



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

Bruna Marinho Alves

Composição e distribuição espacial de foraminíferos
bentônicos de dois estuários tropicais (7°S, Paraíba, Brasil)

João Pessoa, PB

2021

Bruna Marinho Alves

Composição e distribuição espacial de foraminíferos
bentônicos de dois estuários tropicais (7°S, Paraíba, Brasil)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zoologia como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Orientador: Dr. Miodeli Nogueira Júnior

Coorientadora: Dra. Patricia Pinheiro Beck
Eichler

João Pessoa, PB

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A474c Alves, Bruna Marinho.

Composição e distribuição espacial de foraminíferos bentônicos de dois estuários tropicais (7°S, Paraíba, Brasil) / Bruna Marinho Alves. - João Pessoa, 2021.
67 f. : il.

Orientação: Miodeli Nogueira Júnior.

Coorientação: Patrícia Pinheiro Beck Eichler.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Zoologia geográfica. 2. Foraminíferos bentônicos.
3. Estuário. 4. Comunidade. 5. Salinidade. I. Nogueira Júnior, Miodeli. II. Eichler, Patrícia Pinheiro Beck.
III. Título.

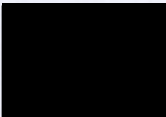
UFPB/BC

CDU 591.9(043)

Ata da 344ª Apresentação e Banca de Defesa
de Mestrado de BRUNA MARINHO ALVES

Ao(s) vinte dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e um, às 09:00 horas, no(a) Ambiente Virtual, da Universidade Federal da Paraíba, reuniram-se, em caráter de solenidade pública, membros da banca examinadora para avaliar a dissertação de mestrado de **BRUNA MARINHO ALVES**, candidato(a) ao grau de Mestre(a) em Ciências Biológicas. A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros: **Dr. Miodeli Nogueira Júnior (Orientador - UFPB/PB); Dr. André Rosch Rodrigues (UFES/ES); Dr. David Holanda de Oliveira (UFPB/PB).** Compareceram à solenidade, além do(a) candidato(a) e membros da banca examinadora, alunos e professores do PPGCB. Dando início à sessão, a coordenação fez a abertura dos trabalhos, apresentando o(a) discente e os membros da banca. Foi passada a palavra ao(a) orientador(a), para que assumisse a posição de presidente da sessão. A partir de então, o(a) presidente, após declarar o objeto da solenidade, concedeu a palavra a **BRUNA MARINHO ALVES**, para que dissertasse, oral e sucintamente, a respeito de seu trabalho intitulado "**Composição e distribuição espacial de foraminíferos bentônicos de dois estuários da Paraíba**". Passando então a discorrer sobre o aludido tema, dentro do prazo legal, o(a) candidato(a) foi a seguir arguido(a) pelos examinadores na forma regimental. Em seguida, passou a Comissão, em caráter secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito **aprovada**. Perante o resultado proclamado, os documentos da banca foram preparados para trâmites seguintes. Encerrados os trabalhos, nada mais havendo a tratar, eu, orientador(a), como presidente, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

João Pessoa, 20/12/2021.


Orientador(a)

Miodeli Nogueira Júnior


Examinador

André Rosch Rodrigues


Examinador

David Holanda de Oliveira

BRUNA MARINHO ALVES
(discente ciente do resultado)

(Em modo de webconferência, as assinaturas digitalizadas são certificadas pelo presidente da banca)

Agradecimentos

Fazer um mestrado não é uma tarefa fácil, fazê-lo no meio de uma pandemia se tornou uma tarefa duplamente difícil. Em meio a cancelamento de coletas, idas a uma universidade “fantasma” e muita incerteza, eu consegui! Mas não cheguei aqui sozinha e por isso gostaria de agradecer a muitas pessoas.

Gostaria de agradecer a bolsa de mestrado financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Gostaria de agradecer a minha família, que por muitas vezes me ajudaram como podiam e me aguentavam nos meus momentos de estresse. A minha mãe, Sandra, meu pai, Jaylton, minhas irmãs, Brenda e Thais, e a Aurora, eu amo muito vocês e espero que nunca esqueçam disso.

Gostaria também de agradecer ao meu namorado, Lucas, que por muitas vezes me ajudou com planilhas do excel, idas ao laboratório para peneirar amostras, me ajudando a instalar os programas que eu precisava no computador e também pelo apoio emocional durante esse período. Aos pais dele, Simone e Júnior, o irmão, Jonas, e Laikinha, por sempre cuidarem de mim.

Gostaria de agradecer meus orientadores Miodeli e Patricia, que são dois pesquisadores maravilhosos. Miodeli que topou me orientar novamente e está sempre à disposição para me ajudar. E a Patricia que me apresentou os foraminíferos e mesmo sem me conhecer pessoalmente, aceitou ser minha coorientadora e está sempre disposta a me ajudar. Vocês foram essenciais para a realização desse trabalho e eu serei eternamente grata por isso.

Aos meu colegas de laboratório Ana Luísa, Laís, Henrique, Douglas, que me ajudaram na coleta e estavam sempre à disposição. E a Fábio e Serginho, que me ajudaram fazendo a parte de análise granulométrica do trabalho.

Também não poderia de deixar de agradecer a Thais Kananda, minha companheira de laboratório durante a pandemia, que se dispôs a me ajudar, do estágio à docência a desabafos no laboratório sobre como nossas pesquisas estavam. Muito obrigada Thais, você foi peça fundamental para manter a sanidade nesse período.

Aos meus amigos da vida, que sei que estavam lá por mim, Milla, Luana, Natália, Ivânia, Jordânia, Kaio, Thialle, Danilo, Gabi e Letícia, amo muito vocês, obrigada por me apoiarem sempre.

Aos membros da banca André Rosch Rodrigues, David Holanda de Oliveira, Maria Cristina Crispim e Jéssica Prata de Oliveira, por terem aceitado participar. E ao pessoal da PPGCB por sempre me atender da melhor maneira.

“A vida é bela, apesar de tudo”

(O Fabuloso Destino de Amélie Poulain)

Resumo

Estuários são ambientes de transição caracterizados por fortes gradientes ambientais e, devido a sua proximidade do oceano, esses ambientes se tornam ideais para a prática de diversas atividades humanas, o que aumenta a gama de estressores. Os foraminíferos são eucariontes unicelulares, sensíveis a alterações no ambiente e, por esse motivo, são considerados bons bioindicadores. O presente estudo analisou a composição e a distribuição dos foraminíferos bentônicos de dois estuários da Paraíba. Para isso foram coletados sedimentos dos setores interno, intermediário e externos em cada estuário, assim como, também foram coletados os dados de salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos e granulometria. Foram encontradas 50 espécies no estuário do rio Mamanguape e 60 no estuário do rio Paraíba, com dominância de espécies calcárias, seguida por espécies porcelanáceas e aglutinantes. Foi observada pouca variação da salinidade e isso pode ter refletido na dominância das espécies calcárias nos três setores do estuário. As espécies que mais contribuíram para a estruturação da comunidade do estuário do rio Mamanguape foram *Ammonia parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum*, *Ammonia tepida* e *Haynesina germanica*, que são espécies típicas de ambientes estuarinos. Dentre as espécies que mais contribuíram para o grupo estuarino do rio Paraíba estavam espécies estuarinas e marinhas típicas, como *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum*, e *Amphistegina gibbosa*, *Eponides repandus* e *Quinqueloculina lamarckiana*, respectivamente. *Ammonia tepida* é uma espécie tolerante a estresse e poluição ambiental, e foi observada uma maior abundância dessa espécie no estuário do rio Paraíba, o que pode indicar que esse estuário é mais impactado que o estuário do rio Mamanguape, onde foi observado maior abundância de *Ammonia parkinsoniana*, uma espécie típica de ambientes prístinos.

Palavras Chave: Abundância, Comunidade, Estuário, Foraminíferos bentônicos, Salinidade

Abstract

Estuaries are transitional environments characterized by strong environmental gradients and, due to their proximity to the ocean, these environments are ideal for various human activities, which increases the range of stressors. The foraminifera are unicellular eukaryotes, which are considered good bioindicators. The present study analyzed the composition and distribution of benthic foraminifera from two estuaries of Paraíba. Abiotic data such as salinity, temperature, pH, dissolved oxygen, dissolved solids and particle size were also collected. Were observed fifty species in the Mamanguape river estuary and 60 species in the Paraíba river estuary, with a predominance of calcareous species, followed by miliolid and agglutinant species. Was observed a limited variation of salinity and this probably reflect in the dominance of calcareous species of both estuaries. The species that contributed mostly to the structuring of the community in the Mamanguape River estuary were *Ammonia parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum*, *Ammonia tepida* and *Haynesina germanica*, which are typical species of estuarine environments, supporting the range of salinity. Amongst the species that mostly contributed to the Paraíba River estuary group there were both typical estuarine and marine species, such as *A. tepida*, *A. parkinsoniana* and *C. excavatum*, and *A. gibbosa*, *E. repandus* and *Q. lamarckiana*, respectively. *Ammonia tepida* is a species tolerant to stress and environmental pollution, and a greater abundance of this species was observed in the Paraíba river estuary, which may indicate that this estuary is more impacted than the Mamanguape river estuary, where a greater abundance of *A. parkinsoniana* was observed, a typical species from pristine environments.

Key Words: Abundance, Benthic foraminifera, Community, Salinity, Estuary

Lista de Figuras

- Figura 1.** Mapa de parte do litoral paraibano evidenciando os dois estuários estudados: (A) estuário do rio Mamanguape e (B) estuário do rio Paraíba. Os círculos no mapa indicam os pontos onde as amostras foram coletadas. Elaborado por Ana Larissa Araújo de Amorim.....17
- Figura 2:** Variação dos parâmetros ambientais, medidos no momento da coleta, nos diferentes setores dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.....21
- Figura 3:** Variação das porcentagens de cada fração granulométrica nos diferentes setores dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020. Outros se refere às frações cascalho, e silte e argila.....22
- Figura 4:** Variação espacial da densidade média ($\text{ind}/\text{cm}^3 \pm$ desvio padrão) de foraminíferos bentônicos nos estuários do rio Mamanguape (A) e Paraíba (B) em fevereiro de 2020.....23
- Figura 5:** Variação espacial do número de espécies ($\text{média} \pm$ desvio padrão) de foraminíferos bentônicos nos estuário do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.....24
- Figura 6:** Variação espacial da diversidade ($\text{média} \pm$ desvio padrão) de Shannon-Wiener dos foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.....25

Figura 7: Variação espacial da equitabilidade de Pielou (média \pm desvio padrão) dos foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.....26

Figura 8: Espécies mais abundantes de foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape e do rio Paraíba. *Ammonia tepida* (1), *Ammonia parkinsoniana* (2), *A. parkinsoniana* (3; vista dorsal), *Amphistegina gibbosa* (4), *Criboelphidium excavatum* (5), *Haynesina germanica* (6), *Eponides repandus* (7), *Quinqueloculina milletti* (8) e *Quinqueloculina seminulum* (9). Elaborado por Patricia Pinheiro Beck Eichler.....32

Figura 9: Variação espacial da abundância (%) das espécies principais de foraminíferos bentônicos, por setor, dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.....35

Lista de Tabelas

Tabela 1: Abundância relativa (%) das espécies do estuário do rio Mamanguape e Paraíba, e as espécies presentes nas duas peneiras. Onde (A) são foraminíferos aglutinantes, (C) são foraminíferos calcários e (P) são foraminíferos porcelanáceos.....27

Tabela 2: Resultados da PERMANOVA realizado na estrutura da comunidade de foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape e do rio Paraíba. GL=Grau de Liberdade.....33

Tabela 3: Resultados do SIMPER comparando os diferentes setores do estuário e os dois estuários do presente estudo. Em parênteses estão as similaridades médias (%) de cada setor ou dos dois estuários e a contribuição (%) das espécies principais.....36

Tabela 4: Resultados do SIMPER comparando as duas peneiras usadas no presente estudo. Em parênteses estão as similaridades médias (%) de cada peneira e a contribuição (%) das espécies principais.....37

Lista de Apêndices

Tabela S1: Abundância relativa (%) das espécies do estuário do rio Mamanguape, e as espécies presentes nas duas peneiras. Onde (A) são foraminíferos aglutinantes, (C) são foraminíferos calcários e (P) são foraminíferos porcelanáceos.....56

Tabela S2: Abundância relativa (%) das espécies do estuário do rio Paraíba, e as espécies presentes nas duas peneiras. Onde (A) são foraminíferos aglutinantes, (C) são foraminíferos calcários e (P) são foraminíferos porcelanáceos.....61

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 METODOLOGIA	16
3.1 Área de estudo.....	16
3.2 Procedimentos metodológicos.....	18
3.2.1 Coleta	18
3.2.2. Laboratório.....	19
3.3 Análise de dados	20
4 RESULTADOS.....	20
4.1 Variáveis ambientais	20
4.2 Caracterização da fauna de foraminíferos.....	23
5 DISCUSSÃO.....	38
6 CONCLUSÃO	42
7 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Estuários são ambientes de transição localizados na fronteira entre águas continentais e marinhas, na região final da bacia hidrográfica, onde ocorre a mistura da água do mar com as águas fluviais (Laut et al., 2021). Por estarem sob a influência desses dois tipos de água, esses ecótonos são caracterizados por fortes gradientes ambientais e alta variabilidade de parâmetros físico-químicos, como por exemplo, salinidade, temperatura, oxigênio e, além disso, são naturalmente enriquecidos em matéria orgânica (Pusceddu et al., 2003; Elliott & Quintino, 2007; De Jesus et al., 2020).

Os estuários geralmente têm altas taxas de produção primária porque são receptores de nutrientes de origem continental e a reciclagem desses nutrientes é aumentada, já que os sedimentos rasos e ricos em matéria orgânica sustentam comunidades biológicas abundantes (Jordan & Peterson, 2012). Desse modo, a produtividade biológica nos estuários em geral é maior do que no rio ou oceano adjacente, onde as dinâmicas naturais são de fundamental importância para o equilíbrio e sustentabilidade dos ecossistemas costeiros (Eichler et al., 2021). Assim, estuários suportam uma variedade de habitats juntos com uma biota heterogênea incluindo espécies marinhas, de água doce, e estuarinas (Miranda et al., 2002; Jordan, 2012). Esses ambientes funcionam como armadilhas de sedimentos fluviais e marinhos, podendo atuar como verdadeiros filtros, retraindo o sedimento grosso e ejetando parcialmente os finos (Uncles, 1994; Perillo, 1995). Desse modo, seus processos sedimentares envolvem ciclos de baixa e alta frequência que variam de segundos a anos, regidos pela ação das marés, ondas, vento, o regime fluvial e a variabilidade climática (Schoelhamer, 2002).

Representando cerca de 13% da linha da costa mundial esses ambientes são altamente dinâmicos e, em seu estado natural, tem alto aporte de oxigênio no sedimento e acumulam nutrientes (Nixon, 1982; Primavera, 1993; Sumich & Morrissey, 2004). Por estarem localizados na interface continente-mar, os estuários são ambientes naturalmente estressados, pois são expostos a uma variedade de fatores ambientais como correntes oceânicas, hidrologia, pluviosidade, temperatura e oxigênio dissolvido (Lauchlan e Nagelkerken 2020; Colombano et al., 2021; Eichler et al., 2021).

Devido aos fatores citados acima, grande parte da população se concentra nessas regiões, cerca de 70% da população mundial está localizada em regiões costeiras,

resultando em grande estresse ecológico nos sistemas aquáticos, particularmente nos estuários (Flemer & Champ, 2006; Eichler et al., 2021). Devido a sua proximidade com o oceano, esses ambientes se tornam ideais para a instalação de portos, além de serem utilizados como áreas de pesca, aquicultura, agricultura, pesca, turismo e lazer, intensificando a gama de estressores antrópicos, incluindo industrialização, urbanização, emissão de resíduos e superexploração de recursos (Woodwell et al., 1967; French, 1997; Valiela & Bowen, 2002; Marcelino et al., 2005; Eichler et al., 2021; Laut et al., 2021).

Os foraminíferos pertencem ao reino Chromista, filo Foraminifera (Hayward et al., 2018). Até o presente existem aproximadamente 60.000 espécies fósseis e recentes catalogadas, constituindo o grupo mais diverso de microrganismos com carapaça dos mares modernos (Debenay, 2012). São eucariontes unicelulares, constituídos de um protoplasma com um ou vários núcleos, possuem pseudópodes granulares, que são usados para fixação, locomoção ou alimentação, e são protegidos por uma concha ou testa, cuja constituição química pode ser quitinosa, aglutinada, calcária ou silicosa (Boltovskoy & Wright, 1976; Jones, 2014). A morfologia dos foraminíferos é altamente variável, desde um tubo simples de uma câmara até uma testa multicâmara e extremamente complexa com estruturas internas canaliculadas, essa morfologia diversa é funcionalmente vantajosa na adaptação a diferentes hábitos de vida (Saraswati & Srinivasan, 2016). Esses organismos são comuns em todos os ambientes marinhos modernos e antigos, o que faz com que seu estudo seja importante para uma série de ramos das ciências naturais, incluindo biologia, ecologia, oceanografia, geologia e paleontologia (Jones, 2014).

