



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

MARIANA DA FONSECA CAVALCANTI

**MEIOFAUNA, COM ÊNFASE EM NEMATODA, DO CANAL PRINCIPAL DO
ESTUÁRIO DO RIO CAPIBARIBE (PERNAMBUCO - BRASIL)**

Recife

2023

MARIANA DA FONSECA CAVALCANTI

**MEIOFAUNA, COM ÊNFASE EM NEMATODA, DO CANAL PRINCIPAL DO
ESTUÁRIO DO RIO CAPIBARIBE (PERNAMBUCO - BRASIL)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Oceanografia.

Área de concentração: Oceanografia
Biológica.

Orientador: Prof. Dr. José Souto Rosa Filho.

Recife

2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

C377m Cavalcanti, Mariana da Fonseca.
Meiofauna, com ênfase em Nematoda, do canal principal do estuário do Rio Capibaribe (Pernambuco - Brasil) / Mariana da Fonseca Cavalcanti. – 2023.
118 f.: il., fig., tab.

Orientador: Prof. Dr. José Souto Rosa Filho.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Oceanografia. Recife, 2023.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Eutrofização. 3. Nematofauna. 4. Biomonitoramento. 5. Mangue. 6. Taxonomia. I. Rosa Filho, José Souto (Orientador). II. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2023-276

MARIANA DA FONSECA CAVALCANTI

**MEIOFAUNA, COM ÊNFASE EM NEMATODA, DO CANAL PRINCIPAL DO
ESTUÁRIO DO RIO CAPIBARIBE (PERNAMBUCO - BRASIL)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Oceanografia.

Área de concentração: Oceanografia
Biológica.

Aprovado em: 24/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Souto Rosa Filho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Lília Pereira de Souza Santos (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Taciana Kramer de Oliveira Pinto (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Thuareag Monteiro Trindade dos Santos (Examinador Externo)
Museu Paraense Emílio Goeldi

Profa. Dra. Virag Venekey (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Pará

Dedico essa tese às mulheres, aos homens e às crianças, que dependem diretamente do Rio Capibaribe para sobreviver, e que cuidam de suas águas e lutam por sua causa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha mãe (Ana Maria) e ao meu pai (Maurício), por sempre terem acreditado em mim, até mesmo quando eu não acreditava. Também quero agradecer a minha “boadrasta” Ilka, que me apoiou e me ajudou muito nesses anos de Doutorado. Agradeço imensamente mainha, painho e Ilkinha por terem proporcionado que eu me dedicasse à ciência e pelo amor sempre.

Às minhas irmãs (Joana, Maria, Clara e Carol), por serem mulheres incríveis que tanto admiro e sempre estão ao meu lado, mesmo quando estamos distantes. Agradeço muito pela vida de Gael, Maria Eduarda e Mia, meus sobrinhos, que me ajudaram a ver a beleza da vida, nos momentos mais pesados desse percurso.

Agradeço à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pela bolsa de doutorado, que foi vital para minha formação como Doutora.

Agradeço imensamente ao meu orientador Professor Dr. José Souto Rosa Filho, por todo apoio, carinho, força, estímulo e tranquilidade que fizeram com que fosse possível eu desenvolver essa tese, mesmo diante um momento tão difícil quanto à pandemia do COVID-19.

À Professora Dra. Betânia Cristina Guilherme sou extremamente grata por ter me acolhido em seu laboratório, ao voltar pro Brasil, e assim, ter me ajudado a retomar minhas atividades de pesquisa. Obrigada pelos bons momentos, pelas trocas de conhecimentos, pelo apoio e contribuições no desenvolver dessa tese.

Aos membros da banca, agradeço imensamente por terem aceitado o convite de participar da mesma e por todas as contribuições enriquecedoras para o trabalho desenvolvido.

Aos professores Dr. Roberto Lima Barcellos, Dr. Manoel de Jesus Flores Montes, Dr. Jesser Fidelis de Souza Filho e Dra. Sigrid Neumann Leitão, gratidão pela receptividade em seus laboratórios (Laboratório de Oceanografia Geológica, Laboratório de Oceanografia Química, Laboratório de Carcinologia e Laboratório de Zooplâncton, respectivamente, Departamento de Oceanografia – UFPE) para a realização de procedimentos referente à tese. Como também, pelo conhecimento compartilhado.

À Marcio Valle, técnico do Laboratório da Superintendência Regional do Recife (Serviços Geológicos do Brasil), pelos ensinamentos e parceria nas análises granulométricas.

À Professora Dra. Clélia Rocha por abrir as portas do Laboratório de Meiofauna

(Departamento de Biologia - UFRPE) e por todas as trocas enriquecedoras, meus sinceros agradecimentos.

À Dra. Érika dos Santos, que admiro imensamente, agradeço pela amizade e tanta troca de ideias, indo além da meiofauna, até filosofia da ciência. Gratidão pelo apoio sempre.

Aos amigos da turma de doutorado 2018.1, pelos momentos descontraídos, pelo apoio e torcida, mesmo diante de tantos obstáculos.

A todas e todos que fazem (e fizeram) parte do Laboratório de Bentos (LABEN-UFPE), agradeço pelos dias de conversar descontraídas, pelas trocas de conhecimentos, pelo apoio e carinho sempre!

Aos que fazem (e fizeram) parte do Laboratório de Ensino Meiofaunísticos e Socioambiental (LEMS-UFRPE), meus agradecimentos pelas ajudas nas coletas, pelas trocas de conhecimento, pelo aprendizado quanto orientação e por todos os bons momentos que passamos.

Agradeço imensamente a Seu David (pescador e marinho do Rio Capibaribe) e Dona Socorro (ONG ReCapibaribe) pelo apoio nas coletas, pelas trocas de conhecimento e histórias de vida, e mais ainda, por lutarem pelo Rio Capibaribe. Salve o Capibaribe!

A todas e todos do Departamento Oceanografia (UFPE), que fazem parte do corpo acadêmico, gestão, limpeza e serviços gerais. Vocês foram fundamentais para todo esse processo. Obrigada por tudo!

Às amigas e aos amigos da vida, pelo carinho, pela paciência, pelo apoio e por terem torcido por mim nessa jornada tão desafiadora, gratidão por tudo.

Todo o conhecimento humano começou com intuições, passou daí aos conceitos e terminou com ideias (Kant, 1781).

RESUMO

Estuários são sistemas dinâmicos e produtivos da região costeira, estando entre os ecossistemas mais valiosos do mundo. O Rio Capibaribe é o maior rio do litoral de Pernambuco, sendo o corpo hídrico mais importante da Cidade do Recife, entretanto diversas são as contaminações encontradas nos sedimentos deste estuário, que o caracterizam como eutrofizado. A partir dessas informações, a presente tese avaliou a influências dos parâmetros ambientais deste estuário na composição e distribuição das comunidades da meiofauna (capítulo 1), assim como nas assembleias de Nematoda (capítulo 2). Além disso, foi descrita uma espécie nova de nematódeo de vida livre (*Admirandus capibaribei* Cavalcanti; Guilherme; Rosa-Filho, 2023), como também o registro de primeira ocorrência do gênero (Capítulo 3). Para isso, num primeiro momento (capítulo 1), cinco pontos localizados na região do médio estuário do Rio Capibaribe foram analisados para caracterizar as comunidades de meiofauna. Três réplicas de amostras de sedimento foram coletadas em cada ponto amostral (tubo cilíndrico, abertura 2.5 cm), introduzidos até 5 cm do sedimento, e fixadas *in situ* em solução formalina à 5%. Num segundo momento (Capítulo 2), seis pontos do médio estuário foram analisados, em dois períodos climáticos (chuvoso e seco), para análise das comunidades de Nematoda, que seguiu a mesma metodologia de coleta e fixação do sedimento. Para análise dos parâmetros ambientais, também foram coletados três réplicas de sedimento utilizando a mesma metodologia, porém sem fixação. De maneira geral, o sedimento encontrado na região média do estuário foi classificado como silte-arenoso, variando entre pontos amostrais e/ou período climático. Todos os pontos de amostragem possuíram alta concentração de matéria orgânica no sedimento baixa concentração de oxigênio dissolvido (<5 mg/L) na coluna d'água, variando entre os pontos. A meiofauna foi composta por nove táxons, sendo Nematoda e Copepoda os únicos táxons presentes em todos os pontos; por sua vez, Nematoda foi o grupo dominante, representando entre 80 e 99% das comunidades. A dominância de Nematoda, com baixa riqueza da meiofauna, indica a eutrofização do ambiente. A nematofauna foi composta por 108 gêneros, 10 ordens e 46 famílias. A riqueza variou entre os pontos e entre os períodos climáticos, sendo maior no período chuvoso. Foram registradas sete (7) novas ocorrências de gêneros para o Brasil. *Haliplectus* foi o gênero presente em todos os pontos em ambos os períodos amostrais, sendo este gênero um possível bioindicador de perturbação ambiental. Por fim, uma nova espécie de Nematoda, *Admirandus capibaribei* Cavalcanti; Guilherme; Rosa-Filho, 2023, foi descrita,

sendo este o primeiro registro do gênero para o Brasil. Em conclusão, apesar de todos os pontos do médio estuário do Rio Capibaribe estar sobre forte eutrofização, os diferentes pontos do estuário analisado estão sobre diferentes impactos. Ainda assim, a alta densidade dos detritívoros *Haliplectus* e *Thalassomonhystera* corrobora a eutrofização do médio estuário do Rio Capibaribe.

Palavras-chave: eutrofização; nematofauna; biomonitoramento; mangue; taxonomia.

ABSTRACT

Estuaries are dynamic and productive systems in the coastal region, being among the most valuable ecosystems in the world. The Capibaribe River is the largest river on the coast of Pernambuco, being the most important water body in the City of Recife, however, there are several contaminations found in the sediments of this estuary, which characterize it as eutrophic. Based on this information, this thesis evaluated the influence of the environmental parameters of a eutrophic estuary on the composition and distribution of meiofauna communities (chapter 1), as well as on Nematoda assemblages (chapter 2), in addition, a new species of free-living nematode (*Admirandus capibaribei* Cavalcanti; Guilherme; Rosa-Filho, 2023), as well as the record of the first occurrence of the genus (Chapter 3). Initially (chapter 1), five points located in the middle estuary region of the Capibaribe River were analysed to characterize the meiofauna communities. Sediment samples were collected at each sampling point, using a cylindrical tube with an opening of 2.5 cm, introduced up to 5 cm from the sediment and subsequently fixed in situ in 5% formalin solution. In a second step (Chapter 2), six points in the middle estuary were analysed, in two climatic periods (rainy and dry), to analyse the Nematoda communities, which followed the same methodology for collecting and fixing the sediment. To analyse environmental parameters, three replicas of sediment were also collected using the same methodology, but without fixation. In general, the sediment found in the middle region of the estuary was classified as silt-sandy, varying between sampling points and/or climatic period. All sampling points had a high concentration of organic matter in the sediment and a low concentration of dissolved oxygen (<5 mg/L) in the water column, varying between points. The meiofauna was composed of nine taxa, with Nematoda and Copepoda being the only taxa present at all points; in turn, Nematoda was the dominant group, representing between 80 and 99% of the communities. Nematoda dominance, with low meiofauna richness, indicates eutrophication of the environment. The nematofauna was composed of 108 genera, 10 orders and 46 families. Richness varied between points and between climatic periods, being greater in the rainy season. Seven (7) new occurrences of genera were recorded for Brazil. The points that showed the greatest differences in nematofauna assemblage were the points located furthest from each other, with different influences of salinity, concentration of organic matter and granulometry. *Haliplectus*, present in all points in both sampling periods, may be a possible bioindicator of environmental disturbance. Finally, a new species of Nematoda, *Admirandus capibaribei*

Cavalcanti; Guilherme; Rosa-Filho, 2023, was described, this being the first record of the genre for Brazil. In conclusion, although all points of the middle estuary of the Capibaribe River are under strong eutrophication, the different points of the estuary analysed are under different impacts. Even so, the high density of the detritivores *Haliplectus* and *Thalassomonhystera* corroborates the eutrophication of the middle estuary of the Capibaribe River.

Keywords: eutrophication; nematofauna; biomonitoring; mangrove; taxonomy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO 1 - CARACTERIZAÇÃO DA MEIOFAUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL URBANO (PERNAMBUCO, BRASIL)

- Figura 1 - Mapa da área de estudo. P = ponto de amostragem. Fonte: IBGE e Google maps (2023) 29
- Figura 2 - PCA das comunidades da meiofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral 32
- Figura 3 - Abundância total das comunidades da meiofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral 33
- Figura 4 - Abundância e riqueza relativa das comunidades da meiofauna das comunidades da meiofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral 34
- Figura 5 - PCO das comunidades da meiofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral 35
- Figura 6 - Curvas de K-dominância cumulativas (%) para as comunidades da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem 36
- Figura 7 - Índices de Hill para as comunidades da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem. 36

ARTIGO 2 - VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA NEMATOFAUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL EUTROFIZADO (PERNAMBUCO, BRASIL)

- Figura 1 - Precipitação acumuladas na estação de monitoramento de Recife no ano de 2019. Fonte: INMET (2023). 52
- Figura 2 - Desenho amostral no médio estuário do Rio Capibaribe. P = Ponto amostral 53
- Figura 3 - Draftsman plot dos parâmetros ambientais em diferentes pontos

	amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral	57
Figura 4	- Gráfico da PCA utilizando as características ambientais (granulometria, teor de matéria orgânica, teor de carbonato de cálcio, salinidade), em diferentes locais e períodos climáticos no estuário médio do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = Ponto amostral.	57
Figura 5	- DistLM das assembleias de Nematoda e os parâmetros ambientais, em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	58
Figura 6	- Densidade e riqueza das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	59
Figura 7	- PCO das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	61
Figura 8	- Curva de K-dominância da nematofauna dos pontos, em dois períodos amostrais, do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	62
Figura 9	- Abundância total dos gêneros mais representativos das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	71
Figura 10	- PCO dos gêneros mais representativos das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	72
Figura 11	- DistLM dos gêneros mais representativos das assembleias de Nematoda e os parâmetros ambientais, em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	73
Figura 12	- Hábitos alimentares da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral. 1A = detritívoros não-seletivos; 1B = detritívoros seletivos; 2A = comedores de epístratos;	

2B = predadores/onívoros; PP = fitoparasitas.	74
Figura 13 - PCO dos hábitos alimentares da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	75
Figura 14 - Estrutura populacional da nematofauna dos pontos amostrais em diferentes locais e períodos climáticos no estuário médio do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	76
Figura 15 - PCO das estruturas populacional da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	77
Figura 16 - Índice colonizador-persistente da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	78
Figura 17 - Índice de maturidade da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	79
ARTIGO 3 - REVISÃO DE <i>ADMIRANDUS</i> BELOGUROV & BELOGUROVA, 1979 (NEMATODA, ONCHOLAIMIDAE) COM A DESCRIÇÃO DE UMA NOVA ESPÉCIE E O PRIMEIRO REGISTRO DO GÊNERO PARA O BRASIL	
Figura 1 - <i>Admirandus capibaribei</i> sp. n. macho. A: Visão geral, mostrando a ponta do testículo anterior (seta). B: cabeça, mostrando o contorno do anfídeo em forma de bolsa (seta). B': cabeça mostrando dente dorsal, denticulos e poro secretor-excretor (seta). C: cauda com espículas, gubernáculo e cerdas cloacais. Barras de escala: A = 200 µm; B, B' e C = 50 µm.	98
Figura 2 - <i>Admirandus capibaribei</i> sp. n. fêmea. A: Visão geral, mostrando a uveta do sistema demaniano (seta). B: região da cabeça, evidenciando o contorno do anfídeo em forma de bolsa e o poro secretor-excretor (setas). B': região da cabeça, mostrando os dentes. C: região da cauda, evidenciando o ânus e os poros do sistema demaniano (setas). Barras de escala: A = 200 µm; B, B' e C = 50 µm.	99
Figura 3 - <i>Admirandus capibaribei</i> sp. n. macho: A: visão geral. B: Cabeça. B':	

cavidade bucal, anel nervoso e poro secretor-excretor. C: glândula secretora-excretora. D: cauda, mostrando as espículas, gubernáculo e glândulas caudais. Barras de escala: A = 200 μm ; B, B', C e D = 50 μm 100

Figura 4 - *Admirandus capibaribei* sp. n., fêmea: A: visão geral. B: cavidade bucal. B': cabeça. C: Gônada com ovo e parte do sistema demaniano. D: Cauda mostrando os poros do sistema demaniano. Barras de escala: A = 200 μm ; B, B' e C = 100 μm ; D = 50 μm 101

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 - CARACTERIZAÇÃO DA MEIOFAUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL EUTROFIZADO (PERNAMBUCO, BRASIL)

Tabela 1 - Características dos sedimentos e da coluna d'água do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem.	31
Tabela 2 - Densidade e riqueza das comunidades da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem.	33
Tabela 3 - Resultados das PERMANOVA utilizando a abundância das comunidades da meiofauna, em diferentes pontos no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	34
Tabela 4 - Meiofauna de estuários tropicais em todo o mundo.	40

ARTIGO 2 - VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA NEMATOFAUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL EUTROFIZADO (PERNAMBUCO, BRASIL)

Tabela 1 - Características dos sedimentos e da coluna d'água do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	56
Tabela 2 - Resultados das PERMANOVA utilizando a riqueza das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	59
Tabela 3 - Resultados das PERMANOVA utilizando a abundância das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	60
Tabela 4 - Classificação dos gêneros de nematódeos no médio estuário do Rio Capibaribe. C-p = índices colonizador-persistente. PP = parasita de plantas.	67

Tabela 5 - Resultados das PERMANOVA utilizando a abundância dos gêneros mais representativos das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	71
Tabela 6 - Resultados das PERMANOVA utilizando a estrutura trófica da nematofauna entre os pontos, nos dois períodos amostrais (chuvoso e seco), do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	74
Tabela 7 - Resultados das PERMANOVA utilizando a estrutura populacional da nematofauna entre locais e períodos climáticos no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	76
Tabela 8 - Resultados das PERMANOVA utilizando índice colonizador-persistente (valor c-p) das comunidades de Nematoda em diferentes locais e períodos climáticos no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.	79
ARTIGO 3 - REVISÃO DE <i>ADMIRANDUS</i> BELOGUROV & BELOGUROVA, 1979 (NEMATODA, ONCHOLAIMIDAE) COM A DESCRIÇÃO DE UMA NOVA ESPÉCIE E O PRIMEIRO REGISTRO DO GÊNERO PARA O BRASIL	
Tabela 1 - Parâmetros morfométricos (μm) de <i>Admirandus capibaribe</i> sp. n. (n.a. = não aplicável; n.v. = não visualizado).	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS.....	23
1.1.1 Objetivo Geral.....	23
1.1.2 Objetivos Específicos	24
1.2 JUSTIFICATIVA.....	24
1.3 ESTRUTURA DA TESE	24
2 MEIOFAUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL URBANO EUTROFIZADO(RIO CAPIBARIBE, PERNAMBUCO, BRASIL).....	26
3 VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA NEMATOFAUNA EM UM ESTUÁRIO TROPICAL EUTROFIZADO (RIO CAPIBARIBE, BRASIL).....	49
4 REVIEW OF <i>ADMIRANDUS</i> BELOGUROV & BELOGUROVA, 1979 (NEMATODA, ONCHOLAIMIDAE) WITH THE DESCRIPTION OF A NEW SPECIES AND THE FIRST RECORD OF THE GENUS FROM BRAZIL.....	93
5 CONCLUSÃO	110
REFERÊNCIAS.....	112

1 INTRODUÇÃO

Os estuários são sistemas dinâmicos e produtivos, caracterizados por ser uma região costeira de transição entre os rios e o mar, e estão entre os ecossistemas mais importantes do mundo (COSTANZA *et al.*, 1997; KENNISH, 2002). As características da água e dos sedimentos variam marcadamente espacial e temporalmente nos estuários, sendo reconhecidas zonas distintas com base na distribuição de salinidade, quais sejam: zona limnética (entrada do rio), zona oligohalina (estuário superior ou alto estuário), zona mesohalina e zona polihalina (médio estuário), e zona euhalina (estuário inferior ou baixo estuário) (KENNISH, 2002).

A hidrodinâmica estuarina é impulsionada pelas marés e descarga dos rios, limitadas pela morfologia do estuário, que juntos controlam a deposição dos sedimentos, nutrientes e outros parâmetros, especialmente os poluentes, da água; além disso, os processos de floculação, adsorção e precipitação dos elementos são influenciados pelas mudanças contínuas da salinidade e pH (DYER, 1995; SCHETTINI *et al.*, 2016). A mistura da massa de água estuarina decorre da ação simultânea de advecção e de difusão turbulenta, onde as águas menos salinas e menos densas flutuam sobre as águas marinhas mais densas, que penetram no sistema causando fricção no fundo, e conseqüente turbulência, resultando em alguns casos na estratificação da água (GEYER; MACCREADY, 2014).

Os estuários podem ser altamente estratificados (dominância fluvial), parcialmente misturados (equilíbrio entre vazão e maré) e bem misturados (dominância da maré), e, por conseguinte, podem se comportar como retentores ou exportadores de matéria e energia para a zona costeira adjacente e plataforma continental (DYER, 1995; MIRANDA *et al.*, 2002). A zona de turbidez máxima (ZTM), formada pelo resultado da interação entre a descarga fluvial, dinâmica das marés e circulação gravitacional, está presente em alguns estuários (DYER, 1995; DYER, 1977; GEYER, 1993; POSTMA, 1967;) e tem importantes implicações ecológicas, afetando a fauna e a flora local (CRUMP; BAROSS, 1996; MORGAN; CORDELL; SIMENSTAD, 1997), e a dinâmica de contaminantes (BRUNK; JIRKA; LION, 1997).

Cerca de 60% da população mundial ocupa áreas estuarinas, utilizando esses ambientes como fonte de alimento e renda, local de lazer, repositório de efluentes domésticos e industriais (DAY JR *et al.*, 2012). O crescente uso de estuários pelas populações humanas tem levado ao aumento exponencial da degradação dos ambientes estuarinos, particularmente no que se refere à eutrofização das águas e dos sedimentos, uso irregular das margens para

construções, assoreamento e contaminação por metais pesados e hidrocarbonetos (KENNISH *et al.*, 2014). Assim, as constantes modificações no sistema estuarino, resultantes das atividades antrópicas, podem mudar o balanço sedimentar dos estuários em diversas formas, como a erosão e a mudança do padrão do fluxo da corrente de maré, que interferem diretamente no transporte de sedimentos (BELL *et al.*, 2000).

A meiofauna estuarina, formada por animais bentônicos com dimensão variando de 0,044 a 0,3 mm (GIERE, 2009) pertencentes a variados filos de invertebrados, desempenha importante papel nos ambientes costeiros como base da cadeia trófica, rearranjo do sedimento e oxigenação do mesmo, entre outros (HEIP *et al.*, 1982; MOENS; VINCX, 2000). Dentre a meiofauna estuarina, representantes do Filo Nematoda destacam-se pela riqueza e abundância, desempenhando papéis cruciais na ciclagem de nutrientes e como fontes de alimento para outros organismos (GIERE, 2009). A maioria dos nematódeos marinhos de vida-livre prefere habitar sedimentos oxigenados, no entanto, algumas espécies têm sido relatadas nas camadas profundas, e por consequência anóxicas, do sedimento (BRAECKMAN *et al.*, 2011; TAHERI; VANAVERBEKE, 2016; WETZEL *et al.*, 2001) ou sobreviveram a hipóxia experimental de curto prazo e condições anóxicas (STEYAERT *et al.*, 2007; TAHERI *et al.*, 2015, 2017). Quando submetidas a períodos mais longos de hipóxia ou anoxia, observa-se, no entanto, diminuição na densidade e diversidade desses organismos (COLEN *et al.*, 2009; TAHERI *et al.*, 2015). Alguns estudos mostram que nematódeos são adaptados a ambientes extremos por meio de estratégias de desintoxicação e alta capacidade anaeróbica, enquanto os copépodes harpacticóides são os táxons da meiofauna mais sensíveis a baixas concentrações de oxigênio (DE TROCH *et al.*, 2013).

Devido ao tamanho pequeno, alta abundância, tempo de geração curto e ausência de uma fase planctônica, a meiofauna tem sido utilizada como indicador biológico de perturbações ambientais resultantes de causas naturais e antrópicas (AUSTEN; WIDDICOMBE, 2006; SCHENK *et al.*, 2020; SEMPRUCCI; COLANTONI; BALSAMO, 2016; ZEPELLI; LEDUC, 2018), podendo inclusive indicar alteração ambiental ainda em fase inicial (SCHRATZBERGER; INGELS, 2018; WHOMERSLEY *et al.* 2009). Os nematódeos têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de impactos ambientais (BALSAMO *et al.*, 2012; MAHARNING; ARDLI; PRABOWO, 2023; MORENO *et al.*, 2011; SANTOS; PETRACCO; VENEKEY, 2021; SEMPRUCCI *et al.*, 2015, 2017; SEMPRUCCI; COLANTONI; BALSAMO, 2016; CAVALCANTI *et al.*, 2023), e a análise das suas comunidades mostraram ser uma ferramenta de sucesso para acessar poluição

aquática (COPPO *et al.*, 2023; DANOVARO *et al.*, 2009; KANDRATAVICIUS *et al.*, 2018; RIDALL; INGELS, 2021; ZEPELLI; LEDUC, 2018). O uso de nematódeos como bioindicadores se deve a muitas de suas características ecológicas e biológicas, em particular sua cutícula permeável que lhe permite reagir com uma ampla gama de resposta às mudanças no ambiente, uma vez que estão em contato imediato com seu microambiente e estes organismos não migram rapidamente de condições estressantes (BONGERS, 1990; BONGERS; FERRIS, 1999; FERRIS *et al.*, 2001; FERRIS; BONGERS, 2006; YEATES *et al.*, 1993; YEATES, 2003).

Devido aos diferentes comportamentos de alimentação e diferentes estratégias de vida, os nematódeos variam de colonizadores (r-estrategistas), que rapidamente aumentam em número em condições favoráveis, a persistentes (K-estrategistas) (BONGERS, 1990; BONGERS; FERRIS, 1999). Assim, os nematódeos reagem rapidamente a qualquer enriquecimento ou perturbações por contaminantes, aumentando ou diminuindo a sua abundância e diversidade, dependendo de cada grupo (BONGERS; FERRIS, 1999). No Brasil historicamente, desde o início da colonização, muitos núcleos urbanos foram estabelecidos ao longo dos estuários, como a cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco (nordeste do Brasil), cuja formação e expansão se deram nas margens dos rios Capibaribe e Beberibe (BEZERRA; MELO, 2014). Recife tem sido condicionado pelo seu sítio fluvial e deltaico, tendo o traçado urbano sido moldado pelos rios e mangues que circundam a cidade (MELO, 1978). Durante todo o processo de desenvolvimento da cidade, a degradação do Rio Capibaribe fica evidente, uma vez que a falta de sistemas de esgotamento sanitário resultou em sua utilização como depósito de resíduos, e esta situação deplorável do Rio Capibaribe tem sido denunciada pela imprensa e em publicações literárias desde 1847 (BEZERRA; MELO, 2014).

O Rio Capibaribe é o maior rio do litoral de Pernambuco (Figura 1), representa o corpo hídrico mais importante da Cidade de Recife, e sua ocupação data do início do século XVI (MELO, 2009). Ao longo dos séculos posteriores a ocupação expandiu-se, e hoje a Cidade de Recife, com mais de 1,6 milhões de habitantes, margeia o estuário, juntamente com mais 14 municípios, que compõem a Região Metropolitana de Recife, maior centro urbano do Nordeste do Brasil, com população estimada em aproximadamente 4 milhões de habitantes (IBGE 2018). Ainda que desde o início do século XX a preocupação com o saneamento tenha sido colocada como prioridade, quase via de regra os projetos trataram apenas de carrear os

efluentes urbanos para o rio, e não lhes dar tratamento adequado (MELO, 2009; ZANARDI-LAMARDO *et al.*, 2016).

A partir década de 1980, a poluição no estuário do rio Capibaribe se manifestou de forma acentuada, e estudos apontam que, diferentemente do panorama mostrado por Otmann; Otmann (1959), as condições sanitárias do rio estavam degradadas e já se registravam enriquecimento orgânico e eutrofização, com conseqüente aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio, das concentrações de compostos nitrogenados e silicato e redução do pH (CPRH, 1988; TRAVASSOS *et al.*, 1991/1993). Entre 2006 e 2008, Silva *et al.* (2011) identificou a presença de metais pesados no sedimento e nos tecidos de animais e plantas na área, e posteriormente, em 2010 e 2011, as águas do estuário foram classificadas como muito poluídas ou poluídas (com base na resolução CONAMA No 357/05) ao longo de todo o ano (PERNAMBUCO, 2011; 2013). Este estuário recebe altas cargas de nutrientes, resultantes principalmente de fontes antrópicas, e os níveis de deterioração ambientais têm aumentado nas últimas décadas (ARAÚJO JÚNIOR; PEREIRA, 2021; BEZERRA; MELO, 2014; LIMA *et al.*, 2019; MACIEL *et al.*, 2015; MARONE *et al.*, 2005; MOENS; VINCX, 1997; PARDAL *et al.*, 2019; RESENDE; CRAVEIRO; PEREIRA., 2016; SCHETTINI *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2022; TRAVASSOS, 1991; TRAVASSOS; MACEDO; KOENING, 1991; ZANARDI-LAMARDO *et al.*, 2016).

Os lançamentos de efluentes em quantidades que ultrapassam a capacidade de diluição, absorção, ciclagem e autodepuração do corpo hídrico receptor, causam impactos e alterações na composição química natural das águas, podendo gerar desequilíbrios ecológicos como a eutrofização, no caso de efluentes ricos em nutrientes, ou efeitos letais/subletais para a biota local, no caso de efluentes contendo compostos tóxicos e/ou com excessiva entrada de matéria orgânica, levar à deficiência de oxigênio (hipoxia ou anoxia) (BALSAMO *et al.*, 2012; CLARKE *et al.*, 2006). A maior parte dos efluentes liberados em corpos hídricos possuem substâncias com características hidrofóbicas, apresentando baixa solubilidade, sendo adsorvidos em sedimentos e podendo ser absorvidos por organismos (YUAN *et al.*, 2021). Além disso, a exposição prolongada a condições hipóxicas afeta negativamente toda a comunidade biológica, com diminuição das densidades, diversidade e/ou desaparecimento de espécies e etapas da vida (INGELS *et al.*, 2018; SERGEEVA; ZAIKA, 2013).

