediments of the Okinawa Trough. **Organic Geochemistry**, Grã Bretanha, v. 21, 1994

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

SHEPARD, F.P.; DILL, R.F. **Submarine canyons and other sea valleys**. Chicago: Rand McNally, 1966.

SHIBATA, M.; TERADA, F. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. **Animal Science Journal**, Japan, v. 81, n. 1, p. 2-10, 2010.

SIDDIQUI, N.; PANDEYA, S. N.; KHAN, S. A.; STABLES, J.; RANA, A.; ALAM, M.; ARSHADA, M. F.; BHAT, M. A. Synthesis and anticonvulsant activity of sulfonamide derivatives-hydrophobic domain. **Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters**, [S.l.], v.17, p. 255-259, 2007.

SIEBURTH, J.M.S. **Sea microbes**. New York: Oxford University Press, 1979.

SILVA, A. M. C. **Relações entre a dinâmica costeira e a meio fauna dos sedimentos praias do litoral da Ilha de Itamaracá – PE**. 2005. Tese (doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

SILVA, A.C. **An analysis of water properties in the western tropical Atlantic using observed data and numerical model results**. 2006. Tese (doutorado em Oceanografia Abiótica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SILVA, A.L. **Epóxidos Derivados dos Adutos de Morita-Baylissillman**. 2018. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

SILVA, L. **Estruturas químicas dos ácidos húmicos de sedimento de mangue e o nível de poluição ambiental**. Curitiba, 2001. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28982/D%20-%20LENISE%20DA%20SILVA.pdf?sequence=1>. Acesso em 21 jan. 2019.

SILVA, V.M. Bromofenóis simples relacionados ao "flavor" de organismos marinhos. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 629-635, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300024&lng=en&nrm=iso. Acesso em 07 out. 2019.

SIMONEIT, B.R.T. The Organic Chemistry of Marine Sediments. *In*: Riey, J.P., SIQUEIRA, G. W. MENDES, A.S.; LIMA, W.N. APRILE, F.M; BRAGA, E.S. **Distribuição Geoquímica de Carbono, Nitrogênio, Fósforo e outros parâmetros Geoquímicos na Plataforma Continental do Amazonas - Norte do Brasil**, Anuário de Ciências do Mar, 2005.

SKINNER, B. J. **Recursos minerais da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SMART, C. W. Environmental applications of deep-sea benthic foraminifera. *In*: HASLETT, S. K. **Quaternary environment micropaleontology**. Londres: Arnold Publishers. p. 14-58, 2002.

SOARES JUNIOR, A.V.; COSTA, J.B.S.; HASUI, Y. Evolução da Margem Atlântica Equatorial do Brasil: três fases distensivas. **Geociências**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 427-437, 2008.

SOARES JUNIOR, A.V.; HASUI, Y.; COSTA, J.B.S.; MACHADO, F.B. Evolução do rifteamento e paleogeografia da Margem Atlântica Equatorial do Brasil: Triássico ao Holoceno. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 669-692, 2011.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 1, p. 73-91, 1998.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1973.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Quaternary marine formations of the States of São Paulo and southern Rio de Janeiro. *In*: International Symposium On Coastal Evolution in The Quaternary. São Paulo: **Igcp Project**, n. 61, 1978.

TANNER, W.F. Environmental Clastic Granulometry. Florida: **Geological Survey**, n. 40, 1995

TANNER, W.F. The zig-zag nature of type I and IV curves. **Journal of Sedimentary Petrology**, Chicago, v. 28, p. 372-375, 1958.

TAYLOR, M.W.; HILL, R.T.; PIEL, J.; THACKER, R.W.; HENTSCHEL, U. Soaking it up: the complex lives of marine sponges and their microbial associates. **ISME Journal**, Canada, v. 1, p. 187-190, 2007.

TEIXEIRA, I.A.L.; GUSMAO, R.O.; FERRAZ, L.M.; OLIVEIRA, A.P.C.; ASSIS, F.G.V.; LEAL, P.L. Isolamento e seleção de bactérias produtoras de amilase e pectinase sob fermentação submersa. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1: p. 2227-2244, 2017.

TESSLER, M.G.; MAHIQUES, M.M. Processos Oceânicos e a Fisiografia dos Fundos Marinhos. *In*: TEIXEIRA, T., **Decifrando a Terra**, São Paulo: Oficina de Textos, pp. 261-304, 2000.

THEOLOGIS, A.; ZAREMBINSKI, T. I.; OELLER, P. W.; LIANG, X.; ABEL, S. Modification of fruit ripening by suppressing gene expression.. **Plant Physiology**, [S.l.], v.100, p.549-551, 1992.

TINOCO, I. M. **Introdução ao Estudo dos componentes Bióticos dos Sedimentos Marinhos Recentes**. Recife: Editora Universitária UFPE, 1989.

TOLDERLUND, D.S.; BÉ, A. W.H. Seasonal distribution of planktonic foraminifera in the western north atlantic. **Micropaleontology**, Nova York, v. 17, n. 3, p. 297-329, 1971.

