



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
GEOLOGIA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR

TESE DE DOUTORADO

**INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS DO HOLOCENO
TARDIO COM BASE EM FORAMINÍFEROS E BIVALVES NO
ESTUÁRIO DO RIO REAL (BAHIA-SERGIPE)**

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO

Salvador- BA
2023

**INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS DO HOLOCENO
TARDIO COM BASE EM FORAMINÍFEROS E BIVALVES NO
ESTUÁRIO DO RIO REAL (BAHIA-SERGIPE)**

Isabel Honorata de Souza Azevedo

Orientadora: Profa. Dra. Altair de Jesus Machado

Co-Orientador: Prof. Dr. Geraldo Marcelo Pereira Lima

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutora em Geologia, Área de concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar

Salvador – BA
2023

A994 Azevedo, Isabel Honorata de Souza

Interpretações paleoambientais do Holoceno Tardio com base em foraminíferos e bivalves no estuário do rio Real (Bahia-Sergipe) / Isabel Honorata de Souza Azevedo. – Salvador, 2023. 151 f.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Altair de Jesus Machado

Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2023.

1. Foraminífero. 2. Estuário. 3. Sedimentos estuarinos – Bahia – Sergipe. I. Machado, Altair de Jesus. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.


CDU 551.3.051

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO


**INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS DO HOLOCENO TARDIO
COM BASE EM FORAMINÍFEROS E BIVALVES NO ESTUÁRIO DO RIO
REAL (BAHIA-SERGIPE)**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia com requisito para a obtenção do Título de Doutora em Geologia, Área de Concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar em 14/07/2023.


TESE APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ALTAIR DE JESUS MACHADO**
Data: 26/07/2023 15:47:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Dra. Altair de Jesus Machado
(Orientadora) - UFBA

Documento assinado digitalmente
 **FABIANA SILVA VIEIRA**
Data: 25/07/2023 15:20:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Dra. Fabiana Silva Vieira - UFS

Documento assinado digitalmente
 **TAISE BOMFIM DE JESUS**
Data: 28/07/2023 11:21:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Taíse Bomfim de Jesus - UEFS

Documento assinado digitalmente
 **ZELINDA MARGARIDA DE ANDRADE NERY L**
Data: 26/07/2023 16:25:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Zelinda Margarida Andrade Nery Leão - UFBA

Documento assinado digitalmente
 **JOSE MARIA LANDIM DOMINGUEZ**
Data: 31/07/2023 21:13:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. José Maria Landim Domingues - UFBA

SALVADOR
2023

*Dedico a minha mãe Raquel M.de
Souza e minha tia Antônia P. de
Almeida por todo esforço, apoio e
amor depositados a mim*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me fazer ter paciência e resiliência nas etapas mais difíceis desta Pesquisa e pela proteção e guarda durante toda trajetória que começou quando pensei em cursar um Doutorado.

Agradeço também a minha mãe, Raquel Martins de Souza e minha tia, Antônia Pereira de Almeida, pois sem o apoio incondicional e presença ativa durante toda minha criação, vida escolar e agora acadêmica eu nada seria.

Agradeço aos amigos de jornada André R. Costa, Ana Carina M. Silva, Hortência A. Pires e Rivaldo V. Santos, pela ajuda com demandas laboratoriais, estatísticas e confecções dos mapas.

Agradeço também ao amigo desta e de outras vidas, Wagner F. Magalhães, que sempre se preocupa comigo, me apóia, me escuta e tem uma enorme paciência para compreender os momentos tristes e por estar sempre presente.

Agradeço em especial, Tais Souza Costa pelos grandes momentos para desopilar o estresse, e pela amizade e constante apoio.

Agradeço aos bolsistas do Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos (GEF), André Vinnicyus Borges Barros e Poliana de Almeida Guimarães pelo tratamento das amostras sedimentológicas.

À Coordenadora técnica do LEPETRO Dra. Sarah Adriana Rocha Soares por sempre se fazer disponível e disposta a ajudar, quanto ao uso de equipamentos e análises granulométricas.

Agradeço aos meus orientadores, a Profa. Dra. Altair de Jesus Machado e o Prof. Dr. Geraldo Marcelo Pereira Lima, pela confiança ao meu trabalho, oportunidade e orientação.

À Profa. Dra. Simone Souza de Moraes, pela dedicação, empenho, por sempre ter os mais sábios conselhos quanto ao andamento da Pesquisa e por sempre orientar com maestria, sendo um exemplo de pessoa e profissional para mim.

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geologia, Dr. Ricardo Galeno Fraga De Araújo Pereira pelas dedicações ao Programa, aos docentes do curso, que transmitiram seus saberes com responsabilidade e dedicação.

Ao Cnpq, pelo pagamento das taxas de bancada e pela bolsa do Doutorado

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES - Código de financiamento 001.

“Ninguém vai bater tão forte como a vida, mas a questão não é o quão forte você consegue bater. É o quão forte você consegue apanhar e continuar seguindo em frente. É o quanto você consegue aguentar e continuar seguindo em frente. A vitória é feita assim. A vida já é difícil normalmente, mas, em alguns momentos, ela pode até te derrubar. No entanto, é preciso levantar sempre.”

Rock Balboa (personagem do filme Rock Balboa)

RESUMO

No artigo de variação intra-anual dos foraminíferos, a espécie *Trochammina inflata*, reunida com dados de outros autores, representa a espécie mais predominante em ambas campanhas sazonais, evidenciando que as águas do estuário do rio Real são oligohalinas, ou seja, próprias de ambientes com fortes descargas fluviais. O segundo artigo, apresenta interpretações paleoambientais exibindo uma visão das variações das condições ambientais estuarinas e evidências sutis de prováveis eventos de variações do nível médio do mar (NMM) durante o Holoceno Tardio, respaldando-se em modelos baseados em trabalhos acerca de alterações morfodinâmicas e da paleoecologia dos bioindicadores paleoambientais, que se baseiam nas condições atuais, e pretéritas do ambiente. No segundo artigo, o gênero *Trochammina* também aparece como dominante, confirmando às condições de um ambiente fluvial evidenciadas com o primeiro artigo sobre a variação intra-anual. As biozonas identificadas no artigo que contempla as interpretações paleoambientais foram identificadas a saber: No T01 a fácies-G1 (base ao intervalo 105 cm) e marca a existência de Estuário Médio. Adicionalmente, as fácies-G1 e G3 (intervalos 70 a 50 cm) devido ser composto, predominantemente por pacote sedimentar areno-lodoso, indica um paleoambiente controlado por aporte de água doce, típico de ambiente fluvial. A fácies-G4 (intervalos 50 a 15 cm) registrou as espécies de moluscos *Anadara sp.*, *Anomalocardia brasiliiana*, *Corbula caribaea*, *C. cubaniana*, *C. subrostrata*, *Chione cancellata*, e *Luanarca ovalis*, evidenciando a ocorrência de um Estuário Baixo, ou seja, um ambiente com influencia marinha. A fácies-G2 (intervalos 105 a 70 cm) e G4 registraram um domínio de espécies de bivalves eurihalinos associados a granulometria areno-lodosas, indicando possivelmente depósito transgressivo e uma transição offshore. A fácies-G5 (intervalo 15 ao topo) apresenta um conjunto de espécies aglutinantes salobras, mixohalinos rasos e espécies marinhas calcárias, sugerindo que o topo do testemunho representa o estuário atual, provavelmente marcado por depósitos marinhos rasos transgressivos. As biozonas do T02, identificadas como: fácies-Z1 (estende-se da base a 175 cm) e Z3 (intervalos 175 a 15 cm) apresentam um ambiente estéril em bivalves e foraminíferos, o que sugere a presença de um ambiente de água doce, e que, provavelmente pode ter ocorrido um evento de regressão. A fácies-Z2 (intervalos 205 a 175 cm) registrou o bivalve marinho *Diplodonta cf. notata* associado a granulometria arenosas do estuário do rio Real, sugere um ambiente marinho raso. A fácies-Z4 (intervalo 15 cm ao topo) representa o estuário atual com domínio marinho em relação ao fluvial, corroborado pelo predomínio das espécies de foraminíferos costeiros, marinhos e de plataforma continental transportados para dentro do estuário, como exemplo: *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus* e *Haynesina germânica*. As interpretações paleoambientais realizadas em função da análise dos dados granulométricos e bióticos (foraminíferos e bivalves) corroboram com as observações do artigo sobre a variação intra-anual no estuário do rio Real. O estuário exibe uma energia hidrodinâmica moderada, respaldada pela granulometria predominantemente areno-lodosa e presença de fragmentos de conchas e organismos autóctones. Conclui-se que a presente pesquisa contribuiu para compreensão espacial e temporal do paleoambiente do estuário do rio Real durante o Holoceno Tardio com base em foraminíferos e bivalves.

Palavras-chave: Foraminíferos, Bivalves, Biogeoquímica, Paleoambientais, Estuário do rio Real

ABSTRACT

In the paper on intra-annual variation of foraminifera, the species *Trochammina inflata*, together with data from other authors, represents the most predominant species in both seasonal campaigns, showing that the waters of the Real estuary are oligohaline, that is, typical of environments with strong river discharges. The second article, presents paleoenvironmental interpretations showing a view of variations in estuarine environmental conditions and subtle evidence of probable sea level change (MSL) events during the Late Holocene, supported by models based on works about morphodynamic changes and the paleoecology of bioindicators paleoenvironmental, which are based on current and past conditions of the environment. In the second article, the genus *Trochammina* also appears as dominant, confirming the conditions of a fluvial environment evidenced in the first article on intra-annual variation. The biozones identified in the article that contemplates paleoenvironmental interpretations were identified as follows: In T01 the facies-G1 (base to the 105 cm interval) and marks the existence of the Middle Estuary. Additionally, the facies-G1 and G3 (intervals 70 to 50 cm) due to being predominantly composed of a sandy-muddy sedimentary package, indicates a paleoenvironment controlled by freshwater input, typical of a fluvial environment. The G4-facies (intervals 50 to 15 cm) recorded the mollusc species *Anadara sp.*, *Anomalocardia brasiliiana*, *Corbula caribaea*, *C. cubaniana*, *C. subrostrata*, *Chione cancellata*, and *Luanarca ovalis*, evidencing the occurrence of a Low Estuary, or that is, an environment with marine influence. Facies-G2 (intervals 105 to 70 cm) and G4 registered a domain of eurihaline bivalve species associated with sandy-muddy granulometry, possibly indicating a transgressive deposit and an offshore transition. Facie-G5 (intervals 15 at the top) presents a set of brackish agglutinating species, shallow mixohalines and calcareous marine species, suggesting this moment as the current estuary, marked by shallow transgressive marine deposits. The T02 biozones, identified as: facies-Z1 (base to 175 cm) and Z3 (intervals 175 to 15 cm) present a sterile environment in bivalve and foraminifera, which suggests the presence of an environment of freshwater, and that, probably, an event occurred of regression. Facies-Z2 (intervals 205 to 175 cm) recorded the marine bivalve *Diplodonta cf. notata* associated with the sandy granulometry of the estuary of the river Real, suggests a shallow marine environment. Facies-Z4 (interval 15 cm at the top) represents the current estuary with marine dominance in relation to the fluvial, corroborated by the predominance of species of coastal, marine and continental shelf foraminifera transported into the estuary, for example: *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus* and *Haynesina germânica*. The paleoenvironmental interpretations carried out based on the analysis of granulometric and biotic data (foraminifera and bivalves) corroborate with the observations of the article on the intra-annual variation in the estuary of the river Real. The estuary exhibits a moderate hydrodynamic energy, supported by the predominantly sandy-muddy granulometry and the presence of shell fragments and autochthonous organisms. It is concluded that the present research contributed to the spatial and temporal understanding of the palaeoenvironment of the river Real estuary during the Late Holocene based on foraminifera and bivalves.

Keywords: Foraminifera, Bivalve, Biogeochemistry, Paleoenvironmental, Estuary of the Real river

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPITULO 2 - ARTIGO 1– VARIAÇÃO ESPACIAL E INTRA-ANUAL DOS FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E INDICADORES BIOGEOQUÍMICOS NO ESTUÁRIO DO REAL, LITORAL NORTE DA BAHIA, BRASIL.....	26
CAPITULO 3 - ARTIGO 2 – INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS DO HOLOCENO TARDIO COM BASE EM FORAMINÍFEROS E BIVALVES NO ESTUÁRIO DO RIO REAL (BAHIA-SERGIPE).....	51
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES.....	83
APÊNDICES A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES.....	85
APÊNDICES B - PROCEDIMENTO AMOSTRAL DESENVOLVIDO.....	89
APÊNDICES C - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E MEIO FÍSICO NATURAL.....	99
APÊNDICES D - ARTIGO 1 – TABELAS COM DADOS BRUTOS.....	103
APÊNDICES E - ARTIGO 2 – TABELAS COM DADOS BRUTOS.....	107
APÊNDICES F - REVISÃO DA LITERATURA.....	115
APÊNDICES G - LISTA TAXONÔMICA DOS FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS	130
APÊNDICES H - FOTOMICROGRAFIAS DOS FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E FOTOGRAFIAS DOS BIVALVES NO ESTUÁRIO DO RIO REAL.....	135
ANEXO A - REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA.....	137
ANEXO B - REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA PESQUISA EM GEOCIÊNCIAS	141
ANEXO C - COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO 1	149
ANEXO D - COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 1.....	150
ANEXO E - COMROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO 2.....	151

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

A zona costeira do Litoral Norte do Estado da Bahia destaca-se por apresentar um conjunto de condições geomorfológicas e fisiográficas que resultam em complexos ecossistemas compostos de restingas em cordões litorâneos, cordão-duna, terraços marinhos holocênicos, dunas (cerca de 40% do total da área), remanescentes de Mata Atlântica, coqueirais, zonas úmidas (brejos e pântanos), manguezais e depósitos arenosos de deltas intralagunares provenientes das transformações ambientais ocorridas no Quaternário (SANTOS, 2009).

O Período Quaternário subdivide-se em dois momentos geológicos distintos: o Pleistoceno, entre 2,5 milhões e 11,700 mil anos atrás delimitado pela última grande glaciação global, e o Holoceno (SUGUIO, 2005). O Holoceno, como mencionado, iniciou-se há 11.700 anos cal A.P. (BARKER et al., 2009) e divide-se em três Idades ou Estágios: Holoceno Inferior (11.700 ~ 8.200 anos cal A.P.); Holoceno Médio (~ 8.200 - ~4.200 anos cal A.P.) e Holoceno Tardio (~ 4.200 anos cal A.P. ao presente) (SILVA et al., 2018). As intensas variações climáticas do Holoceno resultaram em diversas modificações do ambiente como, por exemplo, mudanças na insolação relacionadas às variações orbitais da Terra como também as variações solares, promovendo alterações paleoclimáticas no globo terrestre nos últimos 11.700 anos cal A.P (LEITE, 2015). Por outro lado, tem-se também mudanças do ciclo hidrológico, responsável pela distribuição do calor encontrado na atmosfera, (WANNER et al., 2008).

Essas modificações no ambiente ao longo do tempo vêm sendo explicada através de modelos construídos a partir das flutuações climáticas e da sequência de transgressões e regressões marinhas do Quaternário, as quais ocorreram nos seguintes ciclos (ESQUIVEL, 2006):

1. Transgressão mais antiga: Esta fase apresenta antigas linhas de costa submersas com acúmulo de sedimentos marinhos grossos, ampliando as praias pretéritas e erodindo as falésias;
2. Regressão posterior à transgressão: Nesta etapa, lagunas isoladas exibem sinais de erosão marinha na parte emersa do continente, enquanto paleolagunas são observadas na parte submersa. Também surgem antigos níveis de erosão marinha e vales fluviais submersos;
3. Máximo da Penúltima Transgressão (cerca de 120.000 anos atrás): Acompanhando o retorno do clima úmido e alta pluviosidade, houve uma elevação do nível do mar entre 6 a 10 metros.

Esse aumento ocasionou a retrabalhamento das falésias e o afogamento dos baixos cursos, formando os estuários atuais;

4. Regressão subsequente ao evento anterior: Com a mudança para um clima mais árido, ocorrem efeitos morfogenéticos, pedológicos e ecológicos, resultando na ampliação dos vales;
5. Evento transgressivo holocênico: Durante esse período, o mar subiu cerca de 5 metros, favorecendo a formação de corpos lagunares pelo afogamento dos vales;
6. Regressão ao nível do mar e erosão das formas litorâneas: Foram construídos terraços marinhos holocênicos e dunas, levando as lagoas a perderem o contato com o mar e originando pântanos.

Desse modo, durante o período holocênico, ocorreu uma transgressão que resultou no afogamento dos baixos cursos fluviais e na transformação das planícies de inundação nos vales dos principais rios da zona litorânea baiana em estuários. Esses estuários foram caracterizados pela deposição de sedimentos argilosos e bioclastos de diversos organismos, evidenciando uma relação direta entre a Última Transgressão e sua formação. Com a subsequente redução do nível do mar durante o Holoceno, os estuários perderam extensão, e suas cabeceiras foram gradualmente convertidas em áreas úmidas (SANTOS e BARBOSA, 2011).

Os estuários são ecossistemas costeiros que desempenham um papel crucial como zonas de transição entre o oceano e o continente. Sua importância deriva dos processos de transporte e mistura de massas d'água, resultando na disseminação de materiais dissolvidos e em suspensão, assim como no acúmulo de nutrientes orgânicos e inorgânicos fundamentais para a produtividade biológica (POTTER et al., 2010; NUNES et al., 2022).

Esses ambientes também se revelam altamente sensíveis às mudanças tectônicas e climáticas, uma vez que recebem o aporte de sedimentos trazidos por rios e correntes de maré (ROY, 1984). A presença e evolução dos estuários dependem da delicada relação entre as taxas de sedimentação e as flutuações do nível do mar, o que oferece uma oportunidade única para investigar estudos de transgressão marinha, análises paleoclimáticas e reconstruções paleoambientais em escalas locais, regionais e até globais (KELTS, 1988; SANTOS, 2009; MIRANDA et al., 2012). Portanto, o uso de bioindicadores é fundamental para identificar os paleocanais estuarinos e compreender a evolução do estuário do rio Real.

A utilização de foraminíferos bentônicos é essencial para preencher lacunas de conhecimento sobre o comportamento paleoambiental. Esses organismos são altamente sensíveis e específicos, tornando-se excelentes bioindicadores, especialmente para identificar variações de paleosalinidade e outras condições físico-químicas relevantes (MURRAY, 2001; SILVA e DULEBA, 2013; BOONSTRA et al., 2015; GASPARINI e VILELA, 2017). Adicionalmente, os foraminíferos têm ampla aplicabilidade em análises de áreas restritas, como baías, estuários e lagunas, tornando-os valiosos para estudos de biomonitoramento de impactos ambientais (BRUNO, 2013; RAPOSO et al., 2018; BELART et al., 2019; LAUT et al., 2021;). Suas características tafonômicas, como preservação e coloração, permitem avaliar a energia hidrodinâmica e direção das correntes, enriquecendo a compreensão do ambiente sedimentar (LANÇONE et al., 2005; KOHO, 2008; NUNES et al., 2023).

Assim, esses bioindicadores possibilitam traçar perfis sedimentares em regiões estuarinas, mapear e datar mudanças no nível do mar e, conseqüentemente, fornecer evidências cruciais de variações paleoambientais (MAIKLEM, 1967; DULEBA, et al., 1999c; BOSKI et al., 2015).

Os bivalves também são outro grupo amplamente empregados em estudos de reconstrução paleoambiental devido à rica diversidade de espécies existentes, cerca de 110.000 (RUSSELL-HUNTER, 1979), e à sua presença em diferentes ambientes, incluindo água doce, salobra, marinha e estuários (LIMA et al., 2002).

As conchas desses organismos representam um registro fóssil semi-permanente de suas ocorrências (GONÇALVES e LANA, 1991) e estão intimamente vinculadas às condições ambientais do meio. Isso possibilita inferências sobre padrões paleoecológicos, uma vez que suas características estão fortemente associadas ao tipo de substrato onde se desenvolvem (FORCELLI, 2000). Além disso, o estudo das espécies de bivalves permite inferir mudanças no nível do mar, variações climáticas, alterações antrópicas, flutuações de salinidade e outros parâmetros do ecossistema bentônico (SOUZA et al., 2021). Essas informações são fundamentais para compreender o desenvolvimento do modelo de idade e fornecer insights valiosos sobre a evolução do ecossistema (LENG e LEWIS, 2016; WINGARD e SURGE, 2017).

Em suma, os bivalves são indicadores cruciais que contribuem significativamente para a reconstrução de ambientes passados e o entendimento da dinâmica do ecossistema.

O rio Real nasce na região entre os municípios de Poço Verde-SE e Heliópolis-BA, no nordeste baiano, e tem os rios Mucambo e Baixa do Tubarão como principais afluentes (FARIAS, 2014).

Sua bacia hidrográfica ocupa uma área de 2.578 km² e limita-se ao sul com a bacia do rio Itapicuru e ao norte com a do rio Vaza barris (SANTOS, 2009). Este rio percorre 246,0 km até alcançar o oceano Atlântico, onde integra o complexo estuarino Piauí, Fundo e Real, desaguando entre a praia do Saco (município de Estância, SE) e a praia de Mangue Seco (Jandaíra, BA).

No território baiano, este estuário faz parte da Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte (criada por meio do Decreto Estadual nº 1046/92) (LIMA e LIMA, 2012) e está inserido em uma região que apresenta grande diversidade de peixes, crustáceos e aves migratórias (SANTOS, 2009). Além disso, integra o complexo estuarino Piauí-Fundo-Real, que abrange parte dos municípios de Itaporanga d'Ajuda, Estância, Santa Luzia do Tanhy, Indiaroba e Jandaíra, e localiza-se geologicamente na feição estrutural rasa denominada Plataforma de Estância, a qual integra uma parte do pacote sedimentar do Cretáceo, Terciário e Quaternário (CARVALHO e FONTES, 2007).

O ecossistema do complexo estuarino Piauí-Fundo-Real é um dos mais ricos em termos de zonas de manguezal, apresentando uma área de 75,53 km² ao longo do sistema hidrográfico Piauí-Fundo (ADEMA, 1984). Os fatores abióticos fundamentais desta região são a presença de um ecossistema mixohalino na planície de maré inferior, favorecendo a formação de vegetação halofítica, onde são localizadas as espécies típicas de áreas de manguezal, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germanis* (FONTES, 1988).

As zonas de manguezal desse sistema estuarino estão sujeitas a uma série de tensores naturais e antrópicos com consequências imediatas para a zona costeira, a exemplo do desmatamento dos bosques de mangue e a sua conversão para agricultura, ocupação habitacional desordenada, viveiros para aquicultura (piscicultura e carcinicultura), estradas, ferrovias, dentre outros, que causam alterações singulares no padrão hidrodinâmico do manguezal, com diminuição da produtividade e qualidade de vida da população dependente deste ecossistema (FONTES, 1987). Dentre as atividades econômicas verificadas no complexo estuarino Piauí-Fundo-Real, chama atenção a produção pesqueira de peixe e caranguejo-uçá no estado de Sergipe (LEMOS JÚNIOR, 2011).

O baixo curso do rio Real integra uma gama de ecossistemas de grande importância ecológica, alta fragilidade ambiental e rara beleza cênica que conferem a região costeira do Município de Jandaíra um caráter particular em todo o Litoral Norte do Estado da Bahia e a tornam particularmente sensível às interferências humanas (DOMINGUEZ, 2005). Portanto, a análise da

história evolutiva deste estuário pode oferecer uma base científica confiável para que se possa auxiliar atividades que visam o desenvolvimento de atividades de gerenciamento ambiental, ampliando o conhecimento sobre o estuário do rio Real, a fim de aprimorar medidas de gestão que visem a conservação dessa importante área dos Estados da Bahia e Sergipe.

O objetivo da presente pesquisa foi descrever as condições paleoambientais do estuário do rio Real durante o Holoceno Tardio, com base em foraminíferos bentônicos e bivalves. Para atingir esse propósito, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

1. Investigação da relação existente entre os padrões de distribuição, tafonomia e abundância dos foraminíferos do estuário atual e os parâmetros abióticos (e.g. salinidade, temperatura, pH e teor de oxigênio) e sedimentológicos (e.g. granulometria) e geoquímico (e.g. matéria orgânica e metais essenciais e não-essenciais);
2. Avaliação da relação existente entre os padrões de distribuição, tafonomia e abundância de foraminíferos e bivalves dos perfis sedimentares (T01 e T02) com ênfase na compreensão das variações granulométricas;
3. Realização de uma análise espacial e temporal das condições ambientais do estuário do rio Real ao longo do Holoceno Tardio, utilizando interpretações ecológicas dos foraminíferos bentônicos e bivalves, a fim de identificar e compreender as mudanças ambientais ocorridas.

A presente pesquisa é composta por dois artigos científicos de relevância no campo da paleontologia e geociências. O primeiro artigo (Capítulo 2) investiga a variação espacial e intra-sazonal no estuário do rio Real. Esse estudo já foi publicado na Revista Brasileira de Paleontologia, onde obteve a classificação Qualis B1, atestando sua contribuição significativa para o avanço do conhecimento nessa área. O segundo artigo (Capítulo 3) é dedicado a uma abrangente interpretação paleoambiental do Holoceno Tardio, com base nas informações obtidas a partir da análise de foraminíferos bentônicos e bivalves coletados no mesmo estuário. Esse trabalho encontra-se atualmente submetido à Revista Pesquisas em Geociências, reconhecida por sua excelência e rigor acadêmico.

Ambos os artigos são fundamentais para compreendermos as mudanças ambientais do estuário do rio Real ao longo do tempo, fornecendo “insights” valiosos sobre as condições paleoambientais passadas e suas implicações para os ecossistemas atuais. Espera-se que essas pesquisas contribuam para o avanço do conhecimento científico e para a conservação desse importante ambiente costeiro.

REFERÊNCIAS

- ARENILLAS I. 2004. Bioestratigrafía: Limitaciones y ventajas de los microfósiles. In: E. Molina (ed.). *Micropaleontología*. Zaragoza, Prensas Universitarias de Zaragoza, p.571-590.
- ANGULO, R.J. e LESSA, G.C. 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*. 140:141-166.
- AB'SABER, A.N.; TUNDISI, J.G.; FORNERIS L.; MARINO, M.C.; ROCHA, O.; TUNDISI, T.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VOUNO, Y.S.; WATANABE, S. 1997. *Glossário de ecologia*. 2ª Ed. São Paulo, Aciesp, Publicação 103:352p.
- ASMUS, M.L. 1996. Análise e Usos do Sistema Estuário da Lagoa dos Patos. In: Reunião Especial da SBPC: Ecossistemas Costeiros, do conhecimento à gestão. 3:105-108. Florianópolis. Anais. Florianópolis.
- ADEMA. 1984. Levantamento da flora e caracterização dos bosques de mangue do estado de Sergipe. Governo do Estado de Sergipe. Convênios: FINEP – Financiadora de estudos e projetos, SUDEPE – Superintendência do desenvolvimento da pesca e SUDENE – Superintendência do desenvolvimento do Nordeste. 134p.
- BOONSTRA, M.; RAMOS, M.I.F.; LAMMERTSMA, E.I.; ANTOINE P.O.; HOORNA, C. 2015. Marine connections of Amazonia: Evidence from foraminifera and dinoflagellate cysts (early to middle Miocene, Colombia/Peru). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 417:176–194.
- BOSKI, T.; BEZERRA, F.H.R.; PEREIRA, L.F.; SOUZA, A.M.; MAIA, R.P.; LIMA-FILHO, F.P. 2015. Sea-level rise since 8.2 ka recorded in the sediments of the Potengi–Jundiá Estuary, NE Brasil. *Marine Geology*. 365:1–13.
- BRUNO, R.L.M. 2013. reconstrução paleoambiental da Laguna de Maricá, RJ, com base em foraminíferos bentônicos. *Pesquisas em Geociências*. 40(3):259-273.
- BLÁZQUEZ, A.M. e USERA, J. Palaeoenvironments and Quaternary foraminifera in the Elx Coastal Lagoon (Alicante, Spain). *Quaternary International*, 221: 68-90, 2010.
- BOSKI T., CAMACHO S., MOURA D., FLETCHER W., WILAMOWSKI A., VEIGA-PIRES C., CORREIA V., LOUREIRO C., SANTANA P. 2008. Chronology of the sedimentary process during the postglacial sealevel rise in 2 estuaries of the Algarve Coast, S. Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 77:230-240.
- BRITO, M. 2007. Qualidade da água para irrigação na bacia do rio Itapicuru e risco de salinização no projeto de Irrigação Ponto Novo – BA. 2007. 64p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal do Recôncavo, Cruz das Almas-BA.
- BARBOSA, C.F.; SCOTT, D.B.; SEOANE, J.C.S. e TURCQ, B.J. 2005. Foraminiferal zonation

as bases lines for Quaternary sealevel fluctuations in south-southeast Brazilian mangroves and marshes: *Journal of Foraminiferal Research*. 35(1):22-43.

BOLTOVSKOY, E.; GIUSSANI, G.; WATANABE, S.; WRIGHT, R. 1990. Atlas of Benthic Shelf Foraminifera of the Southwest Atlantic. Netherlands: The Hague. Balanço hídrico do Estado da Bahia. Salvador: SEI (Série estudos e pesquisas). 250: 45.

BOLTOVSKOY, E.; SCOTT, D.B.; MEDIOLI. 1991. Morfological variations of benthic foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: a review. *Journal of Paleontology*. 65:175-185.

BARBOSA, C.F. 1991. Caracterização sedimentológica quantitativa do sistema estuário – manguezal da Baía de Guaratuba, PR. 1991. 112f. Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS-BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M.; MARTIN, L. 1979. Geologia dos depósitos quaternários no litoral do Estado da Bahia. In: INDA, H. (ed.), *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia – Textos Básicos*, 1:1-21.

BOLTOVSKOY, E. 1965. Los Foraminíferos Recientes (biología, me todos de estudio, aplicacion oceanográfica): Editorial EUDEBA, Buenos Aires. 510p.

BANDY, O., INGLE, J. C., JR., and RESIG, J. M. 1964. Foraminifera, Los Angeles County outfall area, California: *Limnology and Oceanography*. 9:124–137.

BYERS, C; MILLS E.L e STUART, P.L, 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for standard methods. *Hydrob*, 58(1): 43-47
Branner, J.C. Geology of the northeast coast of Brazil. *Bulletin of the Geological Society of America*. 13:41–98.

PEDROZO, M.F.M.; LIMA, I.V.; BRASIL. 2001. Governo do Estado da Bahia. Centro de Recursos Ambientais. Salvador; CRA. 127p. (Cadernos de Referência Ambiental, 002).

COSTA, B.G. 2011. "A Bacia Inferior do Rio Real: Uma análise socioambiental". 2011. 133f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

CEARRETA, A., ALDAY. M., FREITAS, M.C. e ANDRADE, C. 2007. Post glacial foraminifera and paleoenvironments of the Melides Lagoon (SW) Portugal: towards a regional model of coastal evolution. *Journal of Foraminiferal Research*. 37(2):125-135.

CARVALHO, M.E.S.; FONTES, A.L. 2007. A Carcinicultura no Espaço Litorâneo Sergipano. *Revista da Fapese*. 3(1):87-112.

COSTA-JUNIOR, M.P. 2008. Interações morfo-pedogenéticas nos sedimentos do grupo barreiras e nos leques aluviais pleistocênicos no Litoral Norte do Estado da Bahia – Município de Conde. 246p. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

CORNFIELD, R.M. 1995. Na introduction to the techniques, limitations and lamarks of

carbonate oxygen isotope paleothermometry. In BOSENCE, D.W.; ALLISON, P.A. *Marine Paleoenvironmental Analysis from Fossil*. Geological Society Special Publication. 83:27-42.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. 1994. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2 ed. Plymouth: PRIMER-E Ltd. 144 p.

CORLISS, B.H., VAN WEERING, T.J.C.E. 1993. Living (stained) benthic foraminifera within surficial sediments of the Skagerrak. *Mar. Geol.* 111:323–335

CORLISS, B.; FOIS, E. 1991. Morphotype analysis of deep-sea benthic foraminifera from the northwest Gulf of Mexico. *Palaios*. 5:589-605.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. 2012. Zona Costeira do Estado da Bahia. In: BARBOSA, J.M.L.; MASCARENHAS, J.; GOMES, L.C.C., DOMINGUEZ, J.M.L. (eds). *Geologia da Bahia*. Salvador: CBPM. 2. Cap.XXVII, p.395-426.

DIAS, F.F.; CASTRO, J.W.A. e SEOANE, J.C.S. 2010. Dinâmica ambiental da praia do Peró, Rio de Janeiro nos últimos 7.000 anos: Análise pretérita e atual. *RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online)*. 62:145-154.

DOMINGUEZ, J.M.L. Bahia. P. 219-225. 2006. *In* MUEHE, Dieter. *Erosão e Progradação no litoral brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. 476 p. Brasília: MMA.

DULEBA, W.; DEBENAY, J.P. 2003. Hydrodynamic circulation in the estuaries of Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. *Journal of Foraminiferal Research*. 33:62-93.

DULEBA, W.; DEBENAY, J-P.; EICHLER, B.B.; MAHIQUES, M.M. 1999. Holocene environmental and water circulation changes: foraminifer mophogroups evidence in Flamengo Bay (SP, Brazil). *Journal of Coastal research*. 15(2):554-571.

DAJOZ, R. *Ecologia Geral*. 4 ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 472 p.

DOUGLAS, R. G. (1979) – 1979. “Benthic foraminiferal ecology and paleoecology. A review of concepts and methods” in LIPPS, J. H., BERGER, W. H., BUZAS, M. A., DOUGLAS, R. G. & ROSS, C. A. “Foraminiferal Ecology and Paleoecology”. *SEPM short course n°6*, Houston, 198p.

ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (EPA). 2010. *Innovative Technology Verification Report: Sediment Sampling Technology – Aquatic research Instruments Russian Peat Borer (EPA/600/R-01/010)*.

ESQUIVEL, M.S. 2006. *O Quaternário Costeiro do Município de Conde: Implicações para a Gestão Ambiental*. 2006. 113f. Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

FIGUEREIDO, S.M.C. 2018. Registro de variações paleoclimáticas e bioestratigráficas nos sedimentos do talude e sopé continentais do Norte do Estado da Bahia, Brasil. 2018. 181f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

FARIAS, F.F. 2014. Condições de sedimentação e preenchimento dos estuários Itapicuru e Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil. 2014. 124f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

FORTUNATO, F.F. 2004. Sistemas pedológicos nos tabuleiros costeiros do litoral norte do Estado da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do Quaternário. 2004. 366f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

FONTANIER, C.; JORISSEN, F.J.; CHAILLOU, G.; DAVIS, C.; ANSCHUTZ, P.; LAFON, V. 2002. Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550 m depth in the Bay of Biscay. *Deep-Sea Res.* 150:457-494.

FONTES, A.L.O. 1988. Cenozóico na bacia inferior do rio Vaza Barris (SE) – estudo geomorfológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXV.1988, Belém. Anais. Belém: AGB.

FONTES, A.L.; ALMEIDA, Maria do Carmo B. 1987. Evolução geomorfológica da bacia inferior do Mangue Seco (rios Piauí-Fundo-Real). Sergipe/Bahia. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO,1., 1987, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.

GASPARINI, S.P. E VILELA, C.G. 2017. Paleoenvironmental evolution based on benthic foraminifera biofacies of the Paraíba do Sul Deltaic Complex, eastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 80:291-303.

GOLDSTEIN, S.T., CORLISS, B.H. 1994. Deposit feeding in selected deep-sea and shallowwater benthic foraminifera. *Deep-Sea Res.* I 41, 229–241.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@, Jandaíra – BA. 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=291790&search=bahia|jandaira>>. Acesso em: 04jan. 2017.

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2008. Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Primeira Campanha Trimestral. Salvador: INEMA. Disponível em: Acessado em: 10 de novembro de 2011.

KOHO, K. 2008. Benthic foraminifera: ecological indicators of past and present

oceanic environments – A glance at the modern assemblages from the Portuguese submarine e canyons. 2008. 166f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Utrecht, Budapestia an.

FUKUMOTO, M.M. 2007. Determinação da história deposicional recente do Alto Estuário Santista, com base nos teores de metais e na suscetibilidade magnética dos sedimentos. 2007. 132f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KELTS, K. 1988. Environments of deposition of lacustrine petroleum source rocks: an introduction. In: Fleet A., Kelts K. And Talbot M.R. (eds), Lacustrine Petroleum Source Rocks. Geological Society Special Publication No. 40:3-26.

LAUT, L.; MATTA, G.; CAMARA, G.; BELART, P.; CLEMENTE, I.; BALLALAI, J.; VOLINO, E.; COUTO, E.C.G. 2021. Living and dead foraminifera assemblages as environmental indicators in the Almada River Estuary, Ilh'eus, northeastern Brazil. Journal of South American Earth Sciences, 105:2-11.

LIMA, P.C. e LIMA, R.C.F.R. APA do Litoral Norte da Bahia (Mangue Seco). In: VALENTE, R. et al. (Orgs). Conservação de aves migratórias neárticas no Brasil. Belém: Conservação Internacional, 2011. P. 181-185. Disponível em: <http://www.conservacao.org/publicacoes/aves_migratorias.php>. Acesso em: 07 jun. 2012.

LEMOS JÚNIOR, I.C. 2011. Distribuição e aspectos tafonômicos de foraminíferos recentes na Plataforma Continental de Sergipe, Brasil. 2011. 98f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

LAPLACE, F.M.; OLIVEIRA, A.D.; MENDONÇA FILHO, J.G.; CHAGAS, R.B. 2010. Variação do nível do mar com base na análise organofaciológica de um testemunho do talude continental recente da Bacia de Campos, RJ, Brasil. Revista Brasileira de paleontologia. 13(2):123-128.

LUAN, B.T.; DEBENAY, J-P. 2005. Foraminifera, Environmental Bioindicators In The Highly Impacted Environments Of The Mekong Delta. Hydrobiologia.548:75– 83.

LANÇONE, R.B.; DULEBA, W.; MAHIQUES, M. 2005. Dinâmica de fundo da enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, inferida a partir da distribuição espacial, morfometria e tafonomia de foraminíferos. Revista Brasileira de Paleontologia. 8(3):181-192.

LIMA, E.; COSTA, M.F.; PASTOR, A.; E DE-LA-GUARDIA, M. 2002. Fast environmental impact assessment through ICP-MS: application to bivalves from a tropical estuary (Pina Bay, Recife, Brazil). Anais da Academia Brasileira de Ciências, 74(3).

LEVIN, L.A.; ETTER, R.J.; GOODAY, A.J.; SMITH, C.R.; PINEDA, J.; STUART, C.T.; HESSLER, R. R.; PAWSON, D. 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 32:51-93.

LEA, D. 1999. Trace elements in foraminiferal calcite. In: SEM GUPTA, B.K. Modern

Foraminifera. Amsterdam, Kluwer Academic Publisher. p.259-277.

LESSA, G.C., ANGULO, R.J. 1998. Oscillations or not oscillations, that is the question - Reply. *Mar. Geol.* 150:189-196.

LEÃO, Z.M.A.N. e MACHADO, A.J. 1989. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. *Revista Brasileira de Geociências*, 19(1):87-91.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. 2012. Princípios de oceanografia física de estuários. 2ª edição. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP). 1:426.

MORAES, S.S. e MACHADO, A.J. 2003. Avaliação das condições hidrodinâmicas de dois recifes costeiros do litoral norte do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 201-210.

MURRAY, J.W. 2001. The niche of benthic foraminifera, critical thresholds and proxies. *Marine Micropaleontology*, 41(1-2):1-7.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K. 1998. Oscillations or not oscillations: Comment on Angulo, R.J. and Lessa, G.C. "The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions". *Marine Geology*. 150: 179- 187.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. 1996. Quaternary sea-level history along the central part of the Brazilian coast variations in coastal dynamics and their consequence on coastal plain construction. *Academia Brasileira de Ciências*, 68: 303-354.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. 1987. Flutuações do nível relativo do mar no Quaternário e seu papel na sedimentação costeira: exemplos brasileiros. In: Simpósio sobre ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, 1., Cananéia, 1987. Síntese dos conhecimentos do I Simpósio sobre ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Cananéia: p.40–61.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M.; DOMINGUEZ, J.M.L.; AZEVEDO, A.E.G. 1984. Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: Influência das variações do nível do mar. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, 1, Atas, Rio de Janeiro, p.84-97.

MARTIN, L. et al. Texto explicativo para o mapa geológico do quaternário costeiro do estado da Bahia – escala 1:250.000. Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/CPM.Salvador, 60 p.1980.

MARTIN, L.; SUGUIO, K; FLEXOR, J.M. BITTENCOURT, A.C.S.P., VILAS-BOAS, G.S. 1979. Le quaternaire marim bresilien (litoral pauliste, sud fluminense et bahia anais), *Cahiers O.R.S.T.O.M., Série Géologie* 11:95-124.

- MARTIN, L.; FLEXOR, J.-M.; VILAS-BOAS, G.S.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; GUIMARÃES, M.M.M. 1979. Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours de 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (nord de Salvador). In: 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, Proceedings, São Paulo. p264-274.
- MAIKLEM, W.R. 1967. Black and Brown speckled foraminiferal sand from the southern part of the Great Barrier Reef. *Journal of Sedimentary Petrology*. 37:1023-1030.
- NUNES, M.; MARTINS, M.V.A.; FRONTALINI, F.; BOUCHET, V.M.P.; FRANCESCANGELI, F.; HOHENEGGER, J.; FIGUEIRA, R.; SENEZ-MELLO, T.M.; CASTELO, W.F.L.; DAMASCENO, F.L.; LAUT, L.; DULEBA, W.; MELLO E SOUSA, S.H.; ANTONIOLI, L.; GERALDES, M.C. 2023. Inferring the ecological quality status based on living benthic foraminiferal indices in transitional areas of the Guanabara bay (SE Brazil). *Environmental Pollution*, 320.
- NUNES, C.R.O.; PRÉ, H.L.S.; SILVA, K.C.; NETO, P.B.; OLIVEIRA, V.P.S.; ARAÚJO, T.M.R. 2022. Ionic characterization and salinity evaluation in the Paraíba do Sul River estuary, southeast, Brazil, between 2018 and 2019.
- NATLAND, M.L. 1933. The temperature and depth-distribution of some Recent and fossil Foraminifera in the Southern California Region. Berkeley: University of California press, Scripps Institute of Oceanography Bulletin, Technical Series. 3(10):225-230.
- PERILLO, G.M.E & SYVITSKI, J.P.M. 2010. Mechanisms of sediment retention in estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 87:175-176.
- POTTER, I.C.; CHUWEN, B.M.; HOEKSEMA, S.D.; ELLIOTT, M. 2010. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuary Coast Shelf Science*. 87:497-500.
- PRANDLE, D. 2009. *Estuaries: Dynamics, Mixing, Sedimentation and Morphology*. University of Wales. Cambridge. New York. 248p.
- PEREIRA, M.C.B et al. 2004. *Bacia Hidrográfica do Rio Miranda: estado da arte*. Campo Grande: UCDB.
- PROJETO GERCO. 2003 *Gestão Integrada da Orla Marítima no Município de Conde*. Centro de Recursos Ambientais (CRA). 221p.
- PIELOU, E. C. 1969. *An introduction to mathematical ecology*. New York: Wiley-Interscience. 375 p.
- SOUZA, P.F.; VIEIRA, K.S.; LIMA, L.S.L.; NETTO, A.A.; DELGADO, J.F.; CORRÊA, T.R.; NETO, J.A.B.; GAYLARDE, C.C.; FONSECA, E.M. 2021. Comparing the concentrations of heavy metals on two bivalve species in Santos Bay, Brazil: Subsidies to understanding the assimilation dynamic of bivalve contaminants. *Water Environment Research*, 93:3037-3048.