Os foraminíferos bentônicos têm vida curta e suas testas têm alto potencial de preservação nos registros sedimentares (Francescangeli et al., 2021). A distribuição desses organismos em áreas de transição e estuarinas é o resultado de interações complexas entre um grande número de parâmetros bióticos e abióticos (e.g. Armynot du Chatelet et al., 2016; Frontalini et al., 2014; Martins et al., 2015; Milker et al., 2015). Os foraminíferos bentônicos estuarinos são adaptados para lidar com as mudanças naturais do ambiente como salinidade, temperatura e entrada de matéria orgânica (Hess et al., 2020). A distribuição dos foraminíferos bentônicos vivos está associada a uma complexa interação entre parâmetros físico-químicos ambientais, como, por exemplo: distribuição e disponibilidade de alimento, estado energético no limite bentônico/pelágico, disponibilidade de oxigênio, o tipo de substrato e pela morfologia de fundo (Jorissen et al., 1995; Schmiedl et al., 1997; Fontanier et al., 2003; Hess & Jorissen, 2009). Em geral,

a composição dos foraminíferos em estuários é determinada pelos ambientes hidrográficos, biológicos e sedimentares predominantes (Alve, 1991; Alves & Nogueira 2020).

No Brasil, os primeiros estudos com foraminíferos em ambientes estuarinos se concentraram na região sudeste e sul (Closs, 1962, 1964; Tinoco, 1965; Closs & Madeira 1967; Closs & Madeira, 1968; Suguio et al., 1979; Brönnimann et al. 1981; Brönnimann e Zaninetti, 1984; Barbosa, 1995; Bonetti, 1995; Eichler et al. 1995; Eichler, 1996; Debenay et al., 1997; Dias-Brito et al., 1998). No nordeste, o primeiro estudo é datado em 1992 que analisou a distribuição dos foraminíferos do estuário do rio Piauí (SE; Zucon & Loyola e Silva, 1992). A maioria desses trabalhos iniciais tinham como objetivo conhecer a ecologia dos foraminíferos e o zoneamento ecológico desses organismos de estuários em relação aos diferentes graus de influência da salinidade. Mais recentemente surgiram alguns trabalhos usando os foraminíferos com o objetivo de monitoramento ambiental (e.g. Rodrigues et al., 2003; Vilela et al., 2003, 2004; Semensatto & Dias-Brito, 2004; Eichler et al., 2007; Souza et al., 2010; Machado & Araújo, 2014; Laut et al., 2021).

O uso de indicadores biológicos para monitorar a poluição ambiental tem se tornado uma ferramenta importante para balizar legislações marinhas e, portanto, tem sido amplamente estudado. A Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) recomenda o uso de bioindicadores para avaliação da qualidade ambiental da água visto que o monitoramento físico e químico fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica e não é eficiente na detecção de mudanças em comunidades biológicas (Whitfield & Elliot, 2011; Goulart & Callisto, 2003) principalmente em ambientes de transição, que são altamente dinâmicos por natureza.

Diferentes elementos de qualidade biológica têm sido utilizados para avaliar a saúde dos sistemas marinhos, como macroalgas, zoobentos, crustáceos, moluscos, entre outros (por exemplo, Ar Gall et al., 2016; Borja et al., 2000; Bouchet et al., 2012; Rosenberg et al., 2004; Semprucci et al., 2016; Navarro-Barranco et al., 2020; Strehse & Maser, 2020). Os foraminíferos bentônicos são amplamente usados como ferramentas para o monitoramento ambiental costeiro em uma ampla variedade de ambientes marginais, como estuários (Alve, 1991; Debenay et al. 2005; Bhattacharjee et al. 2013), pântanos (Gehrels & Newman 2004; Horton & Murray 2007) e lagoas (Samir 2000; Martins et al.

2013). Esses organismos têm várias vantagens como bioindicadores já que são sensíveis a variações químicas e físicas do ambiente com respostas rápidas, apresentam ciclo de vida curto, são amplamente distribuídos e apresentam alta diversidade de espécies (Murray, 1991, 2006; Scott et al., 2002; Hallock et al., 2003; Schönfeld et al., 2012; Prazeres et al., 2019). Em geral, o grau de estresse ambiental é refletido por mudanças nas assembleias foraminíferas, onde, dependendo do nível de impacto, a comunidade será dominada por poucas espécies tolerantes ao estresse (Alve, 1991; Fabrizio & Rodolfo, 2012; Baptista-Neto et al., 2017; Dijkstra et al., 2017; Nordberg et al., 2017; Saalim et al., 2017; Gómez-León et al., 2018; Martínez-Colón et al., 2018). Em compensação, nos locais prístinos a assembleia é caracterizada por espécies de foraminíferos que não são tolerantes ao estresse ambiental, que sofrem distorção de suas testas quando o ambiente passa por alguma alteração (Hayward et al., 2006; Carnahan et al., 2009; Dimiza et al., 2016).

Como citado acima, os foraminíferos bentônicos são sensíveis a alterações no ambiente, então, em ambientes estuarinos, espera-se que ocorra uma sucessão de espécies calcárias (onde a salinidade é mais alta), seguido por espécies mixohalinas, que vão sendo substituídas por espécies aglutinantes (Duleba et al., 1999). Por serem organismos sensíveis a alterações ambientais, o uso de foraminíferos bentônicos em programas de diagnóstico e de manejo de estuários e baías têm se tornado cada vez mais importante (Laut, 2007). No presente estudo a composição e distribuição espacial dos foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Paraíba e do rio Mamanguape foi analisada. Como o estuário do rio Paraíba é mais impactado (Sassi & Watanabe, 1980; Marcelino et al., 2005; Alves et al., 2016), espera-se que este apresente uma maior dominância de espécies resistentes a poluição. Além disso, busquei relacionar a distribuição dos foraminíferos com os dados abióticos e reconhecendo variações na distribuição dos foraminíferos bentônicos ao longo do gradiente de salinidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a composição faunística e distribuição espacial dos foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Paraíba e do rio Mamanguape (Área de Proteção Ambiental).

2.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento de foraminíferos bentônicos dos dois estuários
- Relacionar a distribuição dos foraminíferos com os dados abióticos.
- Reconhecer variações na distribuição de foraminíferos bentônicos em relação aos dois estuários.
- Reconhecer variações na distribuição dos foraminíferos bentônicos ao longo do gradiente de salinidade e da granulometria.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

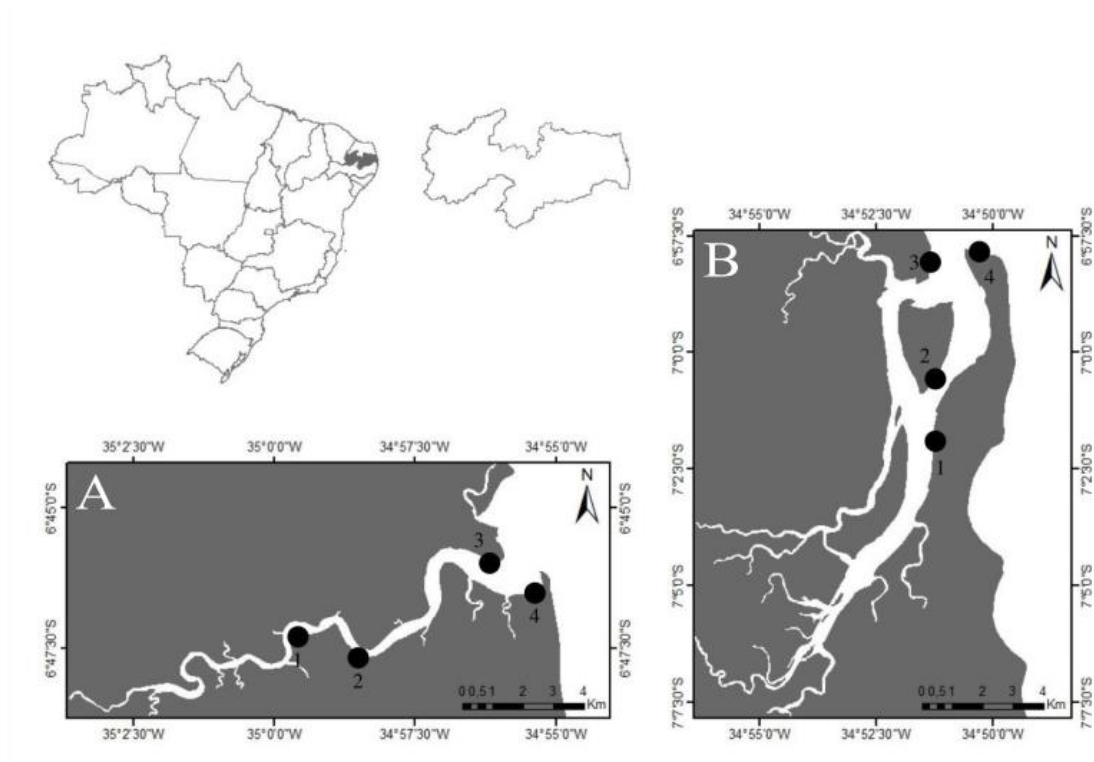


Figura 1. Mapa de parte do litoral paraibano evidenciando os dois estuários estudados: (A) estuário do rio Mamanguape e (B) estuário do rio Paraíba. Os círculos no mapa indicam os pontos onde as amostras foram coletadas. Elaborado por Ana Larissa Araújo de Amorim.

Os estuários aqui estudados pertencem a ecorregião marinha do Nordeste do Brasil (Spalding et al. 2007). De acordo com a classificação climática Köppen-Geiger, o clima nos dois estuários é do tipo As, ou seja, equatorial com verão seco (Alvares et al., 2013). A estação chuvosa se estende de fevereiro a agosto, com a maior precipitação ocorrendo em junho e a menor em novembro (Alves et al., 2016). O estuário do rio Paraíba possui um clima mais úmido (com precipitação média de 1717 mm) do que o estuário do rio Mamanguape (com precipitação média de 1392 mm) (dados de 1999 a 2014; CPTEC / INPE, 2015). As marés são semi-diurnas, com nível máximo de 2,2 m no estuário do rio Mamanguape e 2,8 m no estuário do rio Paraíba (Nishida et al., 2004; AESA, 2020).

O estuário do rio Paraíba cobre uma área de 20124 km², drenando as cidades de João Pessoa, Bayeux e Santa Rita, e próximo à desembocadura, a cidade portuária de Cabedelo (Nishida et al., 2004; AESA, 2015; Figura 1A). A região do estuário do rio

Paraíba abriga a Flona Restinga de Cabedelo e foi indicada pelo Ministério do Meio Ambiente (Portaria 9/2007) como uma Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade em 9 categorias, tanto para ecossistemas (estuário, restinga, banhados e recifes), quanto para grupos zoológicos (elasmobrânquios, aves, peixes, bentos e mamíferos; MMA, 2007). Mesmo assim, o estuário do Rio Paraíba não possui reserva de proteção ambiental e, por situar-se na região metropolitana da grande João Pessoa, sofre pelos inúmeros impactos antrópicos como o lançamento de esgotos domésticos e industriais, atividade portuária, plantação de cana-de-açúcar, criação de camarão, atividades náuticas, recreação e turismo (Sassi & Watanabe, 1980; Marcelino et al., 2005; Alves et al., 2016).

O estuário do rio Mamanguape cobre uma área de 3522 km², e abriga uma Área de Proteção Ambiental cujo objetivo é proteger os ecossistemas costeiros e a população de peixes-boi marinhos (*Trichechus manatus*) da região (Oliveira, 2009; AESA, 2015; Figura 1B). Há um manguezal de floresta bem preservado na área, que cresce ao redor do canal primário e se estende por 600 ha, além de remanescentes de Mata Atlântica (Rocha et al., 2008). Apesar disso, extensos campos de cana-de-açúcar e áreas de aquicultura para a produção de camarão são encontradas além da área do mangue (Alves et al., 2016). A foz do rio forma uma baía de 6 km de largura que é quase fechada por uma linha de recife costeira que resulta em águas calmas e tranquilas (Alves et al. 2016).

3.2 Procedimentos metodológicos

3.2.1 Coleta

As coletas foram feitas nos dias 8 e 10 de fevereiro de 2020, respectivamente nos estuários do rio Mamanguape e do rio Paraíba. As amostras foram coletadas em 4 pontos distribuídos desde a foz até o interior do estuário, na margem exposta na maré baixa (Fig. 1). Em cada ponto foram coletadas três réplicas. A coleta foi feita com um cano PVC, de 15 centímetros de diâmetro inserido a 10 centímetros no sedimento. Para cada réplica foram coletados 50 ml do sedimento superficial, dos primeiros 2 cm com o auxílio de uma colher. O material coletado foi fixado em solução de álcool 70% contendo o corante

rosa de bengala (1g/L) para corar o protoplasma dos espécimes vivos. No momento da coleta foi medido a salinidade, o oxigênio dissolvido, a temperatura, os sólidos totais dissolvidos e o pH com uma sonda multiparamétrica. Também foi coletado sedimento, que foi mantido congelado para análise granulométrica e de matéria orgânica.

Os estuários do presente estudo foram divididos em setor externo (estação 4 no estuário do rio Mamanguape e estações 3 e 4 no estuário do rio Paraíba), setor intermediário (estação 3 no estuário do rio Mamanguape e estação 2 no estuário do rio Paraíba) e setor interno (estações 1 e 2 no estuário do rio Mamanguape e estação 1 no estuário do rio Paraíba).

3.2.2. Laboratório

No laboratório as amostras foram lavadas com água corrente em peneiras com malha de 63 μm e 125 μm . Depois o sedimento contido em cada peneira foi transferido para um papel filtro e levado pra estufa onde ficou secando por 48 horas a 50°C. Então as amostras foram analisadas sob microscópio estereoscópio e 300 espécimes, sendo 150 da peneira de 63 μm e 150 da peneira de 125 μm , foram retirados com o auxílio de um pincel de ponta fina e foram depositados em uma placa escura. A identificação foi feita seguindo Boltovskoy et al. (2012), Laut et al. (2014; 2016a), Lei & Li (2016), Symphonia & Senthil (2019) e Damasio et al. (2020) e a nomenclatura foi padronizada de acordo com a plataforma online WoRMS - World Register of Marine Species (Hayward et al., 2018).

Depois da triagem dos 300 foraminíferos bentônicos de cada réplica, foi feito o cálculo da densidade. Para isso as amostras foram fracionadas, entre 1/4 e 1/64, de modo que pequenas frações de cada réplica fossem analisadas. Após a contagem de todos os indivíduos (vivos e mortos) da fração esse valor foi multiplicado pelo denominador para a estimar a densidade das amostras. O estudo granulométrico foi conduzido de acordo com Suguio (1973), no Laboratório de Meiofauna (Universidade Federal de Campina Grande), através do peneiramento dos sedimentos secos (100 g) de cada estação com a utilização de um agitador de peneiras com batida intermitente (ROTAP). Após isso, foi feita uma nova pesagem de cada malha (que representam as diferentes frações), para ver quantos por cento de cada fração granulométrica tinha nas amostras.

3.3 Análise de dados

Para o cálculo da diversidade, foi aplicado o índice de diversidade de Shannon-Winner (H'). Para o cálculo da equitabilidade usou-se o índice de Pielou (1975).

Para testar se a estrutura da comunidade era diferente entre os fatores “Estuário”, “Setor do estuário” e “Peneira”, e também a interação entre esses fatores, foi realizada uma análise permutacional de variância (PERMANOVAs). Foi utilizado a abundância das espécies em cada réplica, esses dados foram transformados para $\log(x+1)$ e uma matriz de similaridade foi gerada usando a similaridade de Bray-Curtis. A análise foi realizada usando permutação de resíduos sob um modelo reduzido, e os valores de p foram calculados com 999 permutações aleatórias, utilizando como fatores estuário (Mamanguape e Paraíba), setor do estuário (interno, intermediário e externo) e peneira (63 μm e 125 μm) (Anderson, 2001). Adicionalmente foi realizada uma análise de similaridade percentual (SIMPER) para evidenciar as espécies que contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos testados (Clarke & Warwick, 2001). Para isso foi utilizado os dados de abundância das espécies em cada réplica e a posterior transformação desses dados para $\log(x+1)$. A matriz de similaridade de dados biológicos foi construída usando Bray Curtis e a distância euclidiana foi utilizada para a matriz de similaridade os dados abióticos.

As análises da diversidade, da equitabilidade, da PERMANOVA e do SIMPER foram realizadas usando o Primer v6 (Clarke & Gorley, 2006) com a expansão PERMANOVA+ (Anderson et al., 2008).

4 RESULTADOS

4.1 Variáveis ambientais

A temperatura no estuário do rio Mamanguape foi relativamente constante, entre 30,7°C e 31,3°C (Figura 2), enquanto no estuário do rio Paraíba variou entre 30,7°C e 34,43°C, com maior temperatura no setor intermediário do estuário (34,43°C; Figura 2). A salinidade variou entre 26 e 36,6 no estuário do rio Mamanguape e entre 31,4 e 36,6 no estuário do rio Paraíba, com os menores valores sempre no setor intermediário e

externo dos estuários (Figura 2). O oxigênio dissolvido variou entre 5,2 e 9,6 mg/L no estuário do rio Mamanguape e entre 3,35 e 7,52 mg/L no estuário do rio Paraíba, os menores valores foram observados nos pontos localizados no setor interno do estuário, em ambos os estuários (Figura 2). Os valores de sólidos dissolvidos variaram entre 27,3 e 33,1 g/L no estuário do rio Mamanguape e 29,4 e 33,2 g/L no estuário do rio Paraíba, foi observado uma tendência decrescente à medida que avança para o setor interno dos dois estuários (Figura 2). O pH variou entre 8,7 e 8,8 no estuário do rio Mamanguape e 8,6 e 8,7 no estuário do rio Paraíba, onde foi observada uma tendência decrescente à medida que avança para o setor interno dos dois estuários.