TOLEDO, F.A.L. **Variações Paleoceanográficas nos últimos 30.000 anos no oeste do Atlântico Sul: Isótopos de Oxigênio, Assembléia de Foraminíferos Planctônicos e Nanofósseis Calcários**. 2000. Dissertação (doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

TRUJILLO, M.; ALVAREZ, B.; RADI, R. One- and two- electron oxidation of thiol: mechanisms, kinetics and biological fates. **Free Radical Research**, United Kingdom, v. 50, 2016

TUDOR, F.M. **CrITÉrios de reconhecimento dos depósitos de inundação tsunamigénica no contexto do Ordenamento do TerritÓrio**. 2017. Dissertação (mestrado em Geografia Física e ordenamento de território) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

USEPA. **Procedures for the Derivation of Equilibrium Partitioning Sediment Benchmarks (ESBs) for the Protection of Benthic Organisms: PAH Mixtures**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency Regions and Office of Science and Technology, 2003. Disponível em: www.epa.gov/nheerl/publications/files/PAHESB.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

USUI, T.; NAGAO, S.; YAMAMOTO, M.; SUZUKI, K.; KUDO, I.; MONTANI, S.; NODA, A.; MINAGAWA, M. Distribution and sources of organic matter in surficial sediments on the shelf and slope off Tokachi, western North Pacific, inferred from C and N stable isotopes and C/N ratios. **Marine Chemistry**, Amsterdam, v. 98, p. 241-259, 2006.

VAN BEEK, P.; REYSS, J.L.; BONTE, P.; SCHMIDT, S. Sr/Ba in barite: a proxy of barite preservation in marine sediments. **Marine Geology**, Colorado, v. 199, p. 205–220, 2003.

VAN DE GRAAF, A.A. Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms in a fluidized bed reactor. **Microbiology**, Grã Bretanha, v. 142, p. 2187-2196, 1996.

VAN RIJN, L.C. **Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas**. Netherland: Aqua Publications, 1993.

VERMELHO, A.B. **Enzimas Microbianas na biorremediação do petróleo. Lab Bioinovar. Unidade de biocatálise, bioproductos e bioenergia**. Instituto de microbiologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <https://www.ufrj.br/site/midia/arquivos/palestra23-enzitec-16.pdf>. Acesso em 08 jan. 2019.

VICALVI, M.A. **Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático do quaternário superior do talude da bacia de campos e platô de são paulo adjacente, com base em foraminíferos planctônicos**. Tese (doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

VIEIRA, A.T. FEITOSA, A.C.; BENVENUTI, S.M.P. **Diagnóstico do Município de Itarema**. Serviço Geológico do Brasil. Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. Residência Fortaleza, 1998.

VIEIRA, P.C. Variações do Nível, Marinho: Alterações Eustáticas no Quaternário. **Revista Instituto Geológico**, São Paulo, p. 39-58, 1981.

VILELA, C.G. Foraminíferos *In*: CARVALHO, I.S **Paleontologia: Microfósseis Paleo invertebrados**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, v. 2, p. 53-68, 2011.

VOLKMAN, J. K. A review of Sterol Markers for Marine and Terrigenous Organic Matter, **Organic Geochemistry**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 83-99, 1986.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, [S.l.], v. 37, p.29-38, 1934.

WARD, B.B. Nitrogen cycle of the sea. *In*: **Encyclopedia of Earth System Science**. Academic Press, v. 3, p. 295-306, 1992.

WATANABE, G.A.O. **Marés internas semidiurnas na plataforma continental amazônica. Dissertação**. 2014. Dissertação (mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

WEINER, M. L. Overview of lithium toxicology. *In*: SCHRAUZER G.N.; KLIPPEL, K.F. **Lithium in Biology and Medicine**. Weinheim: VCH Verlag, p. 83–99, 1991.

WHITEHOUSE, B.G. The effects of temperature and salinity on the aqueous solubility of polynuclear aromatic hydrocarbons. **Marine Chemistry**, [S.l.], v. 14, p. 319-332, 1984.

WU, Z.; HE, M.; LIN, C.; FAN, Y. Distribution and speciation of four heavy metals (Cd, Cr, Mn and Ni) in the surficial sediments from estuary in Daliao river and yingkou bay. **Environmental Earth Science**. v. 63, p.163–175, 2011.

WYRTKI, K. **Oceanographic atlas of the international Indian Ocean expedition**. Lexington: National Science Foundation, 1971.

XAVIER, M.F. **Impacto Ambiental da Exploração de Petróleo Offshore no Brasil**. Rio de Janeiro: [S.e], 2011.

XING, L.; ZHANG, H.; YUAN, Z.; SUN, Y.; ZHAO, M. Terrestrial and marine biomarker estimates of organic matter sources and distributions in surface sediments from the East China Shelf. **Continental Shelf Research**, China, v. 31, p. 1106-1115, 2011.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p.155-189, 1984.

ZALÁN, P.V. **Stratigraphy and Petroleum Potencial of the Acaraú and Piauí-Camocim Sub-basins, Ceará Basin, Offshore Northeastern Brazil**. Colorado School of Mines. 1983. Dissertação (mestrado em Geology) - Colorado School of Mines, Golden Colorado, 1983.

ZALÁN, P.V.; NELSON, E.P.; WARME, J.E.; DAVIS, T.L. The Piauí Basin: rifting and wrenching in an Equatorial Atlantic transform basin. *In*: BLICK, N. C. & BIDDLE, K. T.

Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. SEPM Special Publication, Texas, n. 37, p. 177-192, 1985.