SILVA, J.B.; DULEBA, W. 2013. Comparação entre as assinaturas tafonômicas de associações de foraminíferos subfósseis das enseadas do Flamengo e da Fortaleza, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16:263-282.

RAPOSP, D.; CLEMENTE, I.; FIGUEIREDO, M.; VILAR, A.; LORINI, M.L.; FRONTALINI, F.; MARTINS, V.; BELART, P.; FONTANA, L.; HABIB, R.; LAUT, L. 2018. Benthic foraminiferal and organic matter compounds as proxies of environmental quality in a tropical coastal lagoon: the Itaipu lagoon (Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 129(1):114-125.

REBOTIM, A.S. 2009. Foraminíferos planctônicos como indicadores das massas de água a norte e a sul da Frente/Corrente dos Açores: Evidências de dados de abundância e isótopos estáveis. Master thesis in Sciences of the Sea - Sea Resources, ICBAS, University of Porto. Supervisor: Antje Voelker.

RIBEIRO, C.A.O. 2006. Participação social e a gestão de recursos hídricos na Bahia: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Itapicuru. 163f. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ROMERO, R.E. 2003. Gênese e degradação de duripãs em uma topossequência dos tabuleiros costeiros, Conde-Ba. Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 144p.

RIBEIRO, L.P. 1998. Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação. Salvador: Seplantec, CADCT, 99p.

RESIG, J. M. 1960. Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California, in Person, E. (ed.), *Disposal in the Marine Environment*: Pergamon Press, London, p. 104–121.

CHMIEDL, G.; Mackensen, A. 1997. Benthic foraminifera analysis of two sediments cores from the northern Cape Basin in the eastern South Atlantic Ocean. Supplement to: Schmiedl, Gerhard; Mackensen, Andreas (1997): Late Quaternary paleoproductivity and deep water circulation in the eastern South Atlantic Ocean: Evidence from benthic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 130(1-4): 43-80.

ROY, P.S. 1984. New South Wales estuaries: their origin and evolution. In: B.G.Thom, C.Geomorp. in Australia. Academic Press, Sydney, p. 99-121.

SILVA, C.M.; ARBILLA, G. SOARES, R. MACHADO, W. 2018. A Nova Idade Meghalayan: O que isso Significa para a Época do Antropoceno? *Revista Virtual de Química*. 10(4):1648-1658.

SILVA, J.B. 2013. Reconstrução paleoambiental de ambientes marinhos nas regiões Sudeste e Sul brasileira (SP, RS) baseada em análises microfaunísticas e geoquímicas de sedimentos. 231f. Tese (Doutorado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, A.M.M.A. 2009. Estudos preliminares para proposição de valores de referência de

metais pesados, em sedimentos de manguezal, na região estuarina do rio Itapicuru, Litoral Norte do Estado da Bahia. 94p. Monografia (graduação em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SANTOS, S.C.; BARBOSA, L.M. 2009. IV Congresso Argentino do Cuaternário y Geomorfologia; XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário; II Reunión sobre elCuaternário de América delSur. EROSÃO COSTEIRA E A PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DE MANGUE SECO, BA. 2009 (Congresso).

SANTOS, F.M. Estudo comparativo das características geomorfológicas de preenchimento Sedimentar de seis grandes estuários brasileiros. Monografia (Bacharelado em Oceanografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

SANTOS, S. de C. 2008. O cotidiano e a dinâmica costeira no povoado da Ribeira, Mangue Seco-Ba. Relatório de Iniciação Científica. Feira de Santana: UEFS.

SILVA, D.B.da; ALVES, N.M.S.; FONTES, A.L. 2006. Repercussões do uso e ocupação da planície litorânea sobre os processos morfodinâmicos - Mangue Seco/ Bahia.VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia-Go. 6-10.

SCHAFFER, C.T. 2000. “Monitoringnearshore marine environments using benthicforaminifera: Some protocols and pitfalls”. *Micropaleontology*. 46(1):161-169.

SEYVE C. Introdução à micropaleontologia. Angola, ElfAquitaine Angola, 231p, 1990.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. 1985. 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*. São Paulo. 15 (4): 273-286.

SCOTT, D.B. 1976. Vertical zonations of marsh foraminífera as accurateindicators of formersealevels. *Nature*. 272(5653):528-531.

SEIGLIE, G. A. 1968. Foraminiferal assemblages as indicators of high organic carbon content in sediments and polluted waters: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. 52:2231–2241.

TINOCO, I.M. 1989. Introdução ao estudo dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes. Recife, Editora Universitária da UFPE. 219 p.

UCHA, J.M.; VILAS BOAS, G.S.; HADLICH, G.M. 2010. O uso do radar de penetração no solo na investigação dos processos de transformação pedogeomorfológica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 11(1):85-96.

VIEIRA, P.C. 1981. Variações do nível marinho: alterações eustáticas no quaternário. *Revista do*

Instituto Geológico, SP. 2(1):39-58.

VANCE, D.J.; CULVER, S.J.; CORBET, D.R.; BUZAS, M. 2006. Foraminifera in the Albemarleestuarine system, North Carolina: distribution and recent environmental change. *Journal of Foraminifera research*. 36(1):15-33.

WEFWE, G.; BERGER, W.H.; BIJMA, J.; FISCHER, G. 1999. Clues to Ocean History: A Brief Overview of Proxies. In: FISCHER, G.; WEFWER, G (Eds). *Use of Proxies Paleooceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag. p:1-68.

WATKINS, J. G. 1961. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall: *Micropaleontology*. 7:199–206.

ZAMORA, N.; MEDEANIC, S.; CORRÊA, I.C.S. 2007. Microforaminíferos como Indicadores Paleoambientais: Estudo Palinológicos da Região Sul da Costa Rica, América Central. *Gravel*. (5):75-87.

ZALESNY, E. R. 1959. Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California: *Micropaleontology*. 5:101–126.

CAPÍTULO 2

**ARTIGO 1– VARIAÇÃO ESPACIAL E INTRA-ANUAL DOS
FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E INDICADORES BIOGEOQUÍMICOS
NO ESTUÁRIO DO REAL, LITORAL NORTE DA BAHIA, BRASIL**

REVISTA BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA

DOI:10.4072/rbp.2022.2.02

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO¹, SIMONE SOUZA DE MORAES², ANA CARINA MATOS SILVA¹; ALEXANDRE DACORSO DALTRO MILAZZO¹, ALTAIR DE JESUS MACHADO¹, RUTH SOUZA DOS SANTOS ROCHA¹, CAIO FERNANDO GROMBONI³, NAILSON SANTOS ALVES², GABRIELE AUGUSTA LEAL RIBEIRO², GERALDO MARCELO PEREIRA LIMA¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. ih.azevedo@uol.com.br, anacarinams@gmail.com, alexandremilazzo@yahoo.com.br, altair@ufba.br, ruthstrela@yahoo.com.br, glima@ufba.br

²Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. smoraes@ufba.br, nailson_alves13@hotmail.com, gabyba3@hotmail.com

³Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Ilhéus / Ilhéus - BA / Brasil. cfgromboni@gmail.com

RESUMO — O objetivo da pesquisa foi realizar a caracterização biogeoquímica do estuário do Real, Litoral Norte-Bahia, utilizando a variação sazonal de foraminíferos e dados físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos. Foram obtidas 324 testas na estação chuvosa (Jul / 2013), destacando-se *Trochammina inflata* (75,85%). Na campanha de abril, foram encontrados 298 foraminíferos em 10 pontos amostrais, destacando-se *T. inflata* (40,60%), *Quinqueloculina lamarckiana* (9,73%), *Ammonia tepida* (8,05%) e *Trochammina globigeriniformis* (5,70%). Na estação seca, registraram-se 148 testas pertencentes a 14 espécies, das quais destacam-se *Q. lamarckiana* (21,19%), *Trochammina* sp. (10,60%), *T. inflata* (10,60%), *Nonion sinensis* (5,96%), *Peneroplis proteus* (5,96%), *Quinqueloculina bicornis* (5,96%). Além disso, a composição faunística reflete uma condição ambiental de alta energia hidrodinâmica, com evidência claras de águas oligohalinas próprias de ambientes com fortes descargas fluviais, e ausências de anomalias nas testas, sugere um ambiente sem alterações antrópicas evidentes. Os

teores de Ca e Al, em ambos os períodos hidrológicos variaram significativamente entre as estações de amostragem, mas não devem estar provocando efeitos adversos à biota do estuário do Real. Já os teores de Mg, que são oriundos de fontes primárias, e do Fe, que é pontual e parece ser resultante de atividade antrópica, embora estejam acima dos limites de referência, não parecem estar causando alterações no equilíbrio do ecossistema local.

Palavras-chave: Foraminíferos, Estuário, Metais Traços, Nordeste do Brasil, Bioindicadores, Tafonomia.

ABSTRACT — SPATIAL AND INTRA-ANNUAL VARIATION OF FORAMINIFERA AND BIOGEOCHEMICAL INDICATORS IN THE REAL ESTUARY, NORTH COAST OF BAHIA, BRAZIL. The objective of the research was to carry out the biogeochemical characterization of the Real estuary, Litoral Norte-Bahia, using the seasonal variation of foraminifera and physical-chemical, sedimentological and geochemical data. 324 foreheads were obtained, rainy season (Jul /2013), with *Trochammina inflata* standing out (75.85%). In the April campaign, 298 foraminifera were found in 10 sampling points, especially *T. inflata* (40.60%), *Quinqueloculina lamarckiana* (9.73%), *Ammonia tepida* (8.05%) and *Trochammina globigeriniformis* (5.70%). In the dry season, 148 foreheads belonging to 14 species were registered, of which *Q. lamarckiana* (21.19%), *Trochammina* sp. (10.60%), *T. inflata* (10.60%), *Nonion sinensis* (5.96%), *Peneroplis proteus* (5.96%), *Quinqueloculina bicornis* (5.96%). In addition, the faunal composition reflects an environmental condition of high hydrodynamic energy, with clear evidence of oligohaline waters typical of environments with strong river discharges, and absence of anomalies in the foreheads, suggesting an environment without evident anthropogenic changes. The levels of Ca and Al, in both hydrological periods, varied significantly between the sampling stations, but they should not be causing adverse effects to the biota of the Real estuary. The contents of Mg (which come from primary sources) and Fe (which is punctual and seems to be a result of anthropic activity) found are above the reference limits but do not appear to be causing changes in the balance of the local ecosystem.

Keywords: Foraminifera, Estuary, Trace Metals, Northeast of Brazil, Bioindicators, Taphonomy.

INTRODUÇÃO

Estuários são ambientes de transição na interface do ecossistema continente-oceano, cujos processos de transporte e mistura de massas d'água continentais e marinhas, exercem uma atividade de filtro para os materiais particulados e dissolvidos, bem como de nutrientes orgânicos e inorgânicos, que são transportados em direção ao mar (DYER, 1995; D'AQUINO et al., 2011; MIRANDA et al., 2012; PINTO-COELHO e HAVENS, 2015), exercendo um papel significativo para a alta produtividade biológica destas regiões costeiras (KELTS, 1988; ODUM, 2007; SANTOS, 2009).

A importância das zonas costeiras, em decorrência das atividades sociais e econômicas, proporciona pressões demográficas, a exemplo da expansão urbana desordenada, que provocam erosão costeira e perda e/ou redução de habitats de alta produtividade biológica, devido à alteração dos condicionantes da circulação estuarina (com a construção de barragens e represas, retificação de canais e dragagem para implementação de atividades portuárias, aterros, pavimentação, drenagens e construção de estradas) e ao aporte de esgotos domésticos, agrícolas ou industriais (SMALL e NICHOLLS, 2003; RODRIGUES e UMBUZEIRO, 2011; AZEVEDO, 2014). Adicionalmente, a geomorfologia dessas regiões apresenta formação geológica recente (pleistocênica e holocênica) e, por isso, são mais sensíveis e dinâmicas, tornando-se susceptíveis às influências antrópicas (MARINO e FREIRE, 2013).

Diante disso, a aplicabilidade de bioindicadores eficazes em programas de diagnóstico ambiental, monitoramento e manejo de áreas estuarinas tornam-se cada vez mais importante para um uso sustentável e racional dos recursos naturais (BURFORD et al., 2012). Nesse contexto, nas últimas décadas, foi realizado muitas pesquisas utilizando as associações de foraminíferos no monitoramento ambiental e detecção de alterações antrópicas (e.g. SHARIFI et al., 1991; SUNDAR et al., 2016; MUDIE e YANKO-HOMBACH, 2019). Em relação ao Brasil, a maioria dos trabalhos de diagnóstico ambiental são das regiões Sul e Sudeste (e.g. DULEBA e DEBENAY, 2003; Eichler *et al.*, 2012; Duleba *et al.*, 2018), mas também há estudos na região Nordeste (e.g. SEMENSATTO-JR e DIAS-BRITO, 2004; GOMES, 2010; ROCHA, 2016; AZEVEDO et al., 2019, dentre outros).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização biogeoquímica do estuário do Real, Litoral Norte-Bahia, utilizando a variação sazonal de foraminíferos e dados físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos.

ÁREA DE ESTUDO E GEOLOGIA

A área de estudo corresponde ao estuário do rio Real, localizado na divisa entre os estados da Bahia e de Sergipe (Figura 1). O rio Real nasce no município de Cícero Dantas no Estado da Bahia, mas sua bacia hidrográfica apresenta uma área total de 4.968 km², o que inclui vinte e dois municípios (FARIAS, 2014). Este rio percorre 246 km até desaguar no Oceano Atlântico, onde integra o complexo estuarino Piauí-Fundo-Real (COSTA, 2011) que se localiza geologicamente

na feição estrutural rasa denominada Plataforma de Estância composta por pacotes sedimentares do Cretáceo, Terciário e Quaternário (CARVALHO e FONTES, 2007).

Em relação aos aspectos naturais, a localização geográfica acompanhada de uma grande extensão territorial da área de estudo, favorece ao desenvolvimento de uma diversidade paisagística exibindo feições particulares a cada ambiente, e o clima característico da região são determinantes na formação e nas modificações do espaço físico, inferindo até na apropriação dos espaços. A região exibe um clima úmido a subúmido na faixa litorânea, reduzindo o índice de umidade à medida que penetra no sentido leste/oeste, tornando-se subúmido a seco no interior do estuário (FARIAS, 2014), o qual exibe uma altitude de 220 m, com uma precipitação média anual de 949,9 mm e temperatura média anual de 23,5°C (SEI, 2006).

A geologia da área estudada apresenta depósitos sedimentares, composto por material pouco consolidado, que surgem ao longo do litoral, cujas feições são consequências dos distintos processos de acumulação fluvial, fluviomarinha ou eólica, condicionando uma estrutura particular que se reflete na morfodinâmica onde se localiza uma planície litorânea (SEI, 2006). Os depósitos desta planície são compostos por leques aluviais, dunas, terraços marinhos, zonas úmidas (brejos, pântanos e manguezais), e depósitos associados a praias e bancos de arenito (FARIAS, 2014). Além disso, ao longo da planície diferenciam-se discretas manchas de restingas em formato de cordões estreitos, a maioria não mapeáveis, e formações dunares permeadas por depressões inundáveis e lagoas, que são fixas por uma vegetação e outras ainda ativas como, por exemplo, as dunas de Manguê Seco (RPGA, 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar a variação sazonal das condições ambientais no estuário do Real, foram coletadas 08 amostras de sedimento superficial de fundo, em julho de 2013 (estação chuvosa) e fevereiro de 2014 (estação seca), destinadas às análises microfaunísticas (distribuição e composição das associações de foraminíferos bentônicos) e à obtenção de dados físico-químicos (salinidade, temperatura, teor de oxigênio dissolvido, pH e Eh da água de fundo), sedimentológicos (granulometria) e geoquímicos (teores de metais e nutrientes no sedimento). As amostras de sedimento foram coletadas com auxílio de uma draga Van Veen e foi utilizada uma garrafa de

Van Dorn para a coleta água de fundo, sendo os dados físico-químicos mensurados por meio de uma sonda multiparamétrica (Figura 1).

A análise granulométrica foi feita por peneiramento a seco em um agitador de peneiras, o material retido em cada peneira foi recolhido em folhas de papel A3, devidamente identificadas com o código de cada amostra e a respectiva fração granulométrica; cada folha de papel A3 foi dobrada contendo o material da peneira correspondente e pesada, posteriormente os valores dos pesos obtidos do material retido em cada peneira foram utilizados para realizar a classificação granulométrica, tendo sido adotadas as frações da escala de Wentworth (1922). As análises do teor de matéria orgânica no sedimento foram realizadas conforme a metodologia da Embrapa (2009). Os dados geoquímicos do sedimento foram obtidos a partir da extração parcial de metais, usando-se HNO_3 a 65%, seguindo a metodologia D5258-92 de ASTM (1992).

No intuito de ampliar o conhecimento sobre a distribuição dos foraminíferos neste ambiente, foi utilizado um conjunto de 75 amostras de sedimento superficial de fundo coletadas em abril de 2014, portanto no período chuvoso, por Farias (2014). Contudo, após a triagem do material observou-se a ocorrência de foraminíferos bentônicos em apenas 10 pontos (Figura 1), cujos dados foram correlacionados aos de granulometria.

A identificação dos foraminíferos foi feita com base em literatura especializada e, durante este procedimento, foram registradas informações relativas à sua coloração, estado de preservação conforme Moraes e Machado (2003), e a ocorrência de anomalias morfológicas nas testas (COTTEY e HALLOCK, 1988).

Para as análises de coloração foram adotados cinco padrões de cores inicialmente utilizados por Leão e Machado (1989) e seguido por Moraes (2001): branco ou incolor, amarelo, marrom ou preto quando as testas surgem com uma destas cores; e mosqueado, quando uma única testa exhibe duas ou mais cores.

Para as interpretações dos padrões de desgaste das testas foram adotados cinco classificações para avaliar o grau de preservação, sendo quatro destes padrões baseados Cottey e Hallock (1988): normal, para testas com superfícies intactas; abrasão, quando foram detectados arranhões, perfurações ou estriar na superfície; quebraimento, quando as câmaras periféricas das testas apresentam-se quebradas; dissolução, quando a parede externa das testas exhibe grandes porções

das estruturas internas das câmaras; e misto, uma adaptação de Moraes (2001), quando são encontrados dois tipos de desgaste em uma mesma testa.

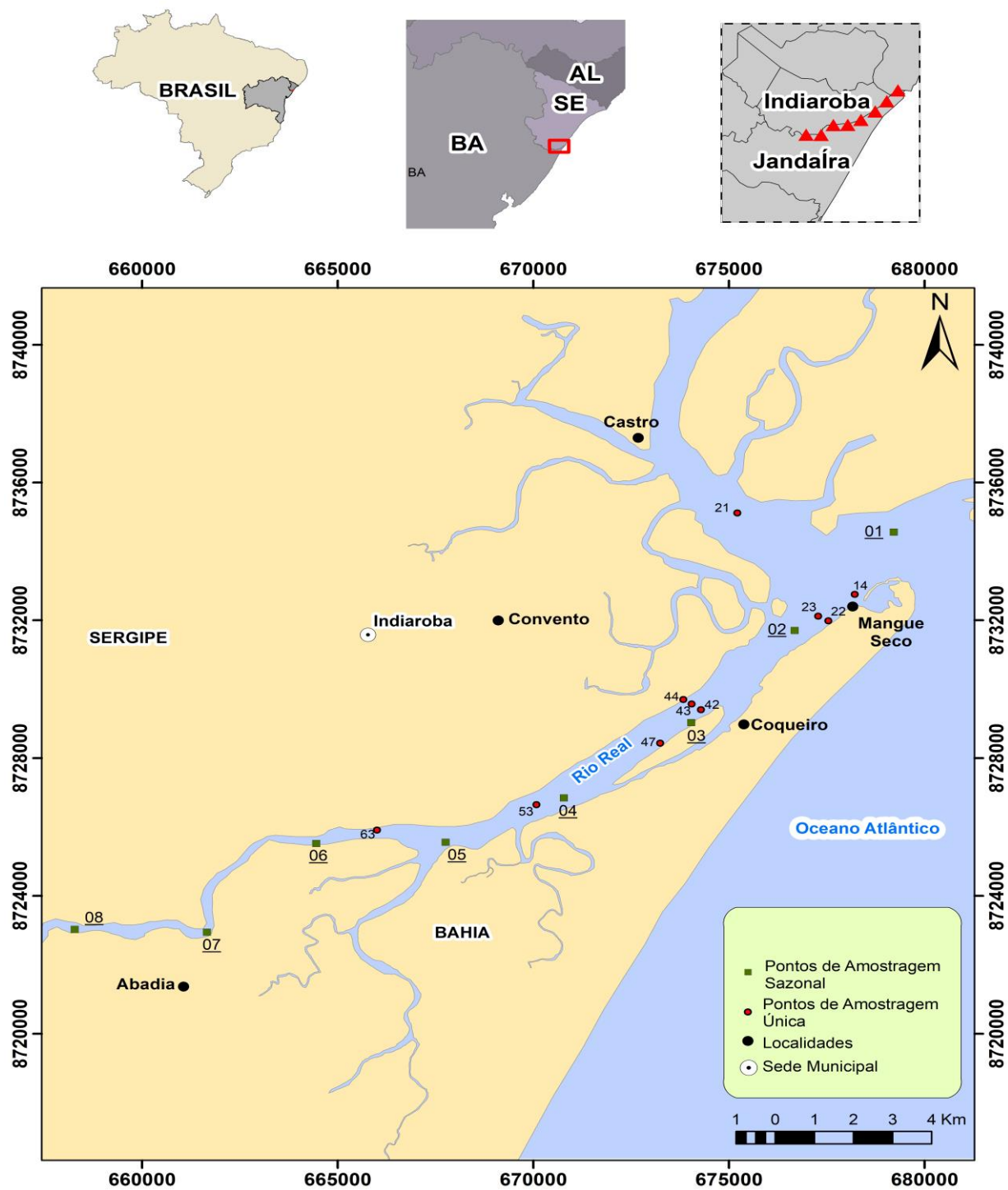
Nas análises descritivas dos resultados da fauna de foraminíferos, foram calculados: (i) a abundância relativa, adotando-se as classes principal (abundâncias >5%), acessória (4,9-1%) e traço (<1) (DAJOZ, 1983).

A fim de comparar e/ou detectar prováveis consequências dos teores de metais traços nos sedimentos na área em estudo, os resultados obtidos foram comparados aos limites da Resolução Nº 454/2012 do CONAMA (BRASIL, 2012), do *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME, 2014), do *Environment Canada* (2003) e do *Netherlands* (2000).

Para a interpretação dos resultados obtidos, foram realizadas as análises de correlação dos dados de foraminíferos, parâmetros físico-químicos, granulometria, nutrientes e metais através do programa Statistica versão 8.0 (Statsoft, 2007), tendo sido utilizado o Coeficiente de Correlação de Spearman com um valor de significância de $p < 0,05$.

Para verificar a existência de diferenças significativas nos valores dos parâmetros físico-químicos, granulometria, teores de nutrientes e metais-traços entre os períodos hidrológicos, inicialmente foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk que comprovou que os dados eram não-paramétricos (sem distribuição normal, $p < 0,05$), em seguida foi realizado o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) para determinar se houve variação sazonal (GUIMARÃES, 2008).

Figura 1. Mapa da área de estudo mostrando a localização dos pontos amostrais (presença dos foraminíferos) do estuário do Real, Bahia, Brasil.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros abióticos

Houve variação sazonal significativa nos valores de salinidade (MANN-WHITNEY: $p < 0,013587$), temperatura (MANN-WHITNEY: $p < 0,00093911$) e oxigênio dissolvido – O.D (MANN-WHITNEY: $p < 0,022842$).

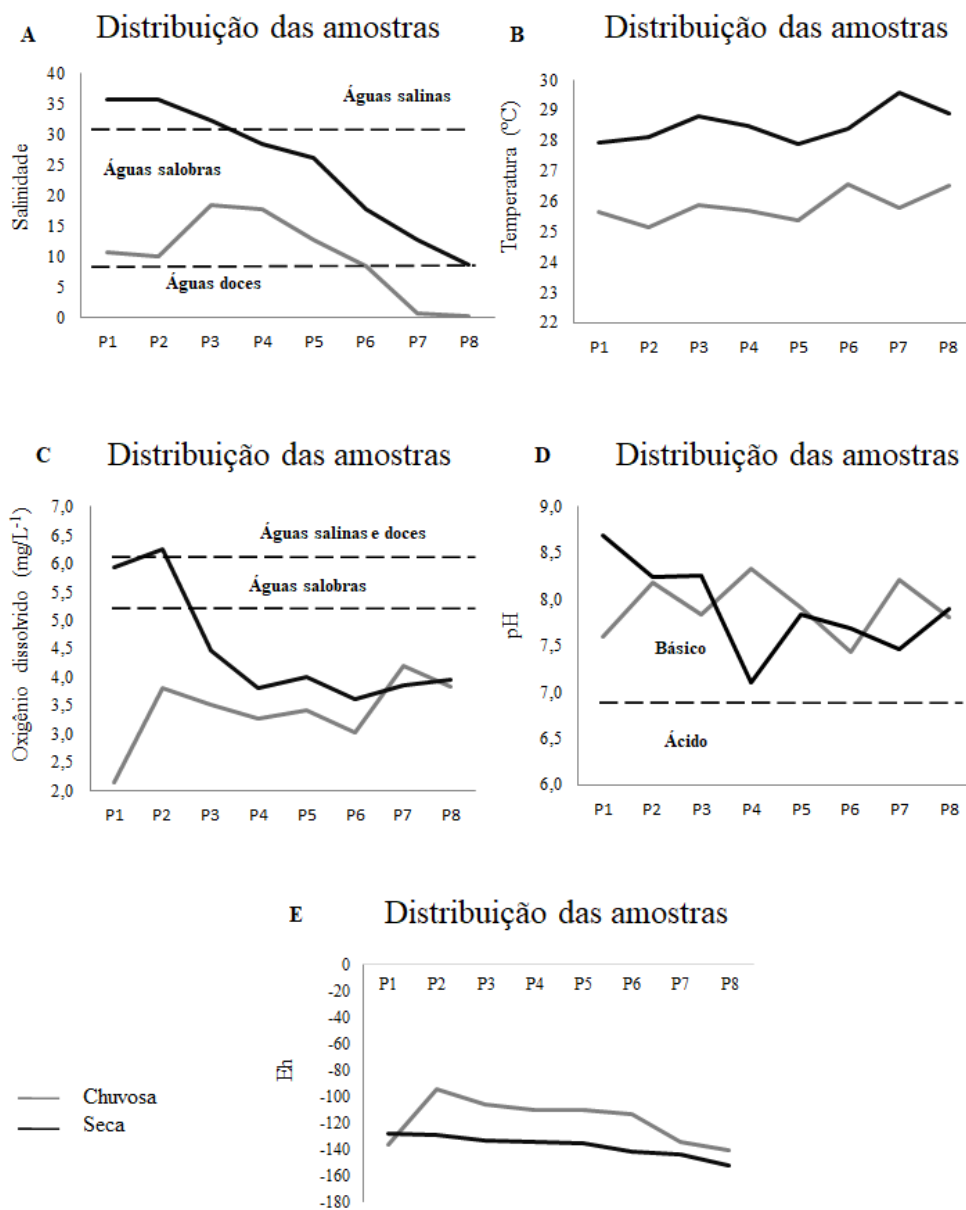
Os valores de salinidade foram mais baixos no período chuvoso (de 0,25 a 18,50 em jul/2013), observando-se água salobra ($> 0,5$ a < 30 conforme a Resolução CONAMA nº 357/05 – Brasil, 2012) do ponto 1 ao ponto 6 e água doce ($\leq 0,5$) nos pontos 7 e 8, enquanto no período seco (de 27,8 a 29,5 em fev/2014) houve o registro de água salina (≥ 30) do ponto 1 ao 3 e de água salobra nos demais (Figura 2). A distribuição da salinidade no interior do estuário é influenciada pela hidrodinâmica e variação sazonal da vazão (BERRÊDO et al., 2008; LAUT et al., 2014; ROSÁRIO et al., 2016), de modo que as baixas salinidades registradas no período chuvoso resultam do aumento da vazão do rio e, conseqüentemente, do aporte de água fluvial no interior do estuário, enquanto que os valores mais elevados observados no período seco se devem à redução da vazão e ao aumento da intrusão de água do mar por meio das correntes de maré.

Conforme esperado, a temperatura apresentou pouca variação nas duas estações e foi mais elevada durante o período seco (Figura 2), visto que a região do estuário do Real apresenta um clima subúmido a seco que é quente e com chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano (NETTO, 2017).

Foram registrados valores de oxigênio dissolvido abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas ($\geq 6 \text{ mg/L}^{-1}$) e salobras ($\geq 5 \text{ mg/L}^{-1}$) da Classe 1 (águas destinadas à recreação, proteção das comunidades aquáticas, aquicultura e pesca - Brasil, 2005) em quase todos os pontos durante as duas estações de amostragem (Figura 2). Este resultado é corroborado pelos valores negativos de Eh (ambiente redutor) que foram registrados em todos os pontos nos dois períodos (Figura 2). Os valores de oxigênio dissolvido (O.D) foram mais baixos durante a estação chuvosa, apresentando um ligeiro aumento em direção à montante onde prevalece a influência fluvial. Na estação seca, os valores mais elevados foram observados nos dois primeiros pontos à jusante, devido à influência das águas oceânicas ricas em oxigênio.

Os valores de pH (Figura 2) indicam condições alcalinas em ambas as campanhas e encontram-se em conformidade com os limites da Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas e salobras (6,5-8,5) da Classe 1 (BRASIL, 2005).

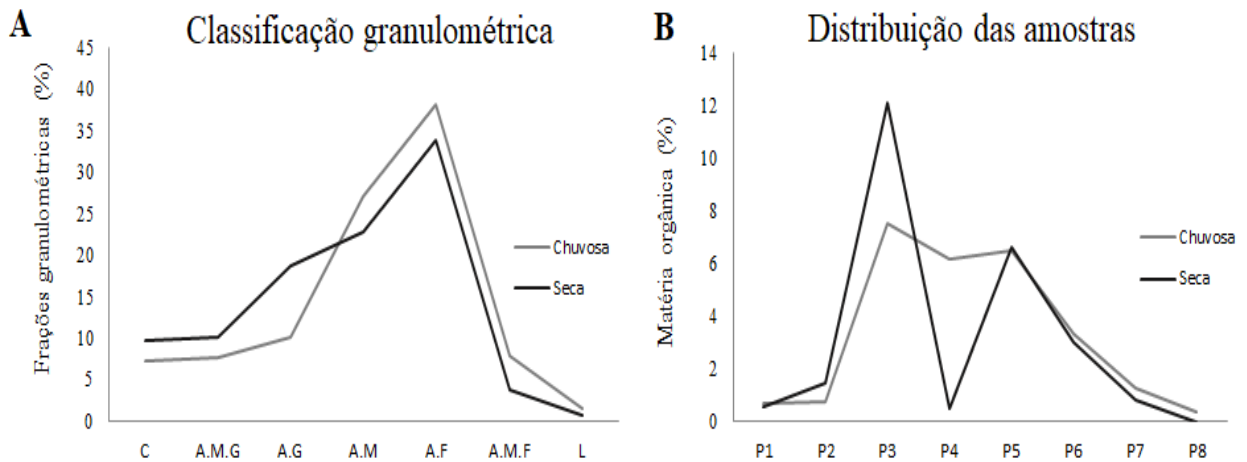
Figura 2. Variação dos parâmetros físico-químicos da água de fundo do estuário do Real durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014). Quando possível, foram utilizados os valores de referência da Resolução CONAMA N°357/2005 (linhas pontilhadas) para comparação.



Legenda: A, salinidade; B, temperatura; C, oxigênio dissolvido; D, potencial hidrogeniônico (pH); E, potencial redox (Eh).

Em ambas as amostragens, a fração granulométrica predominante foi areia fina, seguida das frações areia média e areia grossa, sugerindo uma condição intermediária de energia hidrodinâmica no estuário do Real (Figura 3). O predomínio de areia dificulta a retenção de matéria orgânica entre os poros do sedimento e o torna pobre em nutrientes (RUBIO et al., 2000; SANTOS et al., 2013), o que explica os baixos teores registrados em ambas as estações (Figura 3).

Figura 3. Frações granulométricas; **B**, matéria orgânica (**M.O**) do sedimento do estuário do Real, durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014).

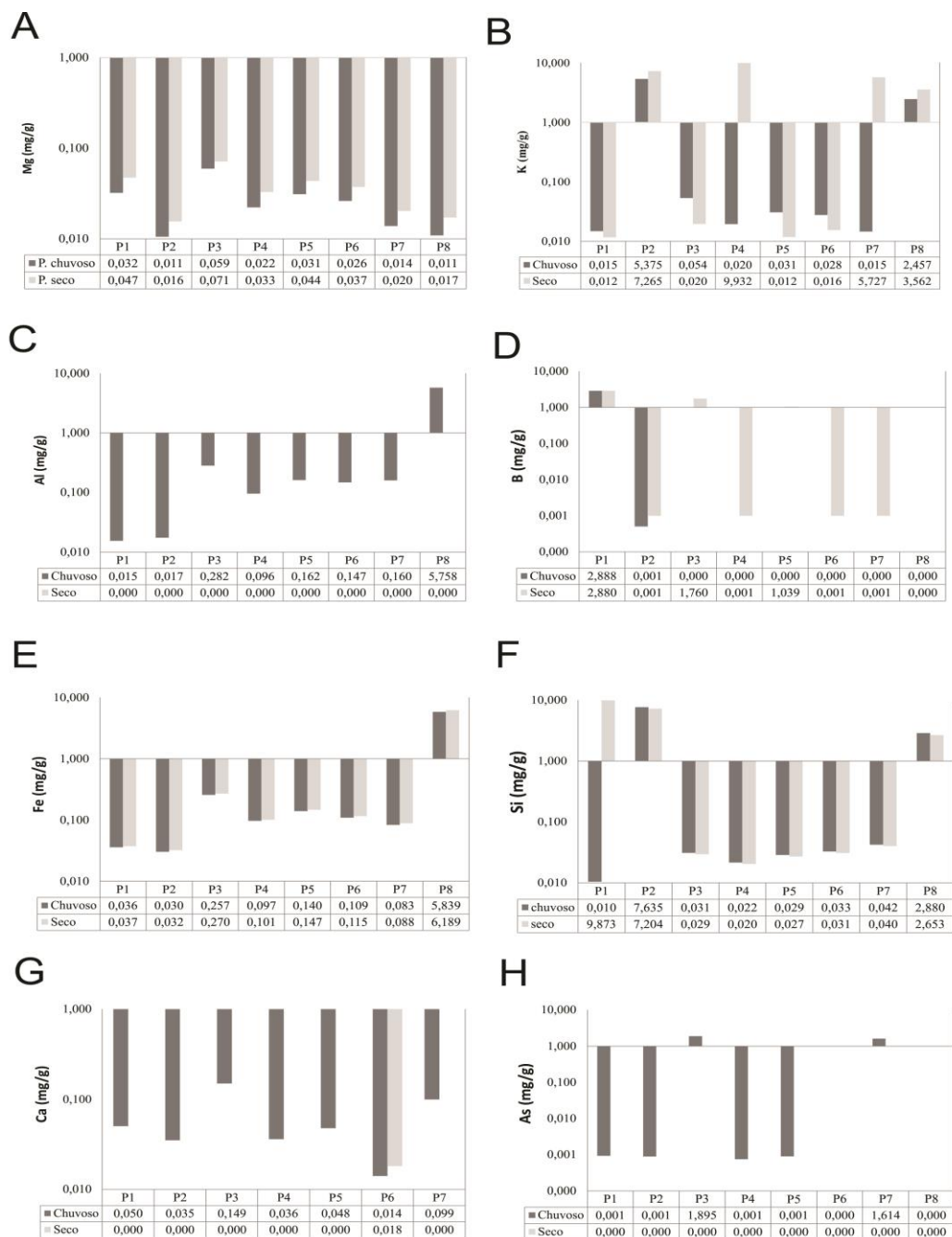


Legenda: C, cascalho; A.M.G, areia muito grossa; A.G, areia grossa; A.M, areia média; A.F, areia fina; A.M.F, areia muito fina; L, lama.

Houve variação sazonal significativa para os teores de Ca (*MANN-WHITNEY*: $p < 0,015256$), As (*MANN-WHITNEY*: $p < 0,004185$) e Al (*MANN-WHITNEY*: $p < 0,00040993$). As concentrações de arsênio (As) no sedimento, em ambas as estações, são baixas quando comparadas aos limites de referência (As: 4.500 mg/g – N2) da Resolução CONAMA 454/2012 (BRASIL, 2012), de modo que não devem estar causando efeitos adversos à biota do estuário do Real. Já as concentrações de magnésio (Mg) e ferro (Fe) apresentaram valores elevados quando comparados aos limites do Environment Canada (2003). O magnésio apresentou valores acima do limite de referência (Mg: 0,040 mg/g – SEL), nos pontos P01 (período seco) e P03 (em ambos os períodos hidrológicos) e no P05 (período seco), provavelmente devido à influência das águas marinhas, uma vez que estas têm grandes concentrações de magnésio, cálcio, potássio, cloro e enxofre (SILVA, 2014). Portanto, as elevadas concentrações deste elemento são oriundas de fontes

primárias. Por outro lado, as concentrações dos metais pesados, a exemplo do ferro, costumam ter origem natural na composição dos minerais que apresentam na sua constituição os mesmos elementos na forma natural (ARAÚJO e PINTO FILHO, 2010), uma vez que, boa parte do estuário do Real é composto por argissolos exibindo uma coloração vermelha e teores de ferro, (COSTA, 2011). Porém os valores deste elemento estão abaixo dos limites de referência (Fe: 1,000 mg/g - SEL) do Environment Canada (2003), somente no ponto P08, localizado à montante do estuário, podem estar associados as principais atividades econômicas desenvolvidas na região, a exemplo das atividades industrial, agrícola, pecuária ou de carcinicultura. Não foram encontrados, na legislação brasileira e nem nas normatizações de outros países, valores limites para as espécies químicas K, Al, B, Si e Ca nos sedimentos, impossibilitando a avaliação destes elementos (Tabela 1 – Apêndices B).

Figura 4. Representação gráfica logaritimizada dos dados dos metais (mg/g) em sedimentos do estuário do Real durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014).



Associação de foraminíferos

No período chuvoso, foram encontrados 324 indivíduos, sendo *Trochammina inflata* (75,85%) a única espécie principal (Fr > 5%) (Tabela 3). As espécies de *Trochammina* são comuns em águas

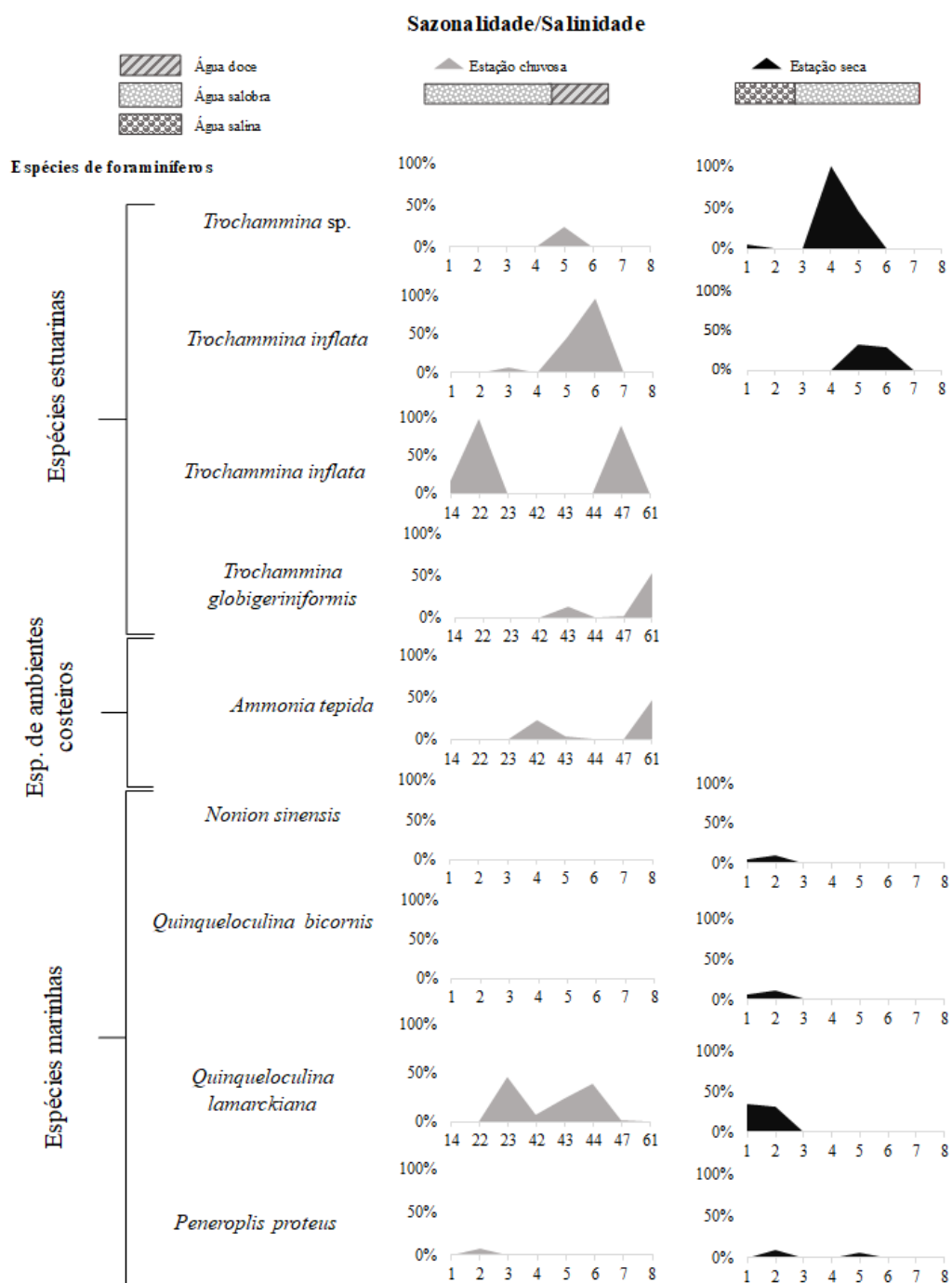
estuarinas com baixas salinidades (MURRAY, 2006), além disso *T. inflata* é típica de ambientes de água salobra e mal oxigenada (MCGANN *et al.*, 2019) tais como o estuário do Real durante a estação chuvosa (Figura 5).