Vários são os estudos sobre as diversas contaminações nos sedimentos do estuário do Rio Capibaribe (COSTA *et al.*, 2021; MACEDO *et al.*, 2007; MELO *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2014; SCHETTINI *et al.*, 2016; XAVIER *et al.*, 2016) bem como o impacto desses

contaminantes na biota local (CASTRO *et al.*, 2007; COLLIER *et al.*, 2019; GOMES *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2022; RÉGIS *et al.*, 2018; PARANAGUÁ *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2022) ao longo deste estuário que corroboram as conclusões de Zanardi-Lamardo *et al.* (2016), que caracterizou o estuário como hipereutrofizado. A toxicidade dos sedimentos superficiais mostrou efeitos subletais nos copépodes bentônicos *Tisbe biminiensi* (RÉGIS *et al.*, 2018), no peixe-zebra *Danio rerio* (GOMES *et al.*, 2020), e no peixe *Poecilia vivipara* (MELO *et al.*, 2021) indicando que os contaminantes presentes no sedimento do estuário do Rio Capibaribe estão biodisponíveis. No entanto, ainda são poucos os dados ecológicos sobre as comunidades da nematofauna do estuário do Rio Capibaribe. Recentemente, Silva *et al.* (2022) avaliaram as comunidades meiofaunísticas do baixo estuário do Rio Capibaribe e corroboraram com os achados de contaminação por HPA's nos sedimentos. Entretanto, não houve refinamento taxonômico para Nematoda.

Apesar da poluição, a conexão da população recifense com o Rio Capibaribe, em particular seu estuário, mantêm-se muito forte, dado que este corpo d'água é uma das principais referências históricas, paisagísticas e culturais da cidade (MELO, 2009). Devido a sua importância para a cidade de Recife, em 1996, o estuário do Rio Capibaribe foi transformado em Unidade de Conservação Municipal, a Zona Especial de Proteção Ambiental da Área Estuarina do Rio Capibaribe (Lei Municipal Nº 16.176/96), entretanto as condições de eutrofização se intensificaram nas últimas décadas e pouco têm sido feito para a preservação do mesmo.

1.1 OBJETIVOS

Diante desse cenário, o presente estudo objetivou caracterizar a meiofauna, em particular Nematoda, a fim de testar a hipótese de que a estruturação e distribuição dessas comunidades/assembleias refletem as condições abióticas do médio estuário do Rio Capibaribe.

1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar as variações espaço-temporais na estrutura das comunidades de meiofauna, com ênfase em Nematoda, correlacionando com os fatores abióticos do sedimento e da coluna d'água.

1.1.2 Objetivos Específicos

- I. Caracterizar as variações espaciais e temporais dos fatores físicos e químicos: salinidade, teores de matéria orgânica, carbonato e granulometria ao longo do médio estuário;
- II. Caracterizar as comunidades da meiofauna quanto à abundância relativa e riqueza, correlacionando com os fatores ambientais;
- III. Definir a composição taxonômica, em nível de grandes grupos no caso da meiofauna e em nível genérico quanto a nematofauna, composição trófica e estrutura populacional das comunidades de nematódeos de vida livre, correlacionando com os fatores ambientais;
- IV. Registrar novas ocorrências e descrever novas espécies de nematódeos;
- V. Identificar gêneros com potencial de uso como indicadores de perturbação do estuário.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Rio Capibaribe é o maior rio do litoral de Pernambuco, representa o corpo hídrico mais importante da Cidade de Recife, e sua ocupação data do início do século XVI (MELO, 2009). Ainda que desde o início do século XX a preocupação com o saneamento tenha sido colocada como prioridade, quase via de regra os projetos trataram apenas de carrear os efluentes urbanos para o rio, e não lhes dar tratamento adequado (MELO, 2009; ZANARDI-LAMARDO *et al.*, 2016). Apesar da poluição, a conexão da população recifense com o Rio Capibaribe, em particular seu estuário, mantêm-se muito forte, dado que este corpo d'água é uma das principais referências históricas, paisagísticas e culturais da cidade (MELO, 2009).

1.3 ESTRUTURA DA TESE

A tese foi desenvolvida em três capítulos principais (2, 3 e 4), que caracterizam a meiofauna, com ênfase em Nematoda, do médio estuário do Rio Capibaribe. Os capítulos foram construídos no formato de artigos independentes e completos, podendo ser lidos independentemente.

O Capítulo 2, *MEIOFAUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL EUTROFIZADO (RIO*

CAPIBARIBE, PERNAMBUCO, BRASIL), apresenta a caracterização da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe. Nesse estudo, foram analisadas características do sedimento (granulometria e matéria orgânica) e da coluna d'água (oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez e salinidade), e suas influências na estruturação da meiofauna.

O Capítulo 3, *VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA NEMATOFUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL EUTROFIZADO (PERNAMBUCO, BRASIL)*, apresenta a caracterização das assembleias de Nematoda, em diferentes porções do médio estuário do Rio Capibaribe em diferentes períodos climáticos (seco e chuvoso). Foram também analisadas as características do sedimento (granulometria, matéria orgânica e carbonato de cálcio), como também aferido o pH da coluna d'água em cada ponto amostral. Alguns gêneros foram identificados como sendo primeira ocorrência para o Brasil.

O Capítulo 4, *REVISÃO DE ADMIRANDUS BELOGUROV & BELOGUROVA, 1979 (NEMATODA, ONCHOLAIMIDAE) COM A DESCRIÇÃO DE UMA NOVA ESPÉCIE E O PRIMEIRO REGISTRO DO GÊNERO PARA O BRASIL*, apresenta a descrição de uma nova espécie de Nematoda do gênero *Admirandus*, sendo o primeiro registro do gênero para o Brasil. Este capítulo foi publicado na revista *Zootaxa*:

CAVALCANTI MF; GUILHERME BC, ROSA-FILHO JS. Review of *Admirandus* Belogurov & Belogurova, 1979 (Nematoda, Oncholaimidae) with the description of a new species and the first record of the genus from Brazil. *Zootaxa*, 2023. n. 5244, n. 1, p. 16. Disponível em: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5244.1.6>

2 MEIOFAUNA DE UM ESTUÁRIO TROPICAL URBANO EUTROFIZADO (RIO CAPIBARIBE, PERNAMBUCO, BRASIL)

2.1 INTRODUÇÃO

Os estuários são contêncões costeiras, com mistura de água doce e água do mar e a presença de uma biota estuarina, e é a principal via de distribuição de nutrientes para os oceanos (PEREIRA *et al.*, 2004; WHITFIELD; ELLIOTT, 2012). Cerca de 60% da população mundial ocupa áreas estuarinas, utilizando-as como fonte de alimento e renda, turismo, mas também para lançamento de esgoto e efluentes industriais (DAY JR. *et al.*, 2012). Entretanto, a liberação crescente de efluentes, em particular de resíduos domésticos, em quantidades que excedem a capacidade de diluição, absorção, ciclagem e autopurificação do sistema estuarino geram desequilíbrios ecológicos como a eutrofização (CLARKE *et al.*, 2006). Essa entrada excessiva de matéria orgânica pode ter efeitos deletérios sobre o ecossistema e suas comunidades bentônicas, devido à deficiência de oxigênio (BALSAMO *et al.*, 2012; PINCKNEY *et al.*, 2003). Além disso, a exposição prolongada a condições de hipóxia afeta negativamente toda a comunidade biológica, com diminuição das densidades, diversidade e /ou desaparecimento de espécies e fases da vida (INGELS *et al.*, 2018; LICHTSCHLAG *et al.*, 2015).

Dentre os organismos que fazem parte da ecologia dos estuários, a meiofauna desempenha um papel importante em ambientes costeiros como base da cadeia trófica, rearranjo do sedimento e sua oxigenação, entre outros (HEIP *et al.*, 1982; MOENS *et al.*, 2006; MOENS; SROCZYNSKA; ADÃO, 2022). O estudo das comunidades meiobentônicas fornecem informações de grande interesse não apenas devido ao seu importante papel nas cadeias alimentares bentônicas marinhas, mas também devido às suas características ecológicas (tamanho pequeno, alta abundância, geração rápida tempos e ausência de fase planctônica) (HEIP *et al.*, 1982; MOENS *et al.*, 2006). Assim, estas características conferem à meiofauna vários vantagens sobre as comunidades de macrofauna comumente usadas para monitorando ambiental (WHOMERSLEY *et al.*, 2009; BALSAMO *et al.*, 2012; FERREIRA *et al.*, 2015; GINGOLD; MOENS; ROCHA-OLIVARES, 2013; KANG *et al.*, 2023; SANTOS; PETRACCO; VENEKEY, 2021; SEMPRUCCI *et al.*, 2015).

Com o aumento da eutrofização, a meiofauna estuarina tende a diminuir em riqueza, e grupos mais sensíveis tendem a desaparecer (INGELS *et al.*, 2013; SERGEEVA; ZAIKA 2013). Em particular, os nematódeos aumentam quando a enriquecimento orgânico,

porém a riqueza diminui e há a seleção de grupos oportunistas. Alguns nematódeos são mais sensíveis do que outros a enriquecimento orgânico. Geralmente, os bacterívoros com ciclo de vida curto e alto potencial reprodutivo refletem melhor a proliferação de bactérias (FERRIS; BONGERS, 2006).

O estuário do Rio Capibaribe é o principal corpo d'água da Cidade do Recife (Nordeste do Brasil), recebendo elevadas cargas de nutrientes, decorrentes principalmente de fontes antropogênicas, e os níveis de deterioração ambiental têm aumentado nas últimas décadas (MACIEL *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2014; RESENDE; CRAVEIRO; PEREIRA, 2016; XAVIER *et al.*, 2016, 2017). A quantidade de esgoto não tratado despejado neste estuário é desconhecida; estima-se que apenas 32% das águas residuais da cidade são coletadas para tratamento antes de serem lançadas em águas estuarinas (COMPESA, 2017). São vários os estudos sobre a contaminação presente nas águas e sedimentos do estuário do Rio Capibaribe (COSTA *et al.*, 2021; MACEDO *et al.*, 2007; MACIEL *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2014; SCHETTINI *et al.*, 2016; XAVIER *et al.*, 2017; ZANARDI-LAMARDO *et al.*, 2016), mas pouco se sabe sobre os efeitos dessas contaminações nas comunidades da meiofauna do estuário do Rio Capibaribe. Experimentos usando bioensaios mostraram que os sedimentos superficiais tiveram toxicidade subletal para crustáceos copépodos e peixes sugerindo que contaminantes presentes no sedimento estão biodisponíveis e podem causar danos aos organismos bentônicos que vivem nele (GOMES *et al.*, 2020; MACIEL *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2021). Recentemente, Silva *et al.* (2022) verificou que a contaminação de HPA nos sedimentos do baixo estuário (região portuária do Recife) apresentou correlação positiva com o aumento de grupos oportunistas da meiofauna, como Nematoda e Polychaeta.

Compreender o impacto antrópico em ambientes estuarinos é complexo, e para a avaliação de sedimentos, a caracterização da fauna *in situ* fundamental, pois do ponto de vista ambiental as únicas linhas de base para avaliar a qualidade dos sedimentos são as biológicas (BORJA; DAUER, 2008; ELLIOTT; QUINTINO, 2018; LONG; CHAPMAN, 1985). Portanto, o objetivo do estudo foi descrever as variações espaciais das comunidades da meiofauna, do médio estuário do Rio Capibaribe, identificando possíveis correlações com os fatores abióticos analisados. E assim, com isso testar a hipótese de que a meiofauna reflete a eutrofização do estuário, com baixa riqueza e dominância de grupos oportunistas.

2.2 ÁREA DE ESTUDO

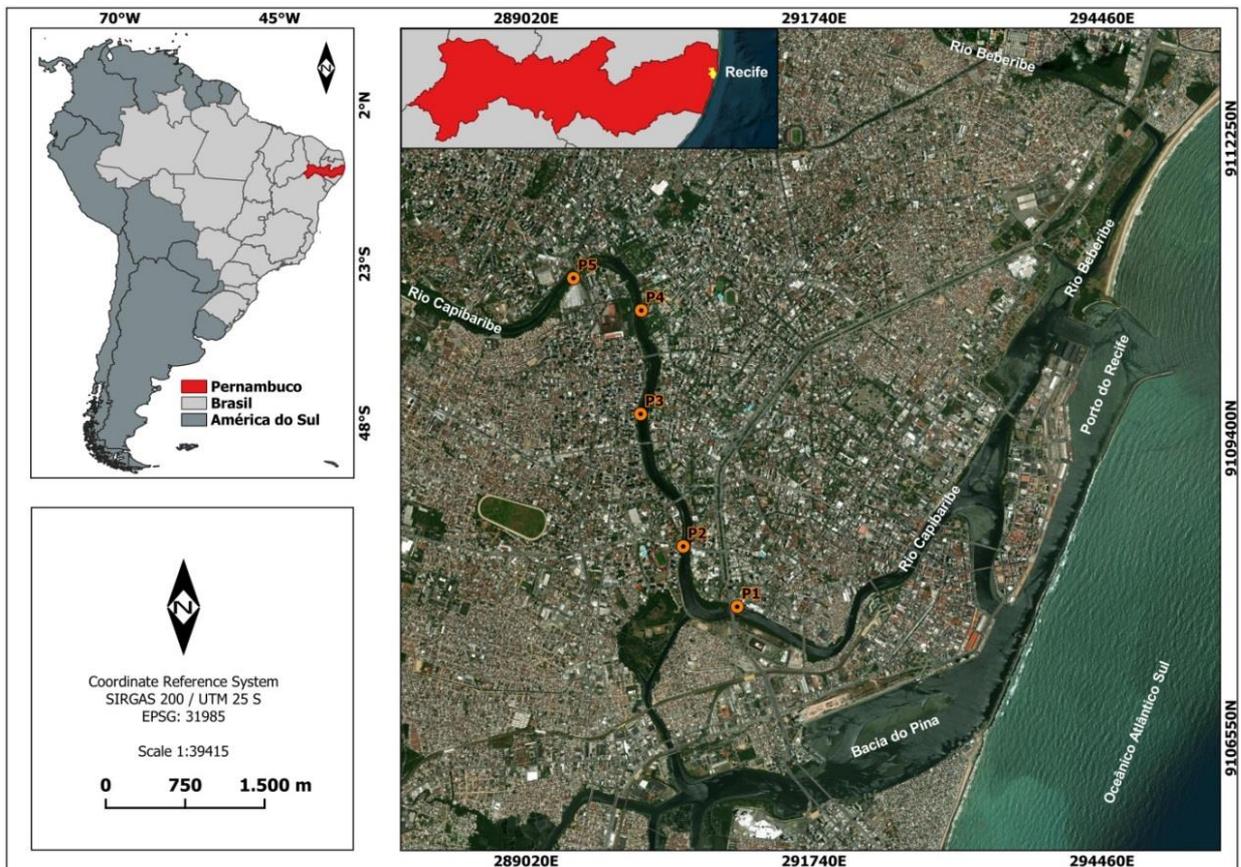
Juntamente com outros 14 municípios, Recife compreende a Região Metropolitana do

Recife, o maior centro urbano do Nordeste do Brasil, com cerca de 4 milhões de habitantes. Somente a cidade do Recife possui uma população de mais de 1,6 milhão de habitantes e estima-se que cerca de 500.000 pessoas vivam no entorno do médio e baixo estuário do rio Capibaribe (IBGE, 2018). O Rio Capibaribe é o maior rio do litoral de Pernambuco (Nordeste do Brasil), representando o mais importante corpo d'água da Cidade do Recife, e sua ocupação data do início do século XVI (PONTUAL, 2001; RIBEIRO NETO *et al.*, 2014). Este rio forma o Sistema Estuarino do Rio Capibaribe (SERC), incluindo a Bacia do Pina, e recebe contribuições dos rios Beberibe, Jordão, Pina e Tejipió; e pode ser dividido em diferentes seções, com base na influência da maré: alto, médio e baixo estuário (SCHETTINI *et al.*, 2016).

Caracterizado como um estuário plano, raso e parcialmente misto, com sua porção mais profunda próxima à foz, onde está localizado o Porto do Recife (SCHETTINI *et al.*, 2016). A circulação da água no estuário é controlada por meso-marés semi-diurnas, com amplitude de marés de até 3 m nas marés vivas (MACIEL *et al.*, 2015). Este estuário tem 25 km de extensão e aproximadamente 50 m de largura, com pequenas áreas de manguezais degradadas ao longo de suas margens (Figura 1). Os sedimentos superficiais variam de silte a areia e cascalho, com alta sedimentação sendo registrada na zona estuarina (OLIVEIRA *et al.*, 2014). O clima é tropical úmido, com temperatura média anual de 26° C, e pluviosidade de 1.500-2.000 mm.ano⁻¹, com chuvas concentradas de março a agosto (MACEDO *et al.*, 2007). O período tipicamente seco (dezembro, janeiro e fevereiro) e o período tipicamente chuvoso (maio, junho e julho) são intercalados por períodos de transição, onde há uma flutuação quanto à pluviometria e temperatura.

A região do médio estuário apresenta uma zona de turbidez máxima (ZTM) onde os contaminantes tendem a decantar e se estabelecer no fundo estuarino, e não ser transportado pela maré para a região costeira (SCHETTINI *et al.*, 2016). A ZTM é mantida pela convergência no fluxo próximo ao fundo associado à circulação estuarina onde as partículas muito próximas do leito não são elevadas o suficiente na coluna de água e, conseqüentemente, não são transportadas até aquelas ligeiramente no fundo (MORGAN; CORDELL; SIMENSTAD, 1997; POSTMA, 1967).

Figura 1 - Área de estudo do médio estuário do Rio Capibaribe. Círculos vermelhos indicam pontos de amostragem. P= pontos amostrais. Fonte: IBGE e Google maps (2023).



2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Estratégia amostral

Os pontos de amostragem foram escolhidos com base nos resultados dos estudos anteriores sobre a divisão do estuário, e altas concentrações de matéria orgânica, metais pesados e hidrocarbonetos (OLIVEIRA *et al.*, 2014; RESENDE; CRAVEIRO; PEREIRA, 2016; SCHETTINI; PAIVA; *et al.*, 2016). Em outubro de 2018, durante a maré baixa de sizígia, as amostras (três réplicas) foram coletadas em cinco pontos (do km 6 ao 10, a partir da foz, coletando a cada 1 km de distância) no médio do Estuário do Rio Capibaribe (Figura 1), usando um tubo cilíndrico (2,5 cm de diâmetro) inserido nos primeiros 5 cm do sedimento.

As amostras foram fixadas *in situ* com formalina salina a 5%. As coletas de sedimentos para análise do teor de matéria orgânica e granulometria foram realizadas seguindo a mesma metodologia, porém, sem fixação, onde as amostras foram refrigeradas até

análises. Os parâmetros abióticos da água (oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura, pH, salinidade) foram medidos com uma sonda multiparâmetro, que foi mergulhada até 1 m de profundidade.

2.2.2 Análise laboratorial

A granulometria realizada seguindo a metodologia de Suguio (2003), onde foi utilizado um jogo de peneiras geológicas (0,38 – 2 mm), seguido de pipetagem dos finos. O teor de matéria orgânica foi aferido seguindo a metodologia Muller (1967), que se baseia na queima química utilizando peróxido de hidrogênio.

Para a extração da meiofauna, foi utilizada a metodologia adaptada de Boisseau (1957) que é baseada na elutriação manual das amostras, e retenção da fauna em peneira geológica (0,45 mm). Os animais foram identificados sob estereomicroscópio até o nível de grandes grupos tendo como referência Hulings; Gray (1976), Higgins; Thiel (1988), Giere (2009) e Schimidt-Rhaesa *et al.* (2020)

2.2.3 Análise de dados

Primeiramente, uma Draftsman foi realizada para verificar possíveis interações entre os parâmetros. Posteriormente, foi realizada a análise dos componentes principais (PCA), com significância de 0.5, para verificar a contribuição relativa de cada parâmetro para a formação do componente principal.

Para cada amostra biológica, foram calculadas a densidade de organismos da meiofauna (ind.10 cm⁻²), riqueza (número de táxons presentes) e abundância relativa (%). Para comparar as comunidades em diferentes pontos, a análise PERMANOVA foi realizada, usando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, e expressa graficamente utilizando Análise de Coordenadas Principais (PCO). Uma curva de dominância K também foi traçada utilizando as médias das réplicas de cada ponto amostral para verificar o grau de equitabilidade da comunidade. Para calcular o índice de diversidade de Hill, foi realizada a análise DIVERSE.

Para essas análises foram calculadas matrizes de semelhança utilizando Distância Euclidiana [dados ambientais transformados por log (x+1) e padronizados] ou Similaridade de Bray Curtis (dados biológicos transformados por raiz quadrada). As análises foram realizadas

no programa Primer v.6+ (CLARKE; GORLEY, 2006) considerando o nível de significância de 5%.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Fatores abióticos

O sedimento foi classificado como lamoso, principalmente silte fino, em todos os pontos; e a média do grão não variou entre os pontos (Tabela 1). O conteúdo de matéria orgânica foi máximo no ponto P2 (23,72%) e mínimo nos pontos P3 e P4 (9,57% e 8,73%, respectivamente); com valores intermediários nos pontos mais extremos (P1 e P5, 15,80% e 15,64%, respectivamente) em comparação com os outros pontos.

Não houve diferenças entre as temperaturas e pH da coluna d'água entre os pontos amostrados. Porém, houve diferenças na concentração de oxigênio dissolvido e turbidez da água, havendo uma diminuição do O₂ a partir da foz pros pontos mais internos, sendo verdadeiro o contrário em relação à turbidez. A salinidade diminuiu nos pontos mais distantes da foz (Tabela 1).

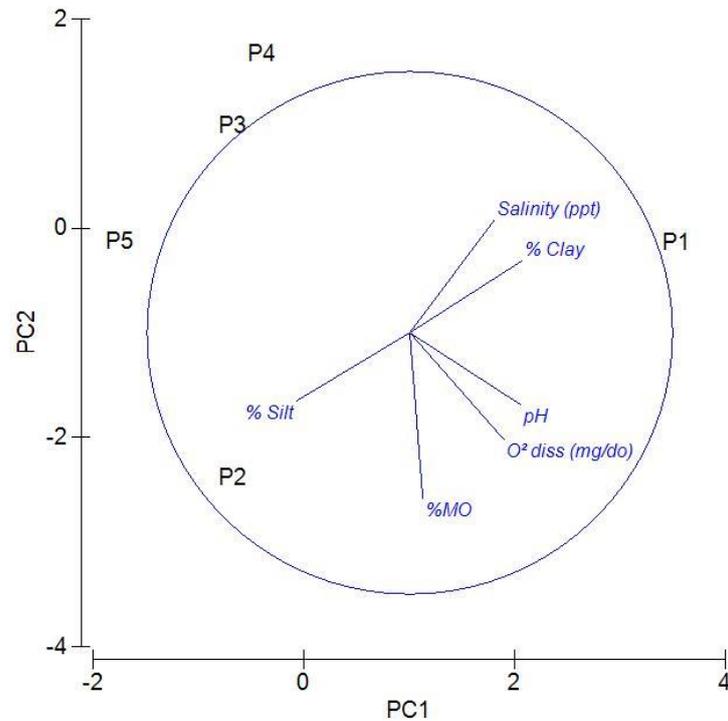
Tabela 1 - Características dos sedimentos e da coluna d'água do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem.

Sedimento	P1	P2	P3	P4	P5	Média (DP)
Média	6,317	6,209	6,183	6,119	6,225	6.21 (±0.06)
Classificação	Silte fino	n.a.				
Seleção	1,503	1,478	1,499	1,532	1,479	1.5 (±0.02)
% Silte	83.97	86.24	85.71	85	85.81	85.35 (±0.8)
% Argila	16.03	13.76	14.29	15	14.19	14.7 (±0.8)
% Matéria orgânica	15.8	23.3	9.6	8.7	15.6	14.6 (±5.25)
Coluna D'Água						
Temperatura (°C)	30.21	30.05	30	30.01	30.01	30.06 (±0.09)
O ₂ diss (mg/L)	5.31	4.88	3.96	3.42	3.49	4.21 (±0.85)
pH	7.85	7.77	7.68	7.67	7.61	7.72 (±0.09)
Turbidez (NTU)	47.7	50.2	54.6	79.3	70.4	60.44 (±13.75)
Salinidade (ppt)	8	7.1	7.9	7.7	7.2	7.58 (±0.41)

Foram identificadas interações entre os parâmetros pH e teor de oxigênio, na coluna d'água; e, silte e argila, no sedimento. Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 93.3% da

variância, sendo a maior correlação com a componente 1 o teor de silte; e com a componente 2, o teor de matéria orgânica (Figura 2).

Figura 2 - Gráfico da PCA utilizando os parâmetros ambientais em diferentes locais do médio estuário do médio Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = pontos de amostragem.



2.3.2 Caracterização da meiofauna

A densidade total registrada foi de $861 (\pm 1147)$ ind.10 cm⁻². O ponto P2 teve a maior densidade (3132 ± 3675) enquanto o ponto P1 teve a densidade mais baixa de $118 (\pm 61)$ (Tabela 1). O ponto P5 apresentou a segunda menor densidade (128 ± 56); enquanto os pontos P3 e P4, valores dos indivíduos intermediários em comparação com os outros pontos (545 ± 358 e 382 ± 142 , respectivamente) (Figura 3).

A meiofauna foi composta por nove grandes grupos (Tabela 3). O ponto P1 apresentou a maior riqueza (6); e o P2, a menor (2). Os pontos P3, P4 e P5 apresentaram o mesmo valor de riqueza (5). Nematoda e Copepoda foram os únicos dois táxons presentes em todos os pontos; no entanto, Nematoda foi o grupo dominante, representando entre 80 e 99% das comunidades (Figura 4). Entre os pontos, Copepoda foi o segundo táxon mais abundante nos pontos P1 e P2, enquanto Oligochaeta foi o segundo grupo mais abundante nos pontos P3 e P4; e Amphipoda foi o segundo mais abundante no ponto P5.

Tabela 2 - Densidade (indivíduos/10 cm²) e riqueza (número de táxons) das comunidades da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem.

Táxon	P1	P2	P3	P4	P5
Acari	0	0	3 (± 3)	0	4 (± 3)
Amphipoda	1 (± 1)	0	0	5 (± 7)	23 (± 19)
Cladocera	1 (± 1)	0	0	2 (± 2)	0
Copepoda	13 (± 2)	31 (± 36)	25 (± 34)	6 (± 1)	2 (± 3)
Cumacea	1 (± 1)	0	0	0	0
Nematoda	101 (± 55)	3101 (± 3639)	428 (± 238)	336 (± 117)	98 (± 30)
Oligochaeta	1	0	88 (± 82)	34 (± 15)	0
Ostracoda	0	0	0	0	1 (± 1)
Turbellaria	0	0	1 (± 1)	0	0
Total	118 (± 1147)	3132 (± 3675)	545 (± 358)	382 (± 142)	128 (± 56)
Riqueza	6	2	5	5	5

Figura 3 - Abundância total (log₁₀) das comunidades da meiofauna do estuário do médio Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = pontos de amostragem.

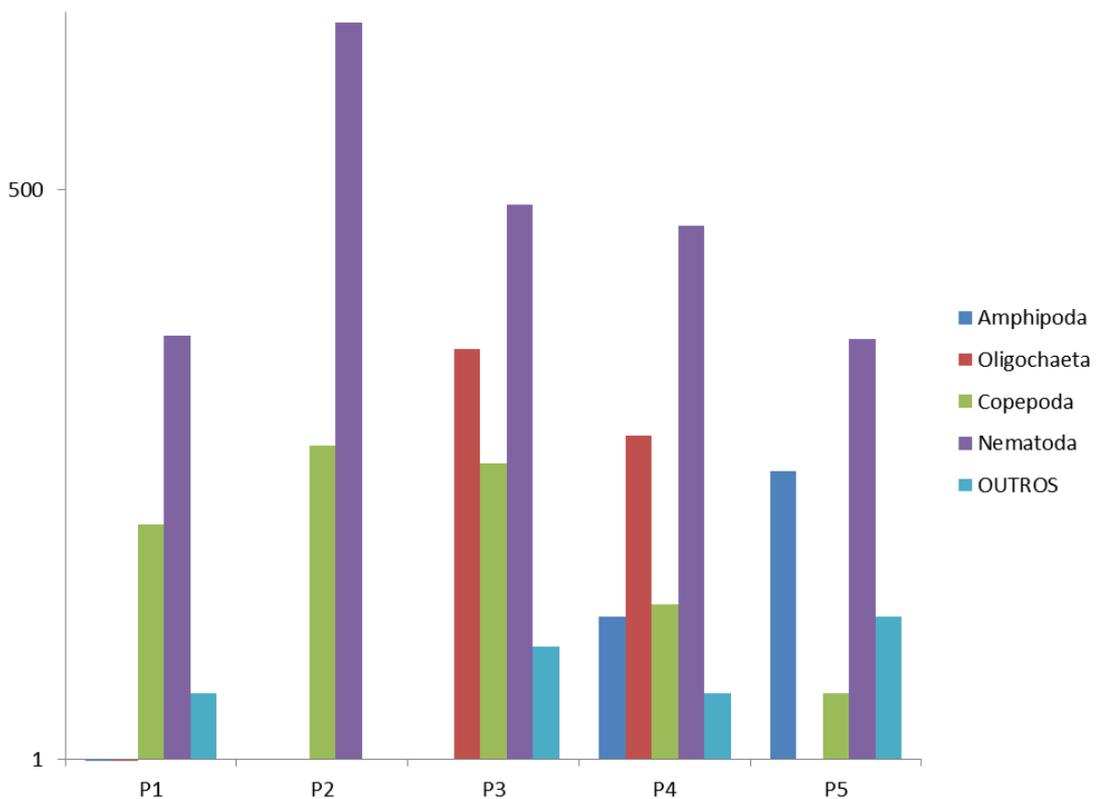
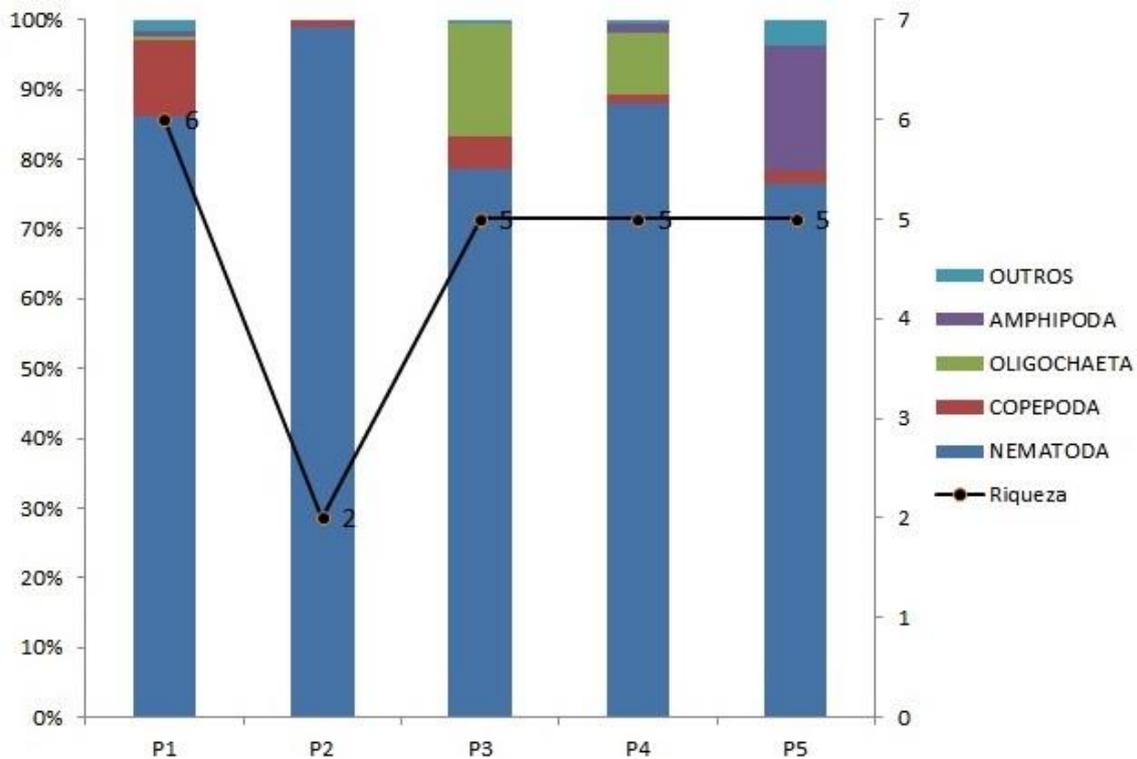


Figura 4 - Abundância relativa (%) e riqueza das comunidades da meiofauna do estuário do médio Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = pontos de amostragem.



