



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA/GEOFÍSICA- LAGEMAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS E DA TERRA

FABRÍCIO LEANDRO DAMASCENO FERREIRA

***EVIDÊNCIAS DE ZONA DE PALEOCANAIS DE MARÉ SOTERRADOS NO
SETOR LESTE DA RESTINGA DA MARAMBAIA (RJ)***

NITERÓI
2021

FABRÍCIO LEANDRO DAMASCENO FERREIRA

*EVIDÊNCIAS DE ZONA DE PALEOCANAIS DE MARÉ SOTERRADOS NO
SETOR LESTE DA RESTINGA DA MARAMBAIA (RJ)*

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra do Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Geologia e Geofísica Marinha.

Prof. Dr. Alberto Garcia Figueiredo Jr (Orientador)

Prof^ª. Dr^ª. Josefa Varela Guerra (Orientadora)

**NITERÓI – RJ
2021**

FABRÍCIO LEANDRO DAMASCENO FERREIRA

*EVIDÊNCIAS DE ZONA DE PALEOCANAIS DE MARÉ SOTERRADOS NO
SETOR LESTE DA RESTINGA DA MARAMBAIA (RJ)*

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra do Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Geologia e Geofísica Marinha.

Aprovada em 15 de Dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Garcia Figueiredo Jr (Orientador)
Deptº de Geologia/LAGEMAR-UFF

Josefa Varela guerra

Prof.ª Dr.ª Josefa Varela Guerra (Orientadora)
Deptº de Oceanografia Geológica/FAOC-UERJ
Deptº de Geologia/LAGEMAR-UFF

Amli

Prof. Dr. Antonio Tadeu dos Reis
Deptº de Oceanografia Geológica/FAOC-UERJ

Aguiar

Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva
Deptº de Geologia/LAGEMAR-UFF

Maria Virgínia Alves Martins

Prof.ª Dr.ª Maria Virgínia Alves Martins
Deptº de Geologia – Faculdade de Geologia - FGEL/UERJ

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG
Gerada com informações fornecidas pelo autor

D155e Damasceno ferreira, Fabrício Leandro
EVIDÊNCIAS DE ZONA DE PALEOCANAIS DE MARÉ SOTERRADOS NO
SETOR LESTE DA RESTINGA DA MARAMBAIA (RJ) / Fabrício Leandro
Damasceno ferreira ; Josefa Varela Guerra, orientadora.
Niterói, 2021.
93 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Niterói, 2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGDOT.2021.m.14295889776>

1. Geoquímica Inorgânica. 2. Radiocarbono. 3. Flutuações
Climáticas.. 4. Produção intelectual. I. Guerra, Josefa
Varela, orientadora. II. Universidade Federal Fluminense.
Instituto de Geociências. III. Título.

CDD -

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Rosemary e Edézio pelo amor, por todo apoio e compreensão para a realização deste trabalho, sem vocês isso não seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Fluminense (UFF), em especial ao programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha e ao Laboratório de Sedimentologia pela oportunidade em desenvolver este trabalho, pelo apoio financeiro e pelo suporte em que sempre precisei.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela disponibilidade da bolsa que me permitiu permanecer no programa do início até o fim do curso e a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo suporte financeiro ao projeto.

À minha orientadora, professora Josefa Varela Guerra pelo apoio, pelo ensinamento pela confiança e pela dedicação durante esse período de parceria. Agradeço por me permitir desenvolver e crescer como pesquisador.

A professora Virgínia Martins do laboratório de Paleontologia da Faculdade de Geologia da UERJ que de forma amiga, cuidadosa, me ajudou no processamento nas análises químicas e pela contribuição financeira que foi de extrema importância para o desenvolvimento da dissertação e para o meu.

Ao professor Antonio Tadeu dos Reis do laboratório de Oceanografia Geológica da UERJ que disponibilizou as amostras e todo recurso que serviram de base para o desenvolvimento deste projeto e pela confiança depositada em mim.

A minha família, em especial ao meu irmão Edézio, pelo suporte tanto emocional e financeiro que me permitiu chegar até aqui.

Aos meus queridos e fiéis companheiros que estão nesse barco comigo desde o início da minha jornada acadêmica Lays Ferreira, Luana Firmino, Eduarda Bastos, Mariana Ribeiro, Pedro Suhet, Rafael Strozi, Allana Faustino e em especial a Gabriela Rodrigues e Lara Herculano pelos incentivos, pelos conselhos e por todos os momentos que passamos juntos, obrigado família.

A minha grande irmã de coração, Aline Marciano Narciso pelo amor, força, companheirismo e pelos conselhos para nunca deixar de trilhar este caminho como pesquisador.

As minhas Amigas do Rui, Arielma Simara, Mayara Sampaio, Milene Alencar e Stafany Montes que sempre estiveram presentes mesmo com a distância física.

Deixo aqui registrado, aos meus amigos da UERJ, o meu respeito, admiração e meu amor por vocês: Carolina Lyra, Janaína Prudente, Wellen Castelo e Marcia Carolina, carregarei

cada uma de vocês no meu coração.

Ao incrível time do Laboratório de Oceanografia Geológica da Faculdade de Oceanografia da UERJ, Felipe, Pedro e Moisés que me receberam tão bem e me auxiliaram em toda etapa acadêmica.

Por fim, deixo aqui registrado, a todos que de qualquer forma contribuíram para eu chegar até aqui, muito obrigado!

“Sabe amar,
Sabe de mim e de si.
Sabe de nós,
Sabe ser um!”

Mário Quintana

RESUMO

DAMASCENO - FERREIRA, Fabrício Leandro. Evidências de zona de paleocanais de maré soterrados no Setor leste da Restinga da Marambaia (RJ). 2021. Dissertação de mestrado em Geologia e Geofísica Marinha – Instituto de Geociências, Departamento de Geologia e Geofísica - LAGEMAR, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

A restinga de Marambaia é um cordão arenoso com aproximadamente 40 km de dimensão, com 5 km de largura, formando uma ilha barreira que separa a baía de Sepetiba do oceano Atlântico e localizada no estado do Rio de Janeiro. Entretanto, este estudo buscou-se determinar a avaliação ambiental a arquitetura estratigráfica da margem leste da restinga da Marambaia através da análise direta de sedimentos contidos em testemunho sedimentar com intuito de aprimorar o modelo de evolução da restinga. Para isto, foi utilizado a metodologia para realização (a) análise granulométrica, (b) caracterização geoquímica e (c) datações por radiocarbono. Percebem-se a partir dos resultados obtidos das 102 amostras analisadas que a estrutura estratigráfica do testemunho coletado no setor Leste da Restinga de Marambaia é predominantemente composta por sedimentos arenoso, sendo o teor de areia média o mais evidenciado pela análise granulométrica, correspondendo do topo até os 32 metros de profundidade. Entretanto, o mesmo arcabouço sedimentar apresenta um registro sedimentológico classificado como silte médio, variando dos 33 m até os 41 m. A distribuição química dos elementos destaca para um aumento dos teores químicos dos elementos na parte intermediária entre 13 a 28 m de profundidade do testemunho. A análise radiocarbônica, datada em aproximadamente ~8 a 7,5 ka evidencia o setor leste da Restinga de Marabaia como um estuário que esteve condicionado a diferentes eventos climáticos no seu período de formação.

Palavras-chave: Análise granulométrica, geoquímica inorgânica, radiocarbono, flutuações climáticas.

ABSTRACT

DAMASCENO - FERREIRA, Fabrício Leandro. Evidence from the tide paleochannels buried in the eastern sector of the Marambaia Restinga (RJ). 2021. Master dissertation in Marine Geology and Geophysics - Institute of Geosciences, Department of Geology and Geophysics - LAGEMAR, Fluminense Federal University, Niterói, 2021.

The Marambaia Restinga is a sandy cord with approximately 40 km in size, 5 km in width, forming a barrier island that separates Sepetiba Bay from the Atlantic Ocean and located in the state of Rio de Janeiro. However, this study aimed to determine the environmental assessment of the stratigraphic architecture of the east bank of the restinga of Marambaia through the direct analysis of sediments contained in sedimentary core in order to improve the evolution model of the restinga. For this, the methodology was used to perform (a) particle size analysis, (b) geochemical characterization and (c) radiocarbon dating. It can be seen from the results obtained from the 102 analyzed samples that the stratigraphic structure of the core collected in the East sector of Restinga de Marambaia is predominantly composed of sandy sediments, with the average sand content being the most evidenced by the granulometric analysis, corresponding from the top to the the 32 meters deep. However, the same sedimentary framework presents a sedimentological record classified as medium silt, ranging from 33 m to 41 m. The chemical distribution of the elements highlights an increase in the chemical contents of the elements in the intermediate part between 13 to 28 m deep in the testworld. The radiocarbon analysis, dated at approximately ~8 to 7.5 ka, shows the east sector of Restiga de Marabaia as an estuary that was conditioned to different climatic events during its formation period.

Keywords: Particle size analysis, inorganic geochemistry, Radiocarbon, climatic fluctuations.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com a localização do testemunho coletado (T1).24
- Figura 2 (a) Mapa tectônico da América do Sul (Heilbron et al., 2004). 1- Sistema orogênico andino; 2- Terreno Patagônia; 3- Cobertura fanerozoica da Plataforma Sul-Americana; 4- Escudos da Plataforma Sul-Americana, destacando a Província Mantiqueira (5) e o Cráton do São Francisco (6). (b) Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira: o segmento setentrional é o Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel. Fonte: Heilbron et al. (2004).26
- Figura 3. Imagem de satélite com a delimitação estrutural das subdivisões do Gráben da Guanabara em sub-grabens, determinados por Zalán (2004) e suas zonas divisórias indicadas em vermelho. O quadrado vermelho destaca a área de estudo.27
- Figura 4: Mapa geológico da área que compõe a Bacia do rio Guandu. Modificado do Mapa geológico do estado do Rio de Janeiro publicado pelo CPRM (Silva et al., 2001). ..28
- Figura 5. Mapa com os domínios morfo-sedimentares descritos por Dadalto et al. (2021). As letras b-h correspondem a fotos mostradas na Figura 5 de Dadalto et al. (2021). O X indica a localização aproximada de um testemunho que será descrito nesta dissertação. ..29
- Figura 6. Sistema ilha barreira evidenciando os seis tipos de ambientes sedimentares costeiras compostos no mesmo. Fonte: Modificado de Ortel (1985) por Dadalto (2017). ..30
- Figura 7. Variação relativa do nível do mar nos últimos 7 mil anos realizado por (Suguio, 2003).32
- Figura 8. Variação do nível do mar a partir da datação de vermetídeos nos últimos 7 mil anos. Fonte: modificado de Angulo et al. (2006).33
- Figura 9. Curvas de variação do nível do mar para o Brasil e contextos de tratos de sistemas esperados, indicando uma queda do nível do mar a partir de 6 ka. Fonte: Dillenburg et al. (2009)34
- Figura 10. Curvas referentes à variação do nível do mar de 22 ka até o presente, constendo as curvas de Bard et al. (1990) e Angulo et al. (2006). A: curva baseada em medições de isótopos estáveis de ^{230}Th ; B: curva baseada em medições de isótopos estáveis de ^{14}C . A linha pontilhada representa a ausência de dados. Fonte: Friederichs, (2012); Friederichs et

al., (2013); Reis et al., (2013) e retirado de Dadalto, (2017).	35
Figura 11. Curva de variação do nível do mar para os últimos 22 ka (deglaciação Pleistoceno Tardio-Holoceno). A curva de posição do nível do mar para os últimos ~7 ka (acima do atual) baseia-se em Angulo et al. (2006) para o litoral sudeste brasileiro, enquanto a porção da curva anterior a ~7 ka baseia-se em dados de Bard et al. (1990) para a região de Barbados. U2, U3 e U4 referem-se a Unidades sísmicas discutidas em Reis et al. (2020). MSF= Superfície de Inundação Máxima; LST= Trato de Sistema de Mar Baixo; TST= Trato de Sistema Transgressivo; HST=Trato de Sistema de Mar Alto; FSST inicial= início de implantação do Trato de Sistema de Regressão Forçada.	36
Figura 12 - Tubos utilizados para retirada dos sedimentos. Foto: Sondeq (2017).	37
Figura 13. Fluxograma referente às etapas desta pesquisa.	40
Figura 14. (a) Material sedimentar lamoso para avaliação Geoquímica, microfósseis e análise granulométrica, tendo o intervalo de coleta de 10 cm, (b) fragmento de madeira encontrado no testemunho.	41
Figura 15. Remoção da Matéria Orgânica em Laboratório com aplicação de Peróxido de Hidrogênio(H ₂ O ₂).	42
Figura 16. Agitador mecânico processando um intervalo de sedimentos do testemunho estudado.	43
Figura 17. Análise de uma fração do testemunho no equipamento Mastersizer 2000.	44
Figura 18. Amostras processadas e armazenadas para análise de geoquímica elementar.	47
Figura 19. Materiais reservados para datação por radiocarbono.	50
Figura 20. Fluxograma das etapas realizadas pelo laboratório Beta Analytic.	51
Figura 21. Fragmento de madeira após os procedimentos realizados. Fonte: Beta Analytic.	52
Figura 22. Distribuição do tamanho médio dos sedimentos ao longo do testemunho, com indicação das seções sem recuperação de sedimentos. Escala horizontal em unidade phi. Tamanho > 4 ϕ corresponde à fração silte. As amostras arenosas da base do testemunho correspondem à Seção 24.	53
Figura 23:- Distribuição do desvio-padrão das amostras de sedimentos ao longo do testemunho, com indicação das seções sem recuperação de sedimentos. Escala horizontal	

em unidade phi. MBS-BS: Muito Bem Selecionado a Bem Selecionado. MdBS – MdS: Moderadamente Bem Selecionado a Moderadamente Selecionado; MS: Mal Selecionado; MMS: Muito Mal Selecionado.....	54
Figura 24: Relação entre tamanho médio dos sedimentos e seu grau de seleção. As amostras envoltas na linha tracejada vermelha representam amostras das seções 19, 21 e 22.....	54
Figura 25 - Gráfico ternário de classificação granulométrica do testemunho T1, segundo a escala de Wentworth (1922).....	55
Figura 26 - Porcentagem, em peso, das frações areia, silte e argila ao longo do testemunho T1. Apenas entre aproximadamente 35 e 42 m de profundidade (Seções 19, 21 e 22) foi registrada a presença de argila, com percentuais entre 2 e 20% em peso.	56
Figura 27: Distribuição da curtose das amostras de sedimentos ao longo do testemunho. M = amostras mesocúrticas.	57
Figura 28: Distribuição da assimetria das amostras de sedimentos ao longo do testemunho. Valores entre -0,1 e 0,1 representam amostras quase Simétricas e menores que -0,3 representam amostras muito negativas.	58
Figura 29: Distribuição dos parâmetros estatísticos dos sedimentos do testemunho em relação à profundidade. Os espaços em branco representam os intervalos que não tiveram recuperação.....	60
Figura 30: Tamanho granulométrico médio X assimetria das amostras.	61
Figura 31: Tamanho granulométrico médio X curtose.	61
Figura 32: Grau de seleção (desvio-padrão) X curtose das amostras de sedimentos.....	62
Figura 33. Variação de teor de matéria orgânica e carbonato de cálcio ao longo do testemunho (A) e relação entre os teores e o tamanho médio dos sedimentos (B).	62
Figura 34: Distribuição de Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Co, Cr ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).....	65
Figura 35: Distribuição de Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo e Na ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).	66
Figura 36: Distribuição de Nb, Ni, P e Pb, S, Sc, Sn, Sr ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).....	67

Figura 37: Distribuição de Th, Ti, V, W, Y, Zn e Zr ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).....	68
Figura 38. Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).	70
Figura 39. Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).	71
Figura 40: Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).	72
Figura 41: Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).	73
Figura 42: Tamanho granulométrico médio dos sedimentos, expresso em unidade ϕ , ao longo do testemunho e posição / idade das amostras datadas.	75
Figura 43: Percentual de areia nos sedimentos superficiais dos canais de maré de Barra de Guaratiba. A cor vermelha denota 100% de areia enquanto a cor verde escuro denota 0% de areia, na área mais próxima à baía de Sepetiba. O (X) indica a localização aproximada do testemunho T1. A ilha do Bom Jardim e as margens norte e sul dos canais são ocupados por manguezais e apicuns (planícies salinas). Fonte: Vianna (2016).	77
Figura 44: Linha sísmica <i>strike</i> interpretada com destaque para a superfície S3, relacionada à exposição subaérea da plataforma durante a última regressão com a presença de paleocanais fluviais escavados; a unidade sísmica U4, relacionada à transgressão que se iniciou há cerca de 22 ka e levou ao preenchimento dos paleocanais fluviais mas também à formação de canais estuarinos que sucessivamente migram lateralmente e são preenchidos; e a unidade U6 caracterizada por paleocanais estuarinos cuja presença sugere a existência de barreiras arenosas não preservadas. Fonte: Friederichs, 2012.	78
Figura 45: No painel à esquerda é mostrado um perfil sísmico <i>strike</i> levantado no interior da baía de Sepetiba e sua interpretação. Foram identificadas a superfície S1, que denota uma série de canais fluviais que erodiram a unidade subjacente (U1); a Unidade sísmica U2, composta por uma série de paleocanais fluviais/estuarinos que foram sucessivamente preenchidos e reescavados, com indícios de nível de energia decrescente em direção ao topo; as Unidades sísmicas U3 e U4, com uma série de feições canalizadas que sugerem um ambiente estuarino gradualmente mais confinado, enquanto a Unidade U5 corresponderia ao preenchimento mais recente da baía de Sepetiba, caracterizado pela	

dominância de sedimentos finos. No painel à direita está representada a curva do nível do mar para os últimos 22 mil anos com a unidade U2 (transgressiva), U3 e U4 (regressão normal), e U5 (regressão forçada). MSF= Superfície de Inundação Máxima; LST= Trato de Sistema de Mar Baixo; TST= Trato de Sistema Transgressivo; HST=Trato de Sistema de Mar Alto; FSST inicial= início de implantação do Trato de Sistema de Regressão Forçada. Fonte: Reis et al. (2020).79

Figura 46: Perfil de GPR ao longo dos setores leste e central da restinga da Marambaia em que são mostradas canalizações preenchidas, interpretadas como tendo sido formadas em ambientes estuarinos de alta energia (fácies geofísica fg7a) à medida que a restinga era gradualmente fechada. Observar a migração lateral das canalizações e a deposição da Unidade U4, que representa a restinga atual. Observar que nesta figura a escala de tempo (profundidade) está expressa em nanossegundos, enquanto nas figuras 43 e 44, está expressa em milissegundos (ms). Fonte: Dadalto (2017).80

Figura 47: Perfil de GPR no setor oeste da restinga da Marambaia onde são mostradas canalizações preenchidas, com profundidade e largura variáveis, interpretadas como canais de maré (radar fácies rf2b). Fonte: Gouvêa (2019).81

Figura 48: Modelo paleogeográfico simplificado de Friederichs et al. (2013) do paleossistema estuarino de Sepetiba mostrando a evolução de um sistema que passa de totalmente aberto a semifechado. A curva simplificada de variação do nível do mar para os últimos 22 ka é composta pelas posições de nível do mar inferidas por medições de isótopos estáveis em corais na região de Barbados (Bard et al., 1990) e pela posição do nível do mar proposta por Angulo et al. (2006) para o litoral sudeste brasileiro para os últimos ~7 ka.82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Identificação das seções em que o testemunho T1 foi subdividido, com indicação da profundidade da base e do topo das mesmas.	38
Tabela 2: Classificação dos sedimentos segundo os parâmetros estatísticos (limites de classes segundo Folk & Ward, 1957).....	45
Tabela 3: Limites mínimo e máximo do valor de detecção Fonte: Bureau Veritas Ltda....	49
Tabela 4: Média, mediana, desvio padrão, valor mínimo e máximo da concentração dos elementos químicos ao longo do testemunho T1. (*) indica os elementos cuja concentração ficou abaixo do limite de detecção na maioria das amostras analisadas (Bi, Cd, Sb e U).....	63
Tabela 5: Datações por radiocarbono realizadas no testemunho T1.....	74

LISTA DE SIGLAS

AMS - Accelerator Mass Spectrometry (Espectômetro de massa com acelerador acoplado)

BP – Antes do presente (Before present)

C - Carbono

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CPRM- Serviço Geológico do Brasil

DC – Depois de Cristo

GIS – Geographic Information System

Hcl – Ácido Clorídico

H₂O₂ – Peróxido de Hidrogênio

ICP-ES – Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry.

Ka – Milhares de ano

Km – Quilômetros

M- Metros

MO – Matéria orgânica

SRTM/Nasa - Shuttle Radar Topography Mission

T1 – Testemunho coletado

UERJ- Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UFF- Universidade Federal Fluminense

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	22
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
3.1 GEOLOGIA REGIONAL	25
.....	28
3.2 GEOMORFOLOGIA REGIONAL.....	29
4. SISTEMAS DE ILHAS-BARREIRAS	30
4.2 CANAIS DE MARÉ	31
4.3 VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR	31
5. MATERIAIS E MÉTODOS	37
5.1 TESTEMUNHO T1.....	37
5.2 PROCESSAMENTO DO TESTEMUNHO.....	39
5.2.1 ABERTURA, DESCRIÇÃO VISUAL, FOTOGRAFIA E SUBAMOSTRAGEM DO TESTEMUNHO	39
5.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONATO ...	42
DE CÁLCIO	42
5.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	43
5.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO FINA (< 63 µm).....	44
5.6 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS.....	45
5.7 ANÁLISE DOS PARÂMETROS GEOQUÍMICOS DO TESTEMUNHO	46
5.8 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	46
5.9 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GEOQUÍMICA ELEMENTAR	48
5.10 GEOCRONOLOGIA DO TESTEMUNHO.....	50
5.10.1 Datação por radiocarbono em conchas e madeira	50
5.10.2. Pré-tratamento pelo Beta Analytic	51
6. RESULTADOS.....	52
6.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS.....	52
6.2 GEOQUÍMICA ELEMENTAR DAS AMOSTRAS	63
6.3 DATAÇÕES POR RADIOCARBONO.....	74
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	76
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
8. REFERÊNCIAS.....	86

1. INTRODUÇÃO

Ambientes como baías, lagoas costeiras, estuários e deltas estão cada vez mais sendo estudado pela academia, tanto no meio nacional e internacional, buscando observar o comportamento de abertura sedimentar e a dinâmica sedimentológica atuante.

Observa-se que no decorrer do XX, as áreas costeiras sofreram impactos significativos. Dados demográficos disponibilizados por Small & Nicholls (2003) realçam que 23% da população mundial habitavam entorno de 100 km de distância dos ambientes costeiros, resultado que pode ser maior nos dias atuais, isto ratifica que o litoral está sujeito a variações antrópicas e econômicas.

A partir disto, Roy et al., 1994 relatam que a região costeira é resultante da dinâmica sedimentar, das oscilações do nível médio do mar e das condições ambientais determinadas pelas ondas ou pelas marés. Análises feitas da estratigrafia sedimentar dos ambientes costeiros brasileiro, evidenciam os processos marinhos ocorridos no decorrer da escada geológica, revelando informações referentes a magnitude e dinâmica das variações no nível do mar, das ondas de tempestade, das marés e da temperatura.

Estudos como o de Rodriguez et al., 2005, mostrou diferentes variações do nível do mar e que no período holocênico foram produzidos várias sucessões sedimentares, destacando as transgressões e regressões da região costeira, sendo este cenário associado ao sistema de ilha-barreiras e dos paleocanais.

Segundo Roncarati & Barrocas (1978), o período de regressão e transgressão marinha acarretou na mudança nos cursos dos corpos hídricos desta região. Esses rios desaguavam próximo na plataforma continental e foram soterrados devido a transgressão marinha, formando inúmeros paleocanais.

As ilhas-barreiras são uma estrutura de sedimentos inconsolidados, composto com areias de fração grossa a fina, formado por ondas e localizadas próximas aos ambientes costeiros, sendo desagregadas por canais de maré, lagoas costeiras e por baías. Neste sentido, Galloway & Hobday (1983) indicaram três tipos do processo de evolução do sistema de ilhas-barreiras, sendo elas: (a) agradacional, tendo o seu processo de formação quando a concentração de sedimentos se equivale ao índice de criação do espaço de compartimento de sedimentos; (b) transgressivas, ocorrendo quando o valor do aporte sedimentar é menor que o espaço de suporte sedimentar e (c) regressivas, constituído quando a taxa sedimentar é maior que o espaço de acomodação dos sedimentos.

Entretanto, Oertel, 1985, destaca inúmeros ambientes costeiros formados por uma ilha-barreira, como, por exemplo, as praias, dunas, região de mangues, leques transposicionais, planícies de marés, etc e que o sistema ilha-barreiras corresponde cerca de 15% da costa oceânica do mundo (Davies, 1980).

Já os canais de maré são formados por um sistema de ilha-barreira em ambientes costeiros de meso e micromaré, por causa dos elevados volumes de água, inundação e vazante das águas na laguna e nas planícies de maré (Moslow; Tye, 1985). A região leste da baía de Sepetiba, setor de coleta das amostras, apresenta diferentes variações ambientais e de acordo com Friederichs, 2012 a parte leste é caracterizada por vegetações de manguezais, sendo influenciada pela baixa energia e por grande oscilações das marés.

No contexto geológico, o litoral brasileiro torna-se um campo de interesse científico devido o processo de formação e reativação tectônica de toda costa brasileira, principalmente em seu período de rompimento, o que provocou fraturamentos e falhamentos por toda a costa brasileira como proposto por Zalán & Oliveira (2005). No território brasileiro, pode-se encontrar ilha-barreiras no estado do Rio Grande do Norte (Bacia Potiguar emersa), São Paulo (Ilha Comprida) e Rio de Janeiro (restinga da Marambaia), entre outros (Gouvêa, 2019).

No entendimento de Araújo et al., 1998, o corpo estuarino da baía de Sepetiba é interpretado pela literatura como uma estrutura ambiental semi-confinado com características físicas de águas salinas e salabras, limitando até ao sul pela Restinga de Marambaia, formada pela regressão marinha e situado na região sudeste do Brasil. Nos últimos anos a baía de Sepetiba tem sido cenário de uma intensa disputa econômica, visto que o aumento pela exploração mineralógica e das atividades portuárias.

De acordo com a literatura, a restinga de Marambaia é um cordão arenoso com aproximadamente 40 km de comprimento e com largura máxima de 5 km, formando uma ilha-barreira que separa a baía de Sepetiba do oceano Atlântico. Estudos com o de Friederichs, 2012; Friederichs et al., 2013; Amendola, 2016 e Reis et al., 2021 fundamentados por dados sísmicos realizados na baía de Sepetiba e também no decorrer da plataforma continental apontam para a conclusão de uma sucessão sedimentar correspondente a um modelo deposicional regressivo com espessura de ~15 metros, moldado com feição sorrerada, variando do interior da baía de Sepetiba até o posicionamento existente atualmente, sendo de acordo com os autores, sustentado por paleoambientes transgressivos.

Contudo, o estudo feito por Dadalto (2021) realizado na região de estudo, apresenta um novo modelo de evolução da restinga de Marambaia que estipula o cordão arenoso como sendo um sistema de ilha-barreira regressivo com processo de formação entre ~8-7,5 e 5,8 ka e apoiado por depósito sedimentar transgressivo, tendo o seu processo de formação mais antigo que ~8-7,5 ka .

Neste sentido, se faz necessário verificar a estrutura geológica da Restinga de Marambaia, bem como a dinâmica sedimentar para poder entender o processo de formação deste cordão arenoso.

2. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo principal, determinar a arquitetura estratigráfica do setor leste da restinga da Marambaia através da análise direta de sedimentos contidos em testemunho sedimentar com intuito de aprimorar o modelo de evolução da restinga apresentado por Dadalto (2017) e Dadalto et al (2021).

Os objetivos específicos são:

- Determinar a textura e os parâmetros estatísticos dos sedimentos do testemunho analisado;
- Verificar a composição geoquímica inorgânica dos sedimentos coletados;
- Contribuir para a determinação da idade e dos processos de formação do setor leste da restinga da Marambaia.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A baía de Sepetiba localiza na região oeste do Estado do Rio de Janeiro. Localizada entre as latitudes 22°53' e 23°05'S e longitudes 44°01' e 43°33'W a baía está a ~50 (km) de distância da capital fluminense.

Com aproximadamente 450 km² de área a baía de Sepetiba apresenta formação alongada limitando-se ao sul pela Restinga de Marambaia e conectada ao oceano na parte oeste. Entretanto, a baía de Sepetiba também tem conectividade com o oceano na parte leste da Restinga de Marambaia, através dos canais de maré de Barra de Guaratiba.

A restinga de Marambaia é um cordão arenoso com aproximadamente 40 km de comprimento e com largura máxima de 5 km, formando uma ilha barreira que separa a baía de Sepetiba do oceano Atlântico. Entretanto, a sua estrutura sedimentar é majoritariamente composta de sedimentos areno-lamosos a arenosos e de formação geológica do período quaternário.

Já em relação a recursos hídricos, a baía de Sepetiba recebe contribuição do seu principal corpo d'água, o Rio Guandu. Segundo Ferreira et al (2010) a bacia hidrográfica que margeia a baía de Sepetiba tem duas origens, a vertente da Serra do Mar e uma grande área de baixada, composta por diversos rios, um total de 22 sub-bacias.

O testemunho coletado para o presente estudo situa-se na parte leste da Restinga de Marambaia e se localiza mais próximo da linha de costa, tendo como latitude 23°03'16"S e longitude 43°34'43". A principal motivação para realizar desta é o fato de que o arcabouço sedimentar do setor leste da Restinga de Marambaia permanece praticamente desconhecido (Figura 1).