Neste mesmo período, porém nas amostras coletadas por Farias (2014), foram encontrados 298 indivíduos, dos quais destacam-se *T. inflata* (40,60%), *Quinqueloculina lamarckiana* (9,73%), *Ammonia tepida* (8,05%) e *Trochammina globigeriniformis* (5,70%) como espécies principais (Tabela 2). *Quinqueloculina* é um gênero típico de ambiente marinho ou hipersalino (salinidade 32 a 65), bem oxigenado e de alta energia hidrodinâmica, cujas espécies ocorrem preferencialmente associadas a sedimentos arenosos de composição carbonática e predominantemente em ambientes recifais (MURRAY, 2006). Assim, o predomínio de *Q. lamarckiana*, uma espécie comumente encontrada em sedimento de praia (PHLEGER, 1960), se deve ao seu transporte pelas correntes de maré. Já o gênero *Ammonia* é característico de ambientes de plataforma rasa e costeiros de latitudes temperadas a tropicais e com sedimento areno-lamoso; e é extremamente tolerante a variações de salinidade (marinha, mixohalina ou hipersalina) (MURRAY, 2006; FARIAS, 2015) (Figura 5).

Na estação seca, foram registrados 148 indivíduos, sendo identificadas 14 espécies, das quais *Q. lamarckiana* (21,19%), *T. inflata* (10,60%), *Trochammina* sp. (10,60%), *Nonion sinensis* (5,96%), *Quinqueloculina bicornis* (5,96%) e *Peneroplis proteus* (5,96%) foram consideradas principais (Tabela 2).

A espécie *Peneroplis proteus* é comumente encontrada em lagoas, ambiente recifal e plataforma rasa, e apresenta testas robustas que lhe conferem maior resistência à energia hidrodinâmica (ARAÚJO e ARAÚJO, 2010), o que explica seu elevado número de testas preservadas encontradas dentro do estuário. *Nonion* também é um gênero marinho que vive em substratos lamosos na zona nerítica (MURRAY, 2006), portanto o predomínio de *Nonion sinensis* também está relacionado ao transporte. O mesmo ocorreu com *Q. lamarckiana* e *Q. bicornis* (Figura 5).

Figura 5. Distribuição das espécies de foraminíferos associados aos dados de frequência relativa (FR) e dados de salinidade, registrados no estuário do Real nas estações chuvosa, secas e dados de Farias (2014), na estação chuvosa.

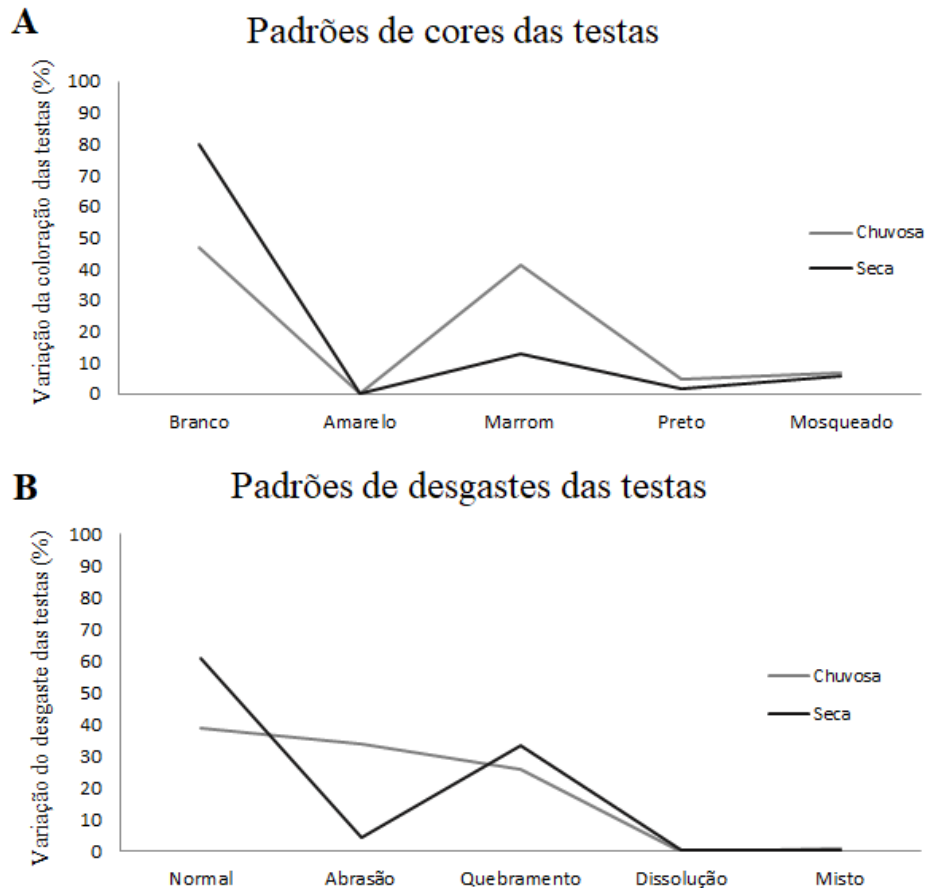


Segundo Moraes e Machado (2003), após a sua morte, a coloração das carapaças dos foraminíferos pode ser utilizada para interpretar taxas de deposição, erosão e retrabalhamento do sedimento já que altos percentuais de testas: (i) pretas indicam uma elevada taxa de

retrabalhamento do sedimento por organismos; (ii) marrons correspondem a uma frequente erosão da zona oxidante e/ou intensa ação de bioturbadores associadas a leves taxas de sedimentação; (iii) amarelas sugerem que os fenômenos anteriormente descritos acontecem em uma velocidade tão baixa que possibilita a oxidação dos grãos marrons; (iv) brancas podem significar novas adições ao sedimento ou que os grãos escuros permaneceram na superfície por tempo suficiente para serem totalmente oxidados; e (v) mosqueados representam um estágio intermediário, podendo passar a apresentar qualquer uma das cores citadas anteriormente de acordo com o meio a que sejam expostas. Estas mesmas autoras afirmam também que o desgaste das testas traz informações quanto ao seu transporte e/ou ambiente de deposição, pois a dissolução ocorre geralmente em ambientes de baixa energia e com sedimento rico em matéria orgânica; a abrasão prevalece em locais de alta energia, sendo mais severa em ambientes rasos e relativamente expostos; a fragmentação também é mais elevada em condições de alta energia, mas não indica nenhum ambiente específico de deposição porque pode resultar de diversos processos físicos, químicos e biológicos; e os desgastes mistos podem estar associados ao tempo de deposição no sedimento ou à submissão consecutiva a mais de um tipo de desgaste.

Sendo assim, o elevado índice de grãos brancos registrado em ambas as estações de amostragem é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida com novas adições ao sedimento, o que é corroborado pelo elevado número de testas normais (Figura 6). Já as testas marrons e as que apresentaram fragmentação em ambas as estações (estação chuvosa e seca), e abrasão na estação chuvosa indicam que houve o transporte destes espécimes, para dentro do estuário e aumento de sedimentação grossa em ambas estações, resultado este que é corroborado pelo aumento da descarga fluvial durante o período chuvoso e depósito de sedimentos trazidos do continente (saltação), e aumento da presença de espécies marinhas na estação seca (Figuras 3 e 5).

Figura 6. Frequência relativa dos tipos de coloração e desgaste dos foraminíferos no estuário do Real durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014).



Durante a estação chuvosa (jul/2013), a espécie *Trochammina inflata* apresentou correlação positiva apenas com areia muito fina e lama, o que já era esperado já que a espécie é típica de ambiente estuarino (MCGANN et al., 2019). A relação positiva entre pH e matéria orgânica (M.O) se deve ao fato de que a incorporação dos compostos orgânicos ao sedimento ocorre em condições nas quais o pH está mais elevado (REIS e RODELLA, 2002) (Tabela 4 – Apêndices B). Já a correlação positiva exibida entre areia muito fina, lama e M.O ocorre porque sedimentos mais finos possuem uma grande superfície específica das partículas que, por sua vez, aumenta a adsorção superficial da matéria orgânica e contribui para a maior capacidade de retenção de material orgânico, outra razão está na velocidade de deposição do conteúdo orgânico no sedimento que é feita de maneira lenta e sua decomposição é gradual (BARCELLOS e FURTADO, 1999; CORINGA et al., 2016) (Tabela 4 – Apêndices B).

Na estação seca (fev/2014), as espécies *Nonion sinensis*, *Quinqueloculina bicornis* e *Quinqueloculina lamarckiana* apresentaram correlação positiva com salinidade e oxigênio dissolvido (O.D), corroborando o transporte destas espécies para dentro do estuário. A espécie *Peneroplis proteus* exibiu correlação positiva com areia muito fina, confirmando o transporte de suas testas e deposição destas em áreas de menor energia. Além disso, os dados da granulometria e matéria orgânica (M.O) repetiram os resultados exibidos no período chuvoso, apresentando uma correlação positiva entre areia muito fina, lama e M.O (Tabela 5 – Apêndices B).

Continuação. Tabela 2. Abundância absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas no estuário do Real, concernentes à estação chuvosa (I - jul/2013) e estação seca (II - fev/2014).

ESTUÁRIO DO REAL ESPÉCIES	PONTOS AMOSTRAIS																				
	RI1	RI2	RI3	RI4	RI5	RI6	RI7	RI8	N	AR	RII1	RII2	RII3	RII4	RII5	RII6	RII7	RII8	N	AR	
<i>Septotextularia rugosa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Spiroloculina communis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1	1	0	0	0	3	0	0	5	3,31	
<i>Textularia agglutinans</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,31	1	5	0	0	0	0	0	0	6	3,97	
<i>Triloculina frigida</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
<i>Trochammina inflata</i>	0	0	1	0	22	222	0	0	245	75,85	0	0	0	0	10	6	0	0	16	10,60	
<i>Trochammina plana discorbis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
<i>Trochammina sp.</i>	0	0	0	0	11	0	0	0	11	3,41	1	0	0	1	14	0	0	0	16	10,60	
N por ponto	3	14	10	5	47	230	0	8	-		20	79	1	1	30	20	0	0	-		

CONCLUSÕES

O estuário do Real é ambiente redutor, alcalino, de moderada energia hidrodinâmica (predomínio da fração areia) e baixa concentração de matéria orgânica. A variação da salinidade e da distribuição de oxigênio dissolvido neste ambiente são consequências da variação sazonal e padrões hidrodinâmicos, visto que durante o período chuvoso ocorre aumento da vazão do rio e aporte de água fluvial pouco oxigenada para dentro do canal, enquanto, no período seco, os valores aumentam, principalmente nos pontos à jusante, devido à intrusão de água do mar por meio das correntes de maré. Estas condições justificam o predomínio de *T. inflata*, *A. tepida* e *T. globigeriniformis* na estação chuvosa e de *Trochammina* sp. no período seco, já que são espécies que sobrevivem em ambientes de baixa salinidade e mal oxigenados; enquanto que *Nonion sinensis*, *Peneroplis proteus*, *Quinqueloculina bicornis*, *Q.lamarckiana* são abundantes no período seco porque foram transportadas pelas marés para dentro do estuário.

O predomínio de testas brancas e normais indica que esta fauna é recente e, portanto, caracteriza as condições prevalentes no estuário atual. Além disso, o aumento dos teores de abrasão (estação chuvosa) e fragmentação em ambas as estações (estação chuvosa e seca) confirma a prevalência de sedimentação de granulometria mais grossa, devido ao aumento da descarga fluvial e ocorrência de espécimes marinhas dentro do estuário, respectivamente.

Os teores de As exibiram valores abaixo dos limites, em ambos os períodos hidrológicos e as concentrações de Ca e Al variaram significativamente entre as estações de amostragem, mas estes elementos não representam riscos adversos à biota do estuário do Real. Já os teores de Mg, que são oriundos de fontes primárias, e do Fe, que é pontual e parece ser resultante de atividade antrópica, embora estejam acima dos limites de referência, não parecem estar causando alterações no equilíbrio do ecossistema local, já que não foram constatadas anomalias nas testas dos foraminíferos.

Apesar da predominância da fração areia, característica granulométrica do estuário do Real, a distribuição espacial das associações de foraminíferos bentônicos são reflexos das variações sazonais, e pelo aporte de águas marinhas ao longo do canal estuarino. Os resultados abióticos correlacionados com a distribuição das espécies de foraminíferos mostraram uma dominância das espécies *Ammonia tepida* e *Trochammina inflata*, ambas muito tolerantes as diversas condições ambientais e hidrológicas, sendo, portanto, amplamente distribuídas na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO-IFBA) pela realização das análises geoquímicas do sedimento, ao Prof. Dr. Félix Ferreira de Farias por disponibilizar as amostras de sedimento utilizadas nas análises de foraminíferos, e pelo apoio e concessão da bolsa do doutorado, através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Código de Financiamento (Proc. 140437/2018-5)

REFERÊNCIAS

Azevedo, I.H.S. 2014. Caracterização biogeoquímica do sistema estuarino dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Litoral Sul do Estado da Bahia. Salvador, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 133 p.

Azevedo, I.H.S.; Moraes, S.S.; Queiroz, A.F.S.; Silva, A.C.M.; Escobar, N.F.C.; Gonzaga, F.C. 2019. Estudo de caracterização geoquímica e das associações de foraminíferos parálicos do sistema estuarino do rio Jequitinhonha, Litoral Sul da Bahia. *Geochimica Brasiliensis*, 33(2): 143-164.

Araújo, T.M.F. & Araújo, H.A.B. 2010. Assembleias de foraminíferos dos sedimentos superficiais da plataforma continental e talude superior do norte da Bahia. *Revista de Geologia*, 23(1): 115-134.

Araújo, J.B.S. & Pinto Filho, J.L.O. 2010. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN. *Revista do Grupo Verde de Agricultura Alternativa*, 5(2): 80-94.

ASTM. 1992. American Society for Testing and Materials. Standard practice for Extraction of Trace Elements From Sediments, 11(2).

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 20mai. 2019.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 454, 01 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>>. Acesso em 15 abr. 2019.

Berrêdo, J.F.; Costa, M.L. & Progene, M.P.S. 2008. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. *Acta Amazonica*. 38(3): 473-482.

Barcellos, R.L. & Furtado, V.V. 1999. Modern sedimentary processes and the distribution of organic carbon and nitrogen in São Sebastião Channel (SP) and adjacent inner shelf. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 47(2): 207-221.

Burford, M.A.; Webster, I.T.; Revill, A.T.; Kenyon, R.A.; Whittle, M. & Curwen, G. 2012. Controls on phytoplankton productivity in a wet-dry tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113:141-151.

Coringa, J.E.S.; Pezza, L.; Coringa, E.A.O. & Weber, O.L.S. 2016. Distribuição geoquímica e biodisponibilidade de metais traço em sedimentos no Rio Bento Gomes, Poconé-MT, Brasil. *Acta Amazonica*, 46(2): 161-174.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) 2014. Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. Acesso em: 13 mar. 2019.

<https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html>

Costa, B.G. 2011. A bacia inferior do rio Real: uma análise sócioambiental. São Cristóvão, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, Dissertação de Mestrado, 133 p.

Carvalho, M.E.S. & Fontes, A.L. 2007. A Carcinicultura no Espaço Litorâneo Sergipano. *Revista da Fapese*. 3(1): 87-112.

Cotter, T.L. & Ehallock P. 1988. Test surface degradation in *Archaea angulatus*. *Journal of Foraminifera Research*, 18(3): 187-202.

Duleba, W.; Teodoro, A.C.; Debenay, J-P.; Alves, M.; Virgínia, M.; Gubitoso, S.; Pregnoiato, L. A.; Lerena, L.M.; Prada, S.M. & Bevilacqua, J.E. 2018. Environmental impact of the largest petroleum terminal in SE Brazil: A multiproxy analysis based on sediment geochemistry and living benthic foraminifera. *PLOS ONE*, 13(2): 1-30.

D'aquino, C.A.; Neto, J.S.A.; Barreto, G.A.M. & Schettini, A.F. 2011. Caracterização oceanográfica e do transporte de sedimentos em suspensão no estuário do Rio Mampituba, SC. *Revista Brasileira de Geofísica*. 29(2): 217-230.

Duleba, W. & Debenay, J.-P. 2003. Hydrodynamic circulation in the estuaries of Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. *Journal of Foraminiferal Research*. 33(1): 62-93.

Dyer, K.R. 1995. Sediment transport processes in estuaries. In: Perillo (Ed.). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries: Developments in Sedimentology*. New York, Elsevier Science B.V, 423-449 p.

Dajoz, R. 1983. *Ecologia geral*. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 472 p.

- Eichler, P.P.B.; Eichler, B.B.; Gupta, B.S. & Rodrigues, A.R. 2012. Foraminifera as indicators of marine pollutant contamination on the inner continental shelf of southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. 64(1): 22-30.
- EMBRAPA. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Revisada e Ampliada, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p.
- Environment Canada. 2003. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Pdf/sedimentsummarytable.html>> Acesso em: mai. 2020.
- Farias, C.L.C. 2015. Foraminíferos como ferramenta de estudo na geologia ambiental do estuário do rio Potengi da Plataforma Interna, RN, Brasil. Natal, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Dissertação de Mestrado, 161 p.
- Farias, F.F. 2014. Condições de sedimentação e preenchimento dos estuários Itapicuru e Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil. Salvador, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 124 p.
- Gomes, R.C.T. 2010. Caracterização da fauna de foraminíferos da zona euhalina do estuário do rio Jacuípe - Camaçari-Ba. Salvador, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 100 p.
- Guimarães, P.R.B. 2008. Métodos quantitativos estatísticos. Curitiba, IESDE Brasil S. A., 245 p.
- KELTS, K. 1988. Environments of deposition of lacustrine source rocks: an introduction. In: A.J. Fleet; Kelts; M.R. Talbot (Eds.), *Lacustrine petroleum source rocks*. Geological Society Special Publication, n.40: 3-26 p.
- Laut, L.L.M.; Cabral, I.A.; Rodrigues, M.A.C.; Silva, F.S.; Martins, M.V.A.; Boski, T.; Gomes, A.I.; Dias, J.M.A.; Fontana, L.F. Laut, V.M. & Mendonça-Filho, J.G. 2014. Compartimentos Ambientais do Estuário do Rio Arade, Sul de Portugal, com Base na Distribuição e Ecologia de Foraminíferos. *Anuário do Instituto de Geociências*. 37(2): 60-74.
- Leão, Z.M.A.N. & Machado, A.J. 1989. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. *Revista Brasileira de Geociências*. 19(1): 87-91.
- McGann, M.; Grossman, E.E.; Takesue, R.K.; Penttila, D. & Walsh, J.P. 2019. Arrival and Expansion of the Invasive Foraminifera *Trochammina hadai* Uchio in Padilla Bay, Washington. *Northwest Scientific Association*, 86(1): 9-26.
- Mudie, P.E.J. & Yanko-Hombach, V. 2019. Microforaminiferal linings as proxies for paleosalinity and pollution: Danube Delta example. *Journal of Micropaleontology*. 65(1): 27-46.

- Marino, M.T.R.D. & Freire, G.S.S. 2013. Analysis of the shoreline evolution between the Future and Porto das Dunas Beaches, Fortaleza Metropolitan Region (FMR), Ceará State, Brazil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*. 13(1): 113-129.
- Miranda, L.B.; Castro, B.M. & Kjerfve, B. 2012. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), 426 p.
- Murray, J.W. (2006) *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, pp.426
- Moraes, S.S & Machado, A.J. 2003. Avaliação das condições hidrodinâmicas de dois recifes costeiros do litoral norte do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. 33(2):201-210.
- Netto, A.M. 2017. A zona costeira e marinha. In: Nunes, J.M.C., Matos, M.R.B. (Orgs.). *Litoral Norte da Bahia: Caracterização ambiental, biodiversidade e conservação*. Salvador, Editora UFBA (EDUFBA), 15-28 p.
- Netherlands/Ministerie Van Volkshu is vestind. 2000. Circular on target values and intervention values for soil remediation Disponível em:
<https://www.esdat.net/environmental%20standards/dutch/annexs_i2000dutch%20environmental%20standards.pdf> Acesso em: mai. 2020.
- Odum, E.P. & Barret, G.W. 2007. *Fundamentos de Ecologia*. Editora Thomson Pioneira, 616 p.
- Programa Monitora. 2014. *Qualidade das águas do Estado da Bahia*. RPGA DO RIO REAL.
- Phleger, F.B. 1960. *Ecology and Distribution of Recent Foraminifera*. Baltimore, The Johns Hopkins Press, 270 p.
- Pinto-Coelho, R.M; Havens, K. 2015. *Crise nas águas. Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda de qualidade das águas*. Recóleo Editora: Belo Horizonte, (MG), 162p.
- Rosário, R.P.; Borba, T.AC.; Santos, A.S. & Rollnic, M. 2016. Variability of Salinity in Pará River Estuary: 2D Analysis with Flexible Mesh Model. *Journal of Coastal Research*. 75(6-11): 128-132.
- Rocha, R.S.S. 2016. *Caracterização dos estuários dos rios Sorojó e Maraú, Baía de Camamu: relação entre a distribuição de foraminíferos recentes e os parâmetros físico-químicos e sedimentológicos*. Salvador. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 98 p.
- Rodrigues, E.S. & Umbuzeiro, G.A. 2011. Integrating toxicity testing in the wastewater management of chemical storage terminals - A proposal based on a ten-year study. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2): 1909-1915.
- Reis, T.C. & Rodella, A.A. 2002. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 26(3): 619-626.

Rubio, B.; Nombela, M.A. & Vilas, F. 2000. Elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 40: 968-980.

Santos, K.E.A. 2019. Dinâmica biogeoquímica do estuário Guajarinó. Belém, Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia, Monografia, 55 p.

Sundara Raja Reddy, B.C.; Jayaraju, N.; Sreenivasulu, G.; Suresh, U. & Reddy, A.N. 2016.

Heavy metal pollution monitoring with foraminifera in the estuaries of Nellore coast, East coast of India. *Marine Pollution Bulletin*. 113(1-2): 542-551.

Santos, E.S.; Jennerjahn, T.; Leipe, T.; Medeiros, P.R.P.; Souza, W.F.L.E. & Knoppers, B.A. 2013. Origem da matéria orgânica sedimentar no delta-estuarino do Rio São Francisco, AL/SE – Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 27(1): 37-48.

Silva, G.S. 2014. Estudo geoquímico de sedimentos fluviais e estuarinos do rio Subaé-Ba. Cruz das Almas, Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Dissertação de Mestrado, 86 p.

Statsoft, Inc. 2007. Statistica (data analysis software system), version 7. <www.statsoft.com>. Acesso em: 02.jul. 2018.

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). 2006. Uso atual das terras: Bacias dos Rios Itapicuru, Vaza-Barris e Real. Salvador, 115 p.

Semensatto-JR, D.L. & Dias-Brito, D. 2004. Análise ambiental de uma área parálisa no delta do rio São Francisco, Sergipe-Brasil, com base na sinecologia de foraminíferos e tecamebas (protista). *Revista Brasileira de Paleontologia*. 7(1): 53-66.

Small, C. & Nicholls, R.J. 2003. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*. 19(3): 584-599.

Sharifi, A.R.; Croudace, I.W. & Austin, R.L. 1991. Benthic foraminiferids as pollution indicators in Southampton Water, southern England, U. K. C. *Journal of Micropaleontology*. 10(1): 109-113.

Wentworth, C.K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. In: K. Suguio (1973). *Introdução à Sedimentologia*. Editora Edgard Blucher, Universidade de São Paulo, SP. 316 p.

CAPÍTULO 3

ARTIGO 2 – INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS DO HOLOCENO TARDIO COM BASE EM FORAMINÍFEROS E BIVALVES NO ESTUÁRIO DO RIO REAL (BAHIA-SERGIPE)

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO¹, ALTAIR DE JESUS MACHADO³, SIMONE SOUZA DE MORAES³, ANDRÉ RAMOS COSTA¹, ANA CARINA MATOS SILVA¹, ANDRÉ VINNICYUS BORGES BARROS², GERALDO MARCELO PEREIRA LIMA³

¹Programa de Pós-Graduação em Geologia, ²Departamento de Geologia e ³Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. ih.azevedo@uol.com.br, altair@ufba.br, smoraes@ufba.br, andrerc@ufba.br, anacarinams@gmail.com, andrevbarros08@gmail.com, glima@ufba.br

RESUMO - O objetivo desta pesquisa foi realizar interpretações paleoambientais do estuário do rio Real durante o Holoceno Tardio, com base em foraminíferos bentônicos e bivalves. Para isso, utilizaram-se além dos organismos, dados granulométricos de dois testemunhos rasos de sondagens. A granulometria, predominantemente arenosa, indica um ambiente de elevada energia hidrodinâmica, respaldado pelo registro de organismos autóctones (bivalves), a saber: T01 - *Anomalocardia brasiliana*, *Anadara sp.*, *Corbula dietziana*, *Corbula contracta*, *Corbula caribaea*, *Corbula cubaniana*, *Chione subrostrata*, *Chione cancellata*, *Luanarca ovalis*, e T02 - *Diplodonta cf. notata*. Foram identificadas, em 12 amostras do testemunho T01, 606 foraminíferos pertencentes a 20 espécies, e quatro espécies principais: *Ammonia beccarii*, *Trochammina hadai*, *T. inflata* e *T. globigeriniformis*. No testemunho T02, foram registradas em quatro amostras, 119 espécimes pertencentes a 3 espécies, e três principais: *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus* e *Haynesina germânica*. O predomínio do gênero aglutinante *Trochammina* no T01, fácies-G1 (base ao intervalo 105 cm), marca a ocorrência de uma Zona de Estuário Médio, a qual exibe um ambiente com influência fluvial. As fácies-G1 e G3 (intervalos 70 a 50 cm) apresentam um pacote sedimentar areno-lodoso, e um paleoambiente controlado por aporte de água doce, típico de ambiente fluvial. Os registros dos bivalves *Anadara sp.*, *Anomalocardia brasiliana*, *Corbula caribaea*, *C. cubaniana*, *C. subrostrata*, *Chione cancellata*, e *Luanarca ovalis* na fácies-G4 (intervalos 50 a 15 cm) marca a ocorrência de uma Zona de Estuário Baixo, ou seja, um ambiente com influencia marinha. A fácies-G2 (intervalos 105 a 70 cm) e G4 registraram um domínio de espécies de bivalves eurihalinos associados às condições sedimentológicas areno-lodosas, evidenciando a existência de um depósito transgressivo marcando uma transição offshore. A fácies-G5 (intervalo 15 ao topo), apresenta um conjunto de foraminíferos e bivalves desde espécies aglutinantes de ambientes salobros e mixohalinos rasos a espécies marinhas calcárias, classificando o intervalo G5 como o estuário atual, marcado por depósitos marinhos rasos transgressivos. No T02, as fácies-Z1 (base a 205 cm) e Z3 (intervalos 175 a 15 cm) apresentam um ambiente estéril em foraminíferos e bivalves, característico de um

ambiente marcado por água doce, e que, provavelmente ocorreu uma progradação de sedimentos continentais. A fácies-Z2 (intervalos 205 a 175 cm) registrou apenas o bivalve marinho *Diplodonta cf. notata* que associado à granulometria arenosas do ambiente, sugere um ambiente marinho raso. A fácies-Z4 (intervalo 15 cm ao topo) representa o estuário atual com domínio marinho em relação ao fluvial, corroborado pelo predomínio das espécies de foraminíferos calcário-hialinos *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus* e *Haynesina germânica*. Nesse sentido, as interpretações das correlações entre os dados abióticos e bióticos obtidos dos perfis T01 e T02 ao longo do Holoceno Tardio revelaram variações significativas nas condições paleoambientais durante o período de mar baixo. Essas variações fornecem informações importantes sobre as mudanças ocorridas nesse ecossistema ao longo do tempo e enriquecem nossa compreensão dos padrões de resposta das comunidades bióticas às oscilações ambientais durante o Holoceno Tardio.

Palavras-chave: Foraminíferos, Bivalves, Paleoambiental, Late Holoceno, Estuário do rio Rea

ABSTRACT: The aim of this research was to describe the paleoenvironmental interpretations of the Real river estuary during the Late Holocene, based on benthic foraminifera and bivalves. For this purpose, in addition to the organisms, granulometric data from two shallow drill cores were used. The granulometry, predominantly sandy, indicates an environment of high hydrodynamic energy, supported by the record of autochthonous organisms (bivalve), namely: T01 – *Anomalocardia brasiliana*, *Anadara* sp., *Corbula dietziana*, *Corbula contracta*, *Corbula caribaea*, *Corbula cubaniana*, *Chione subrostrata*, *Chione cancellata*, *Luanarca ovalis*, and T02 - *Diplodonta cf. notata*. In 12 samples from the core T01, 606 foraminifera were present belonging to 20 species with the four main species identified as *Ammonia beccarii*, *Trochammina hadai*, *T. inflata* and *T. globigeriniformis*. In the T02 core, 119 specimens belonging to three species were registered in four samples, and three main ones were *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus* and *Haynesina germânica*. The predominance of the agglutinating genus *Trochammina* in T01, facies-G1 (base to interval 105 cm), marks the occurrence of a Medium Estuarine Zone, which exhibits an environment with fluvial influence. Facies-G1 and G3 (intervals 70 to 50 cm) present a sandy-muddy sedimentary package, and a paleoenvironment controlled by freshwater input, typical of a fluvial environment. Records of the bivalve *Anadara* sp., *Anomalocardia brasiliana*, *Corbula caribaea*, *C. cubaniana*, *C. subrostrata*, *Chione cancellata*, and *Luanarca ovalis* at facies-G4 (50 to 15 cm intervals) mark the occurrence of a Lower Estuarine Zone, an environment with marine influence. Facies-G2 (intervals 105 to 70 cm) and G4 registered a domain of euhaline bivalve species associated with sandy-muddy sedimentological conditions, evidencing the existence of a transgressive deposit marking an offshore transition. Facies-G5 (interval 15 at the top), presents a set of foraminifera and bivalve from brackish and shallow mixohaline agglutinating species to calcareous marine species, classifying the G5 interval as the current estuary, marked by shallow transgressive marine deposits. At T02, facies-Z1 (base at 205 cm) and Z3 (intervals from 175 to 15 cm) present a sterile environment for foraminifera and bivalve, characteristic of an environment marked by fresh water, and which probably occurred a progradation of continental sediments. Facies-Z2 (intervals 205 to 175 cm) recorded only the marine bivalve *Diplodonta cf. notata* that associated with the sandy granulometry of the environment, suggests a shallow marine environment. Facies-Z4 (interval 15 cm at the top) represents the current estuary with marine dominance in relation to the fluvial one, corroborated by the predominance of the limestone-hyaline foraminifera species *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus* and *Haynesina germânica*. In this sense, the interpretations of the correlations between the abiotic and biotic data obtained from

the T01 and T02 profiles during the Late Holocene revealed significant variations in the paleoenvironmental conditions during the low tide period. These variations provide important information about the changes that occurred in this ecosystem over time and enrich our understanding of the response patterns of biotic communities to environmental oscillations during the Late Holocene.

Keywords: Foraminifera, Bivalve, Paleoenvironmental, Late Holocene, Estuary of the river Real

INTRODUÇÃO

Os estuários constituem ambientes de transição de ecossistemas entre o continente e o oceano, resultando em processos de mistura, diluição e transporte das massas d'águas continentais e marinhas (SILVA et al., 2011). As zonas costeiras são ambientes sensíveis e estão cada vez mais sujeitas à degradações decorrentes das ações antrópicas sociais e econômicas, como exemplos ocupações urbanas desordenadas, construções de portos para circulação de pessoas através dos transportes hidroviários, e escoamento de mercadorias pelos rios, construções de barragens, represas, atividades de carcinicultura, maricultura, aporte de dejetos domésticos, agrícolas e industriais (AZEVEDO et al., 2022; BENEVIDES et al, 2021; SOARES, et al., 2020).

O ambiente estuarino resulta de um processo de subida vertical do nível do mar que se encontrava a 120 m abaixo do nível do mar atual há 15.000 A.P. Dessa forma, a partir da variação vertical positiva iniciou-se à formação dos estuários atuais, uma vez que os eventos de inundação ocorreram mais rápido que os eventos de sedimentação (SILVA, et al., 2011)

A história do paleonível do mar (PNM) no Brasil tem sido discutida nas últimas 2 décadas, em especial os últimos 7000 anos apresentaram um nível máximo do mar à uma posição defendida por Suguiú et al. (1985) e confirmada, se de fato ocorreram alterações de alta frequência no nível médio do mar (NMM) por Ângulo et al. (2006). As flutuações das curvas do NMM no Brasil durante o Holoceno foram descritas por Suguiú et al. 1976 e posteriormente diversos autores publicaram outras variações (MARTIN et al., 1979; DOMINGUEZ et al., 1990; ANGULO e LESSA, 1997). Sabe-se que a costa do Brasil é uma área de ajuste isostático, cujo fator dominante é a carga de água na plataforma (DOMINGUEZ, 2011), o que provoca como efeito um aumento do nível do mar na costa brasileira com intrusão salina, além de ocorrer perdas ambientais, em especial para regiões de ecossistemas de manguezais, praias e dunas (BEZERRA 2014, NOVELLI et al. 2016).

O estuário do rio Real apresenta características peculiares, constituído de um ecossistema diversificado, bem como áreas de restingas, dunas e zonas de manguezal. Por causa disso, muitas pesquisas são realizadas no âmbito da dinâmica costeira, sedimentar e geomorfológica, mas a maioria dos estudos são com amostras sedimentológicas e nenhum deles utilizaram ferramentas paleontológicas para realizar as análises paleoambientais, como exemplo: (MELO et al., 2020; MELO et al., 2016; FARIAS, 2014). Dentro deste contexto, sabe-se que muitas são as condicionantes que atuam na evolução dos ambientes estuarinos e por consequência na distribuição da biodiversidade que motivam pesquisas nestes locais.

A utilização de foraminíferos bentônicos permite sanar algumas lacunas de conhecimento acerca do comportamento paleoambiental, uma vez que estes microfósseis se configuram como excelentes bioindicadores paleoambientais, incluindo paleosalinidade. Estudos de reconstrução paleoambiental, têm utilizado, cada vez mais, os foraminíferos como ferramentas eficientes, por apresentarem forte distribuição espaço-temporal e serem excelentes indicadores ambientais em pesquisas sobre variações das condições ambientais, e no caso de amostras de testemunhos, os foraminíferos estuarinos ainda apresentam uma clara distribuição vertical revelando diferentes biozonas, o que auxilia nas interpretações das condições oceânicas e ambientais pretéritas, utilizando tanto as formas bentônicas quanto as planctônicas (DULEBA et al., 1999; DEBENAY, 2009; DIAS et al., 2009, entre outros). Muitas são as reconstruções paleoambientais com base em foraminíferos, a exemplo: (BÍCEGO et al., 2022; ARARIPE et al., 2021; BOM et al., 2021; ÁVILA et al., 2020; EICHLER et al., 2019; KOUTSOUKOS et al., 1991; GARCÍA-GALLARDO et al., 2017; GASPARINI e VILELA, 2017).

Outro grupo muito utilizado em trabalhos de reconstrução paleoambiental são os bivalves, devido ao grande número de espécies viventes, aproximadamente 110.000 (RUSSELL – HUNTER, 1979) e serem encontrados em diversos ambientes (água doce, salobra, marinha e estuários). Por suas conchas constituírem um registro fóssil semipermanente de sua ocorrência (GONÇALVES e LANA, 1991), estão intimamente ligados às condições ambientais do meio, o que permite fazer inferências sobre padrões paleoecológicos já que estão muito associados às características do substrato (FORCELLI, 2000). Adicionalmente, os estudos sobre as assembleias de bivalves permitem fazer inferências sobre mudanças no nível do mar, variações climáticas, alterações antropogênicas, variações da salinidade, bem como outros parâmetros do ecossistema bentônico e aspecto da química ambiental que auxilia na compreensão do desenvolvimento do modelo de

idade, por exemplo: (SIMÕES e KOWALEWSKI, 1998; SANTOS et al., 2023; KROTH et al., 2021; PEREIRA et al., 2018; WINGARD e SURGE 2017; LENG e LEWIS 2016; ERTHAL et al., 2015).

A presente pesquisa teve o objetivo de descrever as modificações das condições paleoambientais, com base em foraminíferos bentônicos e conchas de bivalves no estuário do rio Real.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à porção estuarina do rio Real, a qual situa-se na divisa entre os estados de Bahia e Sergipe, limite dos municípios Jandaíra-BA e Estância-SE (Figura 1). A bacia hidrográfica do rio Real apresenta uma área total de aproximadamente 8.946,67 km², distribuída em 27 municípios com uma população local estimada de 810.129 habitantes (CODEVASF/IBGE, 2020).

O rio Real nasce no município de Poço Verde-SE, mas sua bacia hidrográfica limita-se ao sul com a bacia do rio Itapicuru e ao norte com a bacia do rio Vaza-Barris (SOUZA, 2016). Tem uma extensão territorial de 4.972 km², percorrendo 246 km ao longo dos municípios de Cícero Dantas, Fátima, Heliópolis, Jandaíra e Rio Real, até desaguar no oceano Atlântico através das vilas de Simbaíba e Mangue Seco. Seus principais afluentes são os rios Mocambo e Baixa do Tubarão (MELO et al., 2020).

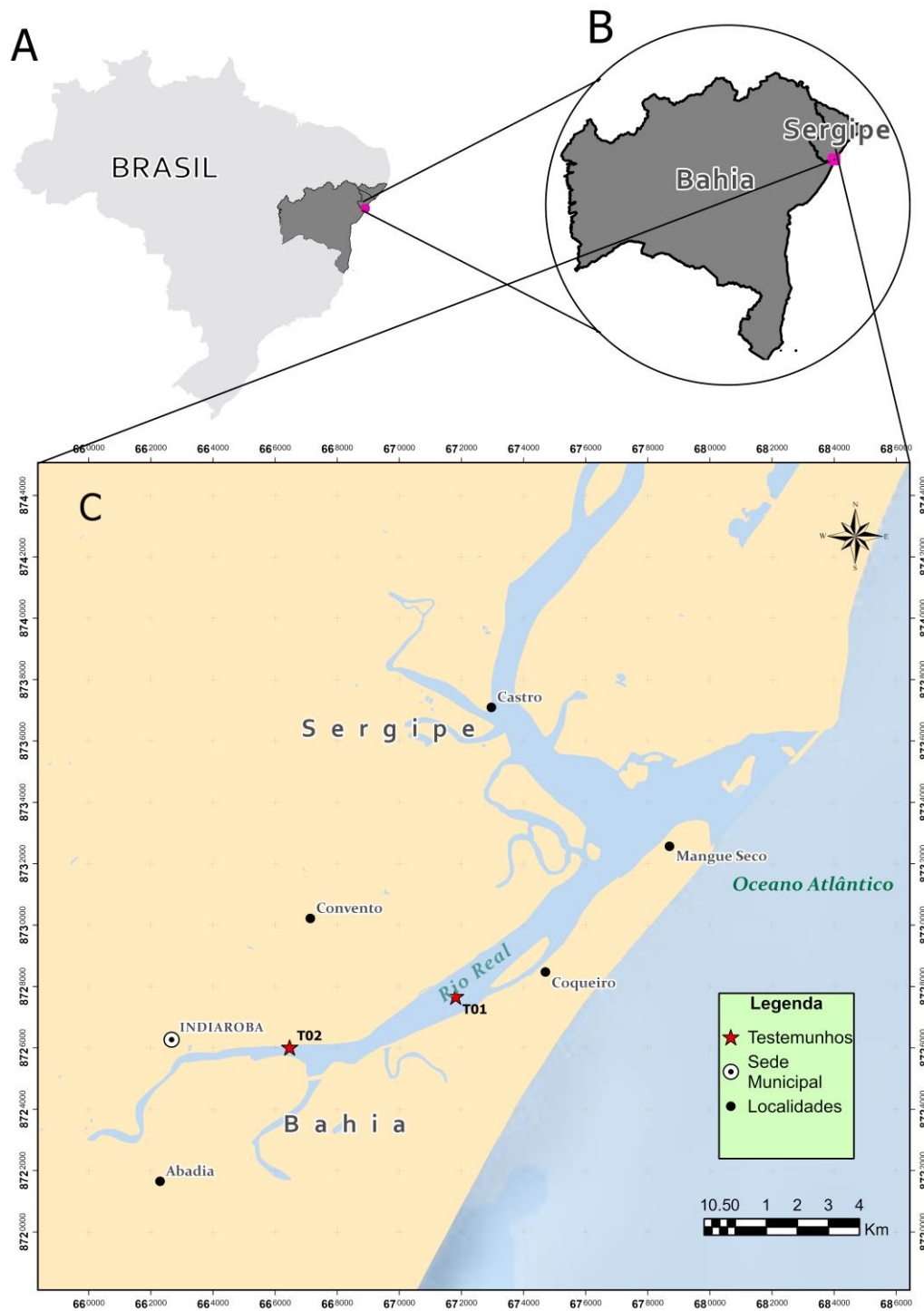
A região apresenta um clima tropical chuvoso com as maiores precipitações ocorrendo nos meses de abril a junho, e as menores nos meses de outubro a março demarcando estações chuvosas e secas, além de pouca variação térmica com registros de entre 20°C e 30°C nos valores da temperatura local (FARIAS, 2014).