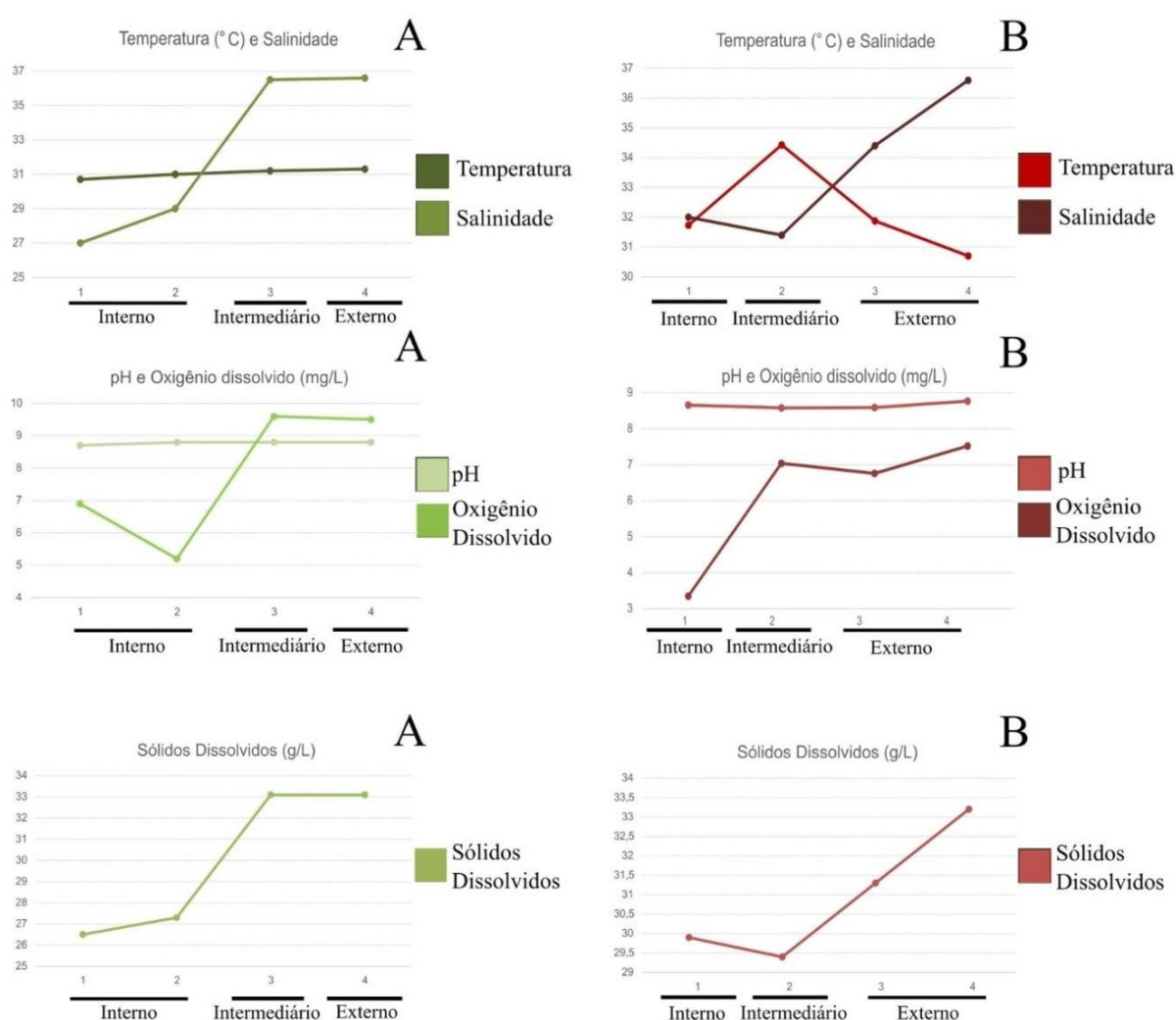


Figura 2: Variação dos parâmetros ambientais, medidos no momento da coleta, nos diferentes setores dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.

Os setores interno e intermediário no estuário do rio Mamanguape foram dominados pelas frações de areia grossa e média e juntas somaram mais de 50% nos pontos 1, 2 e 3 (70,7%, 51,7% e 81,8%, respectivamente; Figura 3A). No setor externo as frações de areia média e fina dominaram (34,4% e 45,4%, respectivamente; Figura 3A). No estuário do rio Paraíba não foi observada um padrão espacial claro, no estuário interno as frações de areia grossa e média dominaram, somando 67,5%, no setor intermediário as frações de areia fina dominaram, somando 76,8%, e no setor externo, no ponto 3, as frações de areia grossa e média dominaram, somando 79,2%, e, no ponto 4, as frações de areia média e fina dominaram, somando 66,4% (Figura 3B).

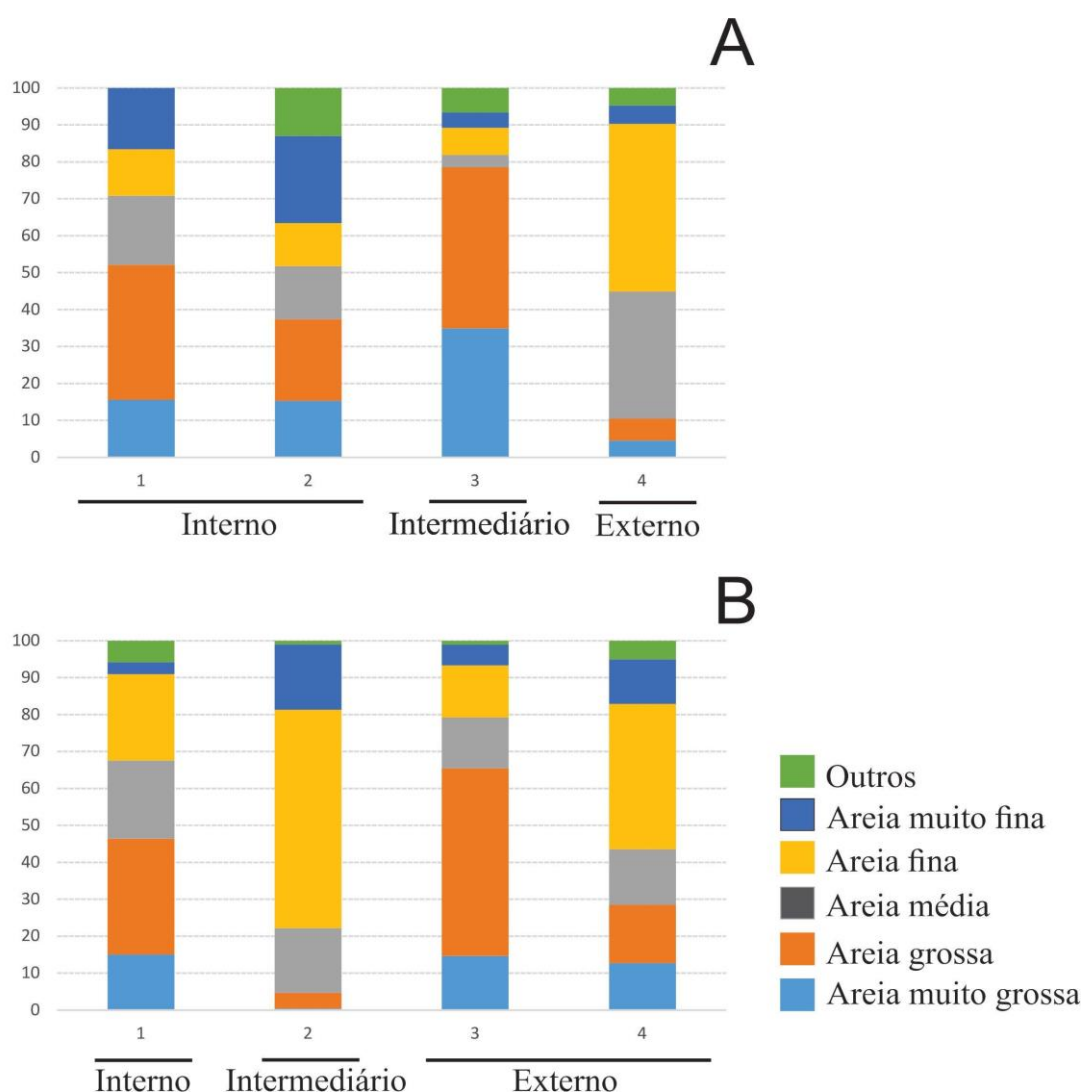


Figura 3: Variação das porcentagens de cada fração granulométrica nos diferentes setores dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020. Outros se refere às frações cascalho, e silte e argila somadas.

4.2 Caracterização da fauna de foraminíferos

As densidades de foraminíferos variaram de 8,6 a 574,4 ind/cm³, com médias de $188,3 \pm 129,6$ ind/cm³ e de $153,0 \pm 204,4$ ind/cm³, no estuário do rio Mamanguape e no estuário do rio Paraíba respectivamente. Em ambos os estuários as maiores densidades foram em sua maioria observadas na peneira de 63 μ m, com médias de $226,0 \pm 96,4$ ind/cm³, no estuário do rio Mamanguape, e $164,3 \pm 255,4$ ind/cm³, no estuário do rio Paraíba na peneira de 63 μ m e médias de $150,7 \pm 161,6$ ind/cm³, no estuário do rio Mamanguape, e $141,7 \pm 178,7$ ind/cm³, no estuário do rio Paraíba, na peneira de 125 μ m. Entretanto foi observado o oposto na porção média e externa do estuário do rio Mamanguape e Paraíba respectivamente (Ponto 3; Figura 4). Foi observado um aumento da densidade à medida que se aproximava da parte mais externa dos dois estuários com médias no setor externo de $279,3 \pm 70,6$ ind/cm³, no estuário do rio Mamanguape, e $279,6 \pm 233,8$ ind/cm³, no estuário do rio Paraíba.

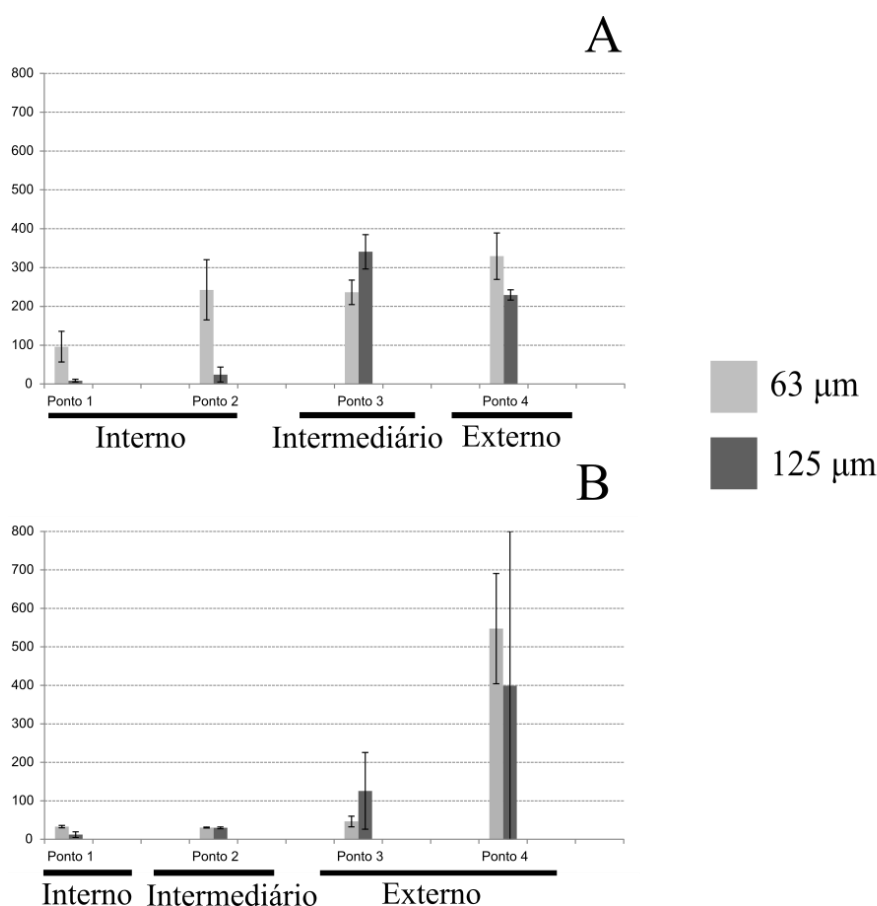


Figura 4: Variação espacial da densidade média (ind/cm³ \pm desvio padrão) de foraminíferos bentônicos nos estuários do rio Mamanguape (A) e Paraíba (B) em fevereiro de 2020.

No presente estudo foram encontradas um total de 60 espécies de foraminíferos, 50 no estuário do rio Mamanguape e 60 no estuário do rio Paraíba, com 8 espécies exclusivas do primeiro e 18 exclusivas do segundo estuário (Tabela 1). O número de espécies em cada amostra variou de 3,3 a 28,3, com médias de $12,5 \pm 7,3$ e $16,5 \pm 6,2$, no estuário do rio Mamanguape e do rio Paraíba respectivamente. Foi observada uma tendência crescente à medida que se aproximava dos setores intermediário e externo nos dois estuários, com média no setor intermediário de $21 \pm 0,9$ espécies no estuário do rio Mamanguape e no setor externo de $21,2 \pm 5,2$ espécies no estuário do rio Paraíba. No estuário do rio Mamanguape as maiores médias na peneira de 63 μm foram observadas no setor interno do estuário e na peneira de 125 μm foram observadas as maiores médias nos setores intermediário e externo (Figura 5A). No estuário do rio Paraíba as maiores médias foram observadas na peneiras de 63 μm , com exceção de um dos pontos do estuário externo (Ponto 4; Figura 5B).

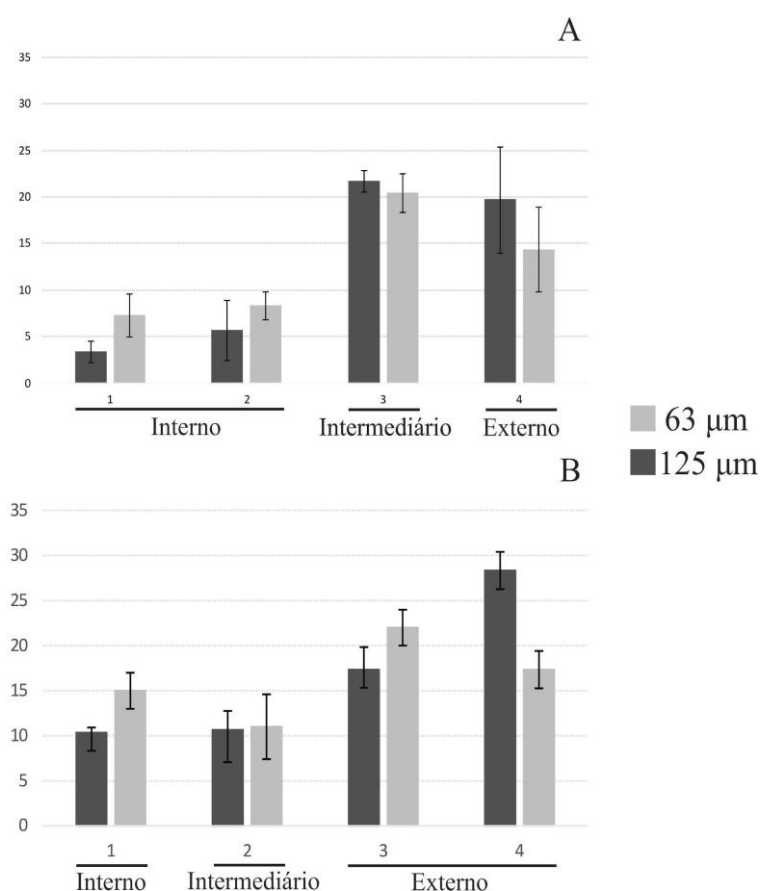


Figura 5: Variação espacial do número de espécies (média \pm desvio padrão) de foraminíferos bentônicos nos estuário do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.

