



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ASSEMBLÉIA DE DIATOMÁCEAS COMO INDICADORA
DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS SEDIMENTOS DO
MANGUEZAL DE MARAPANIM (PARÁ, BRASIL)**

Apresentada por:

NOME: Brenda Thays Barros Pinto

Orientador: Prof. Dr. José Francisco Berrêdo (MPEG)

Coorientador: Prof. Dr. Pryscilla Denise Almeida (MPEG)

BELÉM – PA

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ASSEMBLÉIA DE DIATOMÁCEAS COMO INDICADORA
DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS SEDIMENTOS DO
MANGUEZAL DE MARAPANIM (PARÁ, BRASIL)**

Apresentada por:

NOME: Brenda Thays Barros Pinto

Orientador: Prof. Dr. José Francisco Berrêdo (MPEG)

Coorientador: Prof. Dr. Pryscilla Denise Almeida (MPEG)

BELÉM – PA

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P659a Pinto, Brenda Thays Barros.

Assembléia de diatomáceas como indicadora da qualidade ambiental dos sedimentos do manguezal de Marapanim (Pará, Brasil) / Brenda Thays Barros Pinto. — 2022.
xiii, 40 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. José Francisco Berrêdo Reis
Coorientador(a): Prof. Dr. Pryscilla Denise Almeida
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2022.

1. Geoquímica. 2. Palinologia. 3. Diatomáceas. I. Título.

CDD 560.47



**Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Faculdade de Geologia**

**ASSEMBLÉIA DE DIATOMÁCEAS COMO INDICADORA
DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS SEDIMENTOS DO
MANGUEZAL DE MARAPANIM (PARÁ, BRASIL)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada por:

BRENDA THAYS BARROS PINTO

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em Geologia na
Área de Geologia ambiental e Linha de pesquisa de Paleoecologia.**

Data da Aprovação: 16/02/2022

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Francisco Berrêdo Reis
(Orientador – Museu Paraense Emílio Goeldi)

Prof. Dra. Priscilla Denise Almeida
(Coorientadora - UFOPA)

Prof. Dr. Joelson Lima Soares
(Membro Interno – UFPA)

Prof. Dra. Christiene Rafaela Lucas de Matos
(Membro Externo – Museu Paraense Emílio Goeldi)

Ao meu amado vovô, Mindoca.

AGRADECIMENTOS

Devo agradecer à Deus, por iluminar a minha mente nos momentos difíceis, dando-me força, coragem e paciência para continuar.

À minha querida e amada mamãe Leide Barros por ser meu refúgio e porto seguro, você é a razão de todas as minhas conquistas. A meus avós Luiza e Mindoca, por todo o amor e carinho em ter me criado e feito todo o possível para que eu conquistasse os meus sonhos e objetivos. À minha família, em especial a todos que acompanharam a minha trajetória de perto e sempre me apoiaram. Aos meus amores de vida, Renan Moreno, Dinalene Campelo e Jéssica Arruda por todas as palavras de apoio e vibrações positivas para que eu pudesse finalizar essa etapa.

Aos meus queridos orientadores, Pryscilla Almeida e Francisco Berrêdo pelo apoio incondicional, carinho, orientação e incentivo que me permitiram continuar no curso. Aos professores e técnicos que contribuíram para a minha formação profissional e acadêmica na Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará (IG/UFGPA). Aos professores e técnicos, Gilberto Santos, Milene Andrade, Jorge Marques e Armstrong que estiveram ao meu lado e foram fundamentais para que eu entrasse na faculdade.

À Universidade Federal do Pará (UFGPA), por proporcionar ensino de qualidade e gratuito. À equipe técnica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), por ceder o espaço para a realização das análises e pesquisa. Aos queridos, Christiene de Matos e Thiago Pereira por todo o apoio e orientação durante as etapas deste trabalho, vocês foram fundamentais.

À turma GEO2016 por todos os momentos de amizade, companheirismo e vivências, ao longo de cinco anos de curso, todas as nossas viagens e travessuras ficarão para sempre comigo. Aos meus amados amigos, Sandy, Marcelo, Carlos, Elizangela, Samu, Wivian, Sepeda, Iolanda, Isabella, Mahely, Noronha, Lorena, Ripardo, Coelho, Pedro Oliveira, e Pedro Henrique por me ouvirem e estarem comigo nos momentos mais difíceis, eu amo vocês.

Geologia se tratou de um sonho para mim, desde o começo, então muito obrigada por tomarem esse sonho para si. Apesar de todas as adversidades, aprendi com vocês que sonhos são possíveis. Obrigada!

“Os sonhos existem para tornarem-se realidade.”

(Walt Disney)

RESUMO

As diatomáceas são microalgas ornamentadas constituídas por sílica polimerizada e são excelentes indicadores de gradientes ambientais. A presença dessas frústulas silicosas são facilmente recuperadas em perfis sedimentares, e por isso são utilizadas como *proxys* para avaliar as mudanças ambientais registradas nas camadas geológicas. Sendo assim, o uso de diatomáceas como biomarcadores na interface água/sedimento em ambientes costeiros como manguezais se constitui como uma pesquisa inovadora para avaliar as mudanças ocorridas nesses ambientes. Este trabalho tem por objetivo avaliar a composição e abundância das diatomáceas em três perfis sedimentares do manguezal e sua relação com os parâmetros físico-químicos e nutrientes no sedimento. A área de estudo está situada no município de Marapanim, na costa nordeste do estado do Pará. A porção norte do estuário do rio Marapanim é caracterizada por uma estrutura lobular na qual a vegetação de manguezal se desenvolveu, e podem ser observadas três zonas de entremarés (P1, P2 e P3). A coleta de testemunhos de sedimento foi realizada inserindo um tubo de acrílico no substrato manguezal durante a maré baixa. Assim, foram obtidas 15 unidades amostrais representativas da área de estudo. A metodologia empregada consistiu de retirar toda a matéria orgânica presente e de análises microscópicas. As variáveis ambientais analisadas foram salinidade, pH e o Eh, fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT). Os resultados mostraram que os sedimentos são levemente ácidos (pH: 4,7 a 6,7), redutor (Eh: -350 a -35 mV), e com valores de salinidade abaixo dos valores registrados na água do mar (4 a 20). Os perfis P2 e P3 apresentaram valores similares para NT e PT e o ponto P1 apresentou os menores valores para esses nutrientes, o que pode ser explicado por sua posição geográfica. As razões N:P molares <16 indicam que o N é o nutriente limitante. Quanto à assembleia de diatomáceas foram encontradas 32 espécies. Os gêneros predominantes foram *Coscinodiscus* Ehrenberg (10 spp), *Thalassiosira* Cleve (4 spp) e *Triceratium* Ehrenberg (2 spp). Esses gêneros são característicos de ambientes salobro e marinho, que raramente ocorrem em água doce e associada a ambientes com alta produtividade. Não foram encontradas diferenças na composição e distribuição espacial das diatomáceas. A alta abundância de diatomáceas planctônicas indicam o transporte de valvas das águas estuarinas para dentro do manguezal. Os resultados sugerem que ocorreu um enriquecimento do manguezal nos últimos 30 anos em uma relação diretamente proporcional com as variações ocorridas nas águas do rio Marapanim.

Palavras-chave: geoquímica; palinologia; diatomáceas; micropaleontologia.

ABSTRACT

Diatoms are ornamented microalgae made up of polymerized silica and are excellent indicators of environmental gradients. The presence of these siliceous frustules are easily recovered in sedimentary profiles, and therefore are used as proxies to assess the environmental changes recorded in the geological layers. Therefore, the use of diatoms as biomarkers at the water/sediment interface in coastal environments such as mangroves constitutes an innovative research to evaluate the changes that have occurred in these environments. This work aims to evaluate the composition and abundance of diatoms in three sedimentary profiles of the mangrove and its relationship with the physical-chemical parameters and nutrients in the sediment. The study area is located in the municipality of Marapanim, on the northeast coast of the state of Pará. The northern portion of the Marapanim River estuary is characterized by a lobular structure in which mangrove vegetation developed, and three intertidal zones can be observed. (P1, P2 and P3). The collection of sediment cores was performed by inserting an acrylic tube into the mangrove substrate during low tide. The sediments were sectioned at standardized intervals to assess the temporal deposition of diatoms. Thus, 15 sample units representing the study area were obtained. The methodology used consisted of removing all the organic matter present and microscopic analysis. The environmental variables analyzed were salinity, pH and Eh, total phosphorus (PT) and total nitrogen (NT). The results showed that the sediments are slightly acidic (pH: 4.7 to 6.7), reductive (Eh: -350 to -35 mV), and with salinity values below those recorded in seawater (4 to 20). Profiles P2 and P3 showed similar values for NT and PT and point P1 showed the lowest values for these nutrients, which can be explained by its geographical position. N:P molar ratios <16 indicate that N is the limiting nutrient. As for the assemblage of diatoms, 32 species were found. The predominant genera were *Coscinodiscus* Ehrenberg (10 spp), *Thalassiosira* Cleve (4 spp) and *Triceratium* Ehrenberg (2 spp). These genera are characteristic of brackish and marine environments, which rarely occur in fresh water and are associated with environments with high productivity. No differences were found in the composition and spatial distribution of diatoms. The high abundance of planktonic diatoms indicates the transport of valves from the estuarine waters into the mangrove. The results suggest that there has been an enrichment of the mangroves in the last 30 years in a directly proportional relationship with the variations in the waters of the Marapanim River.

Keywords: geochemistry; palynology; diatoms; micropaleontology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Manguezais do Brasil e suas delimitações ao longo das setorizações costeiras, segundo A'Sáber (2001).....	3
Figura 2 - Mapa geológico da região de Marapanim (SUDAM/CPRM 1972, DNPM/CPRM 1975).....	4
Figura 3 - Estuário de Marapanim com ênfase para cidades próximas e estações de coleta. Fonte: A autora	6
Figura 4 - Valores de Eh, pH e salinidade dos perfis de sedimento do Manguezal de Marapanim.....	10
Figura 5 - Valores de COT, PT e NT dos perfis de sedimento do Manguezal de Marapanim.	11
Figura 6 - Origem da matéria orgânica (MO) sedimentar indicada por $\delta^{13}C$ contra COT/NT.	13
Figura 7 - Proporção de espécies cêntricas e penadas do manguezal de Marapanim, Pará, Brasil.....	24
Figura 8 - Distribuição geográfica das espécies com abundância maior que 3% em quatro secções dos perfis analisados. A: intervalo de 0 a 5 cm, B: intervalo de 5 a 10 cm, C: intervalo de 10 a 20 cm e D: Figura 10 - no intervalo de 20 a 30 cm	25
Figura 9 - Análise de coordenadas principais (PCoA) das espécies abundantes de diatomáceas presentes nos sedimentos superficiais das manguezal de Marapanim. Ponto preto: Perfil 1; Sinal de soma: Perfil 2 e Quadrado: Perfil 3.	26
Figura 10 - Análise de similaridade de Bray-Curtis com base em 18 espécies de diatomáceas abundantes nos sedimentos do manguezal de Marapanim	27
Figura 11 - Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), utilizando Índice de Similaridade de Bray-Curtis dos valores de abundância de 18 espécies de diatomáceas encontradas na assembleia do manguezal de Mrapanim. Ponto preto: Perfil 1; Sinal de soma: Perfil.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos amostrais e suas respectivas localizações geográficas.....	7
Tabela 2 - Distribuição das diatomáceas no sedimento do manguezal de Marapanim, com representação de ocorrência (1) e ausência (0).....	24
Tabela 3 - Síntese da PCoA realizada a partir de 18 espécies de diatomáceas.....	26

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral

SUDAM – Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPIÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 GEOLOGIA REGIONAL	3
3 OBJETIVOS	5
3.1 OBJETIVOS GERAIS	5
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
4 LOCALIZAÇÃO	6
5 MATERIAL E MÉTODOS	7
5.1 PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DOS PERFIS	7
5.2 ANÁLISES GEOQUÍMICAS	7
5.2.1 Composição elementar e isotópica da matéria orgânica (MO)	7
5.2.2 Fósforo Total (PT)	8
5.2.3 Diatomáceas	8
5.3 UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES	9
5.4 ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS	9
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
6.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	10
6.2 COMPOSIÇÃO ELEMENTAR.....	10

	xiii
6.3 FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	12
6.4 ASSEMBLEIA DE DIATOMÁCEAS.....	13
6.4.1 Enquadramento Taxonômico	14
7 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE A - Figuras: 1) <i>Actinocyclus ellipticus</i> ; 2) <i>Actinoptychus annulatus</i> ; 3) <i>Actinoptychus senarius</i> ; 4) <i>Campylosira cymbelliformis</i> ; 5) <i>Coscinodiscus denarius</i> ; 6) <i>Coscinodiscus radiatus</i> ; 7) <i>Cyclostephanos dubius</i> ; 8) <i>Cyclotella meneghiniana</i> ; 9) <i>Cyclotella stylorum</i> ; 10) <i>Cymatodiscus planetophorus</i> ; 11) <i>Cymatosira lorenziana</i> ; 12) <i>Hemialus sp.</i>	39
APÊNDICE B - Figuras: 13) <i>Paralia sucata</i> ; 14) <i>Tryblioptychus cocconeiformis</i> ; 15) <i>Delphineis surirella</i> ; 16) <i>Diploneis crabro</i> ; 17) <i>Diploneis gruendleri</i> ; 18) <i>Diploneis nitescens</i> ; 19) <i>Neodelphineis silenda</i> ; 20) <i>Petroneis monilifera</i> ; 21) <i>Pleurosigma inflatum</i> ; 22) <i>Rhaphoneis rhomboides</i> ; 23) <i>Rhopalodia gibberula</i> ; 24) <i>Thalassionema pseudonitzschioides</i> ; 25) <i>Tryblionella granulata</i>	40
APÊNDICE C - Diatomáceas de sedimento do manguezal de Marapanim, Pará.....	41

1 INTRODUÇÃO

Estuários são corpos d'água costeiros semifechados onde a água do mar é gradativamente diluída pelas águas doces vindas do continente (Cameron & Pritchard 1963), nesses ambientes são reconhecidas três zonas ambientais. Na primeira zona os gradientes ambientais estão sob influência do aporte fluvial, na segunda zona ocorre a mistura dos gradientes pela ação das marés que envolve as massas de água doce e salgada, e finalmente uma zona de turbidez, caracterizada pela entrada da pluma de sedimentos no oceano (Day *et al.* 1989). Dessa forma, estuários são ecossistemas dinâmicos influenciados pelas sazonalidades das marés e com características próprias resultante das forçantes de marés, alterações da coluna da água, variação dos níveis de salinidade e aumento concentrações de sedimentos.

