



UFRJ

Adrielly Cordeiro Arêas

**IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA E GEOCRONOLOGIA DE UMA
ACUMULAÇÃO BIOCLÁSTICA LOCALIZADA NA MARGEM NORDESTE DA
LAGOA DE ARARUAMA NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA –
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ

Rio de Janeiro

2024



UFRJ

Adrielly Cordeiro Arêas

**IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA E GEOCRONOLOGIA DE UMA
ACUMULAÇÃO BIOCLÁSTICA LOCALIZADA NA MARGEM NORDESTE DA
LAGOA DE ARARUAMA NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA –
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientadora: Kátia Leite Mansur (IGEO/UFRJ)

Coorientadoras: Aline Meneguci da Cunha (UERJ)

Laís de Oliveira Ferreira (UFRJ)

Rio de Janeiro

Março de 2024

ARÊAS, Adrielly Cordeiro

IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA E GEOCRONOLOGIA DE UMA ACUMULAÇÃO BIOCLÁSTICA LOCALIZADA NA MARGEM NORDESTE DA LAGOA DE ARARUAMA NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA – ESTADO DO RIO DE JANEIRO / Adrielly Cordeiro Arêas - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2024. xv, 75 p.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2024

Orientadora: Kátia Leite Mansur; Coorientadoras: Aline Meneguci da Cunha; Laís de Oliveira Ferreira

1. Geologia. 2. IGEO – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Kátia Leite Mansur, UFRJ. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Identificação taxonômica e geocronologia de uma acumulação bioclástica localizada na margem nordeste da Lagoa de Araruama no município de São Pedro da Aldeia – Estado do Rio de Janeiro.

Adrielly Cordeiro Arêas

**IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA E GEOCRONOLOGIA DE UMA
ACUMULAÇÃO BIOCLÁSTICA LOCALIZADA NA MARGEM NORDESTE
DA LAGOA DE ARARUAMA NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA –
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geóloga.

Orientadora: Kátia Leite Mansur (UFRJ)
Coorientadoras: Aline Meneguci da
Cunha (UERJ)
Laís de Oliveira Ferreira (UFRJ)

Aprovada em: 06 de março de 2024

Por:

Orientadora: Prof^a. Dra. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

Prof. Dr. André Ribeiro. (UFRJ)

MSc. Elisa Elena de Souza Santos (UFRJ)

Dedicatória

Dedico este trabalho em especial, aos meus pais, Wanderley e Sandra, por todo incentivo durante a minha jornada de estudos. Ao meu irmão, Júnior, pelo incentivo, consolo e paciência suportando essa fase final de curso acordado comigo durante os estudos deste trabalho. Ao meu noivo, Arley Ramos, por me incentivar, me encorajar e acreditar em mim muitas vezes mais do que eu mesmo. Às minhas amigas da graduação que foram fundamentais ao longo deste tempo, em especial, Amanda Mendes, Bruna Pires, Maria Eduarda Verbicário, Isabelle Freitas (Babelle), Juliana Arraes e as presentes no C. Fadas.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus que me fortaleceu ao longo da caminhada, e fez esse sonho se tornar realidade.

Agradeço a todo apoio e suporte dado ao longo dos meus anos como estudante à minha família, que me fizeram chegar onde estou hoje.

Agradeço à minha orientadora Kátia Mansur, por todo suporte e disponibilidade para que este trabalho fosse concluído com êxito. Agradeço, ainda à minha coorientadora Aline Meneguci Cunha, por todo conhecimento passado e pela disponibilidade de me receber na própria casa para a conclusão deste estudo. À minha coorientadora Laís Oliveira por toda parceria desde quando iniciei na área de pesquisa no LAGESED, como bolsista de iniciação científica, e acabou se tornando uma amiga.

Agradeço a Silvia Clara Silva e Cecília Barros do Laboratório de Micropaleontologia Aplicada, o MICRA, por terem me cedido o local para tirar as fotos no meu material de estudo.

Agradeço ao CNPq, pelos recursos disponibilizados para o projeto “Análise do passado para pensar o futuro: as variações do nível relativo do mar no território do Geoparque Costões e Lagunas do RJ”, possibilitando a datação das conchas para execução desta monografia.

Agradeço, ainda, à Prefeitura de São Pedro da Aldeia, na pessoa de Kátia dos Santos, da Secretaria de Turismo, pelo apoio nas visitas de campo, e aos proprietários da Fazenda Roberto Marinho, onde está inserida a área de estudo.

Por fim, agradeço a Universidade Federal do Rio de Janeiro, aos professores e as secretárias Elisabete Costa e Anadja Soares do Departamento de Geologia.

“Mera mudança não é crescimento. Crescimento é a síntese de mudança e continuidade, e onde não há continuidade não há crescimento.”

CS Lewis

Resumo

Arêas, Adrielly Cordeiro. **Identificação taxonômica e geocronologia de uma acumulação bioclástica localizada na margem nordeste da Lagoa de Araruama no município de São Pedro da Aldeia – Estado do Rio de Janeiro** 2024, 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A Lagoa de Araruama é reconhecida como a maior laguna hipersalina em regime permanente do mundo, desempenhando um papel crucial nas comunidades locais e no turismo. A formação da Lagoa de Araruama é associada a um ecossistema de menor profundidade, sugerindo ter sido uma enseada com pouca influência destrutiva das ondas. O sistema lagunar de Araruama tem sido objeto de estudos para compreender as variações do nível relativo do mar (VNRM) na região, que desempenham um papel crucial na configuração de ambientes costeiros, como praias, lagunas e estuários. Registros geológicos e biológicos, como *beachrocks*, vermetídeos e acumulações bioclásticas, têm sido foco dessas investigações ao longo da costa sudeste brasileira. Especialistas apontam que o aumento gradual na salinidade na laguna contribuiu para o acúmulo de assembleias bioclásticas. A alta salinidade é atribuída ao fenômeno da ressurgência, onde águas frias emergem ao longo da costa, resultando em níveis reduzidos de precipitação. Isso intensifica a aridez climática, evaporação e salinidade das lagoas, levando a um balanço hídrico negativo e classificando a região com clima semiárido. No presente estudo foi identificada uma significativa acumulação de conchas na região próxima à Ponta da Baleia, em São Pedro da Aldeia, distinta de outras na região. Análises taxonômicas e geocronológicas foram empregadas para compreender características do ambiente desse banco de bioclastos, revelando uma baixa diversidade, com predominância de *Anomalocardia brasiliiana*. A natureza biogênica da acumulação sugere um ambiente de baixa dinâmica, semelhante a lagunas hipersalinas. A datação geocronológica por radiocarbono revelou uma idade de 1.637 e 1.314 anos Cal BP. para este depósito. Correlacionando os dados obtidos com outros estudos realizados próximo a área de estudo, foi possível sugerir hipóteses que auxiliam na compreensão das condições que levaram a formação desta acumulação.

Palavras-chave: Lagoa de Araruama, bioclastos, *Anomalocardia brasiliiana*

Abstract

Arêas, Adrielly Cordeiro. **Taxonomic identification and geochronology in a bioclastic accumulation located on the northeast shore of Araruama Lagoon in the municipality of São Pedro da Aldeia - State of Rio de Janeiro.** 2024, 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Araruama Lagoon is recognized as the largest permanent hypersaline lagoon in the world, playing a crucial role in local communities and tourism. The formation of the Araruama Lagoon is associated with a shallower ecosystem, suggesting it was a cove with low destructive wave influence. The Araruama lagoon system has been the subject of studies to understand variations in relative sea level (RSL) in the region, which play a crucial role in shaping coastal environments such as beaches, lagoons, and estuaries. Geological and biological records, such as beachrocks, vermetids, and bioclastic accumulations, have been the focus of these investigations along the southeastern Brazilian coast. Experts point out that the gradual increase in salinity in the lagoon contributed to the accumulation of bioclastic assemblages. The high salinity is attributed to the upwelling phenomenon, where cold waters emerge along the coast, resulting in reduced precipitation levels. This intensifies climatic aridity, evaporation, and lagoon salinity, leading to a negative water balance and classifying the region as semi-arid. In the present study, a significant accumulation of shells was identified in the region near Ponta da Baleia, in São Pedro da Aldeia, distinct from others in the region. Taxonomic and geochronological analyses were employed to understand the characteristics of this bioclast bank environment, revealing low diversity with a predominance of *Anomalocardia brasiliiana*. The biogenic nature of the accumulation suggests a low-dynamic environment, similar to hypersaline lagoons. Radiocarbon geochronological dating revealed an age of 1,637 and 1,314 years Cal BP for this deposit. Correlating the data obtained with other studies conducted near the study area, it was possible to suggest hypotheses that aid in understanding the conditions that led to the formation of this accumulation.

Keyword: Araruama Lagoon, bioclastic, *Anomalocardia brasiliiana*.

Lista de Quadros

Quadro 1 – Espécies encontradas e suas características. Fonte: Conchas Brasil, [s.d.] e Rios (1994)	64
---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Biválvios identificados na base...	55
Tabela 2 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Gastrópodes encontrados na base	57
Tabela 3 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Biválvios encontrados no meio...	58
Tabela 4 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Gastrópode encontrado no meio.	59
Tabela 5 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Biválvios encontrados no topo....	60
Tabela 6 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Gastrópodes encontrados no topo.	61

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo na Região da Lagoa de Araruama.	20
Figura 2 - Localização da Faixa Ribeira no contexto da Província Mantiqueira. O Cráton do São Francisco e suas faixas móveis. Legenda: Cobertura fanerozóica: 1 - Bacia do Paraná. Província Tocantins: 2 - Faixa Brasília. Província Mantiqueira: 3 - Faixa Apiaí; 6 - Faixas Ribeira e Araçuaí. Embasamento pré - 1,7 Ga: 5 - Cinturão Mineiro; 7 - Maciço de Joinville. Coberturas do Cráton do São Francisco: 4 - Grupo Bambuí. Sv - Salvador; Rj - Rio de Janeiro; Fl - Florianópolis; Ct - Curitiba; Sp - São Paulo. Fonte: Modificado de (Schmitt <i>et al.</i> , 2012; Heilbron <i>et al.</i> , 2004,2008; Tupinambá <i>et al.</i> , 2007).	21
Figura 3 - Perfil geológico esquemático com o contato entre o DTCTF (Domínio Tectônico Cabo Frio) e o “terreno Oriental” durante a Orogenia Búzios. No DTCTF, em rosa claro está o embasamento (Ortoanfibolitos do Complexo Região dos Lagos e Ortoanfibolitos da Suíte José Gonçalves), em lilás estão representadas as rochas supracrustais (Grupo Búzios Palmital), LTC é o limite tectônico central. As cidades de Cabo Frio e do Rio de Janeiro estão indicadas. Fonte: Schmitt <i>et al.</i> (2012).	22
Figura 4 - Dique de diabásio cortando ortognaisses félsicos do Complexo Região dos Lagos.	23
Figura 5 - Brecha da Falha da Ponta da Baleia. Autoria: Katia Mansur, 2024	24
Figura 6 - Modelo da evolução da costa brasileira durante o Quaternário. Fonte: Suguio (1996)	26
Figura 7 - Fatores que controlam os níveis marinhos e continentais responsáveis pelas mudanças do nível relativo do mar. Fonte: Modificado de Suguio <i>et al.</i> (1985)	28
Figura 8 - Esquema mostrando os principais fatores que influenciaram as variações do nível do mar durante o Quaternário. Fonte: Suguio <i>et al.</i> (2010)	29
Figura 9 - Curva da variação relativa do nível do mar de acordo com Jesus <i>et al.</i> (2017) (A) e Castro <i>et al.</i> (2014) (B)	31
Figura 10 - Curva de variação do nível relativo do mar segundo Castro <i>et al.</i> (2021).	32
Figura 11 - A) Morfologia do Bivalve; e B) Morfologia do Gastrópode. Fonte: Litoral Nota Cem, [s.d.] e Anelli <i>et al.</i> , (1999)	34
Figura 12 - Diagrama conceitual referenciando a gênese da concentração bioclástica ao processo predominante de acumulação dos organismos. As áreas assinaladas com os numerais 1, 2 e 3 no diagrama indicam os membros finais na concentração bioclástica e os numerais 4, 5 e 6 indicam a ocorrência de concentrações mistas. Fonte: Dal’Bó <i>et al.</i> (2020)	37

Figura 13 - Principais processos e fatores ambientais e geológicos que influenciam a fragmentação de conchas desde o organismo vivo até seu soterramento em ambientes diagenéticos profundos. Fonte: Dal’Bó <i>et al.</i> (2020)	38
Figura 14 - Depósito de conchas situado na região da Ponta da Baleia, foco do estudo.....	40
Figura 15 – Região da Ponta da Baleia com destaque para o local da área de estudo e a litologia, (acima) e Mapa de localização dos pontos descritos do depósito. (abaixo).....	41
Figura 16 - Processo de triagem do material coletado.....	43
Figura 17 - Contato do banco de conchas, com ortognaisse PréCambriano.	45
Figura 18 - Pesquisa feita com cavadeira no Ponto 2. É possível ver os níveis escuros com acumulação de minerais pesados como, magnetita.	46
Figura 19 - Afloramento e cava feita no ponto 3.....	47
Figura 20 - Afloramento ao lado de uma antiga construção demolida.....	48
Figura 21 - Afloramento abaixo de uma árvore. Autoria: Laís Oliveira, 2024	48
Figura 22 - Dique de diabásio cortando o ortognaisse félsico, ambos sobrepostos pelo depósito de conchas.	49
Figura 23 - Limite leste do banco de conchas sobre o ortognaisse do Complexo Região dos Lagos	50
Figura 24 – Desenho esquemático de depósito com a geometria lenticular.....	51
Figura 25 – Topo da camada densamente empacotado.	52
Figura 26 - Fotografia e croqui esquemático do afloramento no ponto 4.	54
Figura 27 – Bivalves identificados na base do depósito. <i>Anomalocardia brasiliana</i> (A), <i>Chione subrostrata</i> (B), <i>Linga amiantus</i> (C), <i>Lucina multilineata</i> (D), <i>Lucina pectinata</i> (E), <i>Ctena pectinella</i> (F) e <i>Ostrea sp</i> (G).	56
Figura 28 - Gastrópodes identificados na base. <i>Cerithium atratum</i> (A), <i>Fissurella rosea</i> (B) e <i>Olivella sp</i> (C).	57
Figura 29 - Bivalves identificados no meio do depósito. <i>Anomalocardia brasiliana</i> (A), <i>Chione subrostrata</i> (B), <i>Linga amiantus</i> (C) e <i>Lucina pectinata</i> (D).	58
Figura 30 – Gastrópode identificado no meio do depósito. <i>Cerithium atratum</i>	59
Figura 31 – Bivalves identificados no topo do depósito. <i>Anomalocardia brasiliana</i> (A), <i>Chione subrostrata</i> (B) e <i>Linga amiantus</i> (C).....	60
Figura 32 – Gastrópodes identificados no topo do depósito. <i>Cerithium atratum</i> (A), <i>Fissurella rosea</i> (B) e <i>Olivella sp</i> (C).	61
Figura 33 – Presença de raízes no topo da camada de conchas.....	66
Figura 34 - Variação de tamanho de <i>Anomalocardia brasiliana</i>	67

Figura 35 - Gráfico da curva de variação relativa do nível do mar segundo Castro *et al.* (2014) (A), Jesus *et al.* (2017) (B) e Castro *et al.* (2021) (C). Os círculos em amarelo, são a datação das conchas obtida neste trabalho.....69

Sumário

Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vii
<i>Abstract</i>	viii
Lista de Quadros	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Figuras	xi
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo Geral	18
2.2. Objetivos Específicos	18
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
4. GEOLOGIA REGIONAL	21
4.1. Evolução Tectono-Estratigráfica	21
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
5.1. Variações do nível relativo do mar durante o período Quaternário	27
5.2. Acumulações Bioclásticas	33
5.2.1. Identificação Taxonômica	33
5.2.2. Classificação das Acumulações Bioclásticas	34
5.3. Datação por C¹⁴	38
6. MATERIAIS E MÉTODOS	40
6.1. Primeira Fase: Trabalho de Campo	40
6.2. Segunda Fase: Trabalho de Laboratório e Escritório	42
6.2.1. Triagem do Material	42
6.2.2. Identificação Taxonômica	43

6.2.3. Datação por C ¹⁴	44
7. RESULTADOS	45
7.1 Identificação Taxonômica	54
7.2 Geocronologia C⁺¹⁴	65
8. DISCUSSÕES	65
9. CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

A Laguna de Araruama é atualmente considerada a maior laguna em estado permanente de hipersalinidade do mundo (Bidegain & Bizerril, 2002) e desempenha um papel crucial na vida das comunidades que a cercam. A importância deste grande corpo d'água está intrinsecamente ligado a diversas áreas, como a pesca artesanal de peixes, camarões, mariscos e caranguejos, que é uma fonte de subsistência para muitos moradores locais (Bidegain & Bizerril, 2002). Além disso, a laguna atrai turistas que desfrutam de suas praias e praticam esportes aquáticos. Ademais, no passado, ocorreu importante atividade de extração de sal e conchas, mas que hoje não apresenta a mesma importância econômica que no passado (Geoparque Costões e Lagunas, [s.d.]). O sistema lagunar de Araruama tem sido alvo de muitos estudos ao longo dos anos para uma melhor interpretação da variação do nível relativo do mar (VNRM), que é um dos fatores ligados a formação da mesma, e pela ocorrência de estromatólitos holocênicos nas pequenas lagunas no seu cordão externo (Mansur *et al.* 2012).

As VNRM desempenham um papel significativo na configuração e evolução de ambientes costeiros, tais como praias, lagunas, deltas, estuários, entre outros. De acordo com a definição de Castro *et al.* (2014), essas variações podem ser claramente identificadas ao longo da costa sudeste brasileira por meio de registros geológicos e biológicos, tais como *beachrocks*, vermetídeos, terraços marinhos e sobretudo acumulações bioclásticas que é o foco principal deste trabalho.

Conforme indicado por Shimizu *et al.* (2003), é plausível inferir que antes da formação da Laguna de Araruama, a região abrigava um ecossistema de menor profundidade, presumivelmente uma enseada, no qual a influência destrutiva das ondas era menos recorrente. Essas condições provavelmente propiciaram um aumento gradual na salinidade local, o que, por sua vez, contribuiu para um acúmulo significativo de assembleias bioclásticas. De acordo com Coe *et al.* (2007), na área adjacente a Cabo Frio, na denominada Região dos Lagos, manifesta-se o fenômeno da ressurgência. Este fenômeno ocorre quando águas frias emergem ao longo de uma costa predominantemente influenciada por correntes quentes, resultando em níveis reduzidos de precipitação. A ressurgência é acentuada pelos ventos de nordeste, os quais se intensificam nas estações mais quentes. Em outras palavras, a intensificação desse fenômeno na região de Cabo Frio conduz a uma diminuição na precipitação e, conseqüentemente, a um aumento na aridez climática, evaporação e salinidade das lagunas, contribuindo desta forma para um balanço hídrico negativo. Dessa maneira, a

região assume características de um microclima distinto e peculiar em relação ao restante do estado, sendo classificada como semiárida.