Os valores da diversidade variaram de 0,1 a 2,3, com médias de $1,39 \pm 0,9$ e $1,71 \pm 0,37$, no estuário do rio Mamanguape e do rio Paraíba respectivamente. No estuário do rio Mamanguape foi observada uma tendência crescente à medida que se aproximava do setor intermediário e externo (Figura 6A), no estuário do rio Paraíba essa mesma tendência pôde ser observada, mas não foi tão pronunciada como do estuário do rio Mamanguape, com exceção da peneira de 63 μm no setor interno do estuário do rio Paraíba que teve média de $1,94 \pm 0,06$ (Figura 6B). Em ambos os estuários as maiores médias foram observadas na peneira de 63 μm , com exceção da parte mais externa (Ponto 4; Figura 6)

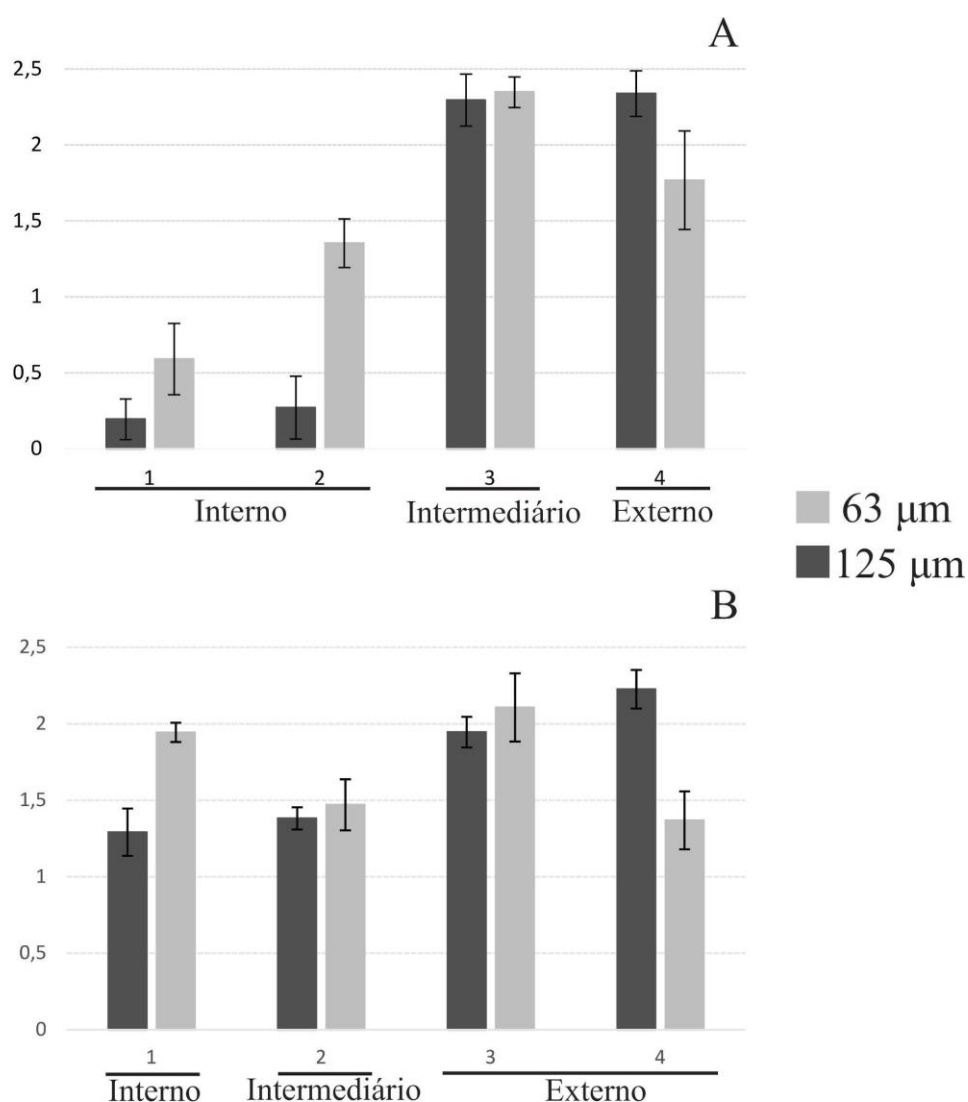


Figura 6: Variação espacial da diversidade (média \pm desvio padrão) de Shannon-Wiener dos foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.

Os valores da equitabilidade de Pielou variaram de 0,1 a 0,7, com médias de $0,5 \pm 0,2$ e $0,6 \pm 0,08$, no estuário do rio Mamanguape e do rio Paraíba respectivamente. No estuário do rio Mamanguape foi observado uma tendência crescente à medida que se aproximava do setor intermediário e externo do estuário (Figura 7A). No estuário do rio Paraíba não foi constatado uma grande variação e, além disso, a menor média foi observada na porção mais externa ($0,4 \pm 0,04$; Figura 7B). Em ambos os estuários, as maiores médias foram observadas na peneira de $63 \mu\text{m}$, com exceção da parte mais externa, resultado semelhante ao observado para a diversidade de Shannon (Ponto 4; Figura 7).

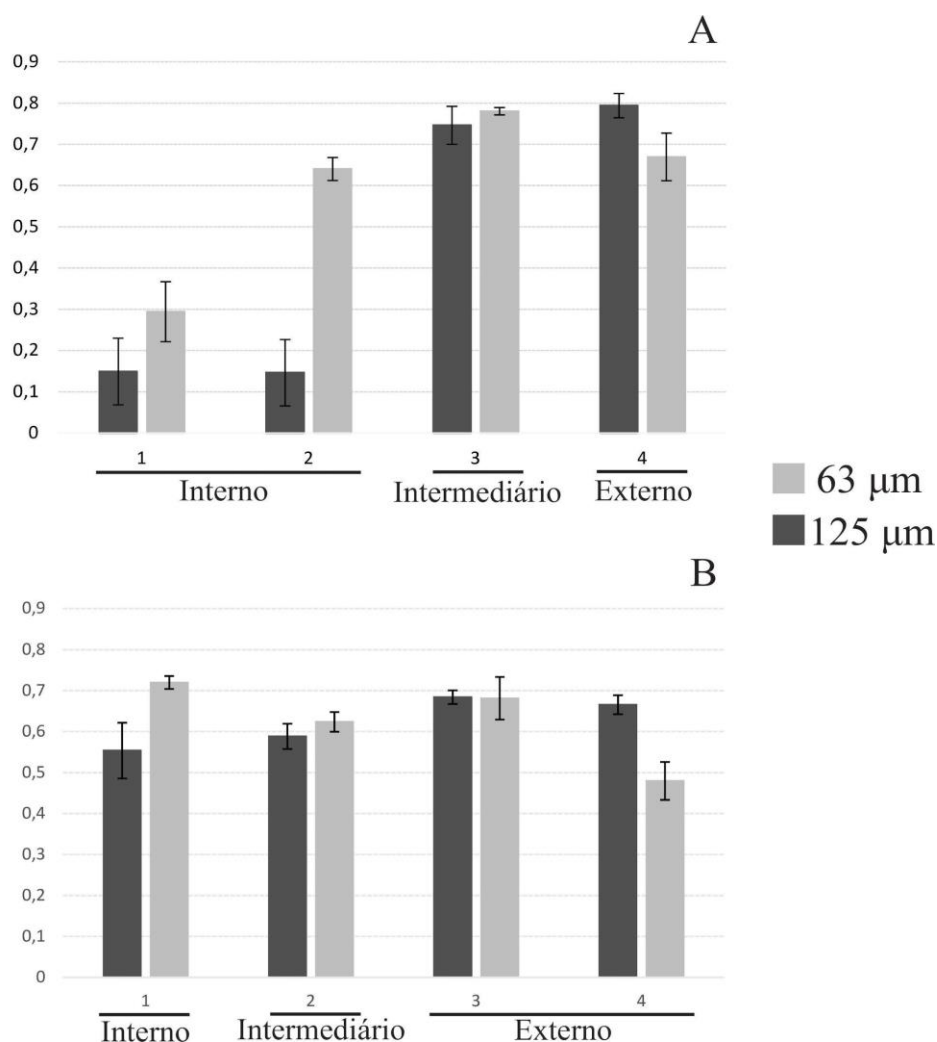


Figura 7: Variação espacial da equitabilidade de Pielou (média \pm desvio padrão) dos foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.

Tabela 1: Abundância relativa (%) das espécies do estuário do rio Mamanguape e Paraíba, e as espécies presentes nas duas peneiras. Onde (A) são foraminíferos aglutinantes, (C) são foraminíferos calcários e (P) são foraminíferos porcelanáceos.

Espécies	Estuário do rio Mamanguape		Estuário do rio Paraíba	
	63 µm	125 µm	63 µm	125 µm
Filo Foraminifera				
Classe Globobulimina				
Ordem Lituolida				
Família Lituolidae				
<i>Ammonium morenoi</i> (Acosta, 1940) (A)	0	0,21	0,05	0
Família Spiroplectamminidae				
<i>Spiroplectammina biformis</i> (Parker & Jones, 1865) (A)	0	0	0,21	0
Família Trochamminidae				
<i>Arenoparrella mexicana</i> (Kornfeld, 1931) (A)	0	0,26	0,05	1,59
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808) (A)	0	0	0	0,21
Ordem Rotaliida				
Família Ammoniididae				
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926) (C)	9,04	9,61	34,58	38,62
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	35,46	57,73	22,60	28,87
Família Amphisteginidae				
<i>Amphistegina gibbosa</i> d'Orbigny, 1839 (C)	0	3,49	4,06	4,79
Família Asterigerinatidae				
<i>Biasterigerina planorbis</i> (d'Orbigny, 1846) (C)	0,26	0,10	0,05	0,15

Família Bolivinitidae

<i>Bolivina dilatata</i> Reuss, 1850 (C)	2,60	0,16	1,06	0,10
<i>Bolivina capitata</i> Cushman, 1933 (C)	0	0	0,21	0
<i>Bolivina ordinaria</i> Phleger & Parker, 1952 (C)	0,26	0	0,80	0,05
<i>Bolivina striatula</i> Cushman, 1922 (C)	2,23	0,21	0,96	0
<i>Bolivina variabilis</i> (Williamson, 1858) (C)	0,26	0,16	0,53	0,15
<i>Bolivinellina translucens</i> (Phleger & Parker, 1951) (C)	0	0,05	0	0
<i>Sigmavirgulina tortuosa</i> (Brady, 1881) (C)	0	0	0,80	0,21

Família Buliminellidae

<i>Buliminella elegantíssima</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0,10	0	0	0
--	------	---	---	---

Família Buliminidae

<i>Proglobobulimina pupoides</i> (d'Orbigny, 1846) (C)	0	0	0,48	0,21
--	---	---	------	------

Família Cassidulinidae

<i>Cassidulinoides parkeriana</i> (Brady, 1881) (C)	0,20	0	0,16	0,15
<i>Evolvocassidulina tenuis</i> (Phleger & Parker, 1951) (C)	0	0	0,05	0
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady, 1881) (C)	0,36	0	0	0

Família Cibicididae

<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny, 1846) (C)	0	0	0,16	0,26
<i>Cibicides pseudolobatus</i> Perelis & Reiss, 1975 (C)	0	0	0	0,05
<i>Cibicidoides mundulus</i> (Brady, Parker & Jones, 1888) (C)	0	0,05	0	0
<i>Cibicidoides subhaidingerii</i> (Parr, 1950) (C)	0,20	0,21	3,04	0,95
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker & Jacob, 1798) (C)	0	0,26	0,16	0,47

Família Elphidiidae

<i>Criboelphidium excavatum</i> (Terquem, 1875) (C)	21,68	7,84	3,90	1,70
<i>Criboelphidium gunteri</i> (Cole, 1931) (C)	0,26	0,53	0,16	0,58
<i>Elphidium discoidale</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0	1,61	0,16	1,06
<i>Elphidium galvestonense</i> Kornfeld, 1931 (C)	0,05	0,80	0,26	1,70
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll, 1798) (C)	0	1,55	0	1,49

Família Eponididae

<i>Eponides repandus</i> (Fichtel & Moll, 1798) (C)	0	1,55	1,28	2,45
<i>Poroeponides lateralis</i> (Terquem, 1878) (C)	0	0	0,05	0,21

Família Discorbidae

<i>Discorbis peruvianus</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0	0,16	0	0
---	---	------	---	---

Família Haynesinidae

<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840) (C)	6,13	5,26	0,21	2,18
--	------	------	------	------

Família Nonionidae

<i>Nonionella auris</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	1,09	0,16	0,16	0
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano, 1936 (C)	0,57	1,09	0	0

Família Notorotaliidae

<i>Cribrorotalia meridionalis</i> (Cushman & Kellett, 1929) (C)	0	0	0,53	0
---	---	---	------	---

Família Planorbulinidae

<i>Planorbulina mediterranensis</i> d'Orbigny, 1826 (C)	0	0,05	0	0,15
---	---	------	---	------

Família Rosalinidae

<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman, 1915) (C)	0	0	0,96	0,05
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny, 1826 (C)	0,46	0,16	0,10	0,74

<i>Rosalina williamsoni</i> (Chapman & Parr, 1932) (C)	0,05	0,16	0,05	0,05
<i>Tretomphaloides concinnus</i> (Brady, 1884) (C)	0,15	0,16	0,48	0,42
Família Siphoninidae				
<i>Siphonina reticulata</i> (Czjžek, 1848) (C)	0	1,02	0,21	1,01
Família Stainforthiidae				
<i>Hopkinsina pacifica</i> Cushman, 1933 (C)	0,05	0,05	0,05	0
Ordem Textulariida				
Família Textulariidae				
<i>Textularia earlandi</i> Parker, 1952 (A)	0,21	0	1,28	0
<i>Textularia gramen</i> d'Orbigny, 1846 (A)	0	0,05	0	0,21
Classe Nodosariata				
Ordem Polymorphinida				
Família Ellipsolagenidae				
<i>Fissurina laevigata</i> Reuss, 1850 (C)	0,05	0	0	0
Classe Tubothalamea				
Ordem Miliolida				
Família Hauerinidae				
<i>Miliolinella circularis</i> (Bornemann, 1855) (P)	0,20	0,10	0,74	0,26
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu, 1803) (P)	0,10	0,05	0	0,26
<i>Pseudotriloculina patagonica</i> (d'Orbigny, 1839) (P)	4,26	0,53	0,10	0
<i>Pyrgo subsphaerica</i> (d'Orbigny, 1839) (P)	0	0,05	0	0,58
<i>Quinqueloculina atlantica</i> Boltovskoy, 1957 (P)	0,05	0,10	0,26	0,15
<i>Quinqueloculina bosciana</i> d'Orbigny, 1839 (P)	0,46	0	0	0,05
<i>Quinqueloculina costata</i> d'Orbigny in Terquem, 1878 (P)	0,15	0,85	0,10	1,01

<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny, 1839 (P)	0,15	0,59	0,58	2,93
<i>Quinqueloculina lata</i> Terquem, 1876 (P)	1,24	0,32	0,64	0,31
<i>Quinqueloculina milletti</i> (Wiesner, 1912) (P)	5,20	1,39	14,64	0
<i>Quinqueloculina parkeri</i> (Brady, 1881) (P)	0	0	0	0,05
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus, 1758) (P)	5,92	1,77	1,60	2,34
<i>Quinqueloculina stalker</i> Loeblich & Tappan, 1953 (P)	0	0,05	0,05	0,05
<i>Quinqueloculina sulcata</i> d'Orbigny in Fornasini, 1900 (P)	0	0	0	0,10
<i>Sigmoilina obesa</i> Heron-Allen & Earland, 1932 (P)	0	0	0,05	0,10
<i>Triloculina baldai</i> Bermúdez & Seiglie, 1963 (P)	0,41	0,16	0	0
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu, 1803) (P)	0	0	0,90	0,10
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck, 1804) (P)	0	0	0,05	0,05
Família Soritidae				
<i>Archaias angulatus</i> (Fichtel & Moll, 1798) (P)	0	0,05	0,05	0,11
<i>Sorites marginalis</i> (Lamarck, 1816) (P)	0	0	0	0,47
Ordem Spirillinida				
Família Spirillinidae				
<i>Spirillina vivipara</i> Ehrenberg, 1843 (P)	0	0	0,21	0
Total	1923	1862	1871	1877

Ambos os estuários foram dominados por espécies calcárias, com mais de 70% nos dois estuários, seguidas por espécies porcelanáceas, variando entre 6 e 20%. e aglutinantes, representando entre 0,2 e 2%. As espécies mais abundantes em ambos os estuários foram *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana*, *Amphistegina gibbosa*, *Criboelphidium excavatum*, *Haynesina germanica*, *Quinqueloculina milletti* e *Quinqueloculina seminulum* (Tabela 1; Figura 8). No estuário do rio Mamanguape a

abundância relativa da espécie *A. tepida* foi menor do que no estuário rio Paraíba (9% em ambas as peneiras; Tabela 1). Também nesse estuário foi observado maior abundância da espécie *A. parkinsoniana* (35,4% e 57,7% nas peneiras de 63 μm e de 125 μm , respectivamente) e das espécies *C. excavatum*, *Q. seminulum* e *H. germanica* na peneira de 63 μm (21,68%, 5,9% e 6,1%, respectivamente; Tabela 1; Figura 8). No estuário do rio Paraíba as espécies *A. gibbosa* e *Eponides repandus* foram abundantes na peneira de 125 μm (4,7% e 2,4%, respectivamente; Tabela 1; Figura 8) e *Q. milletti* foi mais abundante na peneira de 63 μm (14,6%; Tabela 1; Figura 8).