Assim como estuários, os manguezais são importantes ecossistemas de transição entre os espaços marinhos e terrestres de regiões tropicais a subtropicais com influência de maré (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1995), sendo responsáveis por abrigar de populações florestais, animais e microorganismos (ICMBio 2018). Esses ambientes também desempenham um importante papel na estabilização da costa e agem como filtros de nutrientes (Burford *et al.* 2008, Estrany & Grimalt 2014). Existe sobre os manguezais uma forte exploração evidenciando que esses ambientes estão sob constante estresse ambiental seja por descargas contaminantes ou por perda de área que aumentou significativamente devido à urbanização e outras perturbações antrópicas (Nath *et al.* 2014).

A despeito da importância ecológica dos manguezais, a dinâmica desses ambientes ainda está longe de ser completamente conhecida. Assim, é pertinente a necessidade de entender a distribuição de espécies que habitam esses ecossistemas bem como as variáveis físicas, químicas e geológicas que contribuem para a estruturação das áreas de manguezais (Lacerda *et al.* 2007).

Uma das ferramentas para estimar as mudanças ambientais nesses ambientes de transição é através do estudo sedimentar que por suas acumulações temporais os tornam uma ferramenta eficaz para avaliar as condições ecológicas (Brush 2009, Nodine & Gaiser 2014, Costa-Böddeker *et al.* 2017). No contexto regional amazônico, os manguezais podem estar mais susceptíveis à alterações bruscas dos parâmetros biogeoquímicos, devido ao alto índice pluviométrico da região (Alongi *et al.* 2004, Marchand 2004, Berrêdo *et al.* 2016).

A utilização de indicadores (*proxys*) biológicos em estudos de sedimento tem recebido destaque nos últimos anos, devido à análise interpretativa das espécies atrelada aos gradientes abióticos. Desse modo, estudos com microalgas silicosas, como diatomáceas em manguezais amazônicos são bastante promissores, pois essas algas microscópicas são frequentemente bem preservadas e têm sido consideradas indicadoras de mudanças e por responderem as modificações das condições ambientais de maneira direta e sensível (Smol 2009).

A relação entre as populações de diatomáceas e fatores ambientais tem sido avaliada por diversos autores (Admiraal *et al.* 1984, Sylvestre *et al.* 2004, Rovira *et al.* 2012) e tem possibilitado estabelecer o conhecimento da distribuição moderna de diatomáceas em sedimentos superficiais e suas relações com as variáveis ambientais, além de auxiliar na calibração de proxies paleoecológicos em perfis de sedimentos não consolidados, pois estão relacionados à utilização de grupos bióticos que apresentem uma rápida resposta às variações ambientais e o alcance de diferentes amplitudes ecológicas (Bennion *et al.* 2001, Dalton *et al.* 2005, Belling *et al.* 2006, Smol 2008).

Nesse contexto, pesquisas integradas em áreas de manguezais envolvendo a comunidade de diatomáceas e nutrientes biolimitantes são extremamente necessários para o conhecimento, dada a importância desses ambientes para a biodiversidade, recursos pesqueiros e manutenção desses ecossistemas costeiros (Paiva *et al.* 2006, Ribeiro *et al.* 2008). No presente estudo, o levantamento da assembleia de diatomáceas na interface água/sedimento do manguezal de Marapanim e as variáveis ambientais são correlacionados com intuito de avaliar os mecanismos que afetam a estrutura ecológica desses ambientes.

2 GEOLOGIA REGIONAL

A zona costeira brasileira tem sua instalação ligada à fragmentação do supercontinente Gondwana, durante o Mesozóico (Dominguez 2009), que culminou com a gênese do Oceano Atlântico e de bacias sedimentares tafrogênicas. Assim, a configuração atual da costa brasileira reflete a ocorrência de eventos geológicos, climáticos, oceanográficos e geomorfológicos associados (ICMBio 2018), capazes de originar diversos subambientes coexistentes, tais como os manguezais.

As florestas de manguezais ocorrem em ambientes de encontro de água dos rios com o mar, onde se estendem por cerca de 13.400 Km² na linha de costa brasileira, abrangendo do Estado do Amapá até Santa Catarina (Dell'Orto & Silva 2010). Devido à imensidão do litoral brasileiro, foram propostas algumas setorizações territoriais (A'Sáber 2001), tais quais: Litoral Equatorial Amazônico, Litoral Setentrional do Nordeste, Litoral Oriental do Nordeste, Litoral Leste, Litoral Sudeste e Litoral Sul (Figura 1).

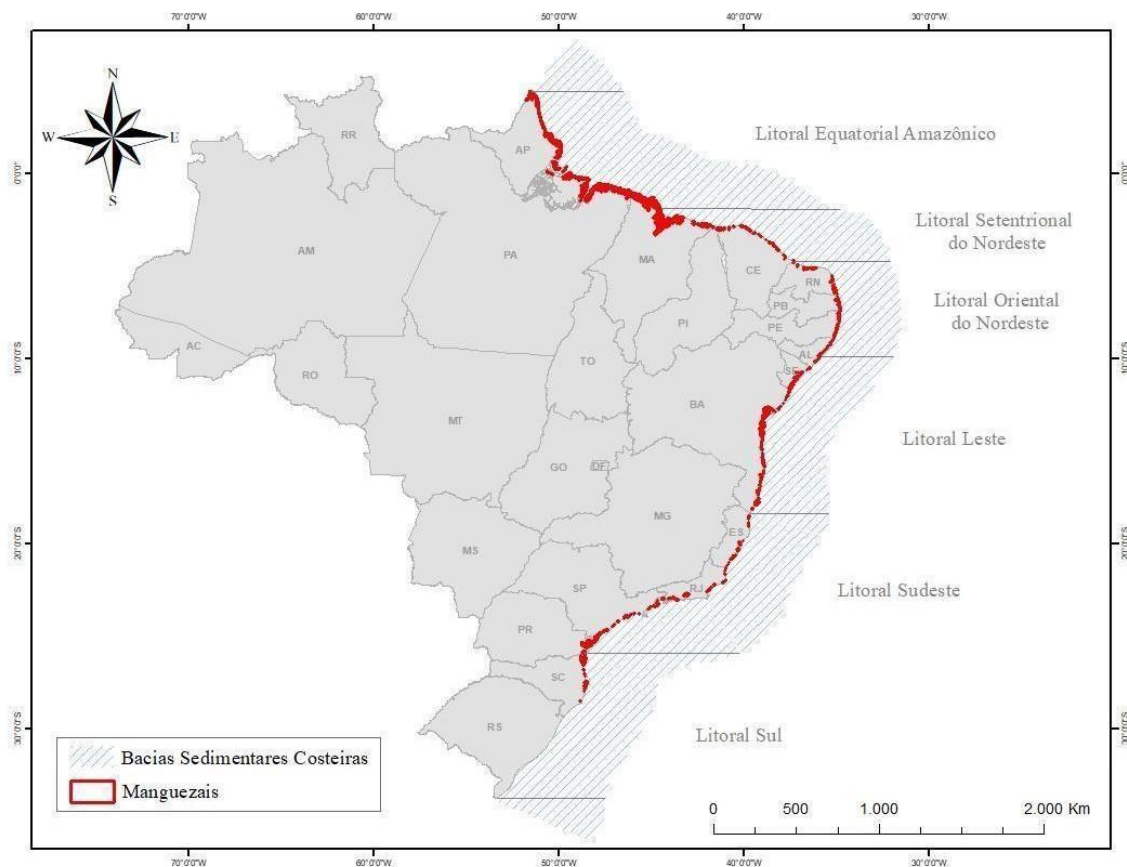


Figura 1 - Manguezais do Brasil e suas delimitações ao longo das setorizações costeiras, segundo A'Sáber (2001).

O limite Equatorial Amazônico é definido pela presença de grandes quantidades de sedimentos finos em suspensão e de água doce dos rios (A'Sáber 2001), o que reflete o padrão em mosaico dos manguezais com florestas de várzeas, de terra firme e ilhas de vegetação herbáceas associadas (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade 2018). Essas características são encontradas no manguezal de Marapanim, além de estar sujeito à altas influências sazonais do Rio Marapanim, o qual, apresenta cheias entre os meses de janeiro a junho e secas entre julho e dezembro, isto ocorre devido à atuação da Zona Intertropical de Convergência (Berrêdo 2006).

Os depósitos aluvionares e litorâneos recentes da região amazônica apresentam sedimentos mais clásticos devido o intemperismo de rochas terrígenas continentais, predominantemente (Figura 2). No caso do manguezal de Marapanim, esse aporte de sedimentos é oriundo de rochas pertencentes à Formação Barreiras, de idade miocênica a pleistocênica inferior (Arai 2016, Costa *et al.* 1993), representado por quartzo, caulinita e óxidos de ferro, majoritariamente (Nunes *et al.* 2011).

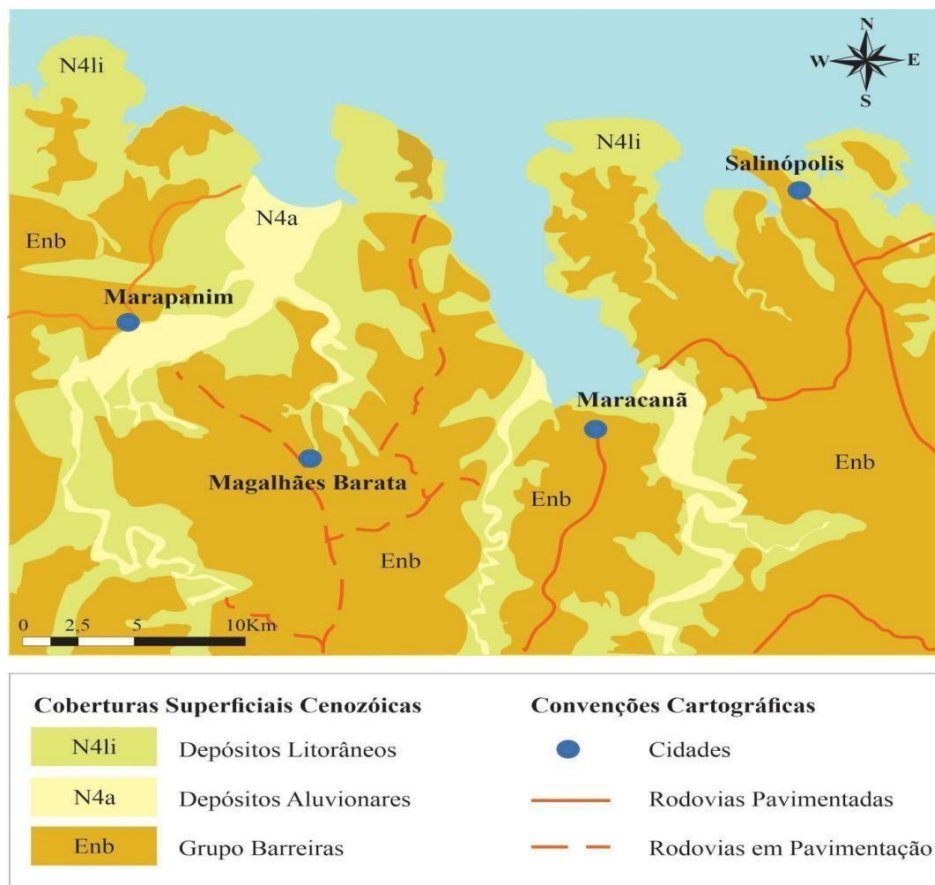


Figura 2 - Mapa geológico da região de Marapanim (SUDAM/CPRM 1972, DNPM/CPRM 1975).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a estrutura da assembléia de diatomáceas em testemunhos do manguezal de Marapanim e suas relações com as variáveis físico-químicas durante as últimas décadas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Inventariar as espécies de diatomáceas que ocorrem nos sedimentos superficiais do manguezal de Marapanim;
- Confeccionar mapas de distribuição das espécies de modo a subsidiar as zonas de transição dos ambientes;
- Colaborar com o conhecimento acerca da autoecologia de diatomáceas estuarinas e bentônicas em ambientes amazônicos;
- Subsidiar pesquisas sobre manguezais amazônicos sob uma ótica interdisciplinar e ambientes costeiros recentes.

4 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está situada no município de Marapanim, região costeira noroeste de estado do Pará, a cerca de 120 Km da capital Belém, sob coordenadas $00^{\circ}32'30''\text{S}/47^{\circ}28'45''\text{W}$ e $00^{\circ}52'30''\text{S}/47^{\circ}45'00''\text{W}$ (Figura 3). Compreende uma zona estuarina em formato de funil, à leste da desembocadura do rio Amazonas, onde suas águas são intensamente misturadas devido à atuação de macromarés semi-diurnas (com amplitudes máximas maiores que 5 metros). Além disso, a água do mar adentra cerca de 62 km até a foz do estuário durante a estação seca e 42 km durante a estação chuvosa (Vilhena *et al.*, 2010).