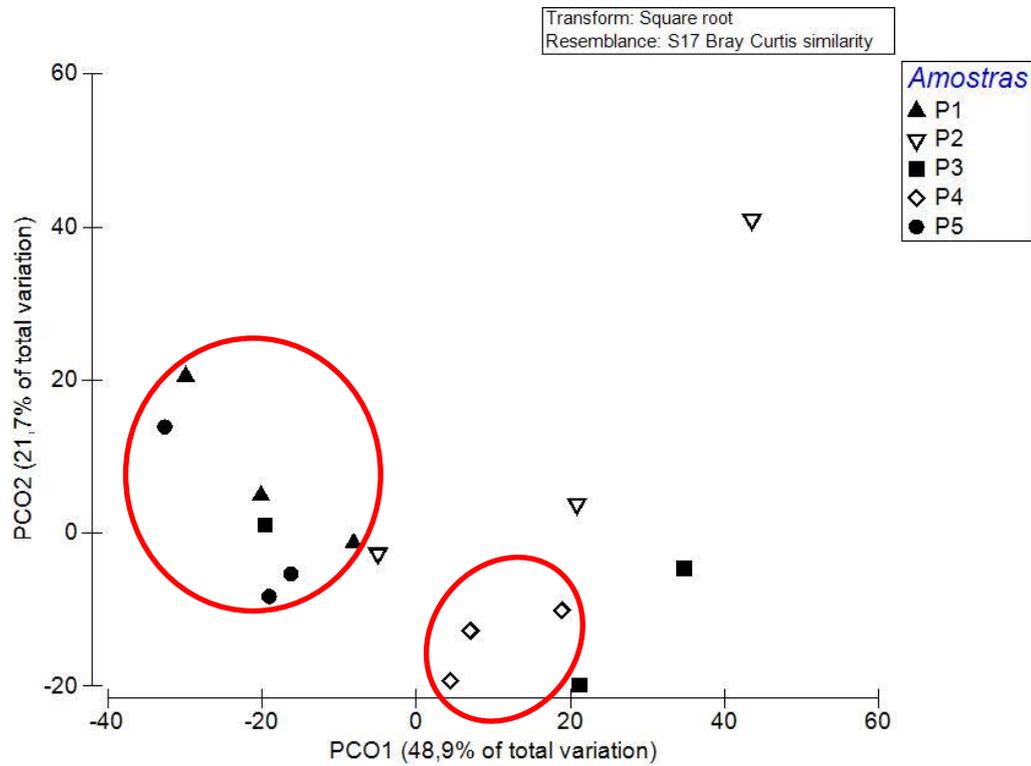
A estrutura das comunidades da meiofauna variou significativamente entre pontos (Tabela 3). Houve diferença significativa entre as comunidades dos pontos P1 e P4; e também, entre P4 e P5. Na figura 5 é possível observar o agrupamento dos pontos amostrais P1 e P5; e o ponto amostral P4 diferindo desse agrupamento.

Tabela 3 - Resultados das PERMANOVA utilizando a abundância das comunidades da meiofauna, em diferentes pontos no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

Nematofauna					
Variáveis	DF ¹	SS ²	MS ³	Pseudo-F	P (perm)
Amostras	4	8090,9	2022,7	2,531	0.007
<i>Média semelhança dentro/entre groups⁴</i>					
	P1	P2	P3	P4	P5
P1	69,236				
P2	48,02 ^{ns}	50,053 ⁿ			
P3	52,194 ^{ns}	55,066 ^{ns}	54,96 ⁿ		
P4	58,013*	58,601 ^{ns}	68,368 ^{ns}	80,5 ⁿ	
P5	59,134 ^{ns}	40,719	49,688 ^{ns}	49,698*	63.141

¹ DF: Degree of Freedom, ² SS: Sum of Squares, ³ MS: Mean Square, ⁴ Média semelhança dentro/entre groups (Bray Curtis similaridade – comunidades da nematofauna), *: p < 0.05, ^{ns}: não significativo.

Figura 5 - PCO da meiofauna nos diferentes pontos amostrais do médio estuário do Rio Capibaribe. P = ponto amostral.



A curva de K-dominância mostrou que o ponto P2 teve uma maior porcentagem de dominância dos táxons da meiofauna (poucos táxons com números maiores) em comparação com os outros pontos que tiveram um maior número de táxons (riqueza) sem diferença significativa em seus números (Figura 6). O índice de Hill apresentou os menores valores entre o ponto P2, de menor diversidade, e os demais pontos estudados (Figura 7).

Figura 6 - Curvas de K-dominância cumulativas (%) para as comunidades da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem.

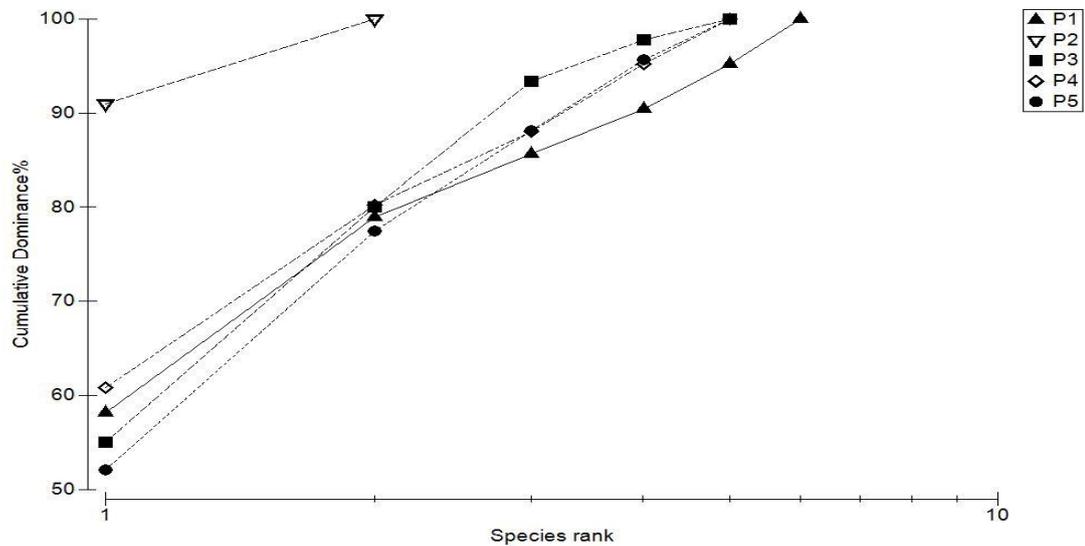
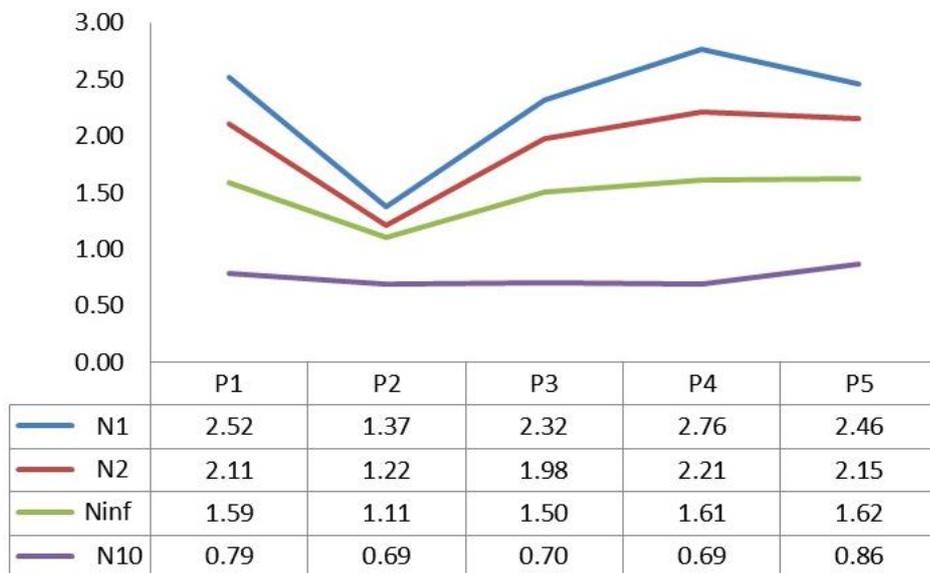


Figura 7 - Índices de Hill para as comunidades da meiofauna do estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto de amostragem.



2.4 DISCUSSÃO

A coluna de água nos pontos de amostragem foi caracterizada com baixa concentração de oxigênio dissolvido (<5 mg/L) (CONAMA 357/2005), com diferença moderada entre os pontos, com maiores valores atribuídos ao local mais próximo ao estuário inferior (mais

próximo de foz do estuário). Apesar todos os pontos de amostragem estarem localizados dentro da zona de turbidez máxima (3-13 km da foz) (SCHETTINI *et al.*, 2016), os dois pontos mais distantes da foz apresentaram os menores valores de concentração de oxigênio e maiores valores de turbidez da água. As características notáveis da zona ETM incluem acúmulo de matéria orgânica e adsorção de poluentes em partículas finas de argila (BRUNK; JIRKA; LION, 1997; MORGAN; CORDELL; SIMENSTAD, 1997), o que significa um ambiente naturalmente com baixo teor de oxigênio. Entretanto, as concentrações de oxigênio dissolvido para estuários considerados não poluídos devem variar de 7 a 9 mg/L (MARTIN *et al.*, 1976).

Os estuários são geralmente caracterizados por valores de salinidade altamente variáveis, porém os pontos de amostragem foram predominantemente caracterizados como áreas mesohalinas, achados corroborados por (SCHETTINI *et al.*, 2016). De acordo com o estudo de Guerra-Chanis *et al.* (2022) a intrusão de água salgada no estuário do Rio Capibaribe estende-se de 2 para 10 km da foz, durante o período chuvoso, sem dados para período seco. A coleta do presente estudo foi realizada durante entre 3 e 10 km a partir da foz, durante o período de transição entre chuvoso e seco (outubro), e ponto mais distante da foz, ainda apresentou influência da maré. Além disso, o segundo ponto mais próximo da foz, apresentou salinidade mais baixa do que os pontos mais distantes da foz, indicando uma descarga local de água doce, baixando assim a salinidade desse ponto.

O sedimento da área estudada no presente estudo foi caracterizado como lama, principalmente silte fino, em todos os pontos, o que corrobora com os resultados apresentados por Oliveira *et al.* (2014) e Resende; Craveiro; Pereira (2016). O sedimento de todos os pontos de amostragem foi caracterizado com alta concentração de matéria orgânica (MO), variando entre os pontos (8.7 – 23.6%), indicando a eutrofização do ambiente. Valores mais baixos foram encontrados na mesma área estudada, com médias de 1.2 – 15.2 % (OLIVEIRA *et al.*, 2014), $7,2 \pm 3,8\%$ (MACIEL *et al.*, 2015) e 12,3% (RESENDE; CRAVEIRO; PEREIRA, 2016). Esse aumento gradual de MO pode indicar que o médio estuário do Rio Capibaribe ainda está sobre grande enriquecimento orgânico, ao longo dos anos. Está bem estabelecido que em sedimentos finos, principalmente em estuários com manguezais, há uma tendência de maior acúmulo de matéria orgânica (JOUILI *et al.*, 2016; SEMPRUCCI; COLANTONI; BALSAMO, 2016), devido à alta capacidade de adsorção de moléculas orgânicas por partículas finas (NAIDU, 1982).

De fato, a granulometria é um fator importante que influencia na composição da

meiofauna (HEIP *et al.*, 1982), o que se refletiu na dominância de Nematoda em nossos achados, uma vez que em sedimentos finos este grupo geralmente domina. Em um ambiente estuarino, a salinidade e a granulometria influenciam na distribuição das comunidades meiofaunais (MOENS; VINCX, 2000; SEMPRUCCI; FRONTALINI *et al.*, 2015), o que foi observado no presente estudo, onde houve uma maior influência da salinidade no ponto mais próximo à foz, sendo foi possível observar diferenças na densidade e riqueza das comunidades. O teor de matéria orgânica também se mostrou um estruturador das comunidades meiofaunísticas, o que está de acordo com a literatura, onde é discutido que, além da granulometria e salinidade, outros parâmetros bióticos, como qualidade e disponibilidade de alimentos, predação e competição também são importantes para a estruturação das comunidades meiofaunísticas (NETTO; GALLUCCI, 2003; GIERE, 2009; SEMPRUCCI; FRONTALINI *et al.*, 2015; SEMPRUCCI; BALSAMO, 2015). Portanto, neste cenário, a qualidade e disponibilidade de alimentos parece ser um forte impulsionador da distribuição espacial das comunidades da meiofauna.

A densidade da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe ($422 \pm 562,22$ ind.10 cm⁻²) foi mais baixa do que os achados por Silva *et al.* (2022) ($1.069,2 \pm 194,4$ ind.10 cm⁻²) na Bacia do Pina, que faz parte do Complexo Estuarino do Rio Capibaribe. Entretanto, a riqueza achada no presente estudo foi maior do que na Bacia do Pina (SILVA *et al.*, 2022). Giere (1993) afirmou que a abundância da meiofauna é esperada em 1000 ind.10⁻² em todo tipo de sedimento em estuários não contaminados em todo o mundo, e os valores podem ser maiores em sedimentos dominados por silte com alta concentração de matéria orgânica. Por sua vez, apesar da abundância da meiofauna tender a aumentar em ambiente orgânico enriquecido, devido ao “paradoxo do enriquecimento” (ROSENZWEIG, 1971), a abundância tende a diminuir devido à diminuição subsequente do nível de oxigênio. Assim, a baixa densidade de meiofauna no médio estuário do Rio Capibaribe, pode se dar pelo maior grau de eutrofização do mesmo. Em contra partida, tanto a densidade quanto a riqueza da meiofauna do médio estuário do Rio Capibaribe foram maiores do que no estuário do Rio Beberibe. Este também está localizado na cidade de Recife, e também é caracterizado como um estuário urbano eutrofizado (VERAS *et al.*, 2018), estando num grau maior de eutrofização que estuário do Rio Capibaribe.

A riqueza das comunidades da meiofauna foi muito semelhante entre os pontos, exceto no ponto P2, onde a comunidade era composta basicamente por nematódeos. Segundo Gray; Elliot (2009) a dominância é a imagem espelhada da diversidade, quando a diversidade é alta,

a dominância é baixa, e na diversidade mínima a dominância se aproxima do máximo de 1, quando apenas uma espécie estaria presente. Isto foi evidenciado no ponto P2 onde foi obtida a maior abundância e menor riqueza de espécies entre os pontos amostrados. Além disso, neste ponto foi identificada a maior concentração de matéria orgânica, o que refletiu na comunidade da meiofauna. A abundância significativamente maior e a riqueza muito baixa no ponto P2, onde a concentração de MO foi maior (23,3%), sugere dominância de grupos oportunistas, que aumentam em condições de enriquecimento orgânico (FERRIS; BONGERS, 2006). A concentração de MO no presente estudo foi superior às encontradas na mesma localização do ponto P2 em estudos anteriores (MACEDO *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2014; XAVIER *et al.*, 2017). Além disso, este ponto de amostragem já é conhecido por ter uma alta concentração de HPA no sedimento (SILVA *et al.*, 2022; XAVIER *et al.*, 2017). Além disso, a salinidade mais baixa observada neste ponto, mesmo sendo o segundo ponto mais próximo à foz, mostra uma intrusão de água doce, podendo ser fonte de esgoto.

O ponto amostral mais próximo (P1) e o ponto mais distante (P5) da foz foram caracterizados com teor de matéria orgânica semelhantes; o que refletiu na similaridade na densidade e riqueza da meiofauna. Enquanto que os pontos P3 e P4 apresentaram características do sedimento e coluna d'água mais semelhantes entre si, o que refletiu na semelhança das comunidades da meiofauna. Nematoda dominou todas as comunidades da meiofauna no médio estuário do Rio Capibaribe, o que corrobora com a literatura onde é citado como o filo dominante em quase todos os estuários estudados em todo o mundo (COSTA *et al.* 2016; DA ROCHA *et al.*, 2000, 2004; SILVA *et al.*, 2022; TILBERT *et al.*, 2019). Além disso, Nematoda e Copepoda como únicos táxons presentes em todos os pontos, também é corroborado pela literatura, por serem bem conhecidos como dominantes típicos da meiofauna marinha e estuarina, em todos os tipos de sedimentos (COULL, 1985). Entretanto, a alta abundância relativa de Nematoda e a baixa riqueza de representantes da meiofauna são indicativos biológicos de eutrofização.

Em comparação a outros estuários de Pernambuco, o estuário do Rio Capibaribe apresentou valores de densidade menores dos que os achados no estuário de Maracáipe (1702 ± 1133 ind.10 cm⁻²) (Litoral Sul, Pernambuco) e no Canal de Santa Cruz (946 ± 308 ind.10 cm⁻²) (Litoral Norte, Pernambuco) (COSTA *et al.* 2016) (Tabela 4). Ambos os estuários são localizados fora da Região Metropolitana de Recife, e o estuário de Maracáipe se encontra em menor grau de eutrofização do que o Canal de Santa Cruz (COSTA *et al.*, 2016). Comparando dados do teor de matéria orgânica, densidade e riqueza de organismos da meiofauna, é

possível afirmar que ambos os estuários ainda estão em menor grau de eutrofização do que o Estuário do Rio Capibaribe. Entretanto, vale salientar que em ambos os estudos, para extração da meiofauna foi utilizada a técnica de decantação e flotação, ao contrário do presente estudo que foi através da elutriação manual. Em estuários, principalmente com alto teor de sedimentos finos e matéria orgânica, a extração baseado em diferenças de densidades, possibilita uma maior recuperação de indivíduos.

Tabela 4 - Meiofauna de estuários tropicais em todo o mundo.

País	Densidade (ind.10 cm ⁻²)	Riqueza	Principal Grupo	Tipo sedimento	Tipo de extração	Nome do estuário	Autores
Austrália	-	2	Nematoda, Copepoda		Decantação e flotação	Norman	Duggan <i>et al.</i> , 2014
Brasil	58-1535 (422 ±562)	9	Nematoda	Silte fino (85%)	Elutriação manual	Capibaribe	Present study
Brasil	5-460	11	Nematoda	Lama e areia	Elutriação manual	Vitória	Grilo <i>et al.</i> , 2016
Brasil	1425-5226	22	Nematoda, Copepoda	Silte grosso	Decantação e flotação	Bacia de Jacuacanga	Dalto; Albuquerque, 2000
Brasil	4-1036 (325±246)	9	Nematoda, Tardigrada	Arenoso	Elutriação manual	Pirangi	Tilbert <i>et al.</i> , 2019
Brasil	112-3423	11	Nematoda, Polychaeta	Silte-argila (11-95%)	Elutriação manual	Bacia do Pina	Somerfield <i>et al.</i> , 2003
Brasil	1416(±237)- 3193(±325)	16	Nematoda	Silte-argiloso	Elutriação manual	Curuça	Paula <i>et al.</i> , 2006
Brasil	2688-10252	9	Nematoda	Silte-argiloso	Decantação e flotação	Canal de Santa Cruz	Gomes <i>et al.</i> , 2002
Brasil	1068	6	Nematoda	Arenoso	Elutriação manual	Beberibe	Veras <i>et al.</i> , 2018
Brasil	1461 - 12353	14	Nematoda, Copepoda	Arenoso/Silte-argiloso	Elutriação manual	Formoso	Vasconcelos <i>et al.</i> , 2004
Brasil	1712 (±1133)	11	Nematoda	8.11% silte-argila	Elutriação manual	Maracaípe	Costa <i>et al.</i> , 2016
Brasil	946 (±308)	11	Nematoda	67.48% silte-argila	Elutriação manual	Canal de Santa Cruz	Costa <i>et al.</i> , 2016
Brasil	452±75	3	Copepoda, Nematoda	Arenoso	Elutriação manual	Goiana	Silva <i>et al.</i> , 2022
Brasil	1069 ± 194	8	Nematoda, Polychaeta	Silte-argiloso	Elutriação manual	Bacia do Pina	Silva <i>et al.</i> , 2022
Brasil	3245 ± 92	11	Nematoda, Copepoda	Silte-argiloso	Elutriação manual	Rio Timbó	Silva <i>et al.</i> , 2022
Cuba	0-1298	5	Nematoda	Arenoso/Silte-argiloso	Decantação e flotação	Baía de Bacunagua	Armenteros <i>et al.</i> , 2006
Índia	704-2063	7	Nematoda, Turbellaria	Silte	Elutriação manual	Mandovi	Ansari <i>et al.</i> , 2001
Índia	166(±66)- 520(±343)	12	Nematoda	Silte-argiloso	Elutriação manual	Mandovi	Sahoo <i>et al.</i> , 2013
Índia	615-2168	6	Nematoda, Turbellaria	Silte-argiloso	Elutriação manual	Zuari	Ansari; Parulekar, 1998
Índia	109-7275	9	Nematoda	Arenoso	Elutriação manual	Baía de Bengal	Chinnadurai; Fernando, 2003
Vietnã	105-3678	14	Nematoda	Arenoso/Silte-argiloso	Decantação e flotação	Cua Tieu	Ngo; Smol; Vanreusel, 2013
Vietnã		16	Nematoda	Arenoso/Silte-argiloso	Decantação e flotação	Cua Dai	Ngo; Smol; Vanreusel, 2013
Vietnã		13	Nematoda	Arenoso/Silte-argiloso	Decantação e flotação	Ba Lai	Ngo; Smol; Vanreusel, 2013
Vietnã		18	Nematoda	Arenoso/Silte-argiloso	Decantação e flotação	Co Chien	Ngo; Smol; Vanreusel, 2013
Vietnã		16	Nematoda	Arenoso/Silte-argiloso	Decantação e flotação	Dinh Na	Ngo; Smol; Vanreusel, 2013
Vietnã	259 (126) - 1375 (609)	18	Nematoda	Silte-argiloso	Elutriação manual	Cung Hau	Sinh <i>et al.</i> , 2014
Vietnã	136 (33) - 1782 (120)	17	Nematoda	Silte-argiloso	Elutriação manual	Ham Luong	Sinh <i>et al.</i> , 2013

A riqueza encontrada no médio estuário do Rio Capibaribe também foi semelhante a outros estuários urbanos eutrofizados do Nordeste do Brasil (GRILLO *et al.*, 2016; TILBERT *et al.*, 2019), porém inferior à outros estuários brasileiros (DALTO; ALBUQUERQUE, 2000; GOMES *et al.*, 2002; PAULA *et al.*, 2006; VASCONCELOS *et al.*, 2004). No entanto, é importante destacar que o presente estudo ocorreu apenas na área do médio estuário, enquanto esses outros estudos supracitados, cobriram também a parte inferior desses estuários, onde mais táxons marinhos podem ser encontrados.

Em comparação com outros estuários tropicais eutrofizados ao redor do mundo, a riqueza da meiofauna foi semelhante a um estuário Indiano (CHINNADURAI; FERNANDO, 2003), e maior do que a encontrada em outros estuários tropicais, como os estudados na Austrália (DUGGAN *et al.*, 2014), Cuba (ARMENTEROS *et al.*, 2008) e Índia (ANSARI; PARULEKAR, 1993). Porém, menor aos estudos realizados no Delta estuarino do Rio

Mekong (Vietnã), onde foram avaliados sete dos oito estuários que compõem o sistema, que é considerado eutrofizado (NGO; SMOL; VANREUSEL, 2013).

Assim como no médio estuário do Rio Capibaribe, os demais estuários analisados, Nematoda foi o grupo de maior dominância, com exceção do estuário do Rio Goiana, que apresentou Copepoda com o mais abundante, seguido de Nematoda (SILVA *et al.*, 2022). Essa prevalência de Nematoda em estuário, geralmente está correlacionada com a granulometria fina do sedimento, e/ou alto teor de matéria orgânica. Apesar de cada estuário apresentar um grau de eutrofização distinto, a dominância por vezes total de Nematoda, indica a necessidade de um refinamento taxonômico deste grupo, a fim de se estabelecer correlações com os parâmetros abióticos.

2.5 CONCLUSÕES

A meiofauna estuarina do médio estuário do Rio Capibaribe refletiu a eutrofização do mesmo, em densidade e riqueza, uma vez que Nematoda dominou todos os pontos amostrados, chegando a quase totalidade em pontos com maior teor de matéria orgânica, refletindo a eutrofização do médio estuário do Rio Capibaribe.

A maior riqueza de representantes da meiofauna no médio estuário do Rio Capibaribe, em comparação a outros estuários tropicais urbanos, mostrou que apesar de se encontrar em um estado de eutrofização, o presente estuário ainda está em situação mais conservada do que outros do Nordeste, como também Sudeste do país.

O refinamento taxonômico da nematofauna é essencial para maiores informações sobre os impactos na biota local, como também a identificação de possíveis espécies indicadoras de eutrofização em ambiente estuarinos.

REFERÊNCIAS

ADÃO, H.; ALVES, A. S.; PATRÍCIO, J.; NETO, J. M.; COSTA, M. J.; MARQUES, J. C. Spatial distribution of subtidal Nematoda communities along the salinity gradient in southern European estuaries. **Acta Oecologica**, 2009. v. 35, n. 2, p. 287–300.

ALVES, A. S.; ADÃO, H.; FERRERO, T.; PATRÍCIO, J. Benthic meiofauna as indicator of ecological changes in estuarine ecosystems: The use of nematodes in ecological quality assessment. **Ecological Indicators**, 2013. v. 24, p. 462–475. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.013>>.

ANSARI, A.; RIVONKAR, C. U.; SANGODKAR, U. M. X. Population fluctuation and vertical distribution of meiofauna in a tropical mudflat at Mandovi estuary, west coast of

India. **Indian Journal of Marine Sciences**, 2001. v. 30, n. 4, p. 237–245.

ANSARI, Z. A.; PARULEKAR, A. H. Distribution, abundance and ecology of the meiofauna in a tropical estuary along the west coast of India. **Hydrobiologia**, 1993. v. 262, n. 2, p. 115–126.

ARMENTEROS, M.; WILLIAMS, J. P.; CREAGH, B.; CAPETILLO, N. Spatial and temporal variations of meiofaunal communities from the western sector of the gulf of batabanó, Cuba: III. vertical distribution. **Revista de Biología Tropical**, 2008. v. 56, n. 3, p. 1127–1134.

BALSAMO, M.; SEMPRUCCI, F.; FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Meiofauna as a Tool for Marine Ecosystem Biomonitoring. **Marine Ecosystems**, 2012. n. August 2014.

BOISSEAU, J. P. Technique pour l'étude quantitative de la faune interstitielle des sables. **C. r. Congress Socs sav. Paris Sect. Science**, 1957. p. 117-119.

BONGERS, T.; ALKEMADE, R.; YEATES, G. W. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index. **Marine Ecology Progress Series**, 1991. v. 76, n. 2, p. 135–142.

BORJA, A.; DAUER, D. M. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: Comparing methodologies and indices. **Ecological Indicators**, 2008. v. 8, n. 4, p. 331–337.

BRUNK, B. K.; JIRKA, G. H.; LION, L. W. Effects of salinity changes and the formation of dissolved organic matter coatings on the sorption of phenanthrene: Implications for pollutant trapping in estuaries. **Environmental Science and Technology**, 1997. v. 31, n. 1, p. 119–125.
CHINNADURAI, G.; FERNANDO, O. J. Meiofauna of Pitchavaram mangroves along southeast coast of India. **J. mar. Biol. Ass. India**, 2003. v. 45, p. 158–165.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **PRIMER v6: user manual/tutorial**, PRIMER-E, Plymouth, UK, 2006.

CLARKE, A. L.; WECKSTROM, K.; CONLEY, D. J.; ANDERSON, N. J.; ADSER, F.; ANDRÉN, E.; JONGE, V. N.; ELLEGAARD, M.; JUGGINS, S.; KAUPPILA, P.; KORHOLA, A.; REUSS, N.; TELFORD, R. J.; VAALGAMAA, S. Long-term trends in eutrophication and nutrients in the coastal zone. **Limnology and Oceanography**, 2006. v. 51, n. 1 II, p. 385–397.

COLLIER, C. A.; NETO, M. S. A.; ALMEIDA, G. M. A.; ROSA-FILHO, J. S.; SEVERI, W.; EL-DEIR, A. C. A. Effects of anthropic actions and forest areas on a neotropical aquatic ecosystem. **Science of the Total Environment**, 2019. v. 691, p. 367–377. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.122>>.

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Ministério do Meio ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

CONLAN, K. E.; KIM, S. L.; LENIHAN, H. S.; OLIVER, J. S. Benthic changes during 10 years of organic enrichment by McMurdo Station, **Antartica. Mar. Pollut. Bull.**, 2004. v. 49, p. 43-60.

COULL, B. Long-term variability of estuarine meiobenthos: an 11 year study. **Marine Ecology Progress Series**, 1985. v. 24, p. 205–218.

COULL, B. C. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. **Australian Journal of Ecology**, 1999. v. 24, p. 327- 343.