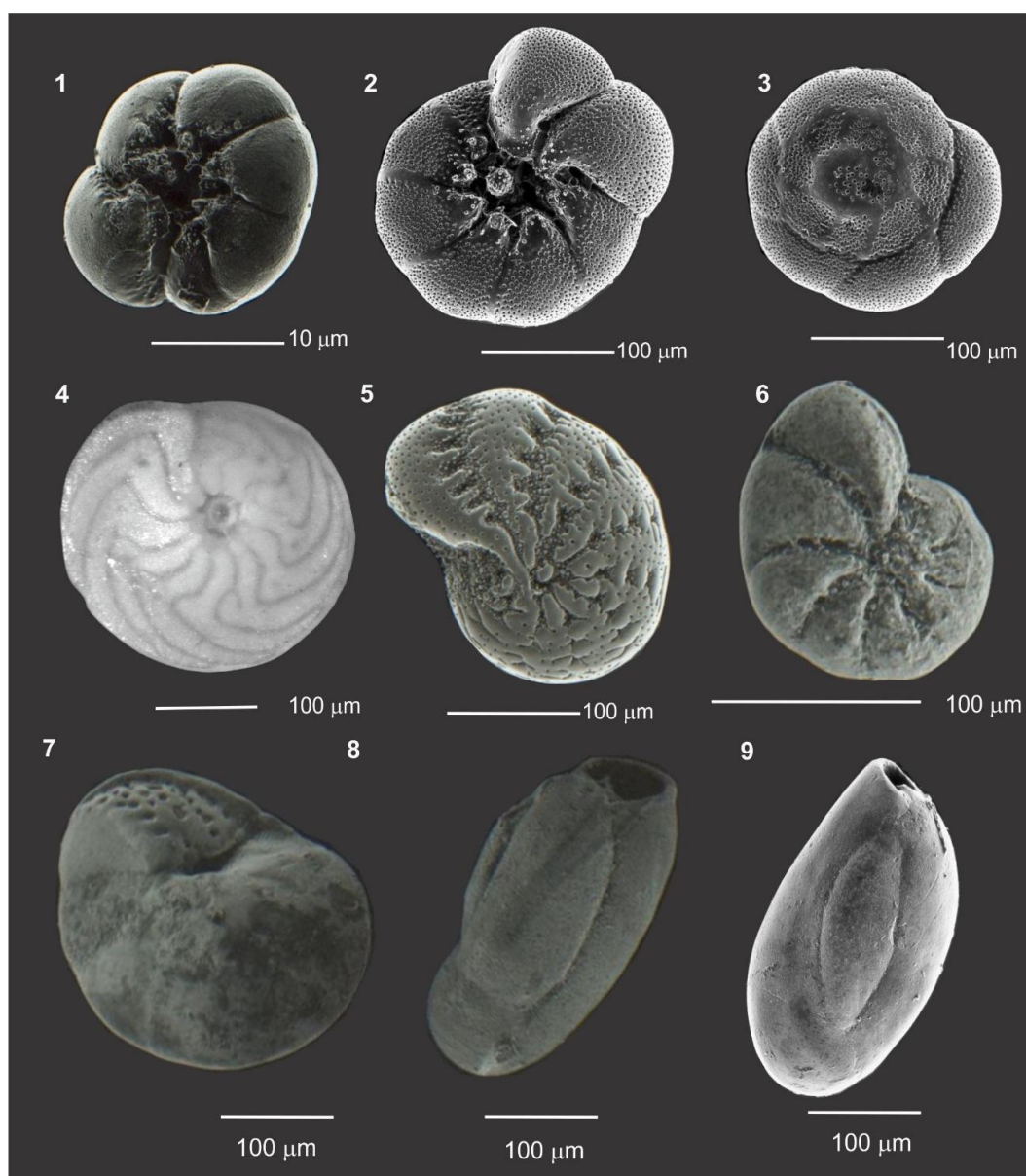


Figura 8: Espécies mais abundantes de foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape e do rio Paraíba. *Ammonia tepida* (1), *Ammonia parkinsoniana* (2), *A.*

parkinsoniana (3; vista dorsal), *Amphistegina gibbosa* (4), *Criboelphidium excavatum* (5), *Haynesina germanica* (6), *Eponides repandus* (7), *Quinqueloculina milletti* (8) e *Quinqueloculina seminulum* (9). Elaborado por Patricia Pinheiro Beck Eichler. (Colocar que são outras amostras)

A estrutura da comunidade foi significativamente diferente entre os três fatores e a interação entre eles também (PERMANOVA; $p < 0,05$; Tabela 2). O setor externo do estuário do rio Paraíba diferiu dos demais setores, com *A. tepida* representando grande parte da população (49,3 e 45,0% nas peneiras de 63 μm e de 125 μm , respectivamente; Figura 9), seguida de *A. parkinsoniana* (15,0 e 8,5% nas peneiras de 63 μm e de 125 μm , respectivamente) e *A. gibbosa* (8,1 e 8,4% respectivamente; Figura 9). O setor interno do Mamanguape também diferiu dos demais, com predominância de *A. parkinsoniana* (68,5 e 95,4%, respectivamente), seguida de *C. excavatum* (15,2 e 1,38%; Figura 9).

Os estuários diferiram na estrutura da comunidade em relação às peneiras. No estuário do rio Mamanguape, para a peneira de 63 μm , a espécie *A. parkinsoniana* dominou (35,4%), seguida por *C. excavatum* (21,6%). Na peneira de 125 μm , a espécie dominante foi *A. parkinsoniana* (57%; Figura 9). No estuário do rio Paraíba a espécie dominante foi *A. tepida* (34,5 e 38,6% nas peneiras de 63 e 125 μm , respectivamente), seguida por *A. parkinsoniana* (22,6 e 28,8% nas peneiras de 63 e 125 μm respectivamente; Figura 9).

Tabela 2: Resultados da PERMANOVA realizado na estrutura da comunidade de foraminíferos bentônicos dos estuários do rio Mamanguape e do rio Paraíba. GL=Grau de Liberdade.

Fator	GL	Pseudo-F	P (perm)	Permutações exclusivas
Estuário	1	12,7	0,001	999
Setor do estuário	2	19,4	0,001	998
Peneira	1	20,0	0,001	997

Estuário x Setor do estuário	2	11,3	0,001	997
Estuário x Peneira	1	3,6	0,002	998
Setor do estuário x Peneira	2	4,6	0,001	998
Estuário x Setor do estuário x Peneira	2	2,0	0,015	997

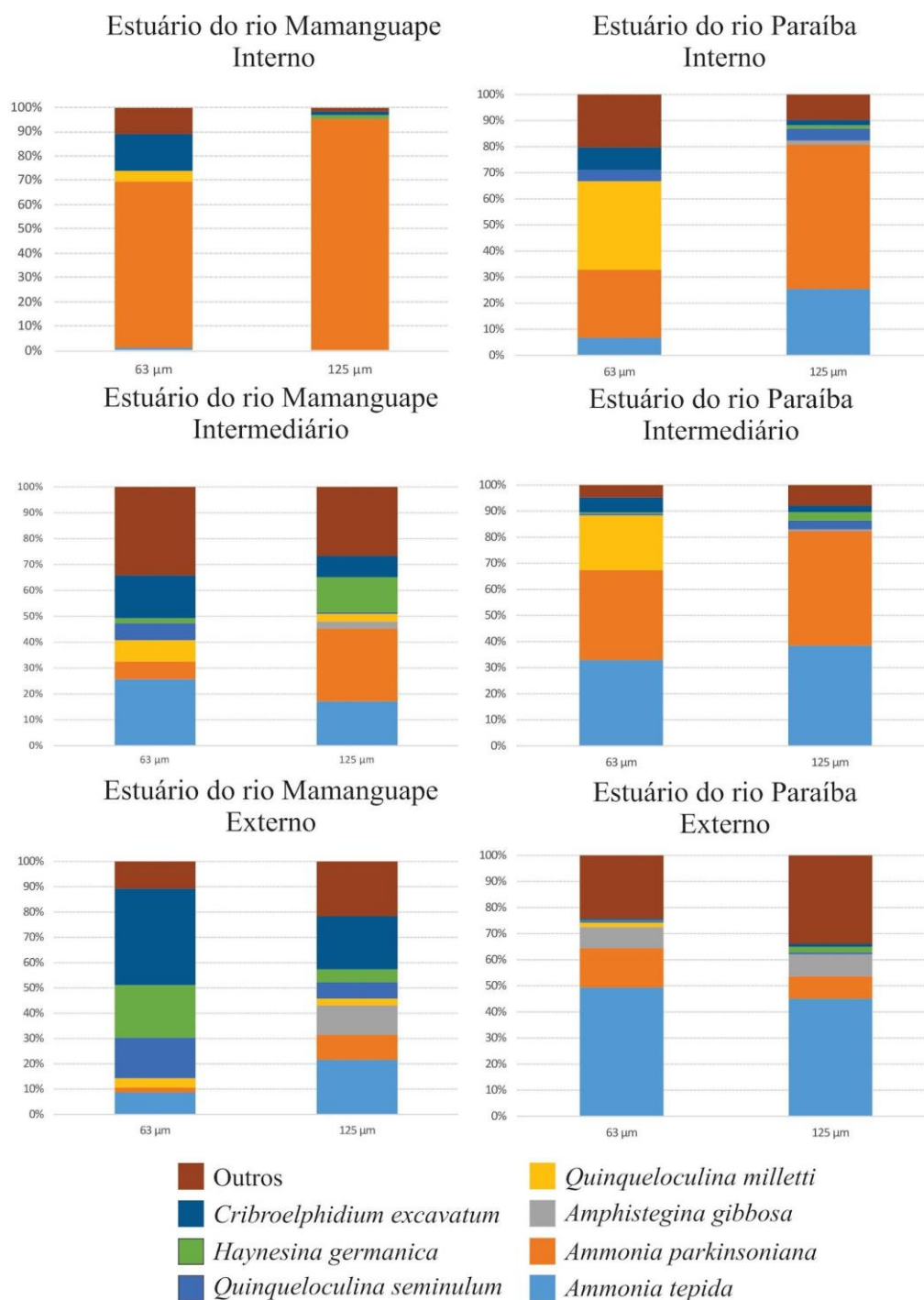


Figura 9: Variação espacial da abundância (%) das espécies principais de foraminíferos bentônicos, por setor, dos estuários do rio Mamanguape (A) e do rio Paraíba (B) em fevereiro de 2020.

De uma maneira geral as espécies que mais contribuíram para a diferenciação da estrutura na comunidade, em relação ao setor do estuário, estuário e peneiras, e de ambos os estuários foram *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *A. gibbosa*, *B. dilatata*, *B. striatula*, *C. excavatum*, *E. repandus*, *H. germanica* e *Q. milletti* (Tabelas 3 e 4). No setor interno foi observado similaridade de 56,4%, e as espécies *A. parkinsoniana* e *C. excavatum* foram

as que mais contribuíram para a similaridade da comunidade desse setor (>70%; Tabela 3). No setor intermediário foi observado similaridade de 63,4%, a espécie que mais contribuiu para foi *A. tepida*, seguida por *A. parkinsoniana*, *C. excavatum*, *H. germanica* e *Q. milletti* (Tabela 3). No setor externo foi observado similaridade de 55,3%, a espécie que mais contribuiu foi *A. tepida*, seguida por *A. gibbosa*, *E. repandus*, *A. parkinsoniana*, *Q. lamarckiana* e *C. excavatum* (Tabela 3).

No estuário do rio Mamanguape foi observada similaridade de 58,1%, a espécie que mais contribuiu foi *A. parkinsoniana*, seguida por *C. excavatum* e *A. tepida* (Tabela 3). No estuário do rio Paraíba foi observada similaridade de 55,9%, a espécie que mais contribuiu foi *A. tepida* seguida por *A. parkinsoniana*, *A. gibbosa*, *E. repandus* e *C. excavatum* (Tabela 3).

Na peneira de 63 µm foi observada similaridade de 43,2%, a espécie que mais contribuiu foi *A. parkinsoniana*, seguida por *A. tepida*, *C. excavatum*, *B. dilatata* e *Q. milletti* (Tabela 4). Na peneira de 125 µm foi observada similaridade de 45,0%, a espécie que mais contribuiu foi *A. parkinsoniana*, seguida por *A. tepida*, *C. excavatum* e *H. germanica* (Tabela 4)

Tabela 3: Resultados do SIMPER comparando os diferentes setores do estuário e os dois estuários do presente estudo. Em parênteses estão as similaridades médias (%) de cada setor ou dos dois estuários e a contribuição (%) das espécies principais.

Espécies/Contribuição	Setores do estuário			Estuário	
	Interno	Intermediário	Externo	MM	PB
	(56,4)	(63,4)	(55,3)	(58,1)	(55,9)
<i>Ammonia tepida</i>	5,0	23,11	22,9	5,8	25,6
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	65,87	22,4	6,3	52,9	14,24
<i>Amphistegina gibbosa</i>			11,7		9,4
<i>Bolivina dilatata</i>	3,5	1,4		3,0	
<i>Bolivina striatula</i>	3,6	2,0		3,5	

<i>Cribroelphidium excavatum</i>	8,94	12,5	5,7	11,23	5,1
<i>Eponides repandus</i>			7,8		6,39
<i>Haynesina germanica</i>		6,3	3,5	5,0	1,7
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>			5,6		4,2
<i>Quinqueloculina milletti</i>	2,5	6,4	2,2	4,1	2,0

Tabela 4: Resultados do SIMPER comparando as duas peneiras usadas no presente estudo. Em parênteses estão as similaridades médias (%) de cada peneira e a contribuição (%) das espécies principais.

Espécies/Contribuição	Peneira	
	63 µm	125 µm
	(43,2)	(45,0)
<i>Ammonia tepida</i>	17,8	16,5
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	23,6	34,7
<i>Amphistegina gibbosa</i>		4,8
<i>Bolivina dilatata</i>	5,8	
<i>Bolivina striatula</i>	4,4	
<i>Cribroelphidium excavatum</i>	12,3	9,2
<i>Eponides repandus</i>		2,4
<i>Haynesina germanica</i>	1,7	8,2
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>		1,82
<i>Quinqueloculina milletti</i>	12,9	

5 DISCUSSÃO

Ambos os estuários foram dominados por espécies calcárias, seguidas por espécies porcelanáceas e aglutinantes. Diferente do observado aqui, é comum a sucessão de espécies, com mais foraminíferos aglutinantes nos setores mais internos em outros estuários tropicais (e.g. Eichler et al., 2007; Souza et al., 2010; Farias et al., 2019). É possível que a dominância de espécies calcárias ao longo de todo estuário tenha acontecido no presente estudo porque não foi observado um gradiente muito pronunciado da salinidade e do pH à medida que se aproximava do setor interno de ambos estuários, ou seja, essa zonation vista em ambientes estuarinos não foi observada no presente estudo. Em geral, é comum que foraminíferos calcários exibam preferência por áreas próximas à da água do mar, áreas onde são observados maiores valores de salinidades (Murray, 2006; Lal et al., 2020). Em outro estudo conduzido em uma região temperada, espécies calcárias tornaram-se dominantes e expandiram-se para as zonas estuarinas internas durante o verão, quando prevaleciam as condições marinhas normais (Fancescangeli et al., 2021).

De maneira geral o pH também influencia na distribuição dos foraminíferos, visto que os calcários são altamente suscetíveis a dissolução quando o pH está baixo, enquanto as testas aglutinantes são mais resistentes e podem dominar em condições ácidas (Dias et al., 2010; Lal et al., 2020). No presente estudo, o pH de ambos os estuários se manteve constante e, desse modo, juntamente com a salinidade talvez tenha influenciado a prevalência de espécies calcárias nos setores de ambos os estuários (veja acima).

Os resultados da granulometria do presente estudo também foram diferentes aos observados em outros estuários tropicais e temperados (Laut et al., 2016a; Rodrigues et al., 2020; Francescangeli et al., 2021; Laut et al., 2021), isso porque no estuário do rio Mamanguape os setores interno e intermediário foram dominados por frações de areia grossa e média e no setor externo predominaram as frações de areia média e fina, e no estuário do rio Paraíba não foi observado um padrão espacial claro. Essa granulometria predominantemente arenosa com frações de sedimento grossos revelam ambiente altamente dinâmico, diferente do esperado para estuários tropicais brasileiros onde são compostos por sedimentos de areia fina associada a areia muito fina e sedimentos lamosos (Suguio, 1973; Laut et al., 2021). Em outro trabalho no estuário do rio Mamanguape foi

observado a dominância das frações mais finas do sedimento (Silva, 2017), porém, em um estudo mais recente, foi constatado a dominância das frações de areia grossa e média (Pereira et al., 2020) mesmo resultado encontrado no presente estudo. A partir das características encontradas, os estuários podem estar passando por um processo de distribuição sedimentar, que pode ocorrer devido a dinâmicas de origens naturais ou antrópicas, sendo assim responsáveis pela alteração do padrão granulométrico esperado (Verones Júnior et al., 2009; Barcellos et al., 2017).

O número de espécies encontrados no presente estudo, 50 espécies no estuário do rio Mamanguape e 60 no estuário do rio Paraíba, foi maior do que os encontrados em outros estudos conduzidos em estuários tropicais, que variou entre 30 e 45 espécies, (e.g. Souza et al., 2010; Nagendra & Reddy, 2019; Farias et al., 2019; Damasio et al., 2020) e temperados, que variou entre 34 e 39 (Laut et al., 2014; Guerra et al., 2019). Em outro estudo no estuário do rio Mamanguape, foram encontradas 93 espécies (Sariaslan & Langer, 2021), esse número é superior ao observado no presente estudo, o que enfatiza a grande riqueza de espécies nesse estuário, visto que no presente estudo e no estudo de Sariaslan & Langer (2021) o número de espécies foi maior em relação a outros estuários tropicais e temperado. Vale ressaltar que esse estuário se encontra em uma área de proteção ambiental, sendo assim o maior número de espécies do estuário do rio Mamanguape pode evidenciar o estado de conservação desse estuário.

Os valores da diversidade de Shannon foram parecidos aos valores observados em outros estudos em estuários tropicais, variou entre 0 e 2,6 (e.g. Pregnotato et al., 2018; Nagendra & Reddy, 2019; Damasio et al., 2020). Em regiões temperadas os valores da diversidade de Shannon foram mais altos, variando entre 1,2 e 2,7 (Laut et al., 2014; Laut et al., 2016a). No presente estudo foi observada uma tendência crescente de diversidade à medida que se aproximava do setor intermediário e externo. Essa tendência foi mais pronunciada no estuário do rio Mamanguape, isso porque no setor interno a abundância relativa da espécie *A. parkinsoniana* foi maior que 80%.

Para os valores da equitabilidade de Pielou no estuário do rio Mamanguape foi observado uma tendência crescente à medida que se aproximava do setor intermediário e externo. No estuário do rio Paraíba, os valores da equitabilidade de Pielou foram mais constantes nos três setores do estuário. Em outros estudos conduzidos em diferentes estuários os valores da equitabilidade de Pielou observados foram maiores que os valores

do presente estudo, variaram entre 0 e 0,8 em estuário tropicais (e.g. Nagendra & Reddy, 2019; Damasio et al., 2020) e entre 0,4 e 0,9 em estuários temperados (e.g. Laut et al., 2014; Laut et al., 2016b).