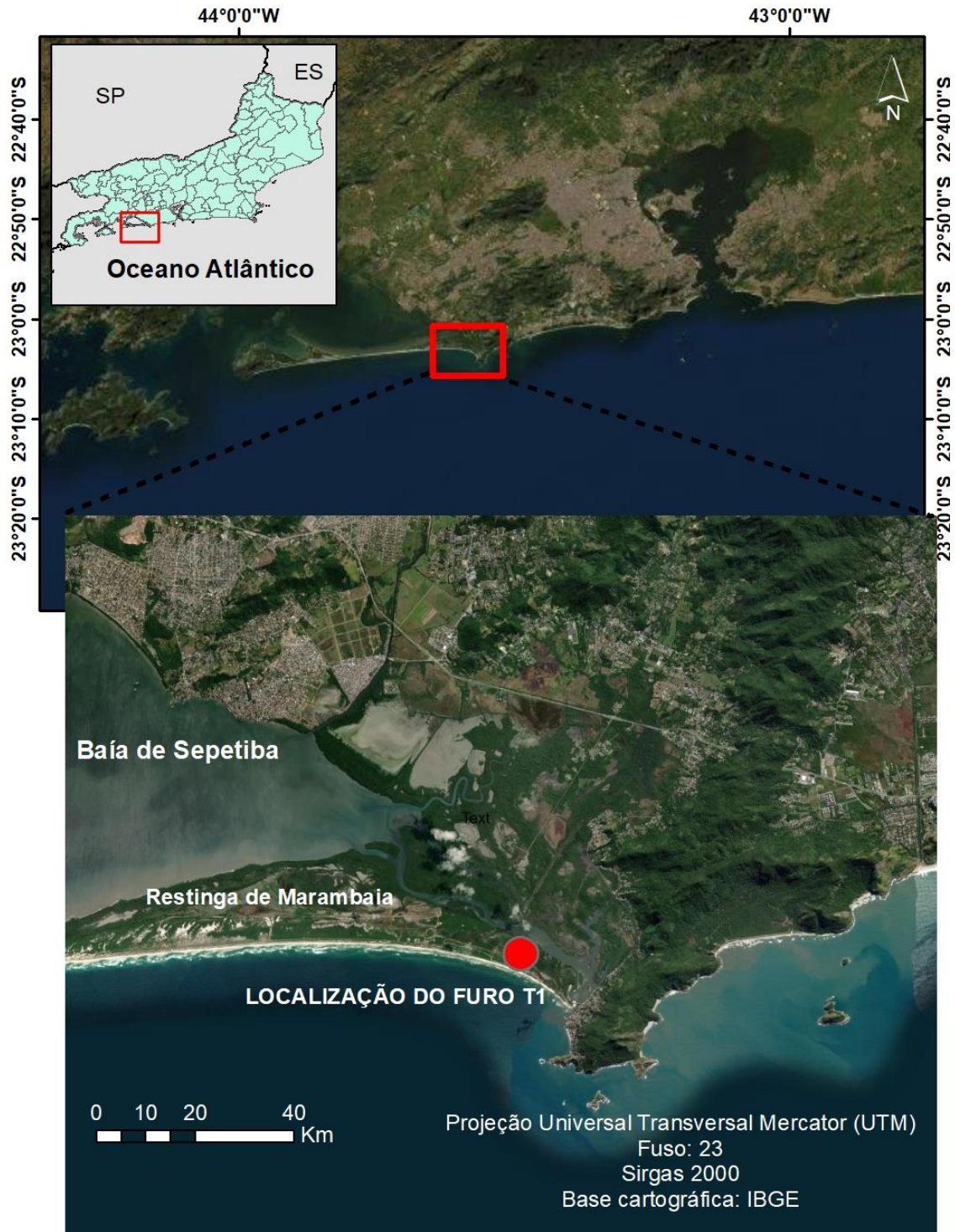


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com a localização do testemunho coletado (T1).

3.1 GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo se insere no contexto do Escudo Atlântico, abrangendo parte da Província Mantiqueira, ao entorno das províncias de São Francisco, Tocantins e Paraná e compreende unidades correspondentes ao embasamento paleoproterozoico-arqueano das faixas brasileiras, sucessões metassedimentares meso- neoproterozoicas e granitóides (pré, sin e pós- tectônicos) que ocorrem em diversos domínios das faixas Ribeira e Araçuaí (Baiense, 2011 e Soares, 2016). A baía de Sepetiba está geotectonicamente situada na Província da Mantiqueira (Carelli et al., 2011), que se estende do sul da Bahia ao Uruguai, totalizando uma área de cerca de 700.000 km² (Figura 2). Este sistema é constituído pelos orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel, e pela zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira, estrutura definida por Almeida et al. (1981), e classificada como Sistema Orogênico Mantiqueira. Um orógeno é definido por Heilbron et al. (2004), no sentido geotectônico, como um produto do choque convergente de placas litosféricas, que podem resultar na formação de arco-de-ilhas ou como arco magmático de margem continental ativa, como a cordilheira dos Andes, ou de cadeias de montanhas intracontinental, como Himalaia. O CPRM (2001) define essa estrutura como a mais complexa província estrutural afetada pelo Ciclo Orogênico neoproterozoico/cambriano (Brasiliano) na América do Sul, com orientação nordeste, paralela à costa brasileira e instalada a oeste do Cráton de São Francisco, formando o arcabouço geotectônico do Sudeste Brasileiro, juntamente com a Faixa Brasília, a Cunha de Guaxupé e os metassedimentos da Faixa Alto Rio Grande, sendo formada no final do Neoproterozoico e início do Paleozoico. O arcabouço geotectônico do Sudeste é formado pelo Cráton de São Francisco (CFS), uma estrutura neoproterozóica, estável e circundada por orógenos instalados durante a Orogênese Brasileira/Pan-Africana, que foi de grande importância para estabilização dessa região durante o fechamento do Gondwana. A área estudada está compreendida, principalmente, na Faixa Ribeira (Figura 2) e também no Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB). O sistema do Rife Continental do Sudeste do Brasil (SRCSB) é composto pelo Rife Litorâneo, Paraíba do Sul, Marítimo e o da Ribeira. Entretanto, o SRCSB é constituído por um complexo de grábens e vales tectônicos formados no período Cenozoico que se estende da região norte do Estado do Rio de Janeiro até o Estado do Paraná (Zalán & Olieveira, 2005). Esta região é conhecida na literatura por ser constituída por várias bacias ao longo da sua extensão, sendo algumas delas a bacia de São Paulo e a de Resende. Estas duas sofreram atividade neotectônica

levando à formação do Gráben da Guanabara. O Gráben da Guanabara é incorporado ao Rifte Litorâneo e é subdividido em três partes: Baía, Paraty e Guandu-Sepetiba, onde se insere a área de estudo (Zalán, 2004) (Figura 3).

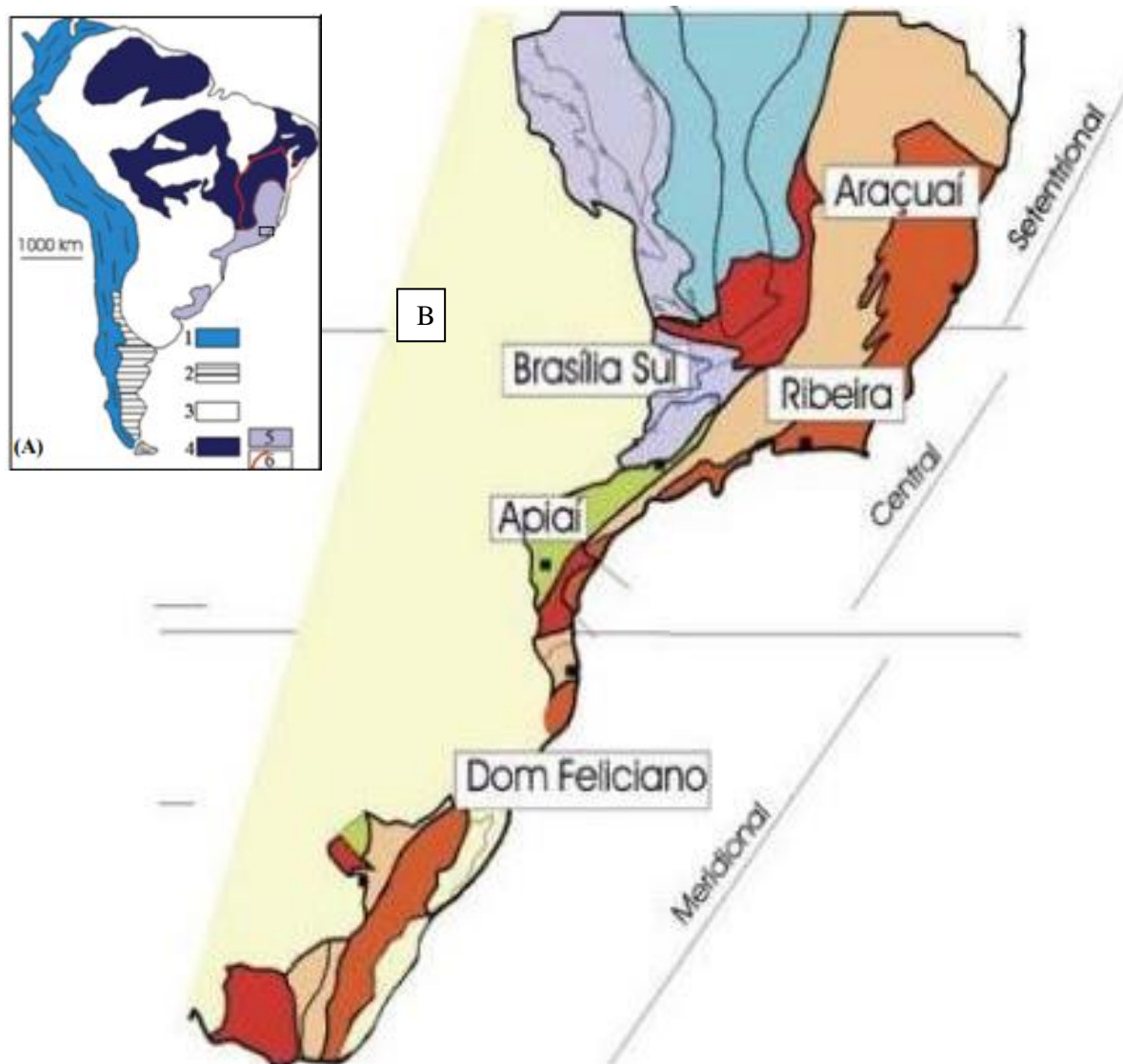


Figura 2 (a) Mapa tectônico da América do Sul (Heilbron et al., 2004). 1- Sistema orogênico andino; 2- Terreno Patagônia; 3- Cobertura fanerozoica da Plataforma Sul-Americana; 4- Escudos da Plataforma Sul-Americana, destacando a Província Mantiqueira (5) e o Cráton do São Francisco (6). (b) Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira: o segmento setentrional é o Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel. Fonte: Heilbron et al. (2004).

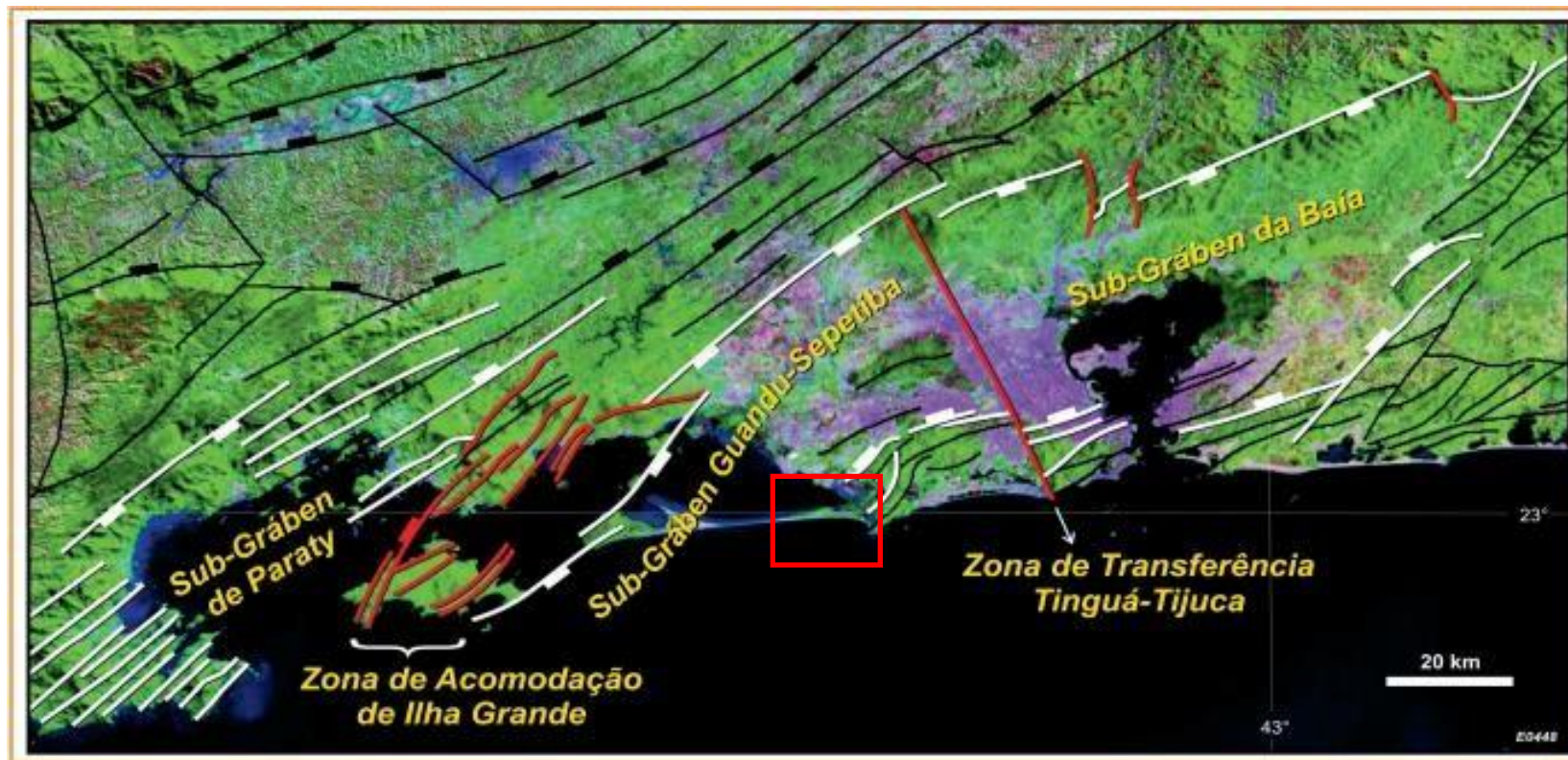


Figura 3. Imagem de satélite com a delimitação estrutural das subdivisões do Gráben da Guanabara em sub-grabens, determinados por Zalán (2004) e suas zonas divisórias indicadas em vermelho. O quadrado vermelho destaca a área de estudo.

A bacia hidrográfica do rio Guandu, principal fonte de sedimentos siliciclásticos para a área de estudo, compreende rochas pré-cambrianas, como migmatitos, gnaisses e gnaisses-granitóides do Terreno Paraíba do Sul, além de rochas alcalinas, os maciços Tinguá, maciços costeiros da Ilha da Marambaia, Pedra Branca e Mendanha, diques cretáceos, depósitos quaternários fluviais e fluviomarinhos (Misumi et al., 2014; Rodrigues et al., 2018; Figura 4).

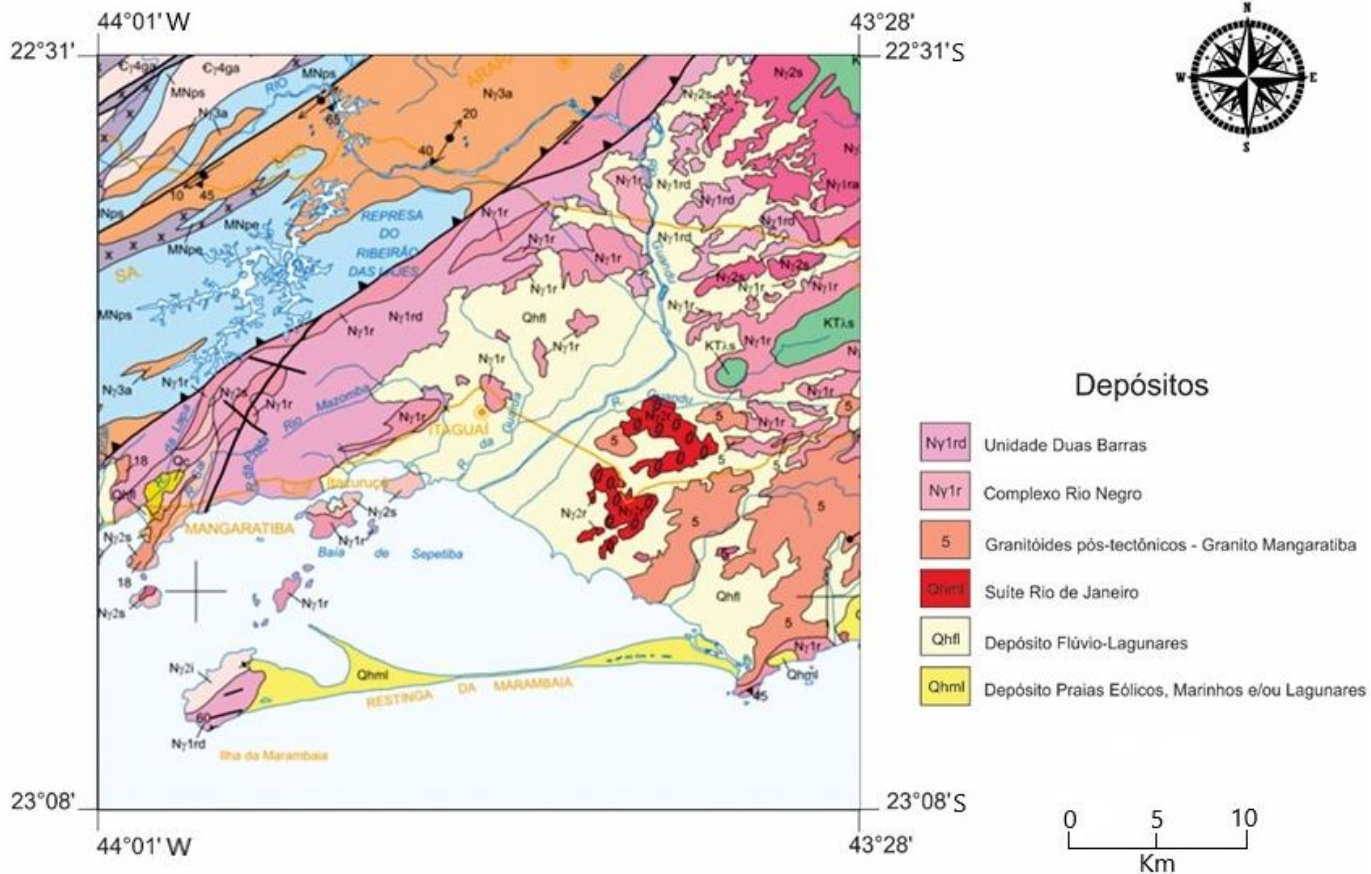


Figura 4: Mapa geológico da área que compõe a Bacia do rio Guandu. Modificado do Mapa geológico do estado do Rio de Janeiro publicado pelo CPRM (Silva et al., 2001).

3.2 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

No projeto RADAMBRASIL, Gatto et al. (1983) classifica o sudeste brasileiro em quatro grandes domínios geomorfológicos: Domínio do Escudo Exposto, Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados, Domínio dos Remanescentes de Cadeias Dobradas e Domínio dos Depósitos Sedimentares. De acordo com Silva (2012) a região do Domínio das Faixas de Dobramentos é caracterizada pela ocorrência de marcas de falha, deslocamentos de blocos e falhamentos transversos, exercendo controle estrutural sobre a morfologia atual. Este pode ser notado pela ocorrência de linhas de falha, escarpas de grandes dimensões e relevos alinhados. Ainda de acordo com RADAMBRASIL, esse domínio é composto por oito regiões geomorfológicas, incluindo as Colinas e Maciços Costeiros onde se insere a área de estudo. Neste sentido, Ferreira (2015) relata que os maciços costeiros são caracterizados por colinas, pães-de-açúcar, serras orientadas e um conjunto morfológico mais elevado destacando o maciço de Mendanha-Gericino-Madureira com orientação NE-SW. A restinga da Marambaia se destaca por apresentar uma série de domínios morfo-sedimentares (Dadalto et al., 2021) com destaque para aqueles encontrados em seu setor leste: cordões arenosos litorâneos, feixes de cordões arenosos voltados para a baía, além de planície de maré com desenvolvimento de manguezais (Figura 5).

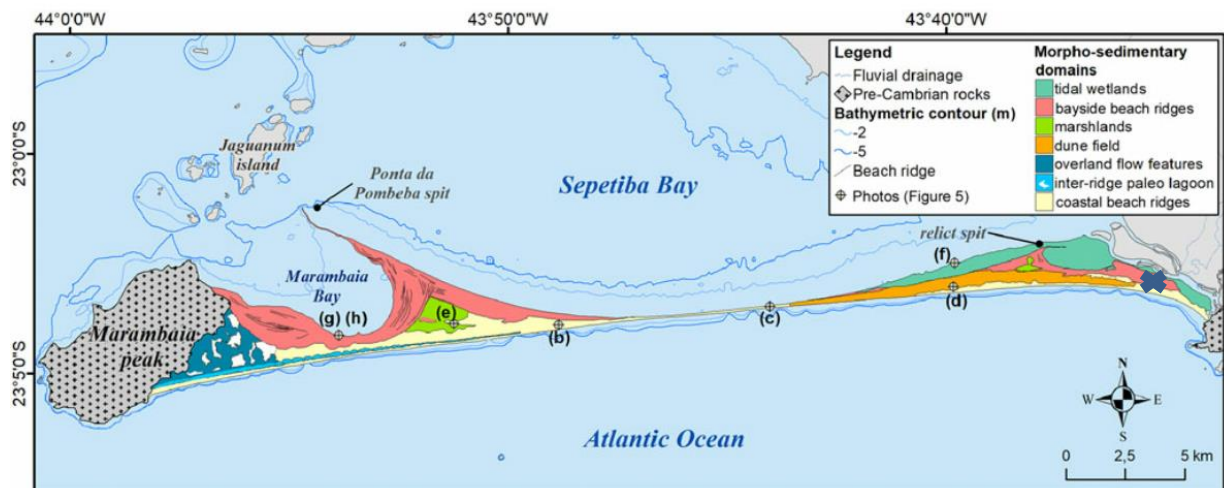


Figura 5. Mapa com os domínios morfo-sedimentares descritos por Dadalto et al. (2021). As letras b-h correspondem a fotos mostradas na Figura 5 de Dadalto et al. (2021). O X indica a localização aproximada de um testemunho que será descrito nesta dissertação.

4. SISTEMAS DE ILHAS-BARREIRAS

Davis (1995), Hesp e Short (1999) e mais recentemente Otvos (2012) afirmam que as barreiras costeiras apresentam um papel fundamental de barreira física (sedimentar) entre o oceano e o continente. Para os autores, as ilhas-barreiras são depósitos de sedimentos inconsolidados, majoritariamente compostas por areias, formadas principalmente pela ação das ondas, e localizadas próximas da região continental, da qual são separadas por canais de maré, lagoas costeiras e por baías. Segundo Oertel (1985), como possuem uma topografia pouco acima do nível do mar, as ilhas-barreiras são ambientes vulneráveis a radicais transformações em consequência das variações do nível relativo do mar. Ainda segundo o mesmo autor, a ilha-barreira deve ser interpretada como um eixo principal em um sistema sedimentar, denominado pelo autor de Sistema ilha-barreira, sendo constituído por seis componentes geomórficos principais (Figura 6): (a) o próprio continente; (b) a laguna retrobarreira; (c) deltas e canais de maré; (d) ilha-barreira; (e) a base estratigráfica sobre a qual se assenta a ilha-barreira (chamada de “plataforma”) e, por fim, (f) a antepraia.

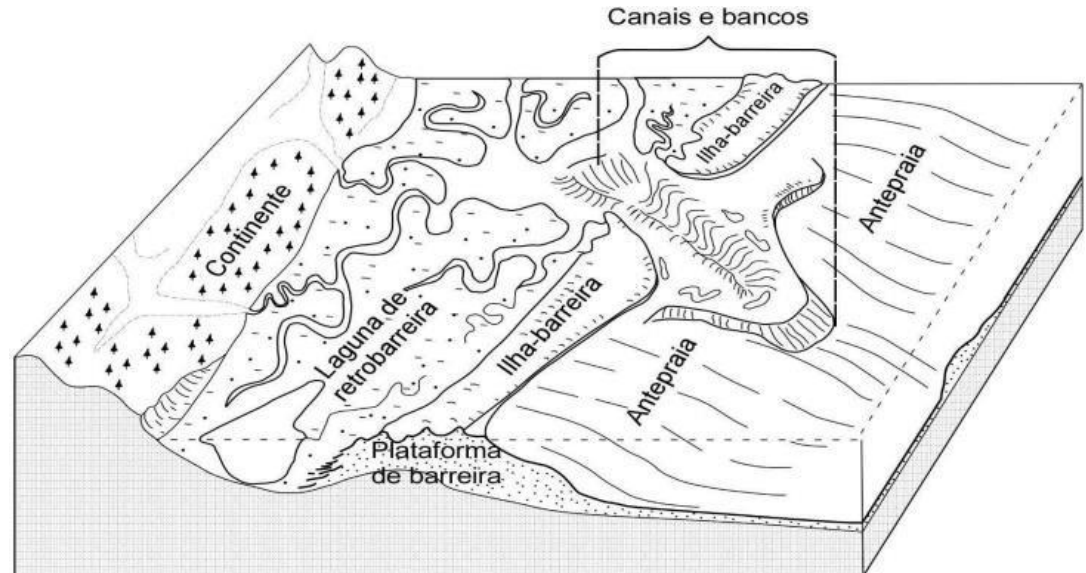


Figura 6. Sistema ilha barreira evidenciando os seis tipos de ambientes sedimentares costeiras compostos no mesmo. Fonte: Modificado de Oertel (1985) por Dadalto (2017).

4.1 LAGUNA DE RETROBARREIRA

As lagoas de retrobarreira são feições arenosas alongadas cuja característica é de proteger o ecossistema aquoso situado no seu entorno, podendo ser as baías, lagoas ou estuários da

ação das ondas marinas (Morton, 1994; Fornari, 2010; Tanaka et al., 2010). O período de formação das lagunas costeiras ocorreu durante o Holoceno, correspondente a 11.000 anos na época do aumento do nível do mar (Dias et al., 2000). Dadalto (2017) diz que as lagunas costeiras são áreas rasas, protegidas do mar pelo sistema de ilhas-barreiras e com oscilação da salinidade que depende do aporte de água do oceano, da entrada de água doce e da amplitude de maré. Neste sentido, Moura et al., (1982), relatam que a Baía de Sepetiba está protegida das altas ondas do oceano Atlântico devido o cordão arenoso da Restinga de Marambaia.

4.2 CANAIS DE MARÉ

A literatura compreende-se que um canal de maré como sendo um canal que interliga um corpo aquoso costeiro (Laguna ou Baía) do oceano em que margeia, acarretando para a troca de massas d'água entre ambas e também biológicas (SILVA, 2011; SILVA, 2013; BIER, 2018 & SILVA-NETTO, 2019).

Neste caminho, Hubbard *et al.*, (1979) diz que os canais de maré são desenvolvidos extensivamente em sistemas ilha-barreira/laguna em ambientes de micro e mesomaré, por causa dos elevados volumes de água, inundação e vazante das águas na laguna e nas planícies de maré. Neste caso, os canais de maré proporcionam que o aporte de massa d'água de uma laguna ou baía costeira seja renovado, necessitando, portanto do tamanho da baía. Em relação as funções ecológicas, Júnior et al (2013), Cortez (2014) & Dantas (2016) aborda que os canais de Maré possuem uma grande importâncias nas trocas de nutrientes e também na distribuição sedimentar entre o oceano e a laguna costeira. Esta dinâmica levará à formação de deltas de maré (Figura 6).

4.3 VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

As mudanças nos sistemas costeiros são evidentes nos últimos anos, principalmente quando se trata das regiões litorâneas brasileiras localizadas ao entorno no mar, sendo estas mudanças atreladas às atividades antrópicas e também pela variação relativa do nível do mar. O aumento do nível do mar desperta múltiplas consequências para os ambientes costeiros, para fauna, flora e ao mesmo tempo para a economia brasileira (Cunha et al., 2011 & Gouvêa , 2019). Neste caso, o aumento relativo do nível do mar pode ser observado por feições biológicas, geológicas e arqueológicas, sendo encontrados por toda região costeira brasileira (Suguió et al., 2001). Martin et al. (1986) revelam que as variações referentes ao aumento do nível do mar é uma

consequência dos níveis dos oceanos (eustasia) e também das mudanças dos níveis dos terrenos emersos que são decorrentes a processos tectônicos e de isostasia. A literatura aponta que durante o período holocênico a temperatura do globo terrestre estava mais elevada comparada as medições atuais e que conseqüentemente houve a ~5 anos atrás um aumento no nível dos oceanos entre 2 a 5 metros comparado com o atual Martin et al., 1992, Angulo&Lessa (1997), Silva et al.; Jesus et al., 2019).