COSTA, A. B. H. P.; VALENÇA, A. P. M. C.; SANTOS, P. J. P. Is meiofauna community structure in Artificial Substrate Units a good tool to assess antropogenic impact in estuaries? **Marine Pollution Bulletin**, 2016. v. 110, n. 1, p. 354-361.

COSTA, B. V. M.; SANTOS, P. J. P.; YOGUI, G. T. Origin and Distribution of Total Organic Matter and Aliphatic Hydrocarbons in Sedimentary Fractions of a Highly Urbanized, Tropical Estuary. **Estuaries Coast**, 2021. v. 81, p. 1 -12.

CRISTALES, P. A.; PIRES-VANIN, A. M. S. Structuring factors of the cumacean communities of the continental shelf of southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 2014. v. 62, n. 2, p. 103–116.

DALTO, A. G.; ALBUQUERQUE, F. Meiofauna Distribution in a tropical estuary of the South-western atlantic (Brazil). **Vie Et Milieu-Life and Environment**, 2000. v. 50, n. 3, p. 151-162.

DA ROCHA, C. M. C.; FONSECA-GENEVOIS, V.; CASTRO, F. J. V. Distribuição espaço-temporal de *Batillipes pennaki* Marcus, 1946 (Tardigrada, Heterotardigrada) na margem sul da Ilha de Itamaracá (Pernambuco – Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 2000. v. 28, p. 35–46.

DA ROCHA, C. M. C.; FONSECA-GENEVOIS, V.; CASTRO, F. J. V.; BEZERRA, T. N. C.; VENEKEY, V.; BOTELHO, A. P. Environmental interactions of *Batillipes pennaki* (Tardigrada, Heterotardigrada) in a tropical Sandy beach (Itamaracá, Pernambuco, Brazil). **Meiofauna Marina**, 2004. v. 13, p. 79–86.

DAY JR. J. W.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A.; MICHAEL KEMP, M.; CRUMP, B. C. Introduction to Estuary Ecology. **Estuaries**, 2012. v. 1, p. 1-19.

DUGGAN, M.; CONNOLLY, R. M.; WHITTLE, M.; CURWEN, G.; BURFORD, M. A. Effects of freshwater flow extremes on intertidal biota of a wet-dry tropical estuary. **Marine Ecology Progress Series**, 2014. v. 502, p. 11–23.

ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. **The estuarine quality paradox concept**. 2. ed. [S.l.]: Elsevier Inc., 2018.

FERREIRA, R. C.; NASCIMENTO-JUNIOR, A. B.; SANTOS, P. J. P.; BOTTER-CARVALHO, M. L.; PINTO, T. K. Responses of estuarine nematodes to an increase in nutrient supply: An in situ continuous addition experiment. **Marine Pollution Bulletin**, 2015. v. 90, n. 1–2, p. 115–120.

GIERE O. Meiobenthology. **The Microscopic Fauna In Aquatic Sediments**. Springer, Berlin, 1993. p. 328.

- GIERE, O. Meiobenthology: The Microscopic Motile Fauna. *In Aquatic Sediments*. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag, 2009. 538 p.
- GINGOLD, R.; MOENS, T.; ROCHA-OLIVARES, A. Assessing the Response of Nematode Communities to Climate Change-Driven Warming: A Microcosm Experiment. **PLoS ONE**, 2013. v. 8, n. 6.
- GOMES, C. A. A.; SANTOS, P. J. P.; ALVES, T. N. C.; ROSA-FILHO, J. S.; SOUZA-SANTOS, L. P. Variação temporal da meiofauna em área de manguezal em Itamaracá - Pernambuco. **Atlântica**, 2002. v. 24, n. 2, p. 89–96.
- GOMES, S. S.; CARVALHO, A. C. C.; CASTRO, C. M. V. A.; CADENA, P. Efeitos tóxicos dos sedimentos do estuário do rio Capibaribe em embriões de zebrafish (*Danio rerio*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2020. v. 72, n. 2, p. 623–632.
- GUERRA-CHANIS, G. E.; LAUREL-CASTILHO, J. A. L.; SCHETTINI, C. A. F.; KAKOULAKI, G.; SOUZA, A. J.; VALLE-LEVINSON, A. Saltwater intrusion in estuaries with different dynamic depths. **Regional Studies in Marine Science**, 2022. v. 51, p. 102186. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102186>>.
- GRAY, J.; ELLIOTT, M. **Ecology of Marine Sediments: From Science to Management**. Second Edition, Oxford University Press, England. 2009. 256 pp. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/oso/9780198569015.001.0001>>.
- GRILO, C. F.; BOINA, C. D.; PINTO, T. K. O.; VICENTE, M. A.; CASTRO, E. V. R.; BARROSO, G. F.; NETTO, R. R.; SANTOS, C. C.. A Survey Of The Eutrophication State Of An Urbanized Tropical Estuary, The Case Of The Great Vitória Estuarine System, Brazil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**., 2016. v. 20, n. 1, p. 21-28.
- HEIP, C.; VINCX, M.; SMOLL, N.; VRANKEN, G. The systematics and ecology of free-living marine nematodes. **Helminthological Abstracts, series B, Plant Nematology**, 1982. v. 51, n. 1, 24p.
- HULINGS, N. C.; GRAY, J. S. A manual for the study of meiofauna. **Smithsonian Contributions to Zoology**, 1971. v. 76, p. 1-84.
- HIGGINS, R. P.; THIEL, H. Introduction to the study of meiofauna. **Transactions of the American Microscopical Society**, 1988. v. 108, n. 3, p. 1-488.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2018. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pe> >.
- INGELS, J.; SANTOS, G.; HICKS, N.; VAZQUEZ, Y. V.; NERES, P. F.; PONTES, L. P.; AMORIM, M. N.; ROMÁN, S.; DU, Y.; STAHL, H; SOMERFIELD, P. J.; WIDDICOMBE, S. Short-term CO₂ exposure and temperature rise effects on metazoan meiofauna and free-living nematodes in sandy and muddy sediments: Results from a flume experiment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2018. v. 502, n. June, p. 211–226.
- JOULI, S.; ESSID, N.; SEMPRUCCI, F.; BOUFAHJA, F.; NASRI, A.; BEYREM, H.; MAHMOUDI, E. Environmental quality assessment of El Bibane lagoon (Tunisia) using

taxonomic and functional diversity of meiofauna and nematodes. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2017. v. 97, p. 1593–1603.

KANG, Y.; ZHENG, S.; WAN, T.; WANG, L.; YANG, Q.; ZHANG, J. Nematode as a biomonitoring model for evaluating ecological risks of heavy metals in sediments from an urban river. **Ecological Indicators**, 2023. v. 147, n. February, p. 110013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110013>>.

LICHTSCHLAG, A.; DONIS, D.; JANSSEN, F.; JESSEN, G. L.; HOLTAPPELS, M.; WENZHOFFER, F.; MAZLUMYAN, S.; SERGEEVA, N.; WALDMANN, C.; BOETIUS, A. Effects of fluctuating hypoxia on benthic oxygen consumption in the Black Sea (Crimean shelf). **Biogeosciences**, 2015. v. 12, n. 16, p. 5075–5092.

LONG, E. R.; CHAPMAN, P. M. A sediment quality triad: measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition in Puget sound. **Marine Pollution Bulletin**, 1985. v. 16, p. 405–415.

MACEDO, S. J.; PHILLIPPINI DA SILVA, H. K.; BRAYNER, F. M. M.; DUARTE, M. M. M. B.; BARBOSA, A. M. F. Heavy metal concentrations in sediments of the Capibaribe River Estuary in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco-Brazil. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, 2007. v. 102, p. 357–365.

MACIEL, D. C.; COSTA, B. V. M.; SANTOS, L. P. S.; SOUZA, J. R. B.; ZANARDI-LAMARDO, E. Avaliação da toxicidade dos sedimentos do sistema estuarino do rio Capibaribe (Pernambuco, Brasil) utilizando o copépodo bentônico *Tisbe biminiensis* Volkmann Rocco (1973). **Tropical Oceanography**, 2015. v. 43, n. 1.

MELO, L. E.; PAULO, D. V.; MONTAGNER, C. C.; CARVALHO, P. S. M. Behavioral and reproductive effects in *Poecilia vivipara* males from a tropical estuary affected by estrogenic contaminants. **Marine Pollution Bulletin**, 2021. v. 169, n. May, p. 112543. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112543>>.

MOENS, T.; BERGTOLD, M.; TRAUNSPURGER, W. Feeding ecology of free-living benthic nematodes. In: Eyuaem-Abebe E., Traunspurger W., Andrassy I. (eds.) **Freshwater nematode: Ecology and Taxonomy**. The CABI Publishing, 2006. 752p

MOENS, T.; SROCZYNSKA, K.; ADÃO, H. Meiofauna in a changing world. **Ecological Indicators**, 2022. v. 138, n. March, p. 108769. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108769>>.

_____; VINCX, M. Temperature and salinity constraints on the life cycle of two brackish-water nematode species. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2000. v. 243, n. 1, p. 115–135.

MORGAN, C. A.; CORDELL, J. R.; SIMENSTAD, C. A. Sink or swim? Copepod population maintenance in the Columbia River estuarine turbidity-maxima region. **Marine Biology**, 1997. v. 129, n. 2, p. 309–317.

NAIDU A. S. Aspects of distributions, clay mineralogy and geochemistry of sediments of the Beaufort Sea and adjacent deltas, North Arctic Alaska. **Final report BLM-NOAA OCSEAP office**, Boulder, Colorado, 1982. 114 pp.

NETTO, S. A.; GALLUCCI, F. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. *Hydrobiologia*, 2003. v. 505, p. 159–170.

NGO, X. Q.; SMOL, N.; VANREUSEL, A. The meiofauna distribution in correlation with environmental characteristics in 5 Mekong estuaries, Vietnam. *Cahiers de Biologie Marine*, 2013. v. 54, n. 1, p. 71–83.

OLIVEIRA, D. D.; SOUZA-SANTOS, L. P.; SILVA, H. K. P.; MACEDO, S. J. Toxicity of sediments from a mangrove forest patch in an urban area in Pernambuco (Brazil). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2014. v. 104, n. 1, p. 373–378.

PAULA, J. H. C.; ROSA FILHO, J. S.; SOUZA, A. L. B.; AVIZ, D. A. meiofauna como indicadora de impactos da carcinicultura no estuário de Curuça (PA). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 2006. v. 19, p. 61-72.

PATRÍCIO, P.; ADÃO, H.; NETO, J. M.; ALVES, A. S.; TRAUNSPURGER, W.; MARQUES, J. C. Do nematode and macrofauna assemblages provide similar ecological assessment information? *Ecological Indicators*, 2012. v. 14, n. 1, p. 124–137.

PEREIRA FILHO, J.; SPILLERE, L. C.; SCHETTINI, C. A. F. Itajaí-Açu River Estuary (Santa Catarina, Brazil): Preliminary Budget for Dissolved Inorganic Nutrients. *Journal of Coastal Research*, 2004. p. 702 – 706

PERNAMBUCO. Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). Relatórios de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco. Recife. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br>>.

PINCKNEY, J. L.; CARNMAN, K. R.; LUMSDEN, S. E.; HYMEL, S. N. Microalgal-meiofaunal trophic relationships in muddy intertidal estuarine sediments. *Aquatic Microbial Ecology*, 2003. v. 31, n. 1, p. 99–108.

PONTUAL, V. Tempos do Recife: representações culturais e configurações urbanas. *Revista Brasileira de História*, 2001. v. 21, n. 42, p. 417-434.

POSTMA, H. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: G. H. Lauff (ed.), *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C. SCHUBEL, 1967. p. 158-179.

QUANG, N. X.; VANREUSEL, A.; SMOL, N.; CHAU, N. N. Meiobenthos assemblages in the mekong estuarine system with special focus on free-living marine nematodes. *Ocean Science Journal*, 2010. v. 45, n. 4, p. 213–224.

RESENDE, J. S. S.; CRAVEIRO, N. J. A.; PEREIRA, R. Análise Granulométrica e do Teor de Matéria Orgânica em Sedimentos do Estuário do Rio Capibaribe – PE. *Estudos Geológicos*, 30 dez. 2016. v. 26, n. 2, p. 34–45. Disponível em: <[http://www.bibliotekevvirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-](http://www.bibliotekevvirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/2048-estudos-geologicos/v26n02/21059-analise-granulometrica-e-do-teor-de-materia-organica-em-sedimentos-do-estuario-do-rio-capibaribe-pe.html)

11/2048-estudos-geologicos/v26n02/21059-analise-granulometrica-e-do-teor-de-materia-organica-em-sedimentos-do-estuario-do-rio-capibaribe-pe.html>.

RIBEIRO NETO, A.; SCOTT, C. A.; LIMA, E. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CIRILO, J. A. Infrastructure sufficiency in meeting water demand under climate-induced socio-hydrological transition in the urbanizing Capibaribe River basin - Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, 2014. v. 18, n. 9, p. 3449–3459.

ROSENZWEIG, M. L. Paradox of enrichment: destabilization of exploitation ecosystems in ecological time. **Science**, 1971. v. 171, p. 385-387.

SANTOS, T. M. T.; PETRACCO, M.; VENEKEY, V. Recreational activities trigger changes in meiofauna and free-living nematodes on Amazonian macrotidal sandy beaches. **Marine Environmental Research**, 2021. v. 167, n. February, p. 105289. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105289>>.

SCHETTINI, C. A. F.; MIRANDA, J. B.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C.; DOMINGUES, E. C. The circulation of the lower Capibaribe Estuary (Brazil) and its implications for the transport of scalars. **Brazilian Journal of Oceanography**, 2016. v. 64, n. 3, p. 263–276.

_____; PAIVA, B. P.; BATISTE, R. A. L.; OLIVEIRA FILHO, J. C.; TRUCCOLO, E. C. Observation of an Estuarine turbidity maximum in the highly impacted capibaribe estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 2016. v. 64, n. 2, p. 185–190.

SCHMIDT-RHAESA, A. (Ed.). **Guide to the identification of marine meiofauna**, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munich, Germany, 2020. 608 pp.

SEMPRUCCI, F.; SBROCCA, C.; ROCCHI, M.; BALSAMO, M. Temporal changes of the meiofaunal assemblage as a tool for the assessment of the ecological quality status. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2015. v. 95, n. 2, p. 247–254.

_____; FRONTALINI, F.; SBROCCA, C.; ARMYNOT DU CHÂTELET, E.; BOUT-ROUMAZEILLE, V.; COCCIONI, R.; BALSAMO, M. Meiobenthos and free-living nematodes as tools for biomonitoring environments affected by riverine impact. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2015. v. 187, n. 5.

_____; BALSAMO, M. Checklist of free-living nematode species in the transitional environment of Lake Varano (southern Italy). **Arxius de Miscellania Zoologica**, 2015. v. 13, p. 32–46.

_____; COLANTONI, P.; BALSAMO, M. Is maturity index an efficient tool to assess the effects of the physical disturbance on the marine nematode assemblages?—A critical interpretation of disturbance-induced maturity successions in some study cases in Maldives. **Acta Oceanologica Sinica**, 2016. v. 35, n. 4, p. 89–98.

SILVA, R. B.; DOS SANTOS, G. A. P.; FARIAS, A. L.L.; FRANÇA, D. A. A.; CAVALCANTE, R. A.; ZANARDI-LAMARDO, E.; SOUZA, J. R. B.; ESTEVES, A. M. Effects of PAHs on meiofauna from three estuaries with different levels of urbanization in the South Atlantic. **PeerJ**, 2022. v. 10, p. 1–25.

SOMERFIELD, P. J.; FONSÊCA-GENEVOIS, V. G.; RODRIGUES, A. C. L.; CASTRO, F. J. V.; SANTOS, G. A. P. Factors affecting meiofaunal community structure in the Pina

Basin, an urbanized embayment on the coast of Pernambuco, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2003. v. 83, n. 6, p. 1209–1213.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 400p.

TILBERT, S.; CASTRO, F. J. V.; TAVARES, G.; NOGUEIRA JÚNIOR, M. Spatial variation of meiofaunal tardigrades in a small tropical estuary (~6°S; Brazil). **Marine and Freshwater Research**, 2019. v. 70, n. 8, p. 1094–1104.

VASCONCELOS, D. M. Distribuição Espacial Da Comunidade Da Meiofauna E Diversidade De Copepoda Harpacticoida No Estuário Do Rio Formoso, Pernambuco. 2003. p. 74.

VERAS, T. B.; CABRAL, J. J. S. P.; PAIVA, A. L. R.; SANTOS, P. J. P.; FREITAS, D. A. Evaluation of Meiofauna in the Hyporheic Zone of the Beberibe River, Pernambuco, Brazil. **Water Environment Research**, 2018. v. 90, n. 8, p. 685–696.

WHITFIELD, A.; ELLIOTT, M. **Ecosystem and Biotic Classifications of Estuaries and Coasts**. [S.l.]: Elsevier Inc., 2012. V. 1.

XAVIER, D. A.; BARCELLOS, R. L.; FIGUEIRA, R. C. L.; SCHETTINI, C. A. F. Evolução sedimentar do estuário do rio Capibaribe (Recife-PE) nos últimos 200 anos e suas relações com a atividade antrópica e processo de urbanização. **Tropical Oceanography**, 2016. v. 44, n. 2.

_____; SCHETTINI, C. A.; FRANÇA, E. J.; FIGUEIRA, R. C.; BARCELLOS, R. L. Determination of geochemical background values on a tropical estuarine system in a densely urban area. Case study: Capibaribe estuary, Northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 2017. v. 123, n. 1–2, p. 381–386. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.007>>.

XUAN, Q. N.; VANREUSEL, A.; THANH, N. V.; SMOL, N. Biodiversity of meiofauna in the intertidal Khe Nhan Mudflat, can gio mangrove forest, Vietnam with special emphasis on free living nematodes. **Ocean Science Journal**, 2007. v. 42, n. 3, p. 135–152.

WHOMERSLEY, P.; HUXHAM, M.; SCHRATZBERGER, M.; BOLAM, S. Differential response of meio- and macrofauna to in situ burial. *Journal of Marine Biology Association U. K.*, 2009. v. 89, p. 1091 – 1098.

ZANARDI-LAMARDO, E.; NÓBREGA, A. S. C.; SANTOS, R. H. A.; MACIEL, D. C. Fontes E Níveis De Contaminação Do Sistema Estuarino Do Rio Capibaribe (Pernambuco/Brasil). **Tropical Oceanography**, 2016. v. 44, n. 2.

3 VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA NEMATOFAUNA EM UM ESTUÁRIO TROPICAL EUTROFIZADO (RIO CAPIBARIBE, BRASIL)

3.1 INTRODUÇÃO

Os estuários são sistemas dinâmicos e produtivos, e estão entre os ecossistemas mais importantes do mundo (COSTANZA *et al.*, 1997; KENNISH, 2002). Em Pernambuco, o estuário do Rio Capibaribe se destaca por sua extensão, importância socioeconômica, como também pelos diversos problemas de poluição (MACIEL *et al.*, 2015; MARONE *et al.*, 2005; OLIVEIRA, *et al.*, 2014; RESENDE; CRAVEIRO; PEREIRA, 2016). Este estuário recebe altas cargas de nutrientes, resultantes principalmente de fontes antropogênicas, e os níveis de deterioração ambientais têm aumentado nas últimas décadas (ARAUJO-JUNIOR; PEREIRA 2021; PARDAL *et al.*, 2019; ZANARDI-LAMARDO *et al.*, 2016).

Os organismos da meiofauna são particularmente importantes nos estuários, por continuamente rearranjarem os sedimentos, e podem alterar as características físicas, químicas e biológicas do sedimento estuarino (HEIP *et al.*, 1982; MOENS *et al.*, 2005). A meiofauna engloba todos os metazoários bentônicos com um limite de tamanho entre 0,5 e 1 mm (GIERE, 2009). Dentre estes, o Filo Nematoda destaca-se por ser o grupo mais abundante e diverso da meiofauna, sendo sensíveis a mudanças no microambiente onde se encontram, estando presentes em condições extremas até de hipersalinidade e anóxia (BALSAMO *et al.*, 2012; MORENO *et al.*, 2011; SEMPRUCCI *et al.*, 2015, 2017; SEMPRUCCI; BALSAMO; SANDULLI, 2016).

Os nematódeos desempenham papel importante na cadeia alimentar, atuando como uma conexão entre a matéria orgânica em decomposição e os níveis tróficos superiores, contribuindo com até 50% da produção secundária em ecossistemas de água doce (STEAD *et al.*, 2003; MADJI *et al.*, 2016). Os fatores ambientais (ex. disponibilidade de alimento, tipo de substrato, distúrbio físico, características físico-químicas como salinidade, tamanho de grão, potencial redox) estruturam as comunidades de nematódeos em diferentes ecossistemas aquáticos (ABDULLAH; LEE, 2017; GIERE, 2009; VANREUSEL *et al.*, 2010; VENEKEY; FONSÊCA-GENEVOIS; SANTOS, 2010; MICHELET *et al.*, 2021).

Os nematódeos marinhos de vida livre têm sido estudados em diferentes ambientes da costa brasileira (manguezal, praias, marismas, plataforma continental e talude), desde a década de 20 (COBB, 1920). Em 2017, a lista de gênero de nematódeos marinhos de vida livre do Brasil foi atualizada (VENEKEY, 2017), incluindo todos os ambientes marinhos,

contabilizando 372 gêneros representantes de 72 famílias e 11 ordens. Em 2021, especificamente para nematódeos de água doce, o número de gêneros conhecidos para o Brasil foi ampliado para 144 (OLIVEIRA PINTO *et al.*, 2021).

O papel dos nematódeos como bioindicadores tem sido amplamente utilizado (RIDALL; INGELS, 2021; SEMPRUCCI; BALSAMO, 2015; ZEPELLI *et al.*, 2017), porém seu uso em manguezais ainda é dificultado pela falta de dados, principalmente em áreas tropicais (OLIVEIRA PINTO *et al.*, 2021; TRAUNSPURGER; MAJDI, 2017). Pinto *et al.* (2013) estudaram as assembleias de Nematoda no estuário tropical da Ilha de Itamaracá (Pernambuco, Brasil), e constataram que a estrutura das assembleias apresentaram diferenças significativas entre os microhabitats da área de mangue, indicando que os manguezais possuem características distintas de outras regiões estuarinas, levando ao aumento da riqueza de nematódeos. Esses achados foram bastante semelhantes aos encontrados por Netto; Gallucci (2003) e Nicholas *et al.* (1991), que realizaram seus estudos em latitudes subtropicais e temperadas, respectivamente.

Neste estudo, a escolha de investigar o estuário do Rio Capibaribe se deu por estar localizado em uma região urbana, tendo em todo seu percurso diversos impactos, seja por degradação da vegetação do mangue, como também lançamento de esgotos e resíduos sólidos, que causam alterações nas suas funções ecossistêmicas. Para entender os efeitos de ações antrópicas na estrutura funcional de estuários, estudos sobre a nematofauna são de grande relevância, uma vez que esses organismos têm grande importância energética, dado que servem de alimentos para outros organismos, aceleram a decomposição da matéria orgânica, e ainda influenciam no processo de estabilização dos sedimentos (PLATT; WARWICK, 1980).

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo descrever as variações espaciais e temporais na estrutura das assembleias de nematódeos de vida livre (diversidade, composição trófica e estratégia de vida) do médio estuário do Rio Capibaribe, correlacionando-as com os fatores abióticos, a fim de se testar a hipótese de que a variação espaço-temporal da nematofauna reflete as características abióticas, particularmente a eutrofização, com baixa riqueza e alta abundância relativa de grupos oportunistas.

3.2 ÁREA DE ESTUDO

3.2.1 Localização e características

O estuário do Rio Capibaribe está localizado na região Nordeste do Brasil, no estado

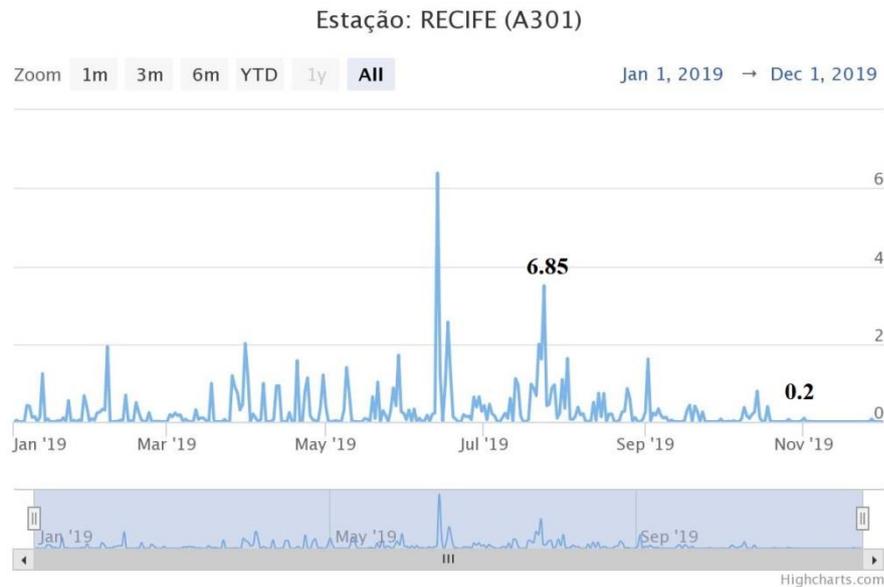
de Pernambuco, e é formado por um complexo sistema de canais, planícies de maré e manguezais, de aproximadamente 50 m de largura, estendendo-se por aproximadamente 25 quilômetros da cidade do Recife até o Oceano Atlântico (8°04'03"S e 34°52'16"W) (OLIVEIRA, 2007; SANTOS *et al.*, 2009). Os sedimentos superficiais que variam de silte a areia cascalhosa, sendo registrada elevada sedimentação na zona estuarina (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O estuário é influenciado por marés semidiurnas, com amplitudes de até 3 metros, e possui uma zona de turbidez máxima (ZTM), variando entre os quilômetros 3 e 13 a partir da foz; apresentando uma alta eficiência de retenção (DYER, 1995; SCHETTINI *et al.*, 2016), o que é particularmente relevante para esse sistema, que recebe o esgoto de milhões de pessoas. A ZTM não está sempre presente, e foi detectada após um longo período sem picos de descarga fluvial, e em condições de maré de quadratura (SCHETTINI *et al.*, 2016).

3.2.2 Hidrologia e climatologia

A bacia hidrográfica do Rio Capibaribe ocupa 7716 km², que corresponde a cerca de 8% da área do Estado de Pernambuco. A vazão média do Rio Capibaribe, no período de 1990-2008, foi de 11 m³/s; com períodos de alta vazão fluvial (>30 m³/s) nos meses chuvosos (valores máximos em junho e julho). O regime hidrológico anual é determinado com o período de chuvas nos meses de março a agosto e pelo período seco entre setembro e fevereiro (FEITOSA; NASCIMENTO; COSTA, 1999).

O clima é quente-úmido, com temperatura média anual de 26°C e precipitação de 1500-2000 mm.ano⁻¹, concentrada na estação chuvosa (MACEDO *et al.*, 2007). Durante a estação seca, de outubro a janeiro, a descarga de esgoto da RMR triplica a vazão média do rio (SCHETTINI; VALLE-LEVINSON; TRUCCOLO, 2017). Em 2019, julho foi o segundo mês com maior índice de precipitação (depois de junho), e novembro o segundo com a menor (depois de dezembro) (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação acumuladas na estação de monitoramento de Recife no ano de 2019

Fonte: INMET (2023).

3.2.3 Procedimentos em campo e laboratório

As amostragens foram realizadas nos períodos chuvoso (julho) e seco (novembro) de 2019 na zona entre marés, durante a baixa-mar de sizígia, em seis pontos no médio estuário (Figura 2). Em cada ponto foram coletadas três amostras utilizando cilindro de 2,5 cm de diâmetro, enterrado 5 cm no substrato, que foram fixadas *in situ* com formalina salina a 4%. Nos mesmos locais foram tomadas três réplicas de sedimento para determinação de cada parâmetro ambiental: teores de matéria orgânica, carbonato e análise granulométrica. Essas amostras foram coletadas utilizando a mesma metodologia anterior, porém não foram fixadas, mas preservadas refrigeradas até a análise. Paralelamente, foram colhidas amostras de água superficial na margem do estuário, para a determinação da salinidade utilizando espectrômetro.

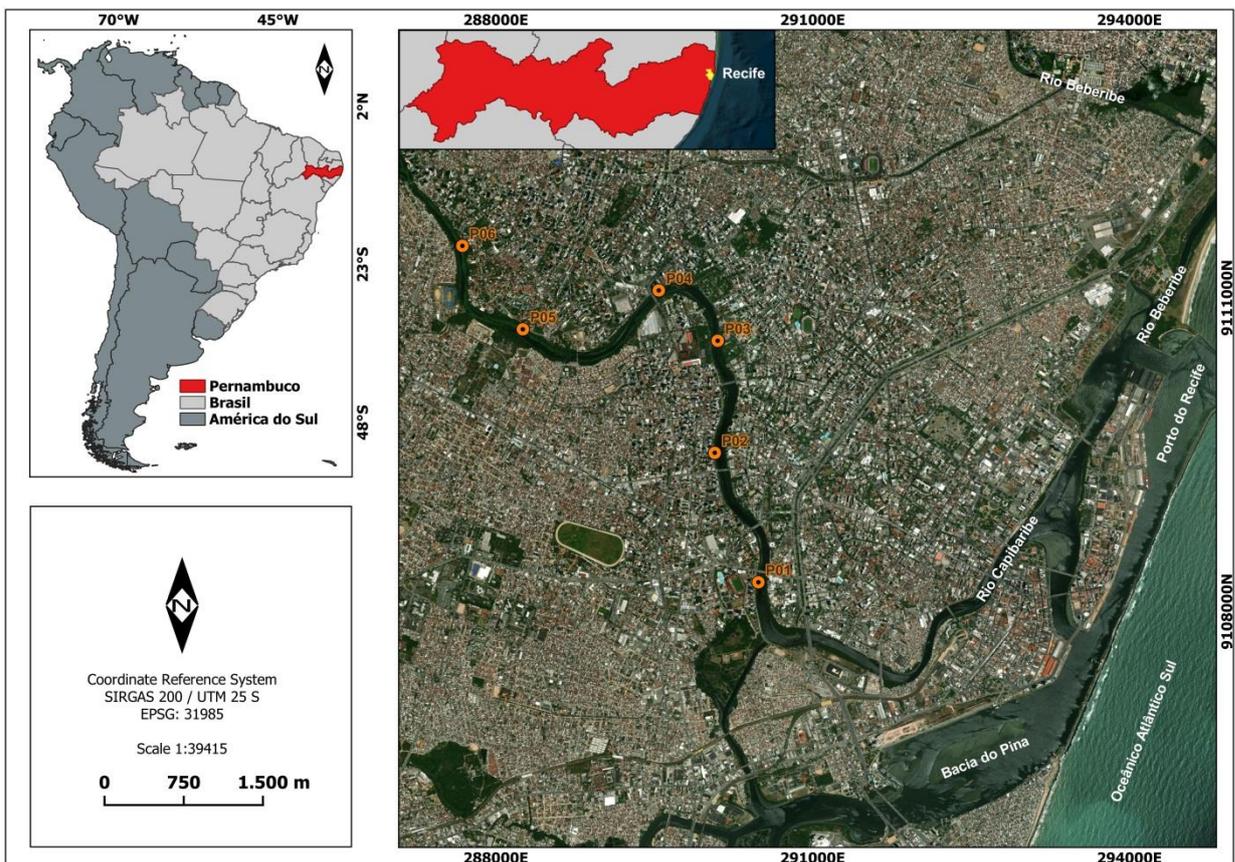
Em laboratório as análises granulométricas foram realizadas com a utilização de um granulômetro a laser. O teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) foi determinado utilizando a metodologia de Ingram (1971). O teor de matéria orgânica foi determinado com o uso de mufla (4h à 300°C).