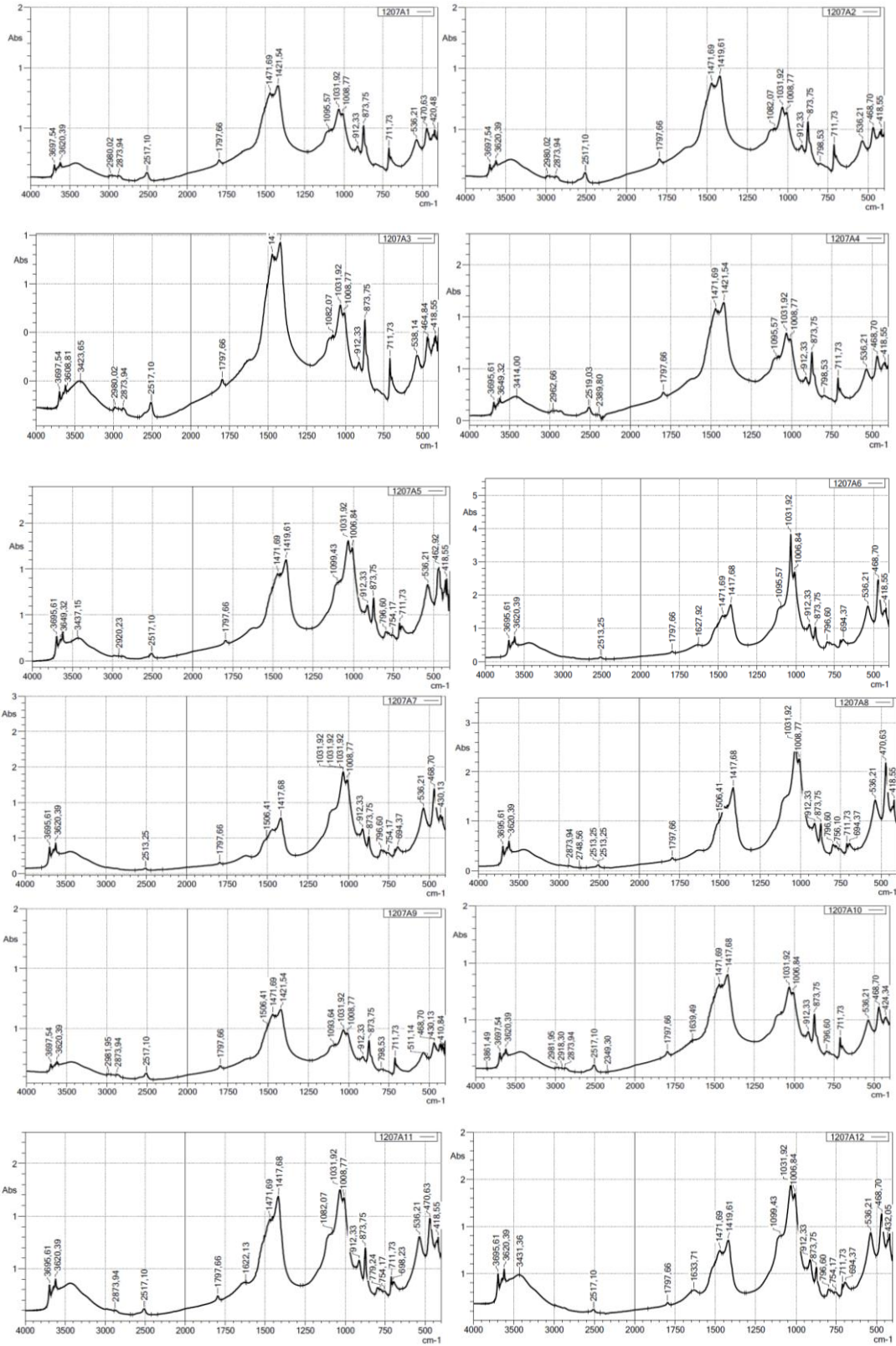
ZALÁN, P.V. Bacias sedimentares da Margem Equatorial. *In*: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**, São Paulo: Beca, p. 497-501, 2012

ZHANG, H.; KING, B.; SWINNEY, H. L. Resonant generation of internal waves on a model continental slope. **Physical Review