Acrescentado a isto, Angulo&Lessa (1997) ressaltam que no período entre 3,9 mil anos o paleonível marinho se encontrava entre 1,5 a 2 metros abaixo no nível atual para a costa brasileira. A partir deste período, entre 3 ka, o paleonível oscilou entre 2 a 3 metros acima do atual e depois disto, houve um caimento (2,5 ka) de 1,5 a 2 metros em movimento ascendente em relação ao nível atual.

Suguio (2003) processou dados de diversos indicadores com intuito de evidenciar os paleoníveis marinhos em relação ao nível atual, plotando diferentes curvas sobre as variações relativas do mar em alguns pontos da zona litorânea brasileira entre ~7 anos. A partir disto, o autor verificou que nas áreas estudadas o nível do mar estava mais elevando do que o atual (Figura 7) e concordando com pensamento dos autores acima.

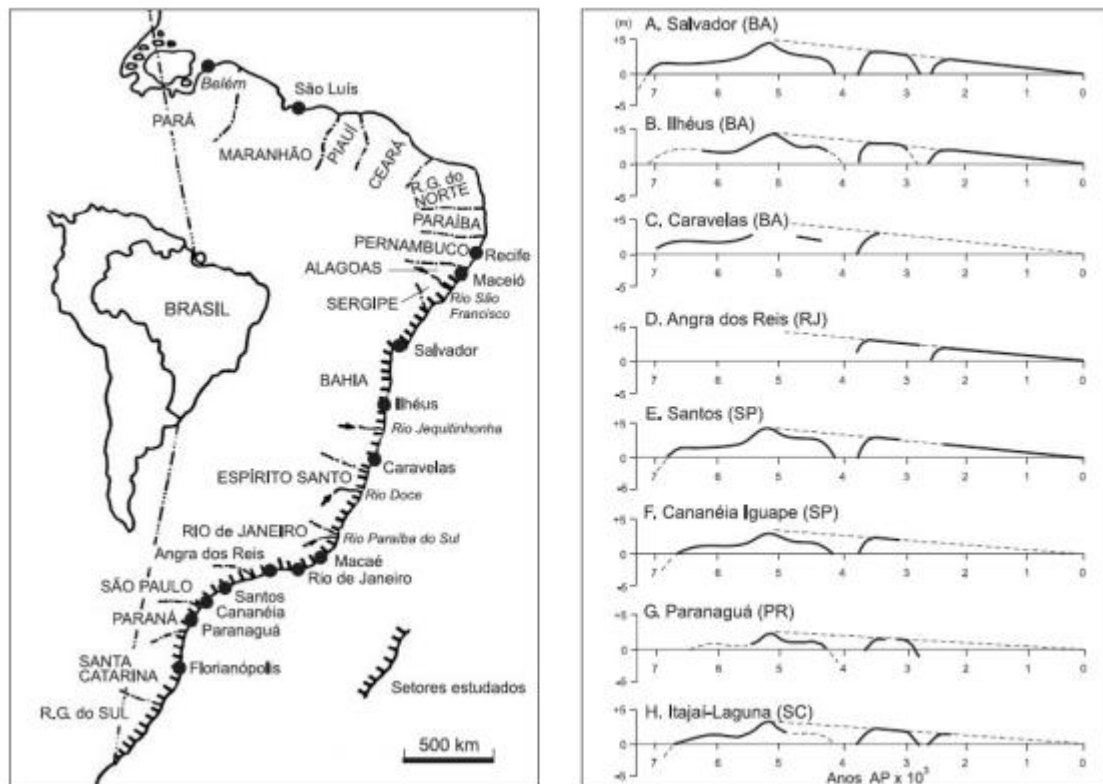


Figura 7. Variação relativa do nível do mar nos últimos 7 mil anos realizado por (Suguio, 2003).

Entretanto, Angulo et al., (2006) construíram-se uma nova curva da flutuação do nível do mar a partir de bioindicadores de vermetídeos. Neste aspecto, Oliveira (2007) revela que os vermetídeos são da família dos gastrópodes, vivem unidos por um substrato, possuindo uma concha e neste seguimento, Moreno (2009) aborda que os vermetídeos estão em todo ambiente costeiro brasileiro. A curva apresentada por Angulo et al. (2006) destaca o nível marinho próximo a 5,5 ka e realçando uma linha descendente, indicadora de condições regressivas, seguindo até o nível atual (Figura 8).

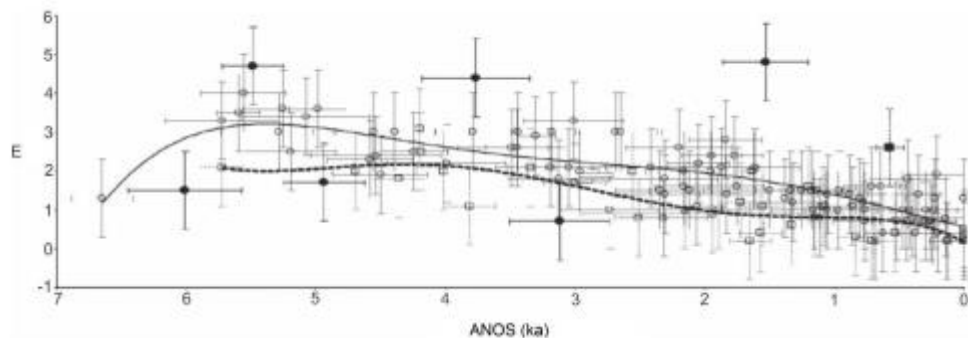


Figura 8. Variação do nível do mar a partir da datação de vermetídeos nos últimos 7 mil anos. Fonte: modificado de Angulo et al. (2006).

A partir disto, inúmeros pesquisadores (Angulo et al., 2006) apontam que as curvas de variação apresentam uma queda no nível relativo do mar sobre o litoral brasileiro nos últimos 6ka, como sugerido por Dillenburg et al. (2009) na costa do litoral gaúcho e Reis et al. (2020) para a área de estudo (Figuras 9 e 10).

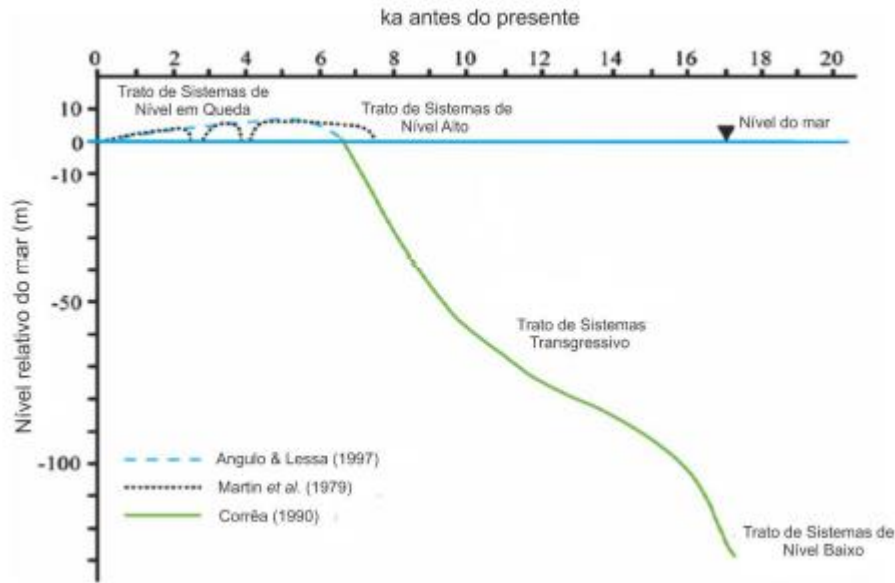


Figura 9. Curvas de variação do nível do mar para o Brasil e contextos de tratos de sistemas esperados, indicando uma queda do nível do mar a partir de 6 ka. Fonte: Dillenburg et al. (2009)

Neste sentido, Dadalto (2017) informa que a margem sudeste do Brasil não dispõe de curvas de variações eustáticas que englobem todo o período de deglaciação. De acordo com a literatura, as curvas das variações do nível do mar para a porção sudeste do Brasil limitam-se aos últimos 7 ka (Angulo *et al.*, 2006). Entretanto, Friederichs (2012), Friederichs et al. (2013) e Reis et al. (2020) com o objetivo de representar as mudanças no nível do mar na região sudeste (Figura 10) integraram as curvas sugeridas por Angulo *et al.* (2006) com as curvas globais de Bard et al. (1990), o que permitiu estender as variações eustáticas do nível do mar aos últimos 22 ka.

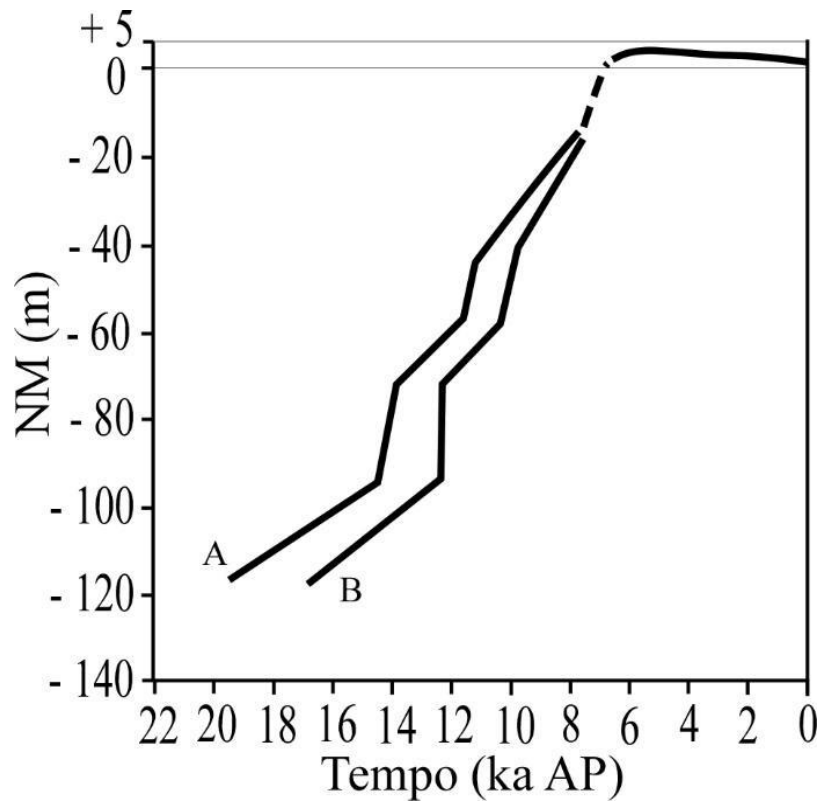


Figura 10. Curvas referentes à variação do nível do mar de 22 ka até o presente, constendo as curvas de Bard et al. (1990) e Angulo et al. (2006). A: curva baseada em medições de isótopos estáveis de ^{230}Th ; B: curva baseada em medições de isótopos estáveis de ^{14}C . A linha pontilhada representa a ausência de dados. Fonte: Friederichs, (2012); Friederichs et al., (2013); Reis et al., (2013) e retirado de Dadalto, (2017).

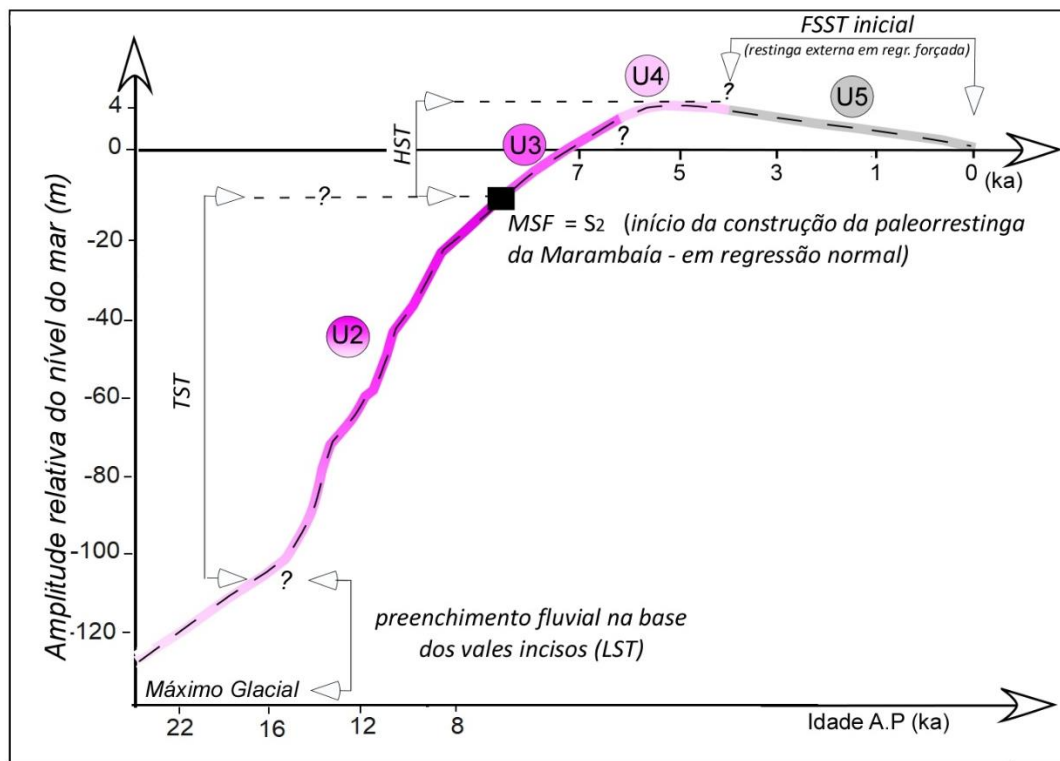


Figura 11. Curva de variação do nível do mar para os últimos 22 ka (deglaciação Pleistoceno Tardio-Holoceno). A curva de posição do nível do mar para os últimos ~7 ka (acima do atual) baseia-se em Angulo et al. (2006) para o litoral sudeste brasileiro, enquanto a porção da curva anterior a ~7 ka baseia-se em dados de Bard et al. (1990) para a região de Barbados. U2, U3 e U4 referem-se a Unidades sísmicas discutidas em Reis et al. (2020). MSF= Superfície de Inundação Máxima; LST= Trato de Sistema de Mar Baixo; TST= Trato de Sistema Transgressivo; HST=Trato de Sistema de Mar Alto; FSST inicial= início de implantação do Trato de Sistema de Regressão Forçada.

Os dados disponibilizados por Angulo et al. (2006) e Bard *et al.* (1990) evidenciam que as curvas de variação do nível do mar não apresentam o mesmo padrão, ou seja, a taxa de variação oscila ao longo da subida do nível marinho. A partir disto, a correlação entre as duas curvas eustáticas mostra que a taxa de variação nos últimos ~20 ka até ~8 ka para Bard et al. (1990) circunvizinha-se próxima a 5-6 m/ka. Acrescido a isto, para Angulo et al. (2006) a taxa foi de 0,7 m/ka, sendo observado pelo autor do período máximo transgressivo até o presente (Figura 11). Vale ressaltar, a partir da interpretação da figura acima que a última evidência que o nível do mar estava acima do atual, entre ~3,5 a ~4 metros foi durante 5 e 5,8 ka.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 TESTEMUNHO T1

A coleta do testemunho (T1) na Restinga de Marambaia ocorreu entre os dias 20/10/17 e o dia 31/10/17, próximo ao Centro de Avaliação do Exército (CAEX; Figura 1) nas coordenadas S 23°03'16,1/ W 43°34'43,0. O método utilizado para a obtenção do testemunho foi a sondagem rotativa, procedimento que contou com a utilização do equipamento da empresa Sondeq SS61. Após a perfuração, os tubos metálicos com 1,5 m de comprimento foram retirados (Figura 12), identificados (número da seção e indicação do topo e da base) e encaminhados ao Laboratório de Petrofísica de testemunhos da UFF (LAGEMAR/UFF). Na Tabela 1 são indicadas as profundidades da base e do topo de cada seção conforme disponibilizadas pela empresa contratada para a realização da amostragem.



Figura 12 - Tubos utilizados para retirada dos sedimentos. Foto: Sondeq (2017).

Tabela 1: Identificação das seções em que o testemunho T1 foi subdividido, com indicação da profundidade da base e do topo das mesmas.

	Seção	Data	Profundidade (m)
	TESTEMUNHO T1	SEC 04	23/10/2017
SEC 05		26/10/2017	T: 14,0m B: 15,5m
SEM RECUPERAÇÃO		26/10/2017	T: 15,5m B: 17,0m
SEC 07		26/10/2017	T: 17,0m B: 18,5 m
SEC 08		26/10/2017	T: 18,5m B: 20,0m
SEC 09		28/10/2017	T: 20,0m B: 21,5m
SEC 10		28/10/2017	T: 21,5m B: 23,0m
SEC 11		28/10/2017	T: 23,0m B: 24,5m
SEC 12		28/10/2017	T: 24,5m B: 26,0m
SEC 13		28/10/2017	T: 26,0 m B: 27,5 m
SEM RECUPERAÇÃO		28/10/2017	T: 27,5 m B: 29 m
SEC 15		30/10/2017	T: 29,0m B: 30,5m
SEC 16		30/10/2017	T: 30,5m B: 32,0 m
SEC 17		30/10/2017	T: 32,0 m B: 33,5 m
SEC 18		30/10/2017	T: 33,5 m B: 35,0 m
SEC 19		31/10/2017	T: 35,0 m B: 38,0 m
SEM RECUPERAÇÃO		31/10/2017	T: 38,0 m B: 39,5 m
SEC 21		31/10/2017	T: 39,5 m B: 41,0m
SEC 22		31/10/2017	T: 41,0m B: 42,5m
SEM RECUPERAÇÃO		31/10/2017	T: 42,5m B: 44,0 m
SEC 24		31/10/2017	T: 44,0m B: 45,5 m

5.2 PROCESSAMENTO DO TESTEMUNHO.

5.2.1 ABERTURA, DESCRIÇÃO VISUAL, FOTOGRAFIA E SUBAMOSTRAGEM DO TESTEMUNHO

A primeira etapa da análise das seções do testemunho T1 foi selecionar os tubos com maior preenchimento sedimentar e passá-los pelo Multi-perfilador de testemunhos (*Multisensor core-logger*) da marca GEOTEK, do Laboratório de Petrofísica de testemunhos (LAGEMAR/UFF). Entretanto, os resultados da perfilagem geofísica não serão aqui discutidos.

A abertura de cada tubo ocorreu após a perfilagem geofísica e foi utilizada uma serra elétrica e um arame, a fim de separar cada tubo em duas metades. As etapas para a subamostragem para análise granulométrica (Figura 13) ocorreram no Laboratório de Sedimentologia do LAGEMAR/UFF em setembro de 2019 e foi realizada a cada 10 cm numa das metades de cada seção, ou seja, cada seção foi subdividida em intervalos de 10 cm. Durante esta etapa do processamento das amostras foram selecionados materiais passíveis de datação por ^{14}C (conchas e fragmentos de madeira). Estas etapas iniciais foram realizadas nas instalações do LAGEMAR/UFF. Em seguida, as amostras foram levadas para o Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LABOGEO-UERJ), onde foram realizadas as análises granulométricas e preparadas as amostras a serem submetidas a análises de geoquímica elementar.

O material sedimentar deste testemunho teve a sua divisão em três amostras (Figura 14), sendo uma para análise granulométrica destinada ao Laboratório de Oceanografia Geológica da Faculdade de Oceanografia da UERJ e as outras duas para análise de Geoquímica e Microfósseis disponibilizadas para o Laboratório de Paleontologia da Faculdade de Geologia da UERJ. Os elementos datáveis foram devidamente retirados do testemunho, lavados com água destilada e secos em temperatura ambiente; em seguida foram fotografados, armazenados em papel alumínio e encaminhados para datação por Carbono-14.

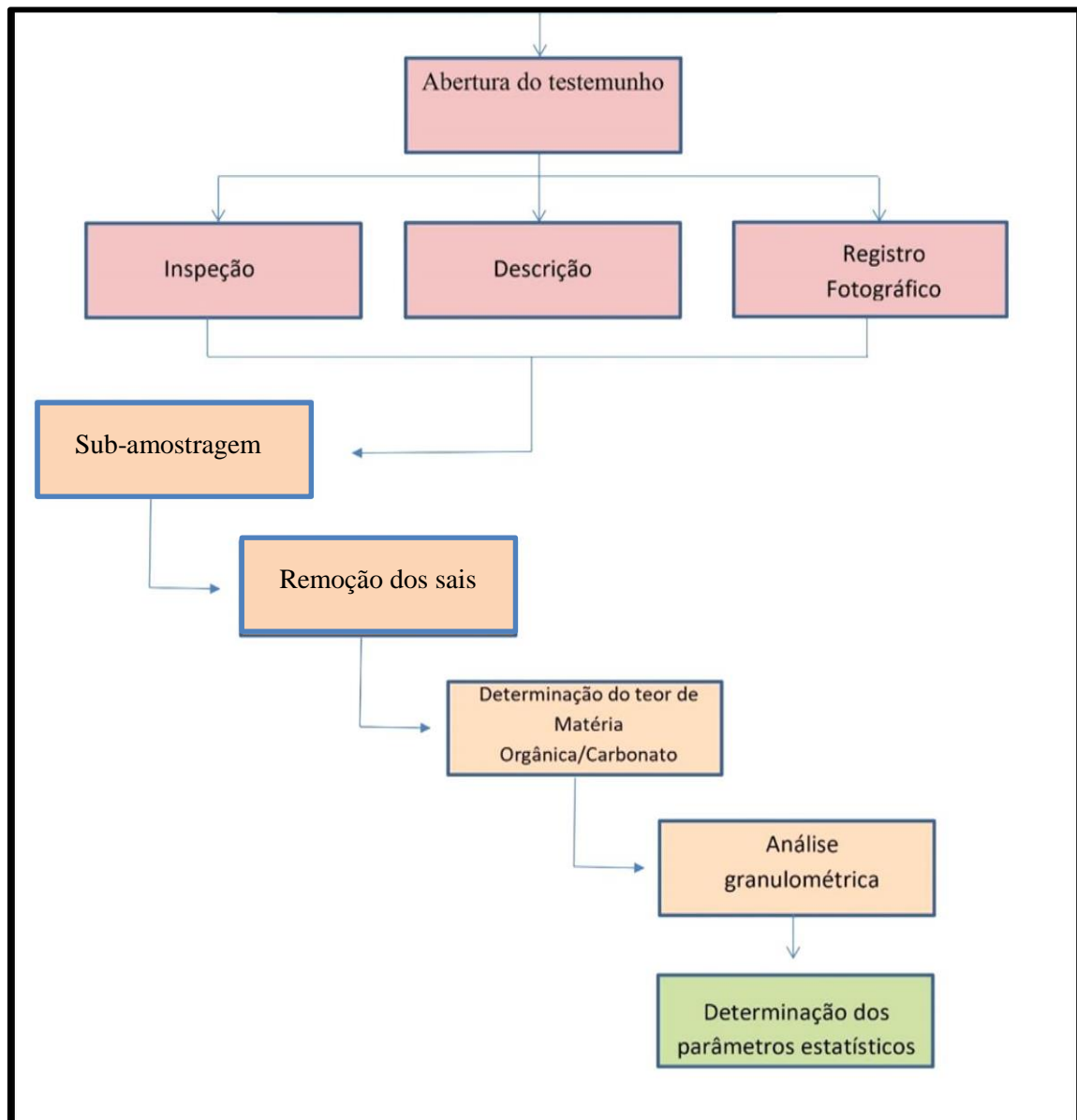


Figura 13. Fluxograma referente às etapas desta pesquisa.



Figura 14. (a) Material sedimentar lamoso para avaliação Geoquímica, microfósseis e análise granulométrica, tendo o intervalo de coleta de 10 cm, (b) fragmento de madeira encontrado no testemunho.

5.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONATO DE CÁLCIO

A análise das subamostras retiradas de cada seção seguiu os procedimentos para análise granulométrica normalmente aplicados. Começando pela preparação com a homogeneização por quartejamento, lavagem para eliminar os sais solúveis, secagem em estufa com temperatura média de 55°C, separação dos volumes de interesse e pesagem, tendo como peso inicial 100 gramas. Em seguida as amostras passaram pelo processo de oxidação da matéria orgânica (Figura 15) com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e eliminação dos carbonatos ($CaCO_3$) com ácido clorídrico (HCl); intercaladas por sessões de lavagem, secagem em estufa com temperatura média de 55°C e pesagem em balança analítica.

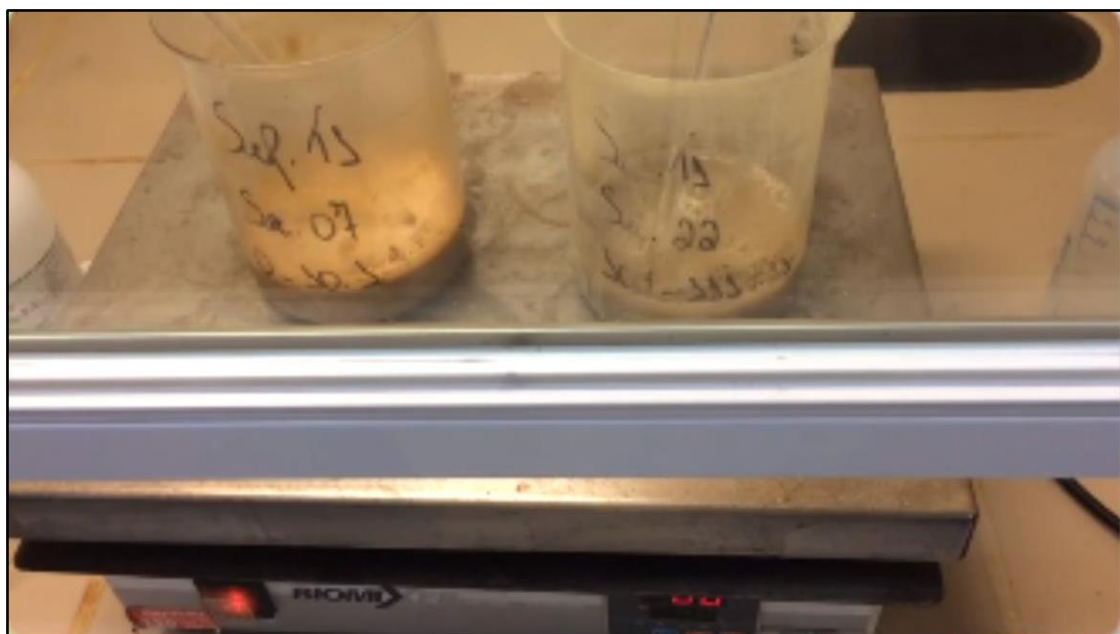


Figura 15. Remoção da Matéria Orgânica em Laboratório com aplicação de Peróxido de Hidrogênio(H_2O_2).

5.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A preparação das amostras para análise granulométrica seguiu o método padrão. Para a separação da fração fina do sedimento, que corresponde a grãos menores que $4,0 \Phi$ ($0,062 \text{ mm}$) indo até $10,0 \Phi$ ($0,00098 \text{ mm}$), as amostras passaram pela “lavagem dos finos”, em que são colocadas em uma peneira de $4,0 \Phi$, e lavadas com água destilada até a saída total do material capaz de passar pela malha. Após este procedimento os sedimentos foram encaminhados para análise por difração a laser (ver abaixo). A fração grossa do sedimento, grãos entre $2,0 \Phi$ ($4,00 \text{ mm}$) e $4,0 \Phi$ ($0,062 \text{ mm}$), passou pelo peneiramento a seco, através de um conjunto de 6 peneiras com um intervalo de $0,5 \Phi$. Cada amostra ficou 20 minutos no agitador mecânico (Figura 16) com intensidade de vibração 8. Em seguida, o sedimento retido em cada malha foi pesado em balança analítica para determinação de seu peso e posterior análise estatística, sendo processadas 102 amostras.



Figura 16. Agitador mecânico processando um intervalo de sedimentos do testemunho estudado.

5.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO FINA (< 63 μm)

Para esta análise foi utilizado o equipamento *Malvern Mastersizer 2000* que opera por dispersão a laser e determina a distribuição granulométrica dos sedimentos entre 63 μm e 0,01 μm (argila muito fina); esta análise foi realizada no Laboratório de Oceanografia Geológica da Faculdade de Oceanografia (FAOC-UERJ). Dadalto (2017) relata que na difração a laser as distribuições granulométricas são determinadas pela medição da variação angular da intensidade da luz espalhada enquanto um feixe de laser passa através de uma amostra de partículas dispersas. Esta etapa ocorreu após o preparo de cada amostra e realização dos outros procedimentos já citados, como remoção dos sais e eliminação dos carbonatos e matéria orgânica. Para a utilização do equipamento, foram utilizados entre 8 e 15 gramas de cada intervalo em um béquer de 1 litro (Figura 17). As análises foram executadas segundo normas padronizadas (Oliveira, 2015), o que inclui determinação padrão do nível de água destilada (1000mL), utilização de seis minutos do ultrassom, intensidade de 10 kHz e determinação do tempo de leituras para cada amostra (Falheiro et al., 2011). Utilizou-se também de uma rotação fixa para cada amostra de 2.600 rpm com período de 6 minutos até o início da análise e submetida a três mensurações, sendo feita uma média referente a ambas. Ao todo foram analisadas 102 amostras no equipamento entre os meses de junho a julho de 2020.



Figura 17. Análise de uma fração do testemunho no equipamento Mastersizer 2000.

Os dados finais da distribuição granulométrica de cada intervalo, incluindo a etapa do peneiramento, foram inseridos no programa *Gradistat* v.7 (Blott & Pye, 2001), para determinação dos parâmetros estatísticos. Gráficos com os resultados foram elaborados no *software* de código aberto de linguagem de programação *R* (*Rstudio*) e Excel (*Microsoft Office*).