As amostras de meiofauna foram lavadas em água corrente filtrada, utilizando-se um jogo de peneiras geológicas sobrepostas entre si, com intervalos de malha de 300 μm e 44 μm , e o material retido na peneira de 44 μm foi vertido em um *Becker* para a extração com

sílica coloidal (SOMERFIELD *et al.*, 2005). Posteriormente, a triagem da nematofauna foi realizada em placa de Dolffus sob estereomicroscópio óptico.

A partir de cada amostra, 100 nematódeos ou todos, caso o número fosse menor, foram montados em lâminas permanentes para microscopia, através de uma adaptação das técnicas referidas por Cobb (1917) e De Grisse (1969). E os espécimes de vida livre foram identificados em nível de gênero, com base nas chaves pictóricas de Platt; Warwick (1983, 1988), o sistema de informação on-line NeMys (NEMYS EDS, 2023), Eyuaem-Abebe *et al.*, (2006) e bibliografias especializadas.

Figura 2 - Desenho amostral no médio estuário do Rio Capibaribe. Circulos vermelhos = pontos amostrais.



3.2.2 Caracterização da comunidade nematofaunística

Os nematódeos foram classificados quanto à sistemática (DE LEY; BLAXTER, 2004). Também foram classificados quanto ao hábito alimentar segundo Wieser (1952) que propôs uma tipagem trófica a partir dos modelos nutricionais estabelecidos pelo desenvolvimento da

cavidade bucal e da dentição. Quatro tipos são apresentados:

1A (detritívoros seletivos): cavidade bucal reduzida ou ausente, para aqueles que se alimentam seletivamente de partículas, tais como bactérias, detritos e microalgas;

1B (detritívoros não-seletivos): cavidade bucal ampla e sem dentição, para aqueles que se alimentam de depósitos de forma não seletiva;

2A (comedores de epistrato): cavidade bucal desenvolvida, provida de dentes pequenos;

2B (predadores e onívoros): cavidade bucal ampla com fortes dentes e/ou mandíbulas móveis.

A escala colonizador-persistente (c-p) (BONGERS, 1990; BONGERS; FERRIS, 1999) foi utilizada para classificar os nematódeos de acordo com sua habilidade de colonização ou persistência no ambiente, onde:

- c-p 1: apresentam tempo de geração curto, produção de muitos ovos pequenos, crescimento em condições enriquecidas com matéria orgânica, bacterívoros com alta atividade metabólica, tolerantes a enriquecimento de nutrientes, hidrocarbonetos e matéria orgânica, bacterívoros, formação de larvas *dauer*;
- c-p 2: apresentam tempo de geração curto, taxas de reprodução elevadas (porém inferiores a c-p 1), tolerantes à contaminação por metais pesados, bacterívoros, fungívoros e alguns predadores, e não formam larvas *dauer*;
- c-p 3: maior tempo de geração do que c-p 2, sensibilidade à poluentes, bacterívoros, fungívoros e alguns predadores;
- c-p 4: apresentam tempo de geração longo, proporção baixa de gônadas para volume corporal, alta sensibilidade à perturbação no ambiente, carnívoros maiores, omnívoros menores e alguns bacterívoros;
- c-p 5: apresentam tempo de geração longo, baixa taxa de reprodução, baixa atividade metabólica, alta sensibilidade à perturbação no ambiente, omnívoros e predadores maiores.

3.2.3 Análises estatísticas

O índice de maturidade foi calculado usando a fórmula de Bongger (1990) baseada na média ponderada dos valores colonizador-persistente (c-p) dos indivíduos em uma amostra:

$$MI = \sum v(i).f(i)$$

Onde $v(i)$ é o valor c-p value do táxon i e $f(i)$ é a frequência desse táxon nas amostras. Também foram calculadas para cada amostra a densidade de organismos (N : número de ind.10 cm⁻²), riqueza (S : número de táxons presentes), diversidade (Índice de Simpson - $1-\lambda$) e equabilidade (Índice de Pielou - J). A estrutura das assembleias nematofaunísticas e as características dos sedimentos e foram comparadas entre locais e estações climáticas utilizando PERMANOVA, e expressas graficamente utilizando Análise de Coordenadas Principais (PCoA).

Uma análise de Draftsman foi realizada para identificar possíveis interações entre os parâmetros ambientais. A análise dos componentes principais (PCA) foi realizada para verificar a proporção cumulativa da variância explicada pelos componentes principais, ou seja, a contribuição relativa de cada variável para a formação do componente principal. A rotina DistLM foi utilizada para investigar a relação entre as comunidades nematofaunísticas e os parâmetros ambientais, com valor de significância de 0.4

Para essas análises foram calculadas matrizes de semelhança utilizando Distância Euclidiana [dados ambientais transformados por $\log(x+1)$ e padronizados] ou Similaridade de Bray Curtis (dados biológicos transformados por raiz quadrada). Curvas de k-dominância foram traçadas utilizando as médias das réplicas de cada ponto amostral. As análises foram realizadas no programa Primer v.6+ (CLARKE; GORLEY, 2006) considerando o nível de significância de 5%.

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Características ambientais

Os sedimentos foram classificados como silte-arenosos, variando entre pontos amostrais e/ou momento amostral (Tabela 1).

No período chuvoso o ponto com concentração mais alta de areia foi o P4 (79.7%), enquanto P2 teve a maior concentração de silte e argila (59.7% e 3.7%, respectivamente). No período seco P6 teve a maior concentração de areia (64.5%), enquanto em P1 esteve a maior concentração de silte (75.1%), e em P6 a maior concentração de argila (4.6%). Em todos os pontos, com exceção de P4, houve mudança na composição granulométrica entre os períodos chuvoso e seco.

O conteúdo de matéria orgânica foi significativamente diferente entre os pontos, sendo

o máximo teor, no período chuvoso, registrada em P5 (17.7%), e mínima em P6 (2.7%). Já no período seco, P3 apresentou a maior concentração de matéria orgânica (18,5%), e a menor se reptiu no ponto P6 (1.8%). Os teores de carbonato de cálcio (CaCO_3) variaram significativamente ao longo do estuário, sendo máximos no período chuvoso, em P1 (19.1%) e mínimos em P2 (1.0%). No período seco o máximo ocorreu também em P1 (8.8%) e o mínimo foi em P6 (3.0%). A salinidade variou significativamente entre locais de coleta com os maiores valores registrados em P1 (0.9 e 8.8 nos períodos chuvoso e seco respectivamente) e os menores em P5 (0.1 - período chuvoso) e P6 e P6 (3.0 - período seco) (Tabela 1).

Tabela 1 - Características dos sedimentos e da coluna d'água em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

Pontos amostrais	Chuvoso						Seco					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Areia muito grossa	5.4	0.0	0.6	3.2	0.2	0.0	0.0	0.0	1.2	0.2	2.3	0.0
Areia grossa	20.8	0.3	7.8	20.0	6.6	2.6	1.0	4.7	13.1	4.2	8.2	0.8
Areia média	15.4	11.4	14.1	26.7	11.1	17.9	5.2	10.9	17.8	11.4	9.7	10.5
Areia fina	12.8	15.2	18.8	15.4	13.6	21.2	10.2	15.7	12.2	13.4	9.3	26.4
Areia muito fina	11.9	14.7	17.1	9.4	17.3	20.0	12.9	21.1	10.0	12.4	9.8	26.7
Silte grosso	9.9	17.1	16.7	7.7	20.9	17.5	13.6	14.1	11.8	14.4	18.6	10.8
Silte médio	8.4	15.9	11.9	6.8	15.2	9.6	16.2	10.9	12.3	15.7	18.3	5.8
Silte fino	7.9	14.4	7.6	5.9	9.1	5.9	24.7	13.3	13.1	16.7	14.7	7.8
Silte muito fino	4.7	7.3	3.5	3.2	3.9	3.0	13.3	7.3	6.6	8.6	6.9	6.5
Argila	2.9	3.7	2.0	1.7	2.1	2.2	2.9	2.0	1.9	3.0	2.3	4.6
Média do grão	312.0	93.6	167.4	315.5	139.1	144.6	66.6	127.2	208.5	117.0	160.4	118.5
Desvio padrão	347.9	103.8	190.7	290.8	158.4	138.2	84.2	131.3	248.9	155.0	219.4	103.6
Matéria orgânica (%)	13.2	9.1	13.0	10.3	17.7	2.7	11.2	6.2	18.5	9.6	16.1	1.8
Carbonato de Cálcio (%)	19.1	1.0	8.1	6.8	2.5	2.4	8.8	4.3	7.0	7.8	5.8	3.0
Salinidade	0.9	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	11.2	8	7.1	7.9	7.9	2.7

O draftsman plot apresentou interação entre areia e argila, e entre média do grão e desvio padrão (Figura 3). Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 67,9% da variância, sendo possível observar a separação entre amostras dos diferentes períodos climáticos (Figura 4). As variáveis com maior correlação com a componente 1 foram areia, silte e média do grão; e com a componente 2, matéria orgânica.

Figura 3 - Draftsman plot dos parâmetros ambientais dos sedimentos e da coluna d'água em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

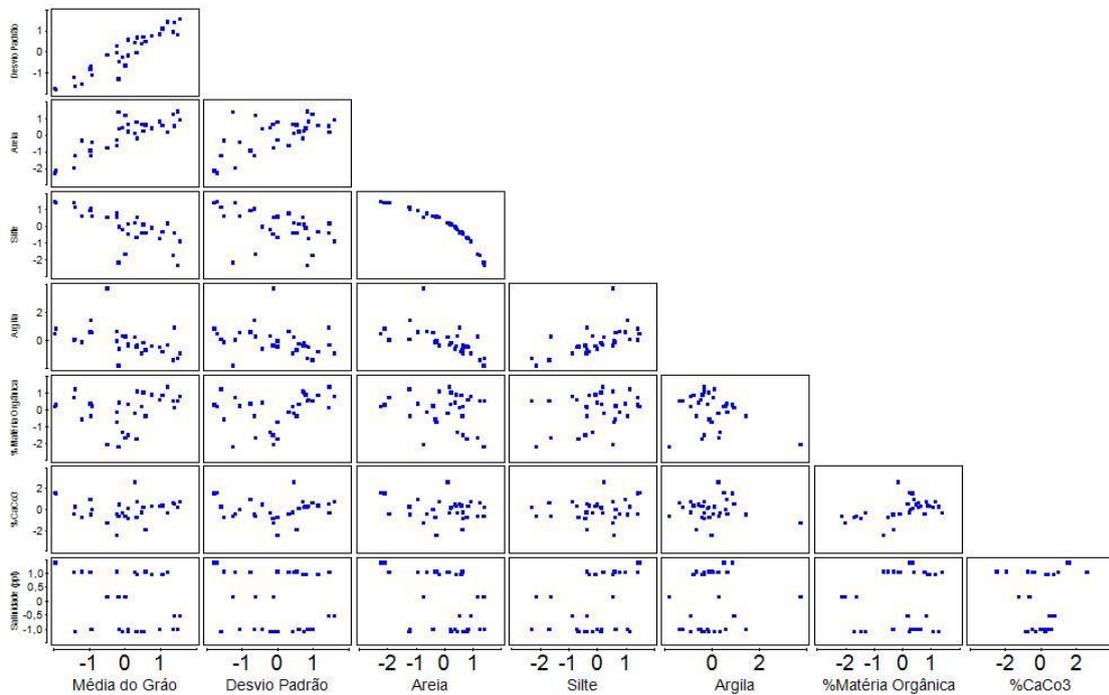
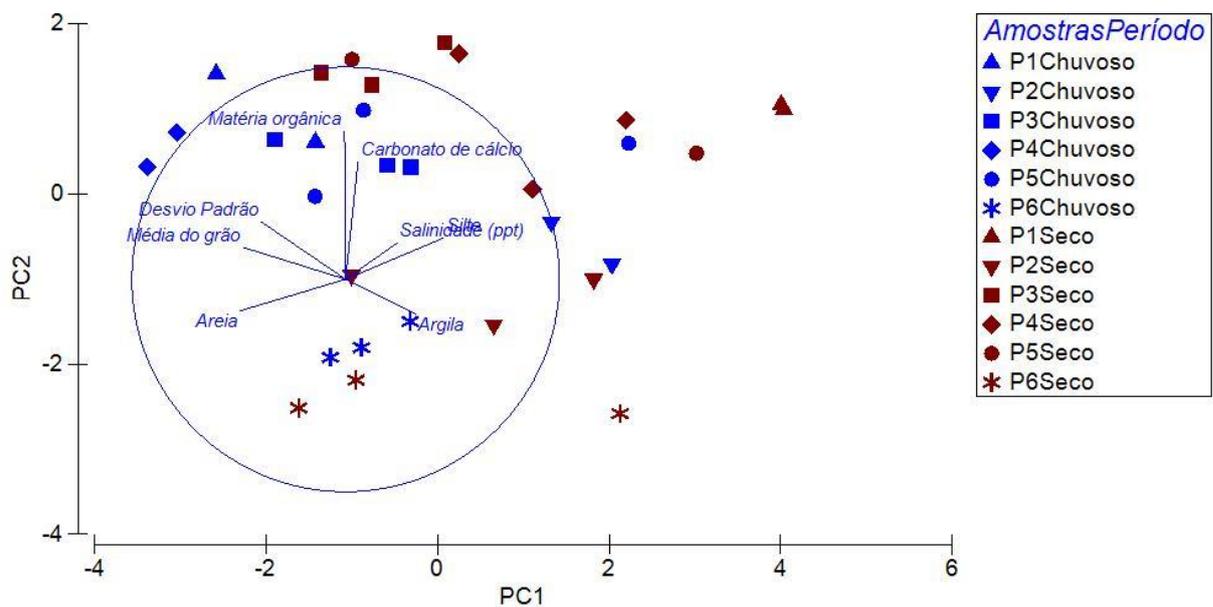
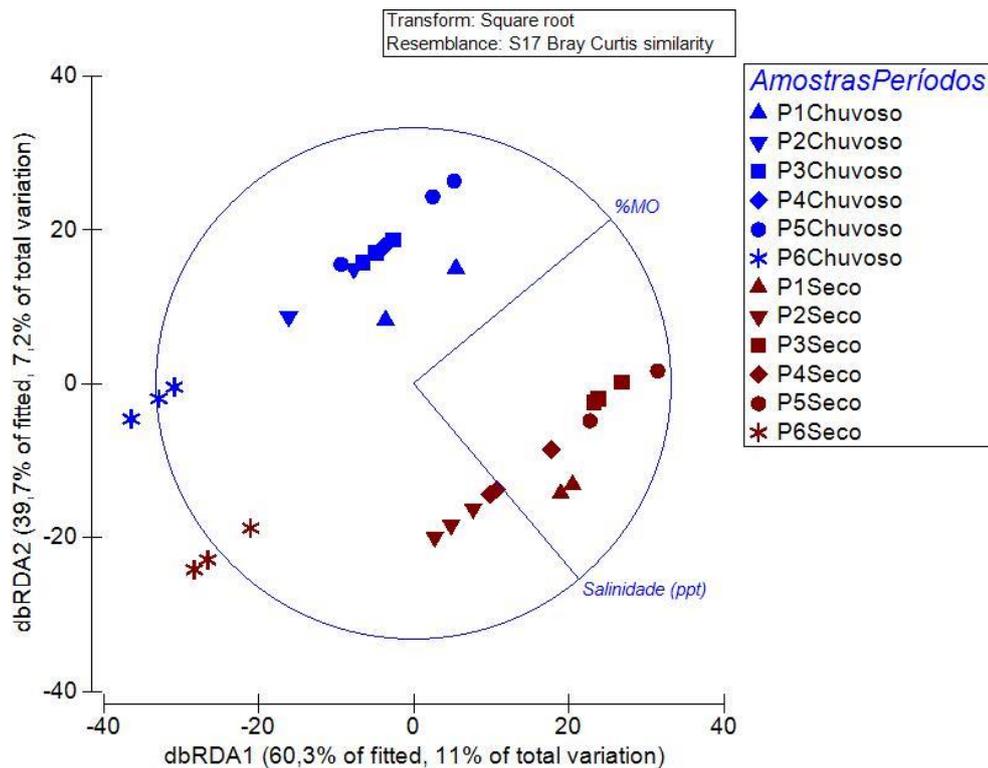


Figura 4 - Gráfico da PCA utilizando as características ambientais (granulometria, teor de matéria orgânica, teor de carbonato de cálcio, salinidade) em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.



A análise de DistLM mostrou correlação significativa das assembleias de Nematoda com a salinidade e teor de matéria orgânica, mostrando uma clara separação entre os períodos amostrais (Figura 5). O ponto amostral P6 se apresentou diferente dos demais, e foi o único ponto sem diferença entre os períodos amostrais.

Figura 5 - DistLM das assembleias da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.



3.3.2 Caracterização da nematofauna

3.3.2.1 Densidade e riqueza

A densidade de nematódeos variou entre 113 ind.10 cm⁻² (P5, período chuvoso) e 4.576 ind.10 cm⁻² (P2, período seco) (Figura 6). No período chuvoso, em P4 houve a maior densidade; e em P5, a mais baixa. No período seco P2 teve a maior densidade e P6 a menor. A riqueza variou entre os pontos e entre os períodos amostrais, sendo máxima no período chuvoso em P2 (50 táxons) e mínima em P6 (14 táxons). No período seco P3 teve a maior riqueza (40 táxons) e P1 a menor (16 táxons). A riqueza das assembleias de Nematoda variou significativamente entre os pontos amostrais, mas não entre os períodos climáticos (Tabela 2).

Figura 6 - Densidade e riqueza da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

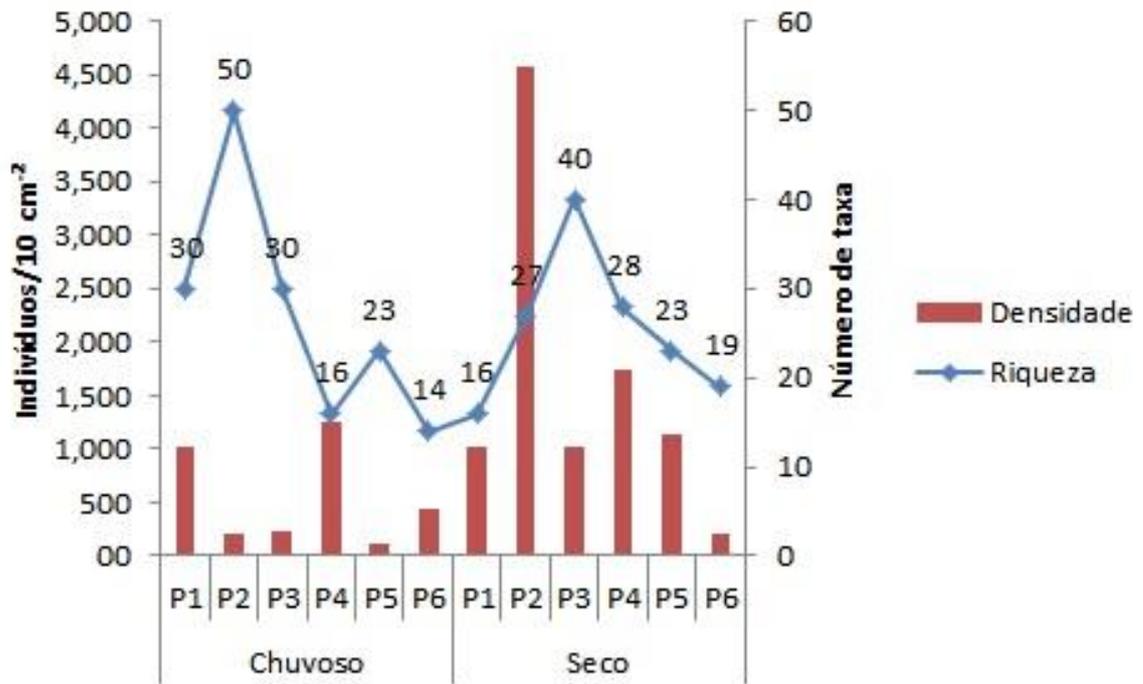


Tabela 2 - Resultados das PERMANOVA utilizando a riqueza das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

RIQUEZA						
Variáveis	DF ¹	SS ²	MS ³	Pseudo-F	P (perm)	
Amostras	5	3,0738	0,61477	2,6408	0,006	
Períodos	1	0,1991	0,19906	0,85506	0,47	
Amostras x Períodos	5	1,7437	0,34875	1,4981	0,146	
Average Distance between/within groups ⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	0.64					
P2	0.61 ^{ns}	0.48				
P3	0.62 ^{ns}	0.46 ^{ns}	0.56			
P4	0.57 ^{ns}	0.69*	0.47*	0.57		
P5	0.77 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.74*	0.77	
P6	0.66 ^{ns}	0.80*	0.75*	0.59 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.67

¹ DF: Degree of Freedom, ² SS: Sum of Squares, ³ MS: Mean Square, ⁴ Média semelhança dentro/entre groups (Distância Euclidiana – períodos amostrais e Bray Curtis similaridade – comunidades da nematofauna), *: p < 0.05, ^{ns}: não significativo.

A estrutura das assembleias de Nematoda variou significativamente entre pontos e períodos climáticos. Houve diferença significativa nas assembleias entre períodos climáticos em P2, P5 e P6, sendo P2 foi o mais distinto. Também houve mudança significativa nas

assembleias entre P6 e P3, P4 e P5 (Tabela 3). Na figura 7 é possível identificar a formação de três grupos principais, o primeiro reunindo as amostras de P1 e P2, o segundo reunindo P3, P4 e P5 e o terceiro com P6. Na figura 7 se observa que a dominância é máxima nos pontos P4 e P6 (período chuvoso) e em P1 (período seco).

Tabela 3 - Resultados das PERMANOVA utilizando a abundância das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

ABUNDÂNCIA						
Variáveis	DF ¹	SS ²	MS ³	Pseudo-F	P (perm)	
Amostras	5	39817	7963.4	5.77	0.001	
Períodos	1	6636.3	6636.3	4.81	0.001	
Amostras x Períodos	5	23128	1380.8	3.35	0.001	
Pair-wise tests – Chuvoso⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	13.12					
P2	17.54 ^{ns}	37.74				
P3	11.85 ^{ns}	20.61*	51.67			
P4	7.03*	16.67*	46.33 ^{ns}	60.12		
P5	10.82 ^{ns}	18.31*	38.27 ^{ns}	38.93 ^{ns}	43.05	
P6	15.22 ^{ns}	10.49*	23.97*	15.65*	26.29*	61.78
Pair-wise tests – Seco⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	48.73					
P2	20.71*	57.81				
P3	15.71*	32.11*	42.71			
P4	12.00*	19.52*	39.88 ^{ns}	46.64		
P5	13.95*	10.61*	19.35*	28.39*	52.86	
P6	10.72*	16.98*	25.92*	25.75*	18.27*	53.51

¹ DF: Degree of Freedom, ² SS: Sum of Squares, ³ MS: Mean Square, ⁴ Média semelhança dentro/entre groups (Distância Euclidiana – períodos amostrais e Bray Curtis similaridade – comunidades da nematofauna), *: p < 0.05, ^{ns}: não significativo.

Figura 7 - PCO da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

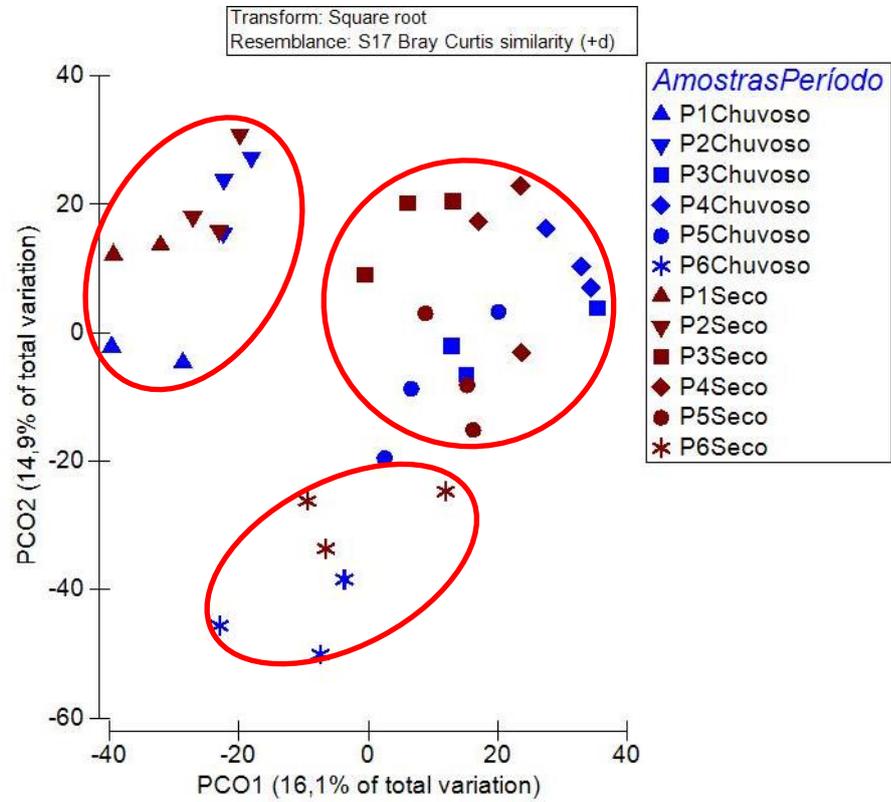
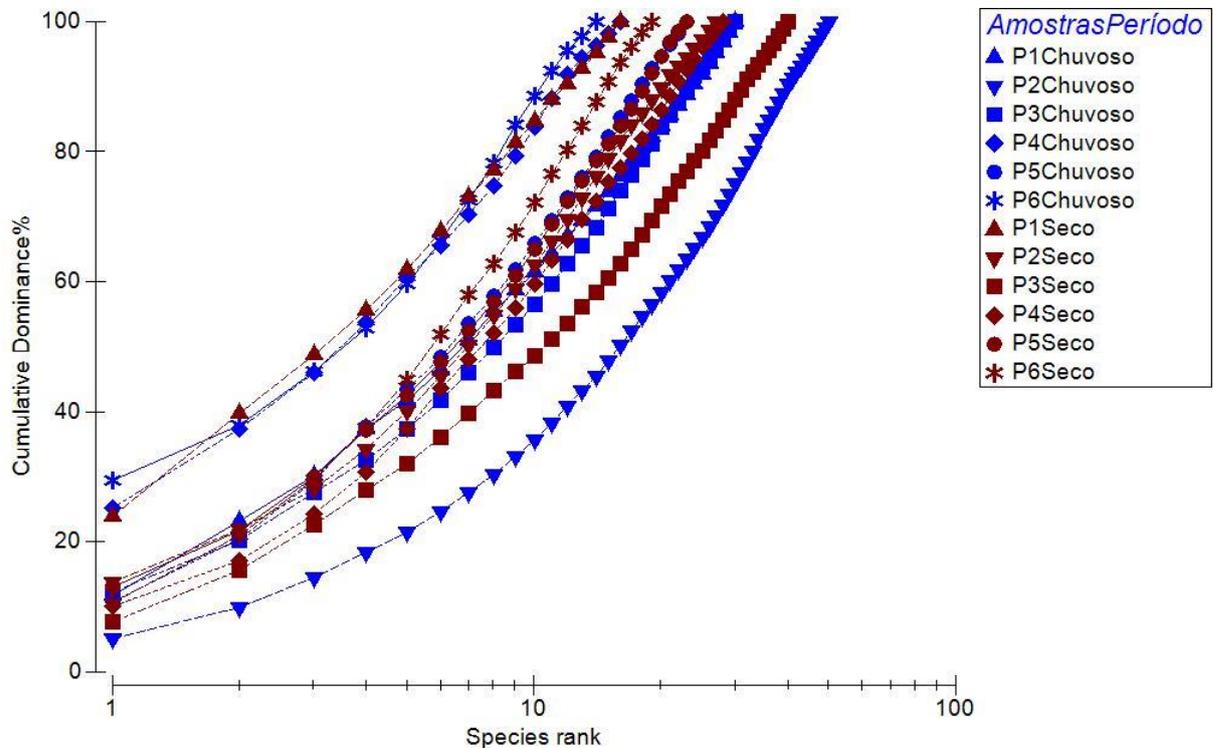


Figura 8 - Curvas de K-dominância da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.



A nematofauna foi composta por 108 gêneros representantes das duas classes (Enoplea e Chromadorea), distribuídos em 10 ordens e 45 famílias. Foram identificados oito (8) novos primeiros registros de gêneros para o Brasil (indicados com um asterisco). A tabela 4 apresenta as classificações dos gêneros quanto ao índice c-p (Borgers, 1990) e hábitos alimentares (Wieser, 1954).