De acordo com Kidwell *et al.* (1986), as acumulações bioclásticas podem abranger intervalos temporais curtos ou muito extensos. Elas se caracterizam por conter vestígios de organismos, como carapaças de organismos marinhos, esqueletos de vertebrados, restos faunísticos e assim por diante. Kidwell *et al.* (1986) definem essas concentrações bioclásticas como qualquer aglomerado parcialmente denso de partes duras remanescentes de organismos, independentemente de sua composição taxonômica, estado de preservação ou grau de alteração após a morte dos mesmos.

Recentemente, foi identificada uma expressiva acumulação de conchas na região próxima à Praia da Baleia, em São Pedro da Aldeia que, todavia, não havia sido descrita e que difere de outras existentes no local. Com o propósito de aprimorar a compreensão do ambiente paleodeposicional do banco de bioclastos objeto deste estudo, foram empregadas análises taxonômicas com o intuito de identificar as espécies presentes e análise geocronológicas para estimar sua idade de deposição.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho consiste na análise das espécies de moluscos encontradas na acumulação bioclástica observada na margem nordeste da Lagoa de Araruama, em São Pedro da Aldeia, além de descrever tal acumulação por meio estudo taxonômico e geocronológico.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste estudo podem ser listados da seguinte forma: (a) conduzir a identificação, nomeação e classificação das espécies das espécies de moluscos encontradas na acumulação bioclásticas, evoluindo para a compilação de um estudo taxonômico abrangente; (b) identificar e analisar o contexto em que essas espécies se desenvolveram, a fim de obter uma compreensão aprofundada das variações que influenciaram sua ecologia; e por fim (c) empregar dado geocronológico, correlacionado com a taxonomia, para estimar a idade da acumulação bioclástica, compreendendo, assim, a dinâmica temporal da mesma..

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo deste trabalho está situado na margem nordeste da Laguna de Araruama, no município de São Pedro da Aldeia, localizado a uma distância aproximada de 150 km a leste do centro da cidade do Rio de Janeiro. Conforme relatado por Bidegain *et al.* (2002), a Laguna de Araruama abrange uma área de cerca de 220 km² em sua superfície, apresenta uma costa com uma extensão aproximada de 160 km e profundidade média de dois a três metros. Esta laguna encontra-se na Região dos Lagos, e margeia os municípios de Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Arraial do Cabo (Figura 1).

O afloramento que engloba as acumulações bioclásticas objeto de estudo neste trabalho está localizado na Ponta da Baleia, uma área pertencente à família Marinho, sendo que a propriedade é conhecida popularmente como Fazenda Roberto Marinho. A área é acessada pela Trilha dos Cardeiros, que tem seu início na entrada da Fazenda Roberto Marinho próximo a praia do sudoeste, além disso a trilha faz parte da Rede Brasileira de Trilhas. O local é considerado, ainda, um geossítio do projeto Geoparque Costões e Lagunas do RJ.

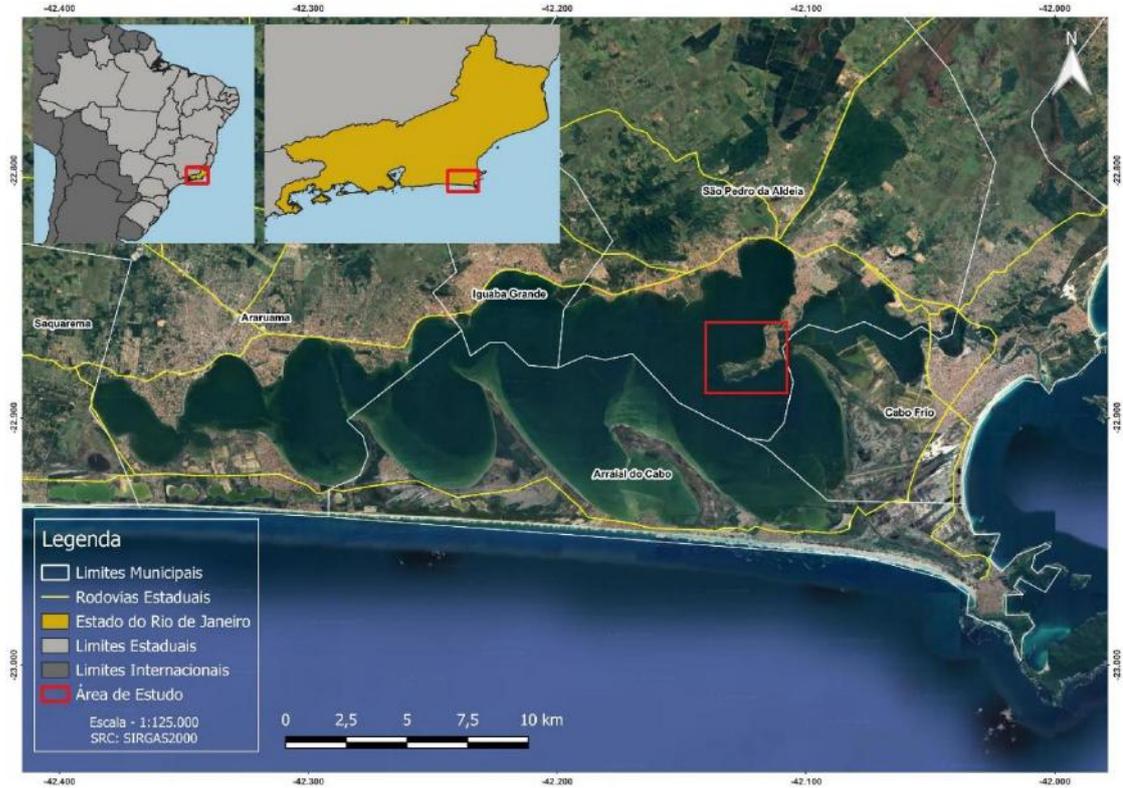


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo na Região da Lagoa de Araruama.

4. GEOLOGIA REGIONAL

4.1. Evolução Tectono-Estratigráfica

Conforme descrito por Schmitt *et al.* (2012), a região sudeste do Brasil é caracterizada por três notáveis eventos tectônicos. O primeiro desses episódios, registrado nas rochas do embasamento, ocorreu entre o Neoproterozoico e o Cambriano, culminando na formação da Faixa Ribeira durante o processo de amalgamação do Supercontinente Gondwana (Figura 2).

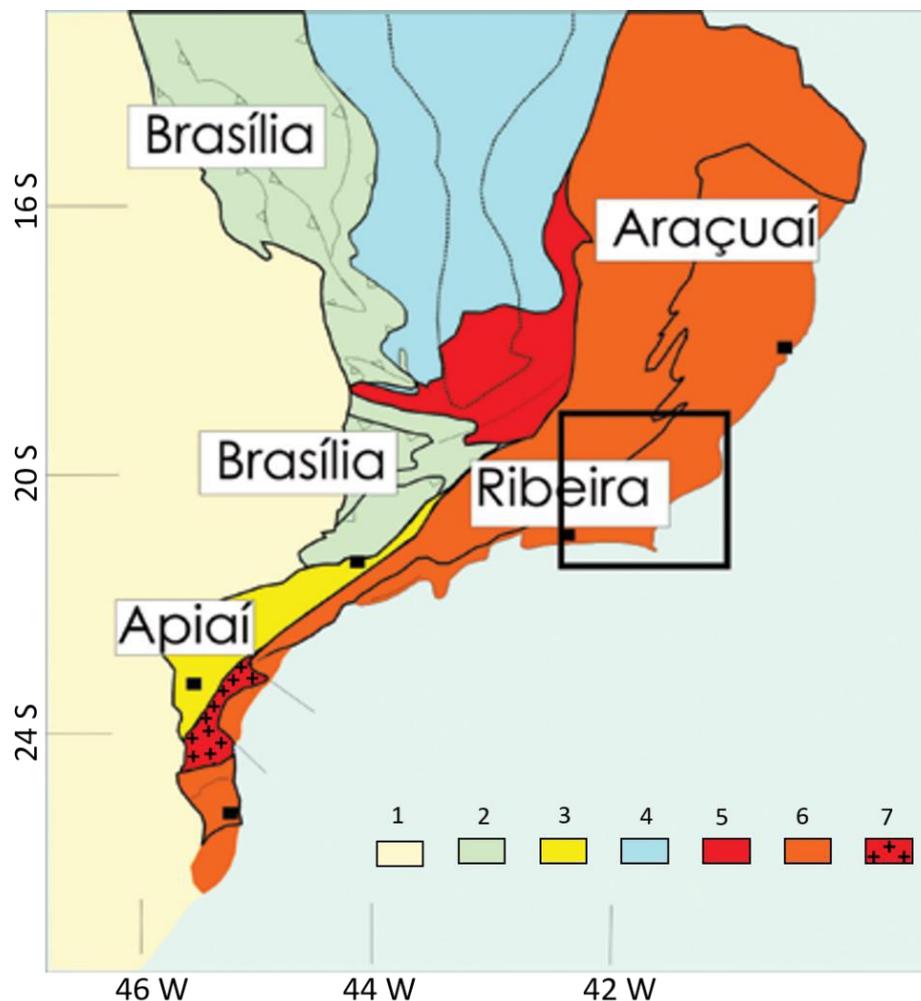


Figura 2 - Localização da Faixa Ribeira no contexto da Província Mantiqueira. O Cráton do São Francisco e suas faixas móveis. Legenda: Cobertura fanerozóica: 1 - Bacia do Paraná. Província Tocantins: 2 - Faixa Brasília. Província Mantiqueira: 3 - Faixa Apiaí; 6 - Faixas Ribeira e Araçuaí. Embasamento pré - 1,7 Ga: 5 - Cinturão Mineiro; 7 - Maciço de Joinville. Coberturas do Cráton do São Francisco: 4 - Grupo Bambuí. Sv - Salvador; Rj - Rio de Janeiro; Fl - Florianópolis; Ct - Curitiba; Sp - São Paulo. Fonte: Modificado de (Schmitt *et al.*, 2012; Heilbron *et al.*, 2004,2008; Tupinambá *et al.*, 2007).

O segundo evento tectônico está intrinsecamente associado à fragmentação da porção meridional do supercontinente Gondwana, resultando na abertura do Oceano Atlântico Sul e na concomitante formação das bacias petrolíferas na região.

O terceiro evento ocorreu em virtude de um magmatismo, com idade compreendida entre o Eocretáceo e o Eoceno, correlacionado ao início do Rifte Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1991).

De acordo com Heilbron *et al.* (2008), a tectônica na região central da Faixa Móvel Ribeira pode ser conceitualmente dividida em quatro terrenos bem definidos: o terreno Ocidental, o terreno Oriental, o terreno Paraíba do Sul/Embú e o Terreno Cabo Frio. Sendo os três primeiros amalgamados entre 605 a 570 Ma e o último entre 530 a 510 Ma, na Orogenia Búzios como descrito por Schmitt *et al.* (2004), que é um evento tectono-metamórfico

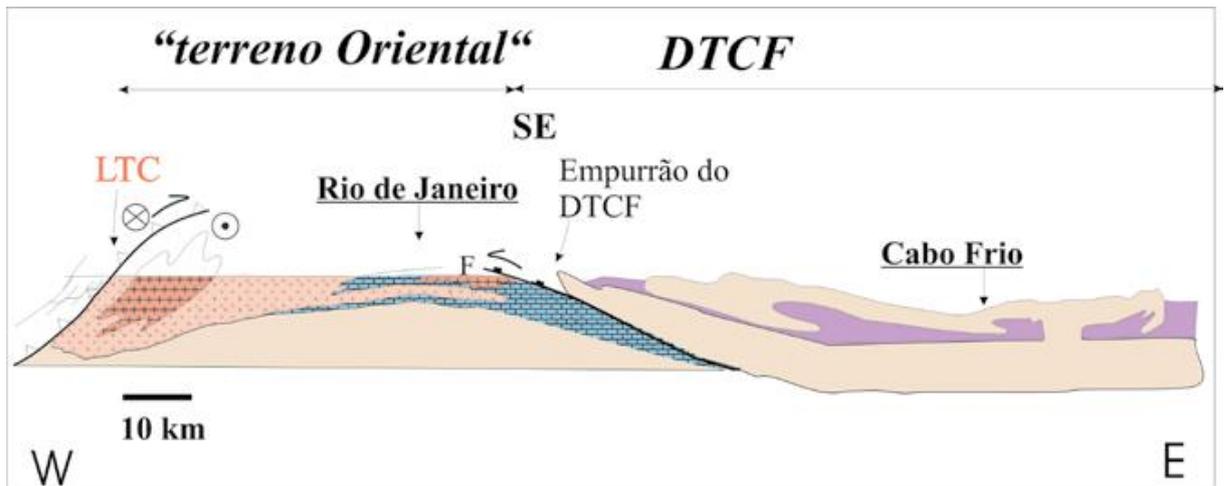


Figura 3 - Perfil geológico esquemático com o contato entre o DTCF (Domínio Tectônico Cabo Frio) e o “terreno Oriental” durante a Orogenia Búzios. No DTCF, em rosa claro está o embasamento (Ortognaisses do Complexo Região dos Lagos e Ortoanfibolitos da Suíte José Gonçalves), em lilás estão representadas as rochas supracrustais (Grupo Búzios Palmital), LTC é o limite tectônico central. As cidades de Cabo Frio e do Rio de Janeiro estão indicadas. Fonte: Schmitt *et al.* (2012).

ocorrido entre os períodos Cambriano e Ordoviciano. De acordo com Schmitt *et al.* (2016), a Orogenia Búzios marca o último episódio colisional da Faixa Ribeira e o fim da aglutinação do Gondwana. A área de estudo deste trabalho está inserida no Terreno Cabo Frio (Figura 3).

Na área em que ocorrem as acumulações bioclásticas estudadas ocorrem, principalmente, ortognaisses félsicos do Complexo Região dos Lagos, que apresentam veios leucossomáticos com textura pegmatítica a aplítica, dobrados e boudinados, subparalelos à foliação tectônica e bandamento composicional com atitude subhorizontal predominante, e subvertical em zonas de cisalhamento tardias, que possuem idade paleoproterozoica podendo apresentar intrusões de anfibolitos. Além disso, nas imediações da área de estudo é possível

observar a presença de diques de diabásio (Figura 4), que estão associados ao movimento extensional, durante a quebra do Gondwana (Valente, 1997; Valente *et al.*, 2007; Corval *et al.*, 2008).



Figura 4 - Dique de diabásio cortando ortognaisses félsicos do Complexo Região dos Lagos.

Na Ponta da Baleia ocorre uma falha normal, denominada por Souza (2011) como Falha da Ponta da Baleia, que possui orientação ENE-WSW e além disso, possui falhas secundárias e fraturas com diversas orientações, porém apenas as falhas de orientação semelhante com a orientação da falha principal são as mais persistentes. A falha da Ponta da Baleia é correlacionável a outras falhas importantes da região, como a falha do Pai Vitório (Armação dos Búzios) e a falha do Bico Preto (ou da Ponta da Farinha em Iguaba Grande) de mesma orientação. Segundo Souza (2011) a origem dessas falhas pode estar relacionada com o prolongamento da Zona de Fratura de Martim Vaz em direção ao continente durante a

evolução da margem continental. Essa autora identifica que as rochas desta falha (Figura 5) apresentam-se sustentando os terrenos, em razão da sua alta resistência ao intemperismo e, deste modo, apresenta-se como morros alinhados e promontórios.



Figura 5 - Brecha da Falha da Ponta da Baleia. Autoria: Katia Mansur, 2024

Além disso, nas proximidades da área de estudo, é possível identificar a presença de rochas que se formaram durante o Neógeno, mais especificamente no Plioceno, sendo estas pertencentes à Formação Barreiras. Bezerra *et al.* (2006) comentam que esta formação geológica aflora desde Cabo Frio até o litoral do estado do Amapá, tendo sua origem associada a um clima semiárido, caracterizado por chuvas esporádicas que resultam na formação de extensas faixas de leques aluviais. Em virtude da elevação do nível do mar que ocorreu subsequentemente, o processo de deposição do pacote sedimentar da Formação Barreiras cessou, e depósito passou a ser erodido, dando origem a linhas de falésias ao longo do litoral.

Em relação aos sedimentos quaternários, Martin *et al.* (1983) e Suguio (1996) propuseram que o litoral do estado é caracterizado por períodos de variações do nível relativo do mar (VNRM) mais recentes, os mesmos foram os principais causadores da formação das planícies costeiras. Martin *et al.* (1983) apontam sete estágios evolutivos no artigo e Suguio

(1996) sugere oito, sendo que o oitavo estágio foi subdividido a partir do sétimo do primeiro artigo. As características identificadas são:

Estágio 1 – Ocorreu durante o Plioceno, está relacionado à deposição da formação Barreiras, quando o clima era semiárido, podendo haver episódios de chuvas esporádicas ou torrenciais. Neste intervalo, o nível do mar seria mais baixo do que o nível atual e os sedimentos desta formação cobriram quase toda a plataforma continental, podendo ser encontrados de Maricá (RJ) a Macapá (AP);

Estágio 2 – O clima passou a ser mais úmido interrompendo a sedimentação da Formação Barreiras, provavelmente já no início do Quaternário, no Pleistoceno. O autor aponta que deve ter ocorrido uma transgressão causando a erosão da fração externa da formação Barreiras, dando origem a uma linha de falésias

Estágio 3 – Após a fase transgressiva citada no estágio 2, houve uma regressão onde o clima voltou a ser semiárido, ocasionando na deposição de novos sedimentos continentais originados de leques aluviais no sopé das escarpas do Barreiras.

Estágio 4 – Ocorreu o máximo da penúltima transgressão, há cerca de 123.000 anos A.P. Com isso, o mar erodiu completamente ou parcialmente os depósitos formados no estágio 3 inclusive os sedimentos da formação Barreiras, dando origem a uma nova linha de falésias.

Estágio 5 – Neste foram formados os terraços arenosos pleistocênicos, caracterizados por sedimentos brancos ao topo e acastanhados em maiores profundidades, a superfície destes terraços é marcada por alinhamentos de cristas de praias. A origem destes terraços apontou para uma nova regressão do mar. Em Cabo Frio esses terraços foram datados por radiocarbono com idade de 30.000 anos A.P.

Estágio 6 – Corresponde ao máximo da última transgressão, próximo a 5.100 anos A.P., o mar invadiu e erodiu total ou parcialmente os terraços marinhos formados no estágio anterior. Devido à subida do mar e afogamento das planícies costeiras pleistocênicas foram se formando ilhas-barreiras isolando o contato direto com o mar aberto. Atrás das ilhas-barreiras, se formaram os corpos lagunares como a Laguna de Araruama, que hoje dão origem ao nome de “Região dos Lagos”. Datações apontam que as ilhas-barreiras já existiam antes do pico máximo da última transgressão.