Do ponto de vista geomorfológico, o estuário do rio Real, que faz parte da região do Litoral Norte do Estado da Bahia, é constituído por uma planície costeira e tabuleiros costeiros (FARIAS, 2014). As planícies costeiras são formadas por sedimentos que se acumulam ao longo das margens de corpos d'água de grandes proporções, como o mar e o oceano. Essas planícies são compostas por sedimentos de origem marinha, continental, fluviomarina e lagunar, geralmente datando das eras holocênica e pleistocênica (SUGUIU, 2003). No caso específico da Planície Costeira do rio Real, sua formação resulta do constante avanço e recuo da linha de costa, influenciado pelas ações das ondas, marés, correntes marinhas e ventos, bem como pelas

variações do nível relativo do mar durante o Período Quaternário (COSTA, 2011). Para a região do Litoral Norte do Estado da Bahia, foram identificadas na região cinco unidades geomorfológicas distintas: praias, dunas, terraços marinhos holocênicos, leques aluviais e Grupo Barreiras (LIMA, 2007).

Os tabuleiros costeiros formam uma ampla faixa sedimentar ao longo da costa, apresentando poucas interrupções, e ocasionalmente são responsáveis pela formação de declives que se estendem até o leito dos vales (ver figura 2), especialmente quando os rios ou riachos que os atravessam ainda não desenvolveram a planície aluvial (FONTES, 1997). Essas unidades geomorfológicas estão localizadas nas proximidades do litoral, abrangendo a região entre os municípios de Jandaíra e Indiaroba, e são caracterizadas por sedimentos quaternários predominantes, notadamente depósitos de areia que constituem dunas com diferentes formatos e alturas (COSTA, 2011).

Figura 1. Localização da área de estudo e dos dois testemunhos T01 (1,50 m) e T02 (2,00 m) coletados ao longo do estuário do rio Real, Bahia, Brasil



MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo do estuário do rio Real, foram coletadas amostras de subsuperfície com o auxílio dos testemunhos T01 e T02 com 1,50 m e 2,00 m de profundidade, respectivamente, em setembro de 2019 (Figura 1).

A realização das análises de granulometria das amostras dos testemunhos T01 e T02 foram realizadas no Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO) do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) do Instituto de Geociências da UFBA. Primeiro as amostras de sedimento foram ensacadas, previamente rotuladas e congeladas, depois colocadas dentro do liofilizador para secagem. Após secagem, as análises granulométricas foram feitas através do uso do granulômetro, que forneceu informações acerca da textura e do grau de selecionamento seguindo metodologia baseada na escala de Wentworth (1922) para estabelecer as classificações das frações em areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa, silte e argila.

No Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos (LGEF), com o auxílio de um estereomicroscópio, as testas dos foraminíferos foram retiradas do papel de filtro e fixadas com cola orgânica em lâminas para microfósseis, e a identificação dos organismos em nível de espécie foi baseada em literatura existente de diversos autores, mas a classificação sistemática foi realizada a partir de Loeblich e Tappan (1988). As conchas dos bivalves foram retiradas dos sedimentos manualmente, e selecionadas aquelas que estavam bem preservadas, para fins de identificação em nível de espécie baseada na literatura malacológica disponível (RIOS, 2009).

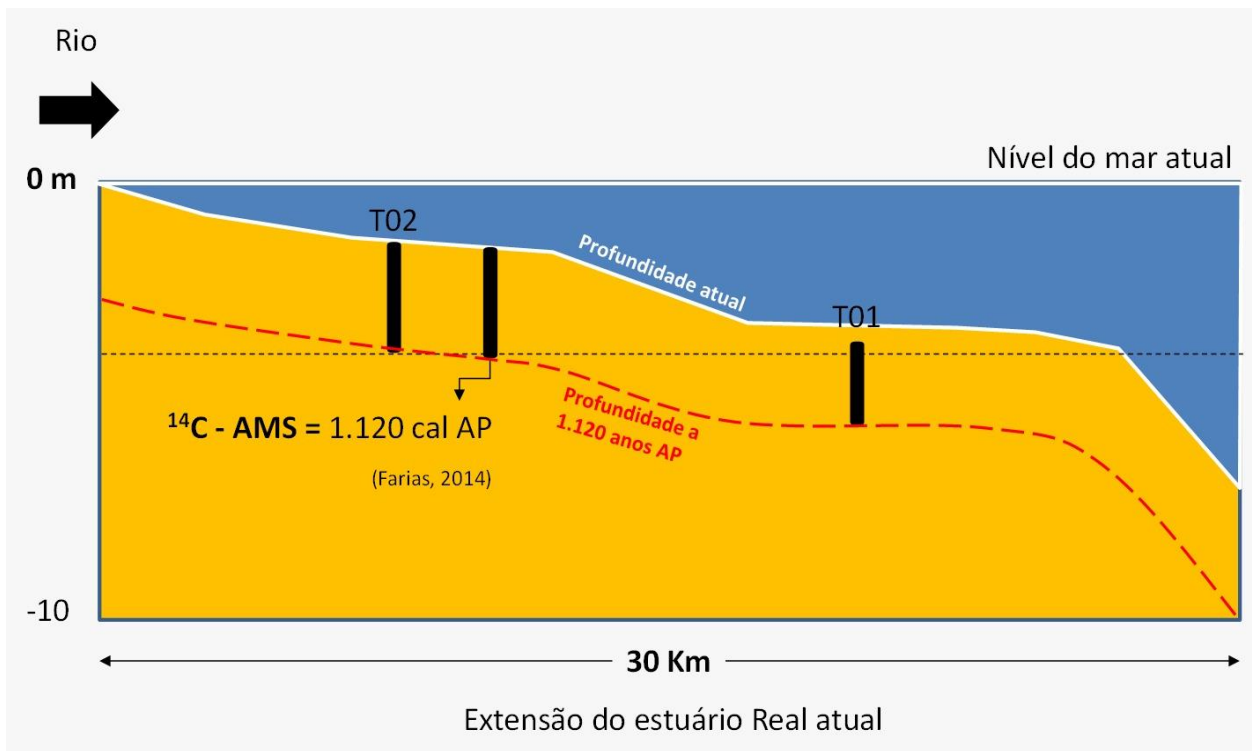
Com o auxílio do programa Microsoft Excel 2019, foram realizadas análises descritivas dos dados de foraminíferos (abundância absoluta e razão aglutinantes/calcários - A/C%) e de moluscos bivalves (abundância absoluta). Para ambos os grupos foram calculados os índices ecológicos: Diversidade de Shannon (H'), Riqueza de Margalef (S) e Equitatividade de Pielou (J') por meio do programa Primer 6. Adicionalmente, foram utilizados os programas Past 4, para a exposição dos dados a partir de gráficos verticais, e ArcGis 10.5 para a produção do mapa de localização da área de estudo.

RESULTADOS

Batimetria e granulometria do estuário do rio Real

No estuário do Real, há maior profundidade ao longo do leito estuarino mais próximo à embocadura (ver o testemunho T01 na Figura 2) que é caracterizada por um banco arenoso proveniente da erosão das dunas localizadas na margem esquerda do canal (região de Mangue Seco-BA), o qual sofre alterações nas profundidades devido ao balanço energético das ondas (FARIAS, 2014). Considerando a localização do testemunho T02 (próximo à nascente), percebemos que a área de estudo está situada entre as partes do canal principal que são expostas apenas durante a maré baixa (inframaré) e as áreas que se encontram inundadas durante a maré alta (intermaré e supramaré). Portanto, a região da cabeceira, onde se encontra o testemunho T02, permanece constantemente alagada, o que possibilita a deposição de sedimentos e resulta em um canal mais raso. Além disso, devido ao desnível em relação ao testemunho T01, a base do testemunho T02 não é afetada pelas variações de maré, caracterizando uma área inframareal entre a base do T02 e o topo do T01.

Figura 2. Desenho esquemático da disposição dos testemunhos T01 e T02 no estuário do rio Real



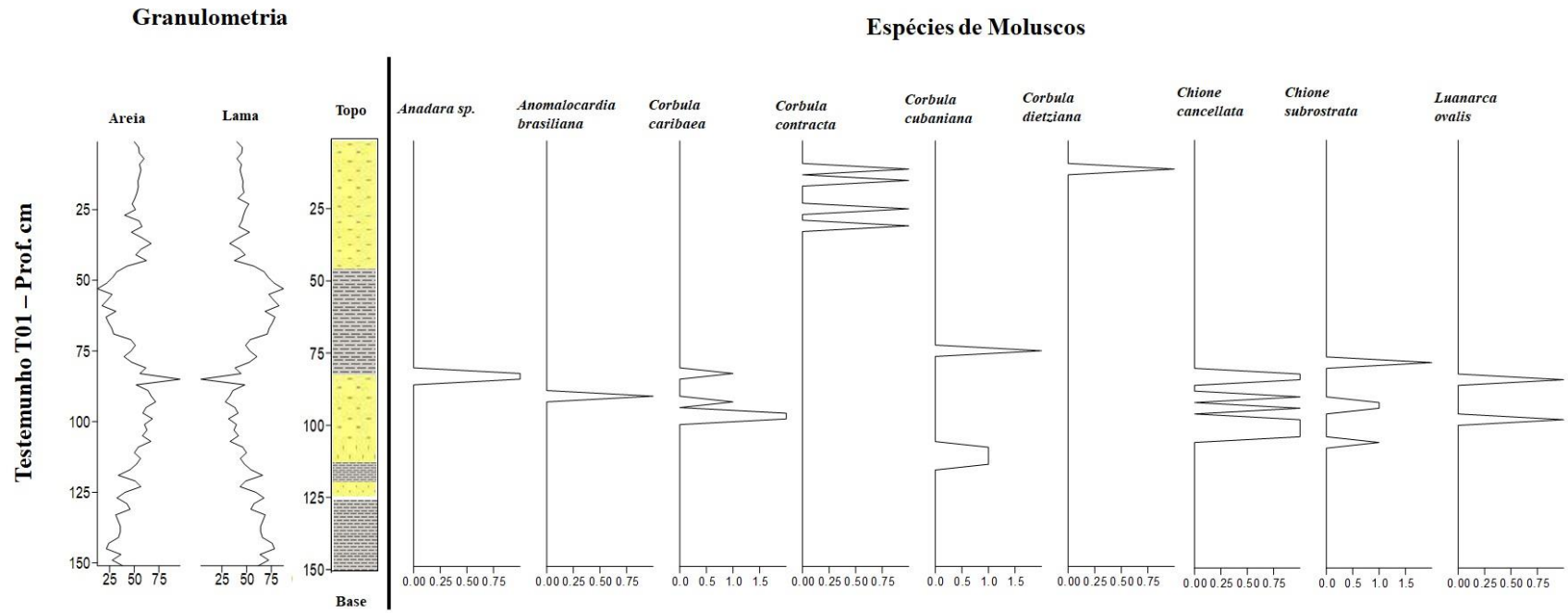
Composição granulométrica do estuário do rio Real

No testemunho T01, predominam as frações areia com intercalação de silte e argila (intervalos 1 a 44 cm; 81 a 115 cm 121 a 123 cm) e silte e argila com intercalação de areia (amostras 45 a 79 cm, 117 a 119 cm e 124 a 151 cm), sendo que atualmente a areia é comumente encontrada nas regiões internas e externas do estuário, enquanto na sua porção central mais próximo à montante predomina a deposição de lama (silte e argila). Já o testemunho T02 apresentou predomínio da fração silte e argila com intercalação de areia somente nos primeiros 14 cm, sendo o restante de fração areia com intercalação de silte e argila (intervalos de 15 a 201 cm) (Figura 3).

Espécies de bivalves do estuário do rio Real

Além disso, foi registrada a ocorrência de fragmentos e de conchas inteiras de espécies de bivalves no testemunho T01 seguidos das abundâncias absolutas e profundidades que foram registrados, a saber: *Corbula dietziana* (AB: 1; amostra 11 cm), *Corbula contracta* (AB: 4; 11 a 31 cm) *Luanarca ovalis* (AB: 2; 85 e 99 cm); *Chione cancellata* (AB: 8; 83 e 85 cm, 91 a 95 cm, 99 cm, e 100 a 105 cm); *Anomalocardia brasiliiana* (AB: 1; 91 cm), *Chione subrostrata* (AB: 5; 79 cm, 93 e 95 cm, e 107 cm); *Corbula caribaea* (AB: 6; 83 e 85 cm, 91 cm, 97 e 99 cm); *Corbula cubaniana* (AB: 6; 75 cm, e 109 a 115 cm) e das espécies *Anadara sp.* (AB: 2; 85 cm) (Figura 3). Já no testemunho T02, foi registrada somente a espécie bivalve *Diplodonta cf. notata* (intervalos 175, 185 a 195 cm) (Figura 4).

Figura 3: Composição granulométrica e abundância absoluta das espécies de bivalves registradas no testemunho T01 (1,51 m) do estuário do rio Real

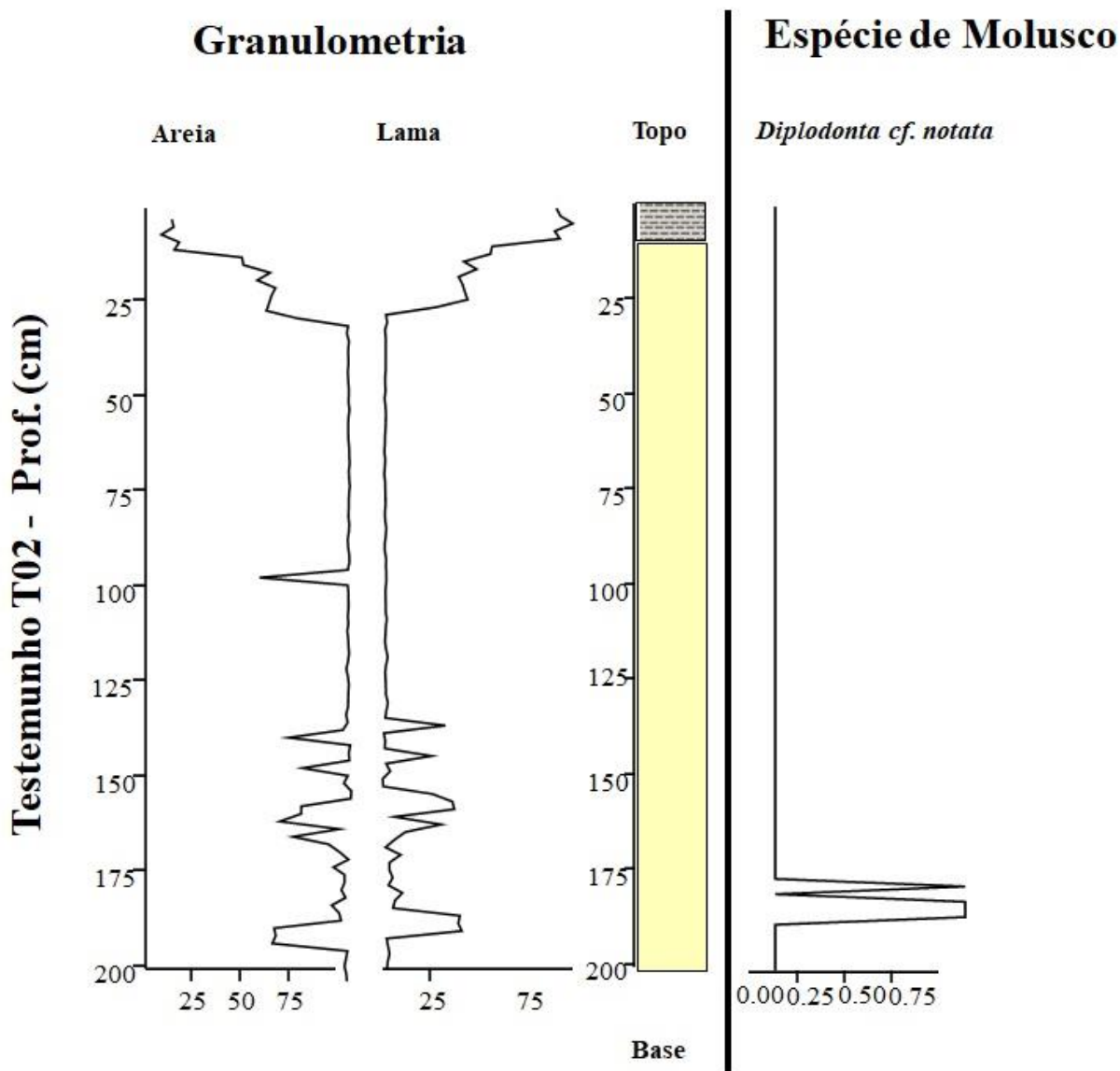


■ Areia com intercalação de silte e argila

■ Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areia = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila.

Figura 4: Composição granulométrica e abundância absoluta de espécie de bivalve registradas no testemunho T02 (2,00 m) do estuário do rio Real



■ Areia com intercalação de silte e argila

■ Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areia = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila.

Espécies de foraminíferos do estuário do rio Real

No testemunho T01, foram identificados 606 foraminíferos pertencentes a 20 espécies, das quais quatro foram classificadas como principais: *Ammonia beccarii* (12,05%), *Trochammina hadai* (37,46%), *T. inflata* (20,30%) e *T. globigeriniformis* (8,75%) (Tabela 1, Apêndices C) (Figura 5).

Já no testemunho T02, foram registrados 119 espécimes pertencentes a três espécies: *A. beccarii* (71,93%), *Cibicides lobatulus* (19,30%), *Haynesina germanica* (8,77%) (Tabela 2, Apêndices C).

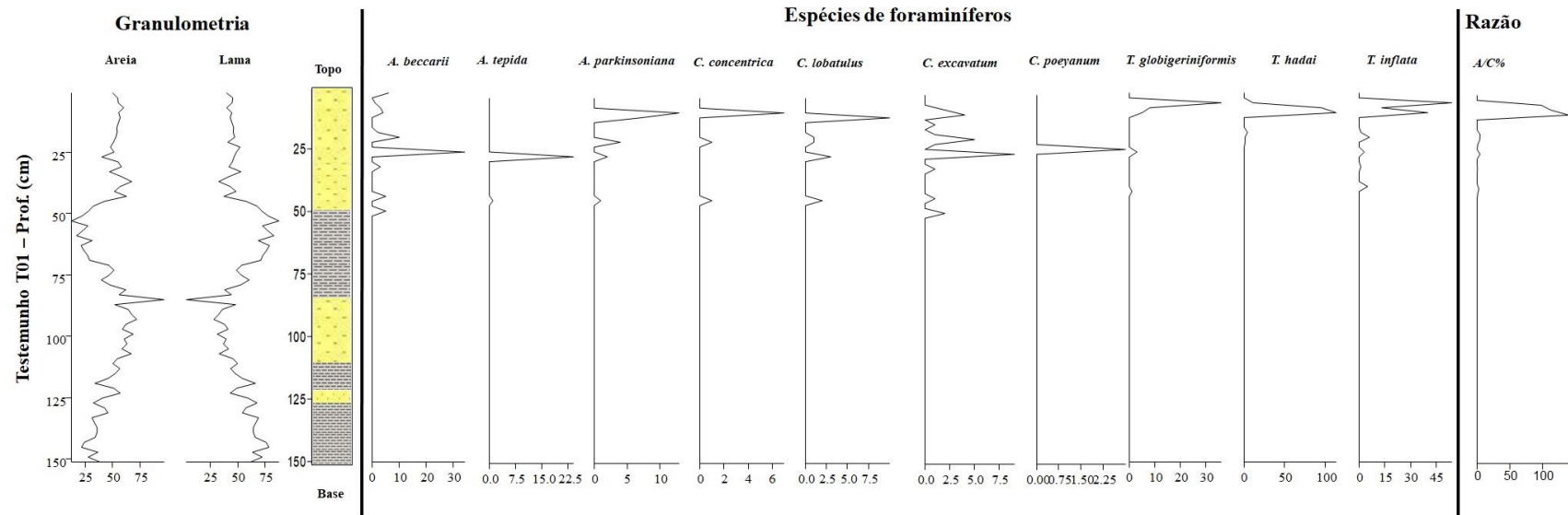
Não houve registro de espécies aglutinantes no testemunho T02 (Figura 6), mas para calcular a razão aglutinantes/calcários (A/C%) do testemunho T01 foram utilizadas as espécies aglutinantes *Textularia agglutinans*, *Trochammina hadai* e *T. inflata* e as espécies calcárias *Ammonia beccarii*, *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *C. concentrica*, *C. lobatulus*, *Criboelphidium excavatum* e *C. poeyanum*. A razão A/C% do T01 atingiu os maiores valores nos intervalos 5 cm (99,94%), 7 cm (97,50%) e 9 cm (97,55%), de profundidade (Figura 5), devido ao aumento do número de testas aglutinantes, enquanto os menores valores ocorreram nos intervalos 17 cm (4,53%), 19 cm (4,16%), 21 cm (1,00%), 25 cm (4,58%), 31 cm (0,53%), 39 cm (2,63%) e 41 cm (1,00%) devido o predomínio dos espécimes calcários (Tabela 1, Apêndices C).

Tabela 1. Razão A/C nas amostras do testemunho T01, localizado no estuário do Real

Prof (cm)	(A/C%)
5	99,94
7	97,50
9	97,55
11	5,79
13	6,84
15	7,89
17	4,53
19	4,16
21	1,00
23	12,11
25	4,58
27	14,21
29	15,26
31	0,53
33	17,37
35	18,42
37	19,47
39	2,63
41	1,00
43	22,63
45	23,68
47	24,74
49	25,79
51	26,84
53	27,89
55	28,95
57	30,00

Legenda: Para o testemunho T01 (1,51 m), apenas foram considerados os estratos com valores da razão (A/C%) acima de 0.

Figura 5. Composição granulométrica, abundância relativa das espécies de foraminíferos e razão A/C% registras no testemunho T01(1,51 m) do estuário do rio Real

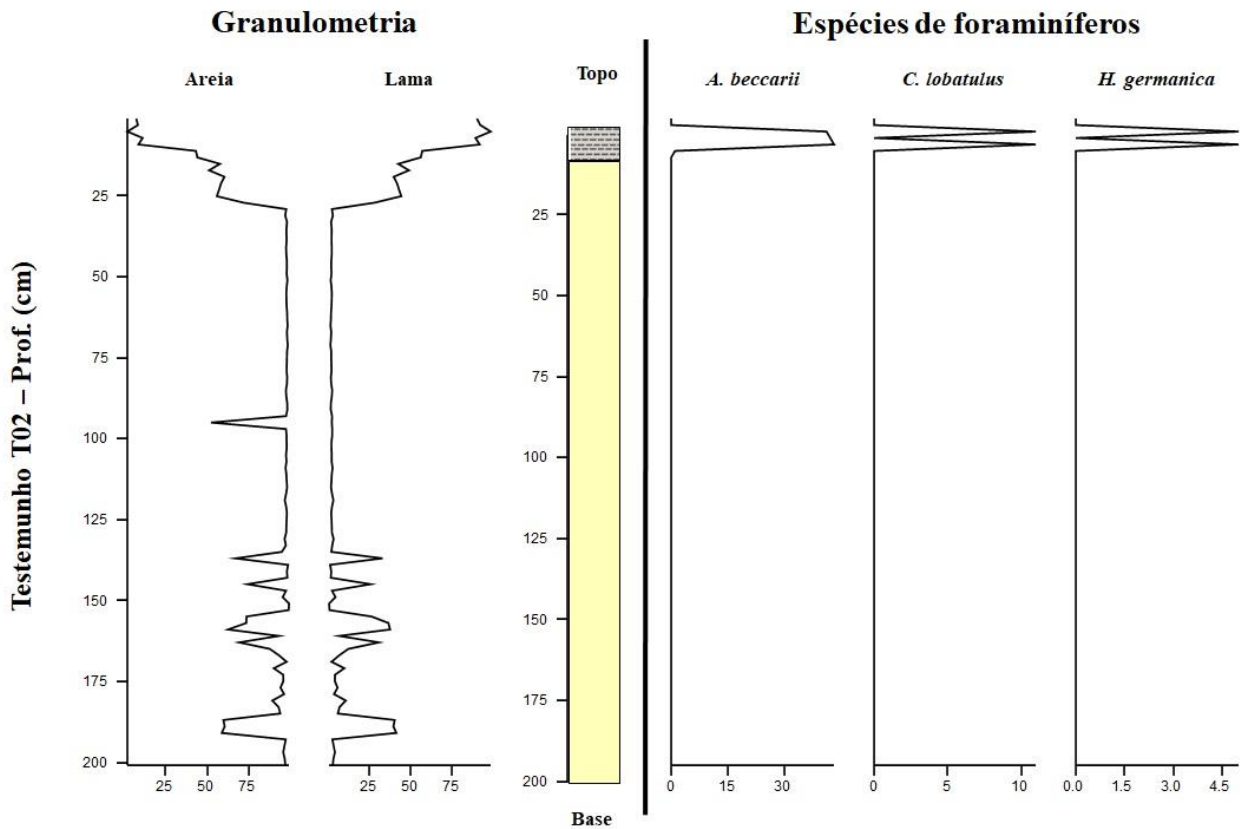


■ Areia com intercalação de silte e argila

■ Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areia = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila ; *A. beccarii* = *Ammonia beccarii*; *A. tepida* = *Ammonia tepida*; *A. parkinsoniana* = *Ammonia parkinsoniana*; *C. concêntrica* = *Cibicides concentrica*; *C. lobatulus* = *Cibicides lobatulus*; *C. Elphidium* = *Criboelphidium excavatum*; *C. poeyanum* = *Criboelphidium poeyanum*; *T. globigeriniformis* = *Trochammina globigeriniformis*; *T. hadai* = *Trochammina hadai*; *T. inflata* = *Trochammina inflata*; A/C% = Razão Aglutinantes/Calcários.

Figura 6. Composição granulométrica e abundância relativa das espécies de foraminíferos registradas no testemunho T02 (2,00 m) do estuário do rio Real



■ Areia com intercalação de silte e argila

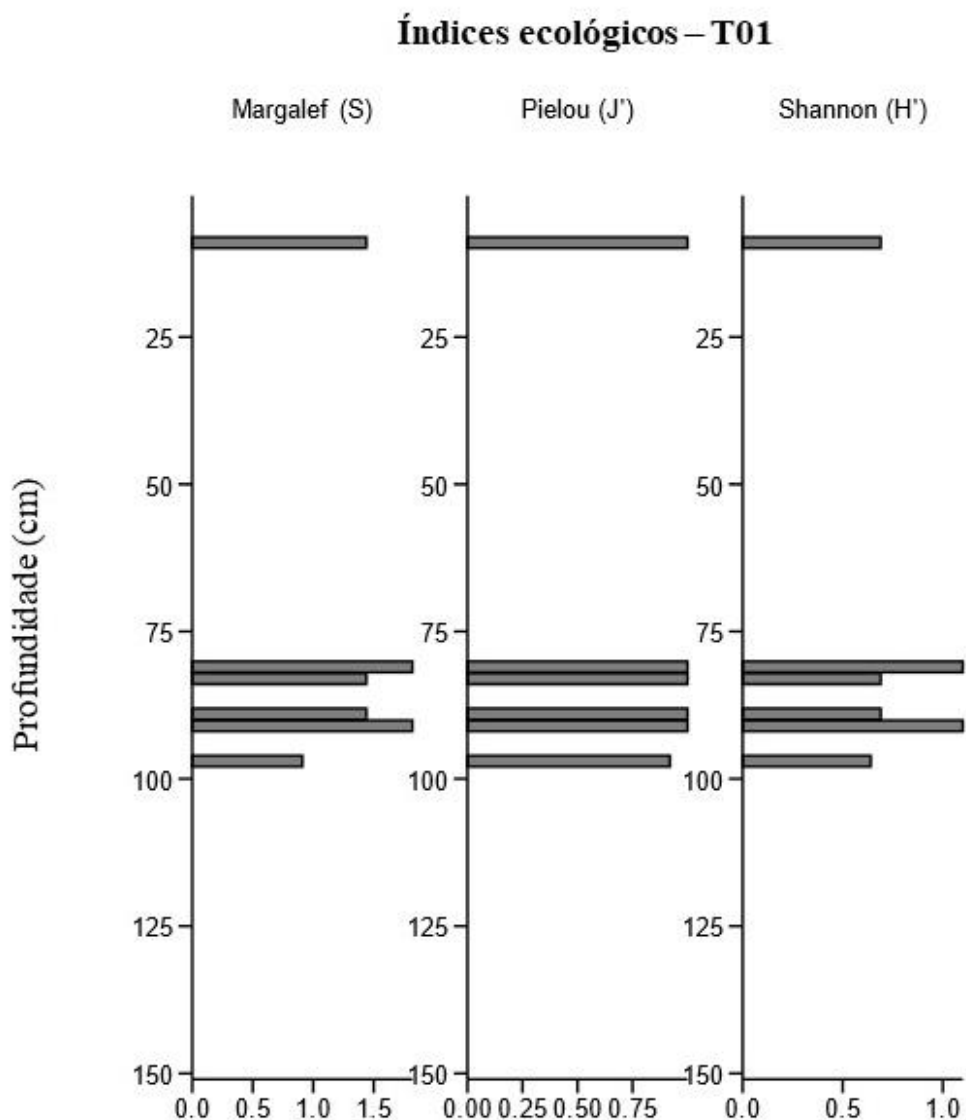
■ Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areia = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila; *A. beccarii* = *Ammonia beccarii*; *C. lobatulus* = *Cibicides lobatulus*; *H. germânica* = *Haynesina germanica*

Índices ecológicos das espécies de moluscos bivalves e de foraminíferos bentônicos

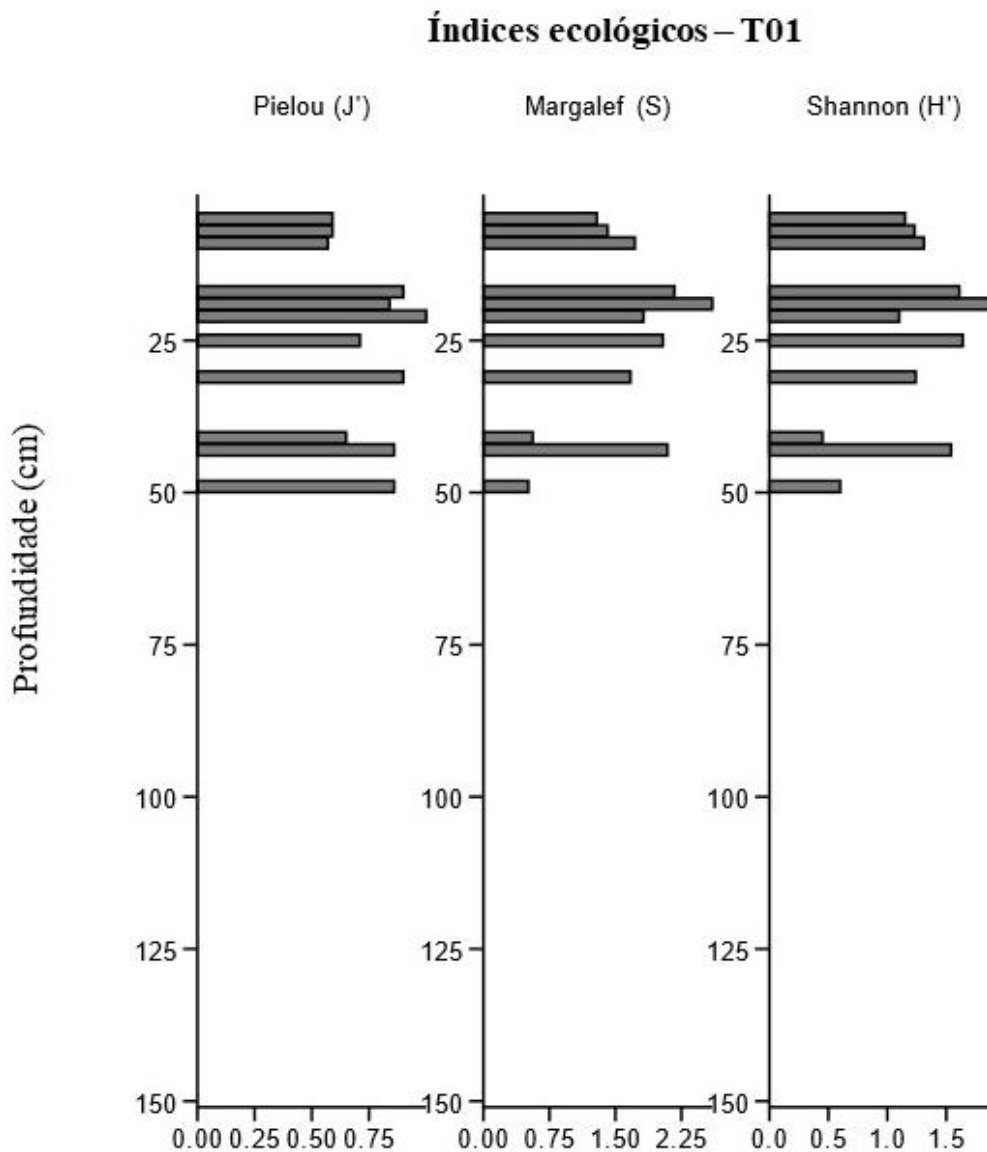
Em relação aos moluscos bivalves do testemunho T01, os maiores valores de Riqueza e Diversidade foram observados nas amostras 83 e 93 cm ($S = 1,82$ e $H' = 1,10$ em ambas) e os menores valores na amostra 99 cm ($S = 0,91$ e $H' = 0,64$). O maior valor de Equitatividade foi encontrado nas amostras 11, 83, 91 e 93 cm ($J' = 1,00$) e o menor valor obtido para a amostra 99 cm ($J' = 0,92$) (Figura 7 e Tabela 3 – Apêndices C). Não houve cálculo dos índices ecológicos para o testemunho T02 porque *Diplodonta cf. notata* foi à única espécie registrada.

Figura 7. Índices de Riqueza de Margalef (S), Equitatividade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') dos bivalves no testemunho T01 (1,51 m) do estuário do rio Real



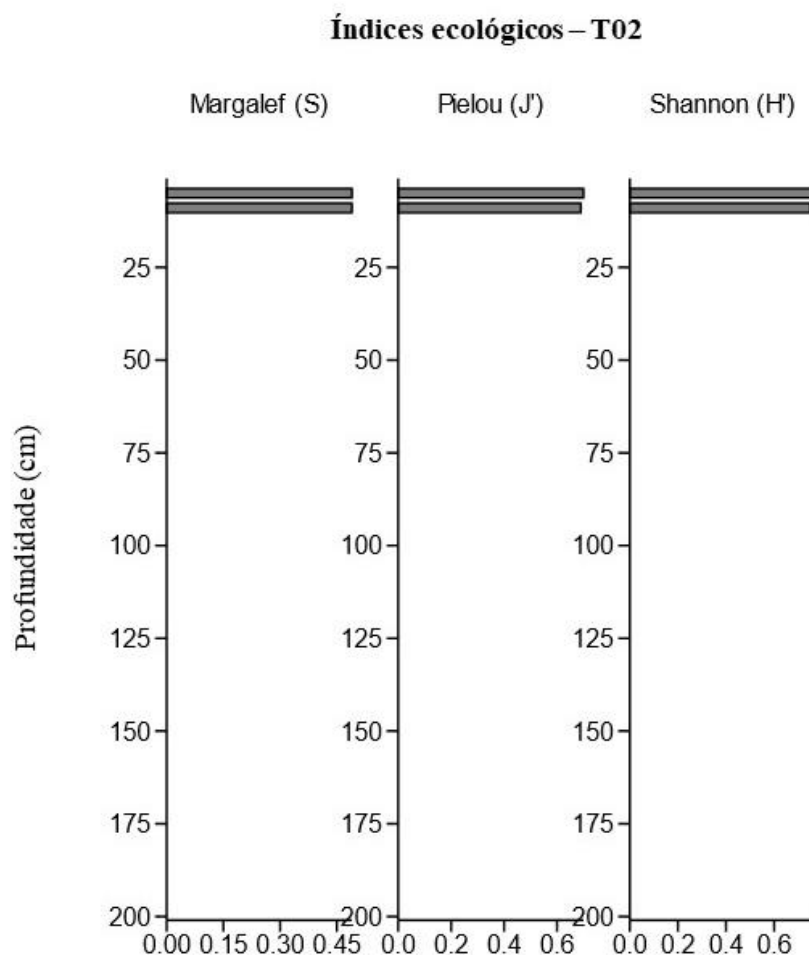
No que tange aos foraminíferos do testemunho T01, o índice de Riqueza apresentou o maior valor na amostra 19 cm ($S = 2,60$) e o menor valor na amostra 49 cm ($S = 0,51$). O maior valor de Equitatividade foi encontrado nas amostras 17 e 31 cm ($J' = 0,90$ em ambas) e o menor na amostra 9 cm ($J' = 0,57$). Já a Diversidade teve o maior valor na amostra 19 cm ($H' = 1,94$) e o menor na amostra 41 cm ($H' = 0,45$) (Figura 8 e Tabela 4 – Apêndices C).

Figura 8. Índices de Riqueza de Margalef (S), Equitatividade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de foraminíferos no testemunho T01 (1,51 m) do estuário do rio Real



No testemunho T02, o maior de Riqueza foi encontrado nas amostras 5 e 9 cm ($S = 0,49$) e o menor na amostra 43 cm ($S = 0$). O maior valor de Equitatividade foi registrado na amostra 5 cm ($J' = 0,70$) e o menor na amostra 9 cm ($J' = 0,69$). Para a Diversidade, o maior valor registrado foi na amostra 5 cm ($H' = 0,77$) e o menor na amostra 9 cm ($H' = 0,75$). (Figura 9 e Tabela 5 – Apêndices C).

Figura 9. Índices de Riqueza de Margalef (S), Equidade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de foraminíferos no testemunho T02 (2,00 m) do estuário do rio Real



DISCUSSÃO

Composição granulométrica do estuário do Real

O estuário do rio Real apresenta um sedimento, predominantemente composto por granulometria grossa, o que é típico deste tipo de ambiente já que as correntes marinhas e fluviais transportam o material mal selecionado para dentro do estuário (D' AGOSTINI, 2005).

A elevada energia hidrodinâmica do rio Real pode estar condicionada às correntes de maré com maior intensidade, associado a um ambiente com energia das ondas, e a presença de organismos autóctones (como bivalves e fragmentos de conchas desgastadas e quebradas) contribuindo na composição sedimentar (SANTOS, 2016) (Figura 3).

Paleoambientes do testemunho T01

Analisando os dados sedimentológicos, das espécies de foraminíferos bentônicos e bivalves e de batimetria obtidos através do testemunho T01, reconhece-se cinco fácies sedimentares (G1, G2, G3, G4 e G5) que descrevem as condições dos paleoambientes durante o Holoceno Tardio (Figura 10):

A fácies-G1 (150-105 cm) e a fácies-G3 (70-50 cm) apresentam um sedimento predominantemente silteoso e são marcadas pela ausência de foraminíferos bentônicos e de conchas de moluscos bivalves, indicando um paleoambiente dominado pelo aporte de água doce (Figura 10), já que os eventos de descarga fluvial modificam os padrões de circulação, mistura, diluição e intrusão salina, bem como de transporte de sedimentos, nutrientes, contaminantes, o que interfere na distribuição das comunidades bióticas no estuário (FÉLIX, 2014). Com relação às variações do nível relativo do mar (NRM) no Holoceno Tardio registradas no Litoral Norte da Bahia, Gonçalves (2016) inferiu, a partir dos dados da datação do coral *Mussismilia braziliensis*, que a última descida do NRM ocorreu entre 1520-910 anos A.P, podendo esta ser a idade aproximada do intervalo da fácies-G1. Além disso, a fácies-G3 indicaria uma nova descida do NRM, talvez de menor magnitude, mas não há dados na literatura para confirmá-lo.

Na fácies-G2 (105-70 cm) há o predomínio do sedimento arenoso e de uma associação das espécies estuarinas de moluscos bivalves *Anadora sp.*, *Anomalocardia brasiliana*, *Corbula caribaea* e *Luanarca ovalis* com as espécies marinhas *Corbula cubaniana* e *Chione cancellata* (Figura 10). Não foram registrados foraminíferos nesta fácies. *A. brasiliana* é uma espécie euriérmica e eurialina (suporta variações salinas entre 17 e 42ups, embora não tolere salinidades baixas (10ups), típica de zona entremarés, podendo ser encontrada enterrada em fundos arenosos, areno-lodosos, manguezais e em ambientes coralíneos (RODRIGUES et al., 2010), e que possui grande resistência à anoxia (SCHAEFFER-NOVELLI, 1976), sugerindo estas condições físico-químicas e um paleoambiente de embocadura na fácies-G2. Desse modo, a presença das espécies marinhas *C. cubaniana* e *C. cancellata*, típicas de ambiente nerítico, se deve ao seu transporte da plataforma continental para o estuário. Já a ausência de foraminíferos pode estar relacionada com a elevada energia hidrodinâmica que dificulta a sobrevivência destes organismos e a manutenção de suas testas neste local (SEMENSATTO JR, 2006).