FILO NEMATODA (DE LEY; BLAXTER, 2004)

Chromadorea

Araeolaimida

Comesomatidae Filipjev, 1918

Cervonema Wieser, 1954

Comesoma Bastian, 1865

Laimella Cobb, 1920

Sabatieria Rouville, 1903

Paracomesoma Schuurmans Stekhoven, 1950

Axonolaimidae Filipjev, 1918

Axonolaimus De Man, 1889

Parodontophora Timm, 1963

Pseudolella Cobb, 1920

Chromadorida

Achromadoridae Gerlach; Riemann, 1973

Achromadora Cobb, 1913

Chromadoridae Filipjev, 1917

Acantholaimus Allgén, 1933

Chromadorella Filipjev, 1918

Chromadorita Filipjev, 1922

Dichromadora Kreis, 1929

Prochromadorella Micoletzky, 1924

Punctodora Filipjev, 1928

Neochromadora Micoletzky, 1924

Spilophorella Filipjev, 1917

Cyatholaimidae Filipjev, 1918

Cyatholaimus Bastian, 1865

Ethmolaimidae Filipjev; Schuurmans Stekhoven, 1941

Filitonchus Platt, 1982

Selachinematidae Cobb, 1915

Halichoanolaimus De Man, 1886

Desmodorida

Desmodoridae Filipjev, 1922

Desmodora De Man, 1889

Chromaspirina Filipjev, 1918

Molgolaimus Ditlevsen, 1921

Perspiria Wieser; Hopper, 1967

Spirinia Gerlach, 1963

Microilaimidae Micoletzky, 1922

Microilaimus De Man, 1880

Monhysterida

Linhomoeidae Filipjev, 1922

Metalinhomoeus De Man, 1907

Terschellingia De Man, 1888

Monhysteridae de Man, 1876

Diplolaimella Allgén, 1929

Diplolaimelloides Meyl, 1954

Eumonhystera Andrásy, 1981

Monhystrella Cobb, 1918

Monhystera Bastian, 1865

Paramonhystera Steiner, 1916

Sinanema Andrásy, 1960 *

Thalassomonhystera Jacobs, 1987

Tridentula Andrásy, 2007

Sphaerolaimidae Filipjev, 1918

Doliolaimus Lorenzen, 1966

Parasphaerolaimus Ditlevsen, 1918

Subsphaerolaimus Lorenzen, 1978

Xyalidae Chitwood, 1951

Daptonema Cobb, 1920

Metadesmolaimus Schuurmans Stekhoven, 1935

Sabatieria Rouville, 1903

Theristus Bastian, 1865

Plectida

Aphanolaimidae Chitwood, 1936

Anonchus Cobb, 1913

Aphanolaimus De Man, 1880

Aphanonchus Coomans; Raski, 1991

Chronogasteridae

Chronogaster Cobb, 1913

Haliplectidae Chitwood, 1951

Haliplectus Cobb, 1913

Leptolaimidae Örley, 1880

Leptolaimoides Vitiello, 1971

Leptolaimus De Man, 1876

Rhabditida

Cephalobidae Filipjev, 1934

Acrobeles von Linstow, 1877

Cephalobus Bastian, 1865 *

Criconematidae Taylor, 1936

Hemicycliophora De Man, 1921

Diplogastridae Micoletzky, 1922

Acrostichus Rahm, 1928

Pratylenchidae Thorne, 1949

Hirschmanniella Luc & Goodey, 1963

Panagrolaimidae Thorne, 1937

Propanagrolaimus Andrásy, 2005 *

Rhabditidae Örley, 1880

Poikilolaimus Fuchs, 1930

Rhabditoides Rahm, 1928

Mesorhabditis Osche, 1952 *

Teratocephalidae Andrásy, 1958

Euteratocephalus Andrásy, 1958

Teratocephalus De Man, 1876

Tylenchomorpha De Ley; Blaxter, 2002

Gênero não identificado

EnopleaDorylaimida

Actinolaimidae Thorne, 1939

Aporcelaimidae Heyns, 1965

Aporcelaimus Thorne; Swanger, 1936

Dorylaimidae De Man, 1876

Dorylaimus Dujardin, 1845

Eudorylaimus Andrásy, 1959

Labronema Thorne, 1939

Mesodorylaimus Andrásy, 1959

Longidoridae Thorne, 1935*

Xiphinema Cobb, 1913 *

Nordiidae Jairajpuri; Siddiqi, 1964

Nygolaimidae Thorne, 1935

Nygolaimus Cobb, 1913

Thorniidae De Coninck, 1965

Thornia Meyl, 1954

Mononchida

Cobbonchidae Jairajpuri, 1969

Comiconchus Jairajpuri; Khan, 1982

Iotonchidae Jairajpuri, 1969

Iotonchus Cobb, 1916

Mononchidae Filipjev, 1934

Mononchus Bastian, 1865

Mononchoides Rahm, 1928

Mylonchulidae Jairajpuri, 1969

Mylonchulus Cobb, 1916

Enoplida

Alaimidae Micoletzky, 1922

Amphidelus Thorne, 1939

Anoplostomatidae Gerlach; Riemann, 1974

Anoplostoma Bütschli, 1874

Oncholaimidae Filipjev, 1916

Admirandus Belogurov; Belogurova, 1979*

Adoncholaimus Filipjev, 1918

Metaparoncholaimus De Coninck; Schuurmans Stekhoven,
1933

Meyersia Hopper, 1967

Oncholaimus Dujardin, 1845

Oncholaimellus De Man, 1890

Viscosia De Man, 1890

Oxystominidae Chitwood, 1935

Oxystomina Filipjev, 1918

Rhabdolaimidae Chitwood, 1951

Syringolaimus De Man, 1888
 Thoracostomopsidae Filipjev, 1927
Enoplus Dujardin, 1845

Triplonchida

Prismatolaimidae Micoletzky, 1922
Prismatolaimus De Man, 1880
 Tobrilidae De Coninck, 1965
Semitobrilus Tsalolikhin, 1981
Tobrilus Andrásy, 1959
 Tripylidae De Man, 1876
Tripyla Bastian, 1865*
Tripyloides De Man, 1886
Trischistoma Cobb, 1913

Tabela 4 - Classificação dos nematódeos no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). C-p = índices colonizador-persistente. PP = parasita de plantas.

Táxon/Gênero	Família/Tribo	c-p (Bonger, 1990)	Hábito alimentar (Wieser, 1954)
<i>Acantholaimus</i>	Chromadoridae	3	2A
<i>Achromadora</i>	Achromadoridae	3	2A
<i>Acrobeles</i>	Cephalobidae	1	1A
<i>Acrostichus</i>	Diplogasteridae	1	2A
Actinolaimidae	Actinolaimidae	5	2B
<i>Admirandus</i>	Oncholaimidae	4	2B
<i>Adoncholaimus</i>	Oncholaimidae	4	2B
Adoncholaimidae	Adoncholaimidae	4	2B
<i>Anonchus</i>	Aphanolaimidae	3	2B
<i>Anoplostoma</i>	Anoplostomidae	2	1B
Aphanolaimidae	Aphanolaimidae	3	1A
<i>Aphanonchus</i>	Aphanolaimidae	2	1A
<i>Amphidelus</i>	Alaimidae	4	1A
<i>Aporcelaimus</i>	Aporcelaimidae	5	2B
<i>Axonolaimus</i>	Axonolaimidae	2	2A
<i>Brevitobrilus</i>	Tobrilidae	3	2B
<i>Caenorhabditis</i>	Rhabditidae	1	1A
<i>Cephalobus</i>	Plectidae	2	1A
<i>Cervonema</i>	Comesomatidae	3	1B

<i>Chromadorella</i>	Chromadoridae	3	2A
Chromadoridae	Chromadoridae	3	2A
<i>Chromadorita</i>	Chromadoridae	3	2A
<i>Chromaspirina</i>	Desmodoridae	3	2A
<i>Chronogaster</i>	Leptolaimidae	3	1B
<i>Comesoma</i>	Comesomatidae	2	2A
<i>Comiconchus</i>	Cobbonchidae	4	2B
<i>Cyatholaimus</i>	Cyatholaimidae	2	2A
<i>Daptonema</i>	Xyalidae	2	1B
<i>Desmodora</i>	Desmodoridae	2	2A
Desmodoridae	Desmodoridae	3	2A
<i>Dichromadora</i>	Chromadoridae	2	2A
<i>Diplolaimella</i>	Monhysteridae	1	1B
<i>Diplolaimelloides</i>	Monhysteridae	1	1B
<i>Doliolaimus</i>	Sphaerolaimidae	3	2B
<i>Dorylaimus</i>	Dorylaimidae	4	2B
<i>Enoplus</i>	Thoracostomapsidae	5	2B
<i>Eudorylaimus</i>	Dorylaimidae	4	2B
<i>Eumonhystera</i>	Monhysteridae	1	1A
<i>Euteratocephalus</i>	Teratocephalidae	3	1B
<i>Filitonchus</i>	Ethmolaimidae	3	2A
<i>Halichoanolaimus</i>	Selachinematidae	3	1B
<i>Haliplectus</i>	Haliplectidae	3	1A
<i>Hemicycliophora</i>	Criconematidae	PP	PP
<i>Hirschmanniella</i>	Pratylenchidae	PP	PP
<i>Iotonchus</i>	Iotonchidae	4	2B
<i>Labronema</i>	Dorylaimidae	4	2B
<i>Laimella</i>	Comesomatidae	3	2A
<i>Leptolaimoides</i>	Leptolaimidae	2	1B
<i>Leptolaimus</i>	Leptolaimidae	2	1A
<i>Marylynnia</i>	Cyatholaimidae	2	2A
<i>Mesodorylaimus</i>	Dorylaimidae	4	2B
<i>Mesorhabditis</i>	Rhabditidae	1	1A
<i>Metadesmolaimus</i>	Xyalidae	2	1B
<i>Metalinhomoeus</i>	Linhomoeidae	3	2A
<i>Metaparoncholaimus</i>	Oncholaimidae	4	2B
<i>Meyersia</i>	Oncholaimidae	4	2B
<i>Microlaimus</i>	Microlaimidae	2	2A
<i>Molgolaimus</i>	Desmodoridae	3	1B
<i>Monhystrella</i>	Monhysteridae	2	1B

<i>Monhystera</i>	Monhysteridae	2	1B
<i>Mononchus</i>	Mononchidae	4	2B
<i>Mononchoides</i>	Mononchidae	4	2B
<i>Mylonchulus</i>	Mylonchulidae	4	2B
<i>Neochromadora</i>	Chromadoridae	3	2A
<i>Neotobrilus</i>	Tobrilidae	3	2B
<i>Nygolaimus</i>	Nygolaimidae	5	2B
<i>Nordiidae</i>	Nordiidae	4	2B
<i>Oncholaimus</i>	Oncholaimidae	4	2B
<i>Oncholaimellus</i>	Oncholaimidae	4	2B
<i>Oxystomina</i>	Oxystominidae	4	1A
<i>Paracanthonchus</i>	Cyatholaimidae	2	2A
<i>Paracomesoma</i>	Comesomatidae	3	2A
<i>Paracyatholaimus</i>	Cyatholaimidae	2	2A
<i>Paralongicyatholaimus</i>	Cyatholaimidae	2	2A
<i>Paramonhystera</i>	Monhysteridae	1	1B
<i>Parasphaerolaimus</i>	Sphaerolaimidae	3	2B
<i>Parodontophora</i>	Axonolaimidae	2	2A
<i>Perspiria</i>	Desmodoridae	3	2A
<i>Poikilolaimus</i>	Rhabditidae	1	1A
<i>Prismatolaimus</i>	Prismatolaimidae	3	1B
<i>Prochromadorella</i>	Chromadoridae	3	2A
<i>Propanagrolaimus</i>	Panagrolaimidae	1	1A
<i>Pomponema</i>	Cyatholaimidae	2	2A
<i>Pseudolella</i>	Axonolaimidae	2	2A
<i>Punctodora</i>	Chromadoridae	3	1A
Rhabditidae	Rhabditidae	1	1B
<i>Rhabditidoides</i>	Rhabditidae	1	1B
<i>Sabatieria</i>	Xyalidae	2	2A
<i>Semitobrilus</i>	Tobrilidae	3	2B
<i>Sinanema</i>	Monhysteridae	1	1B
<i>Spirinia</i>	Desmodoridae	3	2A
<i>Subsphaerolaimus</i>	Sphaerolaimidae	3	2B
<i>Spilophorella</i>	Chromadoridae	3	2A
<i>Syringolaimus</i>	Rhabdolaimidae	3	1A
<i>Teratocephalus</i>	Teratocephalidae	3	1B
<i>Terschellingia</i>	Linhomoeidae	2	1A
<i>Thalassomonhystera</i>	Monhysteridae	1	1B
<i>Theristus</i>	Xyalidae	2	1B
<i>Thornia</i>	Thorniidae	5	2B

<i>Tobrilus</i>	Tobrilidae	3	2B
<i>Tridentula</i>	Monhysteridae	1	2A
<i>Tripyla</i>	Tripylidae	3	2B
<i>Tripyloides</i>	Tripylidae	3	2B
<i>Trischistoma</i>	Tripylidae	3	2B
<i>Tylenchomorpha</i>	Tylenchomorpha	PP	PP
<i>Viscosia</i>	Oncholaimidae	4	2B
<i>Xiphinema</i>	Longidoridae	PP	PP

A figura 9 apresenta os gêneros mais abundantes em cada ponto, nos dois períodos climáticos. *Haliplectus* esteve presente em todos os locais, em ambos os períodos, sendo o gênero mais abundante do período chuvoso, em particular em P3 e P4. *Thalassomonhystera* e *Mesodorylaimus* foram os gêneros mais abundantes no período seco em todos os locais. *Thalassomonhystera* esteve presente em todos os locais no período seco, enquanto no período chuvoso ocorreram apenas em P3, P5 e P6, com maior abundância em P6.

No período chuvoso, *Mesodorylaimus* não ocorreu em P1 e P2, e sendo o mais abundante do P5; enquanto que *Dorylaimus* foi o gênero mais abundante em P5 no período seco. Em P1 e P2 os gêneros mais abundantes foram *Perspiria* (mais abundante em P1 no período seco), *Paralongicyatholaimus* (mais abundante em P1 no período chuvoso), *Neochromadora* (mais abundante em P2 no período seco) e *Terschellingia* (mais abundante em P2 no chuvoso). *Metalinhomoeus* esteve presente apenas no ponto P1, sendo o segundo táxon mais abundante deste ponto no período chuvoso.

A análise PERMANOVA mostrou uma diferença significativa, tanto entre os pontos quanto entre os períodos amostrais, dos gêneros mais abundantes da nematofauna (Tabela 5). Foi identificada interação entre os fatores, porém sendo possível visualizar uma tendência de separação em três grupos (Figura 10). A salinidade foi o maior indutor na separação entre os períodos amostrais; e o teor de matéria orgânica, entre os pontos (Figura 11).

Figura 9 - Densidade dos gêneros mais representativos de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

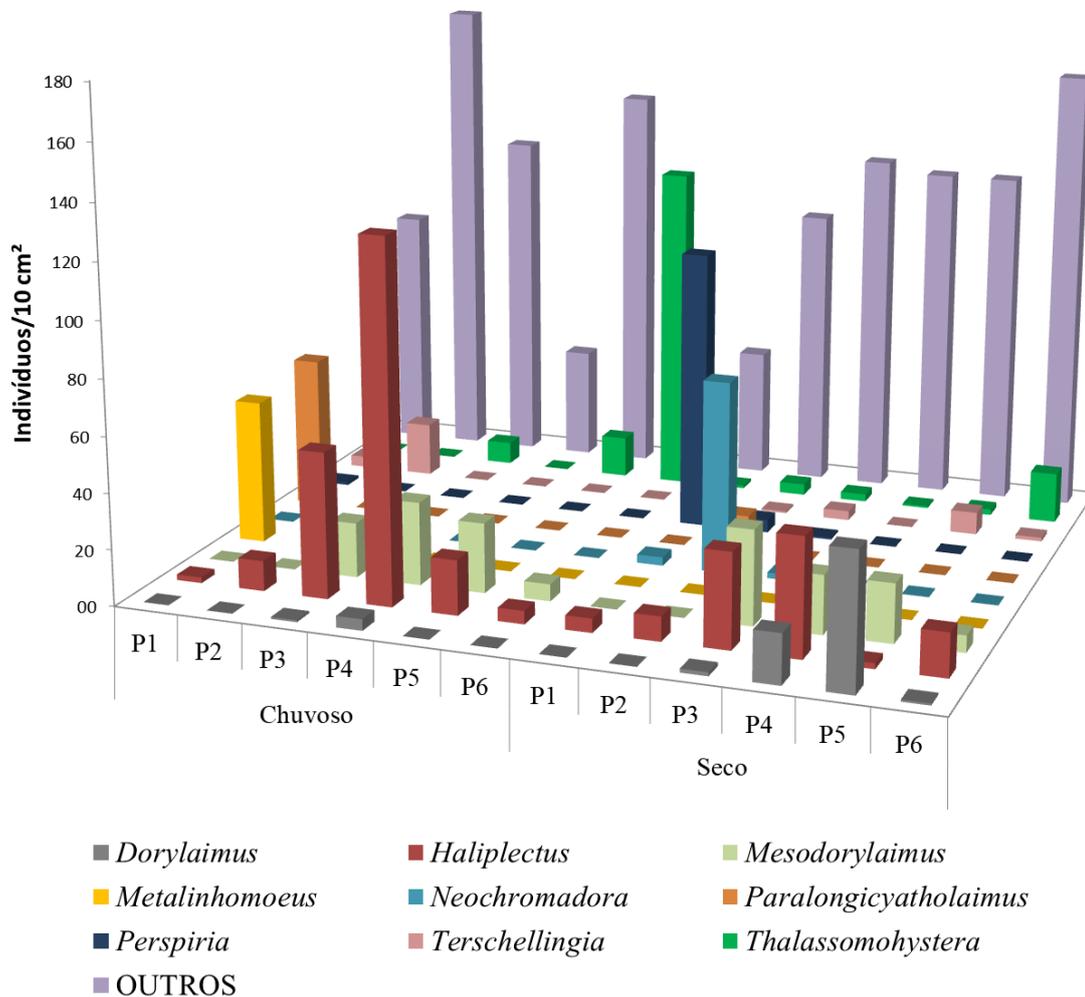


Tabela 5 - Resultados das PERMANOVA utilizando a densidade dos gêneros mais representativos em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

Gêneros mais representativos						
Variáveis	DF ¹	SS ²	MS ³	Pseudo-F	P (perm)	
Amostras	5	22282	4456.4	7.3802	0.0001	
Períodos	1	3314.3	3314.3	5.4888	0.0002	
Amostras x Períodos	5	11473	2298.9	3.8071	0.0001	
<i>Average Similarity between/within groups – Período Chuvoso⁴</i>						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	47,418					
P2	47,625 ^{ns}	72,296				
P3	33,059*	47,13*	68,145			

P4	21,29	37,603*	63,723 ^{ns}	68,693		
P5	33,188	38,835*	59,631 ^{ns}	52,094 ^{ns}	58,517	
P6	29,792*	36,426*	44,836*	29,652*	47,795*	53,51
<i>Average Similarity between/within groups – Período Seco⁴</i>						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	57,432					
P2	32,539*	71,12				
P3	28,185*	48,411*	67,135			
P4	24,91*	42,808*	67,489 ^{ns}	73,52		
P5	34,33	32,566*	55,745 ^{ns}	56,609	65,285	
P6	25,633*	40,837*	55,277	54,461*	49,991	65,01

¹DF: Degree of Freedom, ² SS: Sum of Squares, ³ MS: Mean Square, ⁴ Média semelhança dentro/entre groups (Distância Euclidiana – períodos amostrais e Bray Curtis similaridade – comunidades da nematofauna), *: $p < 0.05$, ^{ns}: não significativo.

Figura 10 - PCO dos gêneros mais abundantes da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

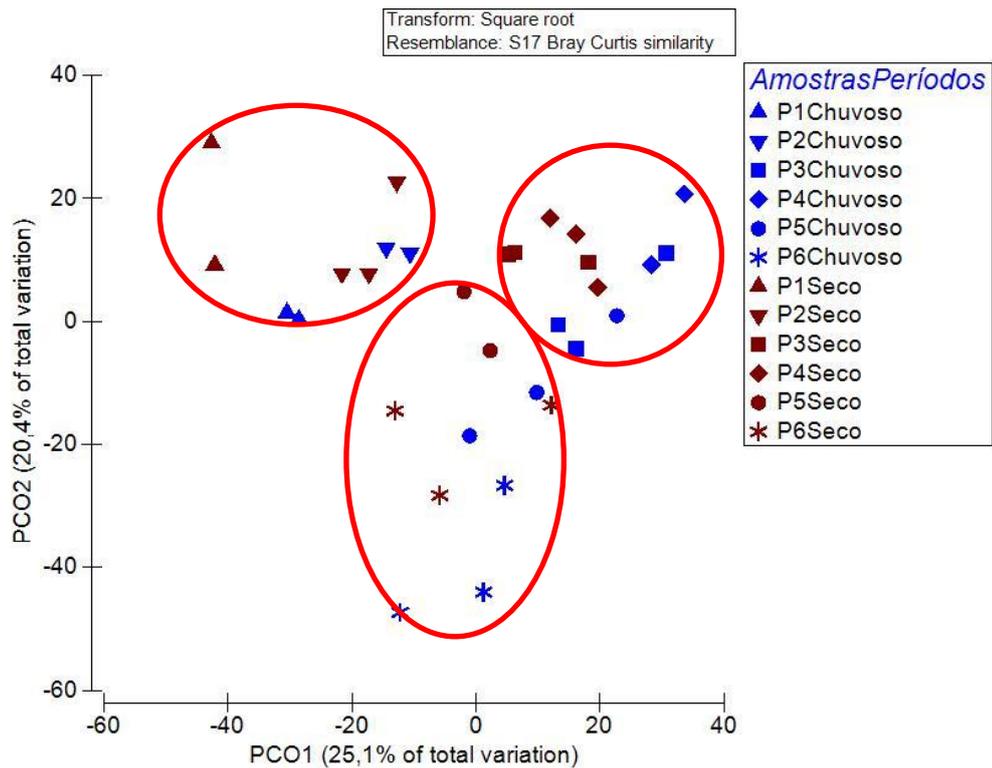
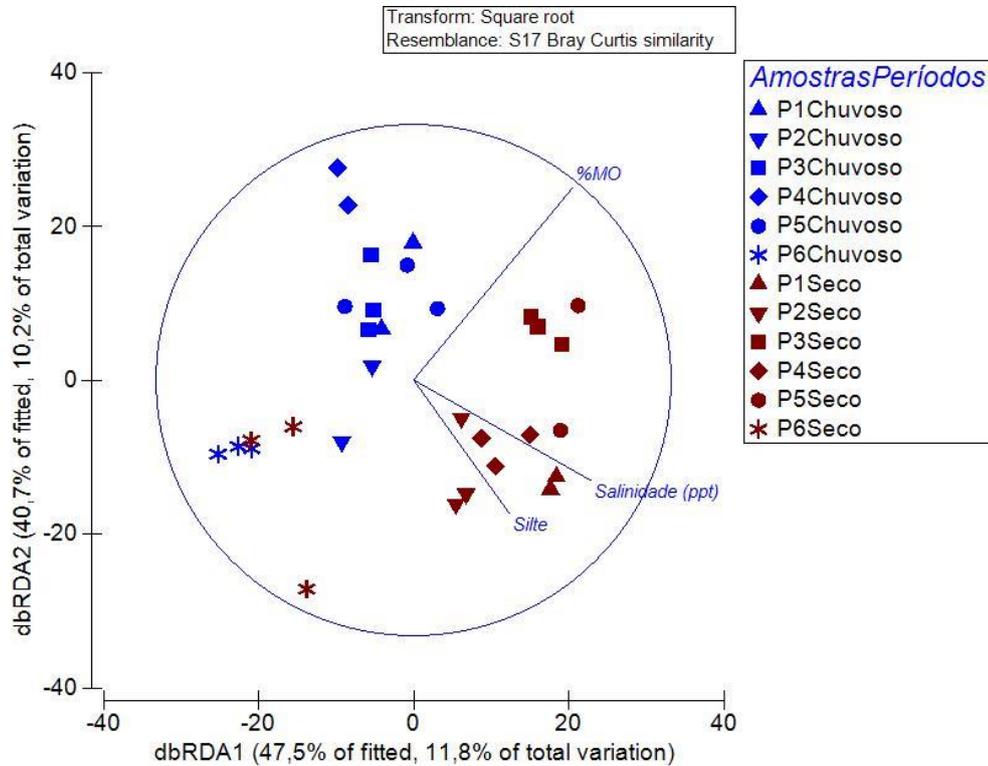


Figura 11 - DistLM gêneros mais abundantes da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.



3.3.2.2 Estrutura Trófica

As assembleias de Nematoda tiveram, em geral, dominância de detritívoros (1A e 1B) no período chuvoso, e indivíduos com bocas com armaduras (2A e 2B) no período seco (Figura 12).

Os locais mais próximos da foz (P1 e P2) foram dominados por consumidores de epistrato (2A), em ambos os períodos climáticos. Em P5 dominaram os predadores/onívoros (2B) em ambos os períodos climáticos. Nos demais locais houve variação do grupo trófico dominante entre períodos climáticos.

Em P3 dominaram os detritívoros seletivos (1A) e predadores/onívoros (2B), no período chuvoso; e os predadores/onívoros (2B), no seco. Os detritívoros seletivos (1A) dominaram em P4 no período chuvoso e os predadores/onívoros (2B) no seco. No ponto mais distante da foz (P6) o grupo mais abundante foram os detritívoros não-seletivos (1B) em ambos os períodos, ainda que no período seco houve também alta abundância de predadores/onívoros (2B). Os fitoparasitas que foram identificados nas amostras, apresentaram baixa abundância relativa.

A estrutura trófica da nematofauna variou significativamente entre locais e períodos climáticos, porém havendo interação entre os fatores (Tabela 6). A estrutura trófica das assembleias variou significativamente entre períodos climáticos, e o período sendo apresentou mais diferença entre os pontos amostrais (Figura 13).

Figura 12 - Hábitos alimentares da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral. 1A = detritívoros não-seletivos; 1B = detritívoros seletivos; 2A = consumidores de epístratos; 2B = predadores/onívoros; PP = fitoparasitas.

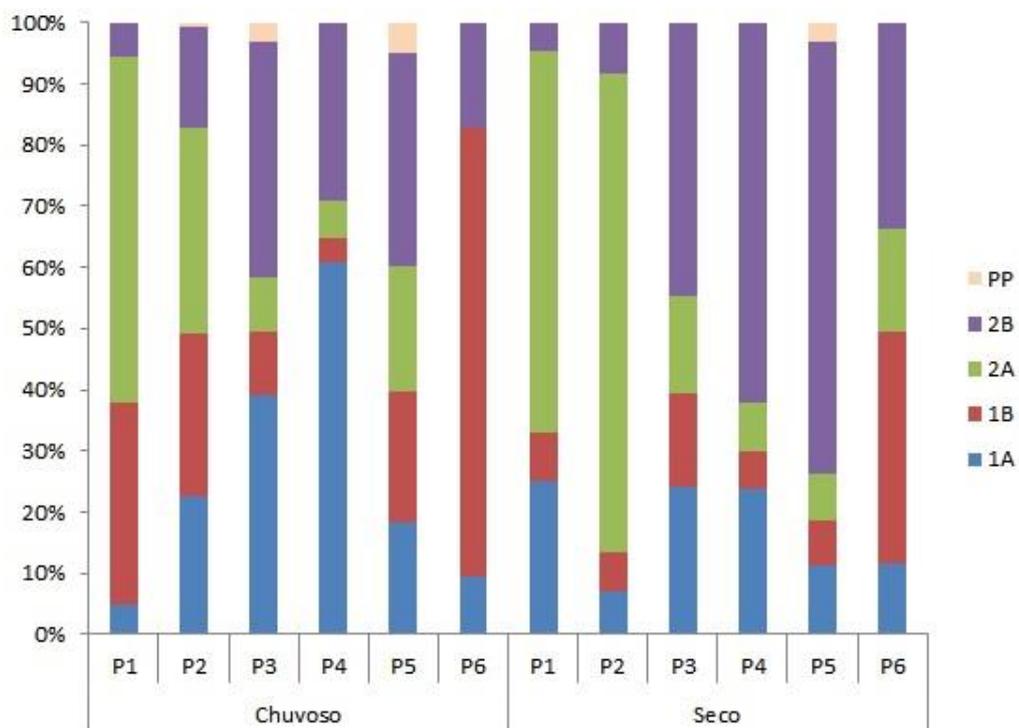


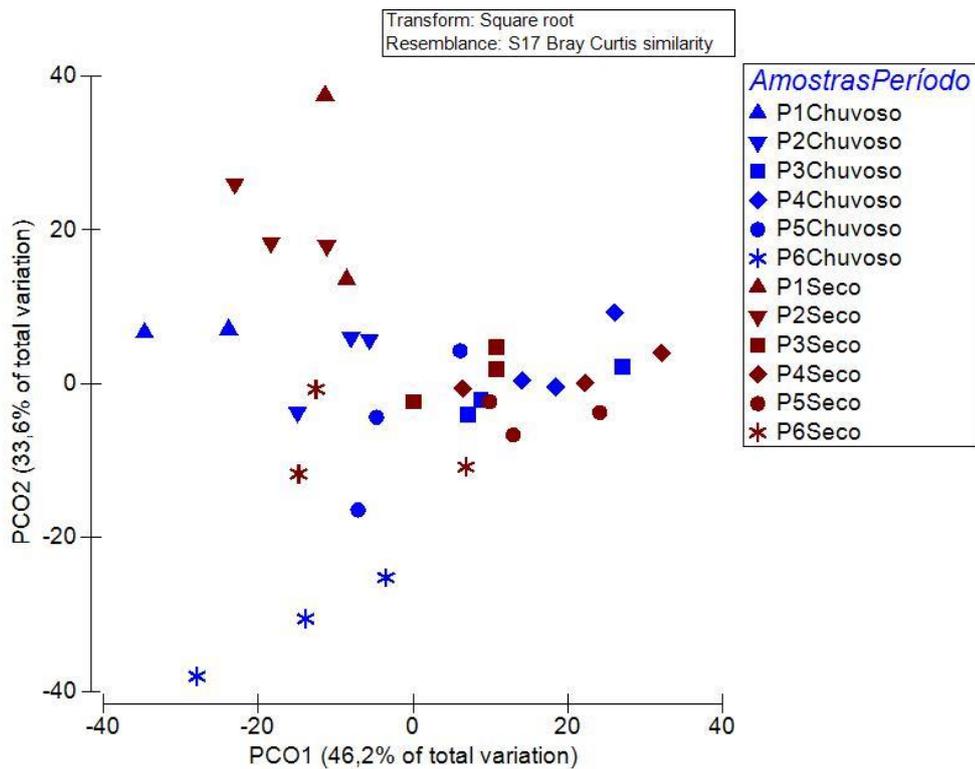
Tabela 6 - Resultados das PERMANOVA utilizando a estrutura trófica da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

HÁBITOS ALIMENTARES						
Variáveis	DF ¹	SS ²	MS ³	Pseudo-F	P (perm)	
Amostras	5	1247.9	2495.8	11.981	0.001	
Períodos	1	1372.7	1372.7	6.589	0.001	
Amostras x Períodos	5	2118.2	423.64	2.034	0.018	
Pair-wise tests – Chuvoso⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	89.825					
P2	79.942 ^{ns}	81.28				

P3	54.894*	72.322 ^{ns}	77.605			
P4	48.895*	66.898*	81.13 ^{ns}	87.868		
P5	62.405 ^{ns}	73.247 ^{ns}	72.47 ^{ns}	63.42 ^{ns}	68.199	
P6	60.455*	63.173*	55.948*	50.129*	60.051 ^{ns}	82.104
Pair-wise tests – Seco ⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	74.82					
P2	82.265 ^{ns}	91.32				
P3	68.309*	65.874*	90.583			
P4	59.649*	55.673*	85.581*	85.418		
P5	52.027*	55.506*	76.098 ^{ns}	78.064 ^{ns}	77.253	
P6	61.344 ^{ns}	63.87*	79.477 ^{ns}	69.26 ^{ns}	66.95*	73.679

¹ DF: Degree of Freedom, ² SS: Sum of Squares, ³ MS: Mean Square, ⁴ Média semelhança dentro/entre groups (Distância Euclidiana – períodos amostrais e Bray Curtis similaridade – comunidades da nematofauna), *: p < 0.05, ^{ns}: não significativo.