Estágio 7 – As lagunas formadas no estágio anterior foram colmatadas por deltas intralagunares.

Estágio 8 - A diminuição do nível relativo do mar após a última transgressão, é caracterizada pela formação de terraços marinhos holocênicos a partir das ilhas-barreiras.

Essa regressão do mar resultou também na transformação gradual de algumas lagunas em lagos de água doce que depois viraram pântanos.

De acordo com Martin *et al.* (1997) após os 5.100 anos A.P., ocorreram subidas no nível marinho entre 3.900 a 3.600 anos A.P e 2.800 a 2.500 anos A.P., possibilitando a recuperação parcial dessas lagunas que foram transformadas em pântanos citados no estágio 7 e 8.

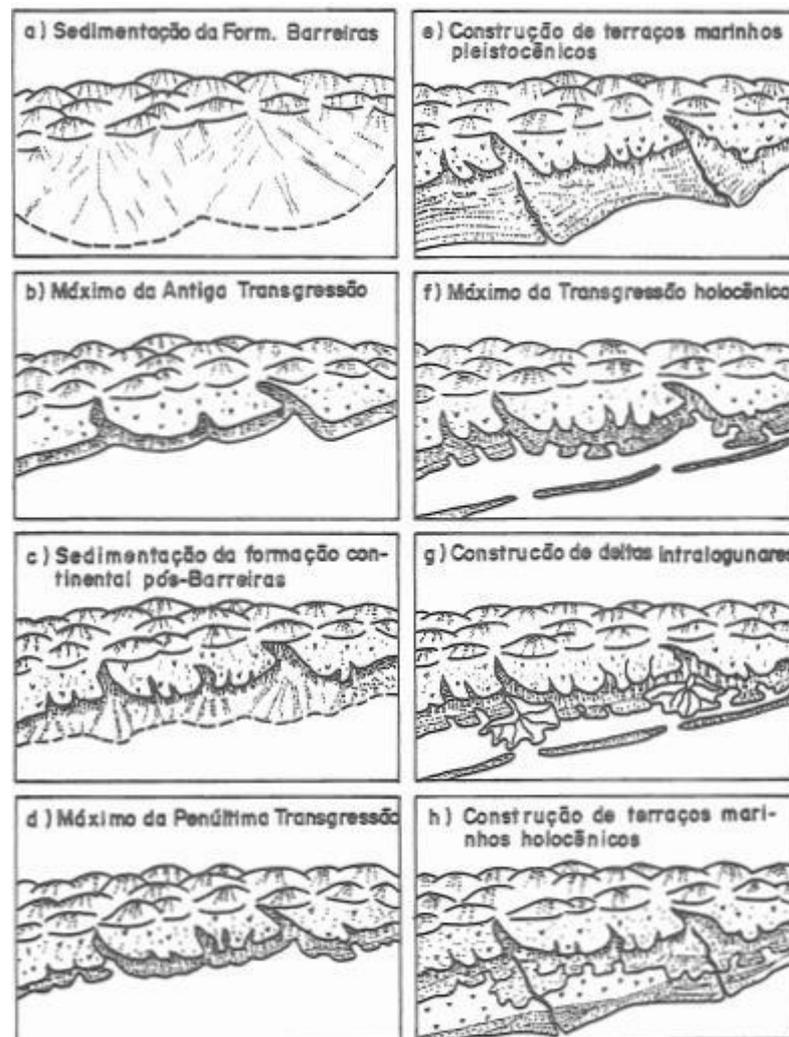


Figura 6 - Modelo da evolução da costa brasileira durante o Quaternário. Fonte: Suguio (1996)

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1. Variações do nível relativo do mar durante o período Quaternário

O período geológico Quaternário, o mais recente da escala temporal, abrange aproximadamente os últimos 2,58 milhões de anos até os dias atuais (*International Commission on Stratigraphy*, 2023). Esse período pode ser subdividido em duas épocas distintas: o Pleistoceno e o Holoceno, sendo o Pleistoceno cerca de 180 vezes mais extenso na escala temporal do que o Holoceno, este último com uma duração de aproximadamente 11.700 anos até o recente (*International Commission on Stratigraphy*, 2023). O Quaternário é caracterizado por uma extensa série de glaciações e períodos interglaciais, destacando-se como um período marcado por significativas flutuações climáticas. Diversos eventos glaciais moldaram a paisagem terrestre, deixando uma marca na topografia e na geodinâmica do planeta. As variações climáticas do Quaternário estão intrinsecamente associadas a fatores relacionados aos movimentos orbitais da Terra como: alterações na distância da Terra em relação ao Sol, a obliquidade elíptica e a geometria da órbita da Terra em torno do Sol. Esses fatores são identificados como os principais impulsionadores dessas mudanças climáticas, sobretudo na origem das glaciações, esses são os ciclos de Milankovitch. Essas alterações climáticas influenciam diretamente na variação relativa do nível do mar. (Grotzinger & Jordan, 2013).

As VNRMs, também conhecida como flutuações do nível relativo do mar, é um fenômeno decorrente das variações nos níveis dos oceanos, denominado eustasia. Este processo ocorre simultaneamente às alterações no nível dos continentes, que também podem influenciar as VNRMs (Figura 7).

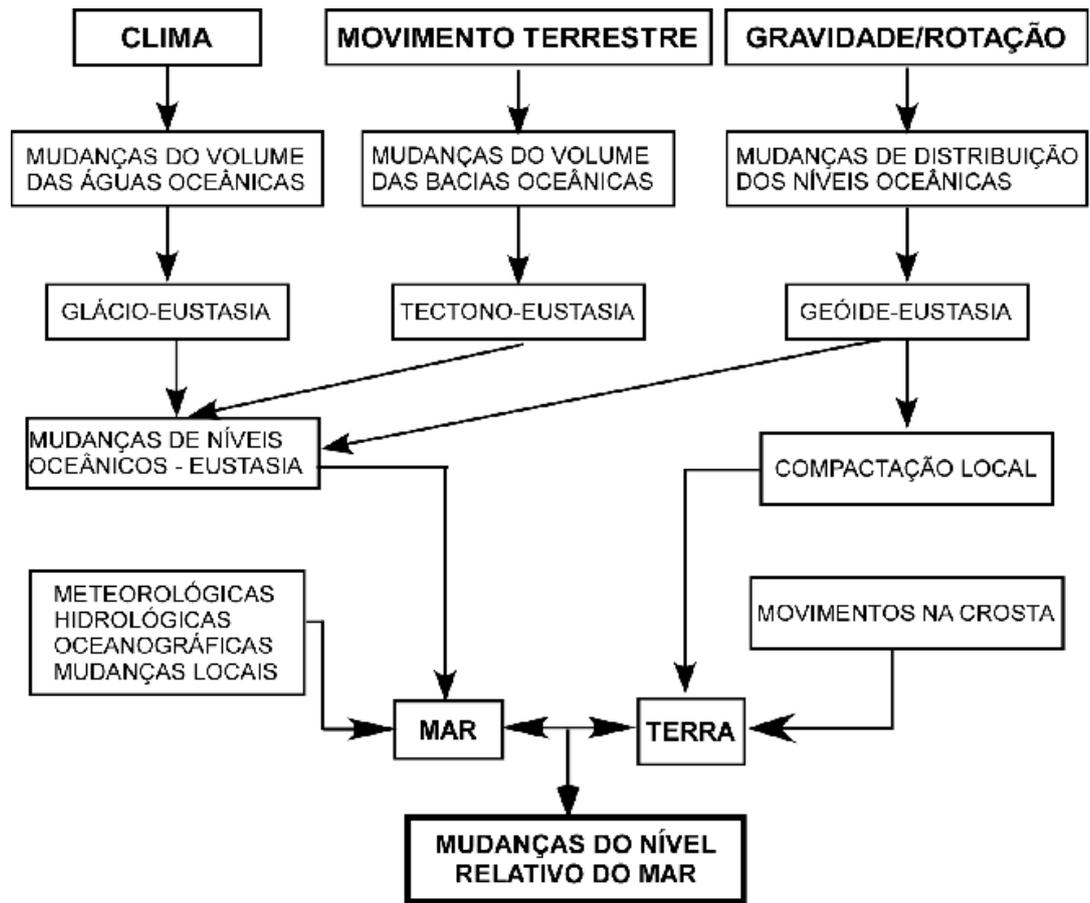


Figura 7 - Fatores que controlam os níveis marinhos e continentais responsáveis pelas mudanças do nível relativo do mar. Fonte: Modificado de Suguio *et al.* (1985)

Segundo Suguio *et al.* (1985) os níveis dos continentes são controlados por alguns fatores, como:

- a) Movimentos tectônicos – movimentos que afetam a crosta terrestre horizontalmente ou verticalmente, sendo curtas ou de longa duração;
- b) Movimentos isostáticos – variação na carga continental, em virtude da formação ou degelo das calotas glaciais, erosão continental e acúmulo de sedimentos nas bacias sedimentares;
- c) Deformações no geóide.

Em relação aos níveis oceânicos, o mesmo autor, relata que esses níveis podem ser controlados por diversos fatores, entre eles:

- a) Alterações no volume total das bacias oceânicas em consequência do movimento das placas tectônicas, o fenômeno da tectono-eustasia;
- b) Variações do volume dos oceanos em decorrência das glaciações e deglaciações, fenômeno chamado glacioeustasia;

c) Deformações na superfície dos oceanos.

Meireles *et al.* (2005) mencionam que durante o Pleistoceno ocorreram diversas alternâncias entre os intervalos glaciais e interglaciais que foram originadas pelas mudanças cíclicas iniciadas de maneira brusca entre 2,4 ou 2,1 milhões de anos. O término do Pleistoceno e início do Holoceno é caracterizado por mudanças bruscas no clima, aumentando a temperatura e a umidade, que ocorreu entre 10.000 e 11.000 anos A.P. De acordo com Suguio (1996) o Holoceno é a época a qual ocorrem as grandes alterações climáticas que são caracterizadas pelo começo de uma fase interglacial, inclusive essa última é a que vivemos hoje em dia (Figura 8).

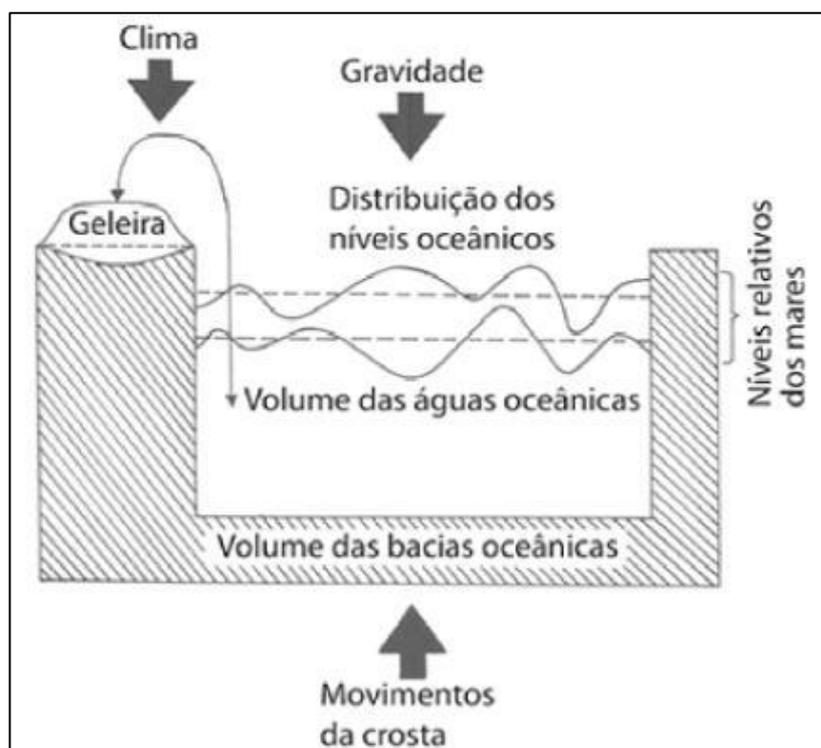


Figura 8 - Esquema mostrando os principais fatores que influenciaram as variações do nível do mar durante o Quaternário. Fonte: Suguio *et al.* (2010)

Suguio *et al.* (1985) definiram que durante o Quaternário houve pelo menos três períodos de níveis relativos do mar alto. Começando pelo denominada Transgressão Mais Antiga, ocorrida antes de 123.000 anos A.P., é um evento que possui evidências apenas nos estados da Bahia e Sergipe, porém não tem ainda uma boa definição devido à ausência de afloramentos que possam ser atribuídos com certeza ao mesmo (Suguio *et al.* 1985). As evidências conhecidas da Transgressão Mais Antiga são falésias entalhadas em sedimentos

pliocênicos da Formação Barreiras. Após esta transgressão sucedeu uma regressão na qual o nível relativo do mar estava a 80 e 90 metros abaixo do nível médio atual (Tricart & Kilian, 1979).

O segundo nível do mar alto ocorreu por volta de 120.000 anos A.P., e atingiu 8 ± 2 metros acima do nível atual do mar, este evento foi denominado por Suguio & Martin (1978) como Transgressão Cananéia no litoral paulista, e nas planícies costeiras dos Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. Bittencourt *et al.* (1979) a definiram como Penúltima Transgressão. As evidências deste evento são marcadas por terraços arenosos de construção marinha, estruturas sedimentares e fósseis de *Callichirus*.

Conforme indicado por Martin *et al.* (1986), após 7.000 anos A.P. o nível do mar atingiu o último nível do mar alto, estima-se que ele tenha chegado a cinco metros acima do nível médio atual, a mesma pôde ser comprovada pelos sambaquis encontrados em alguns locais, como o de Saquarema datado com 4.500 anos A.P. Em seguida, a partir de 5.100 anos A.P o nível relativo do mar passou por uma descida até chegar ao nível atual, marcando a última fase regressiva, porém durante este intervalo de tempo outras oscilações menores e curtas ocorreram, contribuindo para o desenvolvimento das planícies costeiras brasileiras atuais. (Martin *et al.* 1993).

Jesus *et al.*, (2017) em seu estudo construíram a curva da variação do nível relativo do mar (Figura 9A) e descreve que o mar passou por três fases até chegar ao nível atual. A fase um no intervalo de 8.148 a 7.666 anos A.P., o nível do mar estava abaixo do nível atual, sugerindo que cerca de 6.300 anos A.P., o mar excedeu o zero atual. O começo da fase dois é marcado depois que o mar ultrapassou o zero atual, e foi elevando-se até atingir o seu máximo transgressivo cerca de 4.700 a 4.500 anos A.P. A altura máxima encontrada durante esta fase foi de 2,50 metros datada em 4.773 a 4.400 anos A.P. Na última fase, denominada fase três, Jesus *et al.*, (2017) relata que após o período do máximo transgressivo, o nível relativo do mar começou a diminuir por volta de 4.500 anos A.P., até chegar ao nível atual.

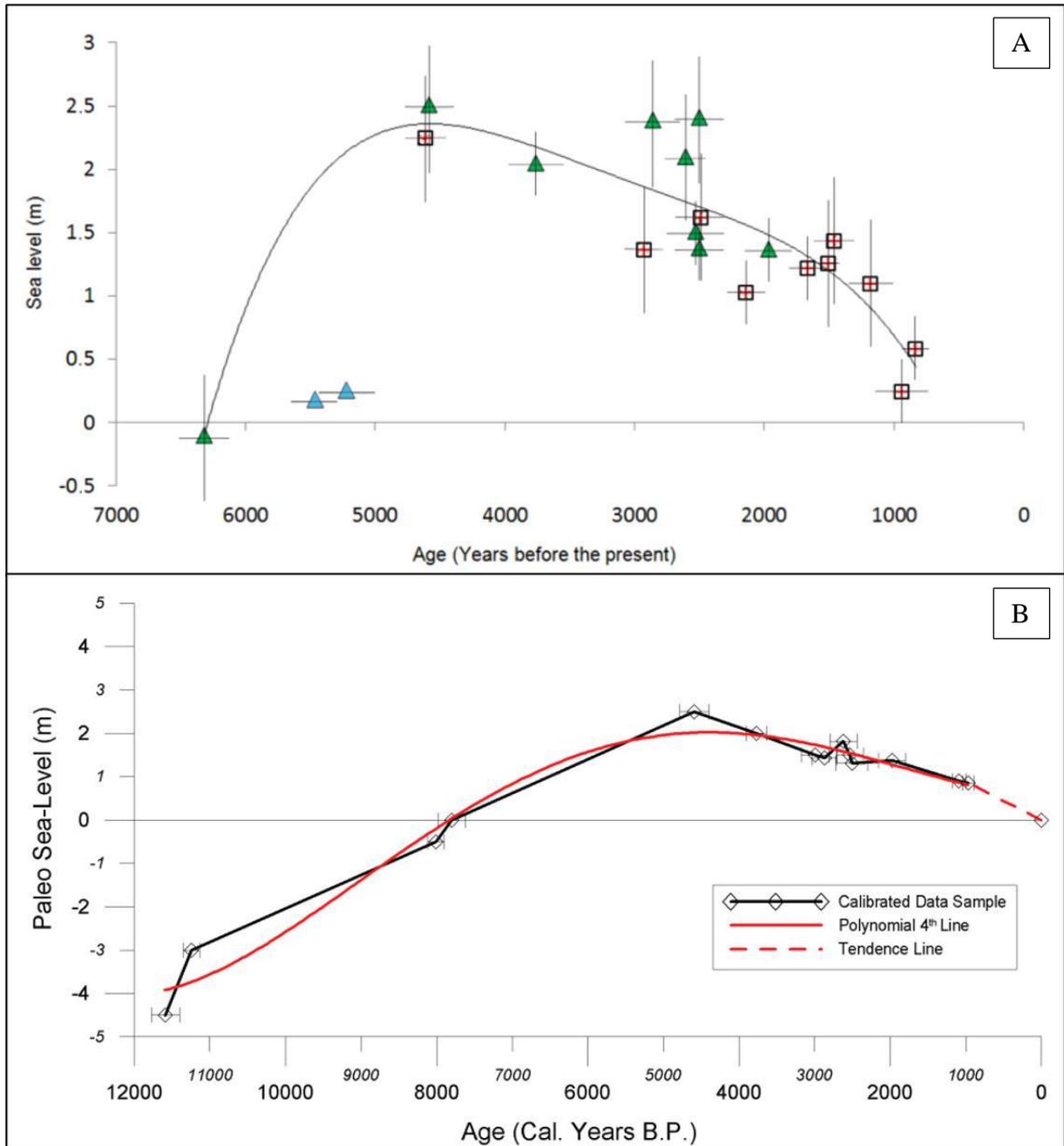


Figura 9 - Curva da variação relativa do nível do mar de acordo com Jesus *et al.* (2017) (A) e Castro *et al.* (2014) (B).