As espécies que contribuíram para a estruturação da comunidade dos fatores testados no presente estudo foram *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *A. gibbosa*, *C. excavatum*, *E. repandus*, *H. germanica* e *Q. milletti*. No setor interno as espécies que mais contribuíram para a estruturação da comunidade foram *A. parkinsoniana*, *C. excavatum* e *A. tepida*. Essas espécies foram observadas em outros estudos conduzidos em ambientes de transição, tropicais (e.g. Belart et al., 2017; Damasio et al., 2020; Laut et al., 2021) e temperados (e.g. Laut et al., 2017; Barbieri & Vaiani, 2018; Haller et al., 2019). Vários autores sugerem que essas espécies são muito resistentes a mudanças de salinidade e por isso predominam em ambientes de transição (Boltovskoy 1965; Martins et al. 2015; Laut et al. 2016a, b; Raposo et al. 2016).

No setor intermediário, além das espécies do setor interno, as espécies *H. germanica* e *Q. milletti* contribuíram significativamente para a estruturação da comunidade. Essas espécies também são observadas em outros estuários tropicais (e.g. Farias et al., 2019; Laut et al., 2021) e temperados (e.g. Ruíz et al., 2005; Laut et al., 2016a). São espécies oportunistas, *H. germanica* é típica de ambientes estuarinos e resiste a uma ampla gama de salinidades e *Q. milletti* é geralmente associada as frações mais finas do sedimento (Laut et al., 2016a; Farias et al., 2019; Murray, 2006; Blázquez e Usera, 2010).

No setor externo as espécies que contribuíram para a estruturação da comunidade foram *A. tepida*, *A. gibbosa*, *E. repandus*, *A. parkinsoniana*, *C. excavatum* e *Q. lamarckiana*. *A. gibbosa*, *E. repandus* e *Q. lamarckiana* são espécies geralmente associada a frações mais grossas do sedimento e são adaptadas a ambientes de alta hidrodinâmica (Edwards, 1982; Alves & Nogueira, 2020; Buragohain & Ghosh, 2021). Essas espécies foram observadas nos setores externos de outros estuários tropicais (e.g. Nagendra et al., 2015; Farias et al., 2019; Laut et al., 2021).

As espécies que contribuíram para a estruturação da comunidade do estuário do rio Mamanguape foram *A. parkinsoniana*, *C. excavatum*, *A. tepida* e *H. germanica*. Como foi destacado acima, essas espécies são típicas de ambientes estuarinos, visto que suportam alterações de salinidade. No estuário do rio Paraíba, além das espécies típicas

de ambientes estuarinos, espécies típicas de ambientes marinhos e com maior hidrodinâmica também contribuíram para a estruturação da comunidade, como *A. gibbosa*, *E. repandus* e *Q. lamarckiana* (Edwards, 1982; Alves & Nogueira, 2020; Buragohain & Ghosh, 2021). A presença dessas espécies como parte da estruturação da comunidade do estuário do rio Paraíba, indica que a penetração de águas salinas através da maré e a renovação das águas ocorre de maneira mais eficiente no estuário do rio Paraíba do que no estuário do rio Mamanguape (Eichler et al., 2020; 2021). A circulação estuarina e a renovação das águas se relacionam à capacidade de recuperação ambiental através de mecanismos naturais claros e eficientes, e essa característica está ligada a geomorfologia de cada estuário, pois em geral ambientes mais amplos permitem uma maior entrada de água (Eichler et al., 2021). Além disso, o nível máximo de maré é maior no estuário do rio Paraíba do que no estuário do rio Mamanguape (2,8 e 2,2 m, respectivamente; dados de 1999 a 2014; CPTEC / INPE, 2015) o que pode contribuir para a maior penetração de águas salinas no estuário do rio Paraíba.

Ammonia foi o gênero mais abundante do presente estudo, somando mais de 50% em cada um dos dois estuários. Espécies de *Ammonia* são geralmente mais abundantes em ambientes próximos à costa, como baías e foz de rios (Williams, 1995; Buzas et al., 2003). Este gênero é dominante tanto em ambientes naturais quanto poluídos (estressados), revelando sua alta tolerância e adaptabilidade às mudanças de variáveis ambientais (Buzas et al., 2003). Enquanto *A. parkinsoniana* é típica de ambientes prístinos e *A. tepida* é conhecida como uma espécie com grande tolerância para todos os tipos de estresse, incluindo alta poluição orgânica e metais pesados (Seiglie, 1975; Murray, 2006; Frontalini & Coccioni, 2008; Orabi et al., 2017). *A. parkinsoniana* foi mais abundante no estuário do rio Mamanguape, representando mais de 40%, e *A. tepida* teve abundância de 9%. No estuário do rio Paraíba *A. tepida* foi mais abundante, com mais de 30%, porém *A. parkinsoniana* teve abundância de mais de 20% nesse estuário. Isso pode indicar que o estuário do rio Mamanguape é mais prístino, com maior abundância de *A. parkinsoniana*. Esse estuário abriga uma área de proteção ambiental e também foi observado uma riqueza de espécies maior do que em outros estuários, o que pode indicar que esse ambiente está em um bom estado de conservação. Já estuário do rio Paraíba é mais impactado (Sassi & Watanabe, 1980; Marcelino et al., 2005; Alves et al., 2016), porém ainda precisam ser feitos mais estudos para analisar de qual maneira esse ambiente está impactado, visto que *A. parkinsoniana* também foi abundante.

6 CONCLUSÃO

No presente estudo notou-se a maior abundância de foraminíferos calcários, seguido por foraminíferos porcelanáceos e aglutinantes. Essa distribuição se deu principalmente pelo fato da salinidade ter variado pouco e o pH ter sido mais constante, em ambos os estuários. A granulometria também influenciou na predominância de espécies calcárias, pois a fração predominante no presente estudo foi basicamente arenosa.

Espécies típicas de ambientes estuarinos contribuíram para a estruturação da comunidade dos setores interno e intermediário e, no setor externo espécies típicas de ambientes marinho contribuíram para a estruturação da comunidade. As espécies que mais contribuíram para a estruturação do estuário do rio Mamanguape foram espécies típicas de ambientes estuarinos. Já no estuário do rio Paraíba, além das espécies típicas de ambientes estuarinos, espécies típicas de ambientes marinhos também foram observadas, principalmente no setor externo desse estuário. O que pode evidenciar uma maior capacidade de renovação do ambiente por águas marinhas do estuário do rio Paraíba.

Ammonia foi um gênero dominante em ambos os estuários do presente estudo, esse gênero predomina tanto em ambientes naturais quanto poluídos. A espécie *A. parkinsoniana* é típica de ambientes prístinos e *A. tepida* é tolerante a ambientes estressados e poluídos. No estuário do rio Mamanguape *A. parkinsoniana* foi mais abundante, principalmente no setor com menor salinidade, o que pode levar à conclusão que esse estuário se encontra sob menor influência de agentes antrópicos. No estuário do rio Paraíba, *A. tepida* foi mais abundante, podendo indicar maior impacto nesse estuário já que essa espécie é mais tolerante. Então, conclui-se que o estuário do rio Paraíba apresenta sinais de degradação quando se compara com o estuário do rio Mamanguape, porém ainda são necessários estudos mais aprofundados para definir o grau de impacto desse estuário.

7 REFERÊNCIAS

- AESA. Relação dos Açudes Monitorados. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=listarAcudesUltimaCota/>> Acesso em 1 de Novembro de 2015.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>> Acesso em 17 de Outubro de 2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVE, E. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sorfjord, Western Norway. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 21, p. 1-19, 1991.
- ALVE, E.; MURRAY, J. W. Ecology and taphonomy of benthic foraminifera in a temperate mesotidal inlet. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 24, p. 18-27, 1994.
- ALVES, B. M.; NOGUEIRA JUNIOR, M. Foraminiferal assemblage structure from Brazilian tropical urbanized beaches (~ 7° S). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.
- ALVES, V. E. N.; PATRÍCIO, J.; DOLBETH, M.; PESSANHA, A.; PALMA, A. R. T.; DANTAS, E. W.; VENDEL, A. L. Do different degrees of human activity affect the diet of Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis*? **Journal of fish biology**, v. 89, p. 1239-1257, 2016.
- ANDERSON, M.I. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, p. 32-46, 2001.
- AR GALL, E.; LE DUFF, M.; SAURIAU, P. G., DE CASAMAJOR, M. N.; GEVAERT, F.; POISSON, E.; HACQUEBART, P.; JONCOURT, Y.; BARILLÉ, A. L.; BUCHET, R.; BRÉRET, M.; MIOSSÉ, L. Implementation of a new index to assess intertidal seaweed communities as bioindicators for the European Water Framework Directory. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 162-173, 2016.
- ARMYNOT DU CHÂTELET, E.; BOUT-ROUMAZEILLES, V.; COCCIONI, R.; FRONTALINI, F.; FRANCESCANGELI, F.; MARGARITELLI, G.; RETTORI, R.; SPAGNOLI, F.; SEMPRUCCI, F.; TRENTESAUX, A.; TRIBOVILLARD, N. Environmental control on a land-sea transitional setting: integrated sedimentological, geochemical and faunal approaches. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, p. 1-18, 2016.
- BAPTISTA-NETO, J. A. B.; BARRETO, C. F.; VILELA, C. G.; DA FONSECA, E. M.; MELO, G. V.; BARTH, O. M. Environmental change in Guanabara Bay, SE Brazil, based in microfaunal, pollen and geochemical proxies in sedimentary cores. **Ocean & Coastal Management**, v. 143, p. 4-15, 2017.

BARBIERI, G.; VAIANI, S. C. Benthic foraminifera or Ostracoda? Comparing the accuracy of palaeoenvironmental indicators from a Pleistocene lagoon of the Romagna coastal plain (Italy). **Journal of Micropalaeontology**, v. 37, p. 203-230, 2018.

BARBOSA, C. F. Foraminífera e Arcellacea (Thecamoebia) Recentes do Estuário de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 67, p. 465-492, 1995.

BARCELLOS, R. L.; FIGUEIRA, R. C. L.; FRANÇA, E. J.; SCHETTINI, C. A.; DE ARRUDA XAVIER, D. Changes of estuarine sedimentation patterns by urban expansion: the case of Middle Capibaribe Estuary, Northeastern Brazil. **International Journal of Geosciences**, v. 8, p. 514-535, 2017.

BELART, P.; LAUT, V. M.; Fortes, R., CLEMENTE, I. M. M. M.; RAPOSO, D. S.; MARTINS, V.; FRONTALINI, F.; LORINI, M. L.; FORTES, R. R.; LAUT, L. Living benthic Foraminifera from the Saquarema lagoonal system (Rio de Janeiro, southeastern Brazil). **Check List**, v. 13, p. 1, 2017.

BHATTACHARJEE, D.; CHOUDHURY, B. C.; SIVAKUMAR, K.; SHARMA, C.; JOHN, S.; BEHERA, S.; BEHERA, S.; BHADURY, P. Benthic foraminifer assemblages in turtle congregation sites along the north-east coast of India. **Journal of the Marine Biological Association UK**, v. 93, p. 877-887, 2013.

BLÁZQUEZ, A. M.; USERA, J. Palaeoenvironments and Quaternary foraminifera in the Elx coastal lagoon (Alicante, Spain). **Quaternary International**, v. 221, p. 68-90, 2010.

BOLTOVSKOY, E. **Los foraminiferos recientes; biología métodos de estudio, aplicación oceanográfica**, 1965.

BOLTOVSKOY, E.; WRIGHT, R. **Recent Foraminifera**. Dr. W. Junk b.v. Publishers The Hague, 1976, 515 p.

BOLTOVSKOY, E.; GIUSSANI, G.; WATANABE, S.; WRIGHT, R. C. (Eds.). **Atlas of benthic shelf foraminifera of the southwest Atlantic**. Springer Science & Business Media, 2012.

BONETTI, C. V. D. H. **Associações de foraminíferos e tectamebas indicadoras de sub-ambientes na zona estuarina do Rio Itapitanguí – Cananéia/SP**. 1995. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 1995.

BORJA, A.; FRANCO, J.; PÉREZ, V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. **Marine pollution bulletin**, v. 40, p. 1100-1114, 2000.

BOUCHET, V. M.; ALVE, E.; RYGG, B.; TELFORD, R. J. Benthic foraminifera provide a promising tool for ecological quality assessment of marine waters. **Ecological indicators**, v. 23, p. 66-75, 2012.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: atualização – Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. **Brasília: MMA**, 2007.

BRÖNNIMANN, P.; MOURA, J. A.; DIAS-BRITO, D. Foraminíferos da Fácies Mangue da Planície de Maré de Guaratiba, Rio, de Janeiro, Brasil. In: **Anais do Congresso Latino-Americano de Paleontologia, Porto Alegre, RS**, pp. 878-891, 1981.

BRÖNNIMANN, P.; ZANINATTI, L. Agglutinated Foraminifera Mainly Trochamminacea from the Baía de Sepetiba, Near Rio de Janeiro, Brazil. **Revue de Paléobiologie**, v. 3, p. 63-115, 1984.

BURAGOHAIN, D.; GHOSH, A. Seasonal Distribution Trends of Benthic Foraminiferal Assemblages from the Saurashtra Coast, Western India. **Journal of the Geological Society of India**, v. 97, p. 61-69, 2021.

BUZAS, M. A.; HAYEK, L. C.; REED, S. A.; JETT, J. A. Foraminiferal densities over five years in the Indian River Lagoon, Florida: A model of pulsating patches. **Journal of Foraminiferal Research** v. 32, p. 68–92, 2002.

CARNAHAN, E. A.; HOARE, A. M.; HALLOCK, P.; LIDZ, B. H.; REICH, C. D. Foraminiferal assemblages in Biscayne Bay, Florida, USA: responses to urban and agricultural influence in a subtropical estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 59, p. 221–233, 2009.

CLOSS, D. Foraminíferos e tecamebas da Lagoa dos Patos (RS). **Boletim da Escola de Geologia de Porto Alegre**, v. 11, p. 1-130, 1962.

CLOSS, D. Ecological distribution of Foraminifera and Thecamoebina in the Patos lagoon, Southern Brasil. **Archivio di Oceanografia e Limnologia**, v. 13, p. 299–302, 1964.

CLOSS, D.; MADEIRA, M. L. Foraminíferos aglutinantes da Lagoa de Tramandaí, Rio Grande do Sul. **Iheringia**, v. 35, p. 7-31, 1967.

CLOSS, D.; MADEIRA, M. L. Seasonal variations of brackish foraminifera in the Patos Lagoon, Southeastern Brazil. **Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS**, v. 15, p. 1-51, 1968.

COLOMBANO, D. D.; LITVIN, S. Y.; ZIEGLER, S. L.; ALFORD, S. B.; BAKER, R.; BARBEAU, M. A.; CEBRIÁN, J.; CONNOLLY, R. M.; CURRIN, C. A.; DEEGAN, L. A.; LESSER, J. S.; MARTIN, C. W.; MCDONALD, A. E.; MCLUCKIE, C.; MORRINSON, B. H.; PAHL, J. W.; RISSE, L. M.; SMITH, J. A. M.; STAYER, L. W.; TURNER, E.; WALTHAM, N. J. Climate Change Implications for Tidal Marshes and Food Web Linkages to Estuarine and Coastal Nekton. **Estuaries and Coasts**, p. 1-12, 2021.

CPTEC/INPE. Proclima: Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste – Análise Municipal das Componentes do Balanço Hídrico. Disponível

em: <http://proclima.cptec.inpe.br/balanco_hidrico/balancohidrico.shtml/> Acesso em 1 de Novembro de 2015.

DAMASIO, B. V.; TIMOSZCZUK, C. T.; KIM, B. S. M.; E SOUSA, S. H. D. M.; BÍCEGO, M. C.; SIEGLE, E.; FIGUEIRA, R. C. L. Impacts of hydrodynamics and pollutants on foraminiferal fauna distribution in the Santos Estuary (SE Brazil). **Journal of Sedimentary Environments**, v. 5, p. 61-86, 2020.

DE JESUS, M. S. D. S.; FRONTALINI, F.; BOUCHET, V. M.; YAMASHITA, C.; SARTORETTO, J. R.; FIGUEIRA, R. C.; E SOUSA, S. H. D. M. Reconstruction of the palaeo-ecological quality status in an impacted estuary using benthic foraminifera: The Santos Estuary (São Paulo state, SE Brazil). **Marine Environmental Research**, v. 162, p. 105-121, 2020.

DEBENAY, J. P.; BECK EICHLER, B.; GUILLOU, J. J.; EICHLER-COELHO, P.; COELHO, C. Comportement des peuplements de foraminifères et comparaison avec l'avifaune dans une lagune fortement stratifiée: La Lagoa da conceição (SC, Brésil). **Revue de paléobiologie**, v. 16, p. 55-75, 1997.

DEBENAY, J. P.; MILLET, B.; ANGELIDIS, M.O. Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the gulf of Kalloni, Greece. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 35, p. 327–343, 2005.

DEBENAY, J. Pierre. **A guide to 1,000 foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia**. IRD Editions, 2012.

DIAS-BRITO, D.; MOURA, J. A.; WÜRDIG, N. 1988. Relationships between ecological models based on Ostracodes and Foraminifers from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro, Brazil). In: T. Hanay; N. Ikeya & K. Ishizaki (eds.) **Evolutionary Biology of Ostracoda**, Elsevier, 1988. p. 467-484.

DIAS, B. B.; HART, M. B.; SMART, C. W.; HALL-SPENCER, J. M. Modern seawater acidification: the response of foraminifera to high-CO₂ conditions in the Mediterranean Sea. **Journal of the Geological Society**, v. 167, p. 843-846, 2010.

DIJKSTRA, N.; JUNTILA, J.; SKIRBEKK, K.; CARROLL, J.; HUSUM, K.; HALD, M. Benthic foraminifera as bio-indicators of chemical and physical stressors in Hammerfest harbor (Northern Norway). **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, p. 384-396, 2017.