Figura 13 - PCO das estruturas tróficas das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.



3.3.2.3 Estrutura Populacional

A estrutura populacional da assembleia de Nematoda é mostrada na figura 14,

apresentando os estágios de desenvolvimento dos nematódeos em cada local, nos dois períodos climáticos. Em P1, local mais próximo da foz, houve maior número de machos, enquanto em P6 foi onde houve maior abundância de fêmeas e fêmeas grávidas. Em P3, P4 e P5 houve proporções semelhantes de juvenil, fêmeas, fêmeas grávidas e machos; com aumento do número de juvenis no período chuvoso em todos eles, exceto no P2, que houve um aumento de fêmeas e fêmeas grávidas. Foi também possível observar uma tendência de diminuição de machos entre P1 e P6, em ambos os períodos amostrais. A estrutura populacional das assembleias de Nematoda variou significativamente entre locais, principalmente no período chuvoso (Tabela 7, figura 8).

Figura 14 - Estrutura populacional da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

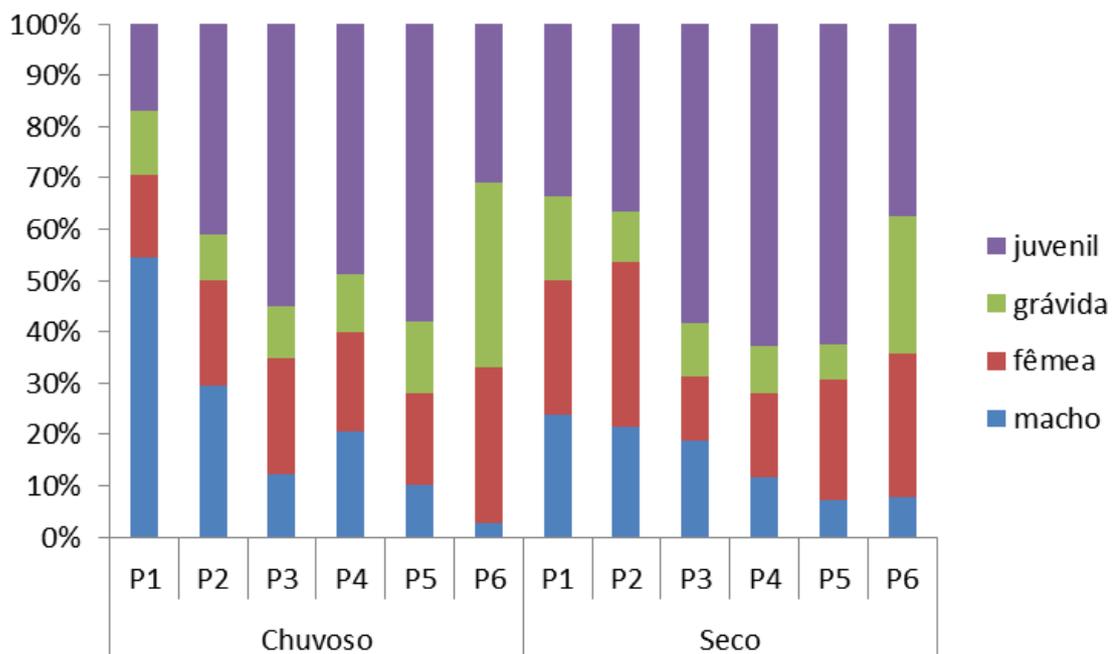


Tabela 7 - Resultados das PERMANOVA utilizando a estrutura populacional da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

ESTRUTURA POPULACIONAL						
Variáveis	DF ¹	SS ²	MS ³	Pseudo-F	P (perm)	P (MC)
Amostras	5	2912.3	582.45	5.28	0.001	0.001
Períodos	1	158.95	158.95	1.44	0.24	0.233
Amostras x Períodos	5	506.31	110.27	0.92	0.577	0.528

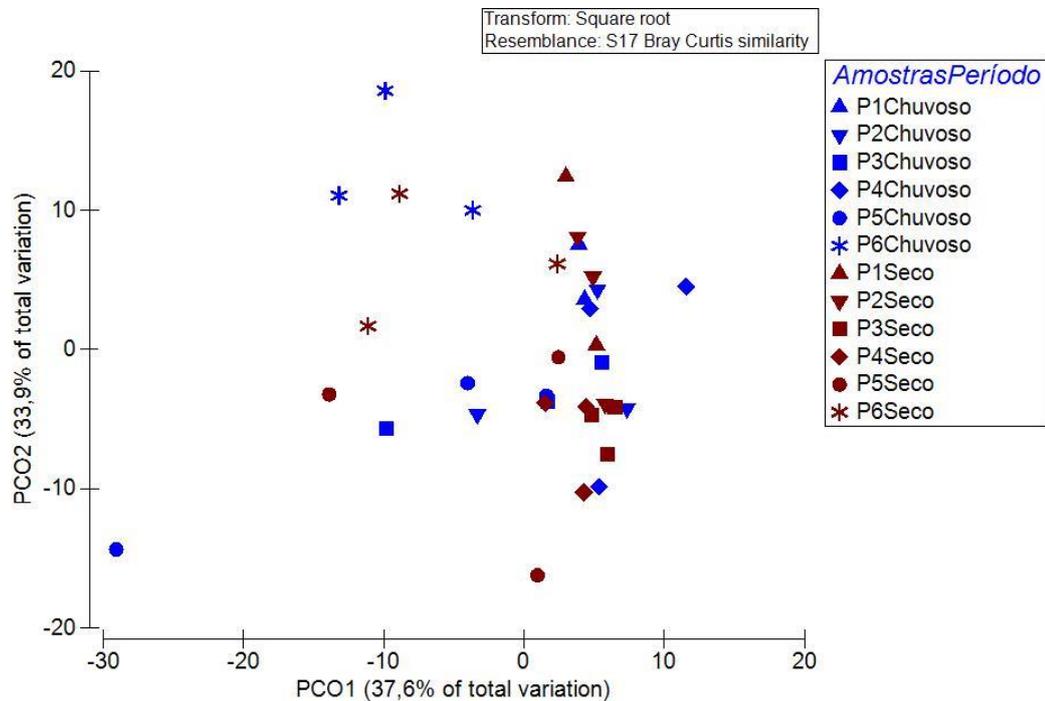
Pair-wise tests – Chuvoso⁴

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	92,21					
P2	84,459 ^{ns}	87,879				
P3	76,623*	87,543*	87,543			
P4	80,646*	86,264*	87,846	88,10		
P5	70,77 ^{ns}	77,613 ^{ns}	81,845*	77,68 ^{ns}	71,248	
P6	71,861*	75,357*	79,281*	77,68*	74,146 ^{ns}	89,881

Pair-wise tests – Seco ⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	84,808					
P2	90,453	90,998				
P3	86,356 ^{ns}	87,544*	95,652			
P4	84,205	85,539*	93,763 ^{ns}	94,37		
P5	79,597 ^{ns}	81,587 ^{ns}	84,685 ^{ns}	87,02 ^{ns}	80,279	
P6	84,571 ^{ns}	83,964 ^{ns}	81,528*	82,93*	81,813 ^{ns}	85,551

¹ DF: Degree of Freedom, ² SS: Sum of Squares, ³ MS: Mean Square, ⁴ Média semelhança dentro/entre groups (Distância Euclidiana – períodos amostrais e Bray Curtis similaridade – comunidades da nematofauna), *: $p < 0.05$, ^{ns}: não significativo.

Figura 15 - PCO das estruturas populacionais das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.



3.3.2.4 Índices colonizador-persistentes e Índice de Maturidade

A figura 16 apresenta as proporções dos valores c-p das assembleias nos diferentes

períodos climáticos. Em geral, os nematódeos do tipo c-p 3 foram os mais abundantes, seguidos dos c-p 2 (período chuvoso) e c-p 4 (período seco). As proporções de valores c-p das assembleias de Nematoda variou significativamente entre locais, havendo uma interação significativa entre pontos amostrais e períodos climáticos (Tabela 8). O ponto P6 foi o local mais distinto no período chuvoso, com dominância de c-p 1; e P5, no período seco, com dominância de c-p 4.

Quanto ao índice de maturidade (IM), o maior valor ocorreu em P4 e o menor em P6, em ambos os períodos climáticos. Os valores do IM aumentaram do período chuvoso para o seco, porém mantendo o mesmo padrão de valores entre os pontos amostrados: P1, P2 e P3 mais semelhantes entre si; P4 com o valor mais alto, e P5 e P6 com os valores mais baixos e semelhantes entre si (Figura 17).

Figura 16 - Índice colonizador-persistente da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

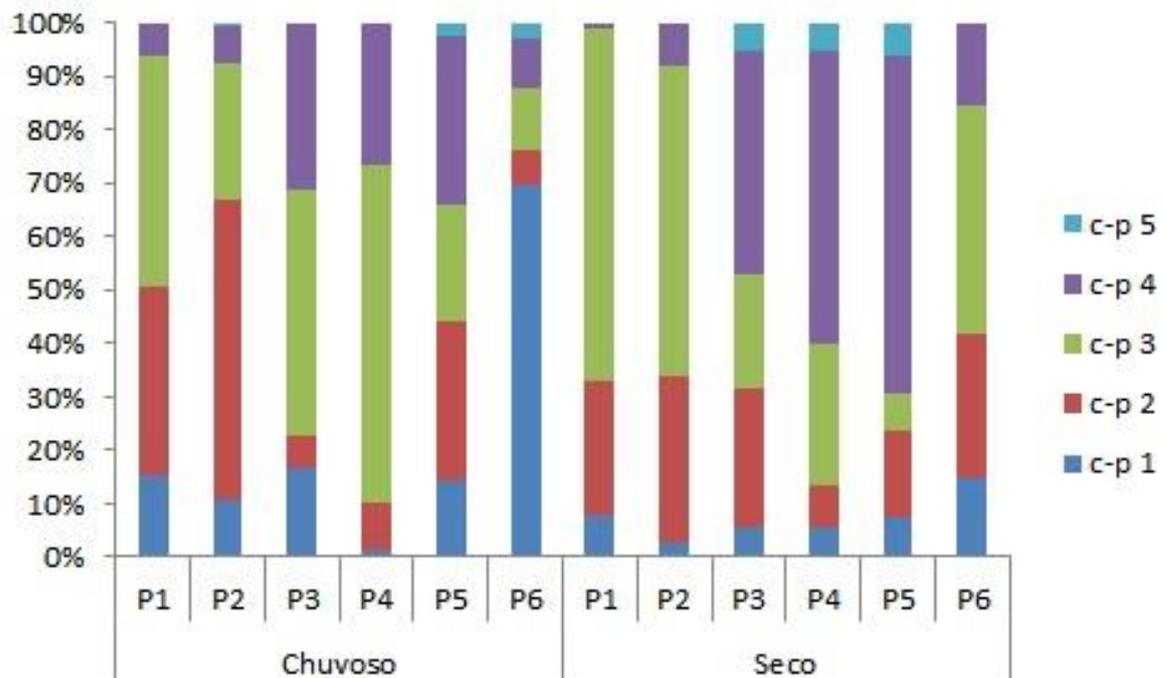


Tabela 8 - Resultados das PERMANOVA utilizando índice colonizador-persistente (valor c-p) das assembleias de Nematoda em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.

Índice c-p						
Variáveis	DF ¹	SS ²	MS ³	Pseudo-F	P (perm)	
Amostras	5	9541	1908.2	6.53	0.001	
Períodos	1	680.85	680.85	2.33	0.064	
Amostras x Períodos	5	3553.4	710.68	2.42	0.002	
Pair-wise tests – Chuvoso⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	72.03					
P2	79.48 ^{ns}	81.50				
P3	68.46 ^{ns}	65.03 ^{ns}	70.39			
P4	70.96 ^{ns}	61.70*	73.99 ^{ns}	88.6		
P5	64.03 ^{ns}	71.12 ^{ns}	68.42 ^{ns}	61.93*	69.84	
P6	61.63*	60.15*	60.15*	51.59*	60.89*	78.18
Pair-wise tests – Seco⁴						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	69.29					
P2	79.01 ^{ns}	79.27				
P3	58.93 ^{ns}	66.80*	74.22			
P4	55.83*	62.38*	78.14 ^{ns}	84.35		
P5	42.76*	51.59*	73.49 ^{ns}	71.03*	75.53	
P6	75.39 ^{ns}	78.64 ^{ns}	71.23 ^{ns}	68.28*	59.58*	78.57

¹ DF: Degree of Freedom, ² SS: Sum of Squares, ³ MS: Mean Square, ⁴ Média semelhança dentro/entre groups (Distância Euclidiana – períodos amostrais e Bray Curtis similaridade – comunidades da nematofauna), *: $p < 0.05$, ^{ns}: não significativo.

Figura 17 - Índice de maturidade da nematofauna em diferentes pontos amostrais e períodos climáticos, no médio estuário do Rio Capibaribe (Nordeste do Brasil). P = ponto amostral.



3.4 DISCUSSÃO

O sedimento do médio estuário do Rio Capibaribe foi classificado como silte-arenoso, apresentando uma distribuição heterogênea, variando entre os diferentes períodos amostrais, concordando com os achados de Oliveira *et al.* (2014) e Resende; Craveiro; Pereira (2016). No presente estudo, no geral a granulometria diminuiu do período chuvoso (julho) para o período seco (novembro), o que pode indicar que outros fatores além da pluviometria, interferem na granulometria. Barcellos *et al.* (2017) afirmou que cada curva do curso do estuário do Rio Capibaribe apresenta uma identidade sedimentológica, o que é verdade no presente estudo, onde houve variação na granulometria nos seis pontos amostrados.

O teor de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) do médio estuário do Rio Capibaribe variou entre 1,0 – 19,1% (período chuvoso) e 2,7 – 17,7% (período seco), valores semelhantes foram encontrados na mesma área de estudo (OLIVEIRA *et al.*, 2014; RESENDE; CRAVEIRO; PEREIRA, 2016). O ponto mais próximo à foz (P1), em ambos os períodos amostrados, apresentou os maiores teores de CaCO_3 , indicando a influência da maré, que também foi refletida na alta salinidade. Este ponto foi dominado pelos gêneros marinhos *Metalinhomoeus* (Monhysterida, Linhomoeidae) e *Paralongicyatholaimus* (Chromadorida, Cyatholaimidae). Nos dois pontos mais distantes da foz (P5 e P6), foi constatada a salinidade mais baixa, como também o menor teor de CaCO_3 . Os gêneros *Thalassomonhystera* e *Monhystera*, conhecidos por habitarem ambientes de água doce, dominaram as comunidades, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, do ponto mais distante da foz.

Os valores das concentrações de matéria orgânica (MO) variaram entre 2.7 e 18.5%, valores um pouco mais altos do que os achados por Oliveira *et al.* (2014) (até 15,2%); porém, Resende; Craveiro; Pereira (2016) registrou concentrações de MO variando entre 4 e 23.4%, no médio estuário do Rio Capibaribe. Apesar dos estudos terem sido realizados na mesma região, e o presente estudo tenha se baseado no desenho amostral dos anteriores, essa diferença pode ser explicada pela diferença do tempo de coleta, que influencia na dinâmica dos sedimentos e escarga de esgoto bruto no estuário. Valores mais altos também foram encontrados por Silva *et al.* (2011) no Rio Pina e na área de confluência entre os rios Capibaribe, Tejipió/Jiquiá, Pina e Jordão (até 23%), no complexo estuarino de Itamaracá (até 22,9%) (DA ROCHA *et al.*, 2000), e no estuário do Rio Timbó (até 23,6%) (NORONHA *et al.* 2011), mostrando que outros estuários e rios próximos ao local estudado também estão sob forte influência antrópica.

No presente estudo, no período chuvoso, o ponto com maior teor de MO (17.7%)

apresentou granulometria silte grosso; entretanto, os segundo e terceiro pontos com maiores teores de MO (13.2 e 13%, respectivamente) apresentaram granulometria areia grossa e areia fina, respectivamente. Já no período seco, o maior teor de MO (18.5%) foi registrado no ponto com sedimento de areia média, e o segundo maior teor de MO (16.1%), foi no ponto com granulometria silte grosso. Betemps; Sanches-Filho (2012) observaram uma relação entre altos teores de matéria orgânica e teores de sedimentos finos; entretanto não foi encontrada essa correlação no presente trabalho, o que pode indicar que outros fatores estão influenciando a concentração de MO nos pontos analisados, independente da granulometria.

Os pontos amostrais com maior densidade variaram entre os períodos chuvoso e seco (P4 e P2, respectivamente), assim como os pontos com densidade mais baixa (P5 e P6, respectivamente). Porém, no geral houve um aumento de densidade no período seco, o que está de acordo com a literatura (GOMES; ROSA-FILHO 2009; VENEKEY; SANTOS; FONSÊCA-GENEVOIS, 2014). Os pontos amostrados estão localizados numa região do médio estuário onde há uma zona de turbidez máxima, que é caracterizada por altos níveis de sedimentos suspensos e baixos níveis de oxigênio dissolvido (SCHETTINI *et al.*, 2016), o que pode ser um fator limitante para os pontos mais distantes da foz. É sabido que quando submetidas a períodos mais longos de hipóxia ou anoxia, há uma diminuição na densidade e diversidade desses organismos (COLEN *et al.*, 2009; TAHERI *et al.*, 2015).

A riqueza de gêneros do médio estuário do Rio Capibaribe (108 gêneros) foi maior do que os achados em outros estuários brasileiros (NETTO; GALLUCCI, 2003; SOMERFIELD *et al.*, 2003; TILBERT *et al.*, 2019; VENEKEY; MELO; ROSA-FILHO, 2019); sendo sete destes primeiros registros para ambientes estuarinos no Brasil (*Sinanema*, *Cephalobus*, *Propanagrolaimus*, *Mesorhabditis*, *Xiphinema*, *Admirandus* e *Tripyla*), em comparação com as últimas revisões (VENEKEY *et al.*, 2010; VENEKEY, 2017; OLIVEIRA-PINTO *et al.*, 2021). Mais além, foi o primeiro registro da família *Longidoridae* para ambientes aquáticos do Brasil. O número de gêneros de nematódeos representantes de água-doce conhecidos para o Brasil foi ampliado para 144 por Oliveira-Pinto *et al.* (2021), superando os números conhecidos para os neotrópicos (112 gêneros) (EYUALEM-ABEBE *et al.*, 2008; BARROS *et al.*, 2020). Como os estuários são ambientes de transição, são encontrados gêneros tipicamente marinhos, como também de representantes de água-doce; assim, com os primeiros registros no presente estudo, a lista de gênero de representantes de água-doce do Brasil aumentou para 152. No entanto, a biodiversidade de nematódeos tanto de ambientes estuarinos, quanto limnéticos ainda é presumidamente subestimada, devido aos poucos

estudos na vasta diversidade ambiental brasileira.

As assembleias de Nematoda do médio estuário do Rio Capibaribe variaram entre os pontos e períodos climáticos, com correlação com o teor de matéria orgânica e salinidade. Sendo este último atuando fortemente na separação entre os períodos climáticos. Dados recentes corroboram a hipótese de que a riqueza de espécies de nematódeos não apresenta relação significativa com o tamanho do grão do sedimento, uma vez que os sedimentos finos são tão diversos quanto os sedimentos grossos (FONSECA *et al.*, 2014). Além disso, as comunidades de nematóides podem ser mais influenciadas pelas comunidades microbianas se desenvolvendo em vários substratos vegetais (folhas e raízes) do que pelo próprio substrato (GWYTHER, 2003). Recentemente, Spedicato *et al.* (2023) discutiram os efeitos das árvores de mangue e características dos sedimentos na estrutura da comunidade de nematódeos e constataram que o processo de decomposição das folhas não afetou significativamente a estrutura da comunidade de nematódeos ao longo do tempo.

As ordens que se destacaram em riqueza, foram Monhysterida (19 gêneros) e Chromadorida (12 gêneros); entretanto Plectida foi a ordem com maior abundância, representada por *Haliplectus*. As ordens Monhysterida, Plectida, Chromadorida, Araeolaimida, Rhabditida, Triplonchida, Enoplida, Dorylaimida e Mononchida são geralmente numericamente dominantes em habitats limnéticos em todo o mundo (TRAUNSPURGER, 2021); e apesar de Dorylaimida e Mononchida serem as ordens mais comuns em ambientes de água doce (EYUALEM-ABEBE *et al.*, 2008), Enoplida e Monhysterida são as ordens mais presentes em todas as regiões do Brasil (Oliveira Pinto *et al.* (2021). No presente estudo, apesar de Monhysterida ter sido a ordem mais diversa, seguida de Enoplida e Chromadorida, destacando que Plectida foi a ordem mais abundante, representada pelo gênero *Haliplectus*.

As comunidades dos pontos mais próximos da foz apresentaram dominância dos gêneros tipicamente marinhos *Metalinhomoeus* (período chuvoso), e *Neochromadora* e *Perspiria* (período seco). Guerra-Chanis *et al.* (2022) demonstrou que a intrusão salina no estuário do Rio Capibaribe estende-se de 2 para 10 km da foz, durante a estação chuvosa, podendo ultrapassar os 10 km com aumento de descarga fluvial. De acordo com Zullini (2014), a frequência com que uma espécie é encontrada em um determinado ambiente é usada para definir seus hábitos e, embora a salinidade seja um fator estruturante para as assembleias de Nematoda (ALVES *et al.*, 2013; HEIP *et al.*, 1982; PORTNOVA *et al.*, 2017), algumas espécies de nematódeos marinhos e terrestres podem tolerar uma ampla gama de salinidade e

são comumente encontradas na interface marinha/água doce (MOENS; VINCX, 2000; BAIÁ *et al.*, 2021). Por sua vez, nos demais pontos, *Thalassomonhystera* e *Mesodorylaimus* foram os gêneros mais abundantes, depois de *Haliplectus*, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente. *Thalassomonhystera* também esteve presente em todos os pontos do período seco, diferente de *Mesodorylaimus* que não esteve presente nos dois pontos mais próximo à foz, pois a salinidade é mais alta e este gênero é característico de água doce. Apesar de as espécies de *Thalassomonhystera* serem em sua maioria consideradas marinhas, Eyuaem-Abebe *et al.* (2001) registrou a presença do gênero em questão num rio na China, expandindo a ocorrência do gênero para ambientes de água doce, por sua vez, numa revisão da família Monhysteridae, Fonseca; Decraemer (2008) não consideraram essa espécie como válida e reafirmaram o hábito marinho de *Thalassomonhystera*. Contudo, como a maioria dos estudos de nematódeos aquáticos são realizados em ambiente marinhos, pouco se sabe sobre a diversidade de representantes de água doce. No presente estudo, a presença desse gênero no ponto mais distante da foz, mostra uma tolerância de *Thalassomonhystera* quanto a variação de salinidade.

No presente estudo, nos pontos mais próximos à foz, os comedores de epistrato (2A) foram os maiores representantes, em ambos os momentos amostrais, o que é corroborado pela literatura para manguezais brasileiros (NETTO; GALLUCCI 2003; VENEKEY; MELO; ROSA FILHO, 2019). Nos demais pontos do período chuvoso, os depositívoros (1A e 1B) foram os mais abundantes; enquanto que no período seco, foram comedores de epistrato (2A) e os predadores/onívoros (2B). De acordo com a literatura, os detritívoros dominantes no Brasil são representados por *Haliplectus*, *Anoplostoma* e *Terschellingia* (NETTO; GALLUCCI, 2003) ou *Daptonema*, *Elzalia*, *Hypodontholaimus* e *Thalassomonhystera* (VENEKEY; MELO; ROSA FILHO, 2019), o que foi corroborado no presente estudo com a alta abundância de *Haliplectus* e *Thalassomonhystera*. A predominância de 2A ou 1B-1A depende da disponibilidade das respectivas fontes de alimentos, e oscilações de suas abundâncias relativas podem ser observadas nos manguezais, de acordo com a estação do ano, cobertura do dossel, quantidade e origem da matéria orgânica (SPEDICATO *et al.*, 2023).

Os índices de maturidade (IM) das comunidades de nematódeos, do médio estuário do Rio Capibaribe, variaram entre os pontos amostrais de 1.4 (P6) a 3.2 (P4), no período chuvoso, e 2.0 (P6) a 3.5 (P4), no período seco, o que refletem a deterioração ou recuperação das assembleias de nematódeos (BONGERS; ALKEMADE; YEATES, 1991). De acordo com a literatura, a dominância de espécies depositívoras não-seletivas (1B) está associada a um IM

mais baixo do que uma dominância de espécies depositívoras seletivas (1A) (BONGERS; ALKEMADE; YEATES, 1991; VINCX; GOURBAULT, 1989), o que foi encontrado no presente estudo, onde o ponto mais distante da foz (P6), com dominância de espécies depositívoras não-seletivas (1B), apresentou o IM mais baixo, em ambos períodos amostrais. Quando as assembleias de nematódeos são expostas a poluentes ou perturbações, os colonizadores parecem ser relativamente tolerantes em oposição às espécies persistentes (WARWICK; GEE, 1984). De acordo com bongers; Alkemade; Yeates (1991), se os persistentes desaparecerem, seus recursos logo são utilizados por espécies mais tolerantes. Portanto, pode-se supor que a poluição e outros distúrbios em um local causam um aumento na proporção de colonizadores. Estudos de caso sugerem que o IM é diminuído por poluição (resíduos de esgoto, óleo, metais pesados), mas aumenta durante o processo de colonização (BONGERS, 1990).

O gênero presente em todos os pontos em ambos os períodos amostrais, *Haliplectus* é classificado com valor colonizador-persistente c-p 3, que é conhecido por apresentarem sensibilidade à poluentes (BONGERS, 1990; FERRIS; BONGERS, 2006). Essa prevalência de *Haliplectus* em todos os pontos, mesmo que em alguns não seja o dominante, pode indicar este gênero como um possível bioindicador de perturbação ambiental, uma vez que sua abundância relativa variou entre diferentes pontos amostrais. A composição da assembleia em nível de gênero, ou até mesmo de espécie, é muitas vezes a variável mais sensível, baseada na comunidade, superando as informações contidas em métricas, como índices de diversidade ou índice de maturidade (MOENS; SROCZYNSKA; ADÃO, 2022). Assim, a investigação desse gênero em nível específico seja necessária para uma maior compreensão deste gênero em um ambiente estuarino hipereutrofizado.

A compreensão do impacto antrópico em ambientes estuarinos é complexa (BORJA; DAUER, 2008; ELLIOTT; QUINTINO, 2018), e para a avaliação dos impactos constatados nos sedimentos estuarinos, a consideração da fauna *in situ* há muito tempo é recomendada (LONG; CHAPMAN, 1985), em particular a nematofauna, uma vez que esta irá refletir com mais precisão essas perturbações, em comparação aos parâmetros abióticos. As estruturas das assembleias de Nematoda (abundância, riqueza, estrutura trófica e populacional, valores c-p e índice de maturidade), refletiram os fatores abióticos analisados, principalmente salinidade e matéria orgânica, tanto entre os pontos quanto entre os períodos amostrados. Assim, a hipótese de que a variação espaço-temporal da nematofauna refletem as características abióticas, particularmente a eutrofização, do estuário do Rio Capibaribe foi corroborada com

os achados no presente estudo.

3.5 CONCLUSÕES

Os diferentes pontos amostrais parecem estar sobre diferentes impactos, que foi refletido nas comunidades. Além disso, a representatividade de indivíduos marinhos nos pontos de maior salinidade e mais próximo da foz; e a representatividade de indivíduos do ambiente de água doce nos pontos com menor salinidade (mais distante da foz), corrobora a influência da maré nos diferentes pontos do estuário. A dominância de representantes de água doce pode ser um reflexo da característica de retenção desse estuário. A baixa abundância e riqueza da nematofauna no ponto com teores de matéria orgânica baixos pode ser um indicativo de sedimento em situação de hipóxia.

A densidade da nematofauna do médio estuário do Rio Capibaribe apresentou valores dentro do esperado para estuários tropicais eutrofizados, com variação entre os pontos amostrados, que apresentam diferentes níveis de impactos. Entretanto, a riqueza de gêneros maior do que em outros estuários brasileiros pode ser devido à cobertura amostral, principalmente nas regiões estuarinas mais distantes da foz. Ainda assim, a alta densidade dos detritívoros *Haliplectus* e *Thalassomonhystera* corrobora a eutrofização do médio estuário do Rio Capibaribe.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, M. M.; LEE, S. Y. Structure of mangrove meiofaunal assemblages associated with local sediment conditions in subtropical eastern australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 2017. v. 198, p. 438–449. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.10.039>>.

ALVES, A. S.; ADÃO, H.; FERRERO, T. J.; MARQUES, J. C.; COSTA, M. J.; PATRÍCIO, J. Benthic meiofauna as indicator of ecological changes in estuarine ecosystems: The use of nematodes in ecological quality assessment. **Ecological Indicators**, 2013. v. 24, p. 462–475. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.013>>.

ARAUJO-JUNIOR, J. C. M.; PEREIRA, R. Evolução da contaminação por metais pesados em sedimentos m área estuarina do Rio Capibaribe: uma revisão. **Revista de Geografia**, 2021
BALSAMO, M.; SEMPRUCCI, F.; FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Meiofauna as a Tool for Marine Ecosystem Biomonitoring. **Marine Ecosystems**, 2012. n. August 2014.

BARCELLOS, R. L.; FIGUEIRA, R. C. L.; FRANÇA, E. J.; SCHETTINI, C. A. F.; XAVIER, D. A. Changes of Estuarine Sedimentation Patterns by Urban Expansion: The Case

of Middle Capibaribe Estuary, Northeastern Brazil. **International Journal of Geoscience**, 2017. v. 8, p. 514–535.

BARROS, F. L. O.; SILVA, M. C.; VIEIRA, A. A.; CASTRO, F. J. V. Freshwater nematofauna (Nematoda) in a semi-arid region. **Revista Nordestina de Zoologia**, 2020. v. 12, p. 1-14.