Em contrapartida Castro *et al.* (2014) sugerem que o mar só atingiu o zero atual em 7.500 anos A.P., elevando-se até atingir a altura máxima de 2,5 metros no intervalo de 5.500 a 4.500 anos A.P (Figura 9B). Castro *et al.*, (2021) indicam que após o máximo transgressivo (Figura 10), denominado por transgressão Cabo Frio, o nível relativo do mar começou a regredir. Porém dados recentes dos mesmos autores apontam quatro intervalos oscilatórios do nível relativo do mar ocorridos entre 3.981 a 3.345 e 1.852 a 1.413 anos A.P. Após esses

pequenos intervalos de oscilação o mar indicou uma tendência contínua regressiva datada a 1.220 a 780 e 1.055 a 665 anos A.P.

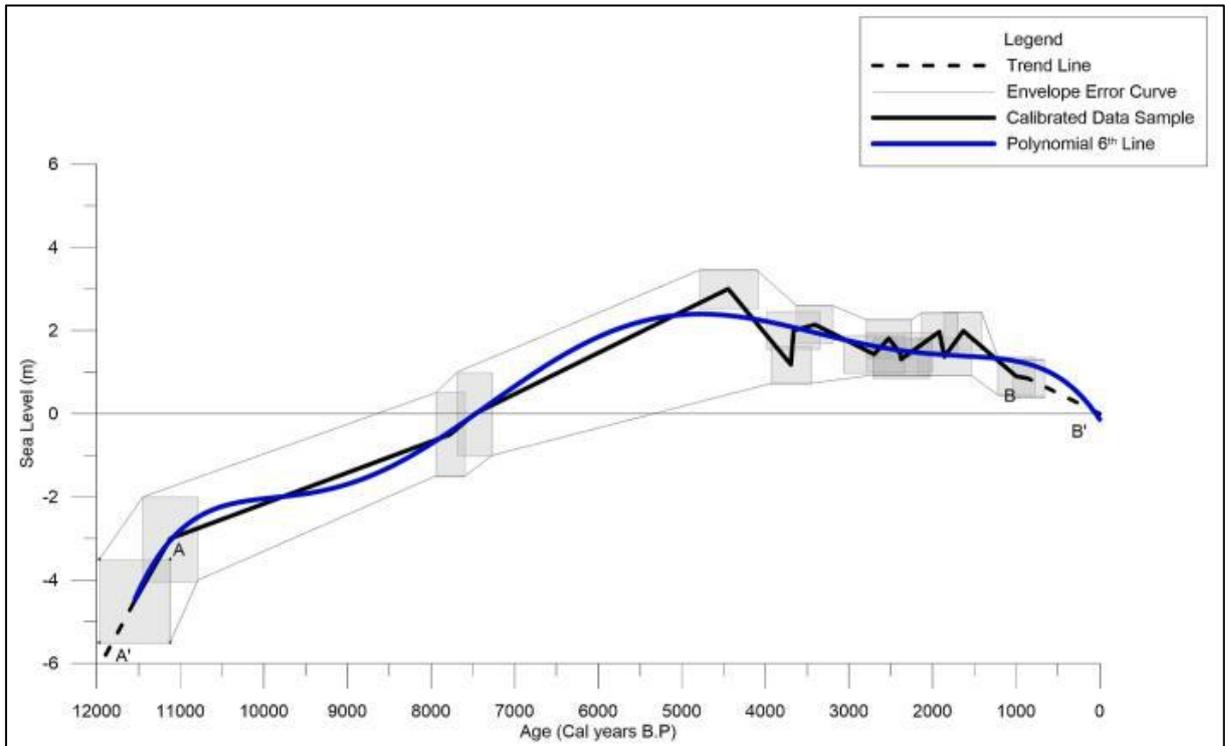


Figura 10 - Curva de variação do nível relativo do mar segundo Castro *et al.* (2021).

Evidências de níveis de mar antigos

As evidências das variações do nível marinho são de suma importância para um melhor entendimento da dinâmica dos mares em que foram encontradas. Vieira (1981) aponta que existem 5 tipos de indicadores da variabilidade do nível marinho, são elas: Geológicas, Geomorfológicas, Orgânicas ou Biológicas, Humanas e Radioativas. Martin *et al.* (1986) e Suguio *et al.* (2010) sugeriram apenas 3 tipos de indicadores, os quais serão descritos a seguir.

Indicadores geológicos – Depósitos arenosos praias emersos ou submersos em relação ao nível do mar atual que demonstram a linha de costa de mares pretéritos, afloramentos com rochas praias ou comumente conhecidas como *beachrocks*, terraços de abrasão marinha, entalhes marinhos, cavernas marinhas entre outros;

Indicadores biológicos – Podem ser representados por incrustações de vermetídeos, ostras, toca de ouriços acima do nível atual do mar, moluscos marinhos, florestas submersas, paleomangues, foraminíferos, diatomáceas e ostracodes podem servir para indicar mudanças plaeoambientais e de níveis marinhos antigos relacionados ao período Quaternário;

Indicadores arqueológicos – vestígios arqueológicos, como os sambaquis encontrados na Ilha do Farol em Arraial do Cabo, Rio das Ostras e Saquarema, que apontam registros de ocupações humanas pré-históricas e também da fauna e flora existentes naquela época.

5.2. Acumulações Bioclásticas

5.2.1. IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA

A taxonomia surgiu como uma ferramenta para identificação e classificação das espécies, segundo a definição proposta por Papavero (1994) é uma ciência que visa à classificação dos animais por meio da análise comparativa de seus atributos morfológicos (Figura 11), tanto internos quanto externos. A identificação imprecisa dos indivíduos ou a ausência de identificação no estudo de conchas fossilizadas compromete substancialmente o valor paleoecológico e paleoambiental do material analisado.

A formação das acumulações bioclásticas está intrinsecamente vinculada a processos sedimentológicos e biológicos. Uma análise abrangente e classificação meticulosa desses conjuntos pode, assim, enriquecer a interpretação paleoecológica e paleoambiental, proporcionando percepções detalhadas sobre as condições às quais esses organismos foram submetidos no passado.

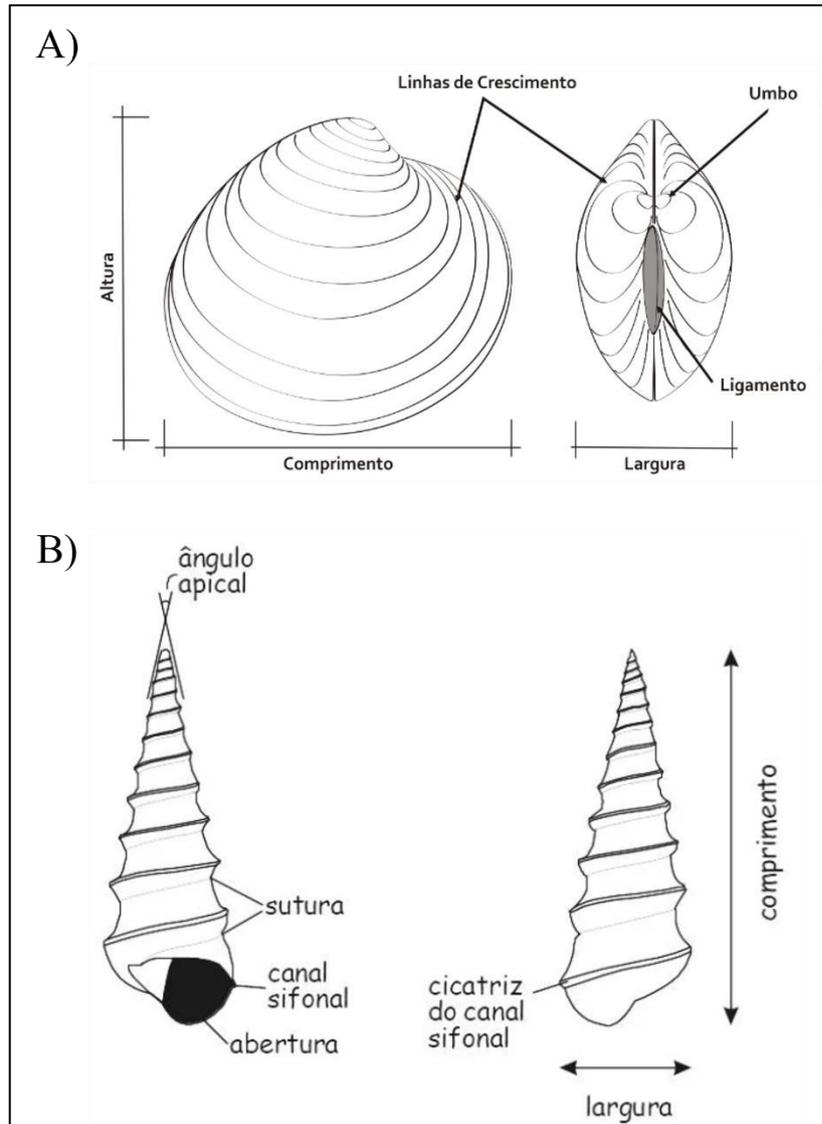


Figura 11 - A) Morfologia do Bivalve; e B) Morfologia do Gastrópode. Fonte: Litoral Nota Cem, [s.d.] e Anelli *et al.*, (1999)

5.2.2. CLASSIFICAÇÃO DAS ACUMULAÇÕES BIOCLÁSTICAS

Conforme definido por Kidwell *et al.* (1991), todo fóssil de corpo ou fragmento de fóssil com dimensões superiores a 2 mm pode ser categorizado como um bioclasto grosso, uma vez que tais elementos são passíveis de identificação como partes esqueléticas. Desta forma, é estabelecido que um depósito bioclástico pode ser designado como tal sempre que contenha fragmentos dessa natureza, os quais podem ocorrer de forma escassa ou constituir a totalidade do depósito em que são encontrados.

De acordo com Kidwell *et al.* (1986), uma concentração fóssil ou esquelética é conceituada como qualquer aglomerado relativamente denso de partes biológicas duras, não necessariamente precisando levar em consideração sua composição taxonômica, estado de

preservação ou grau de modificação pós-morte. Assim sendo, uma concentração bioclástica pode ser homogênea possuindo apenas um conjunto único de fósseis, ou heterogênea consistindo em um conjunto de fósseis secundários. É importante salientar que tais concentrações não estão sujeitas a restrições em termos de escala física, o que implica que podem refletir acumulações de fósseis ao longo de períodos tanto muito breves, quanto excessivamente prolongados.

As concentrações bioclásticas, segundo Kidwell *et al.* (1986) discutidas em Dal'Bó *et al.* (2020), podem ser caracterizadas, de acordo com sua origem e local de deposição, em três categorias distintas: autóctones, parautóctones e alóctones. As concentrações autóctones são constituídas por organismos que não foram submetidos a transporte, ou seja, o local de deposição é coincidente com o local de sua origem. Em contrapartida, as concentrações parautóctones compreendem organismos que foram transportados, porém preservados dentro de seu habitat original, correspondente ao táxon ao qual pertencem. Por fim, as concentrações alóctones consistem em organismos transportados de seu local de origem e depositados fora do ambiente natural de seu táxon.

Por meio da composição taxonômica, Dal'Bó *et al.* (2020) relataram que as acumulações bioclásticas de conchas, quando são compostas por fragmentos de organismos com um mesmo tipo de esqueleto, podem ser definidas como monotípicas. Quando compostas por fragmentos esqueléticos provenientes de organismos diversos, são designadas como poliespecíficas. Alternativamente, tais acumulações podem ser denominadas também como pauciespecíficas quando apresentam uma concentração bioclástica caracterizada pela presença de poucas espécies, com uma dominante evidenciando uma maior concentração.

As acumulações bioclásticas podem ser classificadas segundo Kidwell *et al.* (1986) por sua gênese, ou seja, os autores apontam que essas concentrações podem ser agrupadas de acordo com os processos aos quais foram submetidas até a sua deposição, dentre eles, biológicos, sedimentológicos e diagenéticos (Figura 12).

- Concentrações geradas a partir de processos biológicos (concentrações biogênicas)

Conforme descrito por Dal'Bó *et al.* (2020), as concentrações biogênicas (área 1. Figura 12) revelam uma estreita associação com a elevada produtividade biológica ou com a acumulação de resíduos orgânicos provenientes de outros organismos. Kidwell *et al.* (1986) categoriza essas concentrações em dois grupos distintos, são elas, concentrações biogênicas intrínsecas e extrínsecas.

As concentrações intrínsecas são geralmente autóctones ou parautóctones, caracterizando-se pela formação de estruturas duras originadas por organismos. Este tipo particular de concentração biogênica permite a identificação de registros como: colonização preferencial por organismos adultos proeminentes, eventos de colonização única por espécies caracterizadas por populações expressivas, e ainda a detecção de agregados densos de organismos associados a atividades alimentares e de desova.

Em contrapartida, as concentrações extrínsecas são frequentemente classificadas como parautóctones ou alotóctones, sendo originadas pela interação de organismos que interagem com estruturas esqueléticas ou partes duras descartadas por outros organismos. A título de exemplo, destacam-se as aves que contribuem para a formação deste tipo de depósitos através do transporte de conchas, evidenciando, assim, uma relação direta com a composição dessas concentrações biogênicas.

- Concentrações geradas a partir de processos sedimentológicos (concentrações sedimentológicas)

As concentrações sedimentológicas (área 2. Figura 12) derivam da interação dos bioclastos com o material intersticial e assumem a característica de partículas sedimentares físicas. Nesse contexto, a deposição e concentração deste tipo de acumulação ocorrem de maneira concomitante à dinâmica hidráulica, aerodinâmica ou gravitacional do meio em que estão inseridas (Dal'Bó *et al.*, 2020). Como exemplo deste tipo de concentração temos a superfície de praias dominadas pela ação dos ventos.

- Concentrações geradas a partir de processos diagenéticos (concentrações diagenéticas)

As concentrações diagenéticas (área 3. Figura 12) ocorre quando a densidade da concentração fossilífera foi consideravelmente alterada por meio de processos físicos e químicos após seu soterramento, deste modo, essas concentrações podem ser originadas ou significativamente aumentadas devido a esses processos (Dal'Bó *et al.*, 2020). De modo geral, as concentrações fósseis passam por alterações de alguma forma pela diagênese, porém elas só são classificadas em concentrações diagenéticas quando sua densidade fóssil é significativamente aumentada (Kidwell *et al.*, 1986)

- Concentrações de origem mista

As concentrações mistas são aquelas originadas por dois ou mais tipos de processos, ou por uma concentração sobreposta a outra já existente ambas criadas por processos diferentes (áreas 4-6. Figura 12).

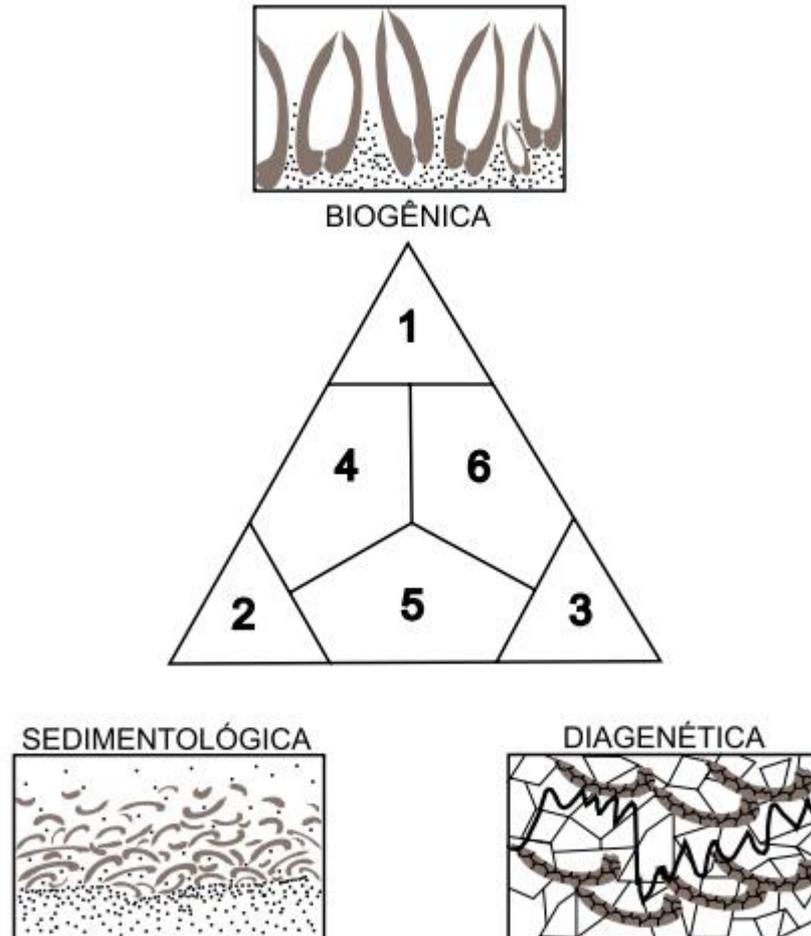


Figura 12 - Diagrama conceitual referenciando a gênese da concentração bioclástica ao processo predominante de acumulação dos organismos. As áreas assinaladas com os numerais 1, 2 e 3 no diagrama indicam os membros finais na concentração bioclástica e os numerais 4, 5 e 6 indicam a ocorrência de concentrações mistas. Fonte: Dal'Bó *et al.* (2020)

As concentrações bioclásticas de moluscos sofrem diversas alterações, resultando na classificação desses organismos em quatro categorias distintas, conforme os processos aos quais foram submetidos e o transcurso temporal (Dal'Bó *et al.*, 2020). Essas categorias compreendem os seguintes domínios: ecológicos (predação, soterramento rápido e impactos de alta energia), bioestratinômicos (bioturbação, bioerosão, dissolução e abrasão), fossildiagnéticos (compactação) e tectônicos (cisalhamento) (Figura 13).