Letters**, Reino Unido, v. 100, n. 24, 2008.

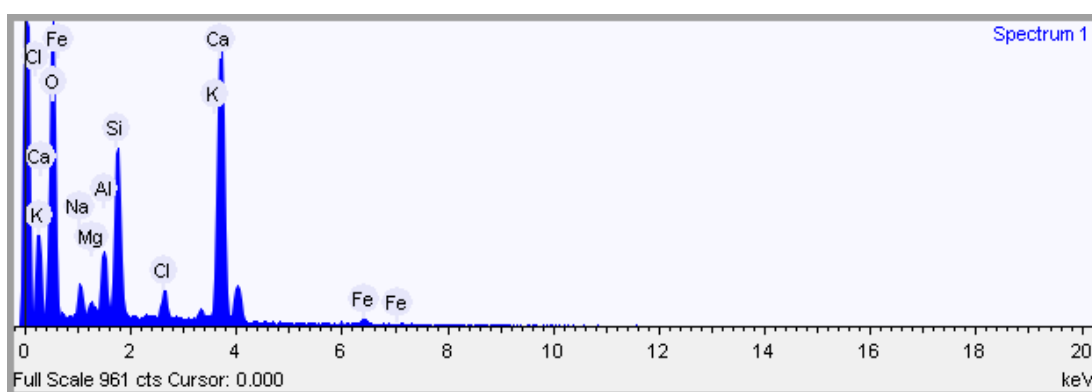
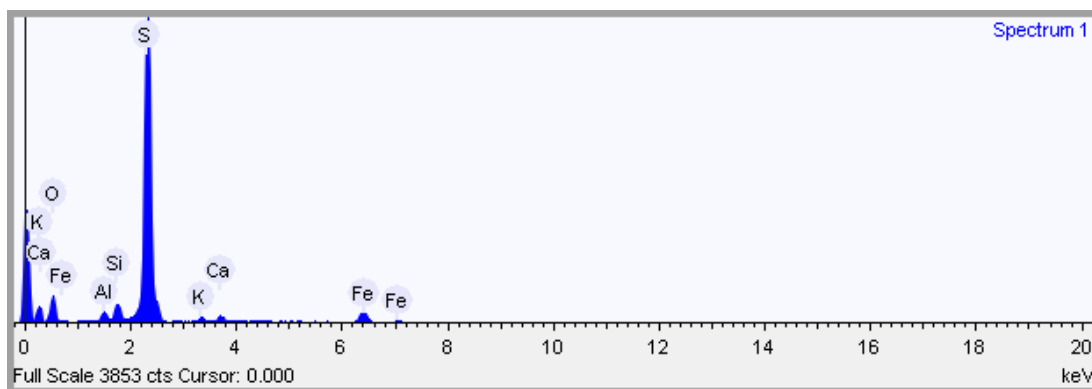
ZIMMER, P. D. **Caracterização parcial da ACC (ácido 1-carboxílico 1-aminociclopropano) oxidase em frutos climatéricos.** 1998. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