5.6 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

A definição da parametrização estatística foi aplicada para cada intervalo de ordenamento granulométrico logrado pela metodologia de investigação do programa estatístico *Gradistat* (versão 8; Blott; Pye, 2001), sendo utilizados os limites de cálculo logarítmico estabelecidos por Folk e Ward (1957; Tabela 2). Os dados obtidos foram reunidos em uma única planilha por amostra para a realização das análises estatísticas iniciais: média, mediana, desvio-padrão (para determinação do grau de seleção), curtose e assimetria. É importante ressaltar que para os cálculos dos resultados do equipamento de análise ótica (Malvern) foi necessário fazer a conversão dos dados apurados para unidade de peso pois o equipamento fornece os dados em volume.

Tabela 2: Classificação dos sedimentos segundo os parâmetros estatísticos (limites de classes segundo Folk & Ward, 1957).

Média (ϕ)	Classificação
1,0 – 2,0	Areia média
2,0 – 3,0	Areia fina
3,0 – 4,0	Areia muito fina
4,0 - 5,0	Silte grosso
5,0 - 6,0	Silte médio
6,0 - 7,0	Silte fino
7,0 - 8,0	Silte muito fino
Desvio-padrão (ϕ)	Classificação
< 0.35	Muito bem selecionada
0.35 a 0.5	Bem selecionada
0.5 a 0.71	Moderadamente bem selecionada
0.71 a 1.0	Moderadamente selecionada
1.0 a 2.0	Mal selecionada
2.0 a 4.0	Muito mal selecionada
Assimetria	Classificação
1.0 a 0.3	Muito positiva
0.3 a 0.1	Positiva
0.1 a -0.1	Quase simétrica
-0.1 a -0.3	Negativa
-0.3 a -1.0	Muito negativa
Curtose	Classificação
< 0.67	Muito platicúrtica
0.67 a 0.9	Platicúrtica
0.9 a 1.11	Mesocúrtica

1.11 a 1.5	Leptocúrtica
1.5 a 3.0	Muito leptocúrtica
> 3.0	Extremamente leptocúrtica

5.7 ANÁLISE DOS PARÂMENTROS GEOQUÍMICOS DO TESTEMUNHO

Os procedimentos para a obtenção dos resultados geoquímicos da região estudada prosseguiu-se de acordo os métodos já discutido por Licht et al. (2001), Salaroli&Figueira (2013), Figueiredo et al. (2013), Campos et al. (2017) e por Castelo et al. (2021). Optou-se nesta etapa, processar 50 amostras das 102 citadas neste estudo. Nesta escolha considerou-se o alto custo do procedimento a ser realizado e pelo baixo teor de sedimentos finos presentes no topo e na parte intermediária do testemunho analisado. Na parte inicial, as amostras foram identificadas no período da abertura do tubo, separadas exclusivamente para esta etapa, armazenadas em embalagem plásticas e congeladas no Laboratório de Paleontologia da Faculdade de Geologia da UERJ até o momento do pré-tratamento das mesmas.

5.8 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Este procedimento ocorreu no laboratório de Oceanografia Geológica da Faculdade de Oceanografia da UERJ no período do primeiro semestre de 2021. Para garantir a confiabilidade dos resultados analíticos, as amostras foram descongeladas, submetidas a remoção da fração fina (grãos menores que 4,0 Φ), maceradas e homogeneizadas por completo em almofariz de ágata. Após estas etapas, os sedimentos foram peneirados utilizando o método de peneiras com malha de 63 μ m, acondicionados em sacos indicados para transporte (Figura 18) e enviados ao laboratório Bureau Veritas Ltda, localizado em Vancouver (Canadá). Todo pré- tratamento seguiu as normas indicadas pelo laboratório.

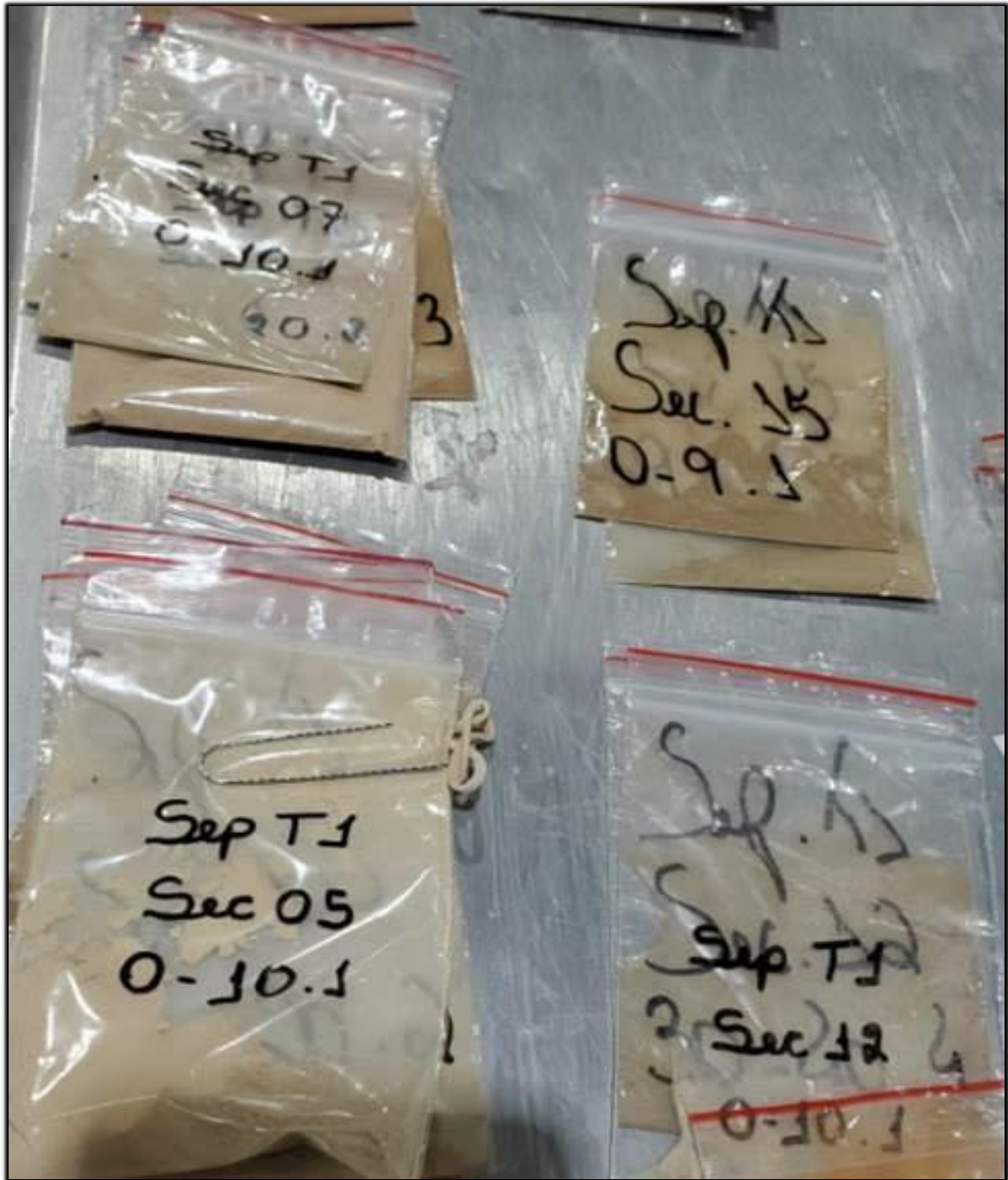


Figura 18. Amostras processadas e armazenadas para análise de geoquímica elementar.

5.9 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GEOQUÍMICA ELEMENTAR

A determinação da composição geoquímica elementar nos sedimentos ocorreu a partir do método de espectrometria de emissão óptica com plasma induzido (ICP-ES) onde se mede as ondas de luz e as intensidades de luz para determinar quais elementos estão presentes na solução e as quantidades de cada um (Bureau Veritas, 2021). Esta análise foi realizada no laboratório Bureau Veritas LTDA em Vancouver (Canadá). Hernández (2008), Oliveira (2011), Sousa (2015), Abdallah (2018) e Queiroz et al. (2021) salientam que a técnica de ICP-ES se baseia a partir da intensidade da radiação emitida, quando um átomo ou íon excitado pelo plasma volta a seu estado fundamental. Cada elemento emite luz em comprimentos de onda característicos e estas linhas de emissão podem ser usadas para análise quantitativa depois de uma calibração (Skoog et al., 2002). Segundo Salaroli & Figueira (2013) e Oliveira (2015) uma das grandes vantagens desta técnica é a múltipla determinação de elementos químicos em uma única corrida analítica, obtendo uma excelente precisão e exatidão dos dados.

Ao todo, foram quantificados 35 elementos químicos em 50 amostras de sedimentos distribuídas ao longo do testemunho T1: Prata (Ag), Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Berílio (Be), Bismuto (Bi), Cálcio (Ca), Cádmi (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Potássio (K), Lantânio (La), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Sódio (Na), Nióbio (Nb), Níquel (Ni), Fósforo (P), Chumbo (Pb), Enxofre (S), Antimônio (Sb), Escândio (Sc), Estanho (Sn), Estrôncio (Sr), Tório (Th), Titânio (Ti), Urânio (U), Vanádio (V), Tungstênio (W), Ítrio (Y), Zinco (Zn) e Zircônio (Zr). Os limites de detecção e o limite máximo destes elementos encontram-se disponíveis na Tabela 3. Dentre estes elementos, alguns como as terras-raras (La), Y e Sc são considerados como elementos essencialmente litogênicos (JOUANNEAU et al., 1998). Por outro lado, alguns metais-traço como Cd, Cu, Zn e Ni, podem indicar influência de origem biogênica marinha. Neste estudo o escândio (Sc) foi usado como normalizador de todos os elementos pois, segundo Alves Martins et al. (2018), a razão elemento/Sc independe do tamanho dos sedimentos, o que permite identificar diferenças composicionais não relacionadas a variações do tamanho dos sedimentos.

Tabela 3: Limites mínimo e máximo do valor de detecção Fonte: Bureau Veritas Ltda.

ELEMENTOS	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE MÁXIMO
Ag	0.5 ppm	200 ppm
Al	0.01%	20%
As	5 ppm	10000 ppm
Ba	1 ppm	10000 ppm
Be	1 ppm	1000 ppm
Bi	5 ppm	4000 ppm
Ca	0,01%	40%
Cd	0,4 ppm	4000 ppm
Co	2 ppm	4000 ppm
Cr	2 ppm	10000 ppm
Cu	2 ppm	10000 ppm
Fe	0,01%	60%
K	0,01%	10%
La	2 ppm	2000 ppm
Mg	0,01%	30%
Mn	5 ppm	10000 ppm
Mo	2 ppm	4000 ppm
Na	0,01%	10%
Nb	2 ppm	2000 ppm
Ni	2 ppm	10000 ppm
P	0.00%	5%
Pb	5 ppm	10000 ppm
S	0,10%	10%
Sb	5 ppm	4000 ppm
Sc	1 ppm	200 ppm
Sn	2 ppm	2000 ppm
Sr	2 ppm	10000 ppm
Th	2 ppm	4000 ppm
Ti	0.01%	10%
U	20 ppm	4000 ppm
V	2 ppm	10000 ppm
W	4 ppm	200 ppm
Y	2 ppm	2000 ppm
Zn	2 ppm	10000 ppm
Zr	2 ppm	2000 ppm

5.10 GEOCRONOLOGIA DO TESTEMUNHO

5.10.1 Datação por radiocarbono em conchas e madeira

De acordo com Santana (2013), os métodos de datação permitem uma melhor definição cronológica dos materiais achados e permitindo possíveis comparações universais. Já Garret & Grisham (1995) destacam que os métodos de datação baseiam-se em quantidade de isótopos radioativos e seus derivados, como por exemplo: Ar/Ar, K/Ar, Séries do U, C¹⁴, sendo o método radioisotópico por carbono 14 o mais utilizado na escala temporal deste trabalho. O método de datação por radiocarbono é utilizado para calcular a idade de ossos, madeiras, sedimentos, conchas (Bicho, 2013).

Por isto, no presente estudo buscou-se realizar o procedimento de datação por radiocarbono em seis amostras que foram encontradas ao longo do testemunho, sendo 5 de conchas e um fragmento de madeira (Figura 19). As mesmas foram encaminhadas e analisadas no primeiro semestre de 2021 pelo Laboratório da *Beta Analytic Inc* (localizado em Miami, EUA).

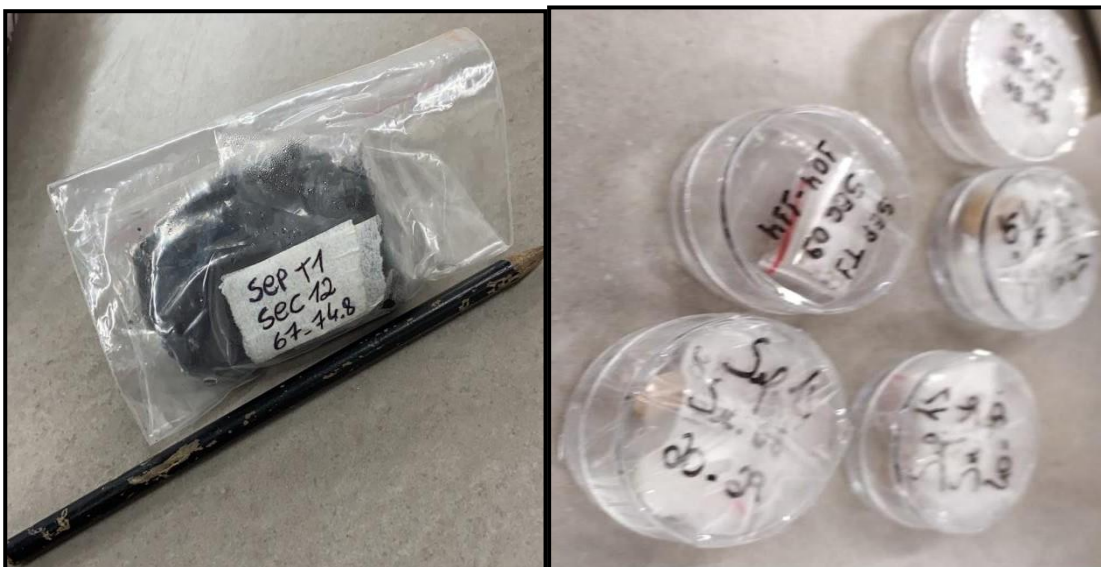


Figura 19. Materiais reservados para datação por radiocarbono.

5.10.2. Pré-tratamento pelo Beta Analytic

Para a realização do procedimento de datação por radiocarbono, o laboratório *Beta Analytic* utilizou o método de Espectrometria de Massa com Acelerador (*Accelerator Mass Spectrometry, AMS*). Este método considera a contagem de cada átomo presente de todos os isótopos de carbono. A técnica *AMS* foi analisada e discutida por Santos et al. (1999), Toledo et al. (2005), Vilela (2010), Oliveira (2012), Dias & Bastos(2015), Sousa (2015), Oliveira(2019) e por Pessanha (2021). Com intuito de obter o resultado das datações do material enviado, o laboratório *Beta Analytic* seguiu as etapas de tratamento das amostras mostrado na Figura 20. As seis amostras enviadas receberam um pré-tratamento químico, tendo como objetivo a remoção de impurezas presentes em cada uma. O fragmento de madeira foi submetido ao procedimento denominado de ácido-álcali-ácido (AAA). Inicialmente a amostra foi submetida a um banho com ácido clorídrico (HCl) para a retirada de carbonatos, atrelada a remoção de ácidos orgânicos com a utilização de hidróxido de sódio (NaOH) e por fim, uma última lavagem com HCl para neutralizar antes do procedimento de secagem (Figura 21).

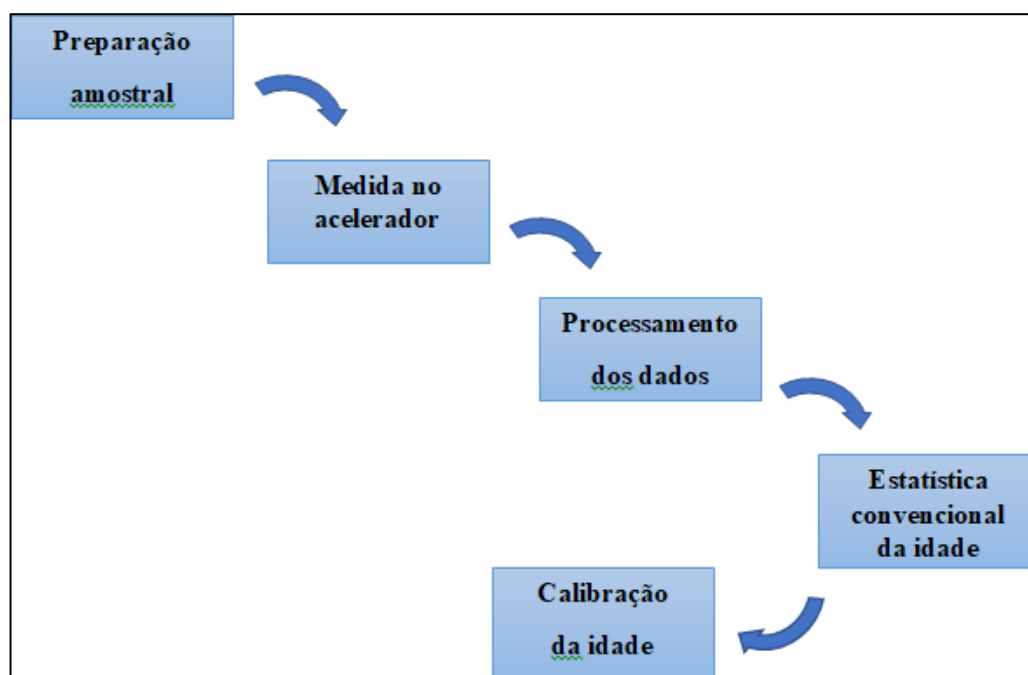


Figura 20. Fluxograma das etapas realizadas pelo laboratório Beta Analytic.



Figura 21. Fragmento de madeira após os procedimentos realizados. Fonte: Beta Analytic.

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

O testemunho T1 foi subdividido em 17 seções (Tabela 1), totalizando um conjunto de 102 amostras. As seções 6, 14, 20 e 23 deste testemunho não tiveram recuperação sedimentar, bem como a seções 1, 2 e 3 que corresponderiam ao topo. Observa-se que a maior parte do testemunho é arenosa, com apenas ~14% das amostras analisadas sendo classificadas como silte (Figura 22). Dentro da fração arenosa, ocorre o predomínio de areias médias (entre 1 e 2 ϕ). Os sedimentos finos (tamanho médio $< 4,0 \phi$) concentram-se na base do testemunho, nas seções 19, 20 e 21 (Tabela 1, Figura 22), com predomínio de silte médio e fino.

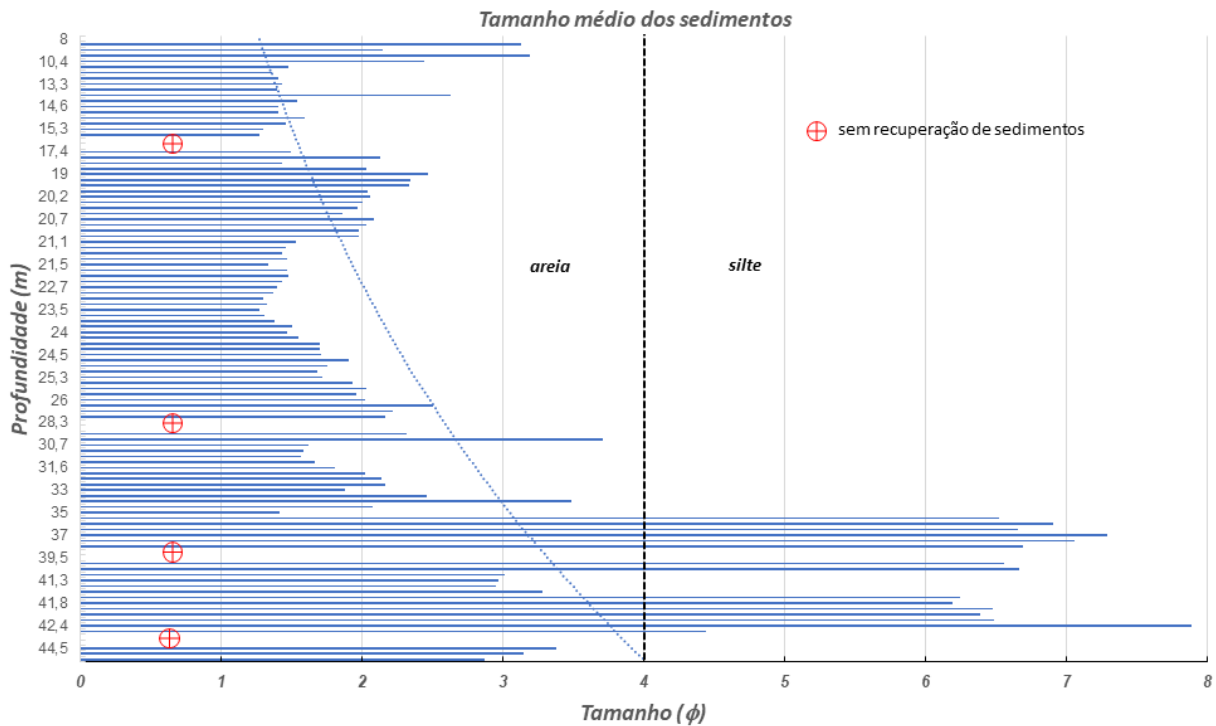


Figura 22. Distribuição do tamanho médio dos sedimentos ao longo do testemunho, com indicação das seções sem recuperação de sedimentos. Escala horizontal em unidade phi. Tamanho $> 4 \phi$ corresponde à fração silte. As amostras arenosas da base do testemunho correspondem à Seção 24.

Em relação ao grau de seleção, resultante da análise do desvio-padrão dos resultados das análises granulométricas, as amostras foram classificadas como desde bem selecionadas (BS) a muito mal selecionadas (MMS) ($0,448$ a $2,955 \phi$; Figura 23) com pior grau de selecionamento próximo ao topo e à base (Seções 19, 21 e metade inferior da Seção 22). A comparação entre o tamanho médio e o grau de seleção (Figura 24) mostra a existência de duas populações de sedimentos. Para a maioria das amostras arenosas ocorre uma piora do grau de seleção entre areias médias e areias muito finas, enquanto que para a fração fina, ocorre uma melhora do grau de seleção entre silte fino e silte muito fino. No diagrama triangular (Figura 25) essas duas populações são claramente identificadas, com destaque para as Seções 19, 21 e 22, onde foram encontradas as amostras com maiores concentrações de silte e argila. Nestas seções, a argila não ultrapassou 20 %, em peso, em nenhuma amostra e, com exceção de duas amostras da seção 22, foram associados aos maiores teores de silte (Figuras 25 e 26). Observou-se também, a partir da descrição visual das seções do testemunho, que a tonalidade de todo material associou-se a cinza claro a escuro no topo, oscilando para um amarelo avermelhado na porção intermediária e retornando a cor cinza escuro na base, com presença de conchas e fragmentos de madeira. A última seção amostrada (Seção 24) volta a ser arenosa (areias finas e muito finas) com

pequena melhora do grau de seleção.

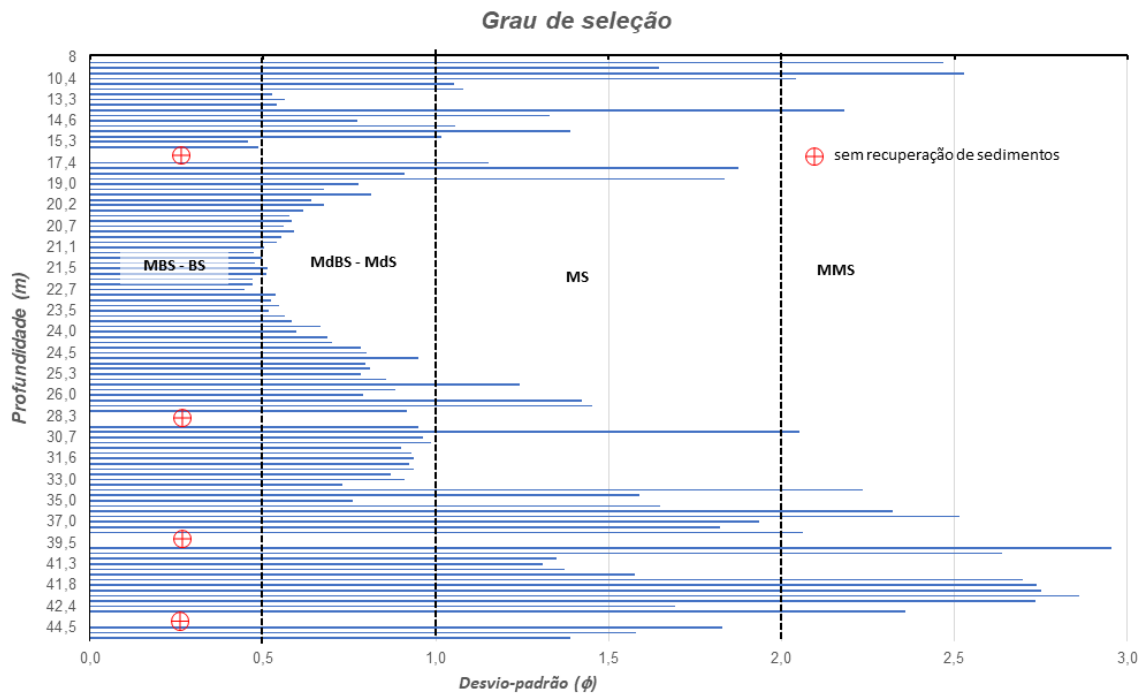


Figura 23:- Distribuição do desvio-padrão das amostras de sedimentos ao longo do testemunho, com indicação das seções sem recuperação de sedimentos. Escala horizontal em unidade phi. MBS-BS: Muito Bem Selecionado a Bem Selecionado. MdBS – MdS: Moderadamente Bem Selecionado a Moderadamente Selecionado; MS: Mal Selecionado; MMS: Muito Mal Selecionado.

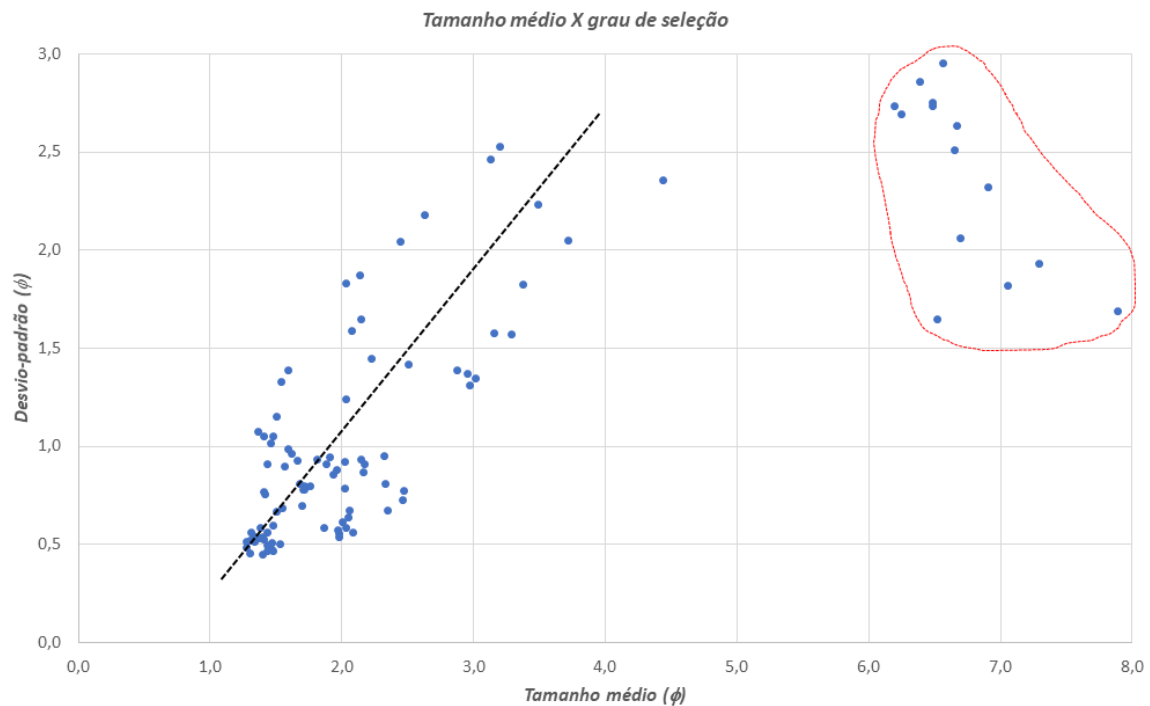


Figura 24: Relação entre tamanho médio dos sedimentos e seu grau de seleção. As amostras envoltas na linha tracejada vermelha representam amostras das seções 19, 21 e 22.