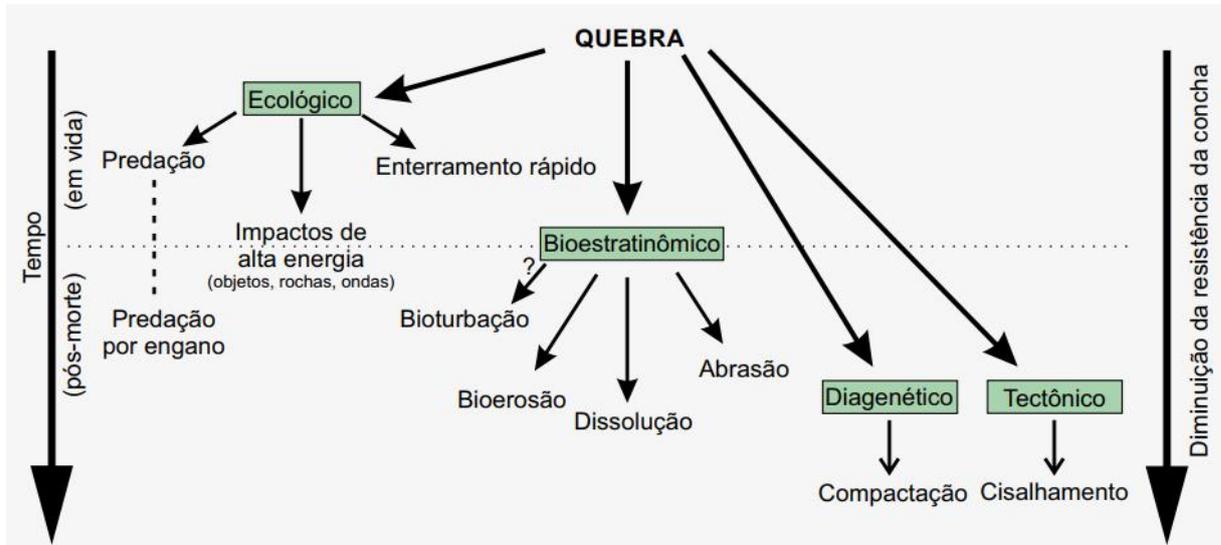


Figura 13 - Principais processos e fatores ambientais e geológicos que influenciam a fragmentação de conchas desde o organismo vivo até seu soterramento em ambientes diagenéticos profundos. Fonte: Dal’Bó *et al.* (2020)

5.3. Datação por C¹⁴

O Carbono 14 é um dos isótopos do elemento natural Carbono 12. Eles possuem o mesmo número atômico, porém se diferenciam pela sua massa atômica e também pela estabilidade de seus respectivos núcleos atômicos. Desta forma, o Carbono 14 se trata de um isótopo instável, do seu original Carbono 12 que é estável. A origem deste isótopo instável do carbono está intrinsecamente relacionada ao bombardeio de radiação solar que a parte superior da atmosfera sofre. Os nêutrons provenientes deste bombardeio se chocam com os átomos de nitrogênio dispostos no ar provocando uma reação, e um número bem pequeno dessas “colisões” transformam o nitrogênio em carbono 14. Desta forma, o radiocarbono, como também é conhecido, reage imediatamente com o oxigênio presente no ar, formando assim o dióxido de carbono (CO₂). Por conseguinte, o gás carbônico é misturado na atmosfera terrestre, fazendo com que o carbono 14 esteja presente em todas as formas de vida (Beta Analytic, c2024).

Embora o Carbono 14 tenha um enfraquecimento radioativo gradual até desaparecer completamente, ele é encontrado nas plantas pois o mesmo participa ativamente do processo de fotossíntese. Deste modo, como as plantas são elementos primordiais na cadeia alimentar, as mesmas, os animais e os seres humanos possuem a mesma quantidade de radiocarbono encontrada com a disponível no ar, ou seja, mesmo com seu decaimento radioativo, o

elemento é repostado através da fotossíntese ou pela ingestão de alimentos formando um equilíbrio. Quando o ser vivo morre, esse equilíbrio do radiocarbono se rompe, e o decaimento começa a ocorrer, porém ele leva muitos anos para desaparecer completamente levando em consideração que a sua meia vida é de 5.730 anos, e é através deste fato que a datação por Carbono 14 se baseia.

A datação por carbono 14 é um processo que analisa a quantidade de carbono 14 encontrada na amostra, baseado nessa quantidade podemos indicar o tempo decorrido desde quando aquele ser vivo morreu. Por esta razão, os resultados de datação por radiocarbono são apresentados em anos AP, que significa antes do presente, não calibrados. A calibração é feita para converter os anos AP na datação civil atualmente utilizada.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho teve como foco principal o estudo do depósito de conchas recentemente descoberto na região da ponta da Baleia (Figura 14). O estudo foi dividido em duas fases distintas, sendo a primeira uma etapa de trabalho de campo, durante a qual foi realizada a coleta de material de interesse e uma descrição do afloramento. Na segunda fase, procedeu-se à análise e identificação do material coletado.



Figura 14 - Depósito de conchas situado na região da Ponta da Baleia, foco do estudo.

6.1. Primeira Fase: Trabalho de Campo

Durante o trabalho de campo além da coleta do material, foram descritos sete pontos ao longo dos aproximados 320 metros de comprimento do banco de conchas (Figura 15), a fim de identificar características como: matriz sedimentar, grau de empacotamento, estrutura interna e espessura do banco de conchas (Kidwell, 1986). Nesta fase, foram utilizados GPS (para localização dos pontos), cavadeira, pá, martelo geológico, trena, máquina fotográfica e sacos de amostra (para a coleta do material) e uma tabela granulométrica (para ver a matriz sedimentar).

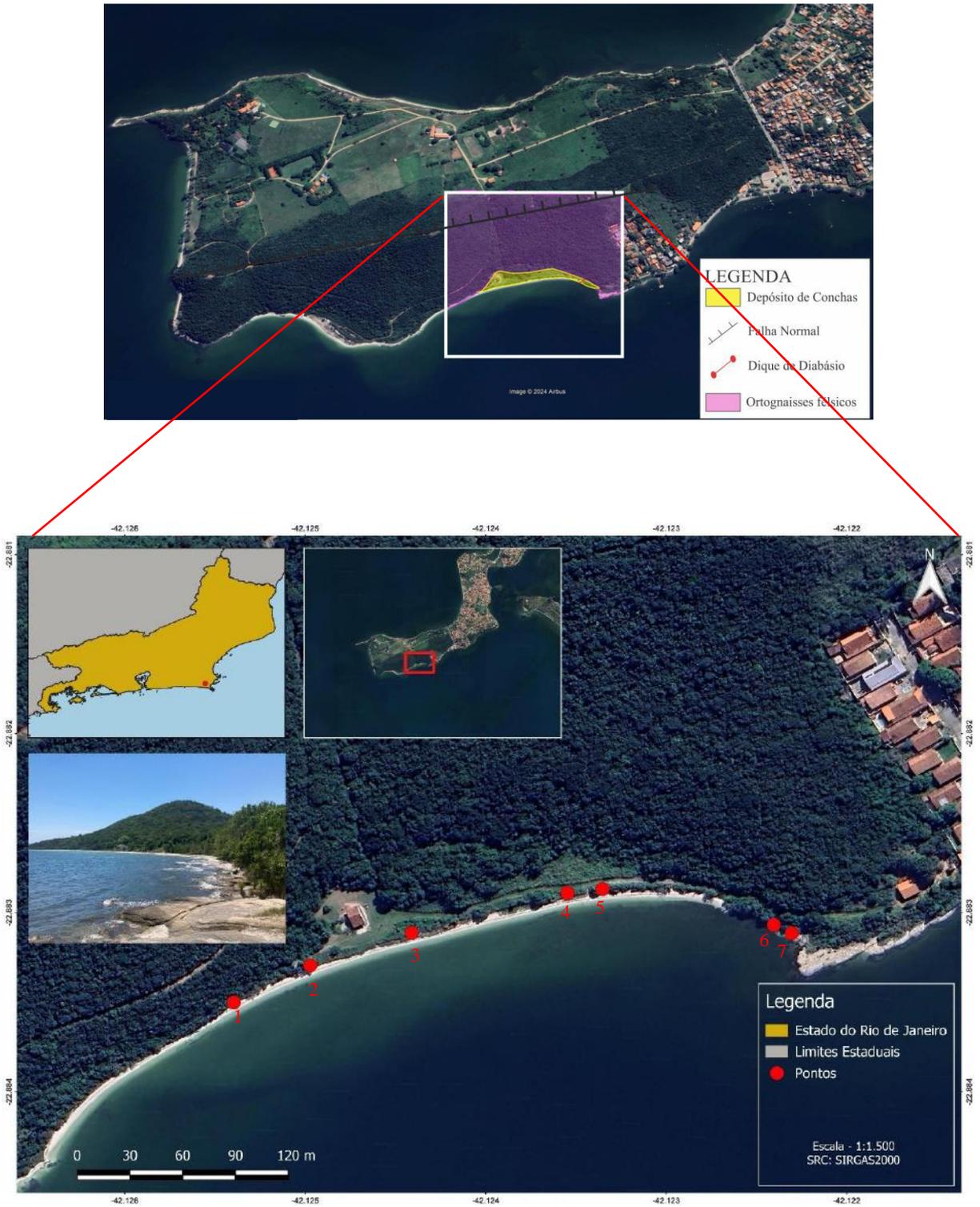


Figura 15 – Região da Ponta da Baleia com destaque para o local da área de estudo e a litologia, (acima) e Mapa de localização dos pontos descritos do depósito. (abaixo).

6.2. Segunda Fase: Trabalho de Laboratório e Escritório

A segunda fase do estudo foi subdividida em três partes: triagem; identificação taxonômica e datação por C¹⁴.

6.2.1 TRIAGEM DO MATERIAL

Durante a triagem do material coletado (Figura 16), uma peneira de aço com malha de 2 mm foi empregada para a remoção de sedimentos encrustados nas conchas (1, Figura 16). Posteriormente, o material foi lavado com a peneira em água corrente, visando eliminar os resíduos finais de sedimentos (2, Figura 16). Em seguida, os espécimes foram dispostos para secagem em estufa da marca QUMIS modelo Q317M a 42,1 graus Celsius em tabuleiros (3, Figura 16). Por fim, foram devidamente identificados e acondicionados em sacos apropriados (4, Figura 16), preparando-se assim para a etapa subsequente, que consiste na identificação taxonômica.



Figura 16 - Processo de triagem do material coletado.

6.2.2 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA

A identificação taxonômica das espécies coletadas foi feita baseada na classificação encontrada no livro "*Seashells of Brazil*", de Rios *et al.* (1994), nele o autor cataloga todas as espécies de conchas encontradas na costa brasileira, descrevendo suas características, de habitat, tamanhos, morfologias e locais encontrados. Nesse contexto, as espécies identificadas (Quadro 1) foram acondicionadas em sacos de amostras devidamente rotulados e, posteriormente, quantificadas.

Com a conclusão do processo de identificação, foi possível, por meio da literatura (Rios, 1994 e Conchas Brasil, [s.d.]) obter informações detalhadas acerca das características específicas de cada espécie. A análise dessas características permitiu uma compreensão mais aprofundada do paleoambiente existente no local de coleta. As informações obtidas acerca da forma de vida e hábitos alimentares desses organismos marinhos contribuíram significativamente para entender melhor as condições ambientais passadas.

Além disso, algumas amostras de bioclastos foram fotografadas de acordo com o seu tamanho. As amostras que possuíam até 10 mm foram fotografadas com Estereomicroscópio Leica M165 C no Laboratório de Micropaleontologia Aplicada da UFRJ (MicrA/UFRJ) e para as fotografias das amostras que possuíam mais que 10 mm foi utilizado o CoreScan3 DMT no Laboratório de Geologia Sedimentar da UFRJ (LAGESED/UFRJ).

6.2.3. DATAÇÃO POR C¹⁴

O material coletado foi encaminhado ao Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense, onde foi submetido inicialmente a um tratamento químico conforme descrito por Oliveira *et al.* (2021), que tem como objetivo a remoção de 50% da camada externa da concha, uma porção mais suscetível a possíveis contaminações. Após, o carbono presente no material é convertido em dióxido de carbono (CO₂), e depois transformado em grafite, para que ele seja datado.

7. RESULTADOS

Como relatado anteriormente os pontos delimitados foram utilizados para identificar as características do depósito de conchas de acordo com os parâmetros definidos por Kidwell *et al.* (1986). A descrição dos pontos e espessuras medidas, são:

Ponto 1: Limite Oeste do banco de conchas que se deposita sobre o ortognaisse do Complexo Região dos Lagos. As coordenadas do ponto são 0794933/7466498 zona 23K (WGS 84). Espessura do depósito neste ponto foi de 17 cm. (Figura 17)



Figura 17 - Contato do banco de conchas, com ortognaisse Pré-cambriano.

Ponto 2: Foi feito um furo de 30 cm, com o auxílio da cavadeira no intuito de observar a profundidade do depósito de conchas. Também foram observados dois níveis de minerais pesados, de dois e seis cm de espessura intercalados com níveis de areia muito grossa com conchas. O primeiro intervalo de minerais pesados estava a quatro cm de profundidade e o segundo intervalo a 14 cm de profundidade. As coordenadas do ponto são 0794977/7466520 zona 23K (WGS 84). Espessura do depósito neste ponto foi de 33 cm. (Figura 18)



Figura 18 - Pesquisa feita com cavadeira no Ponto 2. É possível ver os níveis escuros com acumulação de minerais pesados como, magnetita.

Ponto 3: Neste ponto, além da medição da espessura, foi feita uma perfuração de 45 cm de profundidade com cavadeira e observou-se três níveis de minerais pesados que intercalam com níveis de areia muito grossa e conchas. Os intervalos com minerais pesados possuíam um, dois e 12 cm de espessura encontradas em 16, 19 e 25 cm de profundidade. As coordenadas do ponto são 0795035/7466539 zona 23K (WGS 84). Espessura do depósito neste ponto foi de 46 cm. (Figura 19)



Figura 19 - Afloramento e cava feita no ponto 3.

Ponto 4: As coordenadas do ponto são 0795124/7466562 zona 23K (WGS 84). Espessura do depósito neste ponto foi de 83 cm. (Figura 20)



Figura 20 - Afloramento ao lado de uma antiga construção demolida.

Ponto 5: As coordenadas do ponto são 0795144/7466564 zona 23K (WGS 84). Espessura do depósito neste ponto foi de 61 cm. (Figura 21)



Figura 21 - Afloramento abaixo de uma árvore. Autoria: Laís Oliveira, 2024

Ponto 6: Dique de diabásio cortando o ortognaisse do Complexo Região dos Lagos, e ambos sendo sobrepostos pelo depósito de conchas. As coordenadas do ponto são 0795241/7466540 zona 23K (WGS 84). Espessura do depósito neste ponto foi de 40 cm. (Figura 22)



Figura 22 - Dique de diabásio cortando o ortognaisse félsico, ambos sobrepostos pelo depósito de conchas.

Ponto 7: Este ponto se encontra no limite leste do banco de conchas com ortognaisse do Complexo Região dos Lagos. As coordenadas são 0795251/7466535 zona 23 K (WGS 84). Espessura do depósito neste ponto foi de 35 cm. (Figura 23)



Figura 23 - Limite leste do banco de conchas sobre o ortognaisse do Complexo Região dos Lagos

Com base nos resultados das medições de espessuras, foi constatado que o depósito de conchas exibe uma geometria lenticular (Figura 24). Esta observação é baseada na variação das espessuras nos pontos extremos do banco, como o ponto inicial a oeste (1) e o ponto final a leste (7). A partir do ponto inicial verifica-se um aumento gradual na espessura que segue até o ponto 4, posteriormente ocorre um decréscimo gradual da espessura, configurando, assim, uma geometria em formato de lente.

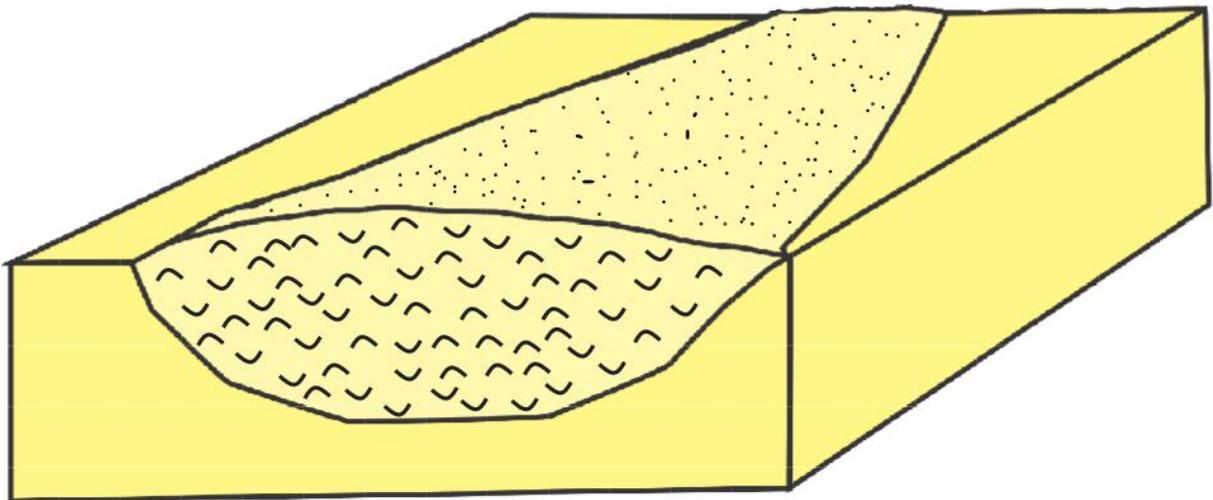


Figura 24 – Desenho esquemático de depósito com a geometria lenticular.

O depósito é caracterizado por possuir uma matriz composta por areia muito fina a grânulo com estrutura interna simples e grau de empacotado denso no seu topo, muito possivelmente pela ação das raízes de plantas e árvores, e seguindo para um grau de empacotamento moderado no meio e na base do afloramento (Figura 25).



Figura 25 – Topo da camada densamente empacotado.

O material coletado para a identificação taxonômica também incluiu a amostra designada como "topo", a qual foi obtida a partir da porção superior de 23 centímetros do afloramento. A seção inferior, com uma extensão de 50 centímetros, foi subdividida em duas frações distintas, nomeadas como "meio" e "base". A decisão de realizar essa divisão em três frações distintas teve como objetivo primordial identificar potenciais padrões relacionados à presença das espécies.

Além da coleta do material para datação e identificação taxonômica, foi elaborado um croqui esquemático (Figura 26) do ponto 4, pelo fato de possuir a maior espessura em comparação aos demais pontos estudados. Por meio do croqui é possível observar que o depósito de conchas pode ser dividido sedimentologicamente em três camadas macroscopicamente.