ZWIRTES, I. R. **Uso da geocronologia e da distribuição de lipídios e fósforo na reconstituição histórica dos sedimentos da Lagoa da Conceição.** 2003. Dissertação (mestrado em Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

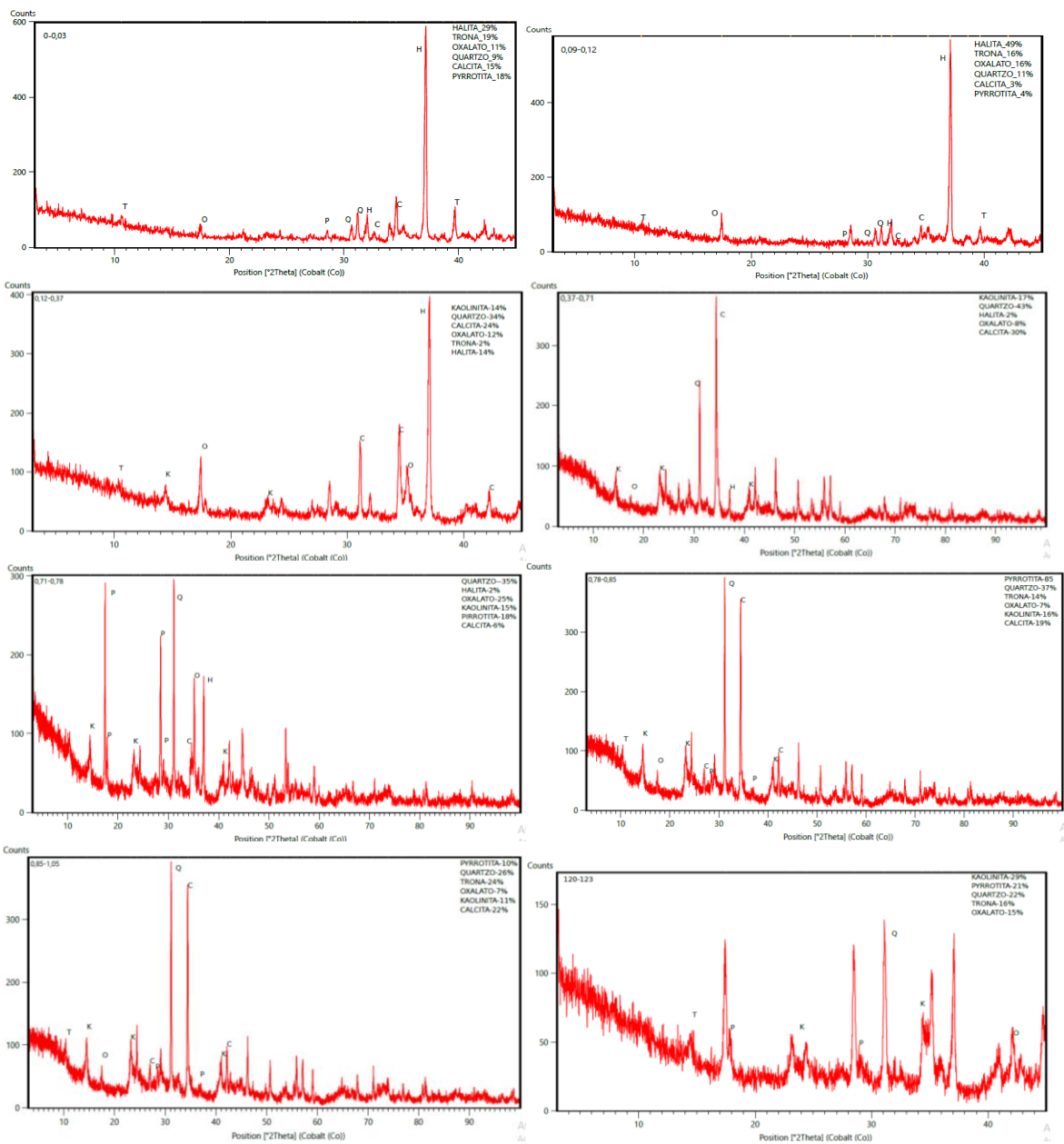
APÊNDICE A - ESPECTROFOTOMETRIA POR FTIR DE ANP-1207

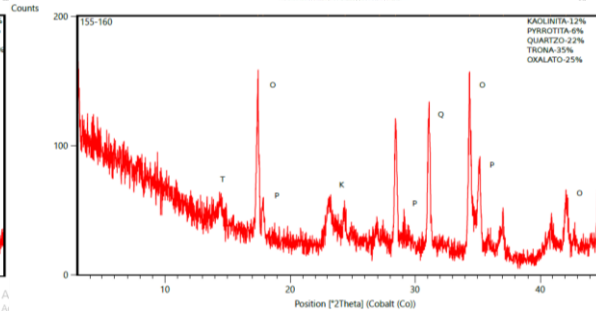
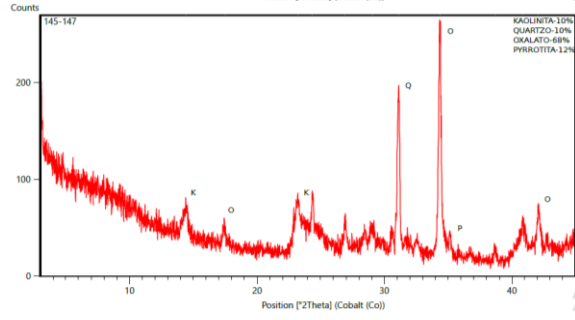
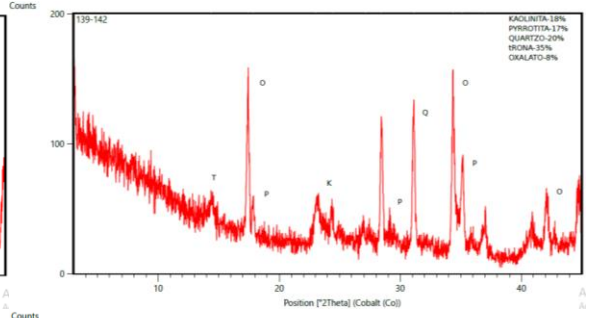
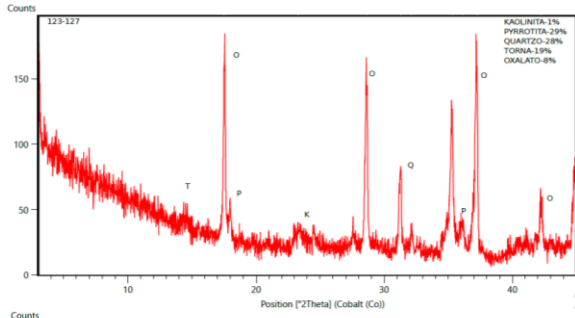