DIMIZA, M. D.; TRIANTAPHYLLOU, M. V.; KOUKOUSIOURA, O.; HALLOCK, P.; SIMBOURA, N.; KARAGEORGIS, A. P.; PAPATHANASIOU, E. The Foram Stress Index: a new tool for environmental assessment of soft-bottom environments using benthic foraminifera. A case study from the Saronikos Gulf, Greece, Eastern Mediterranean. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 611–621, 2016.

DULEBA, W.; DEBENAY, J. P.; EICHLER, B. B. Circulação Hidrodinâmica dos Estuários da Estação Ecológica Juréia-Itatins, Inferida a Partir das Associações de Foraminíferos e Tecamebas. **Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, Porto Seguro. 3pp, 1999.

EDWARDS, P. G. Ecology and distribution of selected foraminiferal species in the North Minch Channel, northwestern Scotland. In: **Aspects of micropalaeontology**. Springer, Dordrecht, 1982. p. 111-141.

EICHLER, B. B.; DEBENAY, J. P.; BONETTI, C.; DULEBA, W. Répartition des foraminifères benthiques dans la zone sud-ouest du système laguno-estuarien d'Iguape-Cananéia (Brésil). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 43, p. 1-17, 1995.

EICHLER, P. P. B. **Estudo das Associações de Foraminíferos e Tecamebas da Região Estuarina-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP), e sua Aplicação na Determinação do Impacto Ecológico do Valo Grande**. 1996. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo, 1996.

EICHLER, P. P. B.; EICHLER, B. B.; MIRANDA, L. B.; RODRIGUES, A. R. Modern foraminiferal facies in a subtropical estuarine channel, Bertioga, São Paulo, Brazil. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 37, p. 234-247, 2007.

EICHLER, P. P. B.; GRIMALDI, G. G.; PEREIRA, E. R. M.; BARKER, C. P.; VITAL, H. Use of Foraminifera in the Environmental Characterization of Two Coastal Regions of Brazil: Guanabara Bay and Baixada Santista. **Journal of Engineering and Applied Sciences Technology. SRC/JEAST-117**, p. 3, 2020.

EICHLER, P. P.; BARKER, C. P.; DE MIRANDA, L. B. Benthic foraminifera as indicators of water renewal in Bertioga estuarine channel (SP, Brazil). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, p. 1-23, 2021.

ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Marine pollution bulletin**, v. 54, p. 640-645, 2007.

FABRIZIO, F.; RODOLFO, C. The response of benthic foraminiferal assemblages to copper exposure: a pilot mesocosm investigation. **Journal of Environmental Protection**, v. 3, p. 342, 2012.

FARIAS, C. L.C.; BECK EICHLER, P. P.; VITAL, H.; PRAXEDES GOMES, M. Influência de Variações Ambientais e da Dinâmica Sedimentar na Distribuição de Foraminíferos no Estuário do Rio Potengi (RN, Brasil). **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 42, p. 112-128, 2019.

FLEMER, D. A.; CHAMP, M. A. What is the future fate of estuaries given nutrient over-enrichment, freshwater diversion and low flows? **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, p. 247-258, 2006.

FONTANIER, C.; JORISSEN, F. J.; CHAILLOU, G.; DAVID, C.; ANSCHUTZ, P.; LAFON, V. Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550 m depth in the Bay of Biscay. **Deep-Sea Research, Part I**, v. 50, p. 457-494, 2003.

FRANCESCANGELI, F.; MILKER, Y.; BUNZEL, D.; THOMAS, H.; NORBISRATH, M.; SCHÖNFELD, J.; SCHMIEDL, G. Recent benthic foraminiferal distribution in the

Elbe Estuary (North Sea, Germany): A response to environmental stressors. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 251, p. 107198, 2021.

FRENCH, P. W. **Coastal and estuarine management**. Routledge environmental management series, London and New York: Routledge, 1997. pp. 251.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: a case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, p. 404–417, 2008.

FRONTALINI, F.; SEMPRUCCI, F.; DU CHÂTELET, E. A.; FRANCESCANGELI, F.; MARGARITELLI, G.; RETTORI, R.; SPAGNOLI, F.; BALSAMO, M.; COCCIONI, R. Biodiversity trends of the meiofaunal and foraminiferal assemblages of Lake Varano (southern Italy). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 127, p. 7-22, 2014.

GEHRELS, W. R.; NEWMAN, S. W. G. Salt-marsh foraminifera in Ho Bugt, western Denmark, and their use as sea-level indicators. **Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography**, v. 104, p. 97–106, 2004.

GÓMEZ-LEÓN, A.; RODRÍGUEZ-FIGUEIROA, G. M.; SHUMILIN, E.; CARREÑO, A. L.; SÁNCHEZ, A. Abundance and distribution of benthic foraminifera as indicators of the quality of the sedimentary environment in a subtropical lagoon, Gulf of California. **Marine Pollution Bulletin**, v. 130, p. 31–39, 2018.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, p. 156-164, 2003.

GUERRA, L.; VEIGA-PIRES, C.; GONZÁLEZ-REGALADO, M. L.; ABAD, M.; TOSCANO, A.; MUÑOZ, J. M.; RUIZ, F.; VIDAL, J. R.; CÁCERES, L. M.; IZQUIERDO, T.; CARRETERO, M. I.; POZO, M.; MONGE, G.; TOSQUELLA, J.; PRUDENCIO, M. I.; DIAS, M. I.; MARQUES, R.; GÓMEZ, P.; ROMERO, V. Relationship between substrate, physico-chemical parameters and foraminiferal tests in the Doñana National Park, a Biosphere Reserve in SW Spain. **Journal of Iberian Geology**, v. 46, p. 21-38, 2020.

HALLER, C.; SMITH, C. G.; HALLOCK, P.; HINE, A. C.; OSTERMAN, L. E.; MCCLOSKEY, T. Distribution of modern salt-marsh foraminifera from the eastern Mississippi Sound, USA. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 49, p. 29-47, 2019.

HALLOCK, P.; LIDZ, B. H.; COCKEY-BURKHARD, E. M.; DONNELLY, K. B. Foraminifera as bioindicators in coral reef assessment and monitoring: the FORAM index. **Environmental monitoring and assessment**, v. 81, p. 221-238, 2003.

HAYWARD, B. W.; GRENFELL, H. R.; SABAA, A. T.; MORLEY, M.S.; HORROCKS, M. Effect and timing of increased freshwater runoff into sheltered harbor environments around Auckland City, New Zealand. **Estuaries and Coasts**, v. 29, p. 165-182, 2006.

HAYWARD, B. W.; CEDHAGEN, T.; KAMINSKI, M.; GROSS, O. **World foraminifera database**. 2018. <http://www.marinespecies.org/foraminifera>.

HESS, S., ALVE, E.; ANDERSEN, T. J.; JORANGER, T. Defining ecological reference conditions in naturally stressed environments—How difficult is it?. **Marine environmental research**, v. 156, p. 104885, 2020.

HESS, S.; JORISSEN, F. J. Distribution patterns of living benthic foraminifera from Cap Breton Canyon, Bay of Biscay: faunal response to sediment instability. **Deep-Sea Research, Part I**, v. 56, p. 1555–1578, 2009.

HORTON, B. P.; MURRAY, J. W. The roles of elevation and salinity as primary controls on living foraminiferal distributions: Cowpen Marsh, Tees estuary, UK. **Marine Micropaleontology**, v. 63, p. 169–186, 2007.

IBAMA. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral do Brasil – Projeto ESTATPESCA. **Brasília: SEAP/IBAMA/PROZEE**, 2005. 328 p.

JONES, R. W. **Foraminifera and their Applications**. Cambridge University Press, 2014.

JORDAN, S. J. **Estuaries: Classification, Ecology, and Human Impacts**. Nova Science Publishers, 2012.

JORDAN, S. J.; PETERSON, M. S. Contributions of estuarine habitats to major fisheries. **Estuaries: classification, ecology, and human impacts**, p. 75-92, 2012.

JORISSEN, F. J.; DE STIGTER, H. C.; WIDMARK, J. G. V. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. **Marine Micropaleontology**, v. 26, p. 3-15, 1995.

LAL, K. K.; BONETTI, C.; WOODROFFE, C. D.; ROGERS, K. Contemporary distribution of benthic foraminiferal assemblages in coastal wetlands of south-eastern Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 245, p. 106949, 2020.

LAUHLAN, S. S.; NAGELKERKEN, I. Species range shifts along multistressor mosaics in estuarine environments under future climate. **Fish and Fisheries**, v. 21, p. 32–46, 2020.

LAUT L. L. M. **Foraminíferos e Tecamebas como indicadores ambientais em estuários tropicais – Brasil**. 2007 Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, 2007.

LAUT, L. L. M.; DE ALMEIDA CABRAL, I.; DA CONCEIÇÃO RODRIGUES, M. A.; SILVA, F. S.; MARTINS, M. V. A.; BOSKI, T.; GOMES, A.; DIAS, J. M. A.; FONTANA, L. F.; LAUT, V. M.; DE MENDONÇA-FILHO, J. G. Compartimentos ambientais do Estuário do Rio Arade, Sul de Portugal, com base na distribuição e ecologia de foraminíferos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, p. 60-74, 2014.

LAUT, L. L. M.; CLEMENTE, I. M. M. M.; BELART, P.; MARTINS, M. V. A.; FRONTALINI, F.; LAUT, V. M.; GOMES, A.; BOSKI, T.; LORINI, M. L.; FORTES, R. R.; DA CONCEIÇÃO RODRIGUES, M. A. Multiproxies (benthic foraminifera, ostracods and biopolymers) approach applied to identify the environmental partitioning of the Guadiana River Estuary (Iberian Peninsula). **Journal of Sedimentary Environments**, v. 1, p. 178-195, 2016a.

LAUT, L. L.; MARTINS, V.; DA SILVA, F. S.; CRAPEZ, M. A.; FONTANA, L. F.; CARVALHAL-GOMES, S. B.; SOUZA, R. C. Foraminifera, thecamoebians, and bacterial activity in polluted intertropical and subtropical Brazilian estuarine systems. **Journal of Coastal Research**, v. 32, p. 56-69, 2016b.

LAUT, L.; CLEMENTE, I.; MARTINS, M. V. A.; FRONTALINI, F.; RAPOSO, D.; BELART, P.; HABIB, R.; FORTES, R.; LORINI, M. L. Benthic Foraminifera and Thecamoebians of Godineau River Estuary, Gulf of Paria, Trinidad Island. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 40, p. 118-143, 2017.

LAUT, L.; DA MATTA, G.; CAMARA, G.; BELART, P.; CLEMENTE, I.; BALLALAI, J.; VOLINO, E.; COUTO, E. D. C. G. Living and dead foraminifera assemblages as environmental indicators in the Almada River Estuary, Ilheus, northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 105, p. 102883, 2021.

LEI, Y.; LI, T. Order Miliolida Delage et Hérouard, 1896. In: **Atlas of Benthic Foraminifera from China Seas**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016. pp. 89-134.

MACHADO, A. J.; ARAÚJO, H. A. B. Characterization of the Caravelas River Estuary (Bahia) from a Temporal Distributional Analysis of the Foraminifera Microfauna. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, p. 23-38, 2014.

MARCELINO, R. L.; SASSI, R.; CORDEIRO, T. A.; COSTA, C. F. Uma abordagem sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores artesanais e outros usuários ribeirinhos do Estuário do Rio Paraíba do Norte, estado da Paraíba. **Tropical Oceanography**, v. 33, p. 183-197, 2005.

MARTÍNEZ-COLÓN, M.; HALLOCK, P.; GREEN-RUÍZ, C. R.; SMOAK, J. M. Benthic foraminifera as bioindicators of potentially toxic element (PTE) pollution: Torrecillas lagoon (San Juan Bay Estuary), Puerto Rico. **Ecological Indicators**, v. 89, p. 516-527, 2018.

MARTINS, V. A.; FRONTALINI, F.; TRAMONTE, K. M.; FIGUEIRA, R. C.; MIRANDA, P.; SEQUEIRA, C.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, S.; DIAS, J. A.; YAMASHITA, C.; LAUT, L. L. M.; SOBRINHO, F.; RODRIGUES, M. A.; BERNARDES, C.; NAGAI, R.; SOUSA, S.S.M.; MAHIQUES, M.; RUBIO, B.; BERNABEU, A.; REY, D.; ROCHA, F. Assessment of the health quality of Ria de Aveiro (Portugal): heavy metals and benthic foraminifera. **Marine pollution bulletin**, v. 70, p. 18-33, 2013.

MARTINS, M. V. A.; SILVA, F.; LAUT, L. L. M.; FRONTALINI, F.; CLEMENTE, I. M. M. M.; MIRANDA, P.; FIGUEIRA, R.; SOUSA, S. H. M.; DIAS, J. M. A. Response of benthic Foraminifera to organic matter quantity and quality and bioavailable

concentrations of metals in Aveiro Lagoon (Portugal). **PLoS ONE**, v. 10, p. e0118077, 2015.

MILKER, Y.; HORTON, B. P.; NELSON, A. R.; ENGELHART, S. E.; WITTER, R. C. Variability of intertidal foraminiferal assemblages in a salt marsh, Oregon, USA. **Marine Micropaleontology**, v. 118, p. 1-16, 2015.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MURRAY, J. W. **Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera**. Logman Scientific & Technical, London, 1991.

MURRAY, J. W. **Ecology and applications of benthic foraminifera**. Cambridge university press, 2006.

NAGENDRA, R.; SATHIYAMOORTHY, P.; REDDY, A. N.; RAMACHANDRAN, A. Spatial distribution of benthic foraminifera in the Palar estuary, Tamil Nadu. **Journal of the Geological Society of India**, v. 86, p. 305-316, 2015.

NAGENDRA, R.; REDDY, A. N. Benthic foraminifera response to ecosystem pollution in the Uppanar Estuary, Tamil Nadu Coast, India. **Journal of the Geological Society of India**, v. 93, p. 555-566, 2019.

NAVARRO-BARRANCO, C.; ROS, M.; DE FIGUEROA, J. M. T.; GUERRA-GARCÍA, J. M. (2020). Marine crustaceans as bioindicators: Amphipods as case study. **Fisheries and Aquaculture**, v. 9, p. 435, 2020.

NISHIDA, A. K.; NORDI, N.; DA NÓBREGA ALVES, R. R. Abordagem Etnoecológica Da Coleta De Moluscos No Litoral Paraibano. **Tropical Oceanography**, v.32, p. 53-68, 2004.

NIXON, S. W. **The ecology of New England high salt marshes: a community profile**. Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, 1982.

NORDBERG, K.; ASTEMAN, I. P.; GALLAGHER, T. M.; ROBIJN, A. Recent oxygen depletion and benthic faunal change in shallow areas of Sannäs Fjord, Swedish west coast. **Journal of sea research**, v. 127, p. 46-62, 2017.

OLIVEIRA, I. S. **Uso do conhecimento tradicional dos catadores de caranguejo-uçá *Ucides cordatus*, (LINNAEUS, 1763) para a identificação dos principais locais de catação, no Estuário do Rio Mamanguape-PB**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Prodepa, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

ORABI, O. H.; EL-BADRY, A. A.; BADR-ELDIN, A. M. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: A case study from Burullus Lagoon of Egypt. **Marine pollution bulletin**, v. 121, p. 411-417, 2017.

PEREIRA, E. D. A. A.; DE PAIVA, W.; MOLOZZI, J.; LOPES, W. S. Sediment and tissue analysis for metals in a tropical estuary. **Regional Studies in Marine Science**, v. 38, p. 101358, 2020.

PERILLO, GME. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. In: **Developments in sedimentology**. Elsevier Science, New York, 1995. p. 17–47.

PRAZERES, M.; MARTÍNEZ-COLÓN, M.; HALLOCK, P. Foraminifera as bioindicators of water quality: The FoRAM Index revisited. **Environmental Pollution**, v. 257, p. 113612, 2020.

PREGNOLATO, L. A.; DE ALMEIDA VIANA, R.; PASSOS, C. C.; MISAILIDIS, M. L.; DULEBA, W. Ammonia-Elphidium index as a proxy for marine pollution assessment, Northeast Brazil. **Journal of Sedimentary Environments**, v. 3, p. 176-186, 2018.

PRIMAVERA, J. H. Intensive prawn farming in the Philippines: ecological, social and economic implications. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 20, p. 28-33, 1993.

PUSCEDDU, A.; DELL'ANNO, A.; DANOVARO, R.; MANINI, E.; SARA, G.; FABIANO, M. Enzymatically hydrolyzable protein and carbohydrate sedimentary pools as indicators of the trophic state of detritus sink systems: a case study in a Mediterranean coastal lagoon. **Estuaries**, v. 26, p. 641-650, 2003.

RAPOSO, D.; LAUT, V.; CLEMENTE, I.; MARTINS, V.; FRONTALINI, F.; SILVA, F.; LORINI, M. L.; FORTES, R.; LAUT, L. Recent benthic Foraminifera from the Itaipu Lagoon, Rio de Janeiro (southeastern Brazil). **Check List**, v. 12, p. 1959, 2016.

ROCHA, M. S. P.; MOURÃO, J. S.; SOUTO, W. M. S.; BARBOZA, R. R. D.; ALVES, R. R. N. Use of fishing resources in the Mamanguape river estuary, Paraíba state, Brazil. **Interciencia**, v.33, p. 903-909, 2008.

RODRIGUES, A.R.; EICHLER, P.B.; EICHLER, B.B. Utilização de foraminíferos no monitoramento do Canal de Bertiooga (SP, BRASIL). **Revista Atlântica**, v. 25, p. 35-51, 2003.