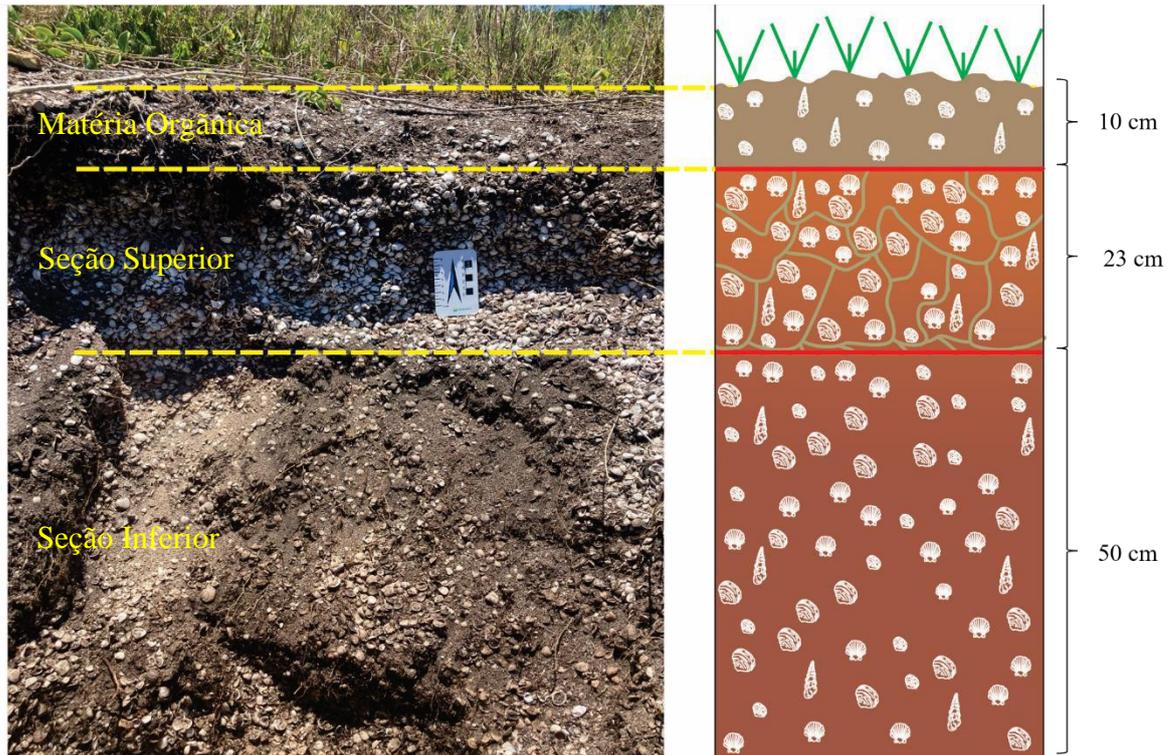
Do topo para a base foi feita uma descrição sedimentológica, o afloramento possui 10 centímetros de solo atual, com sedimentos de areia muito fina a grânulo, presença de matéria orgânica, muitas raízes e alguns fragmentos de conchas e até conchas inteiras.

Na camada subsequente a espessura é de 23 centímetros, a qual a presença de conchas é abundante e a presença de sedimentos é baixa. Neste intervalo é possível observar

que a ação das raízes das plantas contribui para o empacotamento das conchas, resultando numa maior sustentação evitando que as mesmas sejam erodidas durante períodos chuvosos. A quantidade baixa de sedimentos é atribuída ao pequeno espaço de acomodação, visto que o grau de empacotamento é alto e, também, porque as chuvas transportam os sedimentos para a parte mais basal. Desta forma, é possível notar que as conchas deste intervalo possuem uma coloração mais clara devido ao processo de lavagem que as chuvas promovem.

Com 50 centímetros, a parte inferior possui características que a diferenciam do intervalo citado anteriormente. Nela, a ocorrência de sedimentos é mais abundante, pois são também provenientes do transporte ocorrido no intervalo anterior, o empacotamento da acumulação pode ser definido como moderadamente a densamente empacotado, visto que ali a ação das raízes é bem menor se comparada ao intervalo superior.

Vale ressaltar que ao longo de todos os pontos e principalmente do ponto 4 onde o material foi coletado, foi possível observar que a maior parte das conchas de bivalves foram encontrados com as valvas separadas, com exceção de apenas uma. Ademais, além de conchas, fragmentos de conchas e sedimentos arenosos quartzosos com matéria orgânica.



Solo atual com matéria orgânica e alguns bioclastos



Sedimentos de granulometria areia muito fina a grânulo. No topo presença de bioclastos densamente empacotados sustentados pelas raízes, no meio e base existe pouca presença de raízes deste modo os bioclastos apresentam empacotamento moderado e maior presença de sedimentos.

Figura 26 - Fotografia e croqui esquemático do afloramento no ponto 4.

7.1 Identificação Taxonômica

Como o trabalho visa a taxonomia, foram quantificados apenas conchas inteiras de cada espécie.

- **Base**

Classe Bivalvia

Da classe Bivalvia, na base foram identificadas 7 espécies (Tabela 1 e Figura 27) dentre elas, a *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), *Chione subrostrata* (Lamarck, 1818), *Linga amiantus* (Dall, 1901), *Lucina multilineata* (Tuomey & Holmes, 1857), *Lucina pectinata*. (Gmelin, 1791), *Ostrea sp* e *Ctena pectinella* (Adams, 1852). Porém dentre elas a que apresentou maior abundância foi a *Anomalocardia brasiliana*.

Tabela 1 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Biválvios identificados na base

Espécie	Variação de Tamanho (mm)	Total identificados*	Quantificação
<i>Anomalocardia Brasiliana</i> , berbigão ou papa fumo	6 - 21	709	58.0%
<i>Chione subrostrata</i>	7 - 20	476	38.9%
<i>Linga amiantus</i>	9 - 13	12	1.0%
<i>Lucina multilineata</i>	12 -14	4	0.3%
<i>Lucina pectinata</i> , lambreta ou sernambi	9 - 13	9	0.7%
<i>Ostrea sp</i>	33	1	0.1%
<i>Ctena pectinella</i>	7	1	0.1%

*: Total de valvas

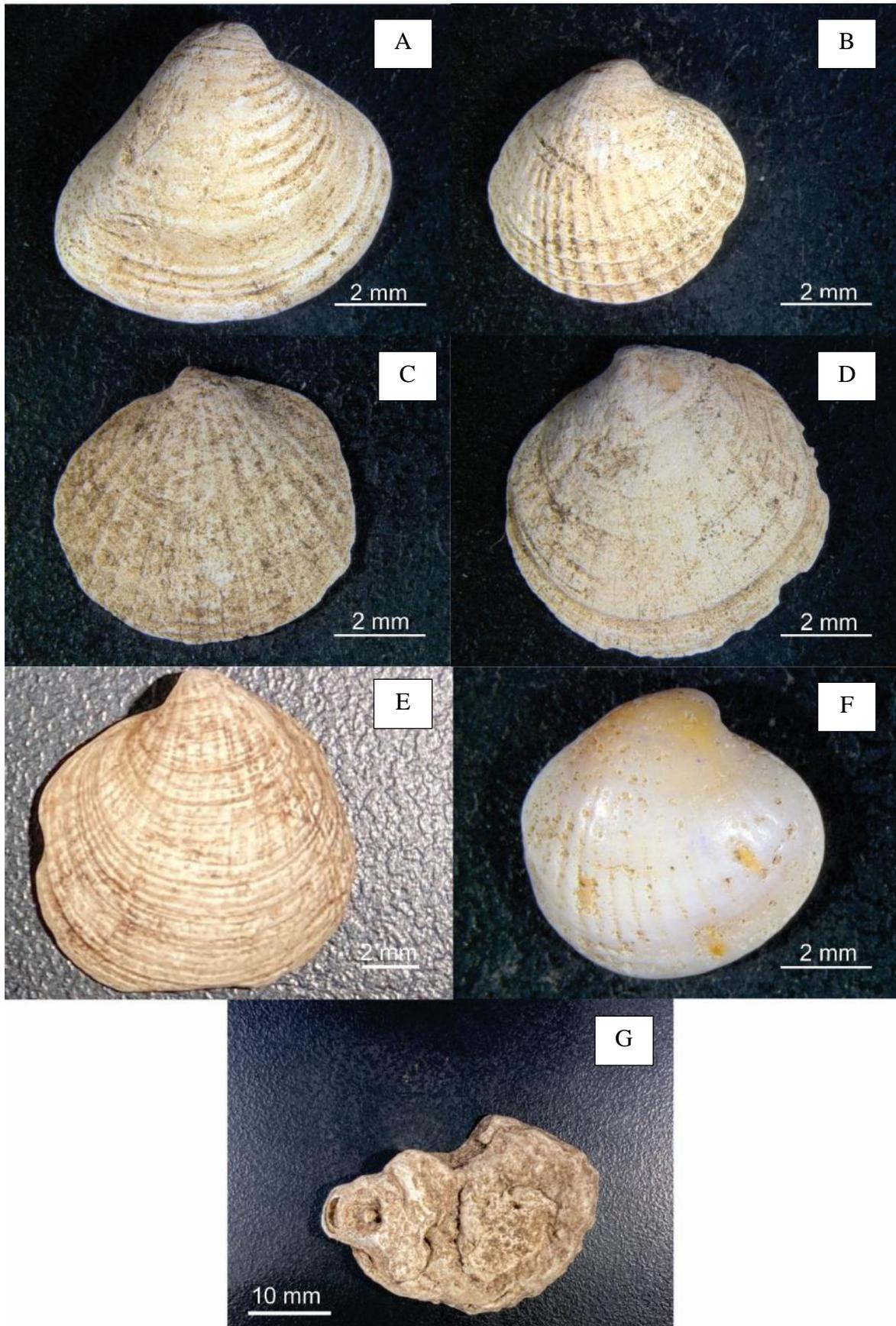


Figura 27 – Bivalves identificados na base do depósito. *Anomalocardia brasiliana* (A), *Chione subrostrata* (B), *Linga amiantus* (C), *Lucina multilineata* (D), *Lucina pectinata* (E), *Ctena pectinella* (F) e *Ostrea* sp (G).

Classe Gastropoda

Desta classe, foram identificadas na base 3 espécies (Tabela 2 e Figura 28) dentre elas, a *Cerithium atratum* (Born, 1778), *Fissurella rosea* (Gmelin, 1791) e *Olivella sp.* Porém dentre elas a que apresentou maior abundância foi a *Cerithium atratum*.

Tabela 2 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Gastrópodes encontrados na base

Espécie	Varição de Tamanho (mm)	Total identificados	Quantificação
<i>Cerithium atratum</i>	7 -15	7	0.6%
<i>Fissurella rosea</i>	14	2	0.2%
<i>Olivella sp.</i>	6	2	0.2%

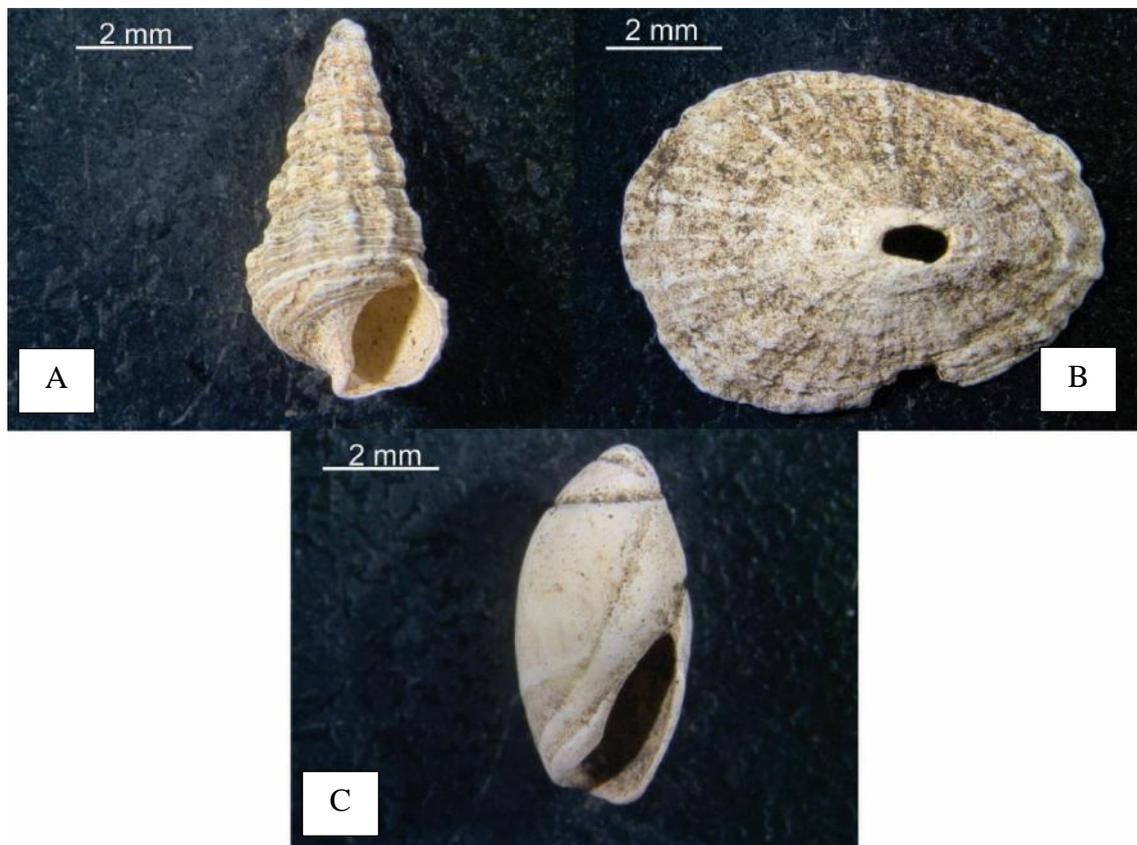


Figura 28 - Gastrópodes identificados na base. *Cerithium atratum* (A), *Fissurella rosea* (B) e *Olivella sp* (C).

- **Meio**

Classe Bivalvia

Da classe Bivalvia, no meio foram identificadas 4 espécies (Tabela 3 e Figura 29) dentre elas, a *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), *Chione subrostrata* (Lamarck,

1818), *Linga amiantus* (Dall, 1901) e *Lucina pectinata* (Gmelin, 1791). Porém, a que apresentou maior abundância foi a *Anomalocardia brasiliana*.

Tabela 3 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Biválvios encontrados no meio.

Espécie	Variação de Tamanho (mm)	Total identificados *	Quantificação
<i>Anomalocardia Brasiliana</i> , berbigão ou papa fumo	7 - 19	615	62.4%
<i>Chione subrostrata</i>	6 - 20	348	35.3%
<i>Linga amiantus</i>	8 - 13	4	0.4%
<i>Lucina pectinata</i> , lambreta ou sernambi	7 - 14	12	1.2%

*: Total de valvas

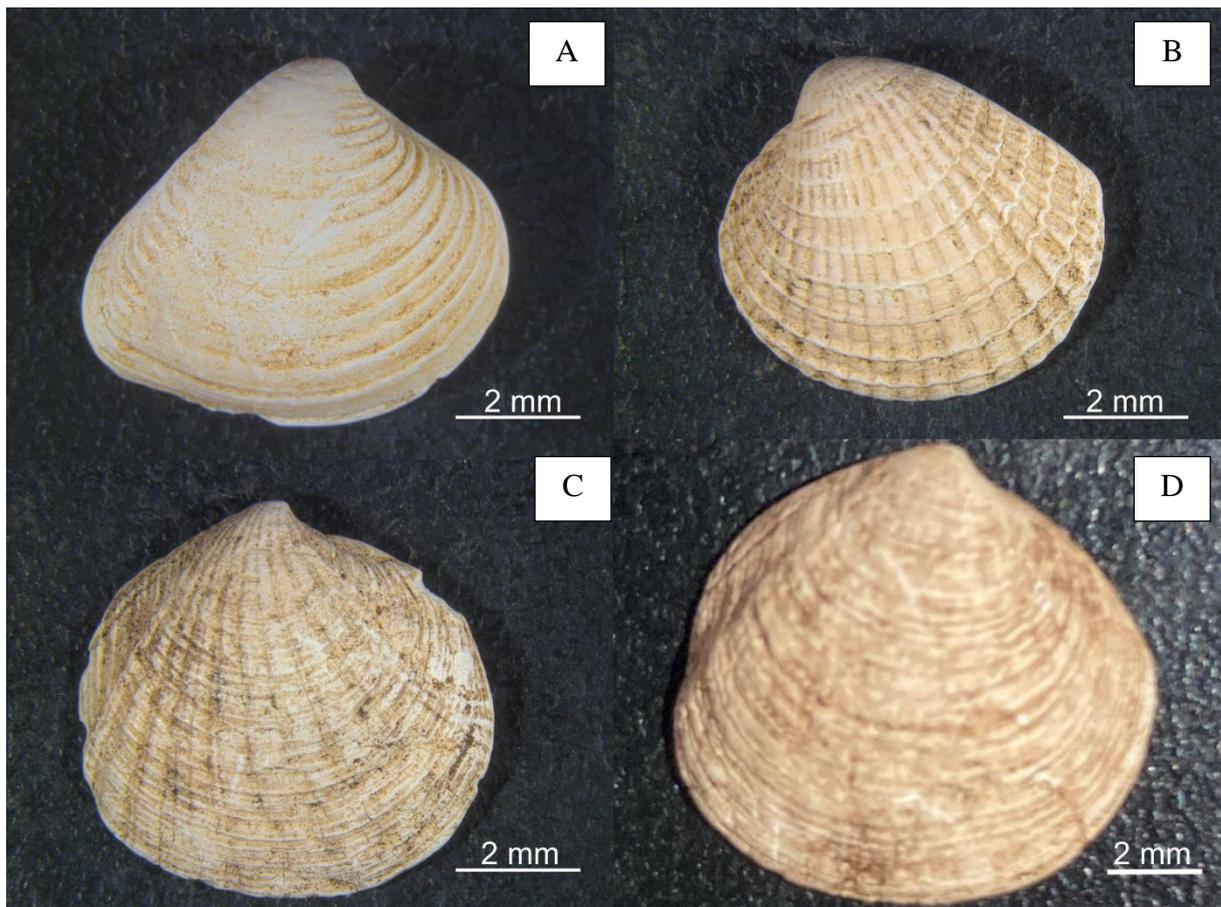


Figura 29 - Bivalves identificados no meio do depósito. *Anomalocardia brasiliana* (A), *Chione subrostrata* (B), *Linga amiantus* (C) e *Lucina pectinata* (D).

Classe Gastropoda

Desta Classe, foi identificada apenas 1 espécime no topo (Tabela 4 e Figura 30), a *Cerithium atratum* (Born, 1778).

Tabela 4 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Gastrópode encontrado no meio.

Espécie	Variação de Tamanho (mm)	Total identificados	Quantificação
<i>Cerithium atratum</i>	7 - 15	7	0.7%

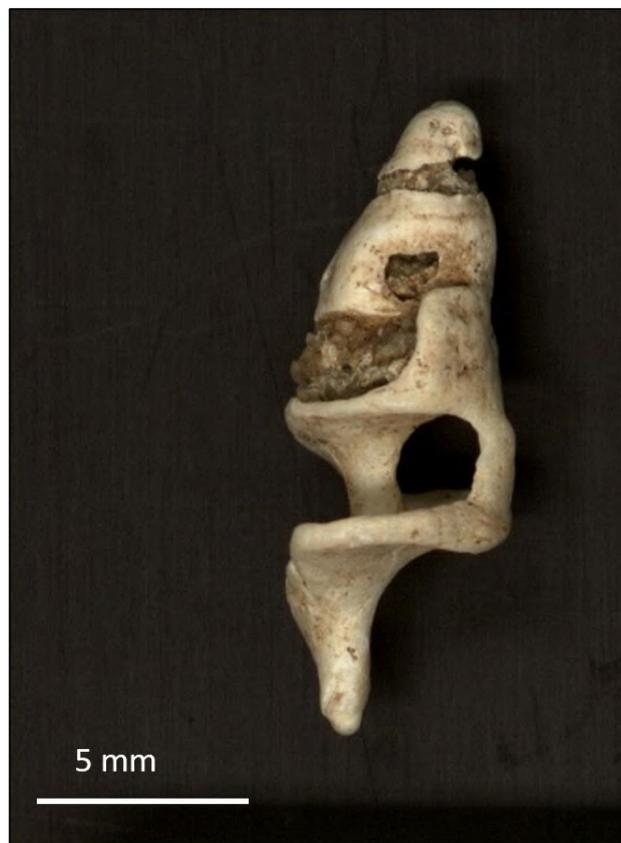


Figura 30 – Gastrópode identificado no meio do depósito. *Cerithium atratum*.