APÊNDICE B - ESPECTROS DE MEV-EDS DO TESTEMUNHO ANP-1207

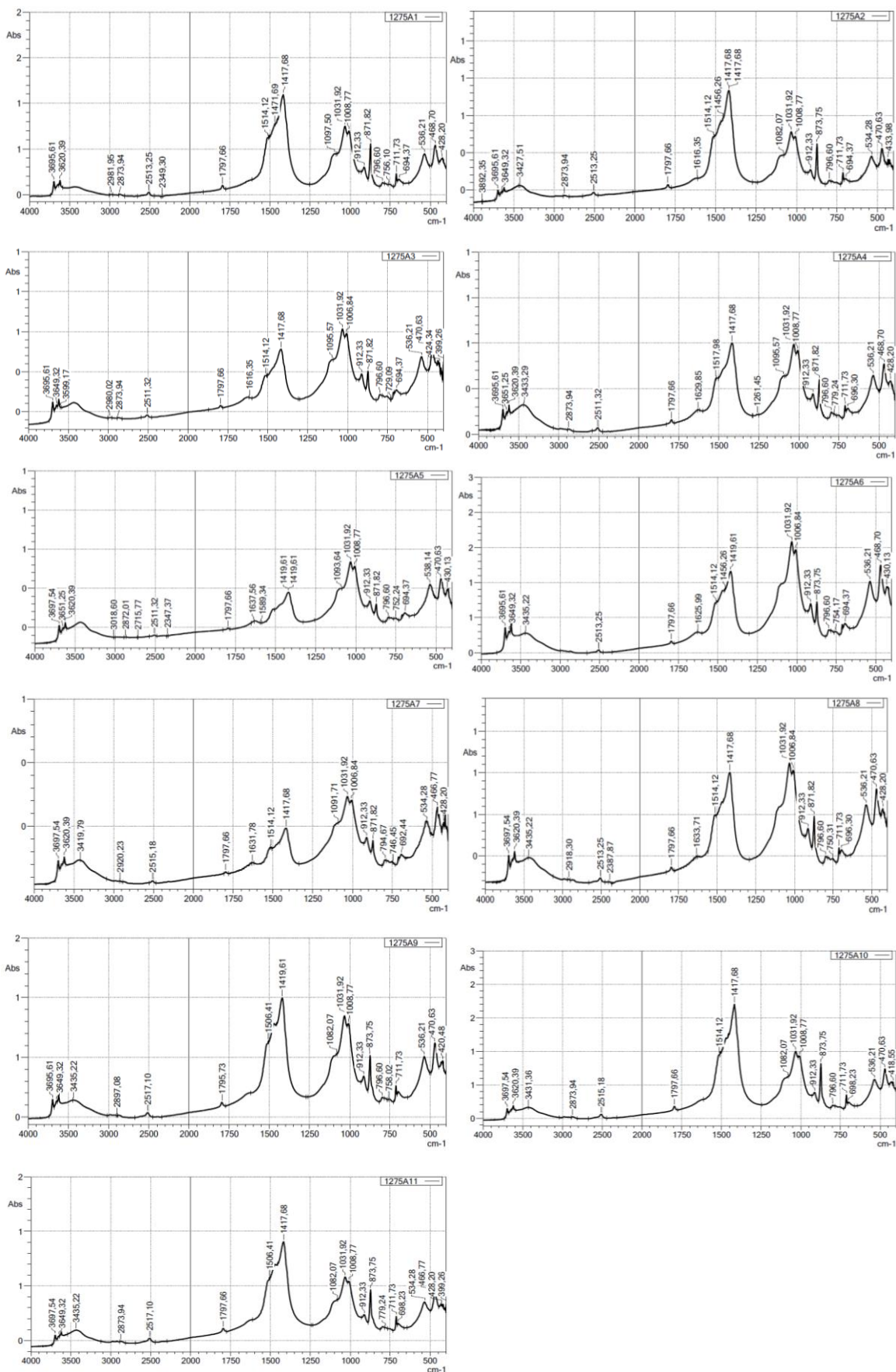


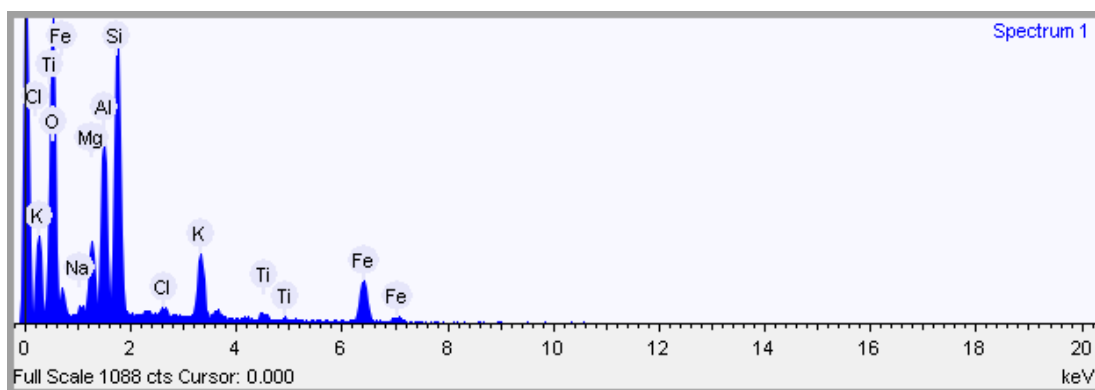
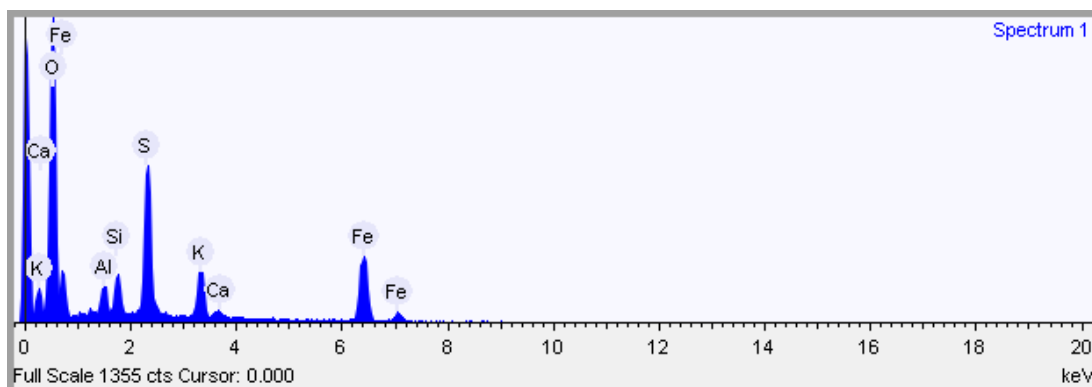
APÊNDICE C - DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X POR AMOSTRA DE ANP-1207