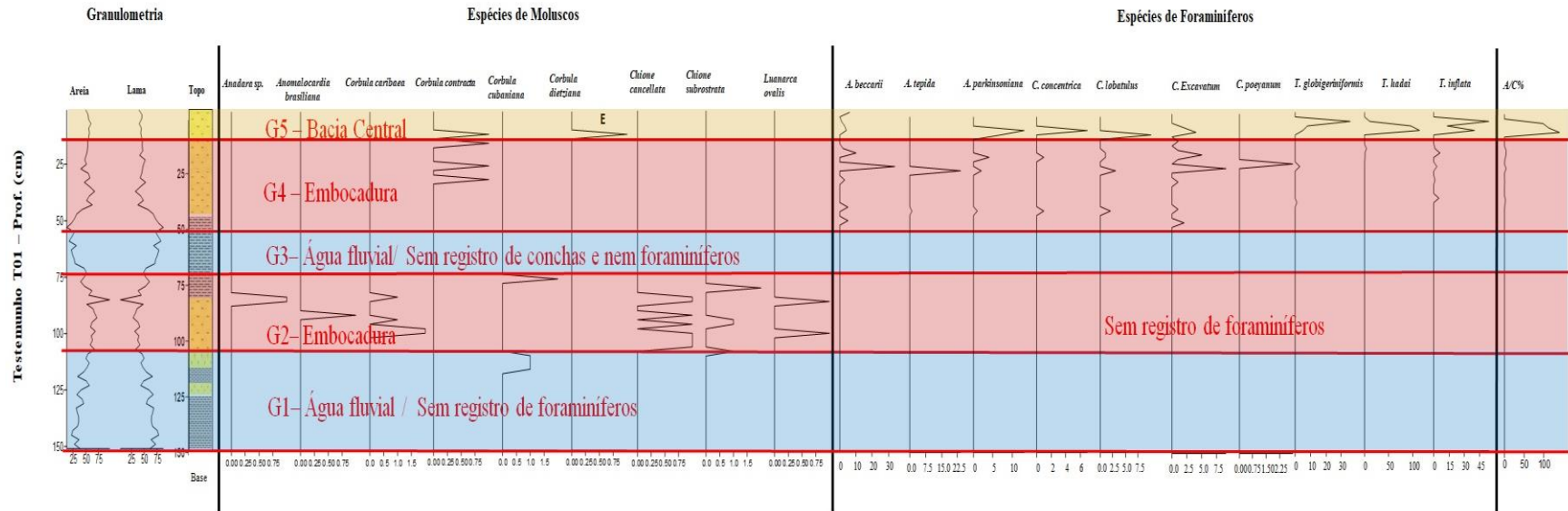
Situação semelhante é observada na fácies-G4, (50-15 cm), ou seja, apresenta um ambiente com forte domínio marinho corroborado pelo registro da espécie marinha de molusco bivalve *Corbula contracta* e pelo predomínio dos foraminíferos costeiros eurihalinos *Ammonia beccarii*, *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum* e *C. poeyanum* (Frontalini e Coccioni, 2006) (Figura 10). O gênero *Ammonia* é típico de ambientes costeiros e plataforma interna e o gênero *Criboelphidium* típico de ambientes marinhos, e incluem espécies consideradas oportunistas e resistentes as variações físico-químicas, a exemplo da salinidade (EICHLER, et al., 2003; VILELA et al., 2007).

Portanto, as fácies-G2 e G4 caracterizam-se como depósitos transgressivos com sedimentos retrabalhados e influência marinha, respaldado pelo aumento dos táxons marinhos através da mistura de espécies próximas à costa (SCARPONI e KOWALEWSKI, 2007).

A fácies-G5 (15-0 cm) corresponde às condições da bacia central do estuário do Real que são observadas atualmente, por isso exhibe o predomínio de foraminíferos aglutinantes do gênero *Trochammina*, o qual é comum em ambientes de baixa salinidade (CAMACHO, 2004 e 2015; BRUNO, 2013), seguido das espécies costeiras eurihalinas *A. beccarii*, *A. parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum* e das espécies marinhas *Cibicides concentrica* e *C. lobatulus*. O mesmo ocorre com as espécies de moluscos bivalves *Corbula contracta* e *C. dietziana* que são típicas de marinho. Já *Cibicides* é um gênero de foraminíferos epifaunais comumente encontrado em areia e cascalho de ambientes de média a alta energia hidrodinâmica localizados na plataforma continental ou talude (MURRAY, 1991; MURRAY, 2006).

No local em que o testemunho T01 foi coletado, ocorrem águas salobras e sedimento arenoso pobre em matéria orgânica e com baixo nível de oxigênio dissolvido (AZEVEDO et al., 2022). Portanto, a fácies-G5 é um setor de estuário médio, isto é, de zona mistura de água do mar com água doce (SILVA, 2000), com presença de depósitos marinhos rasos transgressivos (AMOROSI et al., 2017). As interpretações são corroboradas através dos registros dos gêneros *Ammonia*, *Criboelphidium*, e *Trochammina*, os quais reúnem espécies típicas de águas euhalinas e que possuem capacidade de se desenvolver em meio a ampla variação de salinidade (ANJOS-ZERFASS et al., 2006; MURRAY, 1991) e quando presentes em ambiente tropical indicam elevado teor de matéria orgânica, seja de origem natural ou antropogênica (BOLTOVSKOY, 1965; DEBENAY et al., 2000; SCOTT et al., 2001; BOMFIM et al., 2010).

Figura 10. Fácies sedimentares do testemunho T01 do estuário do Real durante o Holoceno



Paleoambientes do testemunho T02

O testemunho T02 possui quatro fácies sedimentares (Z1, Z2, Z3 e Z4) que descrevem a evolução dos paleoambientes durante o Holoceno:

As fácies-Z1 (200-190 cm) e Z3 (175-15 cm) são marcadas por uma composição textural arenosa (Figura 11) sugestiva de um ambiente de água doce com uma fase de assoreamento e preenchimento gradual do vale afogado por areias resultante do próprio sistema fluvial (CARON, 2007). Essa inferência é corroborada pela ausência de moluscos bivalves e de foraminíferos bentônicos, uma vez que as espécies de moluscos registradas não toleram baixas salinidades (RODRIGUES et al., 2010) e os foraminíferos bentônicos são raros em água doce (SIEMENSMA et al., 2017).

A fácies-Z2 (190-175 cm) também apresenta uma composição textural arenosa, mas houve o registro da espécie de molusco bivalve *Diplodonta cf. notata* que é típica de ambiente marinho raso e de elevada energia hidrodinâmica (RIOS, 1994), indicando um ambiente de embocadura do estuário de alta energia hidrodinâmica, o que dificultaria a sobrevivência e manutenção das outras espécies de moluscos e dos foraminíferos neste local (SEMENSATTO JR, 2006).

A fácies-Z4 (15-0 cm) corresponde ao ambiente atual de bacia central do estuário com composição textural siltosa e ocorrência exclusiva das espécies de foraminíferos costeiros eurihalinos *Ammonia beccarii*, e *Haynesina germanica* e da espécie marinha *Cibicides lobatulus*. *Haynesina germanica* é um foraminífero bentônico eurialino comum de águas rasas e sedimento lamoso que foi relatado em estuários, baías, lagunas salinas de todo o mundo. Geralmente ocorre em sedimentos que se tornam anóxicos logo abaixo da superfície do sedimento, sendo, por isso, é um colonizador oportunista, particularmente em ambientes salobros (MURRAY, 2006; GOLDSTEIN e RICHARDSON, 2018). De fato, no local em que o testemunho T02 foi coletado, ocorrem águas salobras e sedimento fino rico em matéria orgânica e com baixo nível de oxigênio dissolvido (AZEVEDO et al., 2022), o que justifica a ocorrência de *A. beccarii* e de *H. germânica*, mas a presença de *C. lobatulus* se deve à influência das marés transportando suas testas desde a plataforma continental.

CONCLUSÕES

Essa pesquisa realizou uma caracterização paleoambiental do estuário do rio Real a partir da descrição de cinco fácies sedimentares no testemunho T01 e de quatro fácies sedimentares no testemunho T02 durante o Holoceno Tardio. Os resultados obtidos a partir desses registros permitiram às seguintes conclusões:

Os testemunhos T01 e T02, situados no estuário do rio Real evidenciaram a existência de um pacote sedimentar predominantemente composto por granulometria grossa (fração areia), entretanto, ainda existem profundidades em seu interior que permitem a acumulação de sedimentos de granulometria fina, silte e argila.

Para o testemunho T01, as fácies-G1 e G3 indicam presença de um paleoambiente fluvial e a granulometria apresentada associada à ausência de organismos indicam que houve uma descida de menor magnitude do nível relativo do mar durante o Holoceno. As fácies-G2 e G4 apresentam um paleoambiente marinho, e a granulometria grossa, associada ao registro de espécies de bivalves marinhos e foraminíferos costeiros eurihalinos, sugerem a ocorrência de um ambiente composto por depósitos transgressivos. A fácies-G5 identificada como estuário médio, associado ao predomínio de foraminíferos aglutinantes, costeiras eurihalinas e epifaunais e também moluscos marinhos, sugerem depósitos marinhos rasos transgressivos.

Para o testemunho T02, as fácies-Z1 e Z3 indicam condições prolongadas de exposição do sedimento, que associada a ausência de organismos, provavelmente confirmam a ocorrência de uma progradação costeira. A fácies-Z2 apresenta um ambiente de embocadura, e a composição granulométrica arenosa associada ao predomínio do molusco marinho *Diplodonta cf. notata*, sugere um ambiente marinho raso. A fácies-Z4 definida como estuário atual, e associado a presença das espécies de foraminíferos costeiras, sugere um ambiente lagunar/estuarino com domínio marinho em relação ao meio fluvial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO-IFBA) pela realização das análises granulométricas do sedimento, e pelo apoio e concessão da bolsa do doutorado, através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Código de Financiamento (Processo nº 140437/2018-5)

REFERÊNCIAS

- ARARIPE, R.C.; OLIVEIRA, D.H.; TOMÉ, M.E.; MELLO, R.M.de.; BARRETO, A.M.F. 2021. Foraminifera and Ostracoda from the Lower Cretaceous (Aptian–lower Albian) Romualdo formation, Araripe basin, northeast Brazil: Paleoenvironmental inferences. *Cretaceous Research*, 122(104766)2-14.
- ÁVILA, A.S.P.de.; LEONHARDT, A. & DNIZ, D. 2020. Paleoenvironmental Reconstruction off Southern Brazil during a Glacial Period (66.5–47 kyr BP): Continental and Oceanic Environments. *Journal of Coastal Research*, 36(6):1204-1214.
- AMOROSI, A.; BRUNO, L.; CAMPO, BRUNO.; MORELLI, A.; ROSSI, V.; SCARPONI, D.; HONG, W.; BOHACS, K.M.; DREXLER, T.M. 2017. Global sea-level control on local parasequence architecture from the Holocene record of the Po Plain, Italy. *Marine and Petroleum Geology*. 87:99-111.
- ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C. 2014. Revisão conceitual de indicadores costeiros de paleoníveis marinhos quaternários no Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 05(2):01-32.
- ANGULO, R.J. E LESSA, G.C. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, 140:141-166.
- BÍCEGO, M.C.; SANTOS, F.R.; De ANDRADE, F.P.C.; LOURENÇO, R.A.; TANIGUCHI, S.; De MELLO E SOUSA, S.H.; NAGAI, R.H.; CAVALCANTE, A.B.L.; FIGUEIRA, R.C.L.; WAINER, I.K.C.; De MAHIQUES, M.M. 2022. Mid- to late-Holocene analysis of the influence of the La Plata River plume on the southwestern Atlantic shelf: A paleoenvironmental reconstruction based on lipid biomarkers and benthic foraminifera. *Sage Journals*, 32(11):1260-1276.
- BOM, M.H.H.; CEOLIN, D.; KOCHHANN, K.G.D.; KRAHL, G. FAUTH, G.; BERGUE, C.T.; SAVIAN, J.F.; JUNIO, O.S.; SIMÕES, M.G.; ASSINE, M.L. 2021. Paleoenvironmental evolution of the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Global and Planetary Change*, 203(103528):2-11.
- BARROS, C.E.; BEITELLI, R.; CARVALHO, D.S.; DEHNHARDT, B.A.; BERNARDI, C.D.B.; MARTINS, A.A.; SAVIAN, J. 2021. Applications of oxygen and carbon isotopes in the paleoenvironmental reconstruction of the interior of Lagoa dos Patos, RS, Brazil: a case study. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 12(1):36-45.

BULIAN, F., ENTERS, D., SCHLÜTZ, F., JULIANESCHEDER, J., BLUME, K., ZOLITSCHKA, B. 2019. Multi-proxy reconstruction of Holocene paleoenvironments from a sediment core retrieved from the Wadden Sea near Norderney, East Frisia, Germany. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 225:106251. doi: 10.1016/j.ecss.2019.106251

BEZERRA, D.S. 2014. Modelagem da dinâmica do manguezal frente à elevação do nível do mar. São José dos Campos: 89f. (Tese) Doutorado em Ciências do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo.

BLÁZQUEZ, A.M.; USERA, J. 2010. Palaeoenvironments and Quaternary foraminifera in the Elx Coastal Lagoon (Alicante, Spain). *Quaternary International*, 221:68-90.

BOSKI, T.; CAMACHO, S.; MOURA, D.; FLETCHER, W.; WILAMOWSKI, A.; VEIGA-PIRES C.; CORREIA V.; LOUREIRO, C.; SANTANA, P. 2008. Chronology of the sedimentary processes during the postglacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, Southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Elsevier. 77:230-244.

BUCHMANN, F.S. 2002. Bioclastos de organismos terrestres e marinhos na praia e plataforma interna do Rio Grande do Sul: natureza, distribuição, origem e significado geológico – RS. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 107p.

CODEVASF/IBGE. Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/real>>. Acesso em: 02 jan.2023.

CUNHA, A.M.; CASTRO, J.W.A.; PEREIRA, F.M.B.; CARVALHO, M. A. SUGUIO, K. 2017. Relative sea-level variations during the Holocene in the Una river basin, Cabo Frio - Rio de Janeiro State: sedimentological, faciological and geochronology aspects. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 18(1):143-154.

CAMACHO, S.; DELMINDA, M.; SIMON, C.; DAVID, S. E TOMASZ, B. 2015. Ecological zonation of benthic foraminifera in the lower Guadiana Estuary (southeastern Portugal). *Marine micropaleontology*. 114:1-18.

CASTRO, J.W.A; SUGUIO, K; SEOANE, J.C.S; CUNHA, A.M; DIAS, F.F. 2014. Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 86(2):671 - 683.

COSTA, B.G. 2011. "A Bacia Inferior do rio Real: Uma análise sócioambiental". 133f. (Dissertação) Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, Sergipe.

CASTRO, J.W.A.; SUGUIO, K. 2010. Holocene and Late Holocene and Late Pleistocene Relative Sea Level Fluctuations in Cabo Frio Island, Rio de Janeiro State - Brazil. In: FRENCH CONGRESS ON STRATIGRAPHY, 4. Paris, p.58-61.

CEARRERA, A.; ALDAY, M.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C. 2007. Post glacial foraminifera and paleoenvironments of the Melides Lagoon (SW) Portugal: towards a regional model of coastal evolution. *Journal of Foraminiferal Research*, 37(2):125-135.

CARON, F. 2007. Depósito sedimentares associados à desembocadura do Arroio Chuí (planície costeira do Rio Grande do Sul) e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno. f.82 (Dissertação) Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Por Alegre, RS.

CAMACHO, S. 2004. Evolução Paleambiental Holocénica dos Estuários dos Rios Guadiana e Arade com base nas Associações Fósseis de Foraminíferos Bentónicos. (Tese de Mestrado), Universidade do Algarve, Portugal, 131p.

CROWLEY, T.J., AND NORTH, G.R. 1991. *Paleoclimatology*. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, Vol. 16. New York, NY: Oxford University Press, 339.

DOMINGUEZ, J.M.L.; RAMOS, J.M.F.R.; REBOUÇAS, R.C.; NUNES, A.S.; MELO, L.C.F. 2011. A plataforma continental do município de Salvador: geologia, usos múltiplos e recursos minerais. Salvador, CBPM, Série Arquivos Abertos, 37:72.

DEBENAY, J.P. E PATRONA, L.D. 2009. Foraminifères: bio-indicateurs de la qualité des fonds de bassins d'élevage de crevettes en Nouvelle-Calédonie. IRD Sciences de la mer. Biologie Marine. Rapport scientifique et technique. n° 66 IFREMER-LEAD-RST, p.69.

DIAS, F.F.; CASTRO, J.W.A.; SEOANE, J.C.S; CAMARGO, L.H.R. 2009. Indicadores de mudanças climáticas e de variações do nível do mar na costa do Rio de Janeiro: aquecimento ou resfriamento? *Revista Eletrônica de Geografia*. 1:21-32.

DULEBA, W.; DEBENAY, J.P.; E EICHELER, B.B. 1999. Foraminifera e tecamebas como bioindicadores da circulação hidrodinâmica do estuário do rio Verde e do lago Itacolomi, Estação Ecológica Juréia Itatins, Brasil. *Anais do VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA) - Porto Seguro, Brasil*.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.S.P.; LEÃO, Z.A.N. 1990. Geologia do Quaternário costeiro do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, 20:208-215.

EICHLER, P.P.B.; RODRIGUES, A.R.; GOMES, M.P.; VITAL, H. 2019. Benthic foraminifera as indicators of river discharge in the Western South Atlantic continental shelf. *Marine Geology*, 415:105973.

EDWARDS, R.J. AND HORTON, B.P. 2000: High resolution records of relative sea-level change from U.K. salt-marsh foraminifera. *Marine Geology*. 169: 41-56.

ERTHAL, F.; KOTZIAN, C.B.; SIMÓES, M.G. 2015. MULTISTEP TAPHONOMIC ALTERATIONS IN FLUVIAL MOLLUSK SHELLS: A CASE STUDY IN THE TOURO PASSO FORMATION (PLEISTOCENE–HOLOCENE), SOUTHERN BRAZIL. *Palaios*, 30(5):388-402.

FERREIRA, F.; FRONTALINI, F.; LEÃO, C.J.; LEIPNITZ, I.I. 2014. Changes in the water column structure and paleoproductivity in the western South Atlantic Ocean since the middle Pleistocene: Evidence from benthic and planktonic foraminifera. *Quaternary Internacional*, 352:111-123.

FORCELLI, D.O. 2000. *Moluscos Magallánicos: guía de moluscos de Patagonia Y sur de Chile*. Vazquez Mazzini Editores, Buenos Aires, 200 p.

GHANDOUR, I.M.; AL-ZUBIERI, A.G.; BASAHAM, A.S.; MANNAA, A.; AL-DUBAI, T.A.; JONES, B.G. 2021. Mid-Late Holocene Paleoenvironmental and Sea Level Reconstruction on the Al Lith Red Sea Coast, Saudi Arabia. *Frontiers in Marine Science*, 8:1-20,2021.

GARCÍA-GALLARDO, A.; GRUNERT, P.; SCHEE, M.V. der.; SIERRA, F.J.; JIMÉNEZ-ESPEJO, F.J.; ZARIKIAN, C.A.A.; PILLER, W.E. 2017. Benthic foraminifera-based reconstruction of the first Mediterranean-Atlantic exchange in the early Pliocene Gulf of Cadiz. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 472:93-107.

GASPARINI, S.P.; E VILELA, C.G. 2017. Paleoenvironmental evolution based on benthic foraminifera biofacies of the Paraíba do Sul Deltaic Complex, eastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 80:291-303.

GONÇALVES, E.M.; LANA, P.C. 1991. Padrões de distribuição de Bivalvia e Gastropoda na plataforma continental da costa sudeste do Brasil (24° S- 27° S). *Nerítica, Ponta do Sul*, 6(1-2):73-92.

GODOLPHIM, M.F.; ARTUSI, L.; DEHNHARDT, B.A.; VILLWOCK, J.A.; FORTI-ESTEVEZ, I.R.S. 1989. Novas evidências da Transgressão holocênica na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, 29(12):23-36.

KROTH, M.; BORGHI, L.; BOBCO, F.E.R.; ARAÚJO, B.C.; SILVEIRA, L.F.; DUARTE, G.; FERREIRA, L.de.O.; GUERRA-SOMMER, M.; MENDONÇA, J.de.O. 2021. Aptian shell beds from the Romualdo Formation (Araripe Basin): Implications for paleoenvironment and paleogeographical reconstruction of the Northeast of Brazil. *Sedimentary Geology*, 426(106025):2-15

KOUTSOUKOS, E.A.M.; MELLO, M.R.; De AZAMBUJA FILHO, N.C.; HART, M.B.; MAXWELL, J.R. 1991. The Upper Aptian–Albian Succession of the Sergipe Basin, Brazil: An Integrated Paleoenvironmental Assessment. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 75(3):479-498.

KOSKI, M.; COSME, N.; HAUSCHILD, M. Z. Exposure factors for marine eutrophication impacts assessment based on a mechanistic biological model. *Ecological Modelling*. 317:50–63, 2015.

KOHO, K.A.; GARCÍA, R.; DE STIGTER, H.C.; EPPING, E.; KONING, E.; KOUWENHOVEN, T.J.; VAN DER ZWAAN, G.J. 2008. Sedimentary labile organic carbon and pore water redox control on species. *Progress in Oceanography*. 79:55-82.

KIDWELL, S. M. E HOLLAND, S. M. 2002. Quality of the fossil record: implications for evolutionary biology. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 33:561-588.

KENNETT, J.P.; SHACKLETON, N.J. 1975. Laurentide ice sheet melt water recorded in Gulf of Mexico deep-sea cores. *Science*, 188:147-150.

LENG, M.J.; LEWIS, J.P. 2016. Oxygen isotopes in Molluscan shell: Applications in environmental archaeology. *Environmental Archaeology*, 21(3):295-306.

LAMBECK, K., ROUBY, H., PURCELL, A., SUN, Y., AND SAMBRIDGE, M. 2014. Sea level and global ice volumes from the last glacial maximum to the holocene. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111:15296–15303. doi: 10.1073/pnas.1411762111

LESSA, G. E DIAS, K. 2009. Distribuição espacial das litofácies de fundo da Baía de Todos os Santos. *Quaternary and Environmental Geosciences*. 1(2):84-97.

LIMA, G.M.P. 2007. Caracterização sedimentológica e dos padrões de circulação e mistura do Estuário do Rio Jacuípe - Litoral Norte do Estado da Bahia. 140f. (Dissertação) Mestrado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

LEORRI, E.; CEARRETA, A. 2004. Holocene environmental development of the Bilbao estuary, northern Spain: sequence stratigraphy and foraminiferal interpretation. *Elsevier, Marine Micropaleontology*. 51:75–94.

LOEBLICH, A.R.; TAPPAN, H. Protista 2: Sarcodina chiefly “Thecamoebians” and foraminifera. In: MOORE, R.C. (Ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology*. 1978. Meriden, The Meriden Gravure Company. 1:55-139.

MELO, D.O.S.; SANTOS, L.S.; BARBOSA, A.G.; MENDES, L.A. 2020. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(7):3553-3570.

MELO, D.O.S.; SANTOS, L.S.; BARBOSA, A.G.; MENDES, L.A. 2020. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 13(7):3553-3570.

MEHVAR, SEYEDABDOLHOSSEIN.; FILATOVA, T.; SARKER, M. H.; DASTGHEIB, ALI.; RANASINGHE, R. 2019. Climate change-driven losses in ecosystem services of coastal wetlands: A case study in the West coast of Bangladesh. 169.

MELO, I.S.; SILVA, D.B.; SANTOS, A.L.A.; SANTANA, F.S.; SANTANA, B.L.P. 2016. ATIVIDADES ANTRÓPICAS E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAMIRIM-SE. *Revista de Geociências do Nordeste*, 2:436-442.

MARTIN, L., DOMINGUEZ, J.M.L., AND BITTENCOURT, A.C.S.P. 2003. Fluctuating Holocene sea levels in eastern and southeastern Brazil: evidence from multiple fossil and geometric indicators. *J. Coast. Res.* 19, 101–124. doi: 10.1127/pala/285/2008/101

MCANALLY, W.H. E MEHTA, A.J. 2001. Collisional Aggregation in Fine Estuarial Sediment. In: *Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes*. Elsevier, Amsterdam. 19-37.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M. 1997. Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Rio de Janeiro, RJ: CPRM / FAPESP. 1997. 104 p.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; E FLEXOR, J.M.; 1979. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). *Proceedings of the International Symposium on coastal evolution in the Quaternary*. São Paulo, Brasil, pp. 296-331.

NOVELLI, Y.S.; SIERRA, E.J.; VALE, C.C.; BERNINI, E.; ROVAI, A.S.; PINHEIRO, M.A, SCHMIDT, A.J.; ALMEIDA, R.; JÚNIOR, C.C.; MENGHINI, R.P.; MARTINEZ, D.I.; GUILHERME, M.O.; LIGNON, M.C.; SARUBO, S.C.; FREITAS, J.S.; MOLERO, G.C. 2016. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. *Brazilian Journal of Oceanography*. 64(2):37-52.

NEWMAN, J.W.; PARKER, P.L.; BEHREN E.W. 1973. Organic carbon isotope ratios in Quaternary cores from the Gulf of Mexico. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37:225-238.

OLIVEIRA, T.R.S. 2015. ECOLOGIA DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ, MUNICÍPIO DE PAULISTA – PE: INFLUÊNCIA DA GEOQUÍMICA AMBIENTAL. 116f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

OLIVEIRA, D.L. 2012. Patrimônio Arqueológico no centro-sul do Rio Grande do Sul: Sambaquis da Lagoa. Dissertação de Mestrado em Patrimônio Cultural, Universidade Federal de Santa Maria.

Disponível em: <coral.ufsm.br/ppgppc/imagens/dissertaçãodagobertolopes.pdf> Acesso em 22 nov.2022.

PEREIRA, P.A.; CASSAB, R.C.T.; BARRETO, A.M.F. 2018. As Famílias Veneridae, Trochidae, Akeridae e Acteonidae (Mollusca), na Formação Romualdo: Aspectos Paleocológicos e Paleobiogeográficos no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41-3:137-152.

PADMALAL, D., KUMARAN, K. P. N., LIMAYE, R. B., BABURAJ, B., MAYA, K., AND MOHAN, S. V. 2014a. Effect of Holocene climate and sea level changes on landform evolution and human habitation: Central Kerala, India. *Quat. Int.* 325, 162–178. doi: 10.1016/j.quaint.2013.12.032

PRUDÊNCIO, M. 2011. Evolução Holocênica do Troço Terminal do Estuário da Ribeira do Ludo. 144f. Dissertação (Mestrado em Biologia e Geologia Especialização em Educação), Universidade do Algarve Faculdade de Ciências e Tecnologias. Algarve, Faro, 2011.

PIMPÃO, D.M. 2004. Moluscos Bivalves da Plataforma Externa e Talude Superior ao largo de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 190p.

QU, Y.; JEVREJEVA, S.; JACKSON, L.P.; MOORE, J.C. 2019. Coastal Sea level rise around the China Seas. *Global and Planetary Change*. 172.

RODRIGUES, A.M.L.; BORGES-AZEVEDO, C.M.; E HENRY-SILVA, G.G. 2010. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae). *Revista Brasileira de Biociências*. 8(4):377-383.

RIOS, E.C. 2009. *Compendium of Brazilian Sea Shells*. Rio Grande, RS. Evangraf, 676p.

RUSSELL-HUNTER, W.D. 1979. *A life of invertebrates*. New York, Macmillan Publishing Co., p.650.

RONCARATI, H. & NEVES, L.E. 1976. Projeto Jacarepaguá. Estudo Geológico preliminar dos Sedimentos Recentes Superficiais da Baixada de Jacarépagua, Município do Rio de Janeiro – RJ. PETROBRAS & CENPES. DEXPRO. 89p.

SANTOS, C.P.; COE, H.H.G.; SILVA, A.L.C.; OSTERRIETH, M.L.; PAROLIN, M. SOUZA, R.C.C.L.; RIBEIRO, F.C.P.; MACARIO, K.C.D.; NETO, J.A.B.; VASCONCELOS, S.C. 2023. Paleoenvironmental evolution during the Holocene of the coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil, through silica biomineralizations. *Journal of South American Earth Sciences*, 121(104098):2-15.

SIEMENSMA, F.; APOTHÉLOZ-PERRET-GENTIL, L.; HOLZMANN, M.; CLAUSS, S.; VÖLCKER, E.; PAWLOWSKI, J. 2017. Taxonomic revision of freshwater foraminifera with the description of two new agglutinated species and genera. *European Journal of Protistology*, 60: 28-44.

SANTOS, D.G. 2016. Interpretação de processos hidrossedimentológicos nos estuários Serinhaém, Marau e Soró (Baía de Camamu) a partir do estudo de bioclastos recentes. 157f. (Dissertação) Mestrado em Geologia. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2016.

SUGUIU, K. 2003. Tópicos de Geociências para o desenvolvimento sustentável: As regiões litorâneas. *Geologia USP; Série Didática/ Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - São Paulo: Igc/USP*, 2(1).

SCARPONI, D. E KOWALEWSKI, M. 2007. Sequence stratigraphic anatomy of diversity patterns: late Quaternary benthic molluscs of the Po Plain, Italy. *Palaios*. 22:296-305.

SEMENSATTO JR, D.L. 2006. O sistema estuarino do delta do São Francisco-SE: análise ambiental com base no estudo de foraminíferos e recamebas. 2006. 226f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo.

SUGUIO, K. 2005. Introdução. In: SOUZA et al. (Orgs). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto/SP: Holos, p.21-27.

SIDDALL, M., ROHLING, E. J., ALMOGI-LABIN, A., HEMLEBEN, C., MEISCHNER, D., SCHMELZER, I. 2003. Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. *Nature* 423:853–858. doi: 10.1038/nature01690

SIMÕES, M.G. E KOWALEWSKI, M. 1998. Shell Beds as paleoecological puzzles: A case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Facies*, 38:175-196.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J-M.; AZEVEDO, A.E.G. 1985. 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*. 4:273-286.

VIEIRA, P.C. 1981. Variações do nível marinho: alterações eustáticas no quaternário. *Revista Instituto Geológico*. 2(1):39-58.

WINGARD, G.L.; SURGE, D. 2017. Application of Molluscan analyses to the reconstruction of past environmental conditions in estuaries. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-0990-115>

WENNEKER, I.; SPELT, B.; PETERS, H.; RONDE, J. 2016. Overview of 20 years of fieldmeasurements in the coastal zone and at the Petten sea dike in the Netherlands. *Coastal Engineering*. 109.

Walker, M.J.C., Berkelhammer, M., Björck, S., Cwynar, L.C., Fisher, D.A., Long, A.J., Lowe, J.J., Newnham, R.M., Rasmussen, S.O., Weiss, H. 2012. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *Journal of Quaternary Science*. 27(7), 649-659.

WIGGERS, F. 2003. Moluscos Gastrópodes da Plataforma Continental Externa e Talude Continental ao largo da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande.

CAPÍTULO 4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da realização de uma caracterização espacial através de amostras superficiais e de dois testemunhos sedimentares, evidenciaram que o estuário do rio Real é ambiente marcado por condições fluviais, alcalino, de moderada energia hidrodinâmica, além de apresentar baixa concentração de matéria orgânica adsorvidas ao sedimento.

O capítulo 2 mostra que a variação de parâmetros como salinidade e oxigênio dissolvido (O.D.) neste ambiente são consequências da variação sazonal e padrões hidrodinâmicos, uma vez que durante épocas chuvosas ocorre aumento da vazão do rio e um maior aporte de água fluvial pouco oxigenada para dentro do canal, enquanto, no período seco, os valores aumentam, principalmente nos pontos à jusante, devido à intrusão de água do mar por meio das correntes de maré.

Diante do exposto, observou-se uma associação de espécies de foraminíferos aglutinantes devido as condições ambientais supracitadas, destacando-se as espécies *Ammonia tepida*, *Trochammina inflata*, e *T. globigeriniformis* (estação chuvosa) e *Trochammina* sp. (período seco), já que são espécies que sobrevivem em ambientes de baixa salinidade e mal oxigenados. Adicionalmente, registraram-se também espécies porcelanosas, a exemplo da *Quinqueloculina bicornis*, *Q. lamarckiana* e *Peneroplis proteus*, e a espécie calcária *Nonion sinensis*, as quais são marinhas e apresentam uma abundância durante o período seco, provavelmente porque foram transportadas pelas marés para dentro do estuário.

As análises dos teores de metais pesados no ambiente mostraram que o estuário do Real apresentou teores elevados, apenas para as concentrações de Ca, Al, Mg e Fe. No entanto, os teores dos metais em questão não representam riscos adversos à biota do estuário do rio Real. Os teores de Mg, sugere-se que sejam oriundos de fontes primárias, e os teores do Fe, apresentou uma contaminação pontual, e parece ser resultante de atividade antrópica. Contudo, mesmo estando acima dos limites de referência, os teores elevados de Fe não parecem estar causando alterações no equilíbrio do ecossistema local, já que não foram constatadas anomalias nas testas dos foraminíferos.

O capítulo 3 apresenta os resultados e discussão obtidos a partir das amostras coletadas por meio de dois perfis rasos de sondagens (T01 e T02). As análises dos dados granulométricos e bióticos (foraminíferos e bivalves) reforçam as observações feitas nas interpretações do artigo sobre a variação intra-anual. Os resultados confirmam que o estuário do rio Real exibe uma média energia hidrodinâmica e predomínio de uma granulometria areno-lodosas, associadas à presença de fragmentos de conchas e organismos autóctones, como bivalves.

Para o testemunho T01 as fácies-G1 e G3 apresentam um paleoambiente fluvial, e indica que houve uma descida de menor magnitude do nível relativo do mar durante o Holoceno Tardio. As fácies-G2 e G4 apresentam um paleoambiente marinho, e sugerem a ocorrência de um ambiente composto por depósitos transgressivos. A fácies-G5 reconhecida como o estuário médio, sugere a presença de depósitos marinhos rasos transgressivos.

Para o testemunho T02 as fácies-Z1 e Z3 mostraram condições prolongadas de exposição do sedimento, e provavelmente confirmam a ocorrência de uma progradação costeira. A fácies-Z2 é considerada um ambiente de embocadura, e a composição granulométrica arenosa associada ao predomínio da única espécie de bivalve marinho registrada, sugerem um ambiente marinho raso. A fácies-Z4 representa o estuário atual, e associado a presença das espécies de foraminíferos costeiras, confirma ser um ambiente lagunar/estuarino com domínio marinho em relação ao meio fluvial.

Cada indicador do paleonível do mar (PNM) analisado nesta pesquisa fornece informações parciais, de modo que as interpretações realizadas a partir das informações do comportamento paleoecológico dos bioindicadores sugerem uma tendência sutil dentro do Holoceno Tardio de subida e descida do nível médio do mar (NMM) e não uma reconstrução precisa. Dessa forma, os dados apresentados são importantes para verificar o ambiente deposicional pretérito e as mudanças ocorridas ao longo do tempo a partir da interpretação espacial e temporal dos bioindicadores.

Esta pesquisa realizou interpretações que contribuem para uma compreensão e reconstrução do paleoambiente a partir dos foraminíferos bentônicos e das espécies de bivalves, e não uma discussão aprofundada sobre a amplitude e ocorrência das oscilações do NMM ao longo do tempo, devido à ausência de dados que confirmam a idade dos momentos que indicam a ocorrência das prováveis oscilações do nível relativo do mar.

APÊNDICES A—JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES

1. Altair de Jesus Machado (Orientadora)

Professora colaboradora do Curso de Pós-Graduação em Geologia do IGEO/UFBA, Pesquisadora do CPGG/UFBA, desde 1974, fundadora, Coordenadora e líder do Grupo de Estudos de Foraminíferos (GEF). Possui graduação em História Natural, mestrado em Geologia pela UFBA e doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi pesquisadora do Cnpq de 1974 a 2015. Tem experiência como pesquisadora com publicações de trabalho em Revistas Nacionais e internacionais e com ampla experiência em estudos ambientais e paleoambientais de ecossistemas marinhos e estuarinos a partir da análise de foraminíferos. Orientações de diversos alunos de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado. Contribuiu na execução desta pesquisa com orientação sugestões no que tange a metodologia aplicada, sugestões de leitura, correções dos textos e apoio nas resoluções das adversidades ao longo da construção dos artigos.

2. Simone Souza de Moares

Professora Associada IV do Departamento de Oceanografia e professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (POSPETRO), ambos do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Possui graduação em Ciências Biológicas, Mestrado e Doutorado em Geologia pela UFBA. Leciona Paleontologia para os cursos de graduação em Geologia, Ciências Biológicas e Oceanografia. Desenvolve projetos de pesquisa/extensão que visam a abordagem de Paleontologia no Ensino Básico e divulgação e valorização dos fósseis da Bahia. Pesquisadora e vice-líder do Grupo de Estudos de Foraminíferos, no qual coordena projetos de pesquisa e orienta estudantes de graduação e pós-graduação sobre ecologia e tafonomia de foraminíferos, sedimentologia e avaliação de impacto ambiental. Contribuiu na execução desta pesquisa com sugestões no que tange a metodologia aplicada, sugestões de leitura, correções dos textos e apoio nas resoluções das adversidades ao longo da construção dos artigos.

3. Ana Carina Matos Silva

Professora Assistente I do Centro Universitário Estácio da Bahia, Graduada em Ciências Biológicas (2012), Mestre em Geoquímica com ênfase em Petróleo e Meio Ambiente (2014) e

Doutora em Geologia com ênfase em Geologia Ambiental e Hidrogeologia (2021) ambos pela Universidade Federal da Bahia. Contribuiu nessa pesquisa com decisões de delineamento estatístico e organização de dados.

4. Alexandre Dacorso Daltro Milazzo

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Católica do Salvador (2007). É Mestre em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (2011), Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (2017), recentemente realizou atividade de pesquisa em Amsterdam através do programa Doutorado Sanduíche financiado pelo CNPq. Contribuiu nessa pesquisa com a confecção dos mapas de localização de áreas e figuras temáticas para exposição dos dados.

5. Ruth Souza dos Santos Rocha

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Faculdade de Tecnologia e Ciências de Salvador com Habilitação em Meio Ambiente (2006) e graduação em Licenciatura em Ciências Naturais pela Universidade Federal da Bahia (1998). Tem experiência na área de Biologia marinha e geociências. Contribuiu nessa pesquisa com a disponibilização de dados secundários referentes aos dados microfaunísticos do sedimento de fundo de 8 pontos amostrais coletados no estuário do Real para adicionar a análise e discussão dos dados.

6. Caio Fernando Gromboni

Possui Licenciatura em Química (2005); mestrado (2008) e doutorado (2012) em Química Analítica pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Atualmente é professor efetivo no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Ilhéus. Tem experiência na área de ensino de química, atuando na formação de professores; em Química Analítica/Ambiental, atuando com processos oxidativos avançados, tratamento de resíduos, preparo de amostras e espectroscopia; em Química de alimentos e Materiais Biomoleculares e Biomiméticos Nanoestruturados. Contribuiu nessa pesquisa com a disponibilização de dados secundários referentes aos dados geoquímicos (metais pesados) do sedimento de fundo dos 8 pontos amostrais coletados no estuário do Real para adicionar a análise e discussão dos dados.

7. Nailson Santos Alves

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (2018). Atualmente é pós-graduando em Engenharia Mineral pela Universidade Federal de Alfenas. Atua desde 2018 na área de exploração mineral pela Jacobina Mineração e Comércio (JMC - Yamana Gold). Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Contribuiu para essa pesquisa a partir das triagens dos foraminíferos bentônicos presentes nas 8 amostras de sedimento de fundo do estuário do Real.

8. Gabriele Augusta Leal Ribeiro

Graduada em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (2017). Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas Iniciação Científica (PIBIC). Contribuiu para essa pesquisa a partir das triagens dos foraminíferos bentônicos presentes nas 8 amostras de sedimento de fundo do estuário do Real.

9. André Ramos Costa

Graduado em Ciências Biológicas pela União Metropolitana Para o Desenvolvimento da Educação e Cultura – UNIME (2011). Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA) pela Universidade Federal da Bahia - UFBA (2014). Doutorado em Geologia pela Universidade Federal da Bahia – UFBA (2023). Com linha de pesquisa na área de ecologia de organismos bentônicos calcificadores (Molluscos e Foraminíferos) em sedimentos inconsolidados marinhos sob a influência antrópica (emissários submarinos). Contribuiu nessa pesquisa com decisões de delineamento estatístico, apoio bibliográfico e referencial no que tange a ecologia dos molucos bivalves e foraminíferos.

10. André Vinnicyus Borges Barros

Graduando em Geologia pela Universidade Federal da Bahia. Atualmente realiza estágio voluntário no Grupo de Estudos de Foraminíferos, no Instituto de Geociências (GEF/IGEO/UFBA). Contribuiu nessa pesquisa com a confecção do mapa de localização da área de estudo, e com o pré-tratamento das amostras destinadas as análises de Carbono Orgânico (CO).

11. Geraldo Marcelo Pereira Lima

Professor Associado II do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pelo Departamento de Geologia. Tem experiência na área de Geomorfologia, atuando principalmente em Geocronologia do relevo, para estabelecer taxas de erosão e de sedimentação em ambientes continentais, de longo e curto período; Reconstrução de paleoambientes. Contribuiu nessa pesquisa com decisões de delineamento estatístico, apoio bibliográfico e referencial no que tange a reconstrução de paleoambientes.

APÊNDICES B—PROCEDIMENTO AMOSTRAL DESENVOLVIDO

Foram coletadas ao longo do estuário do Real 08 amostras de sedimento de fundo, no período de julho de 2013 (estação chuvosa) e fevereiro de 2014 (estação seca) para a realização de análises das associações de foraminíferos. Adicionalmente, foram utilizadas 75 amostras de sedimento de fundo coletadas no estuário do Real e obtidas a partir da pesquisa de Farias (2014) para a realização de análises das fácies sedimentar, ambos os conjuntos de amostras foram recuperadas com auxílio de uma draga do tipo van Veen (Figura 1A). As amostras de subsuperfície foram coletadas por meio de dois testemunhos rasos de sondagem, o testemunho T01 (tamanho 1,51 m) e T02 (tamanho 2,30 m) em setembro de 2019, com auxílio de um tubo de alumínio, martelo de borracha e braçadeiras para retirá-los do sedimento (Figura 1B). Durante o pré-tratamento amostral os dois testemunhos rasos de sondagem foram abertos e fatiadas em alíquotas de 2 em 2 cm de espessura (Figura 2). Para confecção das tabelas, figuras e gráficos optou-se por tirar a média das camadas para nomear os intervalos ao longo dos testemunhos T01 e T02.

Figura 1. Procedimento amostral para coleta de sedimento de fundo através da draga van Veen (A) e amostras de subsuperfície com auxílio de testemunhos rasos de sondagem (B) no canal estuarino do Real



Fonte: Rocha, 2016

Figura 2. Abertura dos testemunhos T01 e T02 coletados no estuário do Real no Laboratório de Estudos Costeiros (LEC-UFBA), em setembro de 2019



Para as 08 amostras de sedimento de fundo, foram registradas em campo as coordenadas geográficas dos pontos de coletas com o uso de um GPS, através do uso de uma garrafa de Van Dorn (Figura 3A) foi coletada água de fundo e através de sonda multiparamétrica mensurou-se os dados físico-químicos (Figura 3B). As análises dos metais pesados foram feitas a partir da extração total de metais, inserção de 10 ml de ácido nítrico (HNO_3), 2 ml de ácido clorídrico (HCl) a 37% agitando e 3 ml de ácido fluorídrico (HF) a 40%, seguindo a metodologia EPA 3052 (USEPA, 1996).