- **Topo**

Classe Bivalvia

Da Classe Bivalvia, no topo foram identificadas 3 espécies (Tabela 5 e Figura 31) dentre elas, a *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), *Chione subrostrata* (Lamarck,

1818), *Linga amiantus* (Dall, 1901). Porém dentre as três a que apresentou maior abundância foi a *Anomalocardia brasiliana*.

Tabela 5 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Biválvios encontrados no topo.

Espécie	Variação de Tamanho (mm)	Total identificados *	Quantificação
<i>Anomalocardia Brasiliana</i> , berbigão ou papa fumo	6 - 18	505	58.2%
<i>Chione subrostrata</i>	7 - 20	328	37.8%
<i>Linga amiantus</i>	8 - 13	22	2.5%

*: Total de valvas

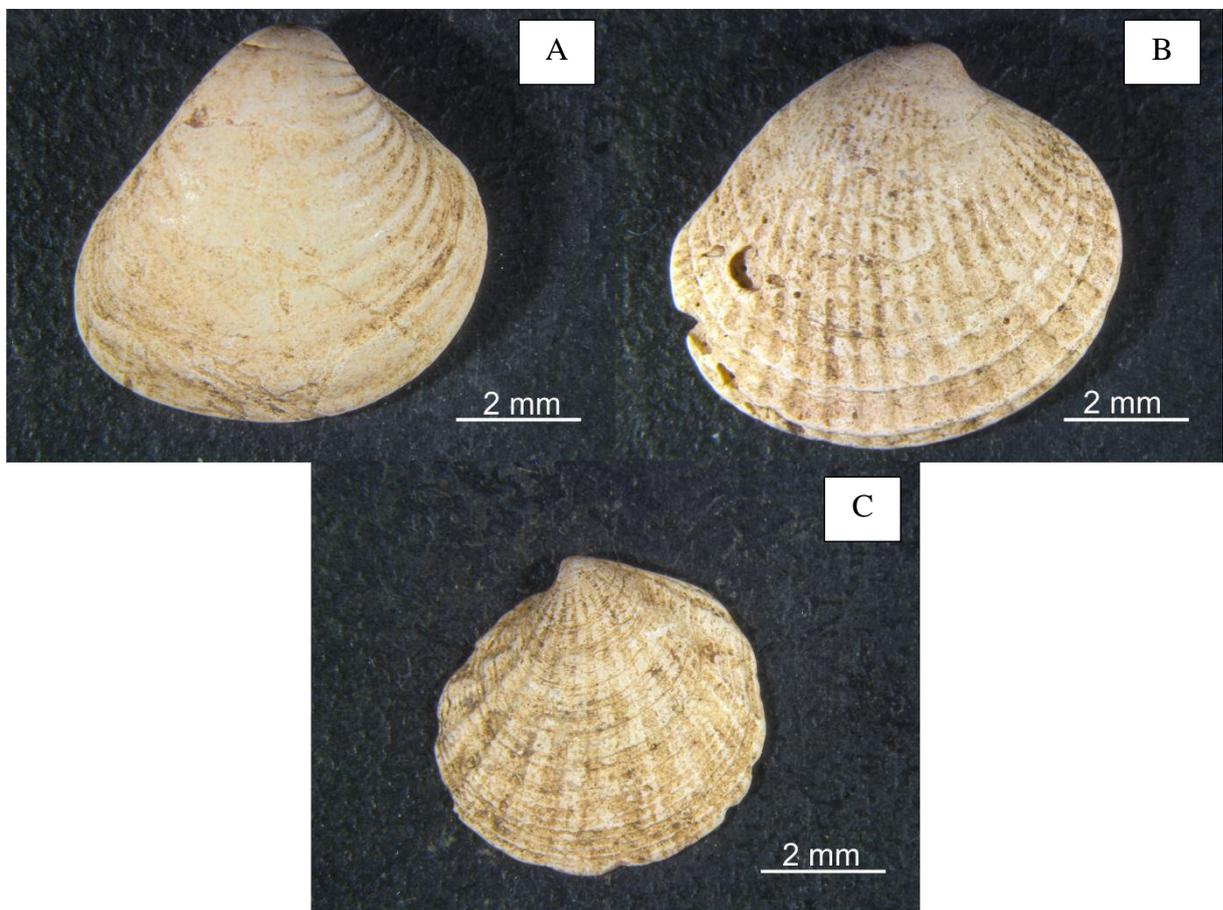


Figura 31 – Bivalves identificados no topo do depósito. *Anomalocardia brasiliana* (A), *Chione subrostrata* (B) e *Linga amiantus* (C).

Classe Gastropoda

Desta classe, foram identificadas no topo 3 espécies (Tabela 6 e Figura 32), a *Cerithium atratum* (Born, 1778), *Fissurella rosea* (Gmelin, 1791) e *Olivella sp.* Porém dentre elas a que apresentou maior abundância foi a *Cerithium atratum*.

Tabela 6 - Variação de tamanho, Total e Quantificação de Gastrópodes encontrados no topo.

Espécie	Variação de Tamanho	Total identificados	Quantificação
<i>Cerithium atratum</i>	8 - 15	6	0.7%
<i>Fissurella rosea</i>	11 - 24	5	0.6%
<i>Olivella sp.</i>	9	1	0.1%

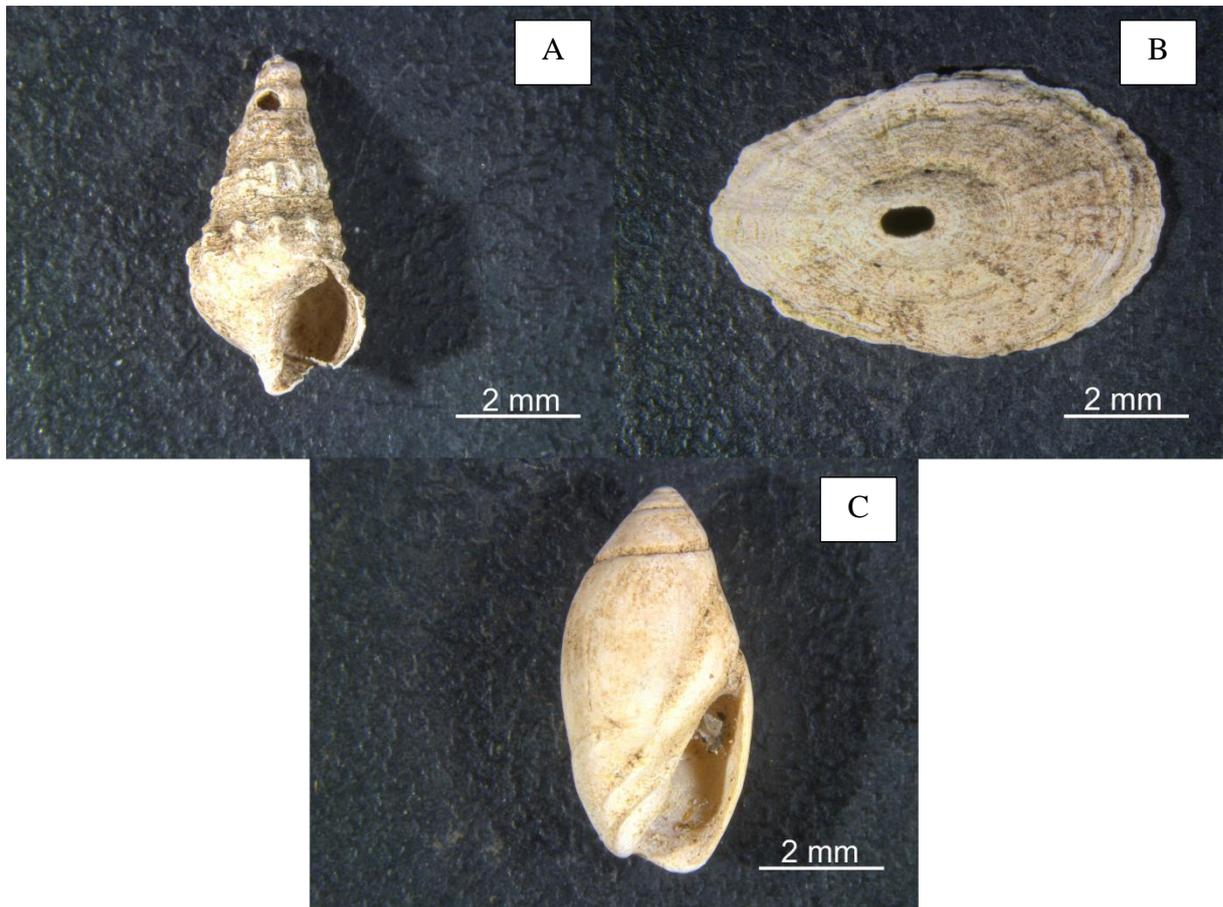


Figura 32 – Gastrópodes identificados no topo do depósito. *Cerithium atratum* (A), *Fissurella rosea* (B) e *Olivella sp.* (C).

Características das espécies encontradas

As diferenças nas características das espécies presentes ao longo do afloramento são notáveis, relacionadas ao tamanho, habitats predominantes e profundidades de ocorrência. Uma observação inicial revela a predominância da espécie *Anomalocardia brasiliana* e uma semelhança da porcentagem desta espécie nas três frações, com 58 %, 62% e 58 % (topo, meio e base), variando apenas 4%.

Em relação aos bivalves encontrados, *Anomalocardia brasiliana*, *Linga amiantus*, *Lucina multilineata*, e *Lucina pectinata* compartilham o mesmo habitat, sendo encontradas em fundos arenosos, seja enterrada ou sobre ele, além de também serem encontradas em substratos lodosos, com exceção dos bivalves *Chione subrostrata* e *Ctena pectinella*. A *Chione subrostrata* possui como habitat apenas os fundos arenosos, seja enterrada neles, ou sobre os mesmos e a *Ctena pectinella* que, além de viver em fundos arenosos e lamosos, podem habitar fundos cascalhosos de coral, pedras e conchas. Outra característica divergente entre essas conchas é a profundidade a qual elas se desenvolvem. As espécies *Anomalocardia brasiliana* e *Chione subrostrata* vivem em profundidades de 0 a 30 metros, em contrapartida outras espécies como, *Lucina pectinata* pode ser encontrada em uma profundidade mais restrita limitada de 0 a 10 metros para o seu desenvolvimento, a *Ctena pectinella* que vive em locais de 10 a 55 metros de profundidade, a *Lucina multilineata* possui como profundidade preferencial ambientes de águas rasas de 0 metros a profundidades maiores até 150 metros e, por fim, a *Linga amiantus* podendo se desenvolver em ambientes de águas rasas, até a profundidade de 1150 metros. Além disso, das 6 espécies, de acordo com a frequência, apenas a *Anomalocardia brasiliana* é abundante, enquanto a *Lucina pectinata* é comum, e a *Chione subrostrata*, a *Linga amiantus*, a *Lucina multilineata* e a *Ctena pectinella* são incomuns.

A única concha de *Ostrea sp* encontrada na base do afloramento, se trata da valva esquerda do gênero, porém a valva que possui um valor taxonômico para a identificação da espécie é a valva direita, ou seja, por este motivo, não foi possível determinar exatamente de qual espécie se trata. Desta forma, não foi possível apontar no quadro características retiradas da literatura, assim como ocorreu nas outras espécies de bivalves.

Dos gastrópodes encontrados quando suas características são comparadas, é observada bastante divergência nas mesmas. A *Cerithium atratum* tem como preferencial um habitat de fundos arenosos, seja enterrada ou sobre o mesmo. Eles também podem ser encontrados em substratos lodosos, ao contrário da *Fissurella rosea* que tem como ambiente preferencial a vida em meios rochosos. Ademais, a profundidade em que se desenvolvem

também difere. A *Fissurella rosea* vive em profundidades de 0 a 10 metros, entretanto a *Cerithium atratum* atinge profundidades maiores variando de 0 a 30 metros.

Diferente das 2 espécies anteriormente citadas de gastrópodes, o *Olivella sp* refere-se a um gênero, no qual não foi possível a identificação da espécie. Uma das características mais importante utilizada para identificar é a coloração do indivíduo, porém devido às condições erosivas e intempéricas a qual a concha foi submetida ocorreu alteração na cor, impossibilitando assim a identificação da espécie.

Quadro 1 – Espécies encontradas e suas características. Fonte: Conchas Brasil, [s.d.] e Rios (1994)

Espécie	Habitat	Alimentação	Frequência	Profundidade	Tamanho médio
<i>Anomalocardia Brasilianda</i> , berbigão ou papa fumo	Vive em fundos arenosos, enterradas, ou em fundos lodosos	hábito suspensívoro, com partículas orgânicas, algas microscópicas e organismos planctônicos	Abundante	0 - 30 m	31 mm
<i>Chione subrostrata</i>	Vive em fundos arenosos, enterradas, próxima a superfície	hábito suspensívoro, com partículas orgânicas, algas microscópicas e organismos planctônicos	Incomum	0 - 30 m	24 mm
<i>Linga amiantus</i>	Vive em fundos arenosos, enterradas, ou em fundos lodosos	hábito suspensívoro, com partículas orgânicas, algas microscópicas e organismos planctônicos	Incomum	0 - 1150 m	< 10 mm
<i>Lucina multilineata</i>	Vive em fundos arenosos, enterradas, ou em fundos lodosos	hábito suspensívoro, com partículas orgânicas, algas microscópicas e organismos planctônicos	Incomum	0 -150 m	< 20 mm
<i>Lucina pectinata</i> , lambreta ou sernambi	Vive em fundos arenosos, enterradas, ou em fundos lodosos	hábito suspensívoro, com partículas orgânicas, algas microscópicas e organismos planctônicos	Comum	0 -10 m	40 - 80 mm
<i>Ostrea sp</i>	x	x	x	x	33 mm
<i>Ctena pectinella</i>	Vive em fundos arenosos, enterradas, ou em fundos lodosos, podendo ser encontradas também em fundos de cascalho, de coral, pedras ou conchas	hábito suspensívoro, com partículas orgânicas, algas microscópicas e organismos planctônicos	Incomum	10 - 55 m	< 10 mm
<i>Cerithium atratum</i>	Vive em fundos arenosos, enterradas, ou em fundos lodosos	Se alimentam de macroalgas e plantas	Abundante	0 - 30 m	35 mm
<i>Fissurella rosea</i>	Vive sob ou sobre pedras	Herbívoro se alimentam de microalgas	Abundante	0 -10 m	25 - 35 mm
<i>Olivella sp.</i>	x	x	x	x	< 20 mm

7.2 Geocronologia C⁺¹⁴

Por meio da datação de radiocarbono, uma amostra coletada no ponto 4 foi datada pelo Laboratório de Radiocarbono da UFF (LAC/UFF). Como parâmetro comparativo para uma melhor interpretação empregou-se comparação com datações na Região dos Lagos e os gráficos construídos por Castro *et al.* (2014), Castro *et al.* (2021) e Jesus *et al.* (2017).

Com base na amostra analisada neste estudo, a idade convencional foi determinada como 2.038 ± 39 anos A.P. enquanto a idade calibrada foi de 1.637 a 1.314 anos A.P.

8. DISCUSSÕES

Conforme descreveu Kidwell *et al.* (1986), a geometria de uma acumulação bioclástica pode ter sua formação atrelada a alguns fatores biológicos e físicos, como: topografia da superfície deposicional, modo de vida dos organismos, atividades de outros organismos vivos e processos físicos de concentrações das partes duras que produzem topografia singenética. Conforme relatado anteriormente o local no qual se encontra o depósito é limitado nas suas extremidades por promontórios formados por rochas do Complexo Região dos Lagos, formando um terraço na base da encosta da falha da Ponta da Baleia.

O empacotamento denso e a escassez de sedimentos apontados no topo do depósito conchífero é, muito possivelmente, resultado da ação das raízes das plantas e árvores em conjunto com episódios de chuvas (Figura 33). As raízes agem como uma rede que retém os bioclastos, criando um empacotamento denso na parte superior da camada, dessa forma o espaço de acomodação para os sedimentos é bem menor se comparado com a parte inferior do depósito. Nesse contexto, os eventos de precipitação pluviométrica desempenham um papel crucial de transportar os sedimentos para partes mais profundas do afloramento, onde a presença de raízes é mais reduzida e o espaço disponível para acomodação dos sedimentos é mais amplo.



Figura 33 – Presença de raízes no topo da camada de conchas.

Além disso, por se tratar de espécies de organismos que possuem semelhanças em seu habitat, conforme a classificação de Kidwell *et al.*, (1986) a estrutura interna da acumulação bioclástica é simples. A matriz é composta por grãos de quartzo de tamanho areia muito fina a grânulo.

A identificação taxonômica como citado anteriormente foi feita considerando a seção superior como topo, e a seção inferior foi subdividida entre base e meio para fins de coleta e buscando observar se as espécies sofreram algumas alterações de tamanho ou de ambientes. Foram considerados apenas bioclastos inteiros, levando em consideração que o número apontado na quantificação dos bivalves diz respeito ao número de valva e não de indivíduo.

Na área em questão, foram identificadas sete espécies pertencentes à classe Bivalvia e três à classe Gastropoda na base. Destaca-se por apresentar a maior diversidade de bioclastos quando comparada com o meio e o topo. Na parte do meio, foram identificadas quatro espécies de bivalves e uma de gastrópode, enquanto no topo foram identificadas três espécies de bivalves e três de gastrópodes.

É evidente que a diversidade biológica diminui de forma gradativa da base em direção ao topo. Entretanto, nota-se uma continuidade no percentil observado de algumas espécies, como é o caso da *Anomalocardia brasiliiana* e *Chione subrostrata*. Na base, do total identificado, foram 58,0% e 38,9% de exemplares, respectivamente, enquanto no topo esses números são muito próximo ao da base, com 58,2% e 37,8%, variando apenas em 0,2% para *Anomalocardia brasiliiana* e 1,1% a *Chione subrostrata*. A maior variedade e a variação de

tamanho das conchas na porção inferior podem estar relacionadas ao período maior de desenvolvimento que os organismos na base tiveram em comparação aos do meio e do topo. Entretanto o depósito estudado apresenta em sua totalidade conchas desarticuladas, embora ainda jovens, essa desarticulação das conchas aponta segundo Dal’Bó *et al.* (2020) para organismos que sofreram transporte, porém ainda permaneceram preservados dentro do seu habitat original, sendo denominadas possivelmente de parautóctones

Ademais, observando a variação de tamanho da *Anomalocardia brasiliiana*, na base com 6 - 21 mm, no meio 7 – 19 mm e no topo com 6 - 18 mm, é possível determinar que estes organismos morreram muito jovens (Figura 34), ou seja, tiveram pouco tempo para se desenvolver e ocorreu uma mudança drástica no ambiente gerando uma mortandade em massa. Deste modo, da base para o topo ocorre uma diminuição na variação de tamanho e na diversidade encontrada.