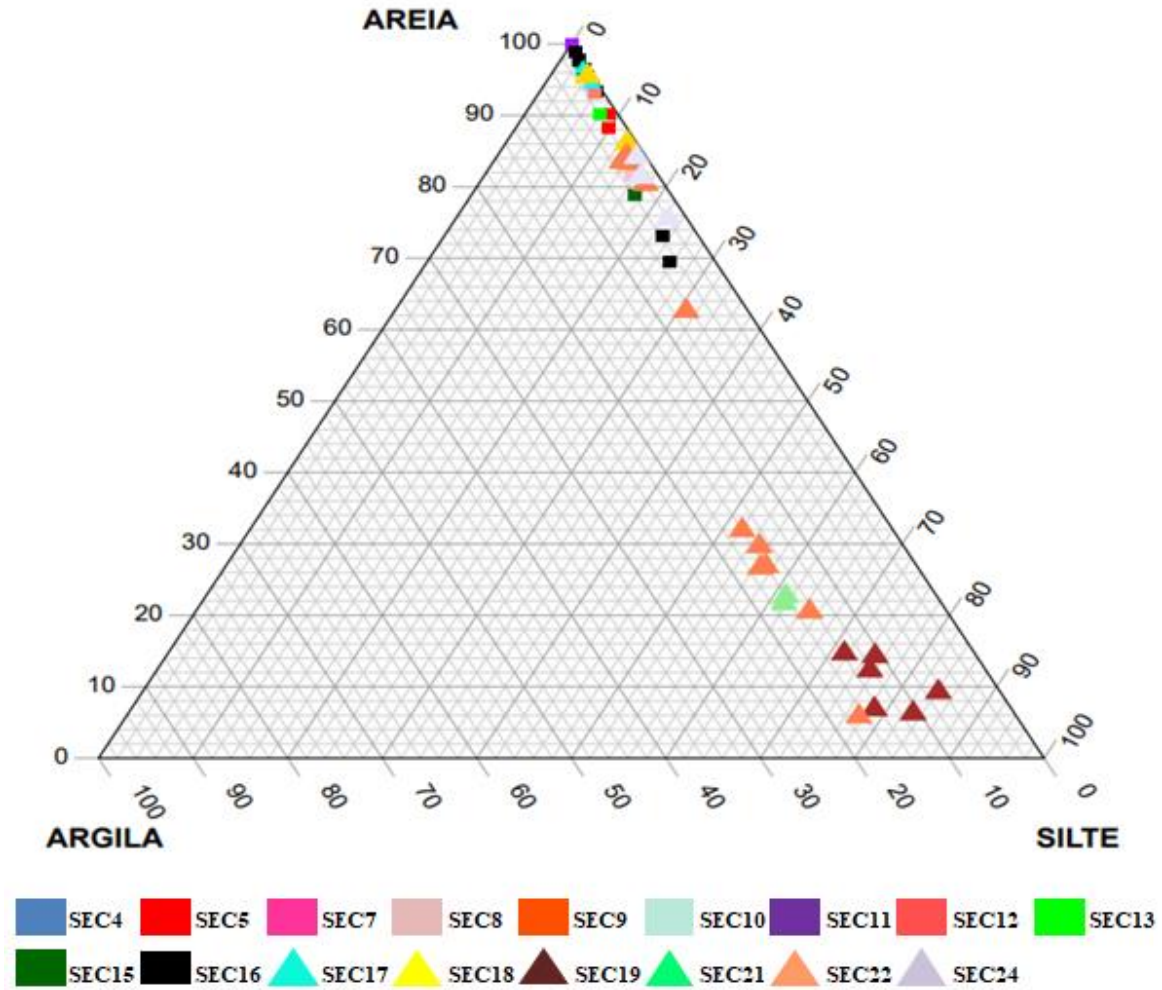


Figura 25 - Gráfico ternário de classificação granulométrica do testemunho T1, segundo a escala de Wentworth (1922).

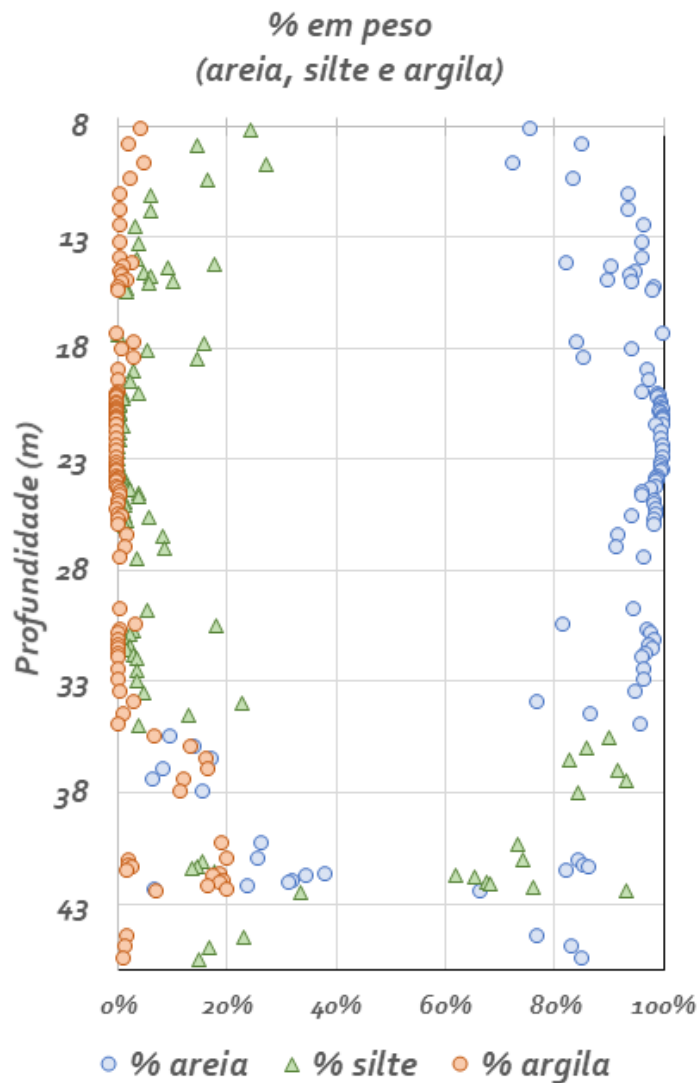


Figura 26 - Porcentagem, em peso, das frações areia, silte e argila ao longo do testemunho T1. Apenas entre aproximadamente 35 e 42 m de profundidade (Seções 19, 21 e 22) foi registrada a presença de argila, com percentuais entre 2 e 20% em peso.

Em relação à curtose (Figura 27), a parte superior do testemunho é predominantemente muito leptocúrtica, passando a dominadamente mesocúrtica e platicúrtica entre 19 e ~26 m. Em direção à base, até ~34 m de profundidade, alternam-se amostras que foram classificadas entre muito leptocúrticas e platicúrticas. Em seguida, até cerca de 40 m de profundidade, a curtose diminui, e volta a valores elevados (muito leptocúrtica) até a base do testemunho, exceto por um intervalo de cerca de 1 m, onde as amostras são platicúrticas.

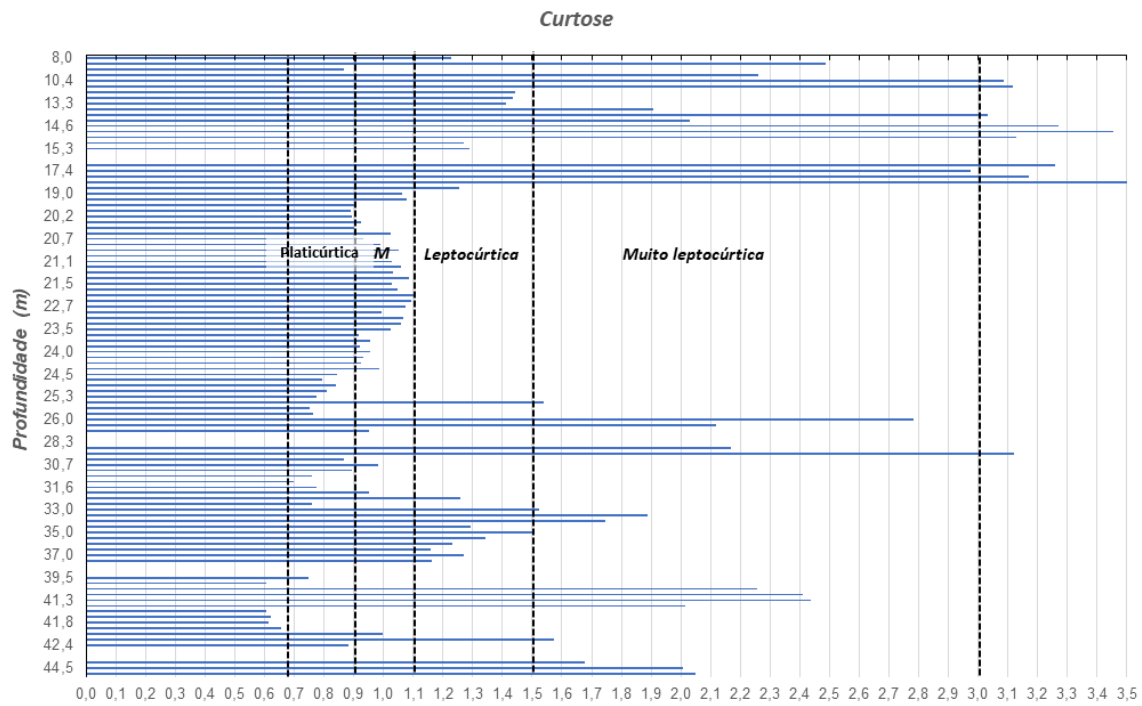


Figura 27: Distribuição da curtose das amostras de sedimentos ao longo do testemunho. M = amostras mesocúrticas.

A classificação das amostras quanto à assimetria revela a predominância de amostras com assimetria positiva a muito positiva que perfazem cerca de 74% das amostras analisadas (Figura 28). Do topo do testemunho até ~18 m de profundidade as amostras são assimetricamente muito positivas a positivas. A porção central do testemunho, aproximadamente entre 18 e 30 m de profundidade, apresenta amostras entre assimetricamente positivas a quase simétricas e assimetricamente negativas, voltando a ser predominantemente muito positivas até a base.

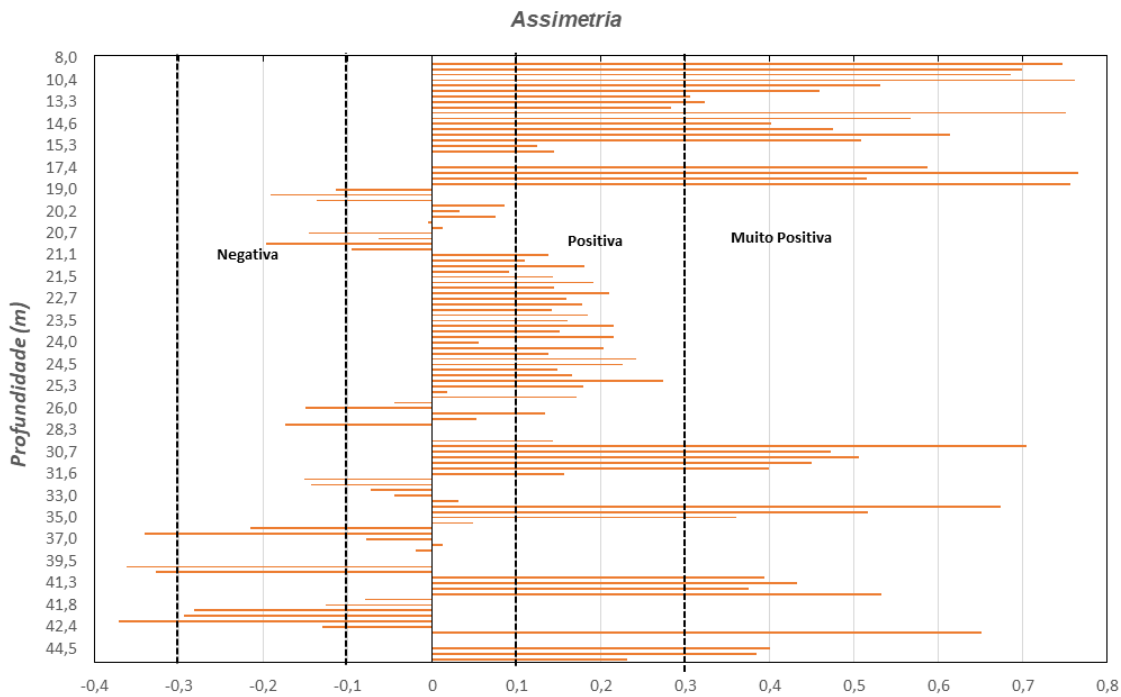


Figura 28: Distribuição da assimetria das amostras de sedimentos ao longo do testemunho. Valores entre -0,1 e 0,1 representam amostras quase Simétricas e menores que -0,3 representam amostras muito negativas.

De modo geral, o testemunho apresenta o topo com areias finas a médias, com tamanho médio de 1,717 ϕ (areia média), bem selecionadas a muito pobremente selecionadas (média de 0,861 ϕ – moderadamente selecionadas), assimetria extremamente variável (muito positiva a muito negativa, média de 0,26 – assimetria positiva; Figura 29) e curtose variando de platicúrtica a extremamente leptocúrtica (valor médio de 1,57 – muito leptocúrtica; Figura 30).

Já a porção intermediária do testemunho T1 é composta por areias médias a finas, com média de 1,959 ϕ (areia média), grau de seleção de moderadamente selecionado a muito pobremente selecionado (média de 1,08 ϕ – pobremente selecionado), com distribuição assimétrica muito positiva a muito negativa (média de 0,18 – assimetria positiva) e curtose variando de 0,698 (platicúrtica) a 3,12 (extremamente leptocúrtica) com média de 1,26 (Leptocúrtica) (Figura 29).

A base do testemunho apresentou diferenças significativas em relação ao topo e a porção intermediária com presença de siltes finos a areias finas, variando entre 7,9 e 2,87 ϕ (média de 5,46 ϕ – silte médio). O grau de seleção variou de pobremente selecionado (1,31 ϕ) a muito pobremente selecionado (2,96 ϕ) com média de 2,1 ϕ (muito pobremente

selecionado), com distribuição muito positiva a muito negativa (média de 0,038 – quase simétrico) e curtose alternando entre muito platicúrtica (0,605) a muito leptocúrtica (2,44) com média de 1,36 (leptocúrtica; Figura 29).

A comparação do tamanho médio dos sedimentos com a assimetria (Figura 30) e a curtose (Figura 31) mostra que, embora nenhum desses parâmetros estatísticos tenham características discriminatórias das amostras arenosas (tamanho $< 4\phi$), os sedimentos finos ($> 4\phi$) são predominantemente assimetricamente negativos a quase-simétricos (Figura 30) e platicúrticos a leptocúrticos.

A comparação entre o grau de seleção e a curtose mostra uma esperada relação entre piora do grau de seleção à medida que a curtose das amostras diminui (reta tracejada na Figura 32), com uma associação entre amostras mal selecionadas e amostras muito leptocúrticas, e amostras muito mal selecionadas e amostras platicúrticas. Um segundo conjunto de amostras, assinalado com uma linha vermelha tracejada, reúne as amostras com melhor grau de selecionamento e curtose entre platicúrtica e leptocúrtica.

Em geral, os teores de matéria orgânica foram extremamente baixos ($< 2\%$ em peso) exceto entre aproximadamente 35 e 40 m de profundidade, onde os valores situaram-se entre 2,5 e 10 % em peso, voltando a diminuir em direção à base do testemunho (Figura 33A). Em relação ao carbonato de cálcio (CaCO_3), com exceção de uma amostra, todas apresentaram valores inferiores a 15% em peso (Figura 33). O teor de carbonato apresenta dois intervalos com maiores concentrações, entre 20 e 25 m e entre 35 e 40 m de profundidade com predomínio de, respectivamente, areias médias e silte (Figura 33B).

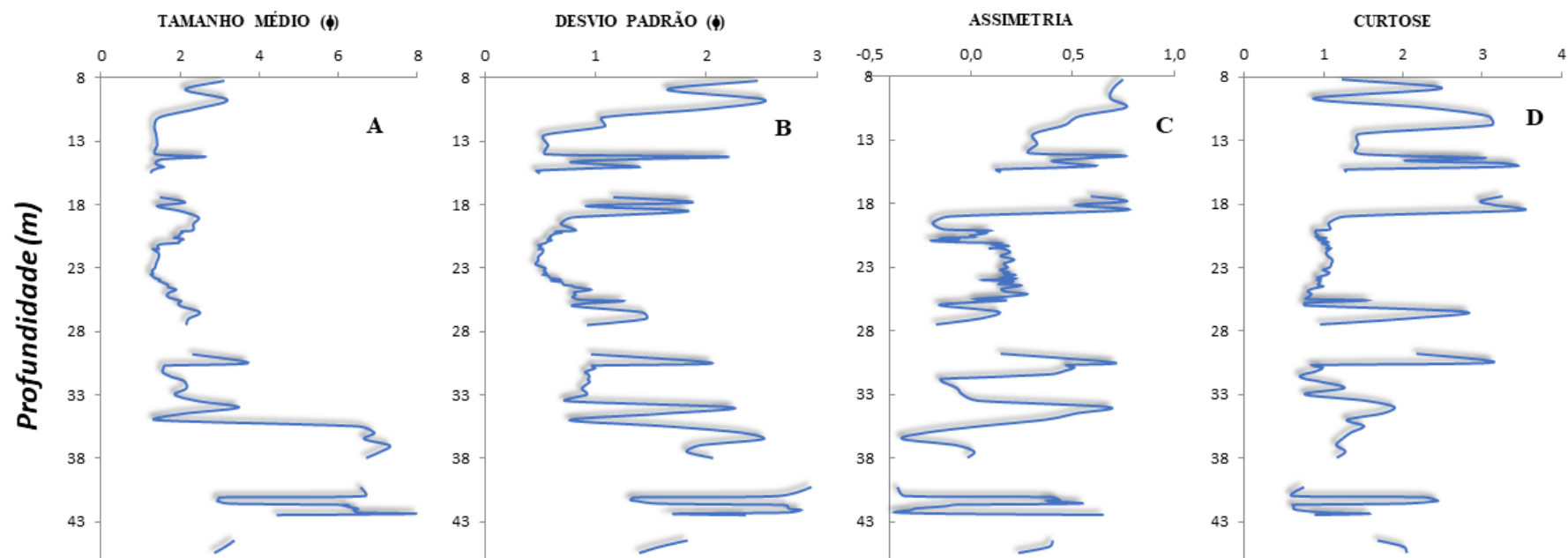


Figura 29: Distribuição dos parâmetros estatísticos dos sedimentos do testemunho em relação à profundidade. Os espaços em branco representam os intervalos que não tiveram recuperação.

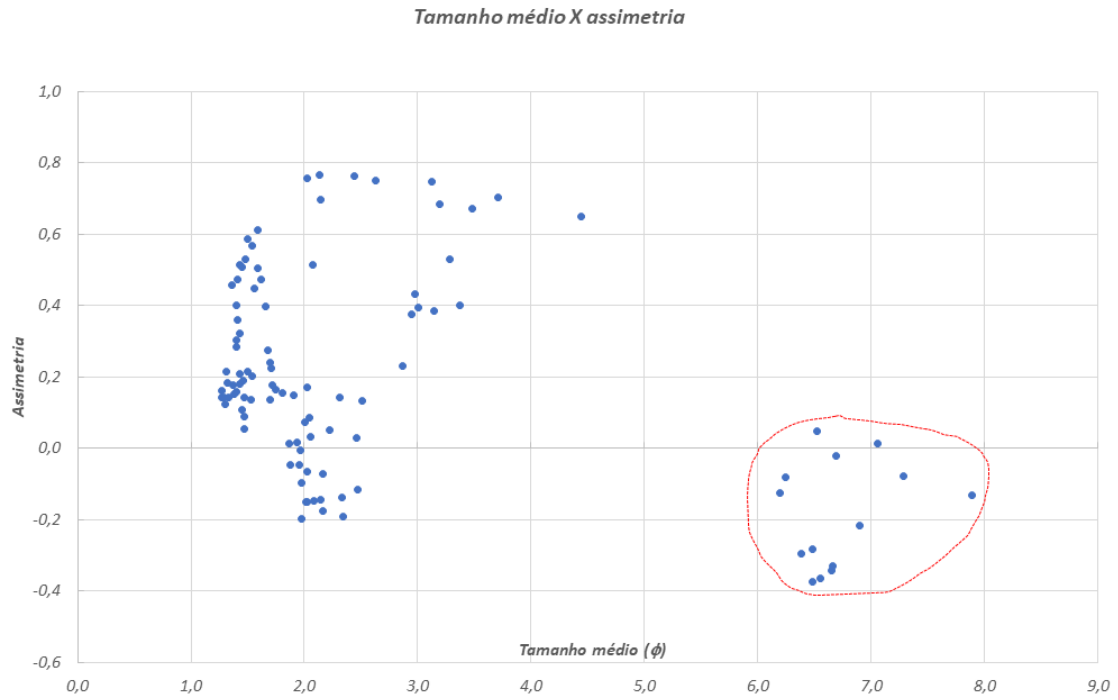


Figura 30: Tamanho granulométrico médio X assimetria das amostras.

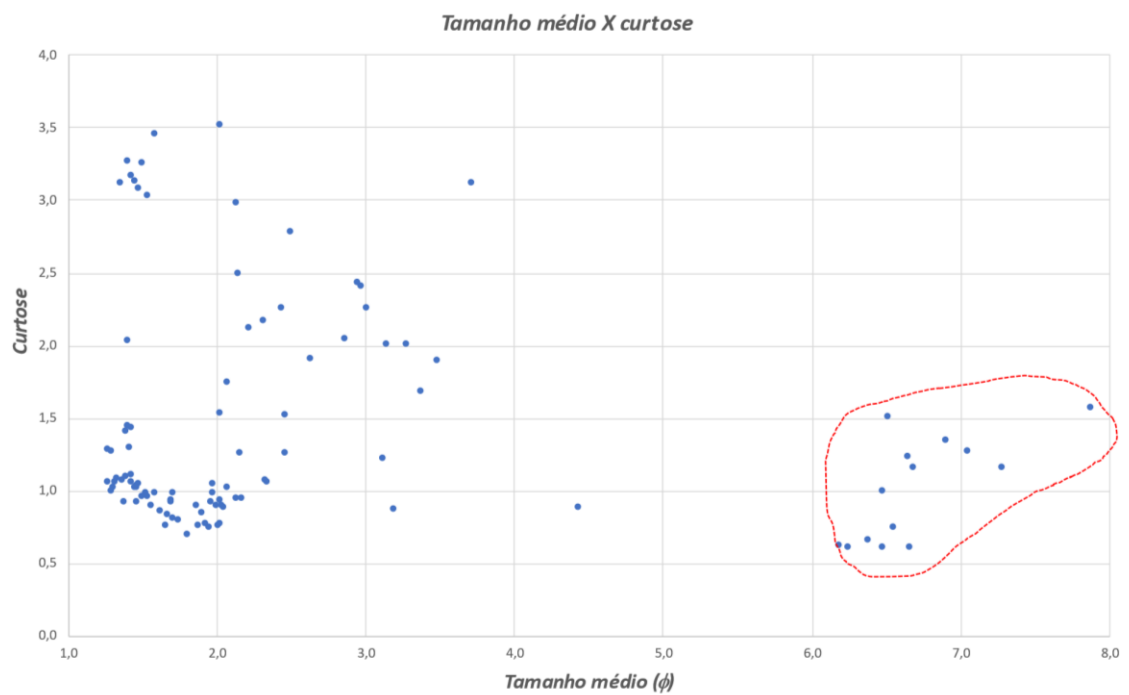


Figura 31: Tamanho granulométrico médio X curtose.

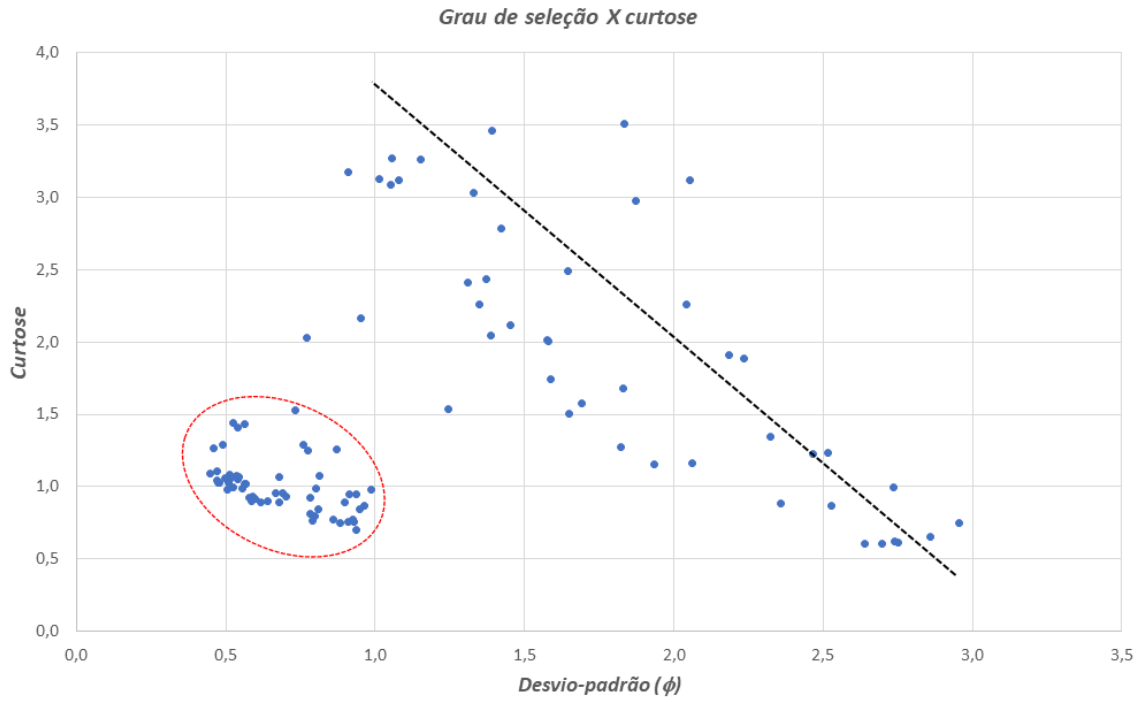


Figura 32: Grau de seleção (desvio-padrão) X curtose das amostras de sedimentos.

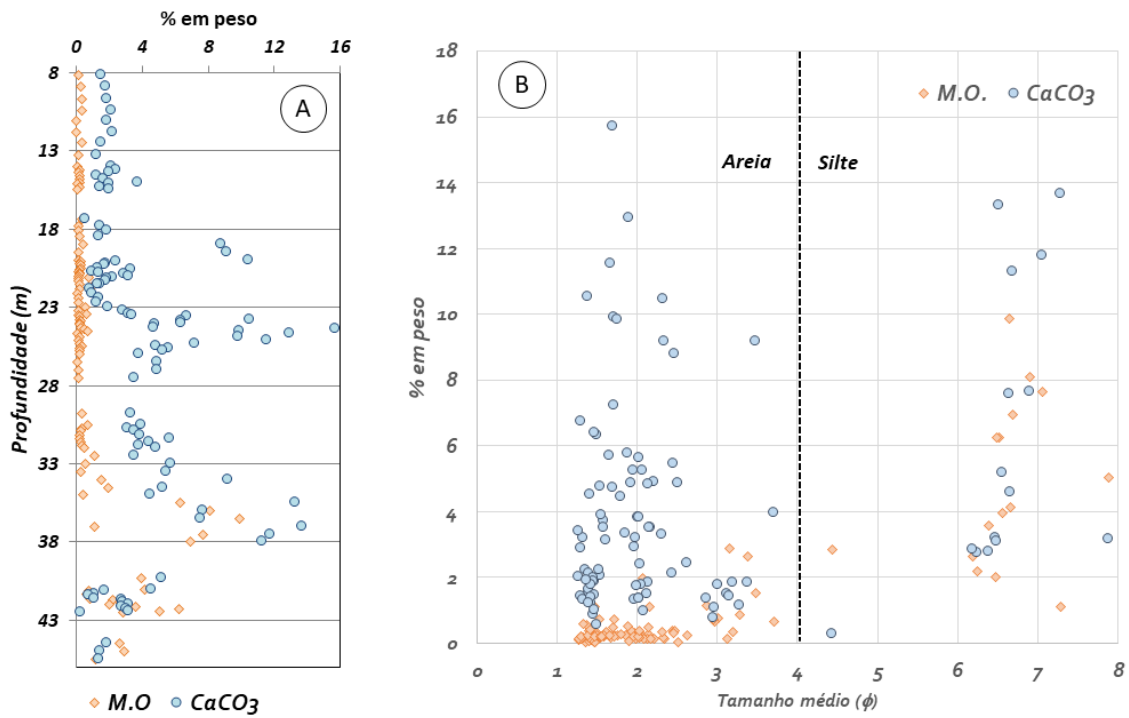


Figura 33. Variação de teor de matéria orgânica e carbonato de cálcio ao longo do testemunho (A) e relação entre os teores e o tamanho médio dos sedimentos (B).

6.2 GEOQUÍMICA ELEMENTAR DAS AMOSTRAS

Nesta seção são apresentados os teores dos 35 elementos químicos analisados ao longo do testemunho, bem como seus valores mínimos e máximos, médios, medianas e desvio-padrão (Tabela 4). Quatro elementos (Bi, Cd, Sb e U) apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção em praticamente todas as amostras.

Tabela 4: Média, mediana, desvio padrão, valor mínimo e máximo da concentração dos elementos químicos ao longo do testemunho T1. (*) indica os elementos cuja concentração ficou abaixo do limite de detecção na maioria das amostras analisadas (Bi, Cd, Sb e U).