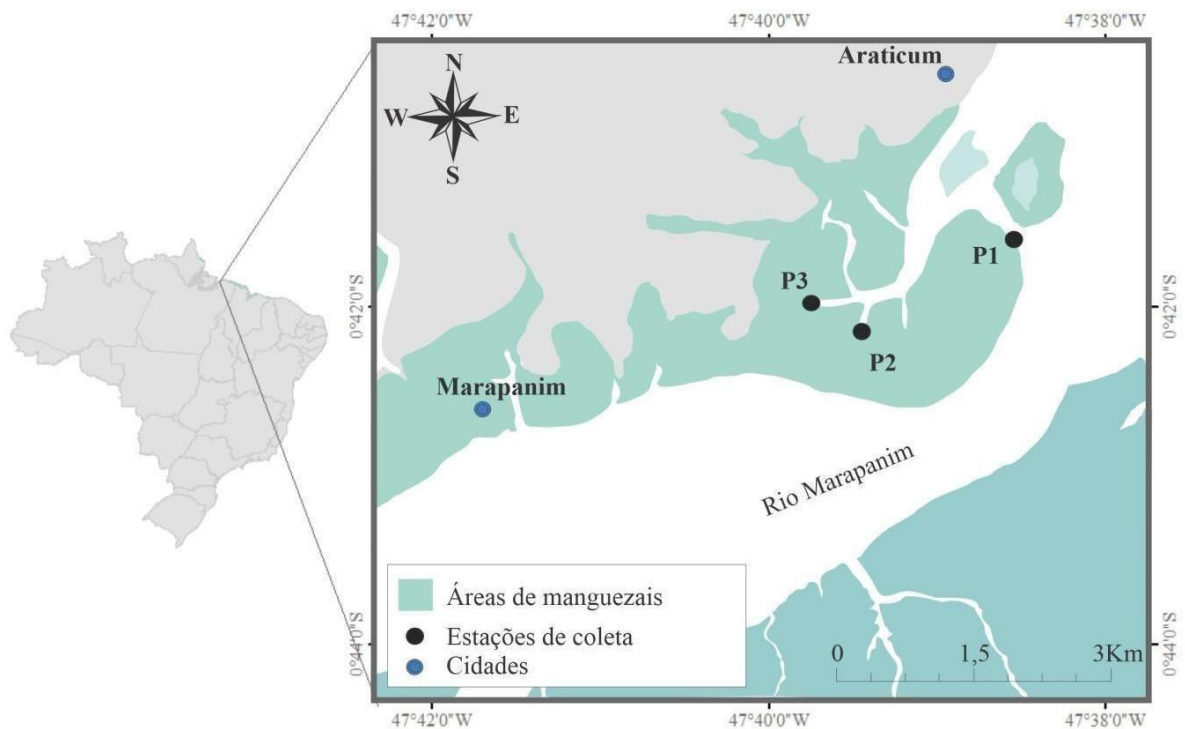


Figura 3 - Estuário de Marapanim com ênfase para cidades próximas e estações de coleta. Fonte: A autora.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DOS PERFIS

A escolha dos locais de amostragem levou em conta a estrutura e o formato do estuário do rio Marapanim, assim foram definidos três pontos (P1, P2 e P3), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Pontos amostrais e suas respectivas localizações geográficas.

PONTOS AMOSTRAIS	LATITUDE	LONGITUDE
P1	0°41'26.31"S	47°38'5.40"W
P2	0°42'11.08"S	47°39'5.87"W
P3	0°41'51.83"S	47°39'32.31"W

Os pontos amostrados foram definidos de modo a abranger diferentes porções do manguezal, onde P1 foi coletado às margens do rio Marapanim e os pontos P2 e P3 em canais de maré. Os perfis recuperados possuíam ~30 cm, após a coleta os testemunhos foram fatiados em intervalos de 5 cm até os 10 cm iniciais e após isso a cada 10 cm. As amostras de sedimentos foram analisadas *in situ* para pH, Eh, temperatura e salinidade. As amostras foram mantidas em refrigeração até processamento em laboratório, onde a fixação e preservação do material ocorreu com solução aquosa de formalina a 4% para evitar a contaminação por fungos e bactérias. Quanto às variáveis geoquímicas, foram analisados COT, NT, PT e $\delta^{13}\text{C}$.

5.2 ANÁLISES GEOQUÍMICAS

5.2.1 Composição elementar e isotópica da matéria orgânica (MO)

A composição elementar e isotópica do carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) dos sedimentos foram medidas para identificar as fontes de MO que contribuem para a caracterização da coluna sedimentar em cada ponto de amostragem. Para tal, uma subamostra de cada intervalo do testemunho foi acidificada para remover o material carbonato; em seguida, foi lavada em água deionizada, seca (60 °C) e moída em pó antes das análises de TOC e $\delta^{13}\text{C}$ (Schultz & Calder 1976). O NT foi analisado em subamostras não acidificadas. As assinaturas isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$) e os conteúdos de COT e NT foram analisados

usando um Leco Flash Elemental Analyzer acoplado a um espectrômetro de massa de razão de isótopos Thermo Fisher Delta V (Thermo Flash EA 1112). A precisão analítica foi a seguinte: COT = 0,1%, NT = 0,1% e $\delta^{13}\text{C} = 0,1$. ‰ Os padrões de trabalho foram usados (glicose, 10,7 ppt e ureia, 41,3 ppt) para calibrar para $\delta^{13}\text{C}$ (Meyers 1997, 2003). Um par de padrões foi medido a cada 20 amostras. Esses padrões foram calibrados inicialmente com os padrões absolutos internacionais LSVEC e NIST8542. Os resultados de COT e NT expressos em % neste trabalho, foram convertidos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ peso seco de sedimento para calcular as relações molares individuais COT/NT. A composição elementar e isotópica do carbono orgânico total e nitrogênio total foram realizadas no laboratório do Centro Nacional de Ciências Marinhas da *Southern Cross University*, na Austrália.

5.2.2 Fósforo Total (PT)

A análise de fósforo total (PT) foi determinada em amostra de sedimento digerido de acordo com o procedimento de digestão ácida proposta por Aspila *et al.* (1976). Uma amostra de 0,3 g de sedimento (seca e macerada) foi pesada em cadinho de porcelana, levando-o à mufla a temperatura de 550°C por 4 horas. Após a perda ao fogo, transferiram-se as amostras para tubos de centrífuga e adicionam-se 10 mL da solução de HCl 1 N, colocando-os em agitação mecânica por 16 horas. Após a agitação, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos (3000 rpm). Descartou-se o material precipitado e analisou-se o teor de P (como ortofosfato) no extrato sobrenadante. A determinação do ortofosfato foi efetuada de acordo com Gieskes *et al.* (1991). Essa análise foi realizada no Laboratório de Análises Química do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

5.2.3 Diatomáceas

Para análise de diatomáceas, foram pesadas 0.50g de sedimento úmido de cada unidade amostral, que passaram por processo de oxidação com peróxido de hidrogênio (H_2O_2 37%) e posteriormente com ácido clorídrico (HCl10%) a 90°C (ECS 2003). Após a oxidação da matéria orgânica, lâminas permanentes foram preparadas utilizando Naphrax ($IR = 1,73$) como meio de inclusão. A observação das espécies foi realizada através de microscópio binocular Zeiss®, *Axikorpus* A1 equipado com sistema de captura de imagem, no laboratório de microscopia da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (COCTE).

As amostras analisadas em Microscópio Eletrônico de Varredura Óptica (MEV) foram preparadas pela aplicação de fita de carbono – responsável pela condutividade dos elétrons – um fragmento de lamínula e, por fim, a adição do material oxidado. Posteriormente

os stubs foram metalizados com uma fina camada de ouro (Gross *et al.* 2014) e as imagens foram obtidas em 5 kV e a 10 mm de distância de trabalho.

Para identificação dos gêneros, espécies e táxons infraespecíficos foram utilizadas literatura clássica, monografias, revisões, floras e trabalhos específicos (Hustedt 1930, Krammer & Lange-Bertalot 1991, Sala *et al.* 1999, Morales & Manoylov 2006), além da consulta a sites especializados.

Para avaliar a representatividade e a distribuição dos táxons de diatomáceas, as lâminas permanentes foram quantificadas. A unidade básica de contagem a considerar foi a valva ou fragmentos que estivessem com elementos identificáveis e/ou, pelo menos, 50% da valva (Battarbee *et al.* 2001). A contagem das valvas foi feita em transeções longitudinais nas lâminas permanentes e o limite de contagem seguiu dois critérios (1) mínimo de 300 valvas no total e (2) eficiência de contagem mínima de 90% (Pappas & Stoermer 1996) a fim de garantir a padronização da quantificação das amostras. Após a finalização das contagens, os resultados foram expressos em abundância relativa (% de dada espécie em relação ao total de valvas na amostra). O estudo ecológico dos táxons (espécies e variedades) compreendeu a avaliação de seus respectivos ótimos e tolerâncias ecológicas em função de variáveis limnológicas mensuradas. Para revisão de literatura foram consultadas obras clássicas e atuais e o programa OMNIDIA, versão 7.5 (Lecointe *et al.* 1993).

5.3 UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES

Alguns softwares foram utilizados para a confecção de pranchas, gráficos estatísticos e mapas. Para ilustrar as espécies foi necessário confeccionar pranchas utilizando programas de desenho técnico, como o CorelDRAW. Os gráficos estatísticos foram criados a partir do programa *PAleontological Statistics* (PAST), para avaliar as semelhanças entre as unidades amostrais utilizando a ocorrência de espécies (Análise de Cluster). Por fim, os mapas geológico e de localização foram obtidos através das ferramentas ArcGIS Desktop 10.5 e Google Earth Pro.

5.4 ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS

A associação entre os táxons e as variáveis ambientais foi explorada a partir de gráficos de dispersão, ou seja, da curva de abundância da espécie em relação ao gradiente da variável de interesse e pelas médias ponderadas das espécies (Birks *et al.* 1990). A avaliação conjunta da distribuição dos táxons foi baseada pela análise de componentes principais (PCA), com os dados de abundância relativa log-transformados [$\log(x+1)$]. A partir dos

escores da PCA foi utilizado o método de k-médias para identificar grupos similares entre as unidades amostrais (Cattaneo *et al.* 2008). Para explorar as relações entre a matriz de espécies e a matriz de dados ambientais foi utilizada a análise de correspondência canônica (ter Braak & Looman 1986).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os dados de parâmetros físico-químicos foram previamente analisados por Matos (2020). Os testemunhos apresentaram condições de Eh anóxicas em todas as amostras e tendência de diminuir conforme a profundidade, onde P1 variou de -357 a -35; P2 de -192 a -150; P3 de -176 a -100 mV. Os valores de pH foram levemente ácidos, variando de 6,2 a 7,07; de 5,1 a 5,68 e de 4,8 a 6,0, respectivamente para P1, P2 e P3. A salinidade apresentou uma tendência de aumento conforme a profundidade para os três perfis, variando de 5 a 21 em P1, de 5 a 10 em P2 e de 4 a 14 em P3. A representação gráfica dos três parâmetros está disposta na Figura 4.

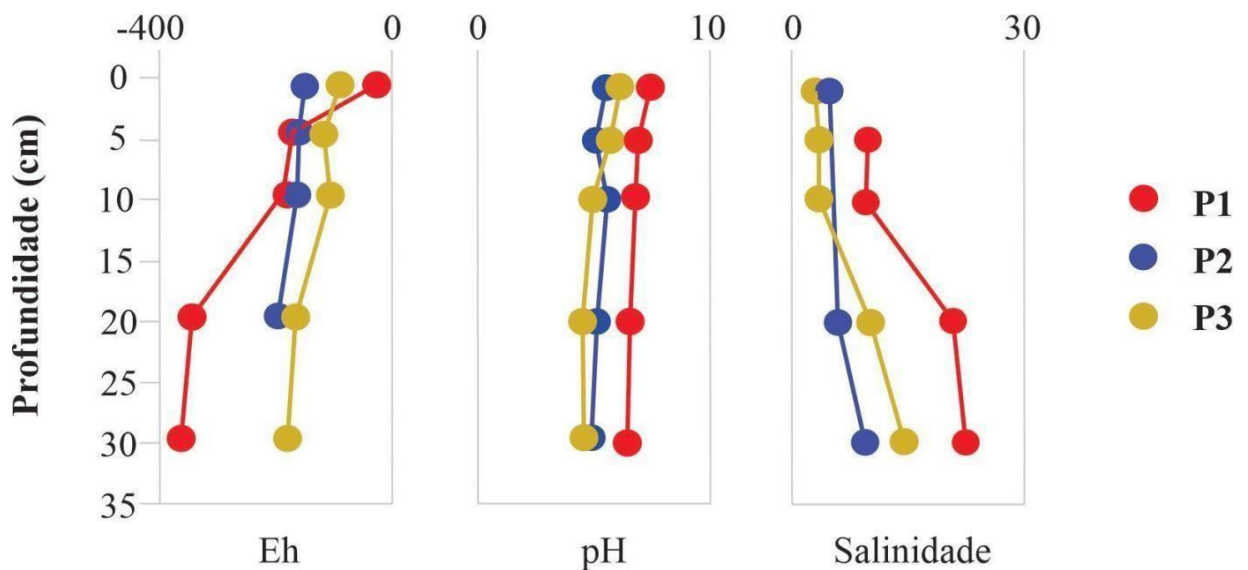


Figura 4- Valores de Eh, pH e salinidade dos perfis de sedimento do Manguezal de Marapanim.

6.2 COMPOSIÇÃO ELEMENTAR

Os valores de COT variaram de 0,53 a 1,83% em P1, de 2,85 a 3,51% em P2 e 2,47 a 2,86% em P3, onde notadamente os valores de P2 e P3 estiveram próximos e contrastantes em relação a P1. No caso do NT, este também apresentou similaridades entre os pontos P2 (0,20 a 0,26%) e P3 (0,20 a 0,23%), em comparação com P1 (0,04 a 0,15%). Além

disso, o conteúdo de PT foi maior para P2 (0,036 a 0,052%) e P3 (0,033 a 0,046%) e menor para P1 (0,009 a 0,031%).