As amostras dos testemunhos T01 e T02, coletadas em setembro de 2019, foram acondicionadas em um freezer vertical para conservação do material e posteriormente no Laboratório de Estudos Costeiros da Universidade Federal da Bahia (LEC/UFBA) foram abertos e fatiados em camadas de 2 cm de espessura. A análise de datação por ^{14}C em amostra de madeira foi realizada no Laboratório do Departamento de Física da Terra e do Meio-Ambiente (DFTMA) do Instituto de Física da UFF-RJ, enquanto a realização da análise granulométrica foi realizada no Laboratório

de Física Nuclear Aplicada da Universidade Federal da Bahia (LFNA - UFBA) pelo pesquisador Dr. Félix Ferreira de Farias.

Figura 3. Coleta da água de fundo no estuário do Real, por meio de uma garrafa de Van Dorn (A) para aferição dos parâmetros físico-químicos a partir de sonda multiparamétrica (B)



Fonte: Rocha, 2016

BATIMERIA

Para o levantamento batimétrico do estuário do Real utilizou-se um sistema de ecobatímetro digital monofeixe, instalado em embarcação de pequeno porte, adequada às condições locais, em dezembro de 2021 (Figura 4). A sonda foi operada na frequência de 200 KHz de forma a medir profundidades na faixa de: 0,6 m a 50 m. As seções batimétricas possuem espaçamento variável, sendo cerca de 50 metros na praia de interesse e 200 m nas áreas afastadas. Para conversão das profundidades batimétricas em cota real foram utilizadas as medições de maré niveladas para o datum oficial do IBGE por meio de sistema GNSS-RTK.

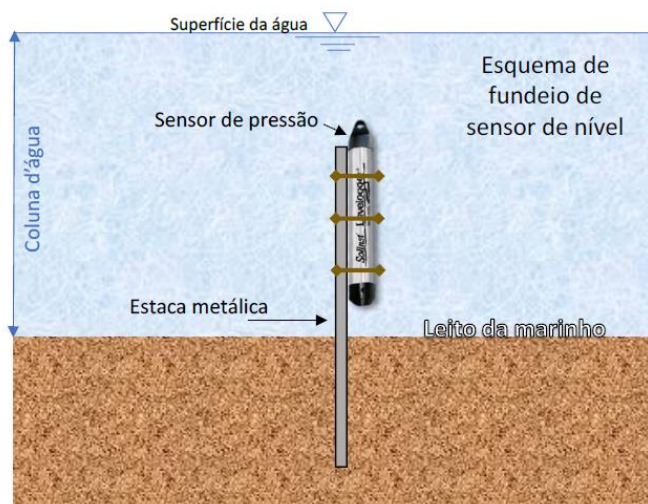
Figura 4. Embarcação utilizada no levantamento batimétrico



Fonte: Farias, 2014

A maré da área de interesse foi medida através de fundeio de sensor de pressão, modelo Solinst, com medições em intervalos de 15 minutos (Figura 4). Esses dados foram nivelados ao datum oficial do IBGE para posterior aplicação no nivelamento dos dados batimétricos. Os resultados mostram que a maré local tem característica semidiurna, com ciclo de 12 horas e com altura de maré em torno de 2 m. Os dados de maré estão nivelados com o datum vertical do IBGE, onde a preamar medida está próxima a cota de 1,5 m e a baixamar em torno de -0,67 m.

Figura 5. Ilustração do esquema de instalação dos sensores de pressão por meio de fixação de estaca metálica no leito marinho.



Fonte: Farias, 2014

ANÁLISE MICROFAUNÍSTICA

Amostras destinadas as análises microfaunísticas foram lavadas sob água corrente com o uso de peneiras de 0,0063 mm e posteriormente secas em estufa à temperatura de 60 °C. Após a secagem, 3 g de sedimento de cada amostra foram transferidos para béqueres e adicionados Tricloroetileno para a flotação das testas (Figura 6A). O líquido foi vertido em papel de filtro e as testas foram triadas utilizando-se uma lupa estereomicroscópio.

A identificação dos foraminíferos foi realizada a partir de literatura especializada e, durante este procedimento foram, também, registradas informações tafonômicas, isto é, padrões de coloração e o estado de preservação das testas (Moraes e Machado, 2003) (Figura 6B).

As análises microfaunísticas (tafonomia e identificação dos foraminíferos bentônicos) foram realizadas nas dependências do Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos (LGEF – UFBA) (Figura 6B).

Figura 6. Flotação das testas de foraminíferos (A) e triagem e identificação dos foraminíferos (B) com auxílio de uma lupa estereomicroscópio das amostras do canal estuário do Real



Fonte: Azevedo, 2014

ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS

As análises granulométricas das amostras de sedimento de superfície (08 pontos de amostragem sazonal) tiveram suas frações separadas por meio do peneiramento à seco em um agitador durante

10 minutos sendo em seguida pesadas em balança analítica (E. Mettler modelo H6T). Em seguida, as composições texturais das amostras foram classificadas em cinco frações, a saber: cascalho (>2mm), areia muito grossa (2mm – 1mm), areia grossa (1mm – 0,5mm), areia média (0,5mm – 0,25mm), areia fina (0,25mm – 0,125mm), areia muito fina (0,125mm – 0,0625mm) e lama (<0,0625mm), e posteriormente o resultado foi utilizado para calcular as porcentagens das frações granulométricas, cujos valores das frações silte e argila foram somados e passaram a ser referidos como fração lama, conforme Machado e Moraes (2003).

As amostras dos testemunhos T01 e T02, coletados em setembro de 2019, passaram por um cuidadoso procedimento de preparação para análise granulométrica. Após a coleta, as amostras foram ensacadas, devidamente rotuladas e submetidas à secagem no liofilizador de cristalização e adsorção (LCA), garantindo a preservação adequada das características sedimentares para uma análise precisa e detalhada.

As análises granulométricas foram realizadas a partir de um granulômetro, que forneceu informações acerca da textura e do grau de selecionamento do grão, seguindo metodologia baseada na escala de Wentworth (1922) que estabeleceu as classificações das frações em areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa, silte e argila, e os valores das frações silte e argila somados e considerados lama, seguindo novamente a metodologia Machado e Moraes (2003).

Para determinação do teor de matéria orgânica (M.O.) foi realizado primeiro as análises de carbonato utilizando 0,2 g de sedimento liofilizado e tratá-los com 20 ml de HCl a 10% para a remoção do carbonato de cálcio (carbono inorgânico) que depois foram secos e analisados (FUKUMOTO, 2007). Em seguida multiplica-se o teor carbono orgânico pelo fator 1,724 para estimar o teor de M.O. do sedimento, uma vez que, a M.O. possui 58% do carbono orgânico (EMBRAPA, 1997).

Para a determinação dos metais traços optou-se pela metodologia a partir da extração parcial de metais utilizando HNO₃ a 65% que segue o método D5258-92 da American Society for Testing and Materials – ASTM (1992), descrita nas cinco etapas a seguir:

1. Preparação das amostras: As amostras analisadas foram coletadas e preparadas adequadamente, para assegurar sua representatividade e minimizar possíveis contaminações. As amostras foram trituradas e homogeneizadas, a fim de garantir resultados confiáveis.

2. Digestão ácida: A extração dos metais traços foi realizada por meio de uma digestão ácida. Nesse método, o HNO_3 (ácido nítrico) a 65% foi utilizado como o agente extrator. As amostras foram acondicionadas em recipientes apropriados e o HNO_3 foi vertido em uma proporção adequada para permitir a dissolução dos metais de interesse. A mistura foi então aquecida em um bloco digestor para promover a decomposição das amostras.
3. Filtro e preparação da solução: Após a digestão, as amostras foram filtradas para remoção dos eventuais resíduos sólidos para obtenção de uma solução clara contendo os metais extraídos. A solução filtrada foi transferida para frascos apropriados, devidamente rotulados e preparados para análise posterior.
4. Análise dos metais traços: A solução preparada foi submetida à análise dos metais traços de interesse. Existem diferentes técnicas analíticas para essa finalidade, destacando-se as mais comuns tais quais: espectrometria de absorção atômica (AA), espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) ou espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). Tais técnicas permitem a quantificação dos metais presentes na amostra com alta sensibilidade e precisão.
5. Calibração e controle de qualidade: Antes da análise, foi essencial realizar uma calibração dos equipamentos e instrumentos utilizados como formas de garantir resultados fidedignos.

O artigo que trata da variação espacial e intra-sazonal dos foraminíferos bentônicos, que compõe o capítulo 2, foi publicado na Revista Brasileira de Paleontologia (RBP) em 2022. Durante a análise dos resultados geoquímicos e microfaunísticos, optou-se por utilizar os limites estabelecidos pela Resolução Nº 454/2012 do CONAMA (Brasil, 2012), assim como os limites de referência do Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME, 2014), Environment Canada (2003) e Netherlands (2000). Essa abordagem permitiu a comparação e detecção de possíveis consequências dos teores de metais traços presentes nos sedimentos da área em estudo.

A correlação das matrizes de dados (bióticos x abióticos) foi realizada no programa Microsoft Office Excel 2016, tendo sido utilizado, o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson com um valor de significância de $p = 0,5$.

No artigo que versa sobre as interpretações paleoambientais no estuário do rio Real durante o Holoceno Tardio, inserido no capítulo 3, realizaram-se identificações em nível de espécie para

foraminíferos bentônicos e bivalves com base em literatura especializada. Além disso, foram conduzidas análises analíticas descritivas, incluindo medidas de abundância absoluta, relativa, índices ecológicos e a razão aglutinados/calcários. Os mapas temáticos de localização foram elaborados utilizando o software ARC VIEW TM 10.2. possibilitando uma visualização espacial das informações coletadas.

Os dados microfaunísticos (foraminíferos bentônicos) e bivalves foram correlacionados entre si e em relação aos dados sedimentológicos (granulometria) com o auxílio dos programas Primer e Past, aplicando técnicas estatísticas detalhadas, conforme descrito a seguir:

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados analíticos foram calculados através das análises descritivas dos resultados da fauna de foraminíferos, a partir dos de abundância relativa e a frequência relativa e de ocorrência (AB'SABER et al., 1997).

Razão Aglutinados/Calcários – (A/C%)

A razão Aglutinados/Calcários (A/C%) refere-se a uma medida indireta das condições de salinidade (Douglas, 1979). Para as amostras dos testemunhos T01 e T02 foi calculada a razão A/C para cada intervalo de profundidade, com a finalidade de detectar a presença de águas de menor salinidade, e para isso utilizou-se a expressão:

$$A/C(\%) = A \cdot 100 / N_i$$

Na qual A é o número total de carapaças aglutinantes e N_i o número total de indivíduos.

Análises descritivas

A frequência relativa (F) é a razão entre o número de indivíduos de uma categoria (n) e o total de indivíduos de todas as categorias (T), expresso em percentagem, a saber:

$$F = n \cdot \frac{100}{T}$$

Foram adotadas, segundo Dajoz (1983), as seguintes classificações: principal (abundâncias >5%), acessória (4,9-1%) e traço (<1).

Para a frequência de ocorrência usa-se o número de ocorrências de uma categoria (p), em relação ao número total de amostra (P) (AB'SABER et al., 1997):

$$FO = p \times \frac{100}{P}$$

Sendo adotada a classificação de Dajoz (1983), para a avaliação da frequência de ocorrência, ou seja, constante (ocorrências >50%), acessória (49-25%) e acidental (<24%).

ÍNDICES ECOLÓGICOS

Índice de Margalef (R)

É tido como a relação entre o número total de espécies (S) e o número total de indivíduos (N) presente por amostra, para o qual se utilizou a expressão:

$$R = \frac{(S - 1)}{\log N}$$

Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (Hs)

Considera-se que todos os indivíduos são coletados ao acaso de uma população indefinidamente grande e que todas as espécies estão representadas na amostra (Pielou, 1969). O índice de Shannon foi utilizado a partir da seguinte expressão:

$$Hs = -\sum pi * \ln pi$$

Índice Equitatividade (índice de Pielou – J')

Refere-se à relação com a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as variadas espécies (CLARKE; WARWICK, 2001), e para isso foi necessário o uso da fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H_{max}} = \frac{H'}{\log 2S}$$

Para os calculados de abundância relativa e a frequência relativa e de ocorrência foi utilizado o Programa Microsoft Excel 2007, e para os cálculos dos índices ecológicos (CLARKE; WARWICK, 2001) se utilizou o programa Primer 6.0.

APÊNDICES C – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E MEIO FÍSICO NATURAL

O estuário do rio Real nasce na região entre os municípios de Poço Verde-SE e Heliópolis-BA, no Nordeste Baiano, e tem os rios Mucambo e Baixa do Tubarão como principais afluentes (FARIAS, 2014). Sua bacia hidrográfica ocupa uma área de 2.578 km² e limita-se ao sul com a bacia do rio Itapicuru e ao norte com a do rio Vaza barris (SANTOS, 2009), demonstrada nas Figuras 1 e 2.

Apresenta uma topografia contínua, com baixas latitudes nas regiões costeiras, aumentando gradualmente em direção às zonas de tabuleiros, com média entre 200 a 400 m em toda área (SEI, 2006). Este rio percorre 246,0 km até alcançar o oceano Atlântico, onde integra o complexo estuarino Piauí, Fundo e Real, desaguando entre a praia do Saco (município de Estância, SE) e a praia de Mangue Seco (Jandaíra, BA).

Em relação aos aspectos naturais, a localização geográfica acompanhada de uma grande extensão territorial da área de estudo, favorece ao desenvolvimento de uma diversidade paisagística exibindo feições particulares a cada ambiente, e o clima característico da região são determinantes na formação e nas modificações do espaço físico, inferindo até na apropriação dos espaços. A região exibe clima úmido a subúmido na faixa litorânea, reduzindo o índice de umidade à medida que penetra no sentido leste/oeste tornando-se subúmido a seco no interior do estuário (BAÑULS-CARDONA et al., 2014), o qual exibe uma altitude de 220 m, com uma precipitação anual de 949,9 mm e temperatura média anual de 23,5 °C (SEI, 1999).

A diversidade de espécies vegetais relacionada aos valores de umidade é outro fator que comprova a influência do clima no desenvolvimento da flora, visto que na parte mais úmida, próximo ao litoral, observa-se um predomínio de uma Floresta Estacional Semidecidual e mais a porção interior, com a redução da umidade, surge uma faixa de transição ecológica com a presença de várias espécies de diversos biomas, dentre eles a presença de uma vegetação halofítica, como áreas de manguezal (NUNES e MATOS, 2017).

O ecossistema do complexo estuarino Piauí-Fundo-Real é um dos mais ricos em termos de zonas de manguezal, apresentando uma área de 75,53 km² ao longo do sistema hidrográfico Piauí-Fundo (ADEMA, 1984). Os fatores abióticos fundamentais desta região são a presença de um ecossistema mixohalino na planície de maré inferior, favorecendo a formação de vegetação

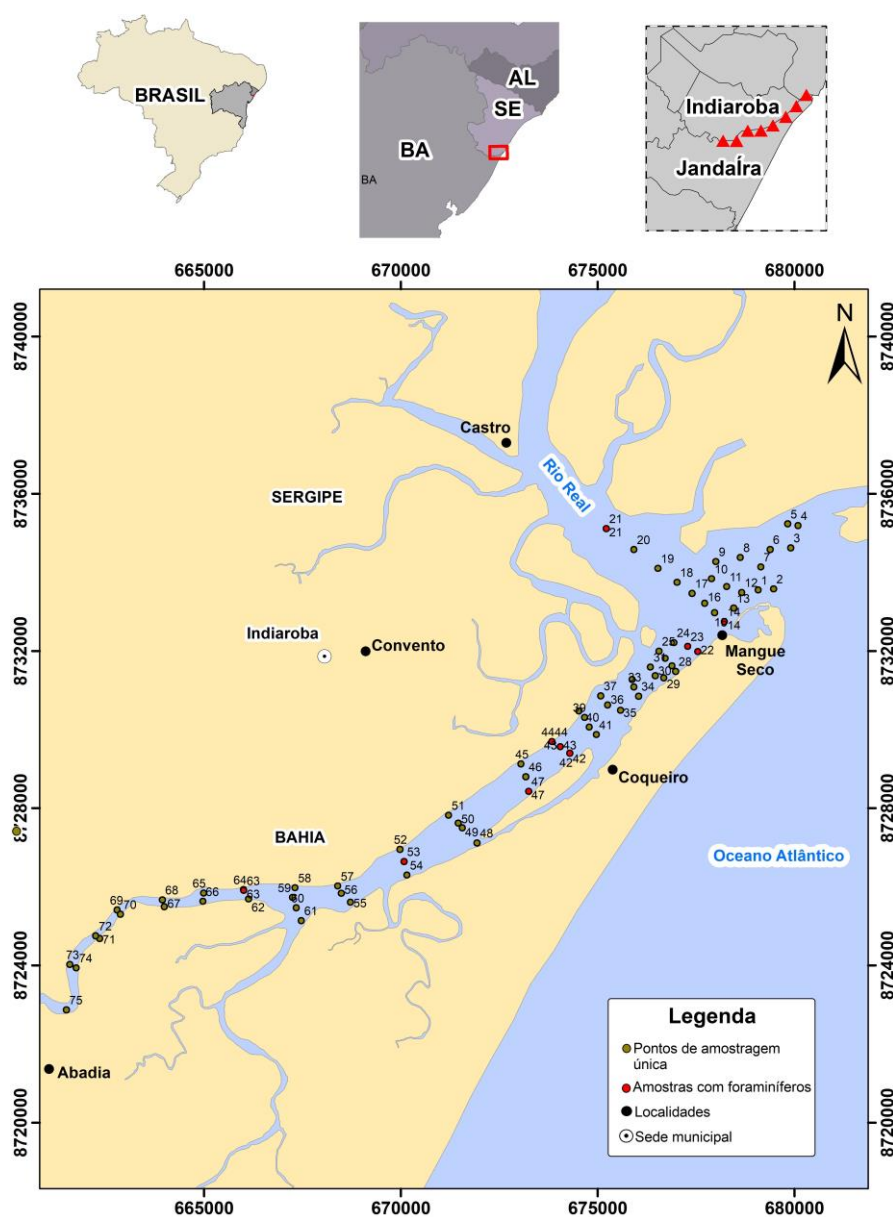
halofítica, onde são localizadas as espécies típicas de áreas de manguezal, *Rhizophoramangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germanis* (FONTES, 1988). As zonas de manguezal desse sistema estuarino estão sujeitas a uma série de tensores naturais e antrópicos com consequências imediatas para a zona costeira, a exemplo do desmatamento dos bosques de mangue e a sua conversão para agricultura, ocupação habitacional desordenada, viveiros para aquicultura (piscicultura e carcinicultura), estradas, ferrovias, dentre outros, que causam alterações singulares no padrão hidrodinâmico do manguezal, com diminuição da produtividade e qualidade de vida da população dependente deste ecossistema (FONTES, 1987).

A geologia da área estudada apresenta Depósitos Sedimentares, composto por material pouco consolidado, que surgem ao longo do litoral, cujas feições são consequências dos distintos processos de acumulação fluvial, fluvio-marinha ou eólica, condicionando uma estrutura particular que se reflete na morfodinâmica onde se localiza uma Planície Litorânea (SEI, 2006). Os depósitos desta planície são compostos por leques aluviais, dunas, terraços marinhos, zonas úmidas (brejos, pântanos e manguezais), e depósitos associados a praias e bancos de arenito (FARIAS, 2014). Além disso, ao longo da planície diferencia-se discretas manchas de restingas em formato de cordões estreitos, a maioria não mapeáveis, e formações dunares permeadas por depressões inundáveis e lagoas, que são fixas por uma vegetação e outras ainda ativas como, por exemplo, as dunas de Mangue Seco (RPGA, 2014).

Em decorrência da beleza cênica, o turismo local é uma atividade em franca expansão substancial, especialmente após a conclusão da Linha Verde. A cultura do coco-da-baía também é muito importante para a economia da região e a pesca é a principal alternativa para as comunidades locais. Em termos econômicos, os dados do último censo evidenciaram a predominância de uma população rural sobre a população urbana em torno de 31% dos municípios (SEI, 2003). Dentre as atividades econômicas verificadas no complexo estuarino Piauí-Fundo-Real, chama atenção a produção pesqueira de peixe e caranguejo-uçá no estado de Sergipe (LEMONS JÚNIOR, 2011). Contudo, constata-se um processo de degradação oriundo do desmatamento para a construção de pastos, prática que vem acelerando o escoamento superficial, causando valas de erosão e terracetes provocados pelo pisoteio do gado. Dessa forma, no território baiano, este estuário faz parte da Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte (criada por meio do Decreto Estadual nº 1046/92) (LIMA e LIMA, 2012) e está inserido em uma região que apresenta grande diversidade de peixes, crustáceos e aves migratórias (SANTOS, 2009).

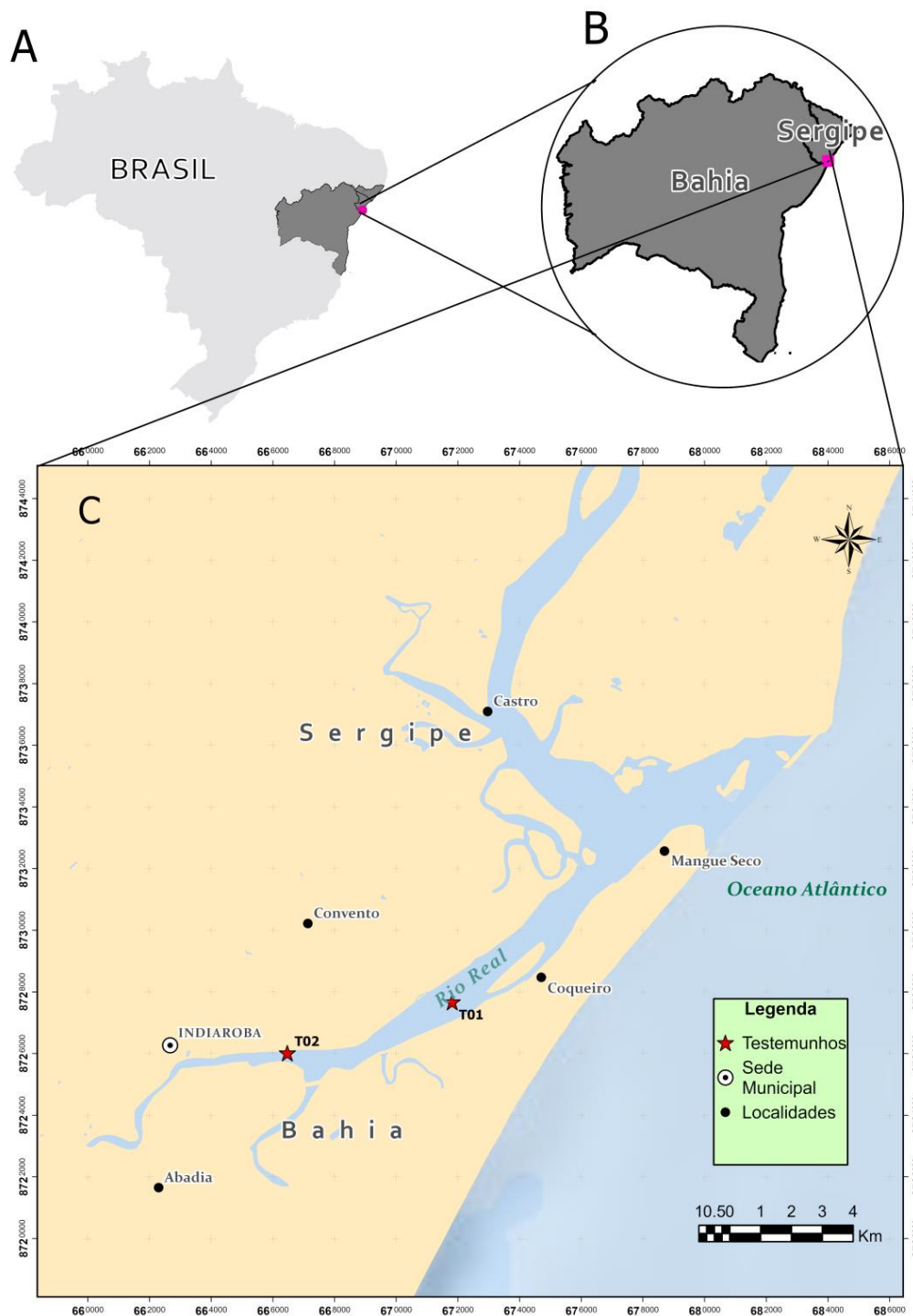
Adicionalmente, o Real integra o complexo estuarino Piauí-Fundo-Real, que abrange parte dos municípios de Itaporanga d'Ajuda, Estância, Santa Luzia do Tanhy, Indiaroba e Jandaíra, e localiza-se geologicamente na feição estrutural rasa denominada Plataforma de Estância, a qual integra uma parte do pacote sedimentar do Cretáceo, Terciário e Quaternário (CARVALHO e FONTES, 2007).

Figura 1: Mapa geral da área de estudo e da localização das 75 amostras de sedimento de fundo (utilizadas no artigo de variação espacial e intra-anual) dos foraminíferos coletadas no estuário do rio Real, concernentes a distribuição microfaunística de foraminíferos bentônicos



Fonte: Adaptado de Farias, 2014

Figura 2: Mapa geral da área de estudo e da localização dos dois testemunhos rasos de sondagem (utilizadas no artigo de interpretações paleoambientais) coletados no estuário do rio Real.



Fonte: Adaptado de Farias, 2014

APÊNDICES D – ARTIGO 1: TABELAS COM DADOS BRUTOS

Tabela 3. Dados físico-químicos, granulométricos e de matéria orgânica (M.O.) do estuário do rio Real, concernentes à estação chuvosa (jul/2013) e estação seca (fev/2014) e limites das Resoluções do CONAMA N° 357/2005 das águas Classe 1 (Brasil, 2005)

AMOSTRAS	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA					ANÁLISE DO SEDIMENTO (%)							
	O.D (mg/L ⁻¹)	pH	T (°C)	Salinidade	Eh	M.O	C	A.M.G	A.G	A.M	A.F	A.M.F	L
Estação chuvosa													
P1	2,16	7,60	25,66	10,71	-136,20	0,67	2,17	2,96	5,29	47,55	38,05	3,92	0,06
P2	3,81	8,18	25,16	10,03	-94,30	0,72	4,19	3,31	2,42	18,72	62,82	8,41	0,12
P3	3,52	7,83	25,86	18,50	-106,20	7,54	7,79	9,42	10,77	23,72	31,55	12,75	4,01
P4	3,26	8,33	25,97	17,61	-110,00	6,14	23,22	7,10	6,56	8,96	44,30	7,84	2,02
P5	3,42	7,91	25,38	12,66	-110,20	6,49	0,14	5,38	6,63	15,77	53,95	16,01	2,11
P6	3,02	7,43	26,56	8,48	-113,50	3,36	0,56	13,59	7,49	18,03	49,20	8,74	2,39
P7	4,20	8,21	25,98	0,59	-134,70	1,26	18,15	9,71	12,78	32,91	18,56	5,90	1,99
P8	3,83	7,81	26,53	0,25	-140,50	0,39	2,53	9,69	30,11	50,96	6,56	0,14	0,01
MÉDIA	3,40	7,91	25,89	9,85	-118,20	3,32	7,34	7,65	10,25	27,08	38,12	7,96	1,59
Estação seca													
P1	5,94	8,69	27,91	35,59	-128,20	0,57	0,90	1,34	8,50	52,69	35,41	1,15	0,00
P2	6,24	8,24	28,13	35,63	-129,20	1,47	6,81	3,60	2,27	20,60	59,16	7,50	0,06
P3	4,47	8,25	28,81	32,37	-133,00	12,10	18,51	32,95	19,70	12,52	7,61	5,48	3,22
P4	3,80	7,91	28,50	28,30	-134,00	0,46	5,62	5,85	3,12	6,40	77,06	1,79	0,14
P5	4,00	7,84	27,89	26,06	-135,90	6,64	26,54	18,84	11,72	9,97	21,45	9,31	2,18
P6	3,61	7,69	28,40	17,81	-141,50	3,02	8,87	5,12	3,52	21,32	58,06	2,89	0,23
P7	3,86	7,46	29,59	12,68	-144,20	0,80	10,02	10,23	29,12	38,39	9,84	2,20	0,19
P8	3,96	7,90	28,87	8,66	-152,60	0,00	1,28	3,31	72,02	20,41	2,91	0,05	0,00
MÉDIA	4,49	8,00	28,51	24,64	-137,33	3,13	9,82	10,16	18,75	22,79	33,94	3,80	0,75
CONAMA													
DOCE	> 6mg/L		< 40,0			≤ 0,5							
SALINA	> 6mg/L					≥ 30							
SALOBRA	> 6mg/L					> 0,5 < 30							

Códigos: O.D. = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogeniônico, T. = temperatura, Eh = potencial oxi-redutor, M.O. = matéria orgânica, C. = cascalho, A.M.G. = areia muito grossa, A.G. = areia grossa, A.M. = areia média, A.F. = areia fina, A.M.F. = areia muito fina, L. = lama

Tabela 4. Correlação de Spearman para a espécie *Trochammina inflata*, parâmetros físico-químicos e dados sedimentológicos (granulometria) e matéria orgânica (M.O.) do canal estuarino do rio Real, para o período chuvoso (C1 - Jul/2013)

C1	<i>Tinf</i>	pH	A.M.F	L	M.O
<i>Tinf</i>	1,0000	0,2455	0,7910	0,7910	0,6274
Salinidade	-0,3546	-0,4524	-0,1905	-0,2381	-0,1667
T	-0,4637	0,2381	0,0476	0,0000	0,2619
O.D	0,1637	-0,5000	-0,3333	0,0714	-0,1429
pH	0,2455	1,0000	0,5952	0,5952	0,7619
A.M.F	0,7910	0,5952	1,0000	0,8571	0,8571
L	0,7910	0,5952	0,8571	1,0000	0,9286
M.O	0,6274	0,7619	0,8571	0,9286	1,0000

Legenda: C1 = Campanha 1, *Tinf* = *Trochammina inflata*, pH = potencial hidrogeniônico, A.M.F = areia muito fina, L = lama, M.O = matéria orgânica, T = temperatura, O.D = oxigênio dissolvido

Tabela 5. Correlação de Spearman para das espécies *Nonion sinensis*, *Peneroplis proteus*, *Quinqueloculina bicornis*, *Q. lamarckiana*, parâmetros físico-químicos, dados sedimentológico (granulometria) e nutrientes (matéria orgânica) do canal estuarino do rio Real, para o período seco (C2 - Fev/2014)

C2	<i>Nsin</i>	<i>Ppro</i>	<i>Qbicor</i>	<i>Qlam</i>	Salinidade	O.D	A.MF	L	M.O
<i>Nsin</i>	1,0000	0,5000	1,0000	0,9592	0,7638	0,7638	0,0779	-0,4832	-0,0935
<i>Ppro</i>	0,5000	1,0000	0,5000	0,3163	0,4364	0,5455	0,7326	0,0623	0,3429
<i>Qbicor</i>	1,0000	0,5000	1,0000	0,9592	0,7638	0,7638	0,0779	-0,4832	-0,0935
<i>Qlam</i>	0,9592	0,3163	0,9592	1,0000	0,7326	0,7326	-0,0779	-0,5144	-0,1559
Salinidade	0,7638	0,4364	0,7638	0,7326	1,0000	0,7143	0,3571	0,0238	0,2857
O.D	0,7638	0,5455	0,7638	0,7326	0,7143	1,0000	0,2619	-0,1905	0,1905
A.MF	0,0779	0,7326	0,0779	-0,0779	0,3571	0,2619	1,0000	0,7143	0,8571
L	-0,4832	0,0623	-0,4832	-0,5144	0,0238	-0,1905	0,7143	1,0000	0,8810
M.O	-0,0935	0,3429	-0,0935	-0,1559	0,2857	0,1905	0,8571	0,8810	1,0000

Legenda: C2 = Campanha 2, Nsin = *Nonion sinensis*, Ppro = *Peneroplis proteus*, Qbicor = *Quinqueloculina bicornis*, Qlam = *Quinqueloculina lamarckiana*, S = salinidade, O.D = oxigênio dissolvido, A.M.F = areia muito fina, L = lama, M.O = matéria orgânica

Tabela 6. Dados brutos dos metais (mg/g) em sedimentos do estuário do rio Real durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014).

PONTOS	Mg	K	Ca	As	Al	V	B	Fe	Si
Estação chuvosa									
P1	32,09	14,88	50,23	0,934	15,39	0,075	2.888	35,76	10,47
P2	10,54	5.375	35,08	0,894	17,37	0,00	0,505	30,16	7.635
P3	59,33	53,66	149,2	1.895	282,4	0,54	0,00	256,6	31,03
P4	22,21	19,5	36,02	0,749	95,56	0,217	0,209	96,65	21,5
P5	31,11	30,78	47,73	0,901	161,7	0,274	0,00	139,7	28,74
P6	26,22	27,78	14,08	0,355	147,4	0,243	0,00	109,1	32,69
P7	13,82	14,59	99,49	1.614	159,5	0,214	0,00	82,87	42,29
P8	10,88	2.457	2.581	0,00	5.758	0,00	0,115	5.839	2.880
Estação seca									
P1	47,29	11,73	0,00	0,037	0,00	0,00	2.880	37,36	9.873
P2	15,52	7.265	0,00	0,033	0,00	0,00	0,661	32,09	7.204
P3	71,24	19,65	0,00	0,062	0,00	0,00	1.760	270,3	29,4
P4	32,77	9.932	0,00	0,00	0,00	0,00	0,933	100,9	20,4
P5	43,53	11,81	0,00	0,00	0,00	0,00	1.039	147,2	27,13
P6	37,3	15,51	18,13	0,00	0,00	0,00	0,751	115,1	30,91
P7	20,3	5.727	0,00	0,156	0,00	0,00	0,526	88,00	40,1
P8	17,15	3.562	5.753	0,00	0,00	0,00	0,142	6.189	2.653
N1*	n.i	n.i	n.i	130321	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
N2*	n.i	n.i	n.i	4900	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
TEL*	n.i	n.i	n.i	7,240	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
PEL*	n.i	n.i	n.i	41,600	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
LEL*	0,006	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	0,002	n.i
SEL*	0,033	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	0,004	n.i
TV*	n.i	n.i	n.i	0,029	n.i	0,042	n.i	n.i	n.i

Legenda: N1 e N2 *Resolução CONAMA 454/2012 (BRASIL, 2012); TEL e PEL * Canadian Sediment Quality Guidelines (CSQG) (EC, 2003); LEL e SEL *Environment Canada (EC, 2003); TV * Netherlands (2000)

APÊNDICES E – ARTIGO 2: TABELAS COM DADOS BRUTOS

Tabela 2. Registro das abundâncias absolutas e relativas das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho T01 do estuário do rio Real

Prof (cm)	1		3		5		7		9		11		13		15		17		
Abundâncias	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	
Espécies																			
<i>Ammonia beccarii</i>	6	100	0	0,00	1	0,94	3	2,07	4	2,11	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	20,00	
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	13	8,97	7	3,68	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Ammonia tepida</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Cibicides concentrica</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	7	4,83	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	10	5,26	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	10,00	
<i>Criboelphidium excavatum</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	2	1,38	4	2,11	0	0,00	1	100	0	0,00	1	10,00	
<i>Criboelphidium poeyanum</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Globocassidulina bora</i>	0	0	0	0,00	1	0,94	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Nonionella bradii</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	3	2,07	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Nonion depressulum</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Nonion grateloupii</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Peneroplis bradyi</i>	0	0	0	0,00	1	0,94	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Peneroplis sp.</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	1,05	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Portatrochammina bipolaris</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,53	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Quinqueloculina seminula</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	10,00	
<i>Quinqueloculina sp.</i>	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Trochammina globigeriniformis</i>	0	0	0	0,00	36	33,96	8	5,52	5	2,63	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
<i>Trochammina hadai</i>	0	0	0	0,00	11	10,38	96	66,21	114	60,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	40,00	
<i>Trochammina inflata</i>	0	0	0	0,00	54	50,94	13	8,97	40	21,05	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	10,00	
<i>Textularia agglutinans</i>	0	0	0	0,00	2	1,89	0	0,00	3	1,58	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
TOTAL	6	100,00	0	0,00	106	100,00	145	100,00	190	100,00	0	0,00	1	100,00	0	0,00	10	100,00	

Continuação: Tabela 2. Registro das abundâncias absolutas e relativas das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho T01 do estuário do rio Real

Prof (cm)	19		21		23		25		27		29		31		33		35		37			
Abundâncias	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)		
Espécies																						
<i>Ammonia beccarii</i>	10	31,25	0	0,00	0	0,00	34	40,96	0	0,00	0	0,00	3	50,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	4	12,50	0	0,00	0	0,00	2	2,41	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Ammonia tepida</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	24	28,92	0	0,00	0	0,00	1	16,67	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Cibicides concentrica</i>	1	3,13	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Cibicides lobatulus</i>	1	3,13	0	0,00	0	0,00	3	3,61	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Criboelphidium excavatum</i>	5	15,63	1	33,33	0	0,00	9	10,84	0	0,00	0	0,00	1	16,67	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Criboelphidium poeyanum</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	3,61	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Globocassidulina bora</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Nonionella bradii</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Nonion depressulum</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1,20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Nonion grateoupui</i>	1	3,13	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Peneroplis bradyi</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Peneroplis sp.</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Portatrochammina bipolaris</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Quinqueloculina seminula</i>	2	6,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Quinqueloculina sp.</i>	0	0,00	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Trochammina globigeriniformis</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	3,61	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Trochammina hadai</i>	1	3,13	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Trochammina inflata</i>	6	18,75	0	0,00	0	0,00	3	3,61	0	0,00	0	0,00	1	16,67	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Textularia agglutinans</i>	1	3,13	0	0,00	0	0,00	1	1,20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
TOTAL	32	100,00	3	33,33	0	0,00	83	100,00	0	0,00	0	0,00	6	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Conclusão: Tabela 2. Registro das abundâncias absolutas e relativas das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho T01 do estuário do rio Real

Prof (cm)	37		39		41		43		45		47		49		TOTAL		
Abundâncias	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	CLASS
Espécies																	
<i>Ammonia beccarii</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	45,45	0	0,00	0	0,00	5	71,43	73	12,05	Principal
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	9,09	0	0,00	0	0,00	0	0,00	27	4,46	Acidental
<i>Ammonia tepida</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	9,09	0	0,00	0	0,00	0	0,00	26	4,29	Acidental
<i>Cibicides concentrica</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	9,09	0	0,00	0	0,00	0	0,00	9	1,49	Acidental
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	18,18	0	0,00	0	0,00	0	0,00	17	2,81	Acidental
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	9,09	0	0,00	0	0,00	2	28,57	27	4,46	Acidental
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,50	Traço
<i>Globocassidulina bora</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,17	Traço
<i>Nonionella bradii</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,50	Traço
<i>Nonion depressulum</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,17	Traço
<i>Nonion grateloupii</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,17	Traço
<i>Peneroplis bradyi</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,17	Traço
<i>Peneroplis sp.</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	0,33	Traço
<i>Portatrochammina bipolaris</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,17	Traço
<i>Quinqueloculina seminula</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,50	Traço
<i>Quinqueloculina sp.</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,17	Traço
<i>Trochammina globigeriniformis</i>	0	0,00	0	0,00	1	16,67	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	53	8,75	Principal
<i>Trochammina hadai</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	227	37,46	Principal
<i>Trochammina inflata</i>	0	0,00	0	0,00	5	83,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	123	20,30	Principal
<i>Textularia agglutinans</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	7	1,16	Acidental
TOTAL	0	0,00	0	0,00	6	100,00	11	100,00	0	0,00	0	0,00	7	100,00	606	100	

Tabela 3. Registro das abundâncias absolutas e relativas das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho T02 do estuário do rio Real

Prof. (cm)	1		3		5		7		9		11		13		15	
Abundâncias	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)
Espécies																
<i>Ammonia beccarii</i>	0	0,00	0	0,00	41	71,93	0	0,00	43	72,88	1	100,00	0	0,00	0	0,00
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0,00	0	0,00	11	19,30	0	0,00	11	18,64	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Haynesina germanica</i>	0	0,00	0	0,00	5	8,77	0	0,00	5	8,47	0	0,00	0	0,00	0	0,00
TOTAL	0	0,00	0	0,00	57	100,00	0	0,00	59,00	100,00	1	100,00	0	0,00	0	0,00

Continuação: Tabela 3. Registro das abundâncias absolutas e relativas das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho T02 do estuário do Real

Prof. (cm)	17		19		21		23		25		27		29		31	
Abundâncias	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)
Espécies																
<i>Ammonia beccarii</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Haynesina germanica</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
TOTAL	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Conclusão: Tabela 3. Registro das abundâncias absolutas e relativas das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho T02 do estuário do Real

Prof. (cm)	31		33		35		38		39		41		43		TOTAL	
Abundâncias	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)	AB	AR (%)
Espécies																
<i>Ammonia beccarii</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	100,00	87	73,11
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	22	18,49
<i>Haynesina germanica</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	10	8,40
TOTAL	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	100,00	119	100,00

Tabela 4. Registro dos Índices de Riqueza de Margalef (S), Equitatividade Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de acordo com o número de espécies de moluscos bivalves (N) e profundidade do testemunho T01

Prof (cm)	N	S	J'	H'
1	0	0,00	0,00	0,00
3	0	0,00	0,00	0,00
5	0	0,00	0,00	0,00
7	0	0,00	0,00	0,00
9	2	0,00	0,00	0,00
11	0	1,44	1,00	0,69
13	1	0,00	0,00	0,00
15	0	0,00	0,00	0,00
17	0	0,00	0,00	0,00
19	0	0,00	0,00	0,00
21	0	0,00	0,00	0,00
23	1	0,00	0,00	0,00
25	0	0,00	0,00	0,00
27	0	0,00	0,00	0,00
29	1	0,00	0,00	0,00
31	0	0,00	0,00	0,00
33	0	0,00	0,00	0,00
35	0	0,00	0,00	0,00
37	0	0,00	0,00	0,00
39	0	0,00	0,00	0,00
41	0	0,00	0,00	0,00
43	0	0,00	0,00	0,00
45	0	0,00	0,00	0,00
47	0	0,00	0,00	0,00
49	0	0,00	0,00	0,00
51	0	0,00	0,00	0,00
53	0	0,00	0,00	0,00
55	0	0,00	0,00	0,00
57	0	0,00	0,00	0,00
59	0	0,00	0,00	0,00

Continuação: Tabela 4. Registro dos Índices de Riqueza de Margalef (S), Equitatividade Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de acordo com o número de espécies de moluscos bivalves (N) e profundidade do testemunho T01

Prof (cm)	N	S	J'	H'
61	0	0,00	0,00	0,00
63	0	0,00	0,00	0,00
65	0	0,00	0,00	0,00
67	0	0,00	0,00	0,00
69	0	0,00	0,00	0,00
71	0	0,00	0,00	0,00
73	2	0,00	0,00	0,00
75	0	0,00	0,00	0,00
77	2	0,00	0,00	0,00
79	0	0,00	0,00	0,00
81	3	0,00	0,00	0,00
83	2	1,82	1,00	1,10
85	0	1,44	1,00	0,69
87	0	0,00	0,00	0,00
89	2	0,00	0,00	0,00
91	3	1,44	1,00	0,69
93	1	1,82	1,00	1,10
95	2	0,00	0,00	0,00
97	3	0,00	0,00	0,00
99	1	0,91	0,92	0,64
101	1	0,00	0,00	0,00
103	1	0,00	0,00	0,00
105	1	0,00	0,00	0,00
107	1	0,00	0,00	0,00
109	1	0,00	0,00	0,00
111	1	0,00	0,00	0,00
113	1	0,00	0,00	0,00
115	0	0,00	0,00	0,00
117	0	0,00	0,00	0,00
119	0	0,00	0,00	0,00

Tabela 5. Registro dos Índices de Riqueza de Margalef (S), Equitatividade Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de acordo com o número de espécies de foraminíferos (N) e profundidade do testemunho T01

Prof. (cm)	S	J'	H'
1	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
5	1,29	0,59	1,15
7	1,41	0,59	1,23
9	1,72	0,57	1,31
11	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00
17	2,17	0,90	1,61
19	2,60	0,84	1,94
21	1,82	1,00	1,10
23	0,00	0,00	0,00
25	2,04	0,71	1,64
27	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00
31	1,67	0,90	1,24
33	0,00	0,00	0,00
35	0,00	0,00	0,00
37	0,00	0,00	0,00
39	0,00	0,00	0,00
41	0,56	0,65	0,45
43	2,09	0,86	1,54
45	0,00	0,00	0,00
47	0,00	0,00	0,00
49	0,51	0,86	0,60

Tabela 6. Registro dos Índices de Riqueza de Margalef (S), Equidade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de acordo com o número de espécies de foraminíferos (N) e profundidade do testemunho T02

Prof (cm)	N	S	J'	H'
1	0	0,00	0,00	0,00
3	0	0,00	0,00	0,00
5	57	0,49	0,70	0,77
7	0	0,00	0,00	0,00
9	59	0,49	0,69	0,75
11	1	0,00	0,00	0,00
13	0	0,00	0,00	0,00
15	0	0,00	0,00	0,00
17	0	0,00	0,00	0,00
19	0	0,00	0,00	0,00
21	0	0,00	0,00	0,00
23	0	0,00	0,00	0,00
25	0	0,00	0,00	0,00
27	0	0,00	0,00	0,00
29	0	0,00	0,00	0,00
31	0	0,00	0,00	0,00
33	0	0,00	0,00	0,00
35	0	0,00	0,00	0,00
37	0	0,00	0,00	0,00
39	0	0,00	0,00	0,00
41	0	0,00	0,00	0,00
43	2	0,00	0,00	0,00

APÊNDICES F – REVISÃO DA LITERATURA

PERÍODO QUATERNÁRIO: TRANSIÇÃO PLEISTOCENO/ HOLOCENO

Enfoque no Período Quaternário tem sido destaque em trabalhos de reconstrução ambiental, por constituir dentro da escala geológica, a época mais recente da história da terra e dispersão da raça humana, cujos trabalhos de reconstruções são em relação aos demais períodos geológicos, favorecidos pela existência de quase todas as espécies animais e vegetais que habitam o planeta desde a formação inicial do Quaternário (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

O Período Quaternário abrange os últimos 2,6 milhões de anos e encontra-se, subdividido em dois momentos temporalmente distintos: o Pleistoceno, que compreende entre 2,5 milhões e 11,700 mil anos atrás, delimitado pela primeira grande glaciação global (SUGUIO, 2005).