Elemento químico	Unidade	Valor mínimo	Valor máximo	Média	Mediana	Desvio-padrão
Ag	PPM	0,0	2,7	0,54	0,25	0,65
Al	%	1,3	14,8	6,84	7,87	3,42
As	PPM	0,0	27	3,56	0,003	6,38
Ba	PPM	113	1.183	463,2	412	234,0
Be	PPM	0,0	4	1,76	2	1,15
Bi (*)	PPM	0,0	6	0,12	0,003	0,85
Ca	%	0,1	7,51	1,48	1,02	1,68
Cd (*)	PPM	0,0	0,6	0,03	0,003	0,11
Co	PPM	0,0	32	11,9	9	8,65
Cr	PPM	11	173	70,9	66,5	40,7
Cu	PPM	4	462	36,7	21,5	65,3
Fe	%	0,7	43,1	7,33	4,75	8,47
K	%	0,5	3,8	1,79	1,48	0,98
La	PPM	11	386	85,5	40	117,4
Mg	%	0,1	1,3	0,60	0,6	0,28
Mn	PPM	79	6320	746,7	478	1177,0
Mo	PPM	0,0	20	7,90	7	5,87
Na	%	0,1	2,7	0,57	0,46	0,49
Nb	PPM	4	67	22,2	16	17,2
Ni	PPM	9	107	40,4	31,5	27,6
P	%	0,0	0,3	0,07	0,06	0,05
Pb	PPM	8	81	32,8	31,5	16,2
S	%	0,0	3	0,44	0,003	0,68
Sb (*)	PPM	0,0	7	0,48	0,003	1,67
Sc	PPM	1	18	9,54	11	5,26
Sn	PPM	0,0	21	3,82	4	3,68
Sr	PPM	44	462	169,4	125,6	114,2
Th	PPM	0,0	212	31,4	11	57,6
Ti	%	0,1	1,7	0,53	0,46	0,42
U (*)	PPM	0,0	41	1,56	0,003	7,73
V	PPM	11	142	74,7	82	42,5
W	PPM	0,0	189	9,44	0,003	29,7
Y	PPM	4	59	21,5	17,5	15,5
Zn	PPM	47	3.812	567,6	210,5	833,4
Zr	PPM	17	298	79,3	51,5	72,5

A distribuição dos elementos químicos ao longo do testemunho mostra padrões variáveis de concentração (Figuras 34 a 37). Alguns elementos apresentaram concentrações maiores próximo à base e valores abaixo da média em direção ao topo (p. ex. La, Nb, Th, Ti, Y e Zr). Outros elementos apresentaram concentrações mais elevadas no setor intermediário do testemunho e diminuição em direção à base e ao topo (p. ex. As, Ca, Mo), enquanto outros apresentaram baixas concentrações ao longo do testemunho, exceto em algumas profundidades, onde apresentaram valores até 8,5 vezes maiores que a média (p. ex. Cu, Fe, Mn e Na) por volta de 18 – 21 m de profundidade. Embora as concentrações de alguns elementos como Al, Pb e V oscilem ao longo do testemunho, observa-se uma tendência de diminuição dos valores em direção ao topo do testemunho. Cr e Co (Figura 34) assim como Ti e Y (Figura 37) apresentam um padrão similar de variação ao longo de todo o testemunho, sugerindo uma fonte comum. O Sc, que será usado como elemento normalizador, apresentou maiores concentrações na base do testemunho (~ entre 45,5 e 34m), diminuição acentuada da concentração por volta de 23 – 18 m de profundidade, nova tendência de aumento até 13 m e diminuição em direção ao topo.

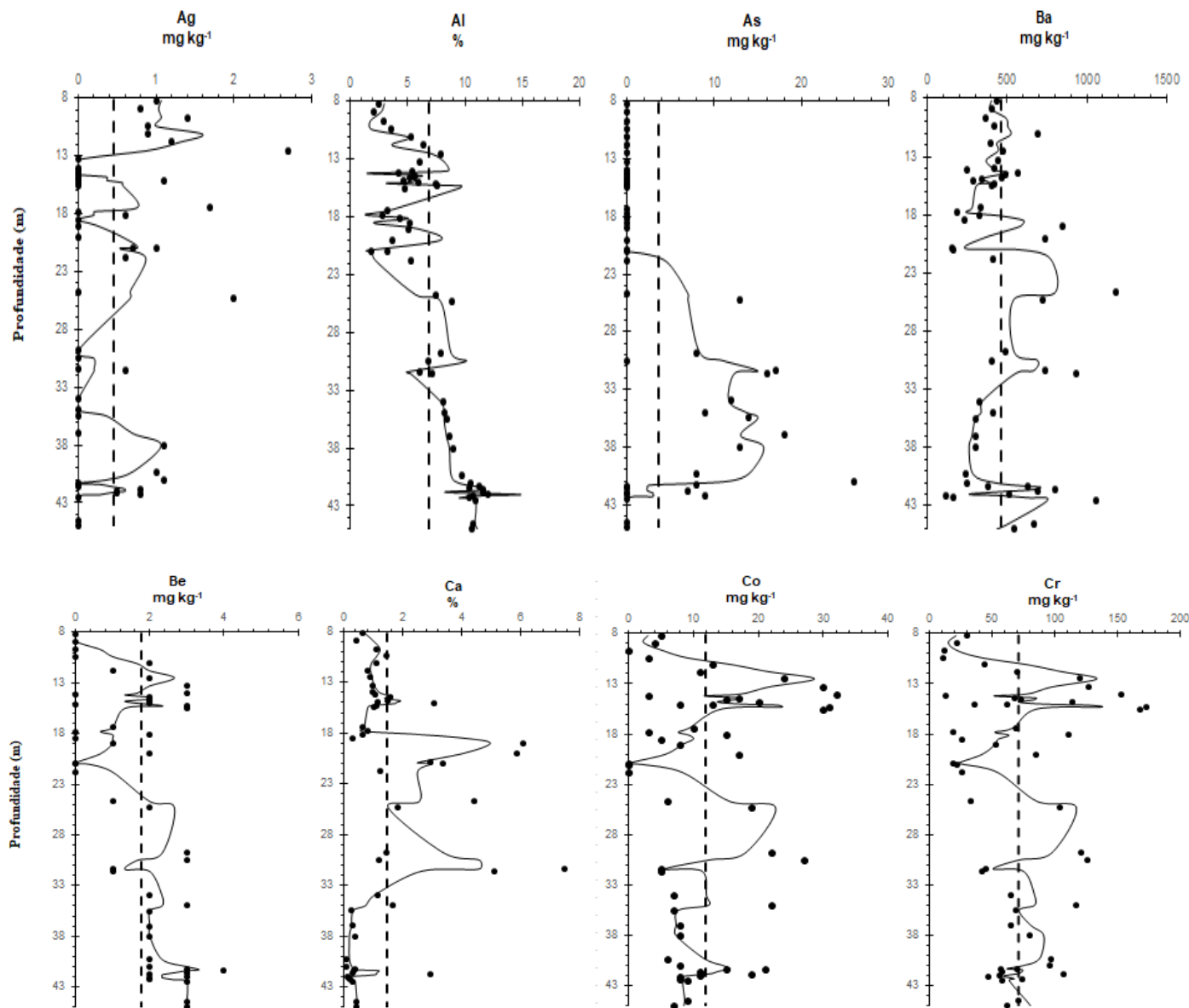


Figura 34: Distribuição de Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Co, Cr ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).

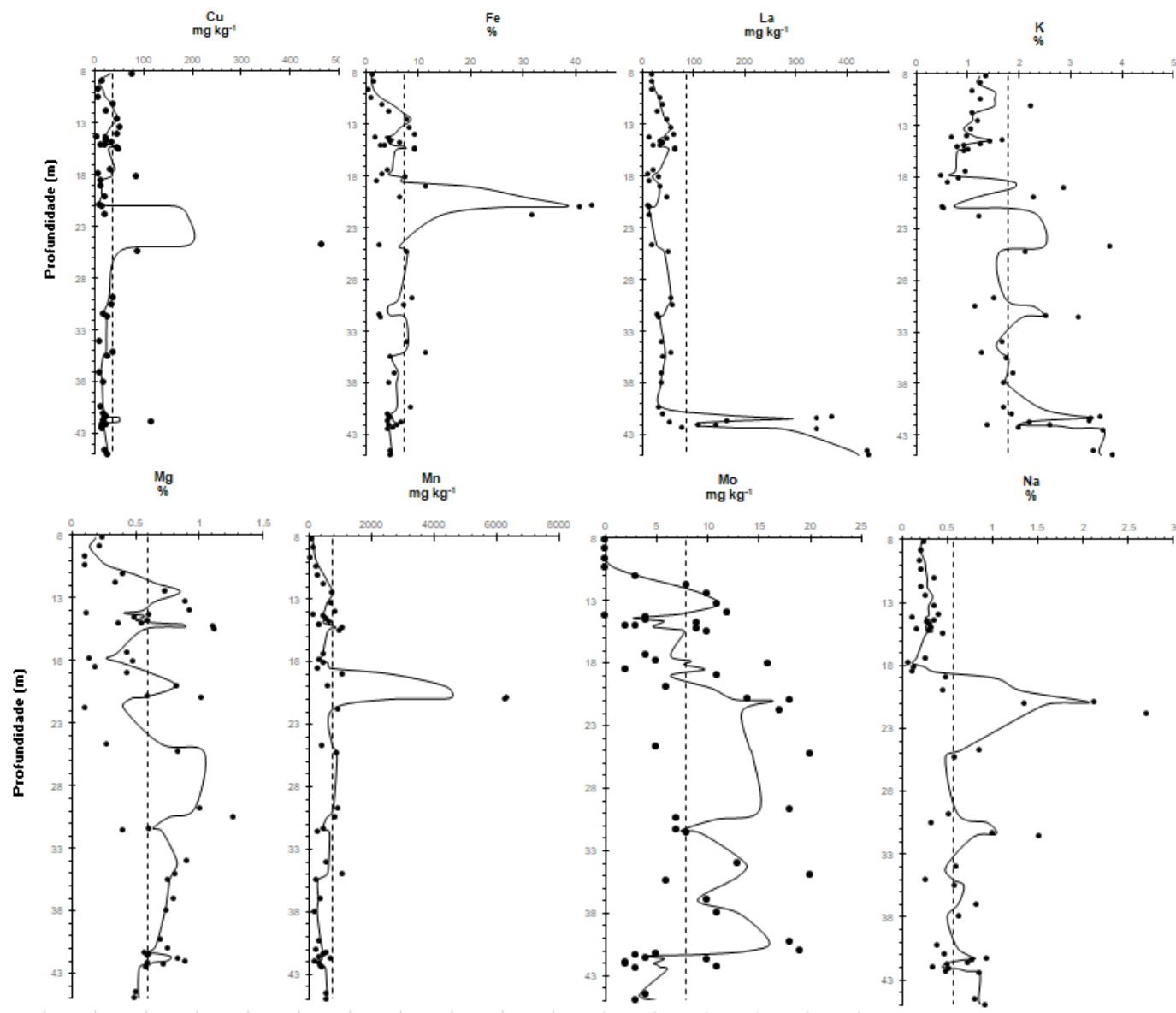


Figura 35: Distribuição de Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo e Na ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).

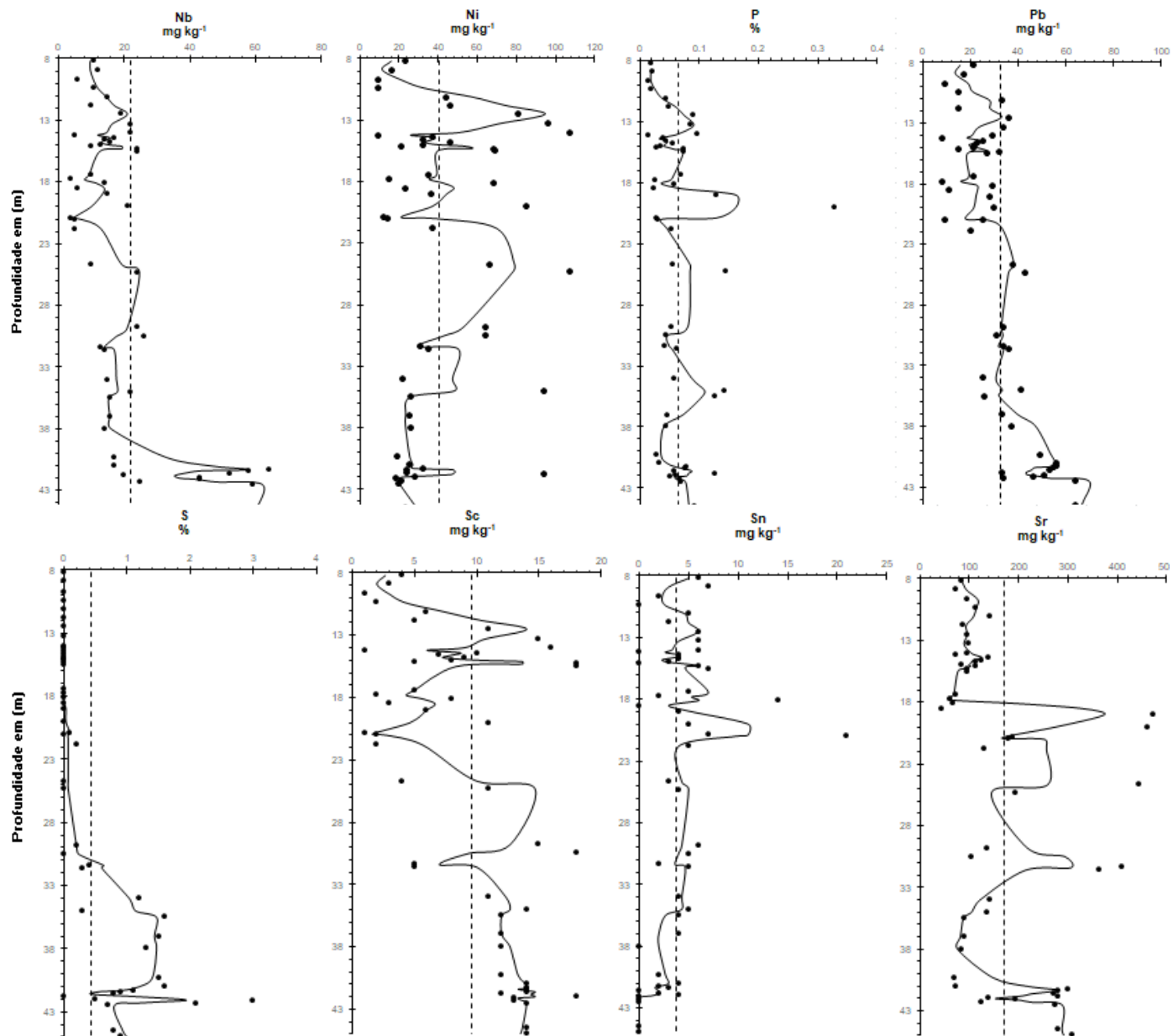


Figura 36: Distribuição de Nb, Ni, P e Pb, S, Sc, Sn, Sr ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).

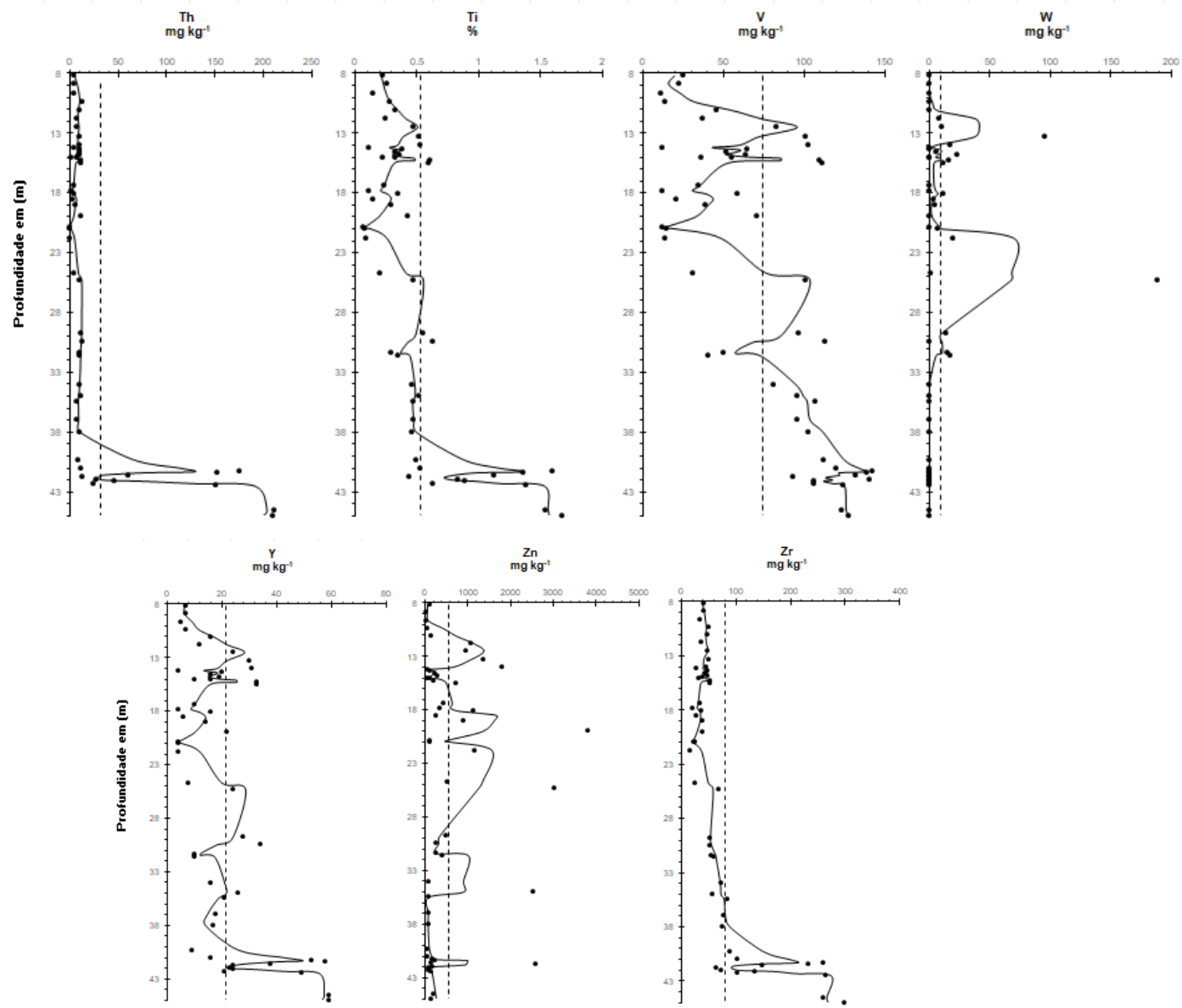


Figura 37: Distribuição de Th, Ti, V, W, Y, Zn e Zr ao longo do testemunho. Linha tracejada: valor médio, linha contínua: média móvel (3 elementos).

As razões entre os elementos químicos e o Sc (Figuras 38 a 41) mostram padrões variáveis. Alguns valores da razão elemento/Sc mantem-se em torno do valor médio ao longo de todo o testemunho com picos de maior valor em algumas profundidades (p. ex. Ag/Sc, Cu/Sc, Fe/Sc, Mg/Sc, Mo/Sc, Na/Sc, Sn/Sc, W/Sc). A variação das razões de elementos de origem eminentemente litológica como La, Nb, Th, Ti, Y, Zr, com o Sc, apresentam um padrão semelhante ao da concentração dos elementos (Figuras 35, 36 e 37). Por outro lado, as razões Ca/Sc e Sr/Sc, que podem indicar períodos de uma maior ou menor influência marinha, apresentam valores próximos a zero ao longo de quase todo o testemunho, exceto entre 19-21 m e 31-32 m. Embora com padrão distinto na porção superior do testemunho, as razões Ba/Sc e K/Sc apresentam maiores valores nessas mesmas profundidades. Aproximadamente entre 31 e 41 m de profundidade, a razão S/Sc apresenta maiores valores em relação à base e ao restante do testemunho. Esta profundidade corresponde ao setor do testemunho em que as maiores concentrações de matéria orgânica e carbonato foram registradas (Figura 33). O arsênio (As) que apresentou maiores concentrações no setor inferior a intermediário do testemunho, entre 31 e 41 m de profundidade (Figura 34), mantém um padrão similar da razão As/Sc (Figura 38).

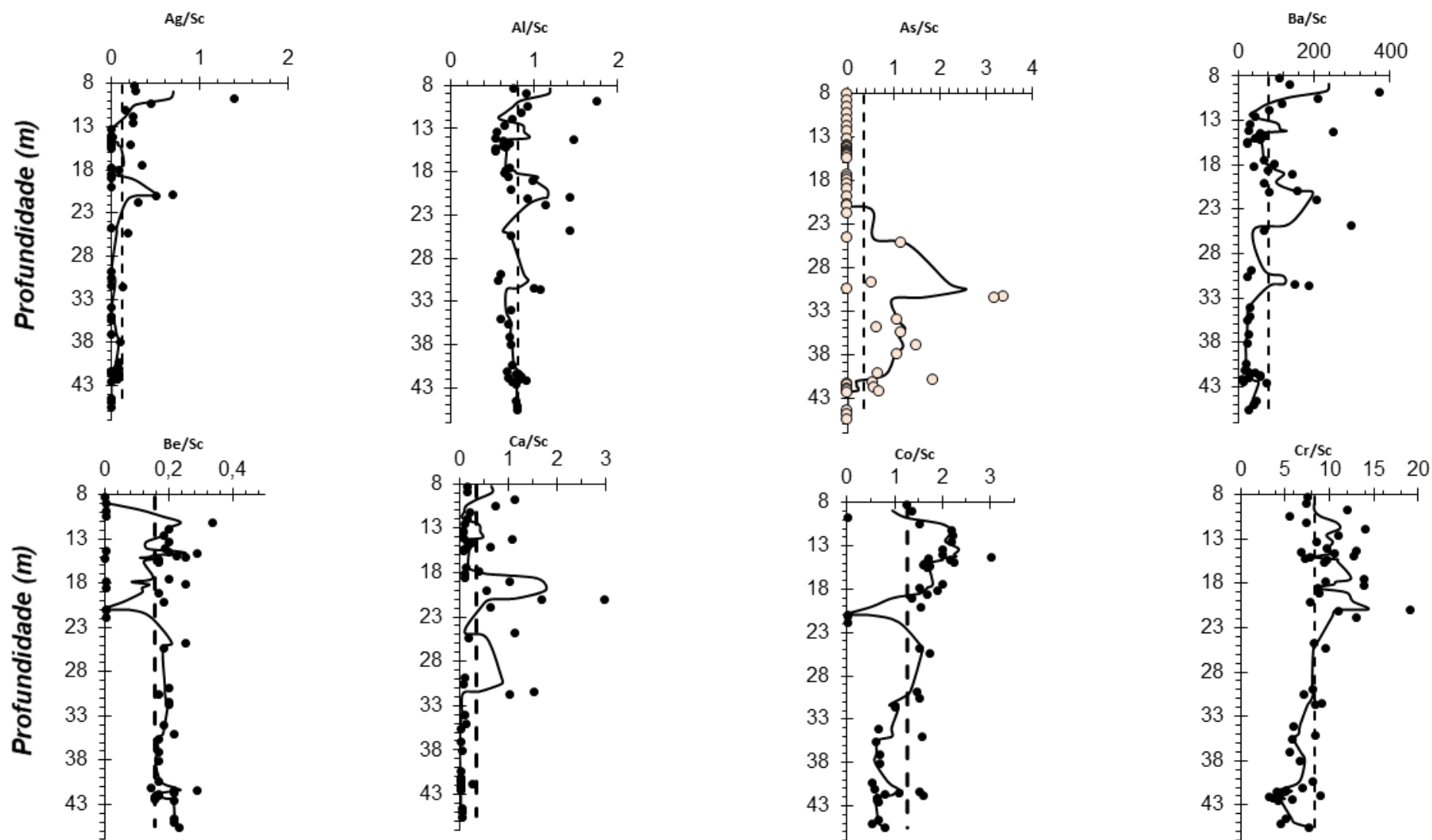


Figura 38. Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).

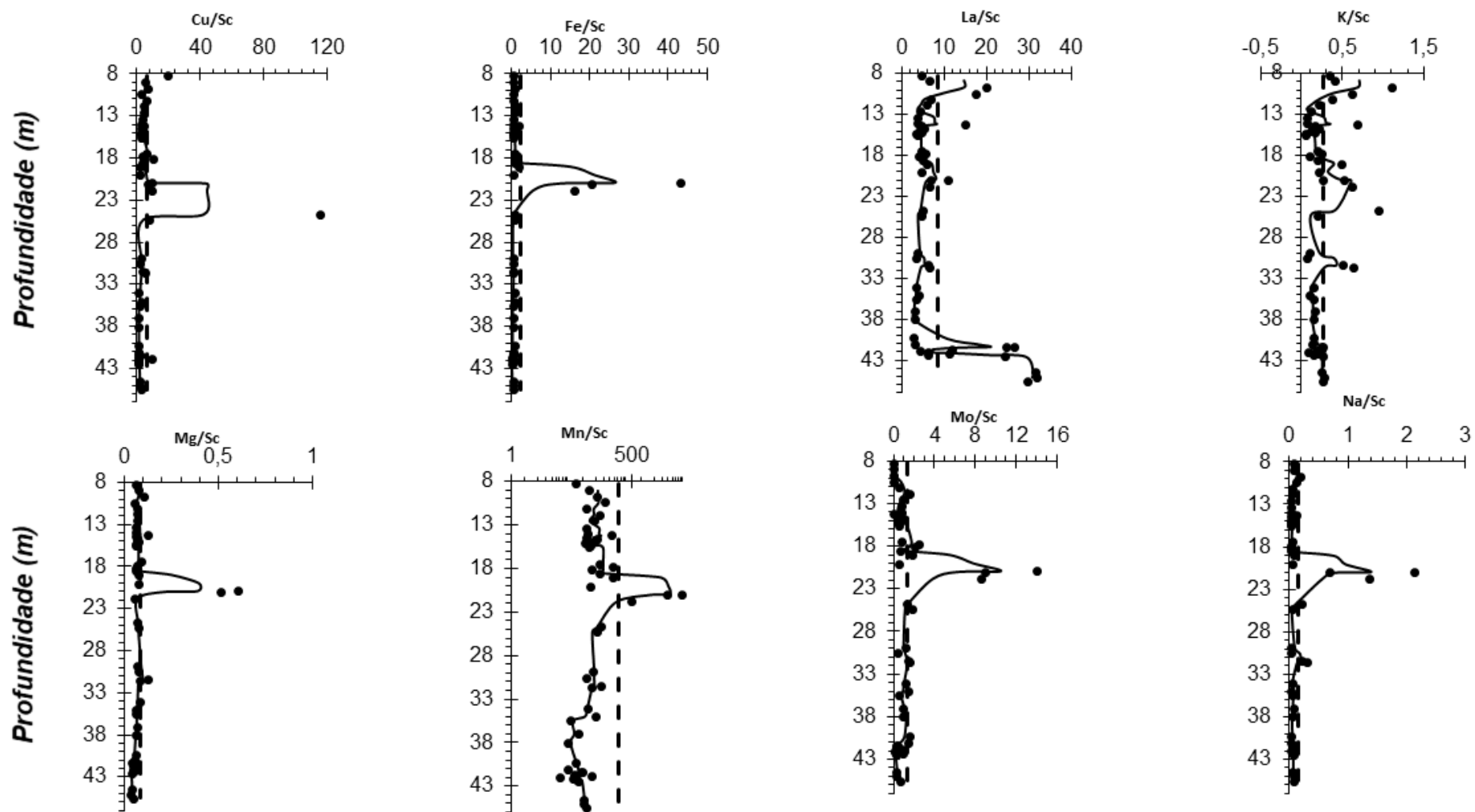


Figura 39. Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).

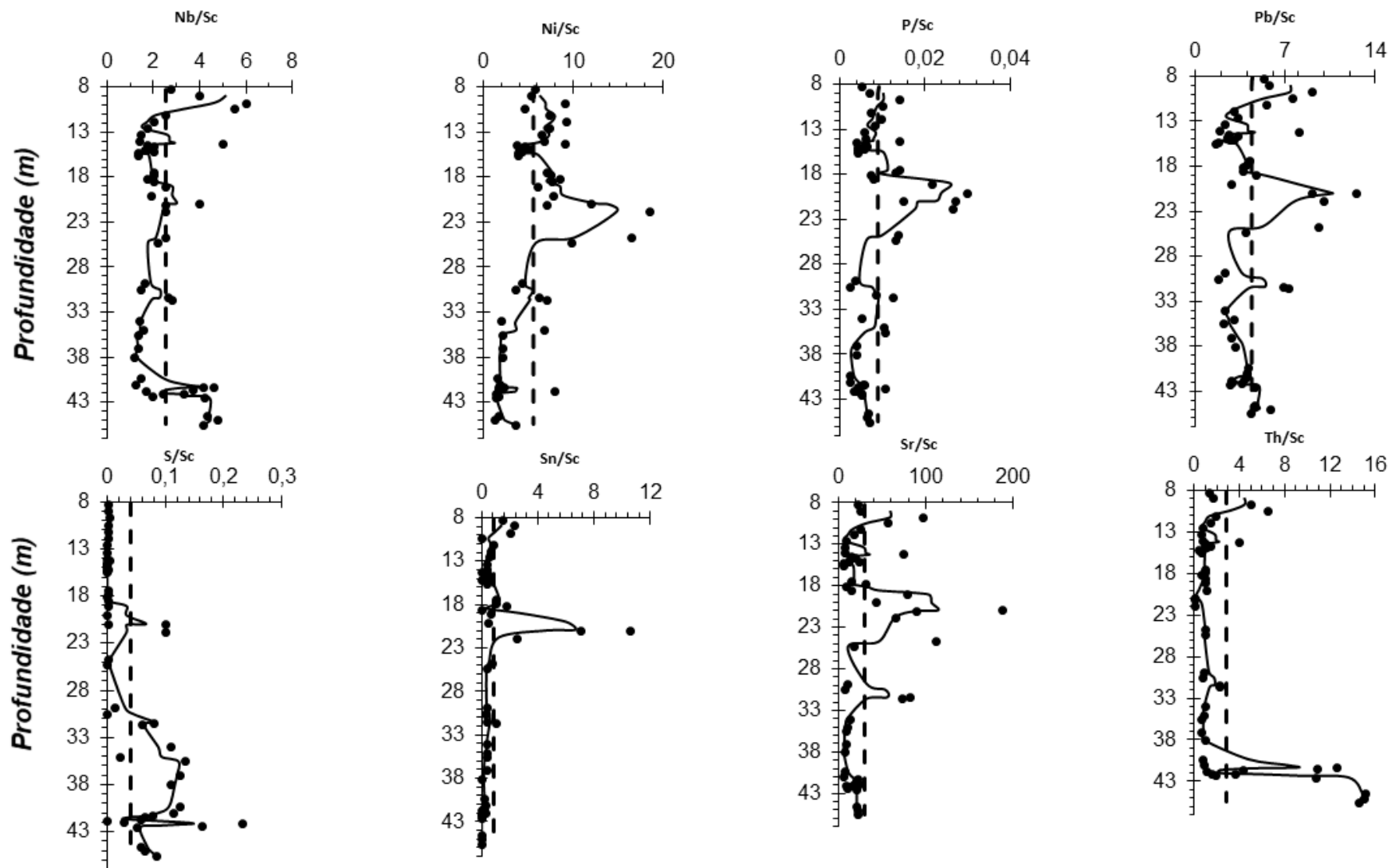


Figura 40: Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).