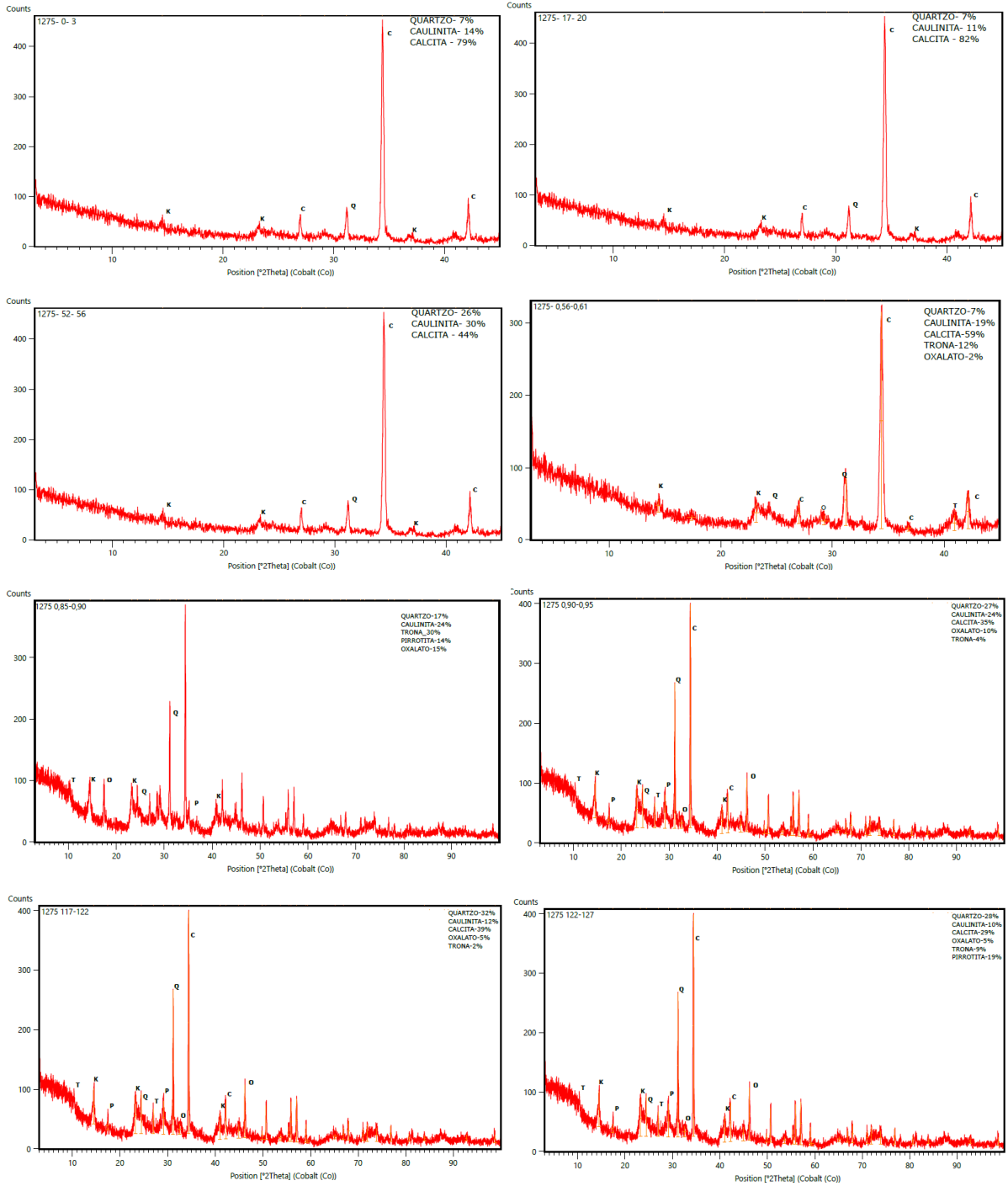


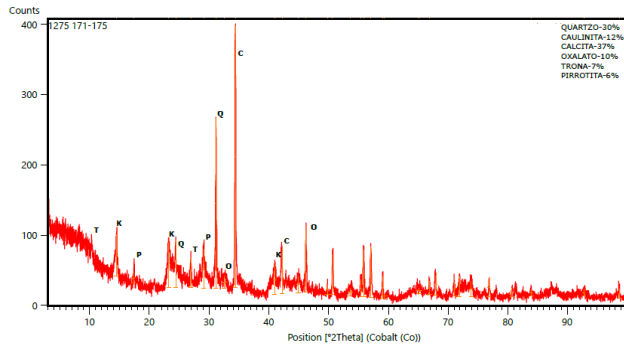
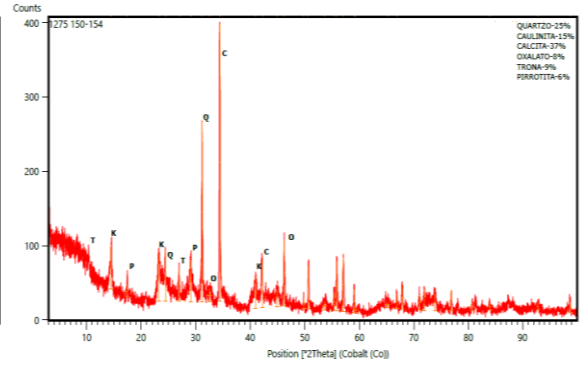
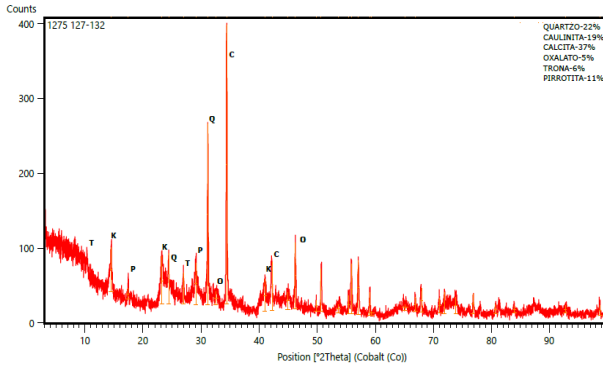
APÊNDICE D - ESPECTROFOTOMETRIA POR FTIR DE ANP-1275