Dentre os períodos da história da Terra, a última glaciação, Würn-Wisconsin do Pleistoceno, foi caracterizada por um frio intenso com duração aproximadamente igual a 100.000-12.000 AP. Por outro lado, durante o período subsequente, no Holoceno (atual interglacial), foi marcado com temperaturas mais quentes, além de possuir um maior acervo de informações registradas até então (LIMA, 2015).

A transição Pleistoceno/Holoceno é caracterizada pela evolução climática, ao longo de um ciclo, que é observada através do reconhecimento na mudança da paisagem, através de fatores como, alterações na estrutura e distribuição da vegetação (NOBRE et al., 2006). Ao final da última glaciação, ocorreu a máxima expansão das geleiras na Europa e América do Norte, que foi denominado o Último Máximo Glacial - UMG (próximo dos 21.000 anos AP), sendo caracterizado por um clima úmido que favoreceu o desenvolvimento de uma vegetação arbórea (BAÑULS-CARDONA et al., 2014). Contudo, ressalta-se que as mudanças climáticas não foram perceptíveis uniformemente ao longo da superfície terrestre, sendo mais fácil reconhecer as características de um ciclo de oscilações climáticas que marcaram nitidamente o final do Último Glacial Pleistocênico e o desdobramento do Holoceno, sobretudo no último milênio (LIMA, 2015). Por outro lado, muitas discussões são feitas acerca dos fenômenos cíclicos causadores das glaciações e interglaciações, mas ainda não se tem uma resposta concreta sobre seus motivos de ocorrências e, sim, possível causas e mudança na topografia do relevo como, por exemplo, soerguimento do Himalaia, mudanças da radiação solar devido aos efeitos de meteoros, mudança

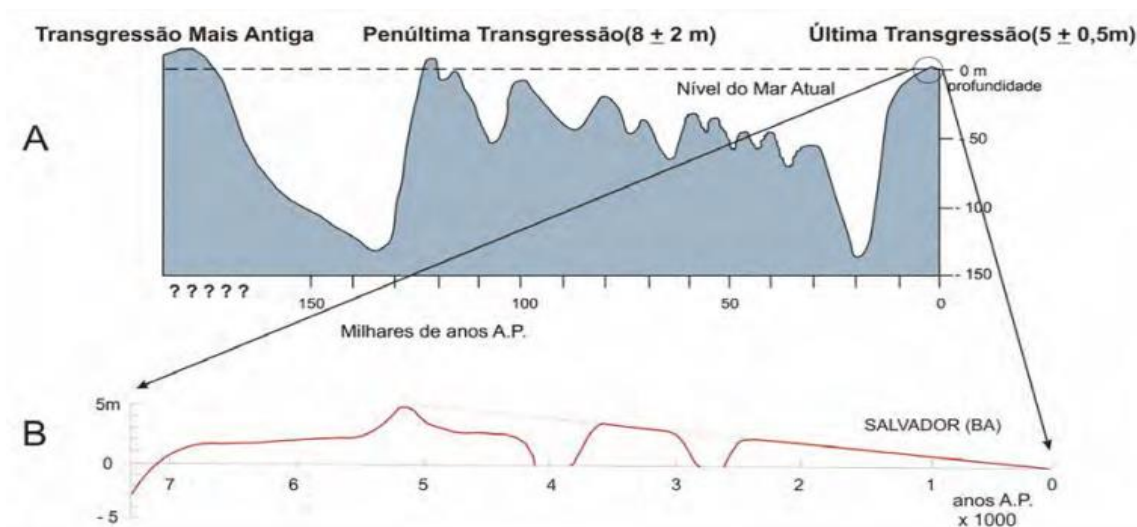
da radiação por conta de vulcanismo e mudança na inclinação do eixo de rotação e do ciclo solar (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005).

Em 2019, o Holoceno foi oficialmente subdividido em idades classificadas como Greenlandiano (Holoceno Precoce, 11.700 até 8.200 anos), Northgrippiano (Holoceno Médio, 8.200 até 4.200 anos) e Meghalayano (Holoceno Tardio, inicia em 4.200 até o presente) em decorrência das mudanças climáticas (INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART, 2022).

Diante do exposto, compreende-se que existe um desafio nos estudos de reconstrução do Período Quaternário, pois para se reconstituir as condições pretéritas é necessário levar em consideração o fato de que as respostas ambientais às mudanças climáticas e suas oscilações não são uniformes e/ou simultâneas como se deduzia e, sim, dependentes de fatores regionais e locais, da capacidade de fornecer respostas rápidas ou não, cujos registros podem não ser tão modernos quanto os padrões conhecidos e generalizados, tornando as mudanças paleoambientais ainda bastante desconhecidas devido a poucos estudos paleocológicos do Último Máximo Glacial (BARROS et al., 2011).

O Último Evento de Transgressão, ocorrido durante o Holoceno, culminou com a subida do nível do mar em aproximadamente 5 metros acima do nível do mar atual, a cerca de 5.100 A.P., e desde então, se estabeleceu um evento de Regressão Marinha até os dias atuais, reforçada através dos ciclos de alta e baixa frequência (Figura 1). Esta Última Transgressão alcançou uma distância de 1,5 km, em direção ao continente, observando-se a linha de costa atual. Sabe-se que durante os eventos transgressivos, os vales dos rios foram afogados, formando ambientes estuarinos e originando depósitos flúvio-lagunares expressivos. Além disso, a supressão dos sedimentos finos (retidos em ambientes estuarinos) resultou, conseqüentemente no desenvolvimento e na deposição carbonática de origem biogênica.

Figura 1. Curva esquemática de variação do nível relativo do mar nos últimos 150.000 anos, para a costa leste nordeste do Brasil elaborada com base na curva eustática de Chappell e Shackleton (1986). B. Curva de variação do nível relativo do mar nos últimos 5.100 anos.



Fonte: Martin, Dominguez e Bittencourt (2003)

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS FORAMINÍFEROS

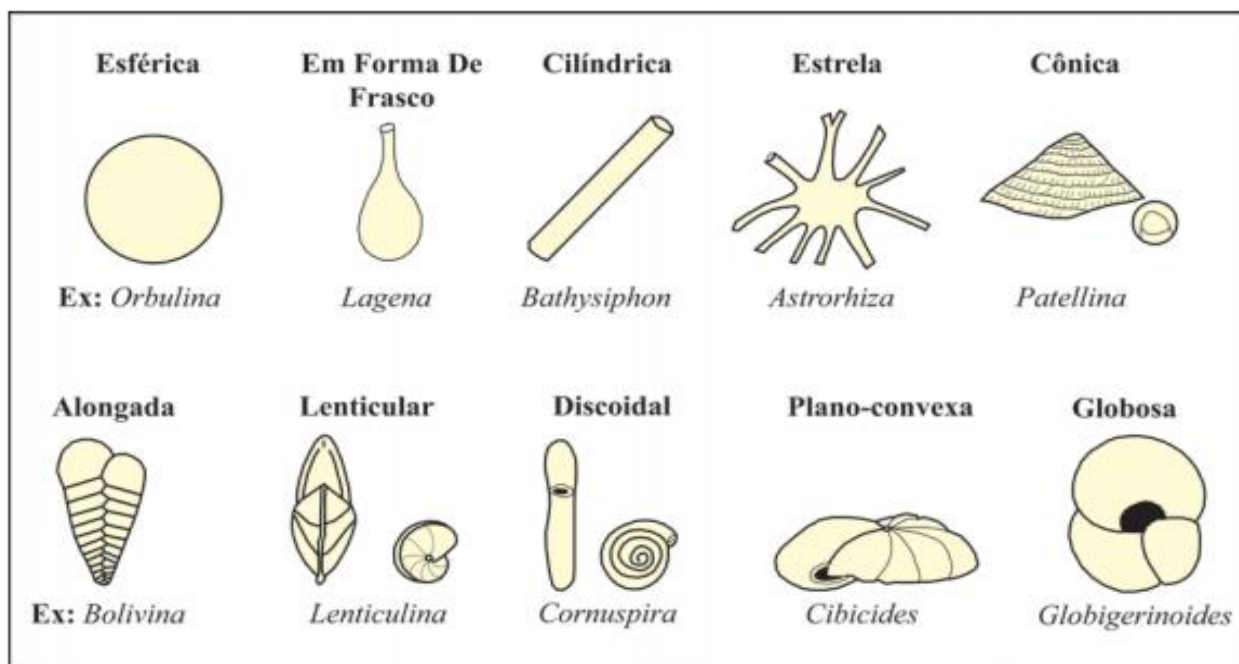
Os foraminíferos são organismos unicelulares eucariotas pertencentes ao Reino Protista, inserido no Filo Foraminifera, que apresentam uma grande distribuição ecológica, habitando desde ambientes estuarinos até as planícies abissais (HAYWARD et al., 2012). O tamanho destes protistas varia, entre 0,1 mm a 1 mm, enquanto os macroforaminíferos excedem os 3 mm, e geralmente possuem uma carapaça, cujo número das câmaras podem ser divididas em uni ou plurilocular, a qual exibe-se como um elemento fundamental para a classificação das espécies, pois ficam preservadas no sedimento após a morte do indivíduo (DEBENAY, 2012).

De acordo com Vilela (2004), as câmaras desses protozoários podem ter diversas formas e apresentar vários elementos. As testas desses organismos são delimitadas por linhas de sutura, apresentam ornamentações e abertura bucal que pode ser simples ou múltipla, e tais características fornecem indícios importantes para a fisiologia, ecologia e subsídios necessários para a realização da sistemática destes organismos (MORAES, 2002).

Williamson (1852) foi o primeiro a usar as características das testas dos foraminíferos como ferramenta para identificação das espécies, através do padrão de enrolamento e disposição das câmaras e tipos de abertura bucal, sendo esses caracteres adotados anos mais tarde por micropaleontólogos em classificações sistemáticas do grupo (MOLINA, 2017).

As testas dos foraminíferos podem apresentar uma grande variedade de formas, desde feições esféricas, como também apresentar-se em formato de frasco, cilíndrica, estrelada, cônica, alongada, lenticular, discoidal, plano-convexa ou globosa (Figura 2).

Figura 2: Características principais das testas dos foraminíferos



Fonte: Modificado de VILELA, 2004.

Composição e morfologia da carapaça

A estrutura e composição da carapaça destes organismos variam bastante, como resultado da adaptação ao meio, uma vez que suas testas é a base para a sua identificação em nível de espécie, bem como uma resposta rápida para as alterações ambientais a que estão expostas (ZERFASS e ANDRADE, 2008; BARBIERI, et al., 2006). Além disso, o Filo Foraminifera apresenta diversos tipos de carapaças, tais quais: Pseudoquitinosas, Aglutinantes, Calcária e Silicosa, essa última muito rara de ser encontrada, pois é encontrada em ambientes marinhos de águas profundas (VIEIRA e DANTAS, 2015).

Carapaças aglutinantes (pertencentes à Sub-Ordem Textulariina) são constituídas a partir de partículas exógenas cimentadas e selecionadas em função do tipo, peso e formato do grão (DEBENAY e PATRONA, 2009), sendo indicadoras de águas com baixas concentrações de carbonato de cálcio (CaCO_3) (condições hipossalinas-típicas de ambientes marginais marinhos), a

exemplo das águas estuarinas, de lagoas hipossalinas, águas frias do mar polar, ou abaixo da lisocliina (profundidade de compensação de carbonato de cálcio) (GREINER, 1974).

Os foraminíferos calcários são classificados em três grupos: os foraminíferos com carapaças porcelâmica (pertencentes à Sub-Ordem Miliolina), com preferência por áreas bastante iluminadas, como é o caso de lagoas hipersalinas, ou mesmo em águas pouco profundas até águas quentes alcalinas (tropicais); foraminíferos com carapaças hialinas e transparentes com aspecto vítreo (pertencentes à Sub-Ordem Rotaliina) que abrangem uma diversidade de ambientes, desde estuários até abaixo da profundidade de compensação de carbonatos (CCD), encontrando-se em todos os ambientes marinhos, e os foraminíferos com carapaças microgranular (pertencentes à Sub-Ordem Fusilinina) grupo extinto a mais de 250 milhões de anos, com uma aparência fibrosa ou granular (BARBIERI et al., 2006; DOUGLAS, 1979; BOERSMA, 1978).

Estudos sobre foraminíferos aumentaram nas últimas décadas, especialmente aqueles com a finalidade de evidenciar as condições ecológicas (análogas) que determinam a distribuição das assembleias de foraminíferos em consonância com as associações de foraminíferos do passado, com o intuito de exibir características ecológicas que podem ser consideradas análogas (QUINTELA, 2015). A partir dessa ideia, pode-se, por exemplo, compreender as alterações climáticas e oceanográficas assinaladas no registro geológico. A vantagem da utilização deste grupo em estudos de reconstrução paleoecológica resulta principalmente da sua alta abundância e da excelente capacidade de conservação das suas carapaças (SEN GUPTA, 2002).

INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NO USO DE FORAMINÍFEROS EM ESTUDOS PALEOECOLÓGICOS

Os foraminíferos, dentre os microfósseis, são os organismos que apresentam uma importância significativa em estudos paleoecológicos e paleoceanográficos, uma vez que são predominantemente marinhos (95% bentônicos e 5% planctônicos) (DEBENAY, 2009) e bastante sensíveis às variações de fatores físico-químicos e biológicos que, por sua vez, determinam sua distribuição biogeográfica e batimétrica, além de informar o paleonível costeiro (BRUNO, 2013). Os organismos bentônicos são constantemente empregados em estudos de reconstruções paleoambientais, posto que podem indicar processos evolutivos e alterações geomorfológicas locais (CEARRETA et al., 2007; BLÁZQUEZ e USERA, 2010). Outra aplicabilidade dos foraminíferos bentônicos é a sua utilização em pesquisas acerca da datação de

rochas do Paleozóico, visto que a realização de datações precisas relacionadas aos registros paleoambientais é de grande importância no reconhecimento de rochas geradoras e armazenadoras de petróleo (VICALVI, 1999).

As espécies de foraminíferos planctônicos são utilizadas como indicadores de alterações climatológicas, sendo aplicados em estudos de variações da temperatura como, por exemplo reconstruções glaciais, zoneamento paleoclimáticos do Quaternário, dentre outros (THUNNELL, 1984; FERREIRA et al., 2012).

Segundo Lin (1992), fatores físico-químicos como a temperatura, salinidade e profundidade estão associados diretamente à distribuição, abundância dos indivíduos e composição das associações, uma vez que, tais fatores interferem significativamente no número de espécies como na quantidade de espécimes de um grupo taxonômico.

Dentre os fatores abióticos físicos que merecem destaque em estudos paleoecológicos com uso de foraminíferos estão as análises da temperatura da água, potencial hidrogeniônico, potencial de oxirredução e concentração de oxigênio; para os fatores químicos pode-se destacar os dados de salinidade da água, aporte de CO₂ e disponibilidade de Carbonato de Cálcio (CaCO₃) para processos de biomineralização e, por último, entre os fatores bióticos, ressalta-se as relações intra e interespecíficas, a exemplo da competição, simbiose, mobilidade, taxas reprodutivas, dentre outros (MOLINA, 2017).

Murray (2006) constatou que a temperatura, é um dos mais importantes parâmetros utilizados em pesquisas paleoecológicas com uso de foraminíferos, pois as oscilações de temperatura fornecem interpretações distintas para ambos os grupos de foraminíferos (bentônicos ou planctônicos), visto que as populações de águas quentes ocorrem em regiões intertropicais, enquanto que as populações de águas frias ocorrem em regiões subpolar (regiões de massas de águas frias).

Outro fator físico-químico a ser levado em consideração em estudos paleoecológicos é a pressão hidrostática, responsável pelo controle da solubilidade dos gases, principalmente o CO₂, necessário para a formação do carbonato de cálcio, e conseqüentemente utilizado na síntese das carapaças calcárias dos foraminíferos (PEREIRA, 2014).

Em estudos de fatores ambientais que controlam a distribuição dos foraminíferos, Greiner (1974) evidenciou que ambientes com baixas concentrações de carbonato de cálcio (CaCO₃) apresentaria uma dominância de foraminíferos com testas aglutinantes, em ambientes com disponibilidade

intermediária, ocorreria dominância de organismos com carapaças hialinas e em ambientes com elevadas concentrações de CaCO_3 seriam dominados por carapaças porcelânicas. Deste modo, a razão entre foraminíferos aglutinantes e calcários (A/C) pode inferir uma informação indireta acerca da salinidade e disponibilidade de CaCO_3 , visto que a disponibilidade desse composto iônico aumenta com a elevação da temperatura e salinidade da água (BUZAS, 1989). A salinidade em conjunto com a temperatura e profundidade controlam aspectos que vão desde o controle do número de indivíduos até o padrão de associação das espécies de foraminíferos, visto que o número de testas aumenta em locais com salinidade entre 0,5 a 35 e decresce com valores acima de 35 (PEREIRA, 2014).

Para Boltosvskoy e Wright (1976), a redução de oxigênio dissolvido no ambiente marinho provoca diminuição na densidade e diversidade das espécies e também redução das carapaças dos organismos, uma vez que reduzindo-se a taxa metabólica compromete a fabricação de novas câmaras; por outro lado, ambientes com depleção de oxigênio favorecem o aumento de espécies pioneiras e/ou oportunistas. Murray (2006), em contrapartida, destacou em seus estudos sobre a densidade dos foraminíferos que a redução das concentrações de oxigênio não era um fator que limitava a distribuição dos foraminíferos.

Scott et al. (2001) destacaram a influência dos parâmetros físicos, potencial hidrogeniônico (pH) e potencial de oxi-redução (Eh) da água. Verificou-se que em ambientes com pH baixo e redutores ocorre o predomínio de foraminíferos com testas aglutinantes, espécies típicas de ambientes parálisos (confinados) e, após sua morte, suas carapaças são preservadas, tornando-se parte do registro fóssil, enquanto que nas mesmas condições ambientais, foraminíferos com carapaças calcárias sofrem elevado stress, o que provoca uma rápida dissolução das suas carapaças, dificultando a preservação de suas carapaças no sedimento após a sua morte.

Adicionalmente, um fator ambiental que interfere na distribuição dos foraminíferos é o fator biótico, de acordo com Debenay e Beck-Eichler (1996) o hábito alimentar destes protistas é muito diversificado, o que inclui bactérias, algas, crustáceos, e detritos orgânicos, mas a existência de algumas espécies omnívoras (espécies com capacidade para metabolização de diversas classes alimentícias) representa uma vantagem alimentar frente às espécies mais seletivas, pois se adaptam melhor às variações ambientais.

Outro fator biótico relevante é o ciclo reprodutivo curto, com alternância de gerações entre assexuada e sexuada (MURRAY, 2006). Segundo Barbieri et al. (2006), o ciclo reprodutivo dos

foraminíferos é muito susceptível às alterações ambientais, isto é, em condições ambientais favoráveis ocorre uma maior produção das espécies e em circunstâncias ambientais desfavoráveis, acontece uma redução na produção das espécies, ou ainda, o desaparecimento dos indivíduos do ambiente.

Conforme Reinhardt et al. (1994), a competição interespecífica promove o aumento da diversidade das espécies e uma baixa abundância dos indivíduos, enquanto que na associação de ambientes pobres as baixas diversidades e elevadas abundâncias de espécimes devem-se a uma menor competição interespecífica.

Debenay (2000), em seu estudo sobre a distribuição dos foraminíferos em ambiente parálico, constatou que a diversidade das espécies aumenta gradualmente à medida que o ambiente evolui de estuários para ambientes estritamente marinhos e reduz em ambientes de lagoas hipersalinas. Estudos confirmam o comportamento que a diversidade faunística das espécies de foraminíferos diminui consideravelmente em ambientes parálicos (em condições de confinamento), estando diretamente relacionada a alterações ambientais causadas pela redução da influência marinha (GUELORGET e PERTHUISOT, 1983, 1990; DEBENAY, 1995; FRENOD e GOUBERT, 2007.)

Dessa forma, a análise e caracterização destes parâmetros físico-químicos correlacionando-os com os aspectos biológicos, auxiliam na compreensão dos fatores que influem na distribuição das assembleias de foraminíferos, permitindo estudos mais aprofundados acerca da paleoecologia do grupo, bem como trabalhos de reconstruções de paleoambientes ocupados por estes organismos.

USO DE FORAMINÍFEROS EM ESTUDOS DE RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL

Segundo Lange (1999), as espécies de foraminíferos bentônicos surgiram, aproximadamente, há 550 milhões de anos, tais organismos irradiaram-se adaptativamente, habitando as diversas zonas climáticas e em todos os ambientes estuarinos, lagunares e marinhos em todas as profundidades (DEBENAY et al., 1996).

Trabalhos práticos utilizando-se foraminíferos bentônicos começaram em meados do século XX a partir de Joseph Cushman, que usou as espécies bentônicas como marcadores bioestratigráficos para determinar a idade do sedimento (CUSHMAN, 1928), além de evidenciar que tais organismos também podem ser aplicados em análises de prospecção petrolífera.

Natland (1933) realizou diversos estudos com objetivo estritamente paleoambiental utilizando, pela primeira vez, as espécies de foraminíferos bentônicos para estabelecer a profundidade de deposição de sedimentos em uma bacia. Décadas depois, o uso de foraminíferos bentônicos foi aplicado em larga escala em estudos de paleobatimetria cujo foco era a identificação de espécies isobataiais, ou seja, associações de espécies que habitam a mesma profundidade em todos os oceanos, a exemplo dos trabalhos de Parker (1948); Phleger e Parker (1951); Phleger (1960); Bandy (1953a,b); Bandy e Arnal, (1957); Bandy e Echols, (1964); Bandy e Chierici (1966); Barbosa *et al.* (2010).

Estudos posteriores de paleobatimetria com uso de foraminíferos bentônicos identificou que fatores bióticos (micro-habitat) e abióticos (massas d'água e aporte de nutrientes) influenciam a relação existente entre a dinâmica de associação das espécies e sua distribuição com a profundidade (CULVER e BUZAS, 1981). Adicionalmente, tem-se a publicação de Berger e Diester-Haass (1988) que corrobora com essas informações, visto que eles evidenciaram a partir da pesquisa realizada na margem continental noroeste da África, que a abundância e distribuição dos foraminíferos bentônicos em relação aos foraminíferos planctônicos são controladas pelo aporte de matéria orgânica no assoalho oceânico em função da profundidade e proximidade com a costa.

Phleger (1960) conseguiu estabelecer os limites faunísticos de profundidade por meio de pesquisas realizadas na parte Noroeste do Golfo do México, destacando os limites de 100 m, a 200 m, 600 m, 1.000 m e 2.000 m de profundidade da coluna d'água.

Grimsdale e Van Morkhoven (1955) publicaram um clássico estudo, no qual eles estabeleceram as bases para o cálculo da razão entre foraminíferos planctônicos e bentônicos para determinação paleobatimétrica, índice estatístico utilizado até o presente para trabalhos de reconstrução de paleoprofundidades. Neste trabalho, os autores constataram que a proporção de foraminíferos bentônicos relacionados à fauna total aumentava continuamente em direção a águas mais profundas.

Outro fator utilizado como indicador de profundidade foi a aplicação do cálculo da razão entre o número de foraminíferos que possuem carapaças dos tipos hialinas, porcelânicas e aglutinantes, pois tais espécies indicam ambientes com grandes profundidades (BANDY e ARNAL, 1957; SLITER e BAKER, 1972; MURRAY, 1973; GREINER, 1974). No final da década de 60 diversos estudos acerca das associações de foraminíferos vivos em ambientes com depleção de

oxigênio começaram a ser desenvolvidos, destacando-se alguns trabalhos como os de Smith (1964), Phleger e Soutar (1973), Douglas e Heitman (1979), Van Der Zwaan (1982) e Bernhard (1986). Tais estudos mostraram que, geralmente, em ambientes pobres em oxigênio, as faunas de foraminíferos apresentam mais especificidade, além de baixa diversidade, apresentando pouca dominância de espécies morfológicamente adaptadas ao tipo de ambiente. Dessa forma, a escassez de oxigênio dissolvido em águas oceânicas profundas tornou-se um dos condicionantes ambientais mais importantes na distribuição dos foraminíferos em ambientes adversos.

A partir da década de 1970, começou o desenvolvimento de estudos oceanográficos, utilizando os foraminíferos como ferramenta para avaliar a distribuição destes organismos e das massas d'águas, o que favoreceu a interpretação acerca das correntes marinhas profundas do passado e seu padrão de circulação (LOHMANN, 1978; CORLISS, 1979; SCHNITKER, 1980; CORLISS, 1983 e CARALP, 1987). Em meados da década de 1970, os foraminíferos passaram a ser utilizados em estudos que avaliavam a paleoprodutividade oceânica, evidenciando que além dos parâmetros físico-químicos como temperatura, salinidade e profundidade, o aporte orgânico e a oxigenação das águas de fundo eram os principais controladores das espécies de foraminíferos de águas profundas (EPPLEY e PETERSON, 1979; SUESS, 1980; MARTIN *et al.*, 1987; BERGER e WEFER, 1990).

Na década de 1980, Lutze (1980) e Lutze e Coulbourn (1984) começaram a aprofundar seus estudos sobre a influência do aporte de nutrientes na distribuição dos foraminíferos, evidenciando a partir desses trabalhos que a matéria orgânica é o fator ambiental mais importante em relação à estrutura dos foraminíferos bentônicos marinhos, controlando sua composição e densidade. Posteriormente às publicações desses trabalhos, diversos estudos paleoceanográficos foram feitos, confirmando a relação existente entre os foraminíferos bentônicos e o fluxo de matéria orgânica (CARALP, 1984; CARNEY, 1989; SMART *et al.*, 1994; SCHMIEDL e MACKENSEN, 1997; DE RIJK *et al.*, 2000; FONTANIER *et al.*, 2002; SMART, 2008).

ESTUDOS ATUAIS DO USO DE FORAMINÍFEROS EM TRABALHOS DE RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL

Ghourchaei *et al.* (2015) realizaram um trabalho de reconstrução paleoambiental do cretáceo superior no nordeste do Irã, tendo neste estudo observado que as variações das assembleias de foraminíferos têm relação com as variações da paleoprodutividade, isto é, a presença do gênero

Globigerinelloides constitui um ambiente eutrófico, enquanto o registro do gênero *Heterohelicids* evidencia um ambiente mesotrófico.

Na atualidade (2018), foram realizados alguns trabalhos paleoceanográficos e paleoambientais, destacando-se Pallikaraki et al. (2018), que fizeram interpretações paleoambientais de um pacote sedimentar na parte oriental do Golfo de Corinto, na Grécia, a partir de técnicas micropaleontológicas com uso de foraminíferos nanoplanctônicos. Tal trabalho documentou paleoambientes de alta resolução com mudanças glácio-eustáticas no nível do mar. Soliman et al. (2018) analisaram qualitativa e quantitativamente a fauna de foraminíferos bentônicos em três seções estratigráficas no deserto oriental do Egito, cujas seções abrangem o intervalo do Máximo Térmico do Paleoceno-Eoceno (MTPE). Por meio deste trabalho, os autores perceberam que esse leito é caracterizado pela extinção de toda fauna de foraminíferos bentônicos, com exceção de espécies de foraminíferos aglutinantes raras, o que indica um evento anóxico oceânico no fundo do mar.

Além de estudos de reconstrução paleoambiental, foraminíferos também são utilizados em estudos bioestratigráficos, visto que, foraminíferos planctônicos são excelentes fósseis guias, enquanto os organismos bentônicos são amplamente usados para solucionar problemas de correlação e estratigrafia (KOCHHANN, 2012; BERNASCONI e CUSMINSKY, 2015; HOSSEINIPOUR e HASSANI, 2015; PIANA, 2017), dentre outros.

Dentro desse contexto, o Brasil também exibiu publicações na área da reconstrução de paleoambientes, com destaque para os trabalhos de Sallun et al. (2012), através do qual os autores descrevem mudanças ambientais do Holoceno em sedimentos paleolagunares do Sudeste Brasileiro; bem como o de Bruno (2013), que realizou um trabalho de reconstrução paleoambiental da Laguna de Maricá, no Rio de Janeiro, por meio de foraminíferos bentônicos avaliando a evolução costeira.

Vilela (2014) analisou em seu trabalho a evolução tardia do Holoceno e o aumento da poluição da Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. Por meio destes estudos paleoecológicos das assembleias de foraminíferos foi possível detectar a chegada dos primeiros europeus no século XVI, bem como o aumento da poluição ao longo da Baía, através da correlação dos dados de foraminíferos bioindicadores de matéria orgânica, poluição humana e dados de radiocarbono do fundo da Baía. Silva et al. (2014) analisaram mudanças paleoambientais entre 9.400 e 8.300 cal na Estação Ecológica Juréia-Itatins, em São Paulo. O estudo avaliou as assembleias de

foraminíferos entre 9.400 e 8.385 cal, registrando o comportamento do nível do mar ao longo da costa brasileira durante este período. Ferreira et al. (2014) realizaram uma pesquisa de mudanças na estrutura da coluna d'água e da paleoprodutividade oceânica desde o Pleistoceno Médio, na Bacia de Santos, São Paulo. Desta forma, através da razão dos foraminíferos bentônicos e planctônicos correlacionando-os com os dados de isótopos estáveis, foi possível registrar as oscilações paleoceanográficas dos últimos ~ 570 ka.

Quadros et al. (2015) realizaram uma caracterização paleoambiental de depósitos eocênicos da bacia de Sergipe-Alagoas com o uso de morfogrupos de foraminíferos bentônicos. Os dados desta pesquisa evidenciaram que as abundâncias de alguns gêneros de foraminíferos bentônicos infaunais (*Bulimina*, *Eponides* e *Globobulimina*) indicam condições de alta produtividade orgânica e água de fundo deficiente em oxigênio no Eoceno médio do poço da bacia de Sergipe-Alagoas.

Gasparini e Vilela (2017) fizeram o registro da evolução paleoambiental do Complexo Deltaico do Paraíba do Sul, Leste do Brasil, através de biofáceis de foraminíferos bentônicos, por meio das quais foi possível inferir a respeito da dinâmica costeira.

E por fim, Barbosa et al. (2018) realizaram uma reconstrução do Quaternário Tardio relacionada às mudanças do nível do mar no Nordeste do Brasil. Por meio de indicadores mineralógicos, sedimentológicos e foraminíferos bentônicos, a pesquisa realizada por Barbosa et al. (2018) conseguiram reconstruir as principais fases evolutivas desta área durante o Holoceno.

USO DE FORAMINÍFEROS EM ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Os ambientes costeiros e estuarinos são controlados pelas oscilações dos parâmetros físico-químicos (fatores abióticos) influenciados da origem marinha e fluvial, criando diversos gradientes de salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, Eh, dentre outros fatores (MELO, 2017). Tais regiões costeiras possuem ecossistemas que exercem importantes funções reguladoras, tem se observado que essas regiões estão sob grandes pressões devido à ocupação inadequada e a exploração inadequada de seus ecossistemas, a exemplo dos estuários e manguezais, pois são áreas que estão sofrendo fortes influências das atividades humanas que muitas vezes acarretam grandes impactos ambientais (HAVENS, 2015).

As áreas costeiras, particularmente docas e portos foram descritos na literatura internacional como locais típicos de impactos, uma vez que, poluentes associados a sedimentos pode se acumular devido a atividades antropogênicas (CASTRO e ALMEIDA, 2012). Dentre as consequências ecológicas e ambientais de contaminação dos ecossistemas costeiros, a contaminação por metais pesados é responsável por grande parte da porcentagem desta poluição (REBELLO et al. 1986; VAN-DENBERGAND REBELLO, 1986; LEAL ANDWAGENER, 1993; BAPTISTA NETO et al. 2000).

Os primeiros registros sobre os efeitos da poluição na distribuição dos foraminíferos começaram na década de 1950 (ZALESNY, 1959; RESIG, 1960; WATKINS, 1961; BANDY, 1964; BOLTOVSKOY, 1965; SEIGLIE, 1968). Os foraminíferos são organismos que responde as essas variações ambientais, através da composição das associações e aspectos morfológicos (FRENZEL et al., 2009). Diante de suas características e aplicabilidade ambiental, esses protistas têm sido estudados em todo o mundo, como bons bioindicadores ambientais, particularmente em ambientes costeiros e estuarinos, a fim de monitorar os impactos ambientais nesses ambientes (SIEMENSMA et al., 2017).

O conhecimento da sua ecologia e padrão de associação microfaunística contribui para a avaliação dos sedimentos de fundo adjacentes a áreas extremamente poluídas. A resposta de assembleias de foraminíferos bentônicos a distribuição dos metais pesados e aos elevados teores de matéria orgânica (M.O.) pode ser uma ferramenta útil na avaliação da extensão dos impactos dessas substâncias nas áreas costeiras, especialmente regiões estuarinas (SAMIR, 2000). Além disso, os metais pesados e elevados teores de (M.O.) causam deformidades e atrofia nas testas dos foraminíferos, bem como diminuição da diversidade e densidade (BOLTOVSKOY 1956; MCCRONE e SCHAFER 1966; SEIGLIE 1968; ALVE 1991; CASAMAJOR e DEBENAY 1995; BONETTI et al., 1997; YANKO e et al., 1998; 1999), sendo essas informações importantes na caracterização de áreas impactadas por ações antrópicas.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS BIVALVES

Os moluscos constituem o segundo maior táxon dentro do reino animal, englobando cerca de 100.000 espécies descritas e o topo dessa classificação é ocupado pelos representantes do grupo Arthropoda (RUPPERT; FOX; BARNES, 2005). Dentro desse contexto, a classe Bivalvia se

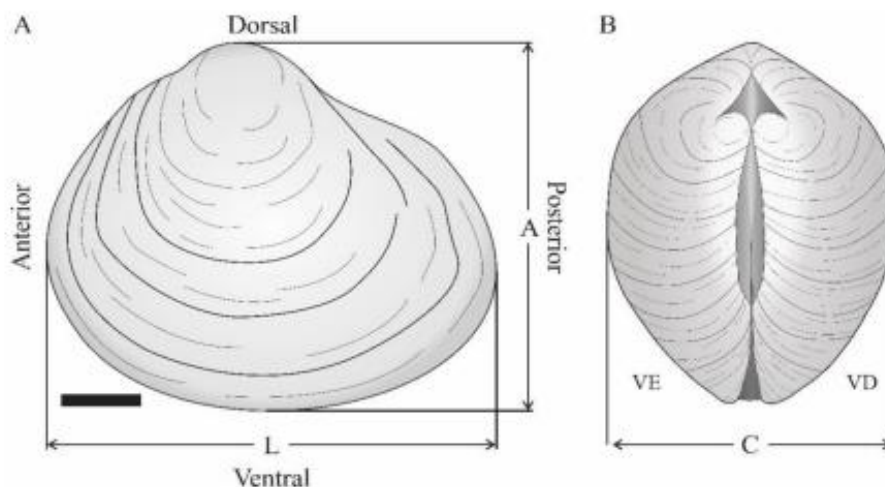
destaca como uma das mais numerosas, contabilizando aproximadamente 9.000 espécies conhecidas, conforme apontado por Appeltans et al. (2012). Apresentam como características morfológicas uma parte visceral comprimida lateralmente e envolta por uma concha com duas valvas, daí o uso do termo “bivalve” para definir o grupo.

As espécies pertencentes a esta classe são bastante conhecidas pela sociedade devido seu grande valor econômico associado aos mariscos, ostras, vieiras, teredos e mexilhões, além de possuírem ampla distribuição geográfica (HICKMAN et al., 2013; ARAUJO, 2018).

Os bivalves estuarinos apresentam alto valor ecológico como socioeconômico, principalmente por conta da sua alta diversidade e abundância, e conseqüentemente muitas espécies de bivalves servem como importante fonte de renda e alimento para as comunidades ribeirinhas (SILVA, 2016).

As espécies de moluscos bivalves apresentam sua estrutura externa (Figura 3) revestida por uma concha, constituída de duas valvas, a complexidade dessas conchas se manifesta tanto em suas características externas, que abrangem desde as discontinuidades comissurais conhecidas como "gapes", até a diversidade de formas, espessuras e padrões ornamentais únicos (STANLEY, 1970). Além disso, as duas valvas se ligam e articulam-se através de dentes que se encaixam e por um ligamento elástico, que funcionam semelhante uma dobradiça.

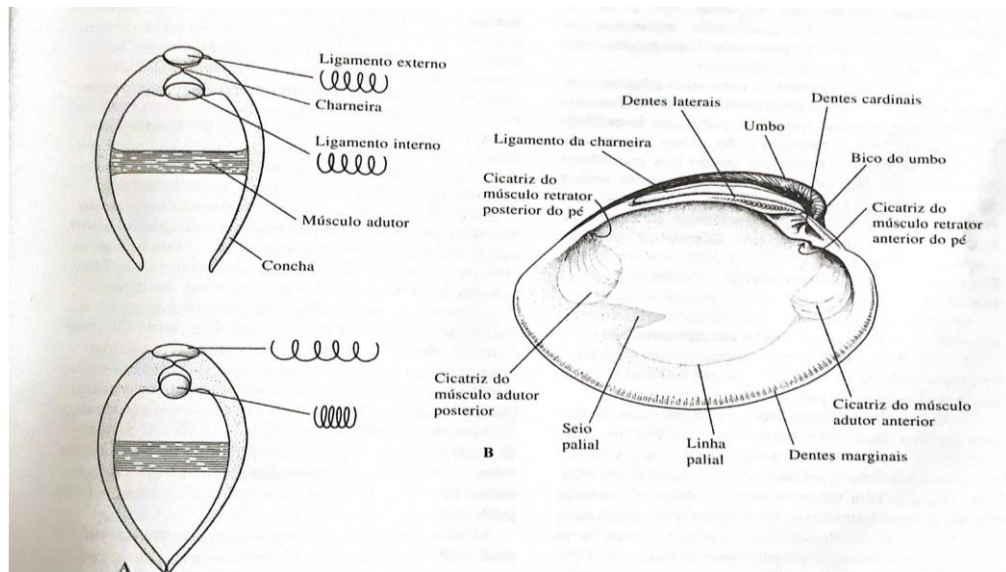
Figura 3: Figura mostrando concha de bivalve com suas estruturas externas. (A) vista lateral da valva esquerda. (B) vista dorsal de um bivalve. Escala = 10 mm



Fonte: Franco Neto et al., 2019

No âmbito das características internas (Figura 4) são encontradas informações valiosas para a compreensão dos diversos aspectos de seus hábitos de vida, em particular, as estruturas da charneira e as inserções musculares que emergem como elementos-chave, proporcionando informações específicas e úteis sobre a biologia e ecologia desses organismos (GHILARDI, 1999).