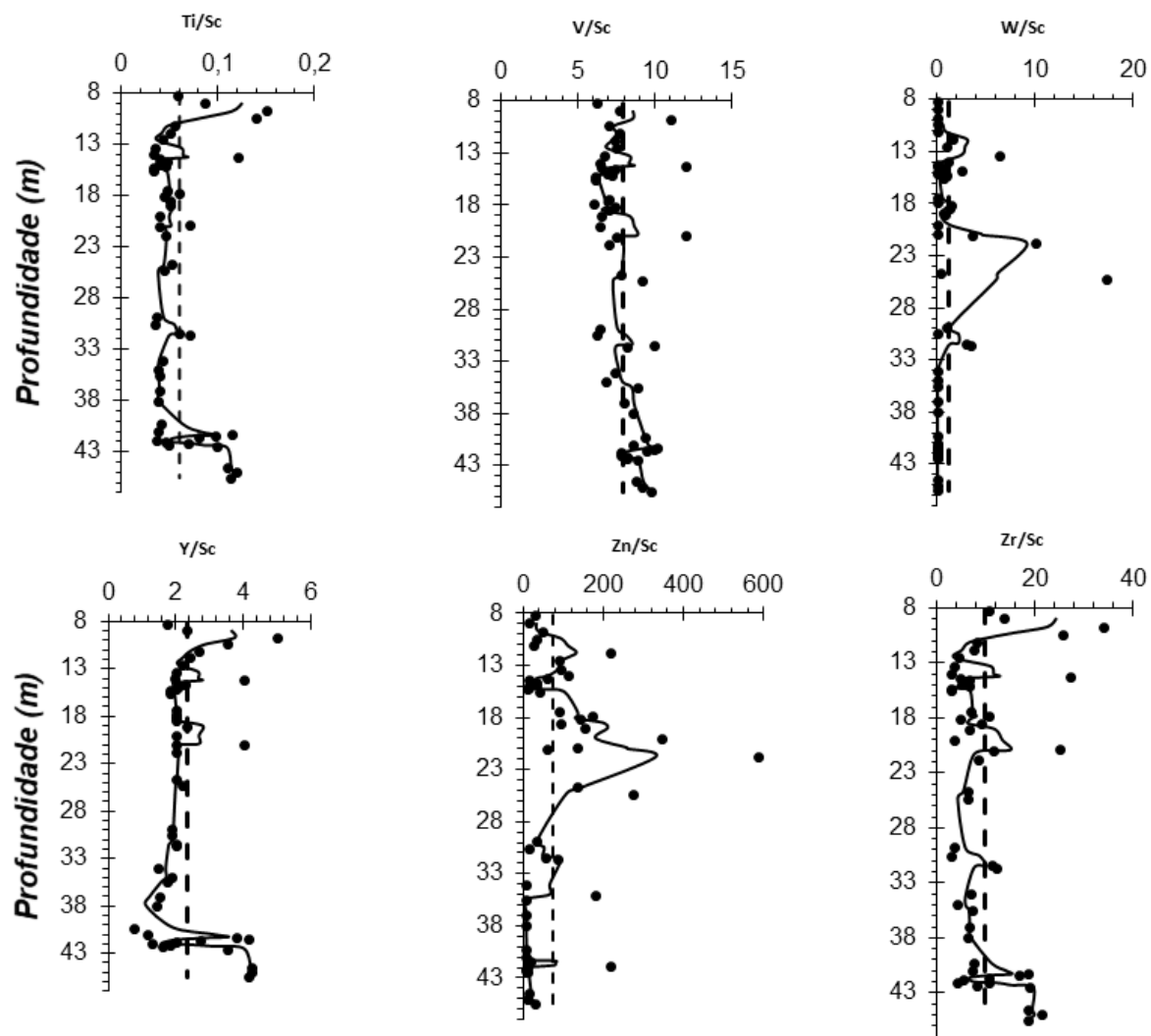


Figura 41: Razões entre elementos químicos e Sc. Linha tracejada: média, linha contínua: média móvel (3 elementos).

6.3 DATAÇÕES POR RADIOCARBONO

Os resultados das idades determinadas por datação por C-14, realizadas no laboratório *Beta Analytic*, são mostradas na Tabela 5 e Figura 42. O topo do testemunho não apresentou nenhuma amostra passível de datação por esta técnica e, por este motivo, as datações concentraram-se entre cerca de 20 e 38 m de profundidade. Todas as idades, exceto uma, foram obtidas em conchas. Levando-se em consideração as idades máximas e mínimas possíveis, o intervalo temporal estende-se entre 7961 e 6298 anos A. P. Este período corresponde à fase final da transgressão holocênica, quando a subida do nível do mar se torna mais lenta e posteriormente alcança uma posição 1 a 3 m acima da atual há cerca de 5800 anos (Figura 8; Reis et al., 2020). As possíveis causas das inversões das idades mostradas na Tabela 5 e na Figura 42 serão discutidas na próxima seção.

Tabela 5: Datações por radiocarbono realizadas no testemunho T1.

Posição da amostra	Profundidade (m)	Material	Idade convencional (BP)	Idade Calibrada (CalDC)
Sec 8 (20-29 cm)	20	Concha	8383 ± 40	7016-6624
Sec 9 (104-114 cm)	21,3	Concha	8713 ± 40	7426-7064
Sec 12 (10-30 cm)	24,9	Concha	8103 ± 40	6612-6298
Sec12 (67-74 cm)	26	Madeira	8810 ± 30	7961-7645
Sec 16 (40-50 cm)	31,6	Concha	8783 ± 40	7492-7148
Sec 19 (49-56 cm)	38	Concha	8463 ± 40	7076-6690

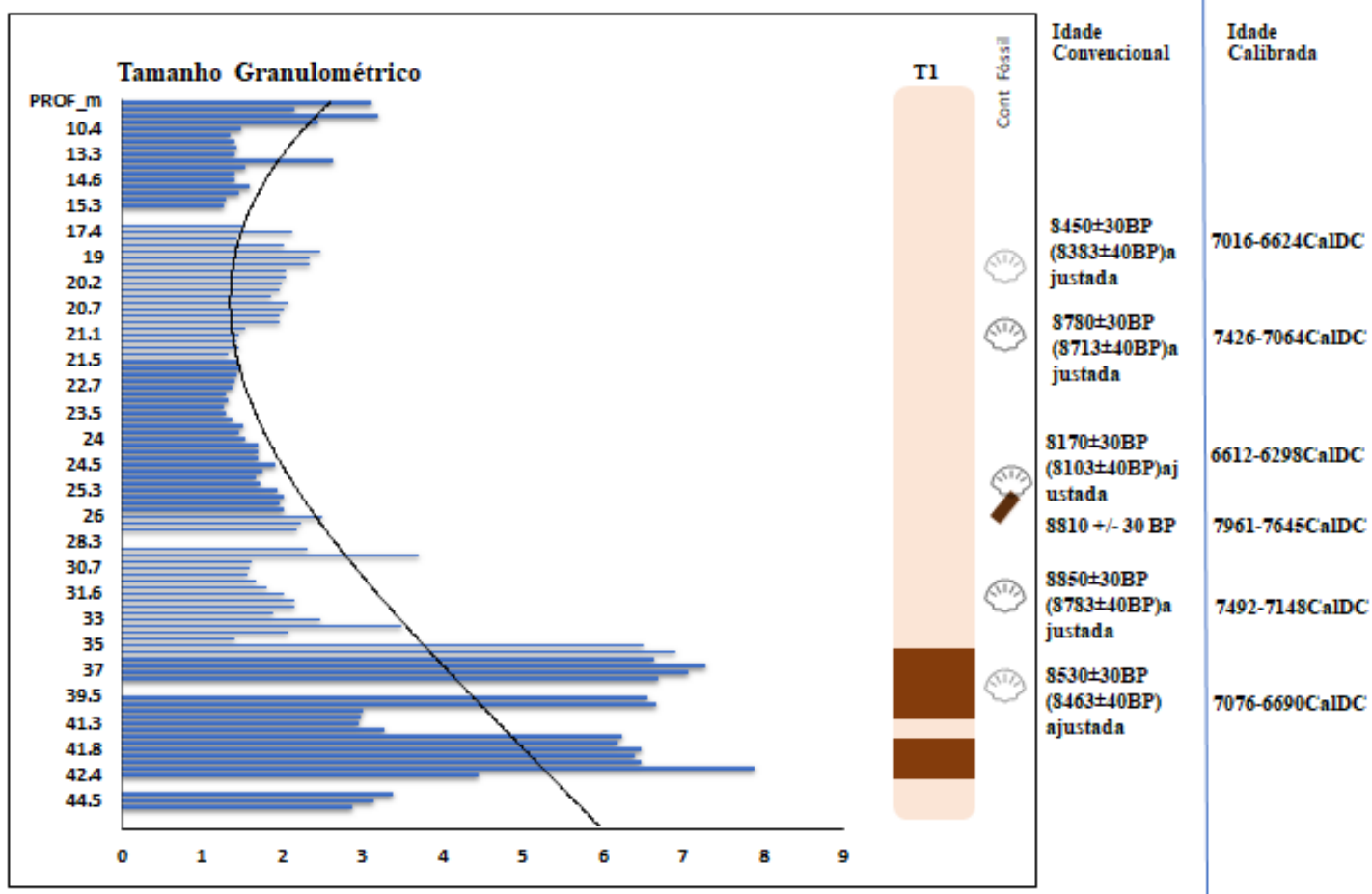


Figura 42: Tamanho granulométrico médio dos sedimentos, expresso em unidade ϕ , ao longo do testemunho e posição / idade das amostras datadas.

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nos dias atuais, a área de estudo apresenta uma grande diversidade de ambientes (Figura 5) incluindo praias arenosas (tamanho médio de areias médias a grossas; BORGES, 1990; CARVALHO; GUERRA, 2020); áreas inundáveis, colonizadas ou não por manguezais; canais de maré em que predominam desde areias médias a sedimentos finos (Figuras 5 e 43). O limite leste da restinga da Marambaia é um *inlet* com cerca de 4 m de profundidade, coberto por areias médias e onde velocidades de mais de 2 m/s foram registradas (Cortez, 2014). ao contrário de outros canais identificados nos registros sísmicos (ver abaixo), o Canal de Barra de Guaratiba tem sua posição fixada por um costão rochoso.

Estudos conduzidos ao longo dos últimos 10 anos na região da baía de Sepetiba (REIS et al., 2020; DADALTO et al., 2021) e plataforma continental adjacente (FRIEDERICHS, 2012; FRIEDERICHS et al., 2013) tem revelado a complexidade da evolução recente da região, em particular nos últimos 22 ka, quando mudanças climáticas globais levaram ao derretimento das geleiras encontradas em latitudes temperadas e à consequente subida do nível do mar (Figura 8). Durante a transgressão marinha, além do preenchimento dos canais fluviais escavados durante a regressão, existem indicações da formação de barreiras arenosas segmentadas por canais de maré.

A existência de antigos canais de maré, que migram lateralmente e são preenchidos à medida que o nível do mar continua a subir, sugerem a existência de barreiras arenosas que foram destruídas ao longo da transgressão (Figura 44). Da mesma forma, levantamentos sísmicos realizados no interior da baía de Sepetiba (Figura 45) também mostram o registro de paleocanais fluviais e fluvio-estuarinos que, à medida que a subida do nível do mar desacelerava, formaram depósitos num contexto de regressão normal (aporte > espaço de acomodação). Nesta fase, os canais continuam sendo preenchidos e migram lateralmente, tornando-se gradativamente mais rasos. Finalmente, levantamentos com georadar (GPR: ground-penetrating radar) realizados na restinga da Marambaia (Figuras 46 e 47), mostram um padrão similar, com várias feições de corte, preenchimento e migração lateral.

Reis et al. (2020) apresentam um modelo conceitual da formação e destruição de barreiras arenosas entre a plataforma continental e a baía de Sepetiba (Figura 48) à medida que o nível do mar avança, atinge uma altura máxima por volta de 5,8 ka, e em seguida volta à posição atual. Embora os cordões arenosos tenham sido destruídos e as areias redistribuídas, a presença de inúmeros canais de maré indica a sua existência quando eram feições ativas.



Figura 43: Percentual de areia nos sedimentos superficiais dos canais de maré de Barra de Guaratiba. A cor vermelha denota 100% de areia enquanto a cor verde escuro denota 0% de areia, na área mais próxima à baía de Sepetiba. O (X) indica a localização aproximada do testemunho T1. A ilha do Bom Jardim e as margens norte e sul dos canais são ocupados por manguezais e apicuns (planícies salinas). Fonte: Vianna (2016).

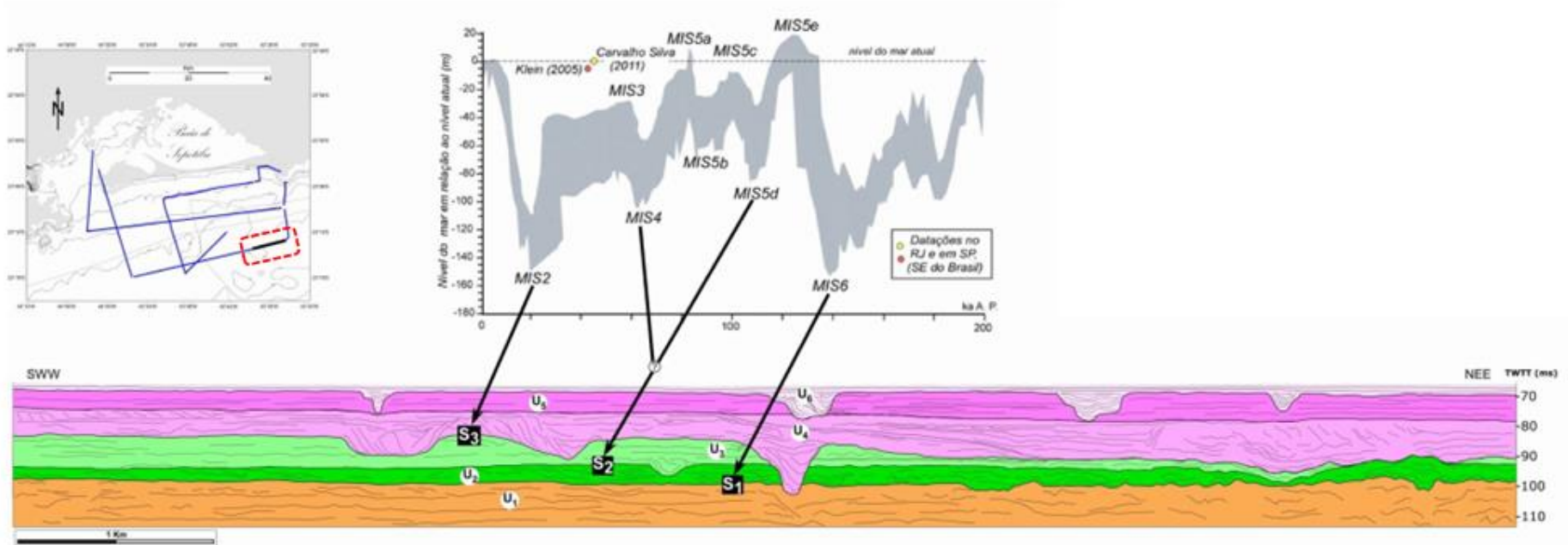


Figura 44: Linha sísmica *strike* interpretada com destaque para a superfície S3, relacionada à exposição subaérea da plataforma durante a última regressão com a presença de paleocanais fluviais escavados; a unidade sísmica U4, relacionada à transgressão que se iniciou há cerca de 22 ka e levou ao preenchimento dos paleocanais fluviais mas também à formação de canais estuarinos que sucessivamente migram lateralmente e são preenchidos; e a unidade U6 caracterizada por paleocanais estuarinos cuja presença sugere a existência de barreiras arenosas não preservadas. Fonte: Friederichs, 2012.

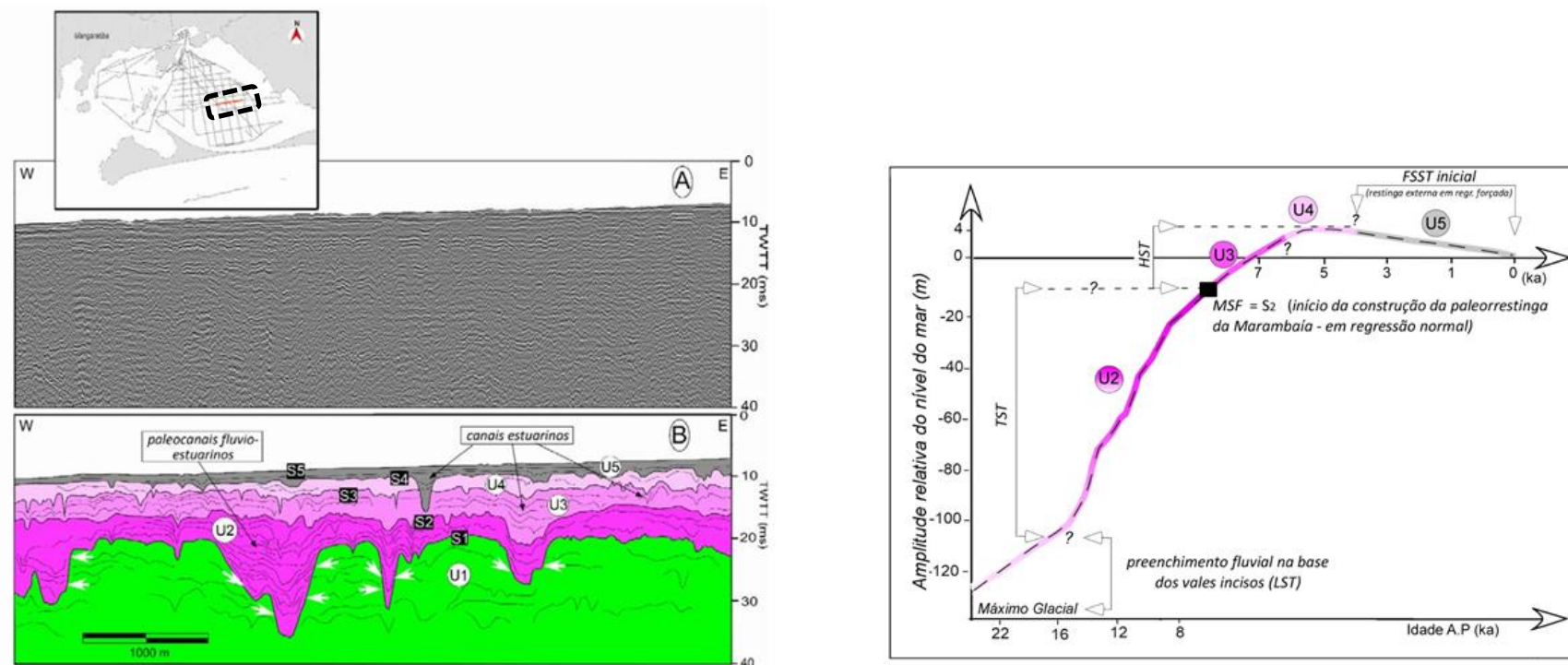


Figura 45: No painel à esquerda é mostrado um perfil sísmico *strike* levantado no interior da baía de Sepetiba e sua interpretação. Foram identificadas a superfície S1, que denota uma série de canais fluviais que erodiram a unidade subjacente (U1); a Unidade sísmica U2, composta por uma série de paleocanais fluviais/estuarinos que foram sucessivamente preenchidos e reescavados, com indícios de nível de energia decrescente em direção ao topo; as Unidades sísmicas U3 e U4, com uma série de feições canalizadas que sugerem um ambiente estuarino gradualmente mais confinado, enquanto a Unidade U5 corresponderia ao preenchimento mais recente da baía de Sepetiba, caracterizado pela dominância de sedimentos finos. No painel à direita está representada a curva do nível do mar para os últimos 22 mil anos com a unidade U2 (transgressiva), U3 e U4 (regressão normal), e U5 (regressão forçada). MSF= Superfície de Inundação Máxima; LST= Trato de Sistema de Mar Baixo; TST= Trato de Sistema Transgressivo; HST=Trato de Sistema de Mar Alto; FSST inicial= início de implantação do Trato de Sistema de Regressão Forçada. Fonte: Reis et al. (2020).

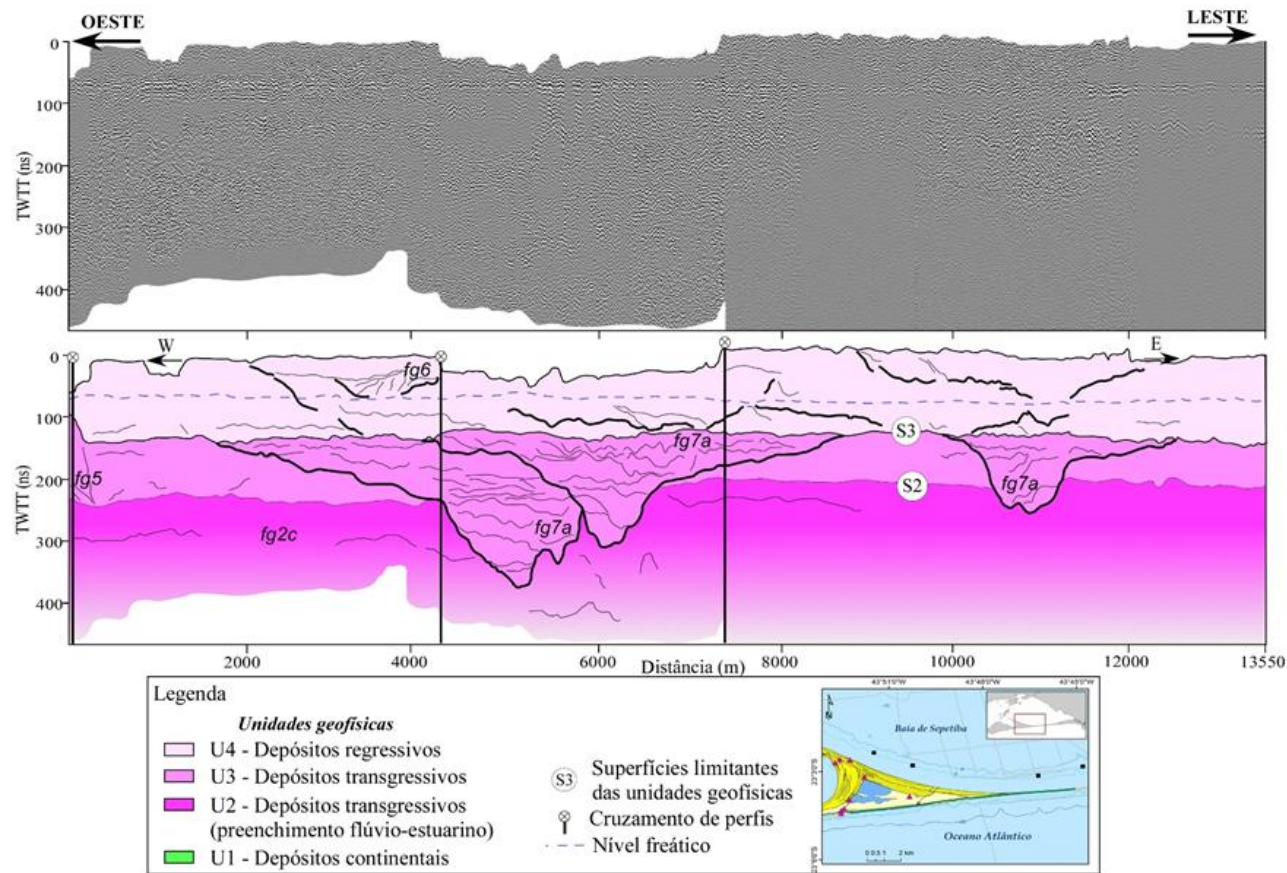


Figura 46: Perfil de GPR ao longo dos setores leste e central da restinga da Marambaia em que são mostradas canalizações preenchidas, interpretadas como tendo sido formadas em ambientes estuarinos de alta energia (fácies geofísica fg7a) à medida que a restinga era gradualmente fechada. Observar a migração lateral das canalizações e a deposição da Unidade U4, que representa a restinga atual. Observar que nesta figura a escala de tempo (profundidade) está expressa em nanosegundos, enquanto nas figuras 43 e 44, está expressa em milissegundos (ms). Fonte: Dadalto (2017).

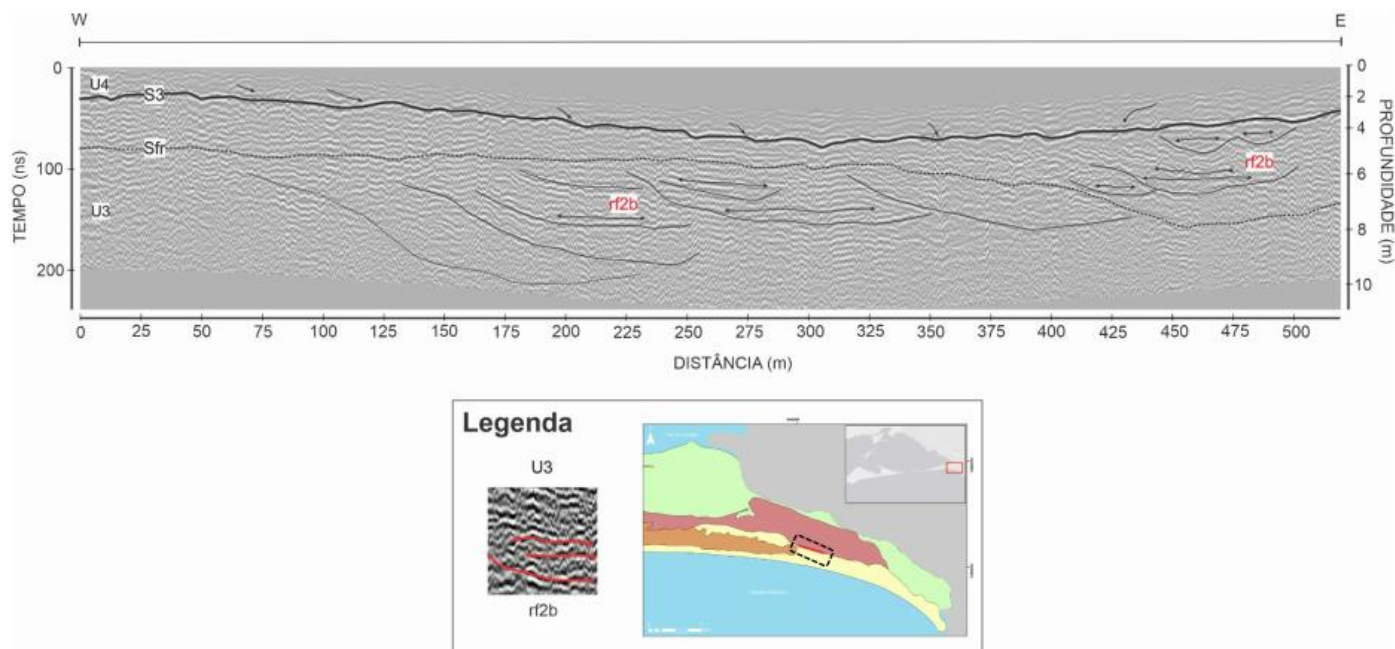


Figura 47: Perfil de GPR no setor oeste da restinga da Marambaia onde são mostradas canalizações preenchidas, com profundidade e largura variáveis, interpretadas como canais de maré (radar fácies rf2b). Fonte: Gouvêa (2019).