Os valores de COT, NT e PT (Figura 5) diminuíram conforme a profundidade nos três perfis e apresentam valores mais altos em P2 e P3 quando comparados com P1.

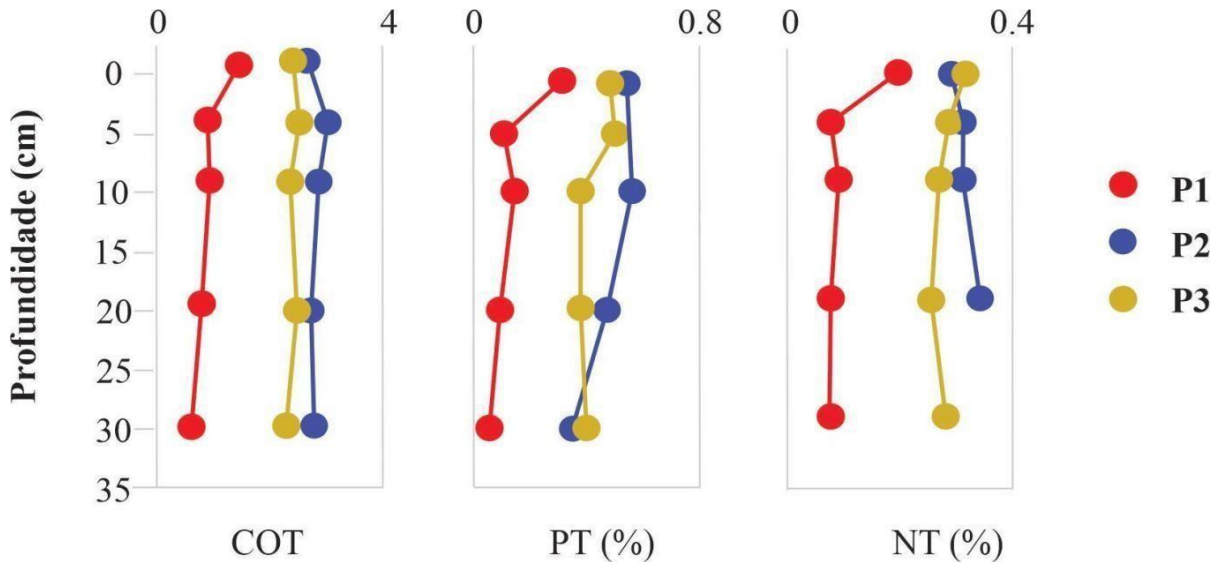


Figura 5- Valores de COT, PT e NT dos perfis de sedimento do Manguezal de Marapanim.

Segundo Matos (2020), o ambiente sedimentar das planícies lamacentas do manguezal de Marapanim é definido como de energia moderada à alta, influenciada por fluxo de maré e processos fluviais, evidenciado pelo arcabouço sedimentar composto por silte e argila. As classes granulométricas mais finas apresentam maior tendência a armazenar COT e NT do que sedimentos mais grossos (Canfeld 1994). Nos sedimentos do Manguezal de Marapanim, silte e argila obtiveram correlação positiva forte à moderada com teores de COT, NT e PT (Matos 2020). Dessa forma, as variações entre os perfis ocorrem devido ao posicionamento geográfico em que foram amostrados, onde: P2 e P3 estão localizados em canais de marés de manguezais, que apresentam baixo fluxo hidrodinâmico e, portanto, sedimentos mais finos; e P1 ocorre nas proximidades de barras de areia, sendo o local com maior influência do fluxo de maré e, conseqüentemente sedimentos mais arenosos. Além disso, a diminuição dos valores de COT, NT e PT com a profundidade, nos três perfis, reflete provavelmente a decomposição de matéria orgânica por microrganismos (Kristensen 2008).

6.3 FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA

As assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ são capazes de informar a proveniência da matéria orgânica em sedimentos recentes (Sweeney *et al.* 1978, Andrews *et al.* 1998). Valores de $\delta^{13}\text{C}$ muito próximos à -5‰ pode indicar que o material orgânico é predominantemente de origem marinha, por outro lado, assinaturas com sinais próximos à -30 ‰ indicam que este material orgânico é de origem majoritariamente de manguezal ou terrestre. Nos sedimentos do Manguezal de Marapanim, este parâmetro apresentou valores mais enriquecidos em relação em P2 e P3 (-26,6 a -26,2 ‰ e -26,6 a -26,3 ‰, respectivamente) do que os observados em P1 (-25,5 a -25,0 ‰), apesar das diferenças, os valores isotópicos nos três perfis indicam que a matéria orgânica é proveniente do próprio manguezal.

Os valores que determinam a origem da matéria orgânica foram definidos por Meyers (1997) e Redfield *et al.* (1963), assim, valores com razão COT/NT > 12 indicam a influência de plantas terrestres, enquanto MO de origem marinha são caracterizadas por intervalos de COT/NT entre 5 e 7. Em ecossistemas estuarinos ou de manguezais, as principais fontes potenciais de MO sedimentar estão relacionadas às florestas de terras altas, resinas de mangue, solos transportados pelo fluxo do rio, macrófitas aquáticas, microfitobentos e o fitoplâncton (Bouillon *et al.* 2008). Entretanto, devido à pouca expressividade dos microfitobentos e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ apresentar assinaturas mais empobrecidas, são descartadas as possibilidades de que a fonte de MO do manguezal seja proveniente de microfitobentos ou de macrófitas (Gontharet *et al.* 2014, Gorman *et al.* 2020, Currin *et al.* 1995, Kemp *et al.* 2010).

A razão COT/NT variou de 14.1 a 16.7 em P1, 13.4 a 18 em P2 e 14.1 a 14.5 em P3. A figura 6 mostra a relação entre $\delta^{13}\text{C}$ e a razão molar COT/NT para os três pontos de amostragem, plotados dentro de uma comparação com campos definidos a partir da compilação de Lamb *et al.* (2006) para sedimentos costeiros. No geral, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ (-25,0 a -26,6‰) e da razão molar COT/NT (13.4 a 18) indicam uma mistura de fontes de origem terrestre e marinha (Figura 6), sendo as plantas de manguezal e os fitoplânctons considerados como as principais fontes de MO na área de estudo (Matos 2020).

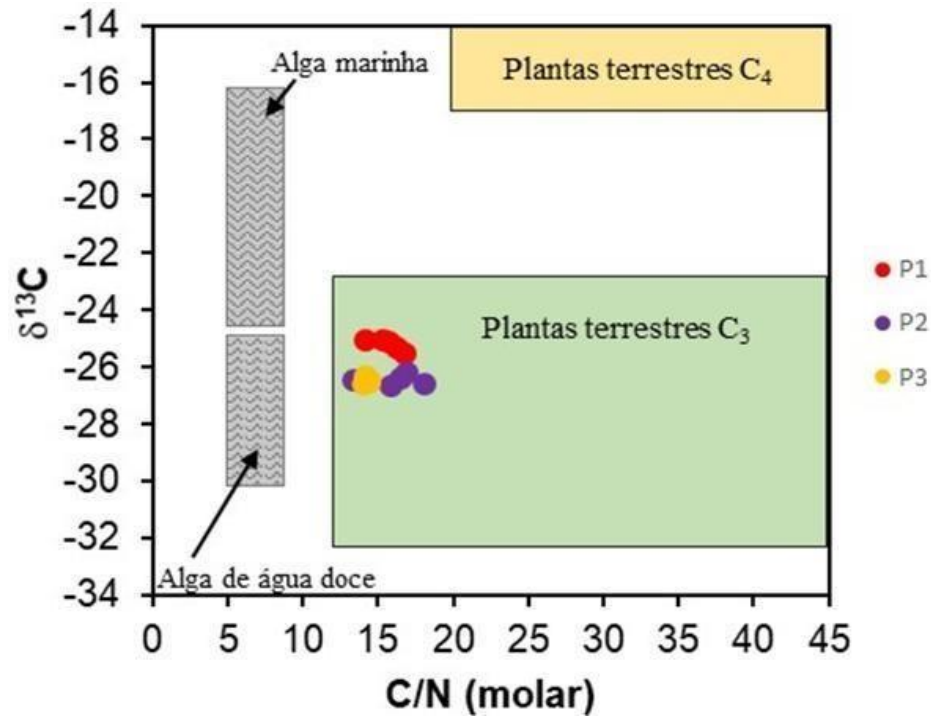


Figura 6- Origem da matéria orgânica (MO) sedimentar indicada por $\delta^{13}\text{C}$ contra COT/NT.

6.4 ASSEMBLEIA DE DIATOMÁCEAS

Diatomáceas são microalgas eucariontes unicelulares que ocorrem nos mais diversos ambientes úmidos e aquáticos, podendo ser encontradas em suspensão na na coluna d'água ou aderidos a diversos substratos: macrófitas, rochas, animais e sedimento. Sendo poucas espécies sem a capacidade de viver na ausência de luz.

A principal característica morfológica das diatomáceas é a parede celular impregnada de sílica ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), envolvida por uma fina camada de matéria orgânica, conhecida como frústula. O padrão de ornamentação das frústulas é a base da identificação das espécies de diatomáceas.

A observação dessas microalgas, ainda que depositadas em ambientes sedimentares, deve ser realizada em microscopia óptica e eletrônica. Por se tratar de um microrganismo cuja reprodução é, principalmente, por vias de reprodução assexuada, é fundamental a análise populacional, garantindo que a identificação e a ecologia sejam acuradas. Algumas espécies de diatomáceas possuem estratégias de motilidade que permitem a busca por micro-habitats com condições favoráveis de crescimento, como luz e nutrientes.

O enquadramento taxonômico, ocorrência das espécies nas unidades amostrais, preferências ecológicas e simetria valvar estão descritos abaixo. Assim, a assembleia de

diatomáceas do manguezal de Marapanim esteve representada por 25 espécies, distribuídas em 19 gêneros nos três perfis estratigráficos (APÊNDICES A, B e C).

6.4.1 Enquadramento Taxonômico

Domínio Eukaryota

Reino Chromista

Divisão Bacillariophyta

Subdivisão Coscinodiscophytina

Classe Coscinodiscophyceae

Subclasse Coscinodiscophycidae

Ordem Coscinodiscales

Família Coscinodiscaceae

Gênero *Coscinodiscus*

Coscinodiscus denarius A.W.F.Schmidt 1878 (APÊNDICE A - Figura 5)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (40%), Perfil 2 (60%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha, salobra.

Medidas: Diâmetro (5-25 µm); aréolas (6-7/10 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (4 a 20), pH (4,72 a 7,07), NT (0,05 a 0,26%), PT (0,012 a 0,048%) e COT (0,53 a 3,48%).

Coscinodiscus radiatus Ehrenberg 1840 (APÊNDICE A - Figura 6)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (100%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Diâmetro (9-20 µm); aréolas (5-7 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (4 a 21), pH(4,80 a 7,07), NT (0,04 a 0,26), PT (0,009 a 0,052) e COT (0,53 a 3,51).

Gênero *Cymatodiscus*

Cymatodiscus planetophorus (F.Meister) Hendey 1958 (APÊNDICE A - Figura 10)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (10-14 μm); Largura (5-8 μm); aréolas (4-5 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-192 a -100mV), salinidade (5 a 10), pH (4,80 a 6,62), NT (0,07 a 0,26%), PT (0,017 a 0,052%) e COT (0,88 a 3,51%).

Família Heliopeltaceae

Gênero *Actinoptychus*

Actinoptychus annulatus (Wallich) Grunow 1883 (APÊNDICE A - Figura 2)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (60%), Perfil 2 (20%) e Perfil 3 (25%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (23 μm); Largura (23 μm); aréolas (4 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-178 a -35), salinidade (4 a 10), pH (5,36 a 7,07), NT (0,06 a 0,26%), PT (0,013 a 0,048%) e COT (0,81 a 3,48%).

Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg 1843 (APÊNDICE A - Figura 3)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (40%), Perfil 2 (80%) e Perfil 3 (0%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Diâmetro (17-21 μm); aréolas (4-7 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-192 a -35mV), salinidade (5 a 10), pH (5,09 a 7,07), NT (0,06 a 0,25%), PT (0,013 a 0,052%) e COT (0,81 a 3,51%).

Família Hemidiscaceae

Gênero *Actinocyclus*

Actinocyclus ellipticus Grunow 1883 (APÊNDICE A - Figura 1)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Diâmetro (7-13 μm); aréolas (2-4 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-192 a -100mV), salinidade (5 a 10), pH (4,72 a 6,67), NT (0,06 a 0,26%), PT (0,013 a 0,052%) e COT (0,81 a 3,51%).

Família Paraliaceae

Gênero *Paralia*

Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve 1873

(APÊNDICE B - Figura 13)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (20%) e Perfil 3 (25%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Diâmetro (7-11 μm); aréolas (1-3 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-192 a -100), salinidade (4 a 7), pH (5,09 a 7,07), NT (0,15 a 0,23%), PT (0,031 a 0,045%) e COT (1,83 a 3,32%).

Subdivisão Bacillariophytina

Classe Mediophyceae

Subclasse Chaetocerotophycidae

Ordem Hemiaulales

Família Hemiaulaceae

Gênero *Hemiaulus*

Hemiaulus sp.

(APÊNDICE A - Figura 12)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (20%) e Perfil 3 (0%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (37 μm), Largura (5 μm); aréolas (1 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-150 a -35mV), salinidade (5), pH (5,68 a 7,07), NT (0,15 a 0,25%), PT (0,031 a 0,050%) e COT (1,83 a 2,85%).

Subclasse Cymatosiropycidae

Ordem Cymatosiraceae

Família Cymatosiraceae

Gênero *Campylosira*

Campylosira cymbelliformis (A.W.F.Schmidt) Grunow ex Van Heurck 1885

(APÊNDICE A -Figura 4)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (100%), Perfil 2 (60%) e Perfil 3 (40%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (9-13 μm); Largura (3-6 μm); aréolas (1-2 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (4 a 21), pH (5,02 a 7,07), NT (0,04 a 0,25%), PT (0,009 a 0,052%) e COT (0,53 a 3,51%).