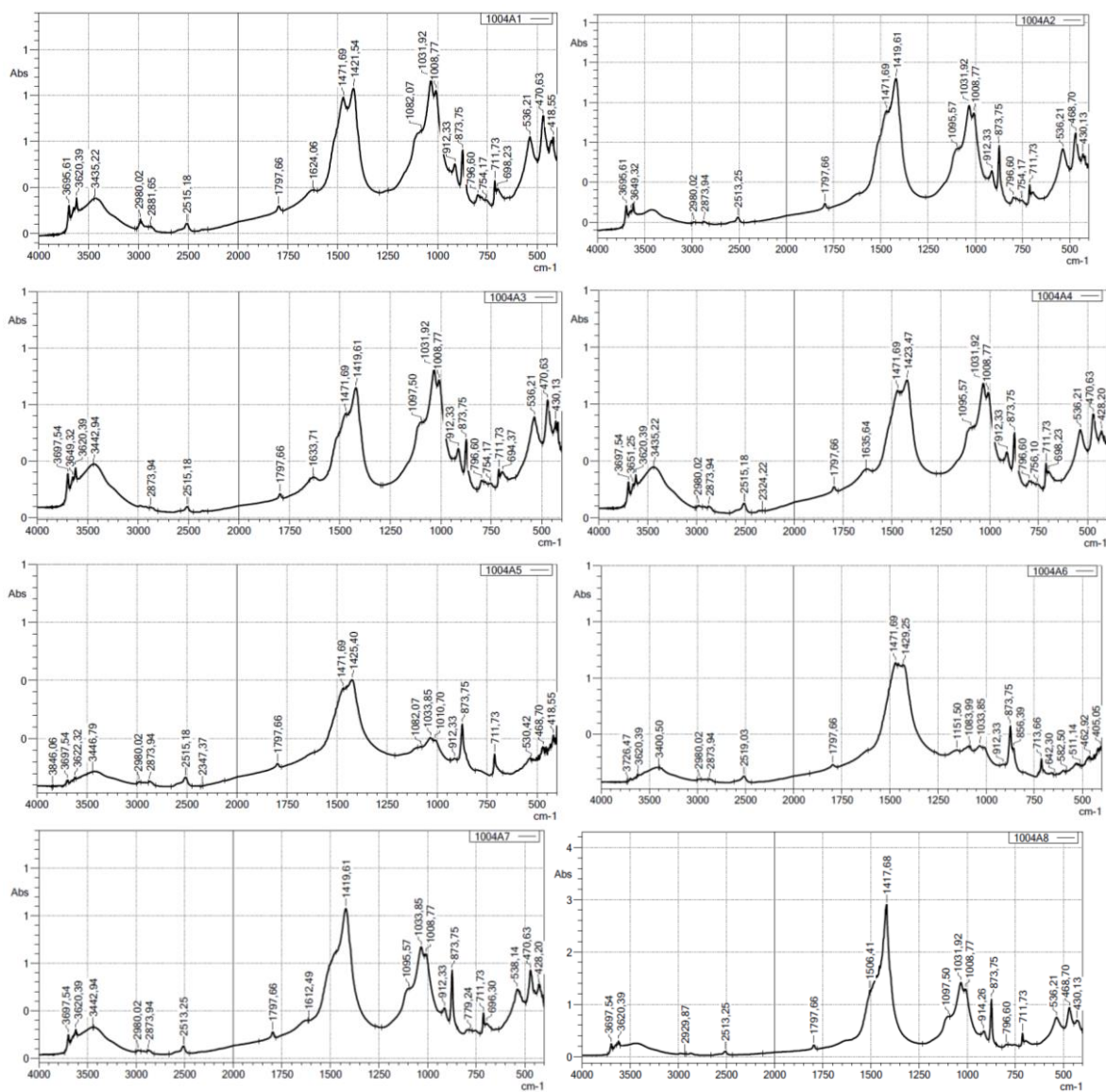
APÊNDICE E - ESPECTROS DE MEV-EDS DO TESTEMUNHO ANP-1275

APÊNDICE F - DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X POR AMOSTRA DE ANP-1207

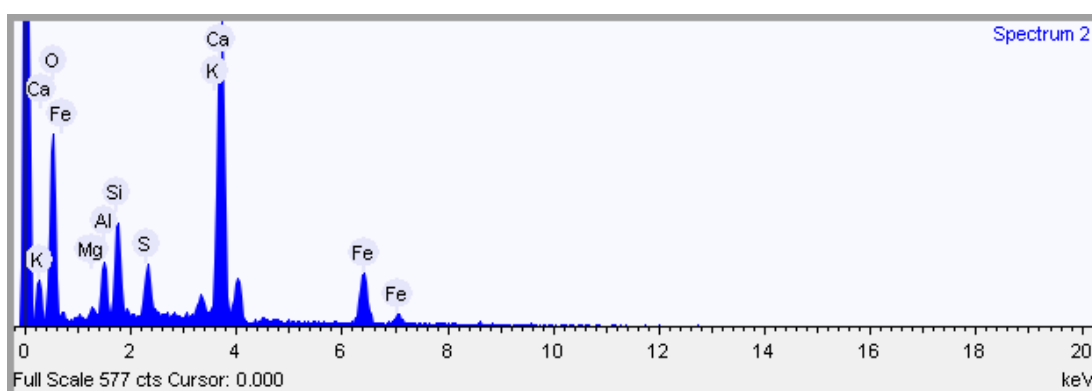
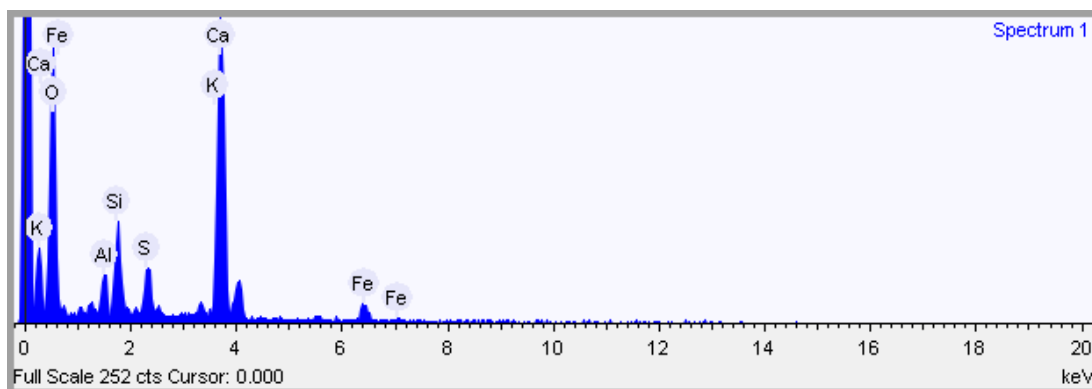




APÊNDICE G - ESPECTROFOTOMETRIA POR FTIR DE ANP-1004



APÊNDICE H - ESPECTROS DE MEV-EDS DO TESTEMUNHO ANP-1004



APÊNDICE I - DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X POR AMOSTRA DE ANP-1004