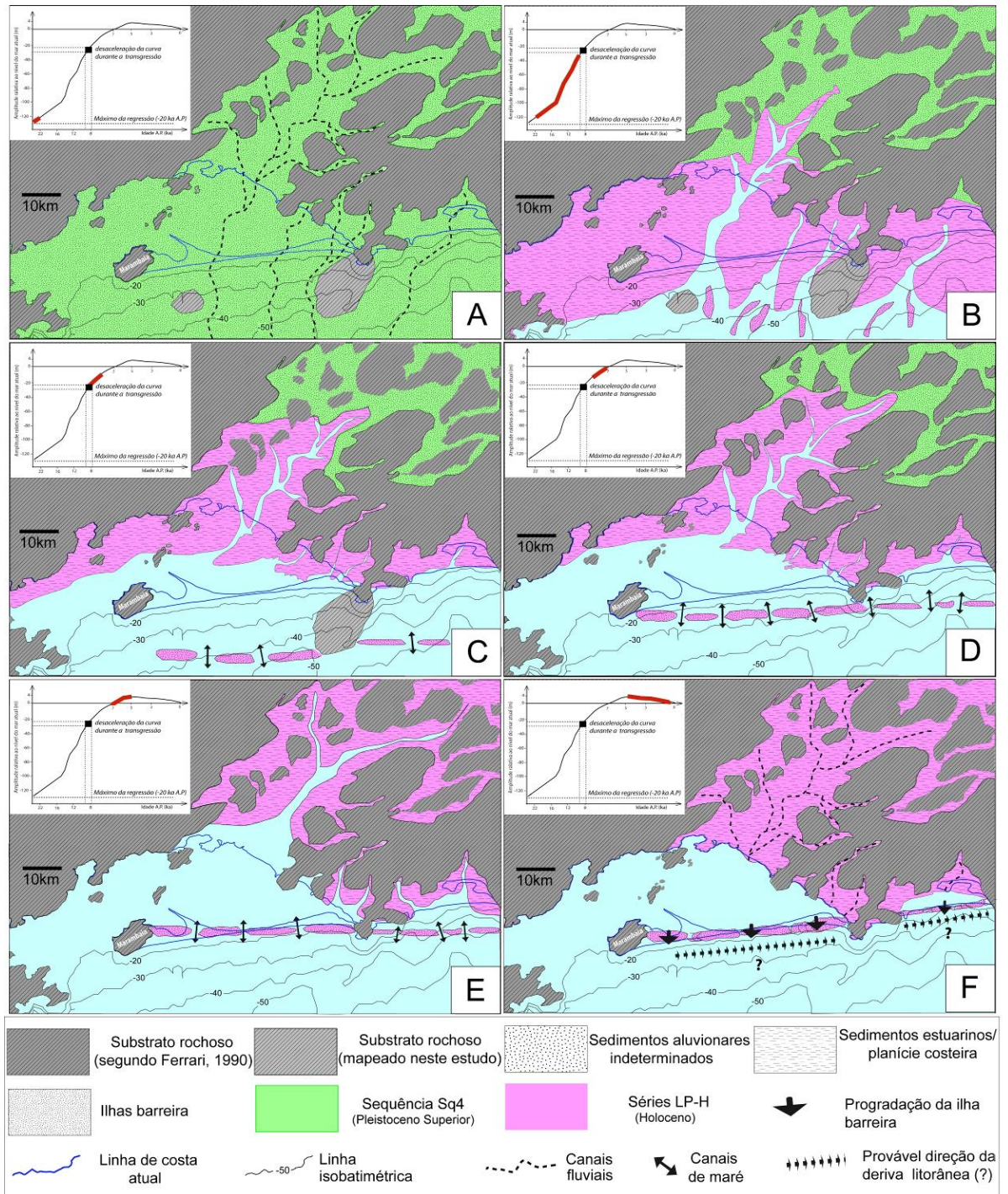


Figura 48: Modelo paleogeográfico simplificado de Friederichs et al. (2013) do paleossistema estuarino de Sepetiba mostrando a evolução de um sistema que passa de totalmente aberto a semifechado. A curva simplificada de variação do nível do mar para os últimos 22 ka é composta pelas posições de nível do mar inferidas por medições de isótopos estáveis em corais na região de Barbados (Bard et al., 1990) e pela posição do nível do mar proposta por Angulo et al. (2006) para o litoral sudeste brasileiro para os últimos ~7 ka.

A análise estratigráfica permitiu construir dois possíveis cenários paleoambientais do testemunho coletado na baía de Sepetiba, sendo o primeiro caracterizado por areias médias, por variações do teor de carbonato e com baixo teor de matéria orgânica. Esta hipótese, refletido pela deposição das areias médias a fina sugere para um ambiente de maior hidrodinamismo, sendo justificado pela ausência de matéria orgânica variando do topo até os 30 metros de profundidade da amostras analisadas.

A segunda possível hipótese é para um cenário paleoambiental de menor hidrodinamismo abaixo dos 30 metros de profundidade. Este intervalo é caracterizado pela deposição de silte médio a fino e também com presença de argilas. Observa-se neste intervalo para o alto teor de matéria orgânica quantificados e isto reforça para um ambiente de menor energia para a deposição deste sedimentos.

Desta forma, o padrão de idades invertidas (Tabela 5, Figura 42) poderia ser explicado pelos sucessivos eventos de corte e preenchimento de canais fluvio-estuarinos e estuarinos, que foram gradualmente preenchidos por sedimentos transportados de áreas situadas a distâncias variáveis e com materiais biológicos (conchas e fragmentos de madeira) mais antigos. A inversão de idades tem sido relatada em alguns trabalhos realizados nos Estados Unidos e França (p. ex. COLMAN et al., 2002; DURAND et al. 2016; POIRIER et al., 2019) e em depósitos holocênicos no Brasil (p. ex. ANGULO et al., 2008). Tanto Colman et al. (2002) como Angulo et al. (2008) relatam inversões de idade de centenas a milhares de anos em testemunhos coletados, respectivamente, na baía de Chesapeake (costa leste dos Estados Unidos) e na planície costeira do Paraná. Colman et al. (2002) dataram algumas dezenas de amostras de material carbonático (conchas de bivalvos, foraminíferos) e de origem orgânica (fragmentos de madeira, matéria orgânica contida em sedimentos) contidas em testemunhos, e obtiveram resultados que apontam para inversões de idade de até 2000 anos. Estes autores descrevem a complexidade de estudos em áreas com características hidrodinâmicas como a baía de Chesapeake, onde o carbono a ser usado em datações tem fontes diversas e podem ter sido transportados por grandes distâncias, mesma conclusão de Angulo et al. (2008). Além da origem do material alóctono (tipo da fonte do carbono), outros processos tem sido apontados como relacionados às inversões de idade registradas.

Durand et al. (2016) estudaram quatro testemunhos coletados no estuário inferior do rio Loire (França) e também registraram inversões de idade da ordem de até 1000 anos. Os autores citam a presença de superfícies erosivas, hiatos, rápidas taxas de sedimentação, e processos de transporte e retrabalhamento como causa dos padrões descontínuos de sedimentação e inversões de idades.

O efeito da deposição de material alóctono seria mais relevante quando se analisa a idade de material de origem vegetal, mais sujeito a transporte por longas distâncias, e principalmente durante períodos de desaceleração da elevação do nível do mar (DURAND et al., 2016). Outra possibilidade discutida por estes autores, é que ocorra o processo contrário, ou seja, que material mais jovem seja incorporado a camadas mais antigas. Este seria o caso de organismos que vivem entre 10 e 20 cm abaixo da superfície, e que também “causariam” uma inversão de idades, oposta ao efeito da presença de material vegetal alóctone.

Apesar de importantes lacunas na amostragem realizada, o testemunho analisado é predominantemente composto por areias médias e finas. No entanto, duas porções próximas à base do testemunho são compostas por siltes finos e muito finos, entre 35,5 – 41 m e 41,7 – 42,4 m, separadas por areias muito finas (Figura 20). Trata-se da região do testemunho em que foram determinadas as maiores concentrações de matéria orgânica (Figura 33), de As (Figura 34) e S (Figura 36). Elevadas concentrações de arsênio em sedimentos holocênicos foram encontradas na região de Hanói, Vietnã, e tem sido fonte de contaminação do lençol freático (Kuroda et al., 2017).

Devido à sua ocorrência em sedimentos anteriores à introdução de poluentes relacionados a atividades econômicas humanas, os autores relacionaram essas concentrações à existência de manguezais, um cenário plausível para a área de estudo. Estes sedimentos finos estão depositados sobre uma camada de areias muito finas, que constituem a base do testemunho, onde foram encontradas as maiores concentrações de elementos de origem litogênica como La, Nb, Pb, Ti, Th, Y, Zr, além do K; tratam-se, possivelmente, de sedimentos continentais, quando a área de estudo ainda não havia sido afetada pela transgressão marinha. Por outro lado, as razões Ca/Sc e Sr/Sc significativamente maiores que a média ao longo do testemunho, entre 19-21 m e 31-32 m, são associadas a areias médias e sugerem influência marinha. O material datado (conchas) resultaram em idades entre 7492-7148 anos cal a 30,8 m de profundidade, e 7016-6624 anos cal aproximadamente a 20 m.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou contribuir para a compreensão de diferentes processos de mudanças paleoambientais ocorridas no setor leste da restinga de Marambaia. Neste sentido, a análise granulométrica e geoquímica de sedimentos coletados por meio de um testemunho com 45 m de comprimento, e a integração destes dados a informações previamente obtidas por meios geofísicos, permitiu avançar na compreensão da evolução de uma área altamente dinâmica e complexa. Como já observado em outras áreas estuarinas, a combinação entre os efeitos da variação do nível do mar durante o Holoceno e as características intrínsecas a esses ambientes costeiros, como a influência de ondas, marés, tempestades, e descarga fluvial sobre o transporte de materiais diversos, torna a sua interpretação paleoambiental uma tarefa complexa e povoada por incertezas.

8. REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, S. **Estudo litogeoquímico dos granitóides do norte do Mato Grosso (Brasil), litogênese do sistema plutônico granítico póscolisional a intraplaca na porção sul do cráton amazônico**. *Geochimica Brasiliensis* 32(1): 62 - 78, 2018.
- ALMEIDA, F.F.M. 1981. **O cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco**. In: I Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais. Salvador, 1981. SBG-Núcleo Bahia, Salvador, Anais, p. 1-10.
- ALVES MARTINS, M.V., NUNES, M.A.S., ALVES, M.I., COELHO, M.H.P.A., CASTELO, W.F.L., LORINI, L.M., TERROSO, D., GERALDES, M.C., LAUT, L., ZAABOUB, N., ROCHA, F. **Geochemical normalizers to study the lithogenic input to a coastal lagoon with hydrodynamic contrasts. A case study of Aveiro Lagoon (Portugal)**. *Journal of Sedimentary Environments*, 3 (2): 74-92. 2018.
- ANGULO, R.J., LESSA, G.C., 1997. **The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions**. *Marine Geology*, 140, 141-166.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. **A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline**. *Quaternary Science Reviews*, v. 25. p. 486-506, 2006.
- ARAÚJO, R.S. **Morfologia do perfil praiial, sedimentologia e evolução histórica da linha de costa das praias da Enseada do Itapocorói Santa Catarina**. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental. Ecossistemas Aquáticos) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2008.
- BAIENSE, M.C. 2011. **Condicionantes geológicos da configuração do relevo na Depressão dos rios Pomba e Muriáe (MG/RJ)**. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 72p.
- BARD, E.; Hamelin, B.; Fairbanks, R.G. 1990. **U–Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during the past 130,000 years**. *Nature*, v. 346, p. 456- 458.
- BICHO, N.F. 2011. **Manual de arqueologia pré-histórica**. Segunda edição. Lisboa, Portugal. Edições 70. p. 541.
- BIER, F.B. **Aspectos hidrodinâmicos e sedimentológicos em um canal de maré: estudo de caso do canal da barra da lagoa**, Florianópolis - SC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina. 2018.

BLOTT, S. J.; PYE, K. **Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments.** Earth Surface Processes and Landforms, v. 26, n. 11, p. 1237- 1248, 2001.

BULHÕES, E.; ESTRADA, A. F. D. **Distribuição e transporte de sedimentos costeiros em ambiente de baixa energia.** Enseada da Ferradura, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. Revista Gravel, v. 9, n. 1, p. 41-56, 2011.

CAMPOS, R.C., ARAÚJO, T.O., GODOY, J.M.O., WAGENER, A.R., HAUSER-DAVIS, R.A. 2017. **Elementos-traço em águas subsuperficiais da Bacia de Campos.** In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R.S., editores. Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 6. p. 125-155.

CARELLI, S.G; RONCARATI, H; NASCIMENTO, D.N; GERALDES, M.C. **Síntese da Evolução Geológica Cenozóica da Baía de Sepetiba e Restinga de Marambaia, Sul do Estado do Rio de Janeiro.** XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. 2011

CARVALHO, B. C; GUERRA, J. V. **Aplicação de modelo de tendência direcional de transporte ao longo de uma ilha-barreira: Restinga da Marambaia (RJ, SE Brasil).** Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v. 43, p. 101-118, 2020.

CARVALHO, V. R. **A dinâmica da vegetação nas planícies de maré do delta do rio Doce durante o holoceno tardio.** 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

CASTELO, W.L.C; MARTINS, M.V.A; FERREIRA, P.A.L; FIGUEIRA, R; COSTA, C.F; FONSECA, L.B; BERGAMASHI, S; PEREIRA, E; TERROSO, D; PINTO, A.F.S; SIMON, M.B; SOCORRO, O.A.A; FRONTALINI, F; SILVA, L.C; ROCHA, F; GERALDES, M; GUERRA, J.V. **Long-term eutrophication and contamination of the central area of Sepetiba Bay (SW Brazil).** Rio de Janeiro: Springer Nature, 2021. p. 27.

CORTEZ, R.H.C. **Caracterização oceanográfica de um canal de maré e da zona costeira adjacente: canal de Barra de Guaratiba - Baía de Sepetiba, RJ.** 2014. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

COSTA-NETO, L.X. **Caracterização geológica, geomorfológica e oceanográfica do Sistema Pisa Sal, Galinhos/RN - Nordeste do Brasil, com ênfase à erosão, ao transporte e à sedimentação.** 2009. 290f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica), Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. 2001. Brasília. p.614

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. 2003. Brasília. p. 1-9.

CUNHA, A.M; DIAS, F.F; FONSECA, V.M.M; CASTRO, J.W.A. **Assembleia de Moluscos da Região do Pântano do Ramalho, Cabo Frio, RJ**: Indicadores Biológicos de Variação do Nível Relativo do Mar Durante o Holoceno. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* - Vol. 34 - 2 / 2011 p.46-52

DADALTO, Tatiana Pinheiro. **Arquitetura estratigráfica e evolução geológica da restinga da Marambaia (RJ)**. 2017. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) - Universidade Federal Fluminense.

DADALTO TP, CARVALHO BC, GUERRA JV, REIS AT, SILVA CG (2021). **Holocene morpho-sedimentary evolution of Marambaia Barrier Island (SE Brazil)**. *Quaternary Research* 1–19. <https://doi.org/10.1017/qua.2021.43>

DANTAS, R. P. **As características geomorfológicas dos canais de maré influenciam na estrutura e composição das assembleias de peixes? Estudo de caso em um estuário tropical**. 2016. 70. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - PPGEC)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

DAVIES, J.L. **Geographic Variation in Coastal Development**. Longman, New York, 1980.

DIAS, C.R.R.; BASTOS, E. **Datação de sedimentos costeiros e uso do piezocone para definir estratigrafia**. *Geotecnia* n.º 134 – 2015 – p. 61-86

DIAS J.A.; BOSKI T.; RODRIGUES A.; MAGALHÃES F. 2000. **Coast Line Evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until Present: a Synthesis**. *Marine Geology*, 170, p. 177-186.

DILLENBURG, S.R.; HESP, P.A. *Coastal Barriers – An Introduction*. In: Dillenburg, S.R.; Hesp, P.A. (ed.) *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. Springer-Verlag: [S.I.], 2009.

FALHEIRO, P. F; ABUCHACRA, R. C; PACHECO, C. E. P; FIGUEIREDO Jr, A. G; VASCONCELOS, S. C. **Comparação de Diferentes Métodos de Preparação de Amostras de Sedimento para Granulometria a Laser**. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário -ABEQUA- III Encontro do Quaternário Sul-Americano, 2011, Búzios. *Novos Proxies e Tecnologias*, 2011.

FERREIRA, A.P; HORTA, M.A.P.; CUNHA, C.N.L. **Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garçada-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil.** Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management, vol. 10, núm. 2, 2010, pp. 229-241 Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos Lisboa, Portugal

FERREIRA, L.N. **Contribuição para o estudo da evolução holocênica da baía de Sepetiba RJ através da aplicação de sísmica rasa.** 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias;Tectônia, Petrologia e Recursos Minerais) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

FIGUEIREDO, T.S; ALBUQUERQUE, A.L.S; SANDERS, C.J; CORDEIRO, L.G; SILVA-FILHO, E.V. **Deposição de mercúrio durante o século anterior em uma região de ressurgência; Cabo Frio, Brasil.** Rio de Janeiro: Elsevier. v. 76, Edições 1–2. 2013, Páginas 389-393

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: **A study in the significance of grain size parameters.** *Journal of Sedimentary Petrology.* v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.

FRIEDERICHS, Y. L. 2012. **O sistema fluvio-estuarino da baía de Sepetiba preservado na estratigrafia rasa da plataforma interna adjacente (RJ).** Dissertação de mestrado – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FRIEDERICHS, Y. L.; REIS, A. T.; SILVA, C. G.; TOULEMONDE, B.; MAIA, R. M. C.; GUERRA, J. V. 2013. **Arquitetura sísmica do sistema fluvio-estuarino da Baía de Sepetiba preservado na estratigrafia rasa da plataforma adjacente, Rio de Janeiro, Brasil.** *Brazilian Journal of Geology,* v. 43, n. 1, p. 998-1012.

GATTO, Alcides. **RADAMBRASIL.** 1983. Folhas SF23/24: Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. MME, Rio de Janeiro, RJ. 32, 780p.

GARRET, R.H; GRISHAM, C.M. 1995. **Biochemistry.** New York : Saunders College Publishing.

GOUVÊA, S.P. **Emprego do GPR no estudo da arquitetura estratigráfica do setor leste da restinga da Marambaia – RJ.** Dissertação (Mestrado em Geologia/Geofísica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019

HEILBRON, M; et al. Província Mantiqueira. **Geologia do Continente SulAmericano –** Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. 2004. In: V. MANTESSO-NETO,

A. BARTORELLI, CARNEIRO, C.R. & BRITO NEVES, B.B. (orgs.) São Paulo: Beca, p. 203-235.

HESP P.A.; SHORT A.D. 1999. **Barrier morphodynamics**. In: Short AD (ed) Handbook of beach and shoreface morphodynamics. John Wiley & Sons, Chichester, p. 307–333.

HERNÁNDEZ, R.V.A. **Caracterização dos solos da ilha de Santiago (Cabo Verde) numa perspectiva de sustentabilidade ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geoquímica), Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Portugal, 2008. p.370.

HUBBARD, D.K.; OERTEL, G.F.; NUMMEDAL, D. **The role of waves and tidal currents in the development of tidal-inlet sedimentary structures and sand body geometry: Examples from North Carolina, South Carolina and Georgia**. *Journal of Sedimentary Petrology*, v, 49, p. 1053 - 1402, 1979.

JESUS, P.B., Dias, F.F., MUNIZ, R.A., MACÁRIO, K.C.D., SEOANE, C.S., QUATTROCIOCHI, D.G.S., CASSAB, R.C.T., AGUILERA, O., SOUZA, R.C.C.L., ALVES, E.Q., CHANCA, I.S., CARVALHO, C.R.A., ARAUJO, J.C., 2017. **Holocene paleo-sea level in southeastern Brazil: an approach based on vermetids shells**. *Journal of Sedimentary Environments*, 2 (1): 35-48.

JÚNIOR, M.GS; CASTRO, A.C.L; SAINT-PAUL, U; PORTO, H.L.R. **Caracterização da Ictiofauna em três canais ee maré do estuário do Rio Paciência, Ilha De São Luís, Estado do Maranhão**. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, 2013, 46(1): 5 – 21.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2a. Edição. São Paulo: Editora da UNESP, 2003. 253p.

LICHT, Otávio Augusto Boni; BITTENCOURT, André Virmond Lima; ROSTIROLLA, Sidnei José Lopes. **A Geoquímica multielementar na gestão ambiental: Identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da pastagem, áreas favoráveis á prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná, Brasil**. Tese de doutorado, departamento de geologia da Universidade Federal de Curitiba, 2001, Curitiba, p.236.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. 1986. **Shell middens as a source for additional information in holocene shoreline and sea-level reconstruction: Exemples from the costal of Brazil**. In: O. Van. Plassche (ed) *Sea-level research: A manual for the collection and evaluation of data* . 503-523.

MARTIN, L., SUGUIO, S., 1992. **Variation of coastal dynamics during the last 7000 years**

recorded in beach-ridge plains associated with river mouths: example from the central Brazilian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99, 119- 140.

MUEHE, D.; CARVALHO, V. G. **Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre a Ponta de Saquarema e o Cabo Frio (RJ).** *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 41, n. 1-2, p.1-1, 1993.

MORENO, R.S. **Determinação de Paleoníveis Marinhos a partir de Bioindicadores, na Região de Armação de Búzios, Cabo Frio e Arraial do Cabo – RJ.** Trabalho Final de Curso de Graduação, em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 2019.p.1-79

MOURA, J.A.; DIAS-BRITO, D.; BRÖNNIMANN, P.1982. **Modelo ambiental de laguna costeira clástica - Baía de Sepetiba, RJ.** Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil: 135-152.

NASCIMENTO, M.S; OLIVEIRA, C.V; ALTHOFF, F.J. **Ambiente flúvio-deltáico influenciado por maré e tempestade da Formação Rio Maria, leste da Província Carajás (SE) do Cráton Amazônico.** 42(4): 646-662, dezembro de 2012.

OERTEL, G.F. **The barrier island system.** In: G.F. Oertel; S.P. Leatherman (ed.). *Barrier islands. Marine Geology*, v. 63, p. 1-18, 1985.

OLIVEIRA, Eliane Padua. **Desenvolvimento e aplicação de metodologias analíticas para a determinação de elementos-traço e majoritários em amostras de água produzida – Niterói:** UFF. Programa de Geoquímica, 2011.

OLIVEIRA. F.M. **Aplicação Espectrometria de Massa com Aceleradores na Biologia Marinha.** Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

OLIVEIRA, L.M. **Datação de conchas e sedimentos do Sambaqui Gigante Santa Marta II, Laguna, Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Tecnologia energéticas e nucleares/USP, São Paulo, 2019. p.91.

OLIVEIRA, M. **Caracterização mineralógica e química das fontes de poeira e sua influência na atmosfera da região do polo cerâmico de Santa Gertrudes (SP).** Tese(Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de Geociências e Ciências exatas. 2015. p.149.

OLIVEIRA, P.S. **Descrição e zonação de vermitídeos (Mollusca:Vermetidae) do arquipélago**

de São Pedro e São Palulo, Brasil.2007.56f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Oceanografia Biológica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

PESSANHA, David Pereira. **Aplicação da Técnica de 14c-Ams para estudo da Dinâmica Oceânica na Costa de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

PINTO, A.F.S., RAMALHO, J.C.M., BORGHI, L., CARELLI, T.G., PLANTZ, J.B., PEREIRA, E., TERROSO, D., SANTOS, W.H., GERALDES, M.C., ROCHA, F., RODRIGUES, M.A.C., LAUT, L., MARTINS, M.V.A. **Background concentrations of chemical elements in Sepetiba Bay (SE Brazil).** Journal of Sedimentary Environments, 4 (1), p. 108-123. 2019. Doi.org/10.12957/jse.2019.40992

POSSENTI, S. **Características do transporte sedimentar em um delta de maré enchente no Litoral do Paraná.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Oceanografia), Universidade Federal do Paraná, 2009.

QUEIROZ, J. D., KLEIN, E. L., & RODRIGUES, J. (2021). **Rochas intrusivas na Formação Castelo dos Sonhos, Cráton Amazônico: petrografia, geocronologia, geoquímica e implicações para as idades de sedimentação e da mineralização no depósito aurífero Castelo de Sonhos.** Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais, 10(3), 341-380.

REIS, A. T.; Friederichs, Y. L.; Silva, C. G.; Guerra, J. V.; Maia, R. M.; Arantes-Oliveira, R. 2013. **Evolução estratigráfica de um paleossistema fluvio-estuarino preservado entre a plataforma interna-média até a atual baía de Sepetiba/RJ.** Anais do 14º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Natal.

REIS, A.T; AMENDOLA , G; DADALTO, T.P , SILVA, C.G , TARDIN POÇO, R; GUERRA, J.V; MARTINS, V , CARDIA, R.R , GORINI, C; RABINEAU, M. **Arquitetura e Evolução Depositional da Sucessão Sedimentar Pleistoceno Tardio-Holoceno (Últimos ~20 Ka) da Baía de Sepetiba (Rj).** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 39, n. 3, p. 695 - 708, 2020.

RODRIGUEZ, A. B.; ANDERSON, J. B.; SIMMS, A. R. **Terrace inundation as an autocyclic mechanism for parasequence formation: Galverston Estuary, Texas, U.S.A.** Journal of Sedimentary Research, v. 75, n. December 2015, p. 608–620, 2005.

ROSA, M. L. C. C. 2012. **Geomorfologia, Estratigrafia de Sequências e Potencial de Preservação dos sistemas laguna-barreira do Quaternário Costeiro do Rio Grande do Sul.** Tese de doutorado – Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Porto Alegre.

RONCARATI, H; BARROCAS, S. Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da baía de Sepetiba. Município do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba/RJ. Projeto Sepetiba. 35p. Petrobrás. 1978.

ROY, P.S.; COWELLI, P.J.; FERLAND, M.A.e THOM, B.G. Wave-dominated coasts. In: CARTER, R.W.G. e WOODROFFE, C.D. **Coastal Evolution, Late Quaternary Shoreline Morphodynamics**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 121–186, 1994.

SALAROLI, Alexandre Barbosa; FIGUEIRA, Rubens Cesar Lopes. **Distribuição de elementos metálicos e As em sedimentos superficiais ao longo do canal de Bertiooga (SP)**. Dissertação de mestrado, faculdade de oceanografia da Universidade de São Paulo, 2013, São Paulo, p.117.

SANTANA, A.D.D. **Datação por radiocarbono-AMS do Sítio arqueológico Justino, Canindé de São Francisco/Sergipe**. Dissertação (Mestrado em Geociências), Universidade Federal de Sergipe, 2013.

SANTOS, G.M; GOMES, P.R.S; YOKOYAMA, Y; TADA, M.L; CRESSWELL, R.G; FIFIELD, L.K. **Datação por ¹⁴C utilizando Espectrometria de Massa com Acelerador de Partículas**. Revista de Física Aplicada e Instrumentação, vol. 14, 1999.

SILVA, D.S. **Relação da comunidade bentônica com variáveis ambientais e com a ictiofauna em um canal de maré do Manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ**. 2011. [88f.]. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, [Seropédica - RJ] .

SILVA-NETO, C.A. **Avaliação da influência de canais de maré na dinâmica costeira em Icapuí (CE) através de sensores remotos óticos**. 2019. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SILVA, R.A.G. **Análise da Viabilidade Hidro-Sedimentológica de um Canal de Maré Projetado no Extremo Oeste da Lagoa de Araruama – RJ/** Dissertação. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

SILVA, K.C.; PAROLIN, M.; BISSA, W.M.; **ESPÍCULAS DE ESPONJAS VS. VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR NA REGIÃO DE IGUAPE, SUDESTE DO BRASIL**. Rev. bras. paleontol. 15(3):xxx-xxx, Setembro/Dezembro 2012 © 2012 by the Sociedade Brasileira de Paleontologia.

SILVA, T.P. 2012. **Modelo Geológico-Geomorfológico da Evolução da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geologia - Instituto de Geociências. UFRJ. 139p.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. Brasil: Bookman, 2002. 836 p.

SMALL, C., & NICHOLLS, R. J. **A global analysis of human settlement in coastal zones**. Journal of Coastal Research, 584-599, 2003.

SOARES, W.C. **Caracterização metamórfica das rochas granulíticas de Chorozinho-CE**. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado em geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2016.

SOUSA. I.M.C. **Geologia, Geocronologia e Geoquímica do embasamento granítico paleoproterozóico em Natividade, Faixa Brasília Norte**. Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. 2015. p.144.

SUGUIO, K. 2001. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?)**. São Paulo, Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 366 p.

SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: Regiões litorâneas**. Série Didática Geologia USP, Revista do Instituto de Geociências. São Paulo. v. 2, n. 1, p. 1-40, 2003.

TANAKA, A. P. B ; GIANNINI, P. C. F ; FURNARI, M ; NASCIMENTO, D. R.Jr. ; SAWACHUKI, A. O. ; RODRIGUES, S.I. ; MENEZES, P. M. L. ; PORSANI, J.L. . **A planície costeira holocênica de Campos Verdes (Laguna, SC): evolução sedimentar inferida a partir de georradar (GPR), granulometria e minerais pesados**. Revista Brasileira de Geociências, v. 39, p. 751-767, 2010.

TOLEDO, F.A.L; COSTA, K.B; JUNIOR, E.C; QUADROS, J.P. **Inferências sobre taxas de sedimentação através do estudo de isótopos de oxigênio em foraminíferos bentônicos**. Abequa, 2005. p.1-5.

VILELA, M.C.S.H. **Análise de diatomáceas em sedimentos quaternários da estação ecológica Juréia-Itatins (SP): Contribuição ao estudo de variações do nível do mar no holoceno**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade de Guarulhos. 2010. p. 117.

ZALÁN, P.V. 2004. **O Gráben da Guanabara: uma feição tectônica modelar mais pouco apreciada e entendida**. Anais do 42º Congresso Brasileiro de Geologia, Sociedade Brasileira de

Geologia.

ZALÁN, P.V; OLIVEIRA, J.A.B. **Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil.** 2005. Boletim de Geociências Petrobras, v. 13, n. 2, p. 269-300.