Gênero *Cymatosira*

Cymatosira lorenziana Grunow 1862

(APÊNDICE A - Figura 11)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (100%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (13-20 μm); Largura (2-5 μm); aréolas (2-3 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (4 a 21), pH (4,80 a 7,07), NT (0,04 a 0,26), PT (0,009 a 0,052) e COT (0,53 a 3,51).

Subclasse Thalassiosirophyceae

Ordem Stephanodiscales

Família Stephanodisceae

Gênero *Cyclostephanos*

Cyclostephanos dubius (Hustedt) Round 1988

(APÊNDICE A - Figura 7)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (40%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (60%).

Ecologia: espécie salobra.

Medidas: Diâmetro (7-15 µm); aréolas (1-2 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -100), salinidade (4 a 21), pH (4,72 a 6,62), NT (0,04 a 0,26%), PT (0,009 a 0,052%) e COT (0,53 a 3,51%).

Gênero *Cyclotella*

Cyclotella stylorum Brightwell 1860

(APÊNDICE A - Figura 9)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (80%), Perfil 2 (80%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Diâmetro (8-14 µm); aréolas (1-2 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -100mV), salinidade (4 a 21), pH (4,72 a 6,67), NT (0,04 a 0,26%), PT (0,009 a 0,050%) e COT (0,53 a 3,51%).

Cyclotella meneghiniana Kützing 1844

(APÊNDICE A - Figura 8)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (0%), Perfil 2 (40%) e Perfil 3 (75%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Diâmetro (5-9 µm); aréolas (½ -1 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-170 a -100mV), salinidade (4 a 5), pH (5,02 a 6,03), NT (0,21 a 0,25%), PT (0,036 a 0,052%) e COT (2,75 a 3,51%).

Classe Bacillariophyceae

Subclasse Urneidophycidae

Ordem Rhaphoneidales

Família Rhaphoneidaceae

Gênero *Delphineis*

Delphineis surirella (Ehrenberg) G.W.Andrews 1981

(APÊNDICE B - Figura 15)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (60%), Perfil 2 (40%) e Perfil 3 (75%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (14-18 μm); Largura (4-7 μm); aréolas (2-3 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -100mV), salinidade (4 a 21), pH (4,72 a 6,62), NT (0,04 a 0,24%), PT (0,009 a 0,052%) e COT (0,72 a 3,51%).

Gênero *Neodelphineis*

Neodelphineis silenda (M.H.Hohn & J.Hellerman) N.Desianti & M.Potapova 2015

(APÊNDICE B - Figura 19)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (40%), Perfil 2 (80%) e Perfil 3 (25%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (18-22 μm); Largura (2-3 μm); aréolas ($\frac{1}{2}$ μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-320 a -100), salinidade (4 a 20), pH (5,09 a 6,62), NT (0,04 a 0,25%), PT (0,012 a 0,052%) e COT (0,72 a 3,51%).

Gênero *Rhaphoneis*

Rhaphoneis rhomboides Hendey 1958

(APÊNDICE B - Figura 22)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (100%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (11-15 μm); Largura (6-9 μm); aréolas (1-2 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (4 a 21), pH (4,80 a 7,07), NT (0,04 a 0,26), PT (0,009 a 0,052) e COT (0,53 a 3,51).

Subclasse Fragilariophycidae

Ordem Thalassionematales

Família Thalassionemataceae

Gênero *Thalassionema*

Thalassionema pseudonitzschioides (G.Schuette & H.Schrader) G.R.Hasle 1996:
(APÊNDICE B - Figura 24)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (100%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (16-29 µm), Largura (2-3 µm); aréolas (1-2 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (4 a 21), pH (4,80 a 7,07), NT (0,04 a 0,26), PT (0,009 a 0,052) e COT (0,53 a 3,51).

Subclasse Bacillariophycidae

Ordem Bacillariales

Família Bacillariaceae

Gênero *Tryblionella*

Tryblionella granulata (Grunow) D.G.Mann 1990 (APÊNDICE B - Figura 25)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (100%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (9-14 µm); Largura (4-7 µm); aréolas (1-3 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-320 a -100mV), salinidade (4 a 20), pH (4,72 a 6,35), NT (0,05 a 0,26%), PT (0,012 a 0,052%) e COT (0,72 a 3,51%).

Ordem Lyrellales

Família Lyrellaceae

Gênero *Petroneis*

Petroneis monilifera (Cleve) Stickle & D.G.Mann 1990 (APÊNDICE B - Figura 20)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (20%) e Perfil 3 (0%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (12-19 µm), Largura (6-10 µm); aréolas (3-4 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-192 a -35 mV), salinidade (5 a 7), pH (5,09 a 7,07), NT (0,15 a 0,23%), PT (0,031 a 0,045%) e COT (1,83 a 3,32%).

Ordem Naviculales

Subordem Diploneidinea

Família Diploneidaceae

Gênero *Diploneis*

Diploneis crabro (Ehrenberg) Ehrenberg 1854 (APÊNDICE B - Figura 16)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (60%), Perfil 2 (100%) e Perfil 3 (25%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (16-24 µm); Largura (6-8 µm); aréolas (3-5 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -100), salinidade (4 a 21), pH (5,09 a 6,62), NT (0,04 a 0,26%), PT (0,009 a 0,052%) e COT (0,53 a 3,51%).

Diploneis gruendleri (A.W.F.Schmidt) Cleve 1894 (APÊNDICE B - Figura 17)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (80%), Perfil 2 (40%) e Perfil 3 (50%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (15-18 µm); Largura (4-7 µm); aréolas (3-4 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (5 a 21), pH (5,02 a 7,07), NT (0,04 a 0,24%), PT (0,009 a 0,052%) e COT (0,53 a 3,52%).

Diploneis nitescens (W.Gregory) Cleve 1894 (APÊNDICE B - Figura 18)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (40%), Perfil 2 (0%) e Perfil 3 (25%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (13-19 µm); Largura (6-9 µm); aréolas (6-7 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -165mV), salinidade (10 a 21), pH (4,72 a 6,67), NT (0,04 a 0,21%), PT (0,009 a 0,036%) e COT (0,53 a 2,61%).

Subordem Naviculineae

Família Pleurosigmataceae

Gênero *Pleurosigma*

Pleurosigma inflatum Shadbolt 1853 (APÊNDICE B - Figura 21)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (20%) e Perfil 3 (25%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (39 µm); Largura (12 µm); aréolas (7 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -119mV), salinidade (5 a 21), pH (5,02 a 6,32), NT (0,04 a 0,24%), PT (0,009 a 0,052%) e COT (0,53 a 3,51%).

Ordem Rhopalodiales

Família Rhopalodiaceae

Gênero *Rhopalodia*

Rhopalodia gibberula Mereschkowsky 1906 (APÊNDICE B - Figura 23)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (20%), Perfil 2 (20%) e Perfil 3 (25%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Comprimento (14 µm); Largura (4 µm); aréolas (2 µm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -125mV), salinidade (5 a 21), pH (5,09 a 6,32), NT (0,04 a 0,23%), PT (0,009 a 0,046%) e COT (0,53 a 3,32%).

Ordem Surirellales

Família Surirellaceae

Gênero *Tryblioptychus*

Tryblioptychus cocconeiformis (Grunow) Hendey 1958 (APÊNDICE B - Figura 14)

Ocorrência nas amostras: Perfil 1 (60%), Perfil 2 (60%) e Perfil 3 (75%).

Ecologia: espécie marinha.

Medidas: Diâmetro (20-31 μm); aréolas (4-6 μm).

Variáveis ambientais e nutrientes: Eh (-350 a -35mV), salinidade (4 a 21), pH (4,72 a 7,07), NT (0,04 a 0,25%), PT (0,009 a 0,045%) e COT (0,53 a 3,32%).

As espécies *Coscinodiscus radiatus*, *Cymatosira lorenziana*, *Rhaphoneis rhomboides* e *Thalassionema pseudonitzschoides* ocorreram em todos os intervalos dos três perfis amostrados (Tabela 01). Assim, estas são consideradas como melhor adaptáveis às variações físico-químicas do meio e aqui serão nomeadas como “espécies guias”.

Além das anteriormente citadas, as espécies *Coscinodiscus denarius*, *Campylosira cymbelliformis*, *Diploneis gruendleri* e *Tryblioptychus cocconeiformis* demonstraram a ocorrência em amostras com todas as variações de Eh admitidas para o manguezal de Marapanim (Eh variou de -350 a -35mV). Assim, apesar de não ocorrerem em todas as amostras, estas são consideradas como bem adaptáveis em relação à variável Eh.

Em relação à salinidade, as espécies *Cymatodiscus planetophorus*, *Actinoptychus annulatus*, *Actinoptychus senarius*, *Actinocyclus ellipticus*, *Paralia sulcata*, *Hemiaulus sp*, *Cyclotella meneghiniana*, *Neodelphineis silenda*, *Tryblionella granulata*, *Petroneis monilifera* e *Diploneis nitescens* apresentaram maior sensibilidade à variação deste parâmetro, ocorrendo em amostras com salinidade mais baixa.

Ao longo dos perfis amostrados, o pH apresentou diferenças pouco significativas, que permitiu a divisão das espécies em dois grupos ambientais, conforme a adaptação: ambientes i) ácido a neutro com 13 espécies e ii) ácido com 12 espécies. Quanto à forma as diatomáceas podem ser divididas em dois grupos: aquelas com simetria radial (cêntricas) e aquelas com simetria bilateral (penadas). As espécies de simetria radial cuja razão superfície/volume é maior do que as penadas são reconhecidamente indicadoras de ambientes com correnteza sendo abundantes na comunidade aquática. Enquanto as espécies penadas são frequentemente associadas a ambientes menos dinâmicos e adaptadas a viverem aderidas a substratos (Round *et al.* 1990). A proporção de espécies cêntricas e penadas nos sedimentos do manguezal de Marapanim mostrou uma riqueza significativa de espécies cêntricas em relação às penadas (Figura 7). Isso indica que a assembleia de diatomáceas é enriquecida pela comunidade planctônica estuarina do rio Marapanim, com poucas espécies específicas dos sedimentos.

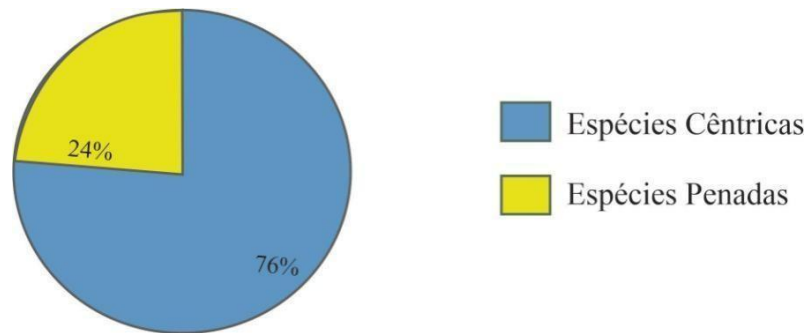


Figura 7- Proporção de espécies cêntricas e penadas do manguezal de Marapanim, Pará, Brasil.

Destas, 18 apresentaram abundância relativa maior que 3% e, neste estudo, foram consideradas como as mais representativas do ambiente em estudo (Tabela 2).

Tabela 2- Distribuição das diatomáceas no sedimento do manguezal de Marapanim, com representação de ocorrência (1) e ausência (0).

Táxons	II intervalos Estratigráficos													
	Perfil I				Perfil II				Perfil III					
	0-5	5-10	10-14	14-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30	30-35	0-5	5-10	10-20	20-30
<i>Actinocyclus ellipticus</i>	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Actinoptychus annulatus</i>	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Actinoptychus senarius</i>	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Campylosira cymbelliformis</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
<i>Coscinodiscus denarius</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Coscinodiscus dubius</i>	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Cyclotella stylorum</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Cymatodiscus planetophorus</i>	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cymatosira lorenziana</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Delphineis surirella</i>	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
<i>Diploneis crabro</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
<i>Diploneis nitescens</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Neodelphineis silenda</i>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
<i>Rhaphoneis rhomboides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Thalassionema pseudonitzschioides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tryblionella granolata</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Para fins de análises os perfis foram seccionados em quatro partes a saber secção 1: 0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm e 20-30 cm (Figura 8). A análise das secções demonstrou que as espécies descritoras foram *Campylosira cymbelliformis*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cyclotella stylorum*, *Cymatodiscus planetophorus*, *Cymatosira lorenziana*, *Thalassionema pseudonitzschioides*. Com destaque para a *C. lorenziana*, que esteve presente em todos os perfis com abundância relativa superior a 30%. Essa espécie possui ecologia estuarina e marinha e tem sido reportada como dominante para estuários (Propiack et al 2006, Manolov & Dominy Jr 2013). Assim, as espécies encontradas confirmam a estrutura do manguezal de Marapanim, com seleção de espécies adaptadas a ambientes salinos. O perfil P1 apresentou o

índice de diversidade α (número de espécies) maior na base quando comparado com o topo; o perfil P2 apresentou número constante de espécies em todo o perfil, já o índice α no perfil P3 foi maior na base.