ROSENBERG, R.; BLOMQVIST, M.; NILSSON, H. C.; CEDERWALL, H.; DIMMING, A. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. **Marine pollution bulletin**, v. 49, p. 728-739, 2004.

RUIZ, F.; GONZÁLEZ-REGALADO, M. L.; PENDÓN, J. G.; ABAD, M.; OLÍAS, M.; MUÑOZ, J. M. Correlation between foraminifera and sedimentary environments in recent estuaries of southwestern Spain: applications to Holocene reconstructions. **Quaternary International**, v. 140, p. 21-36, 2005.

SAALIM, S. M.; SARASWAT, R.; SUOKHRIE, T.; BHADRA, S. R.; KURTARKAR, S. R.; NIGAM, R. Benthic foraminiferal response to changes in mining pattern: a case study from the Zuari estuary, Goa, India. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, p. 1-10, 2017.

SAMIR, A. M. The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 30, p. 83–98, 2000.

SARASWATI, P. K.; SRINIVASAN, M. S. Calcareous-Walled Microfossils. In: **Micropaleontology**. Springer, Cham, 2016. p. 81-119.

SARIASLAN, N.; LANGER, M. R. Atypical, high-diversity assemblages of foraminifera in a mangrove estuary from Northern Brazil. **Biogeosciences Discussions**, p. 1-29, 2021.

SASSI, R.; WATANABE, T. Estudos ecológicos básicos no estuário do Rio Paraíba do Norte, Paraíba, Brasil. Fitoplâncton e fatores hidrológicos. **Simpósio Nacional de Ecologia**, v. 2, p. 305-313, 1980.

SCHMIEDL, G.; MACKENSEN, A.; MÜLLER, P. J. Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: dependence on food supply and water masses. **Marine Micropaleontology**, v. 32, p. 249–287, 1997.

SCHOELHAMER, D. H. Variability of Suspended Sediment Concentration at Tidal to Annual Time Scales in San Francisco Bay, USA. **Continental Shelf Research**, v. 22, p. 1857-1866, 2002.

SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S.; SCHAFER, C.T. **Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators**. Cambridge University Press, 2002.

SEIGLIE, G. A. Foraminifers of Guayanilla Bay and their use as environmental indicators. **Revista Espanola de Micropaleontologia**, v. 7, p. 453–487, 1975.

SEMENSATTO-JR, D. L.; DIAS-BRITO, D. I. M. A. S. Análise ambiental de uma área parálica no delta do rio São Francisco, Sergipe-Brasil, com base na sinecologia de foraminíferos e tecamebas (Protista). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 7, p. 53-66, 2004.

SEMPRUCCI, F.; BALSAMO, M.; SANDULLI, R. Assessment of the ecological quality (EcoQ) of the Venice lagoon using the structure and biodiversity of the meiofaunal assemblages. **Ecological Indicators**, v. 67, p. 451-457, 2016.

STREHSE, J. S.; MASER, E. Marine bivalves as bioindicators for environmental pollutants with focus on dumped munitions in the sea: A review. **Marine environmental research**, v. 158, p. 105006, 2020.

SILVA, S. T. Â. D. **Diversidade e estrutura da nematofauna em regiões estuarinas tropicais (~ 7° S)**. 2017. Dissertação (Mestrado) – PPGCB, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, 2017.

SOUZA, V. M.; LAUT, L. M.; DA SILVA, F. S.; DE FIGUEIREDO JR, A. G.; VITAL, H.; FRAZÃO, E. Benthic foraminifera and bacterial activity as a proxy for environmental

characterization in Potengi Estuary, Rio Grande do Norte, Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 33, p. 20-34, 2010.

SPALDING, M. D.; FOX, H. E.; ALLEN, G. R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z. A.; FINLAYSON, M.; HALPERN, B. S.; JORGE, M. A.; LOMBANA, A.; LOURIE, S. A.; MARTIN, K. D.; MCMANUS, E.; MOLNAR, J.; RECCHIA, C. A.; ROBERTSON, J. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. **BioScience**, v. 57, p. 573-583, 2007.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Edgard Bliicher, São Paulo, 1973.

SUGUIO, K.; VIEIRA, E. M.; BARCELOS, J. H.; SILVA, M. S. Interpretação ecológica dos foraminíferos de sedimentos modernos da baía de Sepetiba e adjacências, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 9, p. 233-247, 1979.

SUMICH, J. L.; MORRISSEY, J. F. **Introduction to the Biology of Marine Life**. Jones & Bartlett Jones & Bartlett, 2004.

SYMPHONIA, T. K.; SENTHIL, N. D. Taxonomic notes on Recent Foraminifera from the Continental Shelf-Slope Region of Southwestern Bay of Bengal, East Coast of India. **Palaeontologia Electronica**, v. 22, 2019.

TINOCO, I. M. **Contribuição à sedimentologia e microfauna da Baía de Sepetiba Estado do Rio de Janeiro**. 1965. Instituto Oceanográfico, Universidade Federal de Pernambuco, 1965.

UNCLES R. J.; BURTON M. L.; STEPHENS J. A. Seasonal Variability of Fine-sediment Concentration in the Turbidity Maximum Region of the Tamar. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 38, p. 19-39, 1994.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L. Nitrogen sources to watersheds and estuaries: role of land cover mosaics and losses within watersheds. **Environmental Pollution**, v. 118, p. 239-248, 2002.

VILELA, C. G.; SANJINÉS, A. E. S.; GHISELLI, R. O. JR.; MENDONÇA-FILHO, J. G.; BAPTISTA-NETO, J. A.; BARBOSA, C. F. Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integrations of ecologic patterns. **Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ**, v. 26, p. 25-35, 2003.

VILELA, C. G.; BATISTA, D. S.; BAPTISTA-NETO, J. A.; CRAPEZ, M.; MCALISTER, J. J. Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbour (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, p. 161-171, 2004.

VERONEZ JÚNIOR, P.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. D. S. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 609-624, 2009.

WHITFIELD, A.; ELLIOTT, M. Ecosystem and biotic classifications of estuaries and coasts. In WOLANSKI, E.; MCLUSKY, D. S. (Eds). **Treatise on Estuarine and Coastal Science**. Waltham, MA: Academic Press, 2011. p. 99–124.

WILLIAMS, H. F. L. Foraminiferal record of recent environmental change, Mad Island lake, Texas. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 25, p. 167-179, 1995.

WOODWELL, G. M.; WURSTER, C. F.; ISAACSON, P. A. DDT residues in an east coast estuary: a case of biological concentration of a persistent pesticide. **Science**, v. 156, p. 156-821, 1967.

ZUCON, M. H.; LOYOLA E SILVA, J. Distribuição de foraminíferos e tectamebas do estuário do Rio Piauí-Sergipe. **Nerítica**, v. 7, p. 57-69, 1992.

Apêndice A

Tabela S1: Abundância relativa (%) das espécies do estuário do rio Mamanguape, e as espécies presentes nas duas peneiras. Onde (A) são foraminíferos aglutinantes, (C) são foraminíferos calcários e (P) são foraminíferos porcelanáceos.

Espécies	Setor Interno				Setor Intermediário		Setor Externo	
	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4	
	63 µm	125 µm	63 µm	125 µm	63 µm	125 µm	63 µm	125 µm
Filo Foraminifera								
Classe Globobulimina								
Ordem Lituolida								
Família Lituolidae								
<i>Ammonium morenoi</i> (Acosta, 1940) (A)	0	0	0	0	0	0,6	0	0,2
Família Trochamminidae								
<i>Arenoparrella mexicana</i> (Kornfeld, 1931) (A)	0	0	0	0,4	0	0,6	0	0
Ordem Rotaliida								
Família Ammonitidae								
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926) (C)	1	0	0,6	0,2	25,6	17,1	8,6	21,6
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	87	95,9	50,3	94,9	6,7	28,1	1,9	9,8
Família Amphisteginidae								
<i>Amphistegina gibbosa</i> d'Orbigny, 1839 (C)	0	0	0	0	0	2,7	0	11,6

Família Elphidiidae

<i>Cribroelphidium excavatum</i>	0,8	1,4	29,2	1,2	16,5	8,2	38	20,9
(Terquem, 1875) (C)								

<i>Cribroelphidium gunteri</i> (Cole, 1931) (C)	0	0	0	0	0,2	1	0,7	1,1
---	---	---	---	---	-----	---	-----	-----

<i>Elphidium discoidale</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0	0	0	0	0	6,3	0	0
---	---	---	---	---	---	-----	---	---

<i>Elphidium galvestonense</i> Kornfeld, 1931 (C)	0,2	0	0	0	0	2,7	0	0,4
---	-----	---	---	---	---	-----	---	-----

<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll, 1798) (C)	0	0	0	0	0	1,4	0	4,9
--	---	---	---	---	---	-----	---	-----

Família Eponididae

<i>Eponides repandus</i> (Fichtel & Moll, 1798) (C)	0	0	0	0	0	3,3	0	2,9
---	---	---	---	---	---	-----	---	-----

Família Discorbidae

<i>Discorbis peruvianus</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0	0	0	0	0	0,6	0	0
---	---	---	---	---	---	-----	---	---

Família Haynesinidae

<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840) (C)	0,2	2,1	0	00,2	1,9	13,5	20,8	5,1
--	-----	-----	---	------	-----	------	------	-----

Família Nonionidae

<i>Nonionella auris</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0,4	0,2	2,1	0	1,9	0,4	0	0
---	-----	-----	-----	---	-----	-----	---	---

<i>Pseudononion japonicum</i> Asano, 1936 (C)	0,4	0	1,4	0,4	0,4	0,4	0	0
---	-----	---	-----	-----	-----	-----	---	---

Família Planorbulinidae

<i>Planorbulina mediterraneensis</i> d'Orbigny, 1826 (C)	0	0	0	0	0	0	0	0,2
--	---	---	---	---	---	---	---	-----

Família Rosalinidae

<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny, 1826 (C)	0	0	0	0	1	0	0,7	0,6
--	---	---	---	---	---	---	-----	-----

<i>Rosalina williamsoni</i> (Chapman & Parr, 1932) (C)	0	0	0	0	0,2	0,6	0	0
--	---	---	---	---	-----	-----	---	---

<i>Tretomphaloides concinnus</i> (Brady, 1884) (C)	0	0	0	0	0,4	0	0,1	0,6
--	---	---	---	---	-----	---	-----	-----

Família Siphoninidae

<i>Siphonina reticulata</i> (Czjžek, 1848) (C)	0	0	0	0	0	0,6	0	3,5
--	---	---	---	---	---	-----	---	-----

Família Stainforthiidae

<i>Hopkinsina pacifica</i> Cushman, 1933 (C)	0	0	0	0	0,2	0	0	0,2
--	---	---	---	---	-----	---	---	-----

Ordem Textulariida

Família Textulariidae

<i>Textularia earlandi</i> Parker, 1952 (A)	0,4	0	0,2	0	0,2	0	0	0
---	-----	---	-----	---	-----	---	---	---

<i>Textularia gramen</i> d'Orbigny, 1846 (A)	0	0	0	0	0	0,2	0	0
--	---	---	---	---	---	-----	---	---

Classe Nodosariata

Ordem Polymorphinida

Família Ellipsolagenidae

<i>Fissurina laevigata</i> Reuss, 1850 (C)	0	0	0	0	0	0	0,1	0
--	---	---	---	---	---	---	-----	---

Classe Tubothalamea

Ordem Miliolida

Espécies

Espécies	Setor Interno		Setor Intermediário		Setor Externo			
	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4	
	63 µm	125 µm	63 µm	125 µm	63 µm	125 µm	63 µm	125 µm

Família Ammoniidae

<i>Evolvocassidulina tenuis</i> (Phleger & Parker, 1951) (C)	0	0	0	0	0	0	0,2	0,6
Família Cibicididae								
<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny, 1846) (C)	0	0	0	0	0,4	0,2	0,2	0,8
<i>Cibicides pseudolobatus</i> Perelis & Reiss, 1975) (C)	0	0	0	0	0	0	0	0,2
<i>Cibicoides subhaidingerii</i> (Parr, 1950) (C)	0	0	0	0	6,9	0,4	5,2	3,3
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker & Jacob, 1798) (C)	0	0	0	0	0	1	0,6	0,8
Família Elphidiidae								
<i>Criboelphidium excavatum</i> (Terquem, 1875) (C)	8,7	1,9	5,8	2,5	1	1	0	1,2
<i>Criboelphidium gunteri</i> (Cole, 1931) (C)	0,4	0	0	0,8	0,2	0,6	0	0,8
<i>Elphidium discoideale</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0	0	0,2	1,9	0,4	1,7	0	0,6
<i>Elphidium galvestonense</i> Kornfeld, 1931 (C)	0	0	0,4	2,3	0,4	1,5	0,2	2,9
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll, 1798) (C)	0	0,2	0	0,2	0	3,8	0	1,6
Família Eponididae								
<i>Eponides repandus</i> (Fichtel & Moll, 1798) (C)	0	0	0	0	3,2	5,3	1,8	4,3
<i>Poroeponides lateralis</i> (Terquem, 1878) (C)	0	0	0	0	0,2	0	0	0,8

Família Haynesinidae

<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840) (C)	0	1,3	0,4	3,1	0,4	4,2	0	0
--	---	-----	-----	-----	-----	-----	---	---

Família Nonionidae

<i>Nonionella auris</i> (d'Orbigny, 1839) (C)	0,4	0	0	0	0,2	0	0	0
---	-----	---	---	---	-----	---	---	---

Família Notorotaliidae

<i>Cribrorotalia meridionalis</i> (Cushman & Kellett, 1929) (C)	0	0	0	0	2,1	0	0	0
---	---	---	---	---	-----	---	---	---

Família Planorbulinidae

<i>Planorbulina mediterraneensis</i> d'Orbigny, 1826 (C)	0	0	0	0	0	0,2	0	0,4
--	---	---	---	---	---	-----	---	-----

Família Rosalinidae

<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman, 1915) (C)	0,8	0	0,6	0	1,3	0	1	0,2
--	-----	---	-----	---	-----	---	---	-----

<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny, 1826 (C)	0	0,2	0	0	0,4	0,4	0	2,2
--	---	-----	---	---	-----	-----	---	-----

<i>Rosalina williamsoni</i> (Chapman & Parr, 1932) (C)	0	0	0,2	0	0	0	0	0,2
--	---	---	-----	---	---	---	---	-----

<i>Tretomphaloides concinnus</i> (Brady, 1884) (C)	0,2	0	0,2	0,2	0,4	0,2	1	1,2
--	-----	---	-----	-----	-----	-----	---	-----

Família Siphoninidae

<i>Siphonina reticulata</i> (Cžjžek, 1848) (C)	0	0	0	0	0,4	0,6	0,4	3,3
--	---	---	---	---	-----	-----	-----	-----

Família Stainforthiidae

<i>Hopkinsina pacifica</i> Cushman, 1933 (C)	0	0	0	0	0	0	0,2	0
--	---	---	---	---	---	---	-----	---

Ordem Textulariida

Família Textulariidae

<i>Textularia earlandi</i> Parker, 1952 (A)	5,1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Textularia gramen</i> d'Orbigny, 1846 (A)	0	0	0	0	0	0	0	0,8

Classe Tubothalamea

Ordem Miliolida

Família Hauerinidae

<i>Miliolinella circularis</i> (Bornemann, 1855) (P)	1	0	0	0	1,5	0,2	0,4	0,8
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu, 1803) (P)	0	0,6	0	0,4	0	0	0	0
<i>Pseudotriloculina patagonica</i> (d'Orbigny, 1839) (P)	0,4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrgo subsphaerica</i> (d'Orbigny, 1839) (P)	0	0	0	0	0	0,4	0	1,8
<i>Quinqueloculina atlantica</i> Boltovskoy, 1957 (P)	0,6	0	0	0	0,4	0	0	0,6
<i>Quinqueloculina bosciana</i> d'Orbigny, 1839 (P)	0	0	0	0	0	0,2	0	0
<i>Quinqueloculina costata</i> d'Orbigny in Terquem, 1878 (P)	0	0,8	0,4	1,4	0	0,8	0	0,8
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny, 1839 (P)	0,2	0,2	0	0,2	1,3	7,9	0,8	3,3
<i>Quinqueloculina lata</i> Terquem, 1876 (P)	0,4	0,4	0,8	0	0,8	0,2	0,4	0,6
<i>Quinqueloculina milletti</i> (Wiesner, 1912) (P)	34,03	0	21	0	3,4	0	0	0

<i>Quinqueloculina parkeri</i> (Brady, 1881) (P)	0	0	0	0	0	0,2	0	0
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus, 1758) (P)	4,2	4,5	0,6	3,3	1,3	1	0,2	0,4
<i>Quinqueloculina stalker</i> Loeblich & Tappan, 1953 (P)	0	0	0	0	0,2	0	0	0,2
<i>Quinqueloculina sulcata</i> d'Orbigny in Fornasini, 1900 (P)	0	0	0	0	0	0,4	0	0
<i>Sigmoilina obesa</i> Heron-Allen & Earland, 1932 (P)	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu, 1803) (P)	2,5	0	0,2	0	0,8	0,4	0	0
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck, 1804) (P)	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2
Família Soritidae								
<i>Archaias angulatus</i> (Fichtel & Moll, 1798) (P)	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4
<i>Sorites marginalis</i> (Lamarck, 1816) (P)	0	0	0	0	0	0	0	1,8
Ordem Spirillinida								
Família Spirillinidae								
<i>Spirillina vivipara</i> Ehrenberg, 1843 (P)	0,6	0	0,2	0	0	0	0	0
Total	470	459	465	471	460	466	476	481