Figura 34 - Variação de tamanho de *Anomalocardia brasiliiana*.

Conforme mencionado por Cunha *et al.* (2017), as acumulações bioclásticas densamente empacotadas, com a predominância da espécie *Anomalocardia brasiliiana*, demonstram uma notável proliferação em ambientes caracterizados pela hipersalinidade e variações térmicas significativas. Segundo Schaeffer-Noveli (1976), a referida espécie é classificada como eurialina e euritérmica, destacando-se, ademais, por sua considerável resistência em condições com ausência de oxigênio (anóxicas). A capacidade de adaptação dessa espécie a ambientes mais extremos é notável, e no contexto do presente estudo, observa-se que ela detém uma maior concentração.

Segundo as características observadas em cada espécie no Quadro 1, é possível entender que as espécies encontradas ao longo da espessura do afloramento possuem similaridades, por apresentarem em sua maioria hábitos de vida, alimentares e de

profundidade que se sobrepõem. Diante dos fatos apresentados, e com o auxílio da classificação feita por Kidwell *et al* (1986) e Dal'Bó *et al* (2020), a concentração estudada nesta pesquisa possivelmente é uma acumulação biogênica ou mista (biogênica e sedimentológica) comumente encontrada em ambientes lagunares e estuarinos.

Quanto aos níveis de minerais pesados, ricos em magnetita, encontrados nos furos feitos nos pontos 2 e 3, os mesmos são provenientes da erosão das rochas do Complexo Região dos Lagos. Chamam a atenção porque separam camadas com sedimentos mais grossos e com a presença de conchas, evidenciando uma dinâmica diferente durante sua deposição.

Em relação à geocronologia, Castro *et al.*, (2014) (Figura 35A) sugerem que, por volta de 7.500 anos A.P, o aumento do nível relativo do mar foi desacelerando à medida que atingiu o nível do mar atual, ultrapassando-o e, no intervalo de 5.500 e 4.500 anos A.P. atingiu um pico entre +2,5 e +5,0 metros. No entanto Jesus *et al.* (2017) (Figura 35B) descrevem que o mar só atingiu o zero atual próximo a 6.300 anos A.P, tendo atingido o seu máximo transgressivo com 2,50 metros no intervalo de 4.700 a 4.500 anos A.P e que após 4.500 anos A.P o mar foi regredindo até chegar zero atual.

Estudos mais recentes de Castro *et al.* (2021) apontam um nível de +3,0 metros acima do nível relativo do mar em idades entre 4.787 e 4.104 anos A.P (Figura 35C). Após este período de transgressão máxima durante o Holoceno, os mesmos autores relatam que o nível do mar passou a ter um comportamento geral de regressão até o nível atual.

Contudo, Castro *et al.* (2021), baseados em novos dados de evidências biológicas, sugerem que a região passou por quatro oscilações entre 3.981 a 3.345 anos A.P. e 1.852 a 1.413 anos A.P., tais oscilações são caracterizadas por períodos alternados de aumento e declínio no nível relativo do mar, e ocorreram concomitantes ao início da instauração do fenômeno de ressurgência costeira no litoral do Estado do Rio de Janeiro

Deste modo, a idade obtida no presente estudo de 1.637 a 1.314 anos A.P, pode estar relacionada a um dos períodos que Castro *et al.* (2021) menciona das quatro curtas oscilações do nível relativo do mar, o ocorrido em 1.413 anos A.P.

Comparando a datação obtida de 1.637 a 1.314 anos A.P, com as curvas do nível relativo do mar apresentadas por Castro *et al.* (2014), Jesus *et al.*, (2017) e Castro *et al.*, (2021) (Figura 35) o depósito de conchas foco deste estudo se formou após o evento Transgressivo Cabo Frio, denominado por Castro *et al.*, (2014) como Transgressão Cabo Frio.

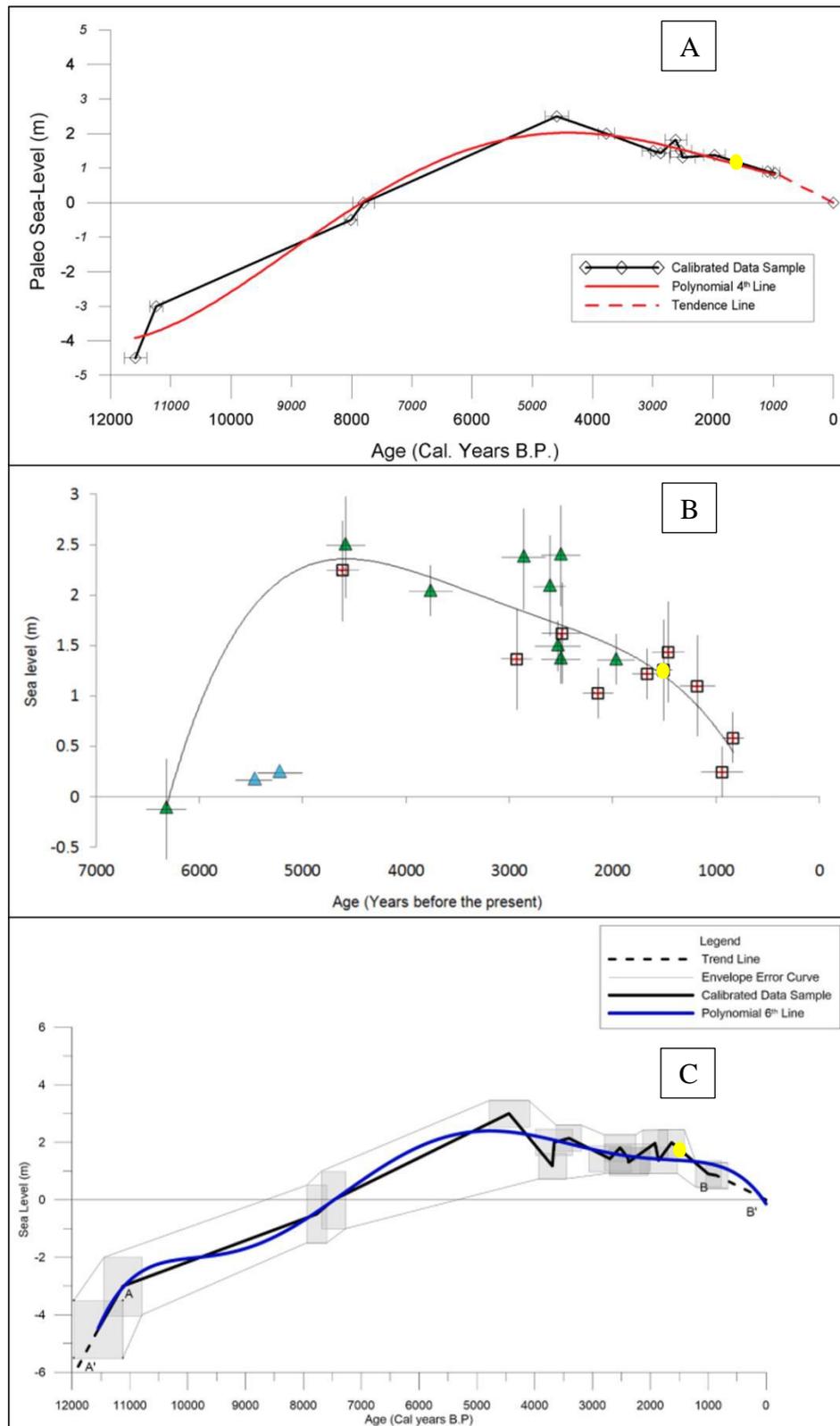


Figura 35 - Gráfico da curva de variação relativa do nível do mar segundo Castro *et al.* (2014) (A), Jesus *et al.* (2017) (B) e Castro *et al.* (2021) (C). Os círculos em amarelo, são a datação das conchas obtida neste trabalho.

9. CONCLUSÃO

Com base nos estudos taxonômicos realizados na base, meio e topo do afloramento da camada bioclástica, é possível inferir que a acumulação bioclástica em questão revela uma baixa diversidade e uma elevada concentração de uma espécie oportunista, a *Anomalocardia brasiliiana*. A alta concentração desta espécie, está relacionada a sua capacidade de adaptação, possuindo características euritérmicas, eurihalínicas e resistência a condições anóxicas.

Em relação as características das espécies identificadas, observa-se que compartilham habitats, comportamentos alimentares e profundidades similares. Ademais, a composição sedimentar da camada, predominantemente quartzosa de granulometria areia muito fina a grânulo, reflete características compatíveis com o habitat de 7 das 10 espécies identificadas. É relevante destacar que uma espécie, a *Fissurella rosea*, é comumente associada a ambientes rochosos, corroborando a natureza parautoctone, haja visto, a presença de rochas próximas ao local onde a acumulação se encontra. Em relação às demais espécies catalogadas como gêneros (*Ostrea sp* e *Olivella sp*), a impossibilidade de identificação precisa devido a processos intempéricos impediu a determinação da espécie.

A escassa diversidade de espécies, a prevalência de uma espécie oportunista associadas a uma abundância de conchas desarticuladas podem indicar que se trata de um depósito de origem parautoctone.

De acordo com o tamanho reduzido e baixa diversidade das espécies encontradas, pode-se concluir que as mesmas não tiveram tempo o suficiente para se desenvolver. Este cenário sugere uma significativa alteração ambiental, culminando em uma elevada taxa de mortalidade.

A datação por meio de radiocarbono revela idade das conchas no intervalo compreendido entre 1.637 e 1.314 anos Cal BP, indicando ter ocorrido geocronologicamente após a Transgressão Cabo Frio.

Porém, em se tratando de uma acumulação de estilo único das demais na região, persiste a dúvida sobre por que não existem outras semelhantes, se considerarmos que foram formadas por VNRM ou, mesmo, por tempestades. Chama atenção o fato de se acumularem na base da vertente da falha da Ponta da Baleia, o que poderia levar a uma discussão sobre influência da neotectônica na exposição da acumulação no local. Além disto, estudos tafonômicos podem produzir informações valiosas para o melhor entendimento da origem do depósito. Desta forma, entende-se que é necessária a continuidade dos estudos na área de

forma a determinar as condições paleodeposicionais que originaram as acumulações bioclásticas estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANELLI, L. E.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; FAIRCHILD, T. R. **Paleontologia: guia de aulas práticas**. São Paulo: IGc, 1999. 161p.
- BEZERRA, F. H. R; MELLO, C. L; SUGUIO, K. A Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. **Geologia USP. Série Científica**, v. 6, n. 2, p. III-VI, 2006.
- BIDEGAIN, P. S. P.; BIZERRIL, C. R. S. F. 2002. **Lagoa de Araruama - perfil ambiental do maior ecossistema lagunar hipersalino do mundo**. SEMADS/GTZ 12. Rio de Janeiro.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, G. M. **Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil)**. Simpósio Internacional sobre a Evolução Costeira no Quaternário, São Paulo (SP). Atas, 1979, p. 232-253.
- CASTRO, J. W. A. et al. Flutuações do nível do mar e evolução costeira no estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 2, p. 671-683, 2014.
- CASTRO, J. W. A. et al. Relative sea-level curve during the Holocene in Rio de Janeiro, Southeastern Brazil: A review of the indicators-RSL, altimetric and geochronological data. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, p. 103619, 2021.
- COE, H. H. G. et al. Peculiaridades ecológicas da região de Cabo Frio. **Revista Tamoios**, v. 3, n. 2, 2007.
- CONCHAS BRASIL. Conquiliologistas do Brasil. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.conchasbrasil.org.br/conquiliologia/default.asp>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2024.
- CORVAL, A. Petrogênese das suítes basálticas toleíticas do Enxame de Diques da Serra do Mar nos setores central e norte do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005, 92 p.
- CUNHA, A. M. et al. Variações do nível relativo do mar durante o holoceno na bacia hidrográfica do Rio Una, região de Cabo Frio, Rio de Janeiro: aspectos sedimentológicos, faciográficos e geocronológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, 2017.
- DAL'BÓ, P. et al. **Coquinas da Formação Morro do Chaves: tafonomia, diagênese, porosidade e classificação**. Editora Albatroz, Rio de Janeiro, RJ, 2020. Datação por Radiocarbono: Uma Introdução. **Beta Analytic**, c2024. Disponível em: <<https://www.radiocarbon.com/portugues/sobre-carbono-datacao.htm>> Acesso em: 8 de dezembro de 2023.

- JESUS, P. B. et al. Holocene paleo-sea level in southeastern Brazil: an approach based on vermetids shells. **Journal of Sedimentary Environments**, v. 2, n. 1, p. 35-48, 2017.
- GEOPARQUE COSTÕES E LAGUNAS. Araruama. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.geoparquecostoeselagunas.com/araruama/>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.
- GROTZINGER, J; JORDAN, T. Para entender a Terra. 6^a Ed. Porto Alegre, Bookman Editora, 2013. 764p.
- HEILBRON, M. et al. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. **Geological Society**, v. 294, n. 1, p. 211-237, 2008.
- HEILBRON, M. et al. Província mantiqueira. In: NETO, V. et al. **Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Rio de Janeiro: Beca, 2004. p. 203-235.
- HEILBRON, M. et al. Província mantiqueira. In: NETO, V., et al. **Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Rio de Janeiro: Beca, 2004. p. 203-235.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (ICS). International chronostratigraphic chart. 09/2023. Disponível em: <<https://stratigraphy.org/chart#latest-version>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2024.
- KIDWELL, S. M.; FÜRSICH, F. T.; AIGNER, T. Estrutura conceitual para análise e classificação de concentrações fósseis. **Palaios**, pág. 228-238, 1986.
- KIDWELL, S. M. et al. Tafonomia e média temporal de faunas marinhas de conchas. **Tafonomia: liberando os dados trancados no registro fóssil**, v. 9, p. 115-209, 1991.
- MÁNGANO, M. G.; BUATOIS, L. A. Análise genética de concentrações fósseis em uma sequência vulcanoclástica de plataforma, Formação Suri (Ordoviciano do Sistema Famatina). **Ameghiniana**, v. 29, n. 2, p. 135-151, 1992.
- MANSUR, K. et al. Geoparque Costões e lagunas do estado do Rio de Janeiro (RJ). In: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. (Orgs.). **Geoparques do Brasil: Propostas**. CPRM, Rio de Janeiro, 2012. p. 687-743.
- MARTIN, L. et al. Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. **Cahier ORSTOM, Série Géologie**, v. 13, i. 1, p. 59-81, 1983.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superiore a evolução geológica de “deltas” brasileiros. **Boletim IG - USP, Publicação Especial**, n. 15, 1993, 186p.

- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. Shell middens as a source for additional information in Holocene shoreline and sea-level reconstruction: example from the coast of Brazil. In: PALASSCHE, O. V. de (Ed.). **Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data**. 18^a Ed. Toronto: Wanless, 1986, p. 503-523.
- MEIRELES, A. J. de A. et al. Integração dos indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 4, n. 8, p. 109-134, 2005.
- NETO, J. C. F. Litoral Nota Cem. Bivalves. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.litoralnotacem.com.br/bivalve.html>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2024.
- OLIVEIRA, F. et al. LAC-UFF status report: current protocols and recent developments. *Radiocarbon*, v. 63, n. 4, p. 1233-1245, 2021.
- PAPAVERO, N. (Org.). **Fundamentos práticos de taxonomia zoológica: coleções, bibliografia, nomenclatura**. 2^a Ed. São Paulo: Editora UNESP, FAPESP, 1994. 285p.
- RIOS, E. C. et al. **Seashells of Brazil**. 2^a Ed. Rio Grande do Sul: Editora FURG, 1994. 368p.
- RICCOMINI, C. O Rift continental do Sudeste do Brasil. São Paulo, Dissertação de Doutorado, Faculdade de Geologia, Universidade de São Paulo, 1991. 256 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1976. Alguns aspectos ecológicos e análise populacional de *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo. 110f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.
- SCHMITT, R. da S. et al. O significado tectônico do Domínio Tectônico de Cabo Frio na margem SE brasileira: uma saga do Paleoproterozóico ao Cretáceo de uma margem continental retrabalhada. **Revista Brasileira de Geologia**, v. 46, p. 37-66, 2016.
- SCHMITT, R. S. et al. Geologia e recursos minerais das folhas Rio das Ostras e Cabo Frio SF. 24-YA-IV e SF. 23-ZB-VI: Estado do Rio de Janeiro. **CPRM - Programa de Geologia do Brasil**, Belo Horizonte, 2012. 202p.
- SCHMITT, R. S. et al. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). **Precambrian Research**, v. 133, p. 29-61, 2004.
- SHIMIZU, V. T. A.; FARUOLO, T. C. L. M.; SANTOS, R. C. **Estudo das cianobactérias psâmicas na lagoa de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil**. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Recife-PE, 2003.
- SOUZA, P. C. M. **Análise cinemática e dinâmica do sistema de falhas cenozóicas ENE-WSW do entorno da Lagoa de Araruama (RJ)**. 2011. 166f. Dissertação (Mestrado em

Ciências - Geologia) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SUGUIO, K. et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 4, p. 273-86, 1985.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010, 408p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Quarternary nzarine formations of the State of Sao Paulo and Southern Rio de Janeiro. In: **International Symposium On Coastal Evolution In The Quaternary**. Publicação Especial, 1978, 55p.

SUGUIO, K. Avaliação da dinâmica sedimentar no litoral brasileiro em diferentes escalas temporais: aula inaugural de 1996. Universidade de São Paulo 1996. 35p.

TRICART, J.; KILIAN, J. **L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel**. Paris: **Librairie François maspero**. Paris: La Découverte, 1979, 319p.

TUPINAMBÁ, M. et al. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 67-79, 2007.

VALENTE, S. D. C. Geochemical and isotopic constraints on the petrogenesis of the Cretaceous dykes of Rio de Janeiro, Brazil. Tese de Doutorado, The Queen's University of Belfast. 1999.

VALENTE, S. D. C et al. Tectonic boundaries, crustal weakness zones and plume-subcontinental lithospheric mantle interactions in the Serra do Mar dyke swarm, SE Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 37, n. 1, p. 194-201, 2007.

VIEIRA, P. C. Variações do nível marinho. Alterações eustáticas no Quaternário. **Revista do Instituto Geológico**, v. 2, n. 1, p. 39-57, 1981.