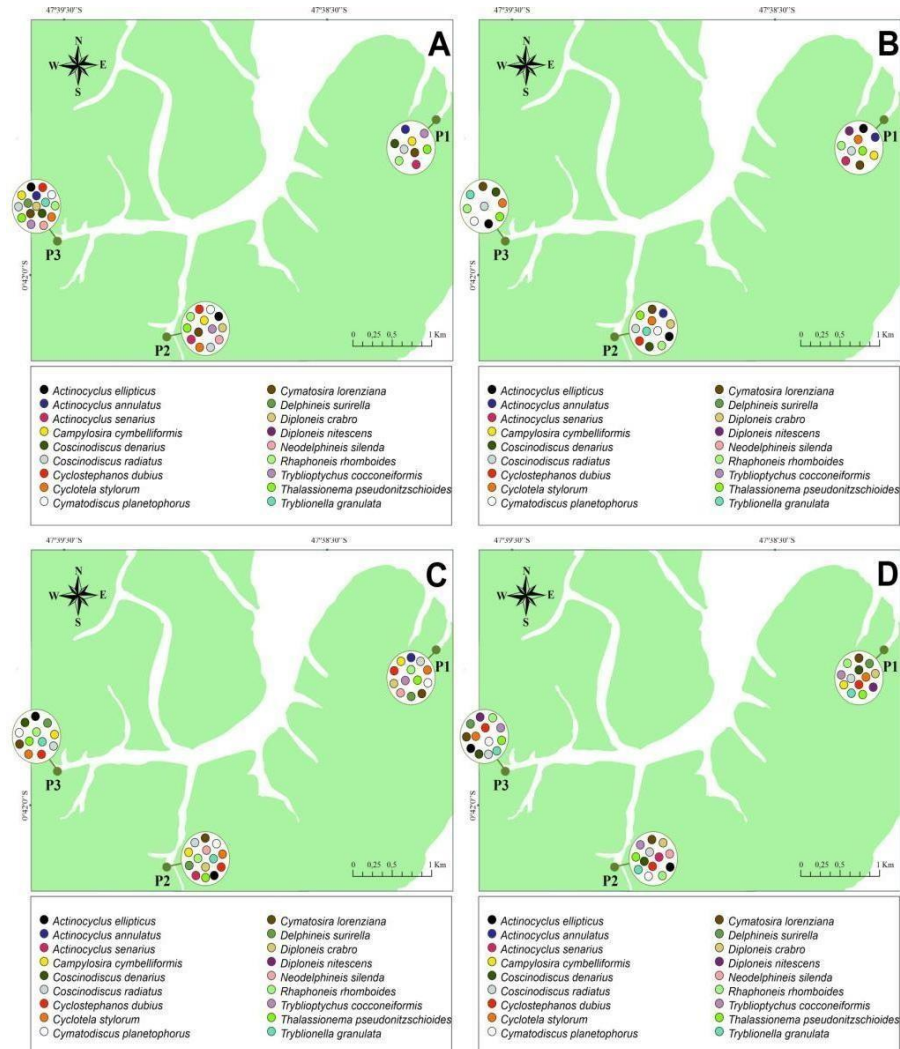


Figura 8- Distribuição geográfica das espécies com abundância maior que 3% em quatro secções dos perfis analisados. A: intervalo de 0 a 5 cm, B: intervalo de 5 a 10 cm, C: intervalo de 10 a 20 cm e D: Figura 10 - no intervalo de 20 a 30 cm.

Ao longo dos perfis, essas 18 espécies foram analisadas conjuntamente, através de estatística multivariadas (PCoA) e demonstraram que existem duas assembleias distintas descritoras no manguezal de Marapanim. A primeira referente ao perfil P1 e a segunda referente aos perfis P2 e P3. As espécies-guia dessas comunidades foram *Campylosira cymbelliformis*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cyclotella stylorum*, *Cymatodiscus planetophorus*, *Cymatosira lorenziana*, *Thalassionema pseudonitzschioides*. A análise de coordenadas principais resumiu 58% da variabilidade conjunta dos dados (Figura 9, Tabela 3). No primeiro eixo de ordenação, posicionaram-se as unidades amostrais em função dos compartimentos, ou

seja, as relativas aos P2 e P3 ambos localizados na porção mais interna do estuário e as espécies relacionadas com o P1 foram ordenadas do lado positivo do eixo 1.

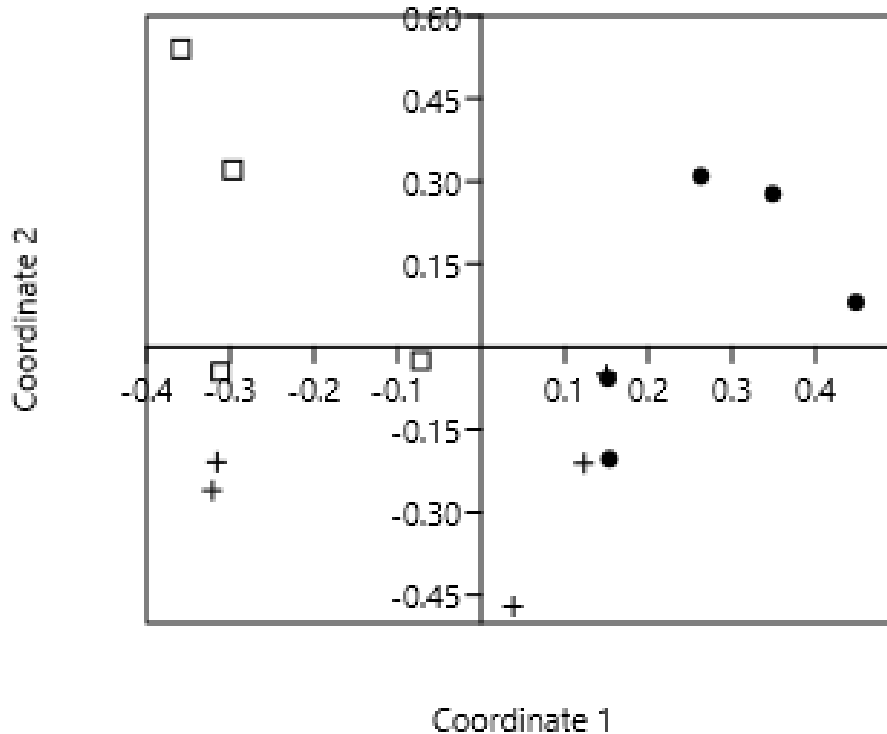


Figura 9- Análise de coordenadas principais (PCoA) das espécies abundantes de diatomáceas presentes nos sedimentos superficiais das manguezal de Marapanim. Ponto preto: Perfil 1; Sinal de soma: Perfil 2 e Quadrado: Perfil 3.

Tabela 3- Síntese da PCoA realizada a partir de 18 espécies de diatomáceas.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0,316	0,100
Porcentagem de variância explicada	44,21	14,05

Com base nas abundâncias relativas dos táxons considerados abundantes (18) avaliou-se o índice de similaridade de Bray-Curtis entre as estações de amostragem (Figura 10). Três grupos são inferidos, o primeiro com as amostras do P1, o segundo engloba amostras dos 3 perfis (P1, P2 e P3) e o terceiro grupo com amostras do grupo P2 e P3. Nota-se que as amostras não mostraram similaridade entre as fatias de topo ou base.

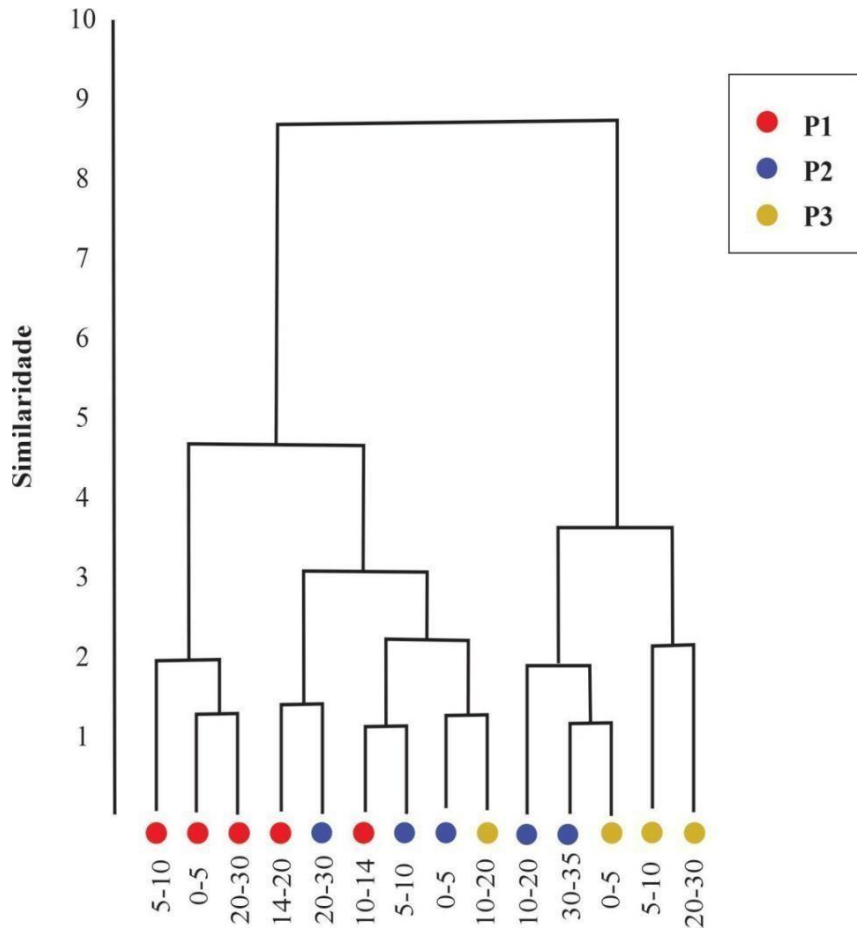


Figura 10- Análise de similaridade de Bray-Curtis com base em 18 espécies de diatomáceas abundantes nos sedimentos do manguezal de Marapanim.

A avaliação conjunta das espécies abundantes e dos dados ambientais foi realizada por meio da análise de escalonamento multidimensional não métrico (nMDS), utilizando 18 espécies descritoras da comunidade (abundância $\geq 3\%$) e oito variáveis ambientais: Salinidade, pH, Eh (mV), COT %, PT (%), razão C/N, $\delta^{13}C$ e NT (umol/g). A análise gráfica da NMDS permitiu visualizar a formação de dois grupos principais distintos pela localização geográfica dos pontos amostrados (Figura 11). O primeiro grupo formado pelas amostras do perfil P1 demonstrou a influência das variáveis como teor de salinidade, pH e $\delta^{13}C$ responsáveis pela alta similaridade dessas amostras. As demais amostras estiveram associadas às variáveis: Eh (mV), COT %, PT (%) e NT e apresentaram baixa similaridade. Os teores de NT indicam que o perfil P2 é fortemente influenciado por essa variável.

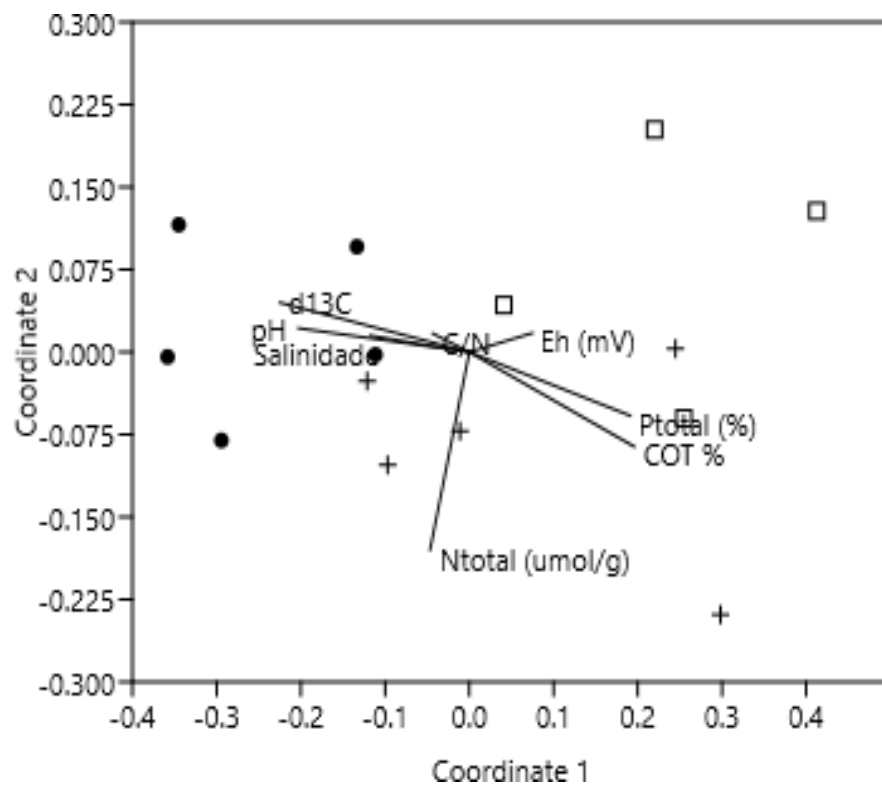


Figura 11- Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), utilizando Índice de Similaridade de Bray-Curtis dos valores de abundância de 18 espécies de diatomáceas encontradas na assembleia do manguezal de Mrapanim. Ponto preto: Perfil 1; Sinal de soma: Perfil

7 CONCLUSÃO

- Os sedimentos do manguezal de Marapanim foram caracterizados como anóxicos, levemente ácidos com tendência ao aumento da salinidade do topo para a base.
- O comportamento do COT, NT e PT podem ser explicados pela posição geográfica no manguezal e, também, pela ação biológica de decomposição da matéria orgânica.
- e apresentam valores mais altos em P2 e P3 quando comparados com P1.
- Três espécies de diatomáceas foram consideradas descritoras do manguezal de Marapanim por ocorrerem em todas as amostras analisadas (*Coscinodiscus radiatus*, *Cymatosira lorenziana*, *Rhaphoneis rhomboides* e *Thalassionema pseudonitzschoides*).
- Quanto aos valores Eh quatro espécies (*Coscinodiscus denarius*, *Campylosira cymbelliformis*, *Diploneis gruendleri* e *Tryblioptychus cocconeiformis*) foram consideradas como bem adaptáveis em relação à essa variável.
- Em relação à salinidade, 11 espécies (*Cymatodiscus planetophorus*, *Actinoptychus annulatus*, *A. senarius*, *Actinocyclus ellipticus*, *Paralia sulcata*, *Hemiaulus sp*, *Cyclotella meneghiniana*, *Neodelphineis silenda*, *Tryblionella granulata*, *Petroneis monilifera* e *Diploneis nitescens*) mostraram preferência em valores mais baixos.
- O pH separou as espécies em dois grupos ambientais a saber Grupo 1: ácido a neutro e Grupo 2 ácido.
- Considerando os valores de abundância relativa, 18 espécies ocorreram com abundância $\geq 3\%$ e foram consideradas descritoras da comunidade.
- O índice de diversidade registrou o maior número na base do P1, número constante no P2 e maior número no topo do P3.
- Não foram observadas similaridade entre as fatias dos sedimentos, com a formação de três grupos sendo agrupamento P1, agrupamento P1, P2 e P3, e finalmente agrupamento P2 e P3.
- A análise de escalonamento multidimensional não métrico demonstrou que de salinidade, pH são as variáveis que mais influenciam a assembleia de diatomáceas no P1.