Figura 4: Figura mostrando concha de bivalve com suas estruturas internas. (A) corte transversal exibindo ligamentos da charneira e dos músculos adutores. (B) Superfície interna da valva esquerda de um bivalve marinho



Fonte: Ruppert et al., 2005

APÊNDICES G – LISTA TAXONÔMICA DOS FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS

A identificação dos foraminíferos em nível de espécie foi baseada em literatura existente de diversos autores, mas a classificação sistemática foi realizada a partir de Loeblich e Tappan (1988), sendo obtidas 17 espécies bentônicas e 02 planctônicas distribuídas em 15 gêneros e 4 ordens, a saber:

Reino PROCTISTA (Haeckel, 1866)

Filo FORAMINIFERA (d'Orbigny, 1826)

Classe GLOBOTHALAMEA (Pawlowski, Holzmann & Tyszka, 2013)

Ordem ROTALIIDA (Delage e Hérouard, 1896)

Superfamília ROTALIACEA (Ehrenberg, 1839)

Família ROTALIIDAE (Ehrenberg, 1839)

Subfamília AMMONIINAE (Saidova, 1981)

Gênero *Ammonia* (Brünnich, 1772)

Ammonia beccarii (Linnaeus, 1758)

Ammonia Parkinsoniana (d'Orbigny, 1839)

Ammonia tepida (Cushman, 1926)

Superfamília PLANORBULINACEA (Schwager, 1877)

Família CIBICIDIDAE (Cushman, 1927)

Subfamília CIBICIDINAE (Cushman, 1927)

Gênero *Cibicides* (Montfort, 1808)

Cibicides sp.

Família ELPHIDIIDAE (Galloway, 1933)

Subfamília ELPHIDIUM (Bartletti Cushman, 1933)

Gênero *Criboelphidium* (Montfort, 1808)

Criboelphidium excavatum (Terquem, 1875)

Criboelphidium poeyanum (d'Orbigny, 1826)

Superfamília GLOBIGERINOIDEA (Carpenter et al., 1862)

Família GLOBIGERINIDAE (Carpenter et al., 1862)

Gênero *Globigerina* (d'Orbigny, 1826)

Globigerina rubra (d'Orbigny, 1839)

Globocassidulina biora (Crespin, 1960)

Superfamília PLANORBULINOIDEA (Schwager, 1877)

Família PLANULINIDAE (Bermúdez, 1952)

Gênero *Hyalinea* (Hofker, 1951)

Hyalinea balthica (Schröter, 1783)

Superfamília ROTALIOIDEA (Ehrenberg, 1839)

Família HAYNESINIDAE (Mikhalevich, 2013)

Gênero *Haynesina* (Banner & Culver, 1978)

Haynesina germanica (Ehrenberg, 1840)

Superfamília NONIONOIDEA (Schultze, 1854)

Família NONIONIDAE (Schultze, 1854)

Gênero *Nonion* (Montfort, 1808)

Nonionella auris (d'Orbigny, 1839)

Nonionella bradii (Chapman, 1916)

Nonion depressulum (Walker & Jacob, 1798)

Nonion grateloupii (d'Orbigny, 1839)

Nonion sinensis (Wang, 1978)

Classe GLOBOTHALAMEA (Pawlowski, Holzmann & Tyszka, 2013)

Ordem LITUOLIDA (Blainville, 1827)

Superfamília TROCHAMMINOIDEA (Schwager, 1877)

Família TROCHAMMINIDAE (Schwager, 1877)

Subfamília TROCHAMMININAE (Schwager, 1877)

Gênero *Portatrochammina* (Echols, 1971)

Portatrochammina bipolaris (Brönnimann & Whittaker, 1980)

Gênero *Trochammina*, (Parker & Jones, 1859)

Trochammina discorbis (Earland, 1934)

Trochammina inflata, (Montagu, 1808)

Trochammina globigeriniformis (Parker & Jones, 1865)

Trochammina hadai (Uchio, 1962)

Ordem TEXTULARIIDA (Delage e Hérouard, 1896)

Subfamília SEPTOTEXTULARIINAE (Loeblich & Tappan, 1985)

Gênero *Septotextularia* (Cheng & Zheng, 1978)

Septotextularia rugosa (Cheng & Zheng, 1978)

Superfamília TEXTULARIOIDEA (Ehrenberg, 1838)

Família TEXTULARIIDAE (Ehrenberg, 1838)

Subfamília TEXTULARIINAE (Ehrenberg, 1838)

Gênero *Textularia* (Defrance, 1824)

Textularia agglutinans (d'Orbigny, 1839)

Classe TUBOTHALAMEA (Pawlowski, Holzmann & Tyszka, 2013)

Ordem MILIOLIDA (Delage & Hérouard, 1896)

Superfamília SORITOIDEA (Ehrenberg, 1839)

Família PENEROPLIDAE Schultze, 1854

Gênero *Peneroplis* (Montfort, 1808)

Peneroplis bradyi (Cushman, 1930)

Peneroplis proteus (d'Orbigny, 1839)

Subfamília HAUERININAE (Schwager, 1876)

Gênero *Quinqueloculina* (d'Orbigny, 1826)

Quinqueloculina auberiana (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina angularis (d'Orbigny in Fornasini, 1905)

Quinqueloculina bicarinata (d'Orbigny in Terquem, 1878)

Quinqueloculina bicornis (Walker & Jacob, 1798)

Quinqueloculina bicostata (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina bradyana (Cushman, 1917)

Quinqueloculina candeiana (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina contorta (d'Orbigny, 1846)

Quinqueloculina lamarckiana (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758)

Superfamília MILIOLOIDEA (Ehrenberg, 1839)

Família SPIROLOCULINIDAE (Wiesner, 1920)

Gênero *Spiroloculina* (d'Orbigny, 1826)

Spiroloculina communis (Cushman & Todd, 1944)

Gênero *Triloculina* (d'Orbigny, 1826)

Triloculina sp. (d'Orbigny, 1826)

APÊNDICES H – FOTOMICROGRAFIAS DOS FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E FOTOGRAFIAS DOS BIVALVES NO ESTUÁRIO DO RIO REAL

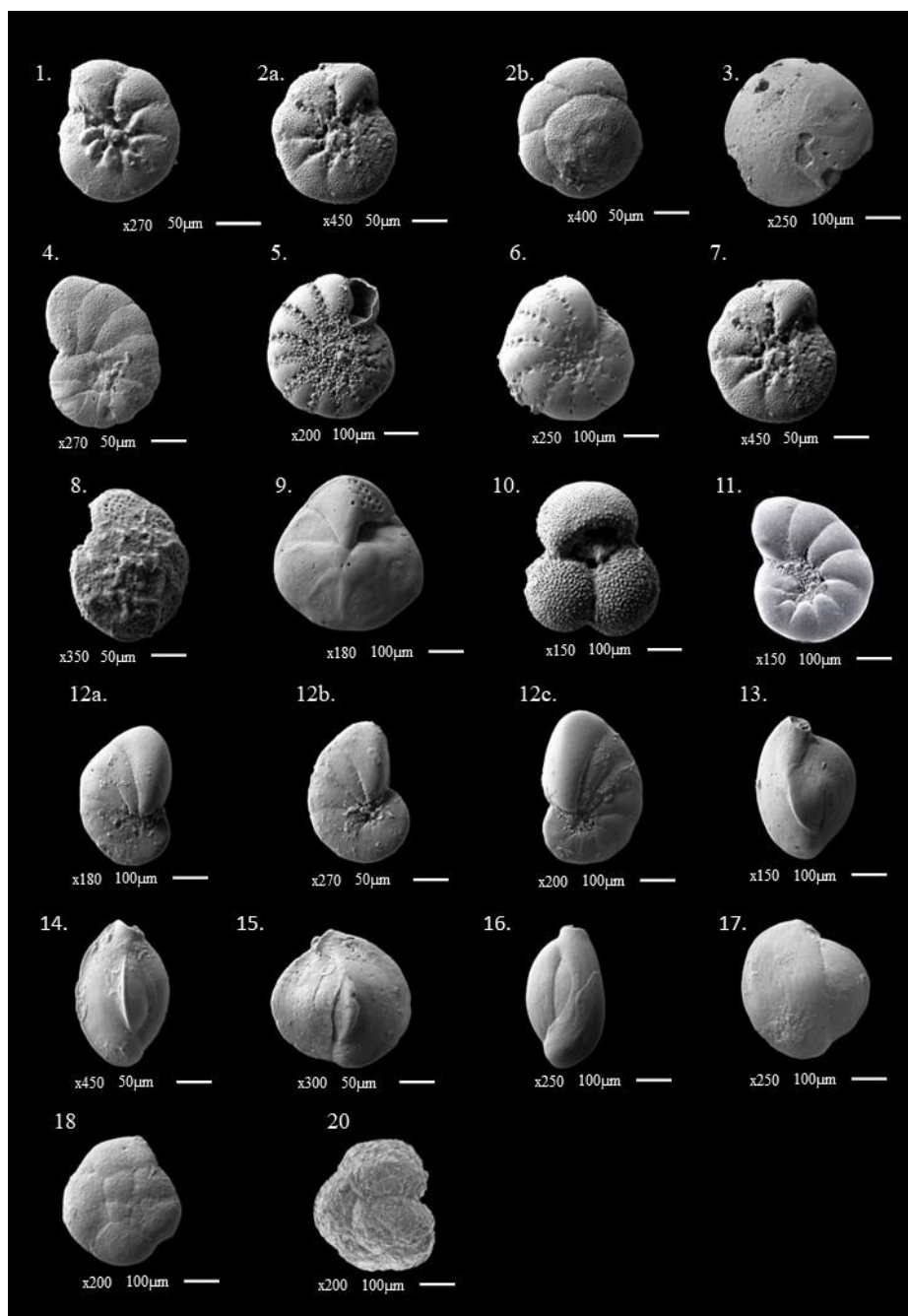


Figura 3. Algumas espécies de foraminíferos bentônicos registrados no estuário do Real. **1.** *Ammonia beccarii* (Linnaeus, 1758), **2a, b.** *Ammonia tépida* (Cushman, 1926), **3.** *Hauerina* sp. (d'Orbigny, 1839), **4.** *Cibicides lobatulus* (Montfort, 1808), **5.** *Cribroelphidium excavatum* (Terquem, 1875), **6.** *Cribroelphidium poeyanum* (d'Orbigny, 1826), **7.** *Cribroelphidium vadescens* (Cushman & Brönnimann, 1948), **8.** *Cribroelphidium* sp. **9.** *Eponides repandus* (Fichtel & Moll, 1798), **10.** *Globigerina bulloides* (d'Orbigny, 1826), **11.** *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840). **12a, b e c.** *Nonionella auris* (d'Orbigny, 1839), **13.** *Quinqueloculina auberiana* (d'Orbigny, 1839), **14.** *Quinqueloculina candeiana* (d'Orbigny, 1839), **15.** *Quinqueloculina lamarckiana* (d'Orbigny, 1839), **16.** *Quinqueloculina seminula*, (Linnaeus, 1758), **17.** *Triloculina sommeri* (Lamarck, 1804), **19.** *Trochammina inflata* (Montagu, 1808), **20.** *Trochammina hadai* (Uchio, 1962). **Fontes das imagens: 11 e 20** – foraminifera.eu.

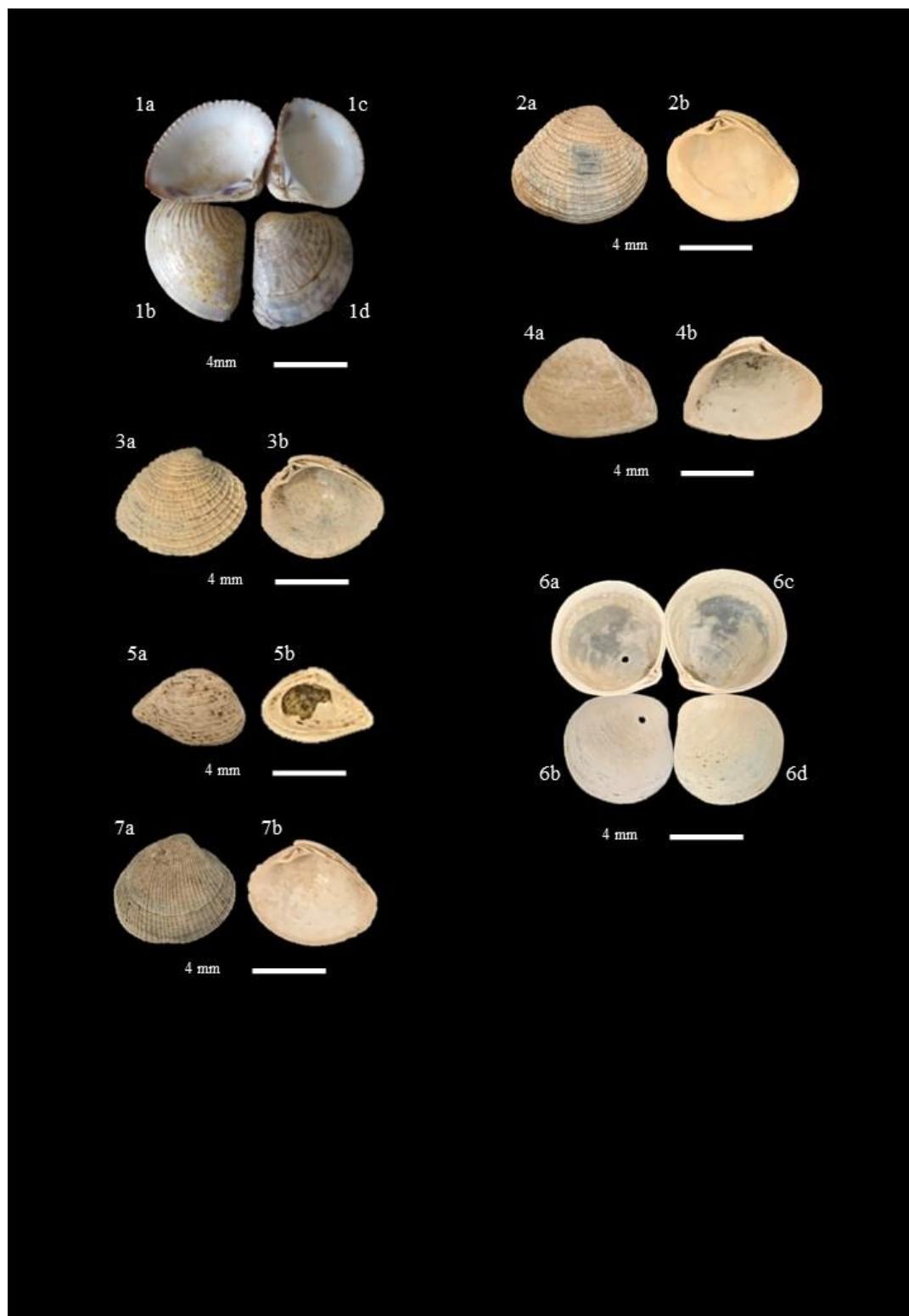


Figura 4. Algumas espécies de moluscos bivalves registrados no estuário do Real. **1a, b, c, d.** *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), **2a, b.** *Chione cancellata* (Linnaeus, 1767), **3a, b.** *Chione subrostrata* (Lamarck, 1818), **4a, b.** *Corbula cubaniana* (d'Orbigny, 1853), **5a, b.** *Corbula caribaea* (d'Orbigny, 1853), **6a, b, c, d.** *Diplodonta cf. notata* (C.B. Adams, 1845), **7a, b.** *Luanarca ovalis* (Bruguère, 1789). **Fonte das imagens:** 1a, b, c, d. – www.museunacional.ufrj.br

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

1. The Revista Brasileira de Paleontologia (RBP) is an official publication of the Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP) whose goal is to publish original scientific papers of broad interest in the field of Paleontology.
2. All submitted manuscripts must be in accord with the ICZN, ICBN.
3. Manuscripts may be written in Portuguese, Spanish, or English. Articles in Portuguese or Spanish must include an English abstract.
4. Manuscripts may be up to 40 typed, double-spaced pages (A4 or standard letter size) in length, including illustrations and bibliography. Papers exceeding this limit should enquire the editorial team.
5. Institutional addresses, email and ORCID (with full URL) of all authors should be provided. Indicate the corresponding author with an asterisk.
6. A cover letter to the editor must be sent when submitting a manuscript, containing indications of potential reviewers with expertise in the subject of the paper, conflicts of interest, among others.

MANUSCRIPT PREPARATION

7. The first page should begin with the title, author's name, and the complete address (both postal and electronic), followed by the English abstract, resumo, full text, references, and illustrations. Manuscript title centralized, upper case, font size 14, bold type. Authors name in upper case, font size 10, centralized. Author addresses in lower case, font size 10, centralized. Other titles in the text in upper case, and centralized. Subtitles in lower case, bold and left aligned. The abstract and resumo should not exceed 20 lines, in a single paragraph, with no citations, and should be followed by up to six key words and palavras-chave, respectively, introduced by colon and separated by commas, according to the following example:

Palavras-chave: radiolários, sistemática, micropaleontologia, Cretáceo, Brasil.

Key words: radiolarians, systematics, micropaleontology, Cretaceous, Brazil.

Please provide an abbreviated title for the manuscript. For articles in Portuguese or Spanish, the English translation of the title in lower case letters, in bold, should follow the word Abstract and be directly followed by the abstract's text. Submit only the digital files of text, tables and illustrations. Text and tables must be in Word for Windows, Times New Roman font with a font size 12. Text should be double-spaced and left-aligned, with margins of 2.5 cm on all sides. Each illustration and table must be sent in a separate digital file.

Illustrations

8. All graphic illustrations, photographs and photomicrographs should be referred to as Figures, including plates, and numbered sequentially in the order of their citation in the text. Color figures can be used with no additional cost. The figures should be submitted at the size they are to appear in the journal: maximum width 8 cm (one column) or 17 cm (two columns). Elaboration of the figures making the most economical use of the available space is strongly recommended. Avoid the use of frames and excessive blank space between the parts of a figure. Figures must be submitted in high-quality, with digital files (jpg or tiff) of at least 300 dpi (at final publication size).

9. Captions and symbols of figures and tables should be in Arial font and of an appropriate size to allow legibility in eventual reduced size. Oversized illustrations will not be accepted. Images within a composite figure should be identified using capital letters, in Arial font (A, B, C...). All symbols must be explained. Graphic scales should be placed inside the figures. All captions must be sent on separate at the end of the text. Captions in Portuguese or Spanish should also include an English translation. Avoid the excessive use of text over photos, always using Arial font.

References

10. Bibliographic citations within the text should be made as follows: Costa (1999), Costa & Silva (1992a, b), and for three or more authors, Costa et al. (2000). Cite several articles in chronological order and separated by semicolons: (Silva, 1999, 2000; Silva et al., 2002; Souza, 2004).

11. Please provide the Digital Object Identifier System (DOI) number for all the references for which it is available.

12. References should be listed alphabetically by the last name of the first author at the end of the text. If there is more than one article by the same author, they should be sorted in chronological order if there are no other authors, or in alphabetical order according to the second author's name, and so on. Do not separate references with blank lines. The following models should be used:

Articles in periodicals:

Piovesan, E.K.; Bergue, C.T. & Fauth, G. 2010. New ostracode species from the Upper Cretaceous of the Santos Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13:175–180. doi:10.4072/rbp.2010.3.02

Simões, M.G.; Rodrigues, S.C. & Kowalewski, M. 2007. Comparative analysis of drilling frequencies in Recent brachiopod-mollusk associations from the southern Brazilian shelf. *Palaios*, 22:143–154. doi:10.2110/palo.2006.p06-040r

Articles in serial publications:

Price, L.I. 1953. Os quelônios da Formação Bauru, Cretáceo terrestre do Brasil Meridional. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 34

p. (Boletim 147).

Vicalvi, M.A.; Kotzian, S.C.B. & Forti-Esteves, I.R. 1977. A ocorrência de microfauna estuarina no Quaternário da plataforma continental de São Paulo. In: *Evolução Sedimentar Holocênica da Plataforma Continental e do Talude do Sul do Brasil*, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, p. 77–97 (Série Projeto REMAC 2).

Dissertations and theses:

Morais, M.H.C. 1998. Equinóides regulares da Formação Pirabas (Oligo-Mioceno), Pará, Brasil - Sistemática, Tafonomia e Paleocologia. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, M.Sc. thesis, 69 p.

Publications appearing in conjunction with scientific meetings:

Dias-Brito, D. 1992. Ocorrências de calcisferas em depósitos carbonáticos do Atlântico Sul: impacto na configuração paleoceanográfica do Tétis Cretácico. In: *SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁICAS BRASILEIRAS*, 2, 1992. Resumos expandidos, Rio Claro, UNESP, p. 30–34.

Books:

Taylor, T.N. & Taylor, E.L. 1993. *The Biology and Evolution of Fossil Plants*. 1^a ed. Nova Jersey, Prentice Hall, 982 p.

Chapters in books:

Ostrom, J.H. 1992. Dromaeosauridae. In: D.B. Weishampel; P. Dodson & H. Osmólska (eds.) *The Dinosauria*, University of California Press, p. 269–279.

URLs:

Rees, T. 2021. The interim register of marine and nonmarine genera. Available at <https://www.irmng.org>; accessed on MM/DD/YYYY.

13. If the reference has 10 or more authors, write the name of the first author followed by et al., as in the example below:

Simion, P. et al. 2017. A large and consistent phylogenomic dataset supports sponges as the sister group to all other animals. *Current Biology*, 27:958–967. doi:10.1016/j.cub.2017.02.031

PEER REVIEW AND EVALUATION OF THE MANUSCRIPT

14. Manuscripts will be reviewed by at least two ad hoc referees and/or by the Editors or members of the Editorial Council.

FINAL MANUSCRIPT PREPARATION

15. Articles accepted for publication will be returned to the corresponding author together with a list of editorial recommendations. The corrected version of the text (doc) and images (jpeg or tiff) should be returned to RBP in electronic format.

16. Proofs of accepted papers will be sent to the corresponding author for correction prior to printing.

Articles

Política padrão de seção

Privacy Statement

The names and email addresses entered in this journal site will be used exclusively for the stated purposes of this journal and will not be made available for any other purpose or to any other party.

ANEXO B – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA PESQUISAS EM GEOCIÊNCIAS

Instruções aos Autores

Os manuscritos devem ser cuidadosamente preparados pelos autores observando as instruções aqui apresentadas.

A partir de 2018, as submissões são pelo Sistema Eletrônico de Editoração Eletrônica (SEER) disponibilizadas pela Open Journal System na base de dados da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na etapa de submissão, os autores devem preparar um arquivo com extensão pdf, incluindo o texto e todas as ilustrações. A fim de facilitar a preparação do arquivo a ser submetido pelos autores, a revista disponibiliza um modelo de documento para acesso e utilização como padrão na confecção do arquivo de texto. As instruções gerais e o detalhamento sobre a formatação são apresentados a seguir.

Arquivo modelo para preparação dos manuscritos

Considerações Gerais

1. Os manuscritos devem ser originais, com temática relacionada com a área de Geociências, conforme tabelas de áreas de conhecimento do CNPq e da CAPES.
2. Os manuscritos devem elaborados observando rigorosamente as normas de redação da língua mãe.
3. Na submissão, o autor correspondente deverá declarar que (i) o trabalho não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra ou de um trabalho de conclusão de curso, tese ou dissertação); (ii) o trabalho não está sendo avaliado para publicação em outro meio de divulgação; (iii) todas as informações apresentadas no manuscrito são de responsabilidade do autor correspondente, bem como dos demais coautores, quando houver; e, (iv) se aceito, não será publicado na mesma forma por outro meio.

Língua

4. Línguas aceitas para submissão e publicação: português, espanhol ou inglês.
5. Manuscritos redigidos em português: além do resumo, devem conter abstract.
- 6 Manuscritos redigidos em espanhol: além do resumen, devem conter abstract.

7. Manuscritos redigidos em inglês ou espanhol: além do Abstract ou Resumen, devem conter resumo. Conservar a homogeneização da língua inglesa no formato americano ou britânico.
8. Termos não traduzidos de outra língua, distinta daquela do manuscrito, devem constar em itálico.

Formatação do manuscrito para submissão

9. Cada manuscrito pode conter um total de até 40 páginas, incluindo referências e ilustrações no formato de submissão. Páginas excedentes poderão ser publicadas mediante consulta prévia.
10. Materiais suplementares vinculados ao manuscrito (tais como figuras em formatos distintos, listas, tabelas com dados detalhados) poderão ser publicados, sob consulta, somente na forma online, sendo os autores responsáveis pela formatação final.
11. Resumo, resumen e abstract: devem abordar de forma clara e concisa a problemática, os objetivos, os métodos, os resultados e as conclusões, nesta ordem; comportar a dimensão da página de rosto, sem citações bibliográficas.
12. Palavras-chave (para manuscritos em português e inglês), Palabras clave (manuscritos em espanhol) e Keywords (manuscritos em português, espanhol e inglês); evitar utilizar termos já descritos no título.
13. Organizar o texto nas seguintes seções: 1 Introdução; 2 Área; material e métodos (inserir nesta seção informações sobre o estado de arte: p. ex. caracterização geológica, estratigráfica, fundamentação teórica); 3 Resultados; 4 Discussão dos resultados; 5 Conclusões; Agradecimentos, Contribuições dos Autores, Conflito de Interesse; e Referências. Seções distintas e/ou adaptadas a estas poderão ser aceitas, conforme a natureza do tema.
14. As ilustrações devem ser inseridas no arquivo Microsoft Word, na posição desejada, centralizadas, com a respectiva legenda na posição superior (no caso de tabelas e quadros) ou inferior (figuras). A primeira citação de uma ilustração no texto deve ser feita antes de sua inserção. Ordenar as ilustrações de modo fluido, de modo a facilitar a leitura do texto e sua posterior e imediata visualização.
15. Recomendações gerais sobre a formatação: (i) não usar hifenização no processador de texto; (ii) usar negrito, itálico, subscripto, sobrescrito etc., somente quando pertinente; (iii) não importar tabelas e equações de programas gráficos (use o processador de texto para criá-las); (iv) não utilizar notas de rodapé; (v) utilizar sempre os símbolos internacionais de medidas ao invés dos

nomes completos (p. ex.: 7 m ao invés de 7 metros).

Ilustrações

16. Figuras, tabelas e quadros são consideradas ilustrações.
17. Figuras: são ilustrações gráficas, imagens fotográficas ou fotomicrográficas, com extensão jpg, ou jpeg, ou tiff; não devem ultrapassar uma página em extensão com legendas; em resolução compatível para publicação (mínima de 300 dpi).
18. Tabelas: compreendem ilustrações que armazenam informações numéricas, construídas com bordas laterais abertas; não devem ultrapassar uma página em extensão com legendas; editadas em Word ou Excel. Tabelas com banco de dados completos, se necessária a publicação, devem ser inseridas em material suplementar.
19. Quadros: são ilustrações contendo elementos textuais, construídos com bordas fechadas; não devem ultrapassar uma página em extensão; não devem ultrapassar uma página em extensão com legendas; editados em Word ou Excel.
20. Numeração das ilustrações: o número das figuras, tabelas e quadros é independente (p. ex.: figura 1, figura 2, quadro 1, quadro 2, tabela 1), constituindo numeração e ordenamento próprios para cada tipo de ilustração, de forma sequencial.
21. Figuras compostas: trata-se de ilustração com mais de uma parte interna (vide exemplos na lista abaixo). Nestes casos, cada parte deve conter uma letra maiúscula no canto superior esquerdo, em tamanho não maior que 14, conforme exemplos que seguem. A legenda deve ser iniciada por um título geral para a figura como um todo, seguida de suas respectivas partes.
Exemplo em Hadlich et al. (2017, Pesquisas em geociências, v. 44, n. 3, p. 403)
Figura 1. Contexto geológico regional. A) Localização do Cinturão Dom Feliciano no sul do Brasil (adaptada de Chemale Jr., 2007); B) Domínios interno, central e externo do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Catarinense e falhas que os delimitam (adaptado de Basei et al., 2011a); C) Geologia da região de Gaspar (a partir de Wildner et al., 2014).

Recomendação: atentar para as normas de pontuação, que devem ser seguidas, estritamente conforme exemplos.

22. No texto, as ilustrações deverão ser citadas conforme os seguintes exemplos:

- “A coluna estratigráfica do intervalo estudado é apresentada na Figura 5.”

- “Dos táxons registrados, somente *G. occidentalis* (Fig. 7A) e *G. obovata* (Fig. 7B e C) correspondem....”

- “As características pluviométricas da área estão listadas, por município, no Quadro 2, enquanto os valores das temperaturas médias e precipitação são apresentados separadamente (Tab. 3 e 4).”

Ou seja, quando ilustrações são citadas entre parênteses, elas deverão levar inicial maiúscula e ter seu tipo abreviado (p.ex.: Fig. 1, Tab. 2 e Quadro 3). Mas de forma geral, o tipo de ilustração é escrito em maiúsculo e por extenso, por exemplo: Figura 1, Tabela 2, Quadro 3. O mesmo vale para equações numeradas.

23. Todas as ilustrações devem ser preparadas e inseridas no texto de modo a não necessitar ampliações ou reduções, com legibilidade e dimensões compatíveis a uma largura máxima de 17 cm e altura máxima de 24 cm, considerando o uso econômico dos espaços disponíveis. Evitar espaços internos em branco.

24. Ilustrações confeccionadas com gradientes de cor (ex. tons de cinza), os autores devem garantir que os tons escolhidos sejam discerníveis no formato eletrônico e impresso.

25. Legendas dos manuscritos redigidos em português: todas as legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.

26. Legendas dos manuscritos redigidos em espanhol: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.

27. Legendas dos manuscritos redigidos em inglês: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua portuguesa.

28. Nos casos de figuras compostas, dar nome geral à figura e, logo após, às suas partes, tal como exemplificado a seguir: Figura 1. Mapa de localização. A) Bacia de Campos; B) Localização da área de mapeamento (polígono azul). Figure 1. Location map. A) Campos Basin; B) Location of mapping area (blue polygon).

29. Recomendações adicionais: (i) não usar qualquer tipo de arquivo otimizado para tela (tais como GIF, BMP, PICT, WPG); (ii) molduras das figuras devem ter espessura compatível com os caracteres internos; (iii) escalas gráficas devem ser expressas nas áreas das ilustrações; (iv) todos os símbolos devem ser explicados convenientemente nas legendas gráficas (dentro da figura) ou na legenda textual; (v) os menores símbolos ou letras devem ter uma altura mínima de 1 mm); (vi) sugere-se o uso da fonte Arial narrow para as ilustrações; (vii) no modelo de documento

disponível no sítio da revista é apresentada uma tabela e um quadro, rigorosamente preparados conforme o padrão da revista.

30. Cada mapa ou imagem de localização deve comportar: seta Norte; escala de barra em quilômetros (km) ou metros (m); grade/malha e informação do sistema de coordenadas; fuso; datum.

Referências

31. Ao longo do texto e nas legendas, as citações devem seguir os formatos dos seguintes exemplos: Santos (1970), Smith & McGregor (1956), Lange (1947a, 1947b), e para três ou mais autores: Lange et al. (1951). Quando entre parênteses, referenciar os vários artigos primeiramente em ordem cronológica e, como segundo critério, em ordem alfabética, conforme os seguintes exemplos: (Lange, 1947a, 1947b; Lange et al., 1951; Smith & McGregor, 1956; Axel, 1970; Smith, 1970).

32. O emprego do termo apud como recurso à citação de obras não consultadas diretamente pelo autor é desencorajado, salvo em casos excepcionais.

33. As referências devem ser listadas ao final do texto, ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do primeiro autor, seguido dos demais autores, conforme, criteriosamente, os exemplos fornecidos.

Livros:

Passchier, C.W., Myers, J.S. & Kroner, A. 1990. Field geology of high-grade gneiss terrains. Berlin, Springer-Verlag, 150p.

Capítulos de livro:

Brown, G.C. 1982. Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. In: Thorpe, R.S. (Ed.). Andesites: orogenic andesites and related rocks. London, John Wiley, p. 437-460.

Artigos em periódicos:

Andrés, M.F. 2008. Modelización del flujo em acuífero confinado sin discretización temporal. Boletín Geológico y Minero, 119(2): 273-282.

Russo, R.W. 1997. Facies and facies models. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 256(3/4): 7-34.

- Russo, R.W. & Caldas, P.K. 2015. Amphibolites and granulites. *Lithosphere*, 14(2): 7-21.
- Russo, R.W. & Silver, P.J. 1996. Cordillera formation, mantle dynamics, and the Wilson cycle. *Geology*, 24(1): 5-35.
- Russo, R.W., Oliveira, S.S. & Ramos, V. 1994. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, 33(supl.): 4-27.
- Sommer, F.W. 1959. Introdução ao estudo sistemático dos gêneros paleozóicos de esporos dispersos. II - Pollenites. *Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, 197: 5-91.

Trabalhos publicados em anais de eventos:

- Schneider, R.L., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 41-66.

Trabalhos acadêmicos:

- Macedo, F.P. 1982. Petrologia do complexo granítico de São Gabriel, RS. Porto Alegre, 193p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Massoli, M. 1991. Relação entre o embasamento cristalino e os sedimentos basais do Subgrupo Itararé na região de Salto de Pirapora, SP. São Paulo, 94p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Silva, W.G. 2008. Bioestratigrafia e variações relativas do nível do mar na Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estudo da seção neogênica/quadernária do poço 2-CA-1-RS com base em registros palinológicos. Porto Alegre, 84p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Relatórios internos e outras produções institucionais:

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Vocabulário básico de recursos minerais e meio ambiente. 2a. ed., Rio de Janeiro, IBGE, 332p.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2002. Diagnóstico das condições das encostas marginais dos reservatórios dos rios Tietê e Paranapanema. São Paulo, IPT, 440p. (Relatório 23.302).

Malcom, H.J. 1979. Report on biostratigraphical results of samples from Colorado Basin. Houston, EXXON/SIEXF, 152p. (Internal Report).

Mapas:

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 2 v., escala 1:1.000.000.

Documentos em meio eletrônico:

Camargo, K.C. & Spoladore, A. 2009. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre a distribuição de cavernas carbonáticas ao primeiro planalto paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. Anais... Montes Claros. p. 1-17. Disponível em: < http://www.sbe.com.br/anais30cbe/30cbe_011-017.pdf >. Acesso em: 30 set. 2009.

Frater, H. 1998. Landforms of the Earth. Berlin, Springer, 1 CD-ROM.

Hinrichs, R. & Soares, A.P.P. 2001. Análise de metais pesados em pilhas e baterias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8., 2001, Curitiba. Anais... Curitiba, SBGq. 1 CD-ROM.

Micheels, A., Bruch, A. & Mosbrugger, V. 2009. Miocene climate modeling sensitivity experiments for different CO₂ concentrations. *Palaeontologia Electronica*, 12(2): 1-19. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2009_2/172/index.html>. Acesso em: 05 out. 2009.

ARTIGOS

Os manuscritos devem ser originais, com temática relacionada com a área de Geociências, conforme tabelas de áreas de conhecimento do CNPq e da CAPES. Na submissão, o autor correspondente deverá declarar que (i) o trabalho não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra ou de um trabalho de conclusão de curso, tese ou dissertação); (ii) o trabalho não está sendo avaliado para publicação em outro meio de divulgação; (iii) todas as informações apresentadas no manuscrito são de responsabilidade do autor correspondente, bem como dos demais coautores, quando houver; e, (iv) se aceito, não será publicado na mesma forma por outro meio.

EXPEDIENTE

Publicada pela Comissão Editorial

Política de Privacidade

Aspectos éticos e de privacidade

À Comissão Editorial, ao Corpo Consultivo e aos consultores científicos ad hoc cabe a responsabilidade ética do sigilo e da colaboração voluntária para garantir a qualidade científica das publicações e da revista.

Aos autores cabe a responsabilidade da veracidade das informações prestadas, do depósito dos materiais estudados em instituições legais, quando couber, e o cumprimento das leis locais que regem a coleta, o estudo e a publicação dos dados.

A identificação dos avaliadores não é obrigatória.

ANEXO C – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO 1

15/05/2023, 18:27

[RBP] Editor Decision - ih.azevedo@uol.com.br - UOL Mail



 [RBP] Editor Decision

De: naoresponda@sbpbrasil.org

Para: ih.azevedo@uol.com.br ,smoraes@ufba.br ,anacarinams@gmail.com ,glima@ufba.br

Cópia:

Cópia oculta:

Assunto: [RBP] Editor Decision

Enviada em: 22/03/2022 | 16:59

Recebida em: 22/03/2022 | 18:48

B-Nova vers... .doc **176.65 KB**

Isabel Honorata de Souza Azevedo, Simone Souza de Moraes, Ana Carina Matos Silva, Alexandre Dacorso Daltro Milazzo, Altair De Jesus Machado, Ruth Souza dos Santos Rocha, Caio Fernando Gromboni, Nailson Santos Alves, Gabriele Augusta Leal Ribeiro, Geraldo Marcelo Pereira Lima:

We have reached a decision regarding your submission to Revista Brasileira de Paleontologia, "Spatial and intra-annual variation of foraminifera and biogeochemical indicators in the Real estuary, North Coast of Bahia, Brazil".

Our decision is to: **Accept Submission**

Ana Maria Ribeiro

Revista Brasileira de Paleontologia

<http://www.sbpbrasil.org/rbp/index.php/rbp>

ANEXO D – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 1

Revista Brasileira de Paleontologia, 25(2):120–134, Abril-Junho 2022
A Journal of the Brazilian Society of Paleontology



doi:10.4072/rbp.2022.2.02

VARIAÇÃO ESPACIAL E INTRA-ANUAL DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E INDICADORES BIOGEOQUÍMICOS NO ESTUÁRIO DO REAL, LITORAL NORTE DA BAHIA, BRASIL

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil.
ih.azevedo@uol.com.br (autora correspondente)

SIMONE SOUZA DE MORAES

Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. smoraes@ufba.br

ANA CARINA MATOS SILVA , ALEXANDRE DACORSO DALTRO MILAZZO ,
ALTAIR DE JESUS MACHADO , RUTH SOUZA DOS SANTOS ROCHA

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. anacarinas@gmail.com, alexandremilazzo@yahoo.com.br, altair@ufba.br, ruthstrelia@yahoo.com.br

CAIO FERNANDO GROMBONI

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Ilhéus, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 13, 45671-700, Ilhéus, BA, Brasil. cfgromboni@gmail.com

NAILSON SANTOS ALVES , GABRIELE AUGUSTA LEAL RIBEIRO

Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. nailsonalves.geo@gmail.com, gabryba3@hotmail.com

GERALDO MARCELO PEREIRA LIMA

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. glima@ufba.br

ABSTRACT – Spatial and intra-annual variation of foraminifera and biogeochemical indicators in the Real estuary, northern coast of Bahia, Brazil. The aim of this research was to carry out the biogeochemical characterization of the Real estuary, northern coast of Bahia, using the seasonal variation of foraminifera and physical-chemical, sedimentological, and geochemical data. During the rainy season were obtained 324 foreheads (Jul 2013), with *Trochammina inflata* in abundance (75.85%). In the April campaign, 298 foraminifera were found in 10 sampling points, especially *T. inflata* (40.60%), *Quinqueloculina lamarchiana* (9.73%), *Ammonia tepida* (8.05%) and *Trochammina globigeriniformis* (5.70%). In the dry season, 148 foreheads belonging to 14 species were registered, such as *Q. lamarchiana* (21.19%), *Trochammina* sp. (10.60%), *T. inflata* (10.60%), *Nonion sinensis* (5.96%), *Peneroplis proteus* (5.96%), and *Quinqueloculina bicornis* (5.96%). In addition, the faunal composition reflects an environmental condition of high hydrodynamic energy, with clear evidence of oligohaline waters typical of environments with strong river discharges, and absence of anomalies in the foreheads, suggesting an environment without evident anthropogenic changes. The levels of Ca and Al, in both hydrological periods, varied significantly between the sampling stations, but they should not be causing adverse effects on the biota of the Real estuary. The contents of Mg (which come from primary sources) and Fe (which is punctual and seems to be a result of anthropic activity) found are above the reference limits, but does not appear to be causing changes in the balance of the local ecosystem.

Keywords: foraminifera, estuary, trace metals, Northeast of Brazil, bioindicators, taphonomy.

RESUMO – O objetivo da pesquisa foi realizar a caracterização biogeoquímica do estuário do Real, Litoral Norte-Bahia, utilizando a variação sazonal de foraminíferos e dados físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos. Foram obtidas 324 testas na estação chuvosa (Jul 2013), destacando-se *Trochammina inflata* (75,85%). Na campanha de abril, foram encontrados 298 foraminíferos em 10 pontos amostrais, destacando-se *T. inflata* (40,60%), *Quinqueloculina lamarchiana* (9,73%), *Ammonia tepida* (8,05%) e *Trochammina globigeriniformis* (5,70%). Na estação seca, registraram-se 148 testas pertencentes a 14 espécies, das quais destacam-se *Q. lamarchiana* (21,19%), *Trochammina* sp. (10,60%), *T. inflata* (10,60%), *Nonion sinensis* (5,96%), *Peneroplis proteus* (5,96%), *Quinqueloculina bicornis* (5,96%). Além disso, a

ANEXO E – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO 2

02/08/2023, 15:52

[PG] Agradecimento pela submissão - lh.azevedo@uol.com.br - UOL Mail



[PG] Agradecimento pela submissão

De: naoresponde@ufgs.br
Para: lh.azevedo@uol.com.br
Cópia:
Cópia oculta:
Assunto: [PG] Agradecimento pela submissão
Enviada em: 02/08/2023 | 15:51
Recebida em: 02/08/2023 | 15:51

Sra Isabel Honorata de Souza Azevedo:

Obrigado por submeter o manuscrito, "INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS DO HOLOCENO TARDIO COM BASE EM FORAMINÍFEROS E BIVALVES NO ESTUÁRIO DO RIO REAL (BAHIA-SERGIPE)" ao periódico Pesquisas em Geociências. Com o sistema de gerenciamento de periódicos on-line que estamos usando, você poderá acompanhar seu progresso através do processo editorial efetuando login no site do periódico:

URL da Submissão: <https://seer.ufros.br/index.php/PesquisasemGeociencias/authorDashboard/submission/134506>
Usuário: lhazevedo

Se você tiver alguma dúvida, entre em contato conosco. Agradecemos por considerar este periódico para publicar o seu trabalho.

Pesquisas em Geociências - Comissão Editorial

Pesquisas em Geociências

<http://www.seer.ufros.br/PesquisasemGeociencias>