- Embora não tenha ocorrido um agrupamento consistente nas amostras do perfil P2 os teores de NT foram associados com as subamostras desse testemunho.
- Assim como ocorre com as variáveis ambientais a estrutura da comunidade no perfil P1 é dissimilar daquela encontrada nos perfis P2 e P3.

REFERÊNCIAS

- Ab'Sáber N.A. 2001. *Litoral do Brasil*. Metavídeo SP Produção e Comunicação Ltda. 288p.
- Admiral L. W., Peletier H., Brouwer T. 1984. The seasonal succession patterns of diatom species on an intertidal mudflat: an experimental analysis. *Nordic Society Oikos*, **42**: 30-40.
- Alongi D. M., Sasekumar A., Chong V. C., Pfitzner J., Trott L. A., Tirendi F., Dixon P., Brunskill G. J. 2004. Sediment accumulation and organic material flux in a managed mangrove ecosystem: Estimates of land-ocean-atmosphere exchange in peninsular Malaysia. *Marine Geology*, **208**: 383– 402.
- Andrews J.E., Greenaway A.M., Dennis P.F. 1998. Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary: Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. **46** (5):. 743-756.
- Arai, Mitsuru. 2006. A Grande Elevação Eustática Do Mioceno E Suas Influencias Na Origem Do Grupo Barreira. *Revista do Instituto de Geociencias – USP*, v. **6** (2): 1-6.
- Aspila, K. L.; Agemian, H.; Chau, A. S. Y. 1976. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. *Analyst*, v **101**: 187-197.
- Battarbee, R. W. *et al.* 2001b. European Diatom Database (EDDI). An information system for palaeoenvironmental reconstruction. Environmental Change Research Centre, University College London, pp. 210.
- Belling B., Cocqut C., O'Reilly C.M. 2006. Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams. *Hydrobiologia*, **573**: 75-87.
- Bennion H., Appleby P.G., Phillips G.L. 2001. Reconstructing nutrient histories in the Norfolk Broads, UK: implications for the role of diatom-total phosphorus transfer functions in shallow lakes management. *Journal of Paleolimnology*, **26**: 181-204.
- Berrêdo José Francisco. 2006. *Geoquímica dos sedimentos de manguezais do nordeste do estado do Pará: o exemplo do estuário do rio Marapanim*. PhD Theses, Universidade Federal do Pará/ Centro de Geociências, Belém, Pará, 185p.
- Berrêdo José Francisco *et al.* 2016. Modificações nas propriedades físico-químicas de sedimentos de manguezais submetidos ao clima amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, **11** (3): 313-328.
- Birks HJB, Line JM, Juggins S, Stevenson AC, ter Braak CJF. 1990^a. Diatoms and pH reconstruction. *Philos Trans R Soc B, Biol Sci*, **327**: 263-278.
- Bouillon, S., R. Connolly, and S. Y. Lee. 2008. Organic matter exchange and cycling in mangrove ecosystems: Recent insights from stable isotope studies, *J. Sea Res.*, **59**: 44– 58.
- Brightwell T. 1860. On some of the rarer or undescribed species of Diatomaceae. Part II. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, London, **8** (31): 93-96, 139, pl. V, VI. page(s): p. 94.

- Brush M.J. & Brawley J.W. 2009. Adapting the light-biomass (BZI) models of phytoplankton primary production to shallow marine ecosystems. *Journal of Marine Systems* **75**: 227–235.
- Burford, M. A., Alongi D. M., Mckinnon, A. D., Trott, L. A.. 2008. Primary production and nutrients in a tropical macrotidal estuary, Darwin Harbour, Australia. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **79** (3): 440-448.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. *Atlas dos Manguezais do Brasil*. 176 p. : il ISBN 978-85-61842-75-8
- Cameron W. M. & Pritchard D. 1963. “Estuaries,” *In*: Hill M. N. (ed.). *The sea*. New York, John Wiley and Sons, v. II.
- Canfeld D.E. 1994. Factors influencing organic carbon preservation in marine sediments. *Chem. Geol.*, **114** (3–4):315–329.
- Cattaneo, Antonella; Couillard, Yves; Wunsam, Sybille. 2008. Sedimentary diatoms along a temporal and spatial gradient of metal contamination. *Journal of Paleolimnology*, **40** (1) 115-127.
- Cintrón G. & Schaefer-Novelli Y. 1995. Ecology and management of new word mangroves. *In*: Seeliger U. (ed.). *Coastal plant communities of Latim América*. San Diego, Academic Press, p.234-258.
- Cleve P.T. 1873. Examination of Diatoms found on the surface of the Sea of Java. *Bihang till Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*. **1** (11): 1-13.
- Cleve P.T. 1894. Sur quelques espèces nouvelles ou peu connues. *Le Diatomiste*, **2** (19): 143-147, pl. 3 & 9. page(s): p. 144.
- Costa-Böddeker S., Hoelzmann P., Thuyên L. X., Hug H. D., Nguyen H. A., Richter O., Schwalb A. 2017. Ecological risk assessment of a coastal zone in Southern Vietnam: Spatial distribution and content of heavy metals in water and surface sediments of the thi vai estuary and Can Gio Mangrove Forest. *Marine Pollution Bulletin*, **114**: 1141–1151.
- COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; BEMERGUY, R. L.; FERNANDES, J. M. G.; COSTA Jr., P. S.; COSTA, M. L. 1993. Evolução cenozóica da região de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará. *Geociências, São Paulo*, **12** (2): 373-396.
- Currin, C. A., Newell, S. Y., Paerl, H. W., 1995. The Role of Standing Dead *Spartina Alterniflora* and Benthic Microalgae in Salt Marsh Food Webs: Considerations Based on Multiple Stable Isotope Analysis. *Mar, Ecol. Prog. Ser.* 121, 99-116.
- CPRM; DNPM. 1975. *Projeto Gurupi*. Relatório preliminar. Maranhão Pará mapeamento geológico fotogeologia geomorfologia estratigrafia bibliografia recursos minerais. Belem, SUREG/BE. 2v.
- CPRM; SUDAM. 1972. *Projeto materiais industriais*. Descritor materiais de construção prospecção mineral economia mineral recursos minerais ocorrências sondagens Brasil Pará. Imprensa Belem, SUREG/BE. 1v.

- Dalton C., Birks H.J.B., Brooks S.J., Camerond N.G., Evershede R.P., Peglar S.M., Scott J.A., Thompson R. 2005. A multi-proxy study of lake-development in response to catchment changes during the Holocene at Lochnagar, North-east Scotland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **221**:175-201.
- Day J., Hall C., Kemp W., Yáñez-Arancibia A. 1989. *Estuarine ecology*. 1st ed. New York, John Wiley & Sons, 558 p.
- Desianti, N.; Potapova, M.; Beals, J. (2015). Examination of the type materials of diatoms described by Hohn and Hellerman from the Atlantic Coast of the USA. *Diatom Research*. **30** (2): 93-116.
- Dominguez José Maria Landim, Bittencourt Abílio Carlos da Silva Pinto. 2009. Geologia da Baía de Todos os Santos. In: Hatge V.; Aandrade J. B. (org.). *Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos*. Salvador, EDUFBA, p. 25-66.
- European Committee for Standardization – ECS. 2003. Water quality - Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. Available in http://www.safrass.com/partners_area/BSI%20Benthic%20diatoms.pdf (access in 27-V-2013).
- Ehrenberg, C. G. 1840. Eine weitere Erläuterung des Organismus mehrerer in Berlin lebend beobachteter Polythalamien der Nordsee. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*. p 18-23.
- Ehrenberg, C.G. 1843. Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nord-Amerika. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1841: 291-445.
- Ehrenberg, C.G. 1830. Organisation, Systematik, und geographisches Verhältnis der Infusionstierchen. *Druckerei der Königl. Akademie der Wissenschaften*. t. I-VIII, F. Dümmler, Berlin, 108 pp.
- Ehrenberg, C.G. 1854. Mikrogeologie. Einundvierzig Tafeln mit über viertausend grossentheils colorirten Figuren, Gezeichnet vom Verfasser. [Atlas]. Leopold Voss, Leipzig., 40 pls.
- Estrany, J., Grimalt, M. Catchment controls and human disturbances on the geomorphology of small Mediterranean estuarine systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 0272-7714, 2014.
- Gieskes J.M., Gamo T., Brumsack H. 1991. *Chemical Methods for Intersitital Water Analysis aboard JOIDES Resolution*, ODP Technical Note 15. Texas A & M University, p.24-49.
- Gorman, D., Sumida, PYG., Fihueira, R. C. L., Turra, A., 2020. Improving soil carbon estimates of mudflats in Araçá Bay using spatial models that consider riverine input, wave exposure and biogeochemistry. *Estuar. Coast. Shlf Sci*. 238, 106734.
- Gontharet, S., Mathieu, O., Lévêque, J., Milloux, M. J., Lesourd, S., Philippe, S., Caillaud, J., Gardel, A., Sarrazin, M., Proisy, C., 2014. Distribution and sources of bulk organic matter (OM) on a tropical intertidal mud bank in French Guiana from elemental and isotopic proxies. *Chem. Geol*. **376**: 1-10.

- GROSS, E.; PIRES, M.; FERNANDES, V. 2014. Curso Teórico Prático de Técnicas em Microscopia Eletrônica. UESC. p. 17.
- Grunow, A. 1883. Referate: Heurck, H. van, Synopsis des Diatomées de Belgique Fasc. VI.*) Crypto-Rhaphidées. Part II. 8°. Anvers, 1883. *Botanisches Centralblatt*, **15** (10): 297-299.
- Grunow, A. 1862. Die österreichischen Diatomaceen nebst Anschluss einiger neuen Arten von andern Lokalitäten und einer kritischen Uebersicht der bisher bekannten Gattungen und Arten. Erste Folge. Epithemieae, Meridioneae, Diatomeae, Entopyleae, Surirelleae, Amphipleureae. Zweite Folge. Familie Nitzschieae. *Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien*. **12**: 315-472, 545-588.
- Hasle, G.R. 1975. Some living marine species of the diatom family Rhizosoleniaceae. In: R. Simonsen (ed.), Proceedings of the Third Symposium on Recent and Fossil Marine Diatoms, Kiel, September 9-13, 1974. Beihefte zur Nova Hedwigia, **53**: 99-152.
- Hendey, N.I. 1958. Marine Diatoms from some West African ports. *Journal of the Royal Microscopical Society*, series 3, 77(1/2): 28-85.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). In: Pascher, A. (ed.). Die Susswasserflora Mitteleuropas, 2 ed. Verlag von Gustav Fischer, Jena. 466p.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio. 2018. Atlas dos Manguezais do Brasil. 176 p. ISBN 978-85-61842-75-8.
- Kemp, A. C., Vane, C. H., Horton, B. P., Culver, S. J., 2010. Stable carbon isotopes as potential sea-level indicators in salt marshes, North Carolina, USA. *The Holocene* **20** (4). 623-636.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae. In: Pascher A. (ed.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Stuttgart., **2** (3): 1–576.
- Kristensen E. 2008. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. *J. Sea Res.*, **59**: 30–43.
- Kusumaningtyasa M.A., Hutahaean A.A., Fischerd H.W., Mayod M.P., Ransbyd D., Jennerjahn T.C. 2019. Variability in the organic carbon stocks, sources, and accumulation rates of Indonesian mangrove ecosystems. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **218**: 310-323
- Lacerda Ld, Menezes Mot, Molisani Mm. 2007. Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004. *Biota Neotropica*. **7**(3): 1–7.
- Lamb A.L., Wilson G.P., Leng M.J. 2006. A review of coastal palaeoclimate and relative sealevel reconstructions using $\delta^{13}\text{C}$ and C/N ratios in organic material. *Earth-Sci. Rev.*, **75**: 29–57.
- Lecointe, C.; Coste, Michel; Prygiel, J. 1. 1993. “Omnidia”: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, **269** (1): 509-513.

- Liu D., Li X., Emeis K.C., Wang Y., Richard P. 2015. Distribution and sources of organic matter in surface sediments of Bohai Sea near the Yellow River Estuary, China. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **165**: 128–136.
- Elizabeth Dell’orto, E. Silva, Evolução espaço-temporal do manguezal do estuário do Rio São Mateus empregando técnicas de sensoriamento remoto. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil. Unpublished.
- Manoylov, K. M. & Dominy Jr, J. N. 2013 Changes in Epipellic Diatom Diversity from the Savannah River Estuary. *Journal of Environmental Protection* 04(02):172-179. DOI: 10.4236/jep.2013.42020
- Marchand M.N. & Litvaitis J.A. 2004. Effects of habitat features and landscape composition on population structure of a common aquatic turtle in a region undergoing rapid development. *Conservation Biology* **18**: 758–767
- Matos, C. R. L. 2020. Acúmulo e Exportação de Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Metais em Canais de Maré dos Manguezais de Marapanim, Costa Norte Brasileira. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA. p. 103.
- Mereschkowsky C. 1906. Diatomées du Tibet. Imperial Russkoe geograficheskoe obshchestvo. St. Petersburg, 40 p.
- Morales, Eduardo A.; Manoylov, Kalina M. 2006. Morphological studies on selected taxa in the genus *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae) from rivers in North America. *Diatom research*, **21** (2): 343-364.
- Meyers P.A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Org. Geochem.*, **27**: 213–250.
- Meyers P.A. 2003. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Org. Geochem.*, **34**: 261–289.
- Nath B., Chaudhuri P., Birch G. 2014. Assessment of biotic response to heavy metal contamination in *Avicennia marina* mangrove ecosystems in Sydney Estuary, Australia, Ecotoxicology and Environmental Safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **107**: 284-290. ISSN 0147- 6513.
- Nunes, Fábio Carvalho; Silva, E. F.da; Vilas-Boas, G. da S. Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo. Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2011.
- Nodine E.R., Gaiser E.E. 2014. Distribution of diatoms along environmental gradients in the Charlotte Harbor, Florida (USA), estuary and its watershed: implications for bioassessment of salinity and nutrient concentrations. *Estuaries and Coasts*, **37**: 864-879.
- Paiva R. S., Eskinazi-Leça E., Passavante J. Z.O., Silva-Cunha M. G. G., Melo N. F. A. C. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da Baía do Guajará e foz do Rio Guamá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. **1** (2): 133-146.
- Pappas Janice L., Stoermer Eugene F. 1996. Quantitative method for determining a representative algal sample count 1. *Journal of phycology*, **32** (4): 693-696.

- Procopiak, L. K., Fernandes, L. F., Moreira-Filho, H. (2006). Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. *Biota Neotropica*, **6**.
- Ranjan R.K., Routh J., Ramanathan A.L., Klump J.V. 2011. Elemental and stable isotope records of organic matter input and its fate in the Pichavaram mangrove–estuarine sediments (Tamil Nadu, India). *Mar. Chem.*, **126**:163-172.
- Redfield B. II. Ketchum, And F. A. Ricciards. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater, p. 26-77. In M. N. Hill [ed.], *The sea*, v. 2. Willey.
- Ribeiro F.C.P., Senna C.S.F., Torgan L.C. 2008. Diatomáceas em sedimentos superficiais na planície de maré da praia de Itupanema, Estado do Pará, Amazônia. *Rodriguesia*, **59**(2):309-324.
- Round, F.E. 1988. A new species of *Thalassiosira*, *T. cardiophora*. *Diatom Research*, **3**(1): 123-127.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. *The diatoms: biology & morphology of the genera*. Cambridge, Cambridge University Press, 747 p.
- Rovira L., Trobajo R., Ibáñez C. 2012. The use of diatom assemblages as ecological indicators in highly stratified estuaries and evaluation of existing diatom indices. *Marine Pollution Bulletin*, **64** (3): 500-511.
- Sala S.E., Duque S., Nuñez M., Lamaro A. 1999. Nuevos registros de diatomeas (Bacillariophyceae) de la Amazonia Colombiana. *Caldasia* **21**: 26-37.
- Schmidt A. 1878. *Atlas der diatomaceen-kunde*. Aschersleben, Commissions-Verlag Von Ludwig Siever's Buchandlung, Series II(Heft 15-16): pls. 57-64 page(s): pl. 59, fig. 20-23
- Shadbolt G. 1853. A short description of some new forms of Diatomaceae from Port Natal. *Transactions of the Microscopical Society of London* **2** (1): 12-18.
- Schultz D.J., Calder J.A. 1976. Organic carbono $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ variations in estuarine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **40**: 381–385.
- Sylvestre,F; Guiral, D; Debenay, J.P. 2004. Modern diatom distribution in magrove swamps from the Kaw Estuary (French Guiana). *Marine Geology*, **208**: 281-293.
- Smol, J.P. 2008. *Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective*. Blackwell, 2 ed., Oxford University Press, New York.
- SMOL, John P. *Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective*. John Wiley & Sons, 2009.
- Sweeney, Bernard W.; Vannote, Robin L. 1978. Size variation and the distribution of hemimetabolous aquatic insects: two thermal equilibrium hypotheses. *Science*, **200** (4340): 444-446.
- Ter Braak C. J. F. & Looman C. W. N., 1986. Weighted averaging, logistic regression and the Gaussian response model. *Vegetatio* **65**: 3–11.

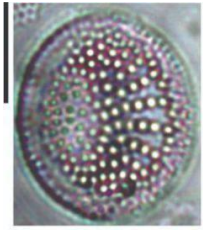
Van Heurck, H. 1885. Synopsis des Diatomées de Belgique. Texte. Martin Brouwers & Co., Anvers., 235 pp.

Vilhena, Maria Do Perpetuo Socorro Progene; Da Costa, Marcondes Lima; Berrêdo, José Francisco. 2010. Continental and marine contributions to formation of mangrove sediments in an Eastern Amazonian mudplain: The case of the Marapanim Estuary. *Journal of South American Earth Sciences*, **29** (2): 427-438.

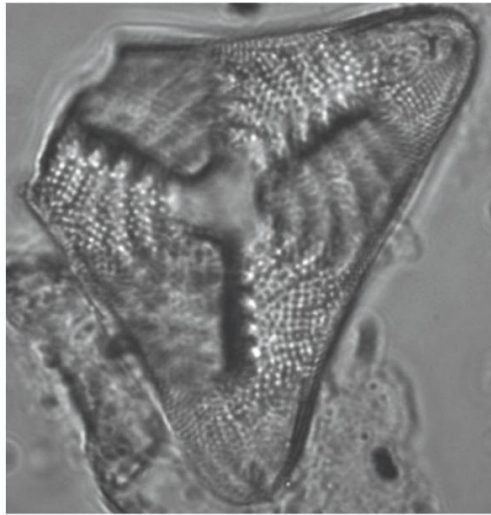
Vilhena M.P.S.P., Costa M.L., Berrêdo J.F., Paiva R.S., Moreira M.Z. 2018. The sources and accumulation of sedimentary organic matter in two estuaries in the Brazilian Northern coast. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, **18**:188–196.

Wetzel, C. and Ector, L. 2014. Taxonomy and ecology of *F. microvaucheriae* sp. nov. and comparison with the type materials of *F. uliginosa* and *F. vaucheriae*. *Cryptogamie Algologie* **36** (3): 271-289.

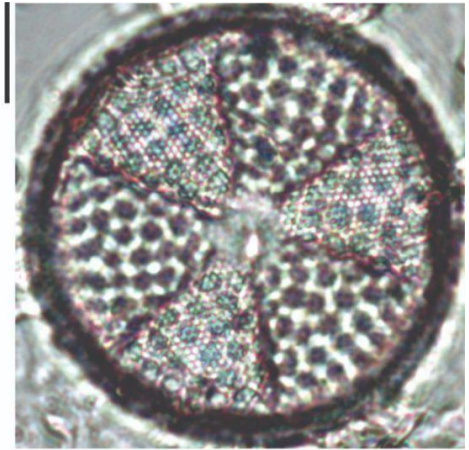
APÊNDICE A - Figuras: 1) *Actinocyclus ellipticus*; 2) *Actinoptychus annulatus*; 3) *Actinoptychus senarius*; 4) *Campylosira cymbelliformis*; 5) *Coscinodiscus denarius*; 6) *Coscinodiscus radiatus*; 7) *Cyclostephanos dubius*; 8) *Cyclotella meneghiniana*; 9) *Cyclotella stylorum*; 10) *Cymatodiscus planetophorus*; 11) *Cymatosira lorenziana*; 12) *Hemialus* sp.



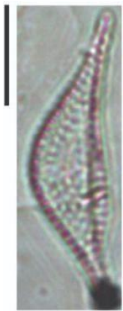
1



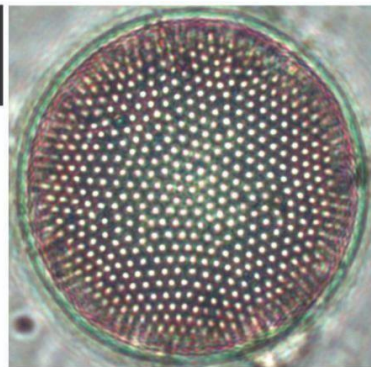
2



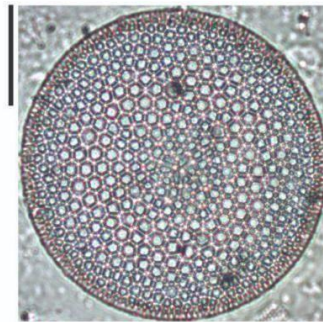
3



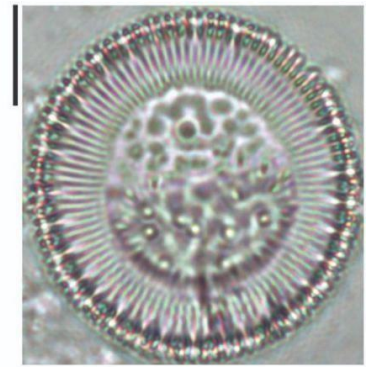
4



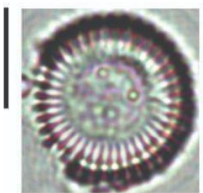
5



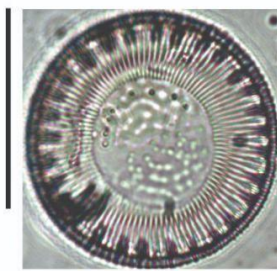
6



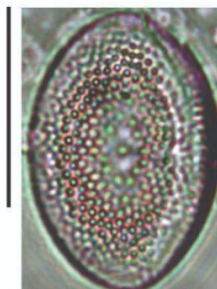
7



8



9



10

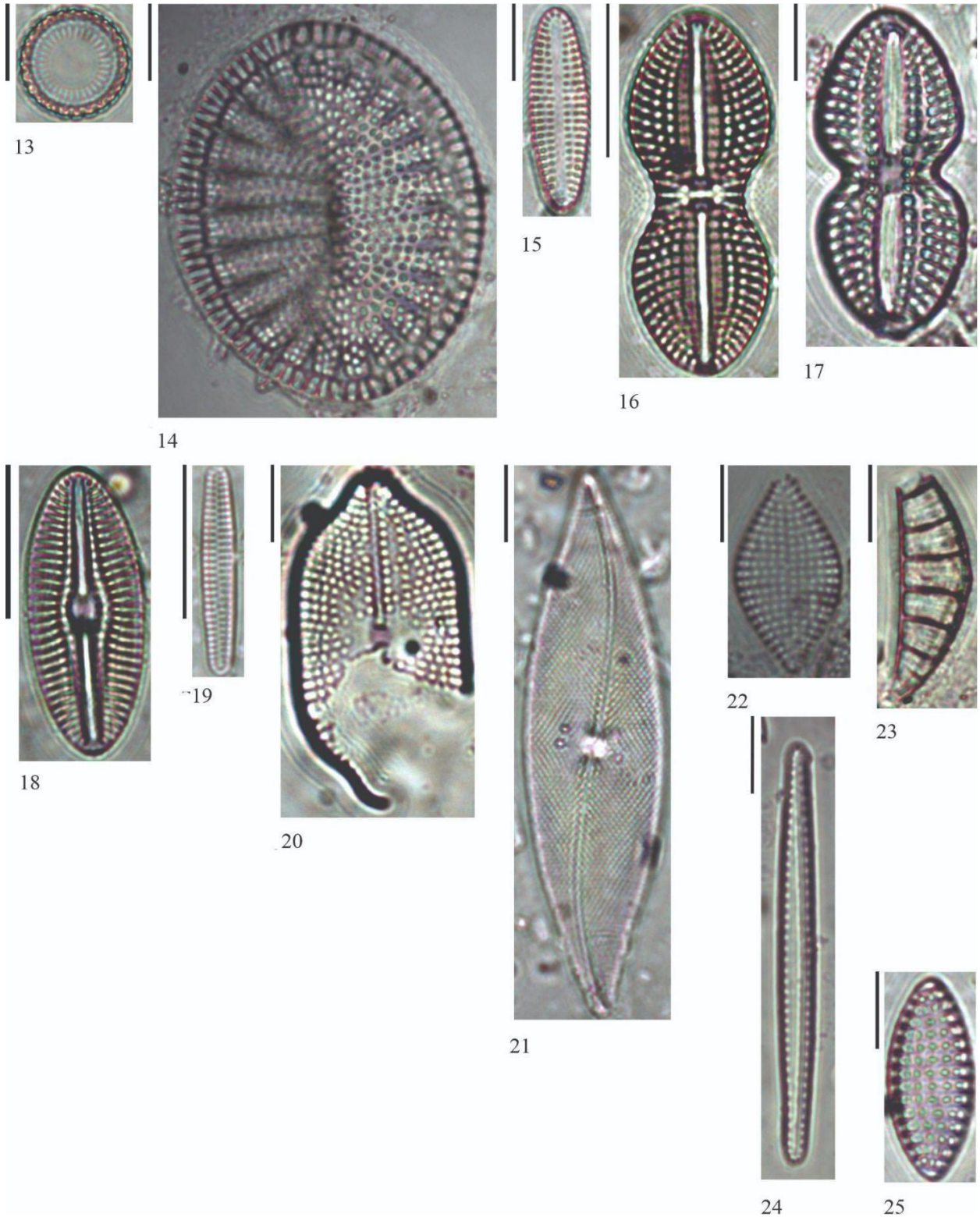


11



12

APÊNDICE B - Figuras: 13) *Paralia sucata*; 14) *Tryblioptychus cocconeiformis*; 15) *Delphineis surirella*; 16) *Diploneis crabro*; 17) *Diploneis gruendleri*; 18) *Diploneis nitescens*; 19) *Neodelphineis silenda*; 20) *Petroneis monilifera*; 21) *Pleurosigma inflatum*; 22) *Rhaphoneis rhomboides*; 23) *Rhopalodia gibberula*; 24) *Thalassionema pseudonitzschioides*; 25) *Tryblionella granulata*.



APÊNDICE C - Diatomáceas de sedimento do manguezal de Marapanim, Pará.