BETEMPS, G. R.; SANCHES FILHO, P. J. Estudo sazonal de metais tóxicos no sedimento do saco do Laranjal - Pelotas - RS. **Journal Brazilian Society Ecotoxicology**, 2012. v. 7, p.79- 84. Disponível em: < DOI: <http://doi.org/10.5132/jbse.2012.02.012>>.

BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, 1990. v. 83, p. 14-19.

BONGERS, T.; ALKEMADE, R.; YEATES, G. W. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index. **Marine Ecology Progress Series**, 1991. v. 76, n. 2, p. 135–142.

BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology and Evolution**, 1999. v. 14, n. 6, p. 224–228.

BORJA, A.; DAUER, D. M. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: Comparing methodologies and indices. **Ecological Indicators**, 2008. v. 8, n. 4, p. 331–337.

CARPENTIER, A.; COMO, S.; DUPUY, C.; LEFRANCOIS, C.; FEUNTEUN, E. Feeding ecology of *Liza* spp. in a tidal flat: evidence of the importance of primary production (biofilm) and associated meiofauna. **Journal of Sea Research**, 2014. v. 92, p. 86–91. Disponível em : <doi: 10.1016/j.seares.2013.10.007>

COBB, N.A. Note on nemas. **Contr. Science nematology**, 1917. n, 5, p.117-128.

COLEN, C. VAN; MONTSERRAT, F.; VERBIST, K.; VINCX, M.; STEYAERT, M.; VANAVERBEKE, J.; HERMAN, P. M. J.; DEGRAER, S.; YSEBAERT, T. Tidal flat nematode responses to hypoxia and subsequent macrofauna-mediated alterations of sediment properties. **Marine Ecology Progress Series**, 2009. v. 381, p. 189–197.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKING, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. VAN DEN. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, 1997. v. 387, n. 6630, p. 253–260.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N.: **PRIMER v6: user manual/tutorial**, PRIMER-E, Plymouth, UK, 2006.

DA ROCHA, C. M. C.; FONSECA-GENEVOIS, V.; CASTRO, F. J. V. 2000. Distribuição espaço-temporal de *Batillipes pennaki* Marcus, 1946 (Tardigrada, Heterotardigrada) na margem sul da Ilha de Itamaracá (Pernambuco – Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 28, p. 35–46.

DE GRISSE, A. T. Redescription ou modification de quelques techniques utilisées dans l'étude des nematodes phytoparasitaires. **Mededelingen rijkfakulteit landwetenschappen gent**, 1969. v. 34, p. 351-369.

DELLA PATRONA, L.; MARCHAND, C.; HUBAS, C.; MOLNAR, N.; DEBORDE, J.; MEZIANE, T. Meiofauna distribution in a mangrove forest exposed to shrimp farm effluents (New Caledonia). **Marine Environmental Research**, 2016. v. 119, p. 100-113.

DYER, K. R. Sediment transport processes in estuaries. **Developments in Sedimentology**, 1995. v. 53, n. C, p. 423-449.

ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. **The estuarine quality paradox concept**. 2. ed. [S.l.]: Elsevier Inc., 2018.

EYUALE-ABEBE; YUNLIANG, P.; COOMANS, A. *Thalassomonhystera traesti* n. sp., *Eumonhystera andrassyi* and three *Monhystrella* species (Monhysteridae: Nematoda) from Li River, China. **Hydrobiologia**, 2001. v. 462, p. 185-197.

EYUALEM-ABEBE.; ANDRASSY, I.; TRAUNSPURGER, W. **Freshwater nematodes: Ecology and taxonomy**. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2006.

EYUALEM-ABEBE; DECRAEMER, W.; DE LEY, P. Global diversity of nematodes (Nematoda) in freshwater. **Hydrobiologia**, 2008. v. 595, p. 67-78.

FEITOSA, F. A. N.; NASCIMENTO, F. C. R.; COSTA, K. M. P. Distribuição espacial e Temporal da Biomassa Fitoplânctônica Relacionada com Parâmetros hidrológicos na Baía do Pina (Recife – PE). **Trabalhos Oceanográficos**, 1999. v. 27, n. 2. p. 1-13.

FERRIS, H.; BONGERS, T. Nematode indicators of organic enrichment. **Journal of Nematology**, 2006. v. 38, n. 1, p. 3-12.

FONSECA, G.; MARIA, T. F.; KANDRATAVICIUS, N.; VENEKEY, V.; GHELLER, P. F.; GALLUCCI, F. Testing for nematode-granulometry relationships. **Marine Biodiversity**, 2014. v. 44, n. 3, p. 1 - 9.

FONSECA, G.; DECRAEMER, W. State of the art of the free-living marine Monhysteridae (Nematoda). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2008. v. 88, n. 7, p. 1371-1390.

GIERE O. Meiobenthology. **The Microscopic Fauna. In Aquatic Sediments**. Springer, Berlin, 1993. 328p.

GUERRA-CHANIS, G. E.; LAUREL-CARTILHO, J. A.; SCHETTINI, C. A. F.; KAKOULAKI, G.; SOUZA, A. J.; VALLE-LEVINSON, A. Saltwater intrusion in estuaries with different dynamic depths. **Regional Studies in Marine Science**, 2022. v. 51, p. 102186. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102186>>.

GWYTHYER J.; FAIRWEATHER P. G. Meiofaunal recruitment to mimic pneumatophores in a cool-temperate mangrove forest: spatial context and biofilm effects. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2005. v. 317, p. 69-85.

HEIP, C.; VINCX, M.; SMOLL, N.; VRANKEN, G. The systematics and ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstracts, series B, Plant Nematology*, 1982. v. 51, n. 1, 24p.

HODDA, M. Phylum Nematoda: feeding habits for all valid genera using a new, universal scheme encompassing the entire phylum, with descriptions of morphological characteristics of the stoma, a key, and discussion of the evidence for trophic relationships. *Zootaxa*, 2022. v. 5114, n. 1, p. 318–451.

KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 2002. v. 29, n. 1, p. 78–107.

LONG, E. R., CHAPMAN, P. M. A sediment quality triad: measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition in Puget sound. *Marine Pollution Bulletin*, 1985. v. 16, p. 405–415.

MACEDO, S. J.; PHILLIPPINI DA SILVA, H. K.; BRAYNER, F. M. M.; DUARTE, M. M. M.B.; BARBOSA, A. M.F. Heavy metal concentrations in sediments of the Capibaribe river estuary in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco-Brazil. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 2007. v. 102, p. 3.

MACIEL, D. C.; COSTA, B. V.; SOUZA-SANTOS, L. P.; SOUZA, J. R. B.; ZANARDI-LAMARDO, E. Avaliação da toxicidade dos sedimentos do sistema estuarino do rio Capibaribe (Pernambuco, Brasil) utilizando o copépodo bentônico *Tisbe biminiensis* Volkmann Rocco (1973). *Tropical Oceanography*, 2015. v. 43, n. 1.

MAJDI, N.; THREIS, I.; TRAUNSPURGER, W. It's the little things that count: meiofaunal density and production in the sediment of two headwater streams: Meiofauna in Streams. *Limnology and Oceanography*, 2016. v. 62, p. 151–163.

MARONE, E.; MACHADO, E. C.; LOPES, R. M.; DA SILVA, E. T. Land-ocean fluxes in the Paranaguá Bay estuarine system, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 2005. v. 53, n. 3/4, p. 169-181.

MICHELET, C.; ZEPELLI, D.; HUBAS, C.; BALDRIGHI, E.; CUNY, P.; DIRBERG, G.; MILITON, C.; WALCKER, R.; LAMY, D.; JÉZÉQUEL, R.; RECEVEUR, J.; GILBERT, F.; HOUSSAINY, A. E.; DUFOUR, A.; HEIMBURGER-BOAVIDA, L. E.; BIHANNIS, I.; SYLVI, L.; VIVIER, B.; MICHAUD, E. First assessment of the benthic meiofauna sensitivity to low human-impacted mangroves in French Guiana. *Forests*, 2021. v. 12, n. 3, p. 338

MOENS, T.; SANTOS, G. A. P.; THOMPSON, F.; SWINGS, J.; FONSÊCA-GENEVOIS, V.; VINCX, M.; DE MESEL, I. Do nematode mucus secretions affect bacterial growth? *Aquatic Microbial Ecology*, 2005. v. 40, n. 1, p. 77–83.

_____; SROCZYNSKA, K.; ADÃO, H. Meiofauna in a changing world. *Ecological Indicators*, 2022. v. 138, n. March, p. 108769. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108769>>.

_____; VINCX, M. Temperature and salinity constraints on the life cycle of two brackish-water nematode species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2000. v.

243, n. 1, p. 115–135.

MORENO, M.; SEMPRUCCI, F.; VEZZULLI, L.; BALSAMO, M.; FABIANO, M.; ALBERTELLI, G. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems. **Ecological Indicators**, 2011. v. 11, n. 2, p. 328–336. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.05.011>>.

NEMYS (eds). Nemys: **World Database of Nematodes**, 2023. Disponível em <<https://nemys.ugent.be> on 2023-07-09>. doi:10.14284/366

NETTO, S. A.; GALLUCCI, F. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. **Hydrobiologia** 2003, v. 505, p. 159–170.

NICHOLAS, W. L.; ELEK, J. A.; STEWART, A. C.; MARPLES, T. G. The nematode fauna of a temperate Australian mangrovetudflat: its population density, diversity and distribution. **Hydrobiologia**, 1991. v. 209, p. 13–27.

NORONHA, T. J. M.; SILVA, H. K. P.; DUARTE, M. M. M. B. Avaliação das concentrações de metais pesados em sedimentos do estuários do Rio Timbó, Pernambuco - Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, 2011. v. 44, n. 2, p. 70-82.

OLIVEIRA, D. D.; SOUZA-SANTOS, L. P.; SILVA, H. K. P.; MACEDO, S. J. Toxicity of sediments from a mangrove forest patch in an urban area in Pernambuco (Brazil). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 2014. v. 104, n. 1, p. 373–378.

OLIVEIRA PINTO, T. K.; NETTO, S. A.; ESTEVES, A. M.; CASTRO, F. J. V.; NERES, P. F.; SILVA, M. C. Free-living freshwater nematodes from Brazil: Checklist of genera and regional patterns of diversity. **Nematology**, 2021. v. 3, n. 2, p. 1–14.

OLIVEIRA, T. S.; BARCELLOS, R. L.; SCHETTINI, C. A. F.; CAMARGO, P. B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 2014. v. 14, n. 3, p. 399–411.

PARDAL, E. C.; FLORES-MONTES, M. J.; BARCELLOS, R. L.; XAVIER, D. A.; VILELA, I.; CAMARGO, P. B. Sedimentological and geochemical variability in a tropical estuarine system with strong anthropic influence (Capibaribe river, PE). **Pesquisas em Geociências**, 2019. v. 46, n. 3.

PINTO, T. K.; AUSTEN, M. C. V.; WARWICK, R. M.; SOMERFIELD, P. J.; ESTEVES, A. M.; CASTRO, F. J. V.; FONSÊCA-GENEVOIS, V. G.; SANTOS, P. J. P. Nematode diversity in different microhabitats in a mangrove region. **Marine Ecology**, 2013. v. 34, n. 3, p. 257–268.

PLATT H. M.; WARWICK R. M. The significance of free-living nematodes to the littoral ecosystem. *In: The shore environment*, Vol.2: ecosystems. PRICE, J. H.; IRVINE, D. E. G. & FARNHAM, W. F. (Editores), Academic Press, London, 1980.

PLATT, H. M.; WARWICK, R. M. Free-living marine nematodes. British Enoplids. *In* D. M. Kermack; R. S. K. Barnes, (eds.) **Synopses of the British Fauna (New Series)**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1983. p. 307.

PORTNOVA, D. A.; GARLITSKA, L.A.; UDALOV, A. A.; KONDAR, D. Meiobenthos and nematode community in Yenisei Bay and adjacent parts of the Kara Sea shelf. **Marine Biology**, 2017, v. 57, p. 130 - 143.

RESENDE, J. S. S.; CRAVEIRO, N. J. A.; PEREIRA, R. Análise Granulométrica e do Teor de Matéria Orgânica em Sedimentos do Estuário do Rio Capibaribe – PE. **Estudos Geológicos**, 30 dez. 2016. v. 26, n. 2, p. 34–45. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/2048-estudos-geologicos/v26n02/21059-analise-granulometrica-e-do-teor-de-materia-organica-em-sedimentos-do-estuario-do-rio-capibaribe-pe.html>>.

RIDALL, A.; INGELS, J. Suitability of Free-Living Marine Nematodes as Bioindicators: Status and Future Considerations. **Frontiers in Marine Science**, 2021. v. 8, n. July, p. 1–16.
SCHENK, J.; HÖSS, S.; BRINKE, M.; KLEINBÖLTING, N.; BRÜCHNER-HÜTTEMANN, H.; TRAUNSPURGER, W. Dataset supporting the use of nematodes as bioindicators of polluted sediments. **Data in Brief**, 2020. v. 32, p. 106087. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106087>>.

SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies in Marine Science**, 2017. v. 10, p. 52–64. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rsma.2017.01.004>>.

SCHETTINI, C. A. F.; PAIVA, B. P.; BATISTA, R. A. L.; OLIVEIRA FILHO, J. C.; TRUCCOLO, E. C. Observation of an Estuarine turbidity maximum in the highly impacted capibaribe estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 2016. v. 64, n. 2, p. 185–190.

SEMPRUCCI, F.; SBROCCA, C.; ROCCHI, M.; BALSAMO, M. Temporal changes of the meiofaunal assemblage as a tool for the assessment of the ecological quality status. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2015. v. 95, n. 2, p. 247–254.

_____; SBROCCA, C.; BALDELLI, G.; TRAMONTANA, M.; BALSAMO, M. Is meiofauna a good bioindicator of artificial reef impact? **Marine Biodiversity**, 2017. v. 47, n. 2, p. 511–520.

_____; BALSAMO, M. Checklist of free-living nematode species in the transitional environment of Lake Varano (southern Italy). **Arxius de Miscellania Zoologica**, 2015. v. 13, p. 32–46.

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**, 2016. v. 67, p. 451–457. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.014>>.

SILVA, R. C. P.; PAZ, D. H. F.; NASCIMENTO, C. M. S.; ARAÚJO, G. V. R.; TAVARES, R. G. Impactos Ambientais na bacia do rio Capibaribe: Avaliação da Poluição de suas águas no centro da cidade do Recife–PE. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió-AL**, 2011. p. 1–11.

SOMERFIELD, P. J.; FONSÊCA-GENEVOIS, V. G.; RODRIGUES, A. C. L.; CASTRO, F. J. V.; SANTOS, G. A. P. Factors affecting meiofaunal community structure in the Pina Basin, an urbanized embayment on the coast of Pernambuco, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2003. v. 83, n. 6, p. 1209–1213.

SOMERFIELD, P.J.; WARWICK, R.M.; MOENS, T. Chapter 6. Meiofauna techniques In: Eleftheriou, A. (ed.), **Methods for the study of marine benthos**. Blackwell, 2005. p. 229–272. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1854/LU-341127>>

SPEDICATO, A.; ZEPILLI, D.; THOUZEAU, G.; MICHAUD, E. Nematode diversity patterns in mangroves: a review of environmental drivers at different spatial scales. **Biodiversity and Conservation**, 2023. v. 32, n. 5, p. 1451–1471. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10531-023-02562-6>>.

STEAD, T. K. SCHMID-ARAYA, J. M. S.; HILDREW, A. G. All creatures great and small: Partens in the stream benthos across a wide range of metazoan body size. **Freshwater Biology**, 2003. v. 48, n. 3, p. 532–547.

TAHERI, M.; GREGO, M.; RIEDEL, B.; VINCX, M.; VANAVERBEKE, J. Patterns in nematode community during and after experimentally induced anoxia in the northern Adriatic Sea. **Marine Environmental Research**, 2015. v. 110, p. 110–123. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.08.004>>.

TILBERT, S.; CASTRO, F. J. V.; TAVARES, G.; JUNIOR, M. N. Spatial variation of meiofaunal tardigrades in a small tropical estuary (~6°S; Brazil). **Marine and Freshwater Research**, 2019. v. 70, n. 8, p. 1094–1104.

TRAUNSPURGER, W. Ecology of Freshwater Nematodes. **Ecology of Freshwater Nematodes**, 2021. p. 1–383.

_____; MAJDI, N. Meiofauna. **Methods in Stream Ecology: Third Edition**, 2017. v. 1, n. February 2017, p. 273–295.

VANREUSEL, A.; FONSECA, G.; DANOVARO, R.; DA SILVA, M. C.; ESTEVES, A. M.; FERRERO, T.; GAD, G.; GALTSOVA, V.; GAMBI, C.; FONSÊCA-GENEVOIS, V.; INGELS, J.; INGOLE, B.; LAMPADARIOU, K; MERCKX, B.; MILJUTIN, D.; MILJUTINA, M.; MUTHUMBI, A.; NETTO, S.; PORTNOVA, D.; RADZIEJEWSKA, T.; RAES, M.; TCHESUNOV, A.; VANAVERBEKE, J.; Van GAEVER, S.; VENEKEY, V.; BEZERRA, T. N.; FLINT, H.; COPLEY, J.; PAPE, E.; ZEPILLI, D.; MARTINEZ, P. A.; GALERON, J. The contribution of deep-sea macrohabitat heterogeneity to global nematode diversity. **Marine Ecology**, 2010. v. 31, n. 1, p. 6–20.

VENEKEY, V.; MELO, T. P.G.; ROSA FILHO, J. S. Effects of seasonal fluctuation of amazon river discharge on the spatial and temporal changes of meiofauna and nematodes in the amazonian coast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 2019. v. 227, n. December 2017, p. 106330. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106330>>.

VENEKEY, V. Updates on information about free-living marine nematodes in Brazil: New records and comments on problems in taxonomic studies. **Zootaxa**, 2017. v. 4337, n. 1, p. 38–72.

_____; FONSECA-GENEVOIS, V. G.; SANTOS, P. J. P. Biodiversity of free-living marine nematodes on the coast of Brazil: A review. **Zootaxa**, 2010. v. 66, n. 2568, p. 39–66.

VENEKEY, V.; DE MELO, T. P. G. Nematodes as indicators of shrimp farm impact on an amazonian estuary (Curuçá, Pará, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, 2016. v. 64, n. 1, p. 75–88.

VENEKEY, V.; SANTOS, P. J. P.; FONSÊCA-GENEVOIS, V. G.. Effect of environmental factors on intertidal nematoda in a tropical Sandy Beach (Tamandaré Bay, Pernambuco, Brazil). **Journal of Coastal Research**, 2014. v. 30, n. 4, p. 785–794.

VINCX, M; GOURBAULT, N. E. Desmodoridae from the Bay of Morlaix (Brittany) and the Southern Bight of the North Sea. **Cahiers de Biologie Marine**, 1989. v. 30, n. 1, p. 103–114.

WARWICK, R.; GEE, J. Community structure of estuarine meiobenthos. **Marine Ecology Progress Series**, 1984. v. 18, p. 97–111.

WIESER, W. Untersuchungen über die algenbewohnende Mikrofauna mariner Hartböden. I. Zur Oekologie und Systematik der Nematodenfauna von Plymouth. **Österreichische Zoologische Zeitschrift**, 1952. v. 3, p. 425–480. Disponível em:

<http://www.landesmuseum.at/pdf_frei_remote/OEZ_03_0425-0480.pdf>.

ZANARDI-LAMARDO, E.; NÓBREGA, A. S. C.; SANTOS, R. H. A.; MACIEL, D. C. Fontes e níveis de contaminação do Sistema Estuarino do Rio Capibaribe (Pernambuco/Brasil). **Tropical Oceanography**, 2016. v. 44, n. 2.

ZEPELLI, D.; LEDUC, D.; FONTANIER, C.; FONTANETO, D.; FUCHS, S.; GOODAY, A.J.; GOINEAU, A.; INGELS, J.; IVANENKO, V.N.; KRISTENSEN, R.M.; NEVES, R.C.; SANCHEZ, N.; SANDULLI, R.; SARRAZIN, J.; SØRENSEN, M.V.; TASIEMSKI, A; VANREUSEL, A.; AUTRET, M.; BOURDONNAY, L.; CLAIREAUX, M.; COQUILLÉ, V.; DE WEVER, L.; RACHEL, D.; MARCHANT, J.; TOOMEY, L.; FERNANDES, D.

Characteristics of meiofauna in extreme marine ecosystems: a review. **Marine Biodiversity**, 2017.

ZULLINI, A. Is a biogeography of freshwater nematodes possible? **Nematology**, 2014. v. 16, p. 1–8. Disponível em: <DOI: 10.1163/15685411-00002779>.

4 REVIEW OF *ADMIRANDUS* BELOGUROV & BELOGUROVA, 1979 (NEMATODA, ONCHOLAIMIDAE) WITH THE DESCRIPTION OF A NEW SPECIES AND THE FIRST RECORD OF THE GENUS FROM BRAZIL

Abstract

The present study provides a description of a new *Admirandus* species from northeastern Brazil, together with an updated species identification key. *Admirandus capibaribeii* **sp. n.** can be distinguished from all the other *Admirandus* species by its physical dimensions (body length, *a*, stoma and spicule ratios), sexual dimorphism of the tail, the absence of pre-cloacal supplements, and the presence of a row of denticles at the base of the right ventrosublateral tooth. While *Admirandus* has been reported from temperate, subtropical and tropical environments around the world, this is the first record of the genus from Brazil. Further research on *Admirandus* and other Adoncholaiminae species, which include the integration of morphological and molecular approaches, will be important to provide a better understanding of the taxonomy of this group, as well as on its demanian system.

Key words: tropical estuary, mangrove, taxonomy, demanian system

Introdução

The Oncholaimidae Filipjev, 1916 is a very diverse nematode family, with seven subfamilies (Adoncholaiminae Gerlach & Riemann, 1974, Krampiinae De Coninck, 1965, Otonchinae De Coninck, 1965, Oncholaimellinae De Coninck, 1965, Oncholaiminae Filipjev, 1916, Pelagonematinae De Coninck, 1965 and Pontonematinae Gerlach & Riemann, 1974), which can be distinguished by characteristics such as the number and length of the teeth, the position of the largest tooth, the structure of the female reproductive system and the presence and complexity of a demanian system (Neres *et al.* 2014; Smol *et al.* 2014). While considerable variation in the structural complexity of the demanian system has been described in approximately 10 different oncholaimid species, its function still remains unclear (Rachor 1969; Yushin & Gliznutsa 2021).

The subfamily Adoncholaiminae consists of four valid genera (Shimada & Kajihara 2014; Nemys eds. 2022) — *Admirandus* Belogurov & Belogurova, 1979, *Adoncholaimus* Filipjev, 1918, *Kreisoncholaimus* Rachor, 1969 and *Meyersia* Hopper, 1967. In these genera, the two ventrosublateral teeth are either of equal size or the right tooth is larger, while a

demanian system of the greatest complexity is always present (Smol *et al.* 2014).

The presence or absence of terminal canals and pores, their position (when present), the size of the spicules, and the presence or absence of a gubernaculum is diagnostic traits for the identification of Adoncholaiminae genera (Mordukhovich *et al.* 2015). *Adoncholaimus* and *Admirandus* are the most closely-related Adoncholaiminae genera (Shimada & Kajihara 2014; Smol *et al.* 2014), and the position of the terminal pores of the demanian system (post-anal in *Admirandus* vs. pre-anal in *Adoncholaimus*) is the most significant differential character of the two genera (Belogurov & Belogurova 1979). In their review of the genus *Adoncholaimus*, Shimada & Kajihara (2014) proposed the species on the tail.

Nematodes of the subfamily Adoncholaiminae have been described from all the world's continents, from the tropics to the poles, and can be found in a number of different aquatic environments, primarily marine and brackish water habitats, but also some freshwater localities (Smol & Coomans 2006; Shimada 2016). *Admirandus* has been reported from temperate, subtropical, and tropical environments, with *Admirandus multicavus* Belogurov & Belogurova, 1979 being found in the North Pacific (Russia, China, and Japan), *Admirandus belogurovi* Tchesunov, Mokievsky, Nguyen Vu Thanh, 2010 in the South China Sea (Vietnam), *Admirandus papillatus* (Kreis, 1932) Shimada & Kajihara, 2014 in the Java and Banda seas (Indonesia) and the Indian Ocean (South Africa), and *Admirandus sanjuliensis* Lo Russo, Villares & Pastor de Ward, 2016 in the South Atlantic (Argentina). The genus has never been recorded in Brazil.

The present study describes a new species of *Admirandus* from northeastern Brazil. The identification key for the species of the genus *Admirandus* is also revised and updated.

Material and methods

The estuary of the Capibaribe River is located in Recife, Pernambuco, in northeastern Brazil (8°2'56" S, 34°52'31" W). The estuary is 25 km long and is described as hypereutrophic by Zanardi-Lamardo *et al.* (2016). The sediments of the Capibaribe estuary range from silt to gravelly sand, with high sedimentation rates, and extensive mangrove forest cover (Oliveira *et al.* 2014; Resende *et al.* 2016; Barcellos *et al.* 2017). The nematodes obtained are from the meiobenthos fauna samples collected during the low tide (in spring tide), in October 2018, in the lower intertidal zone of the Capibaribe estuary. The samples were obtained using a 2 cm diameter PVC cylindrical corer, which was pushed 5 cm deep into the sediment, and then fixed in 4% formalin seawater.

In the laboratory, the meiofauna was extracted using manual elutriation used to extract the meiofauna, following the adapted methodology of Boisseau (1957). The samples were sieved through meshes of 0.3 mm and 0.045 mm sieves and the material retained in the latter 0.045 mm sieve was poured onto a Dollfus plate for sorting the nematodes. The nematodes were picked out and processed using the technique of De Grisse (1969) and then mounted on permanent slides with pure glycerol mounts sealed with wax. The specimens were drawn and measured using a drawing tube mounted on an Olympus CX31 optical microscope, and photographed with a digital camera attached to an optical Leica DM 2500 microscope with differential interference contrast. All measurements were taken in μm and the curved structures were measured along the arc.

The de Man's (1880) *a*, *b* and *c* ratios presented here were calculated using the standard formulae. The holotype of *Admirandus capibaribei* **sp. n.** and male and female paratypes are deposited in the nematode collection of the Prof. Petronio Alves Coelho Oceanography Museum at—UFPE (MOUFPE) in Recife, Brazil.

Results

Classification after Hodda (2022)

Family ONCHOLAIMIDAE Filipjev, 1916

Subfamily ADONCHOLAIMINAE Gerlach & Riemann, 1974

Genus *Admirandus* Belogurov & Belogurova, 1979

Diagnosis of *Admirandus* Belogurov & Belogurova, 1979 (after Mordukhovich *et al.* 2015 and Lo Russo *et al.* 2016). Outer labial and cephalic sensilla papilliform. Cephalic sensilla setiform, surrounded by marginal lamellae shaped in form of hook plates. Buccal capsule elongated, length to width ratio *ca.* 1.5:1 to 3:1. Buccal cavity with three teeth, right ventrosublateral large, two other smaller, equal in size. Ovaries paired. Demanian system of *Adoncholaimus* type, but with terminal canals and pores located caudally. Spicules curved, cephalated proximally, point organ present or absent. Tail conical anteriorly, cylindrical posteriorly. Pre- and post-cloacal sensilla setiform.

List of valid species

A. multicavus Belogurov & Belogurova, 1979

A. capibaribei **sp. n.**

A. belogurovi Tchesunov, Mokievsky, Nguyen Vu Thanh 2010

A. papillatus (Kreis, 1932) Shimada & Kajihara, 2014

syn. *Adoncholaimus papillatus* Kreis, 1932

Species inquirenda

A. sanjuliensis Lo Russo, Villares & Pastor de Ward, 2016

***Admirandus capibaribei* sp. n.**

(Figures 1–4, Table 1)

Material studied. Holotype: male (slide MOUFPE.NEM-1)

Paratypes: 2 paratype males (one male in slide MOUFPE.NEM-7 and one male in slide MOUFPE.NEM-8) and 6 paratype females (one female in slide MOUFPE.NEM-2, one female in slide MOUFPE.NEM-3, two females in slide MOUFPE.NEM-4, one female in slide MOUFPE.NEM-5 and one female in slide MOUFPE.NEM-6). The specimen in the slide MOUFPE.NEM-2 is the female paratype represented in the images (Figures 2 and 4).

Etymology: The species epithet is related to the sampling location, i.e., the estuary of the Capibaribe River. The name Capibaribe originates from the Tupi language and means “in the water of the capybara or ‘wild pigs’”, through the junction of the terms from the Tupi language *kapibara* (capybara), *y* (water) and *pe* (in).

Description

Males (Figures 1 and 3): Body cylindrical, tapering slightly anteriorly to a conical-cylindrical tail. Cuticle smooth. Six small inner labial papillae, six outer labial, and four cephalic setae. Horseshoe-shaped marginal lamellae (in lateral view) at level of cephalic setae. Stoma rectangular in shape, length to width ratio 2.4–2.8. Three onchia in buccal cavity: largest right, subventral, with a row of denticules, dorsal and left ventrosublateral onchia smaller and equal in size. Amphidial fovea pocket-like with slit-like aperture 3.0–3.5 times body diameter. Pharynx cylindrical, surrounding buccal cavity anteriorly, wider at base, but not forming bulb. Nerve ring covering approximately 50% of pharyngeal length. Cardia large, triangular in shape. Secretory-excretory pore opening anterior to nerve ring, with ventral gland located posterior to cardia. Reproductive system diorchic, with opposed and extended testes, at right side of intestine. Spicules short, slightly curved, arc length 0.9–1.1 of anal body diameter. Gubernaculum without apophysis. Cloaca surrounded by circle of short

setae. Tail 2.6–3.3 diameter of anal body, conical-cylindrical in shape, with cylindrical part ratio of 1.3–1.5. One pair of setae mid-tail and second pair at tail extremity. Three caudal glands in pre-cloacal region with openings in the spinneret.

Females (Figures 2 and 4): Females similar to males in general, differing only in some aspects (*b* and *c* ratios) and sexual dimorphism of tail. Amphidial fovea pocket-like with slit aperture 3.8–4.3 times diameter of body. Ovaries paired, reflected antidromously, left of intestine, with egg. Vulva in the 43–53% total body length. Demanian system of *Adoncholaimus* type with *osmosium*, *ductus uterinus*, *ductus entericus*, uvette, main duct, interstitial channel and three terminal pores in the tail region. Tail 3.8 anal body diameter, conical-cylindrical in shape, attenuated transition between conical and cylindrical parts. Single terminal setae and spinneret.

Diagnosis of *Admirandus capibaribei* sp. n. Demanian system of the *Adoncholaimus* type with *osmosium*, *ductus uterinus*, *ductus entericus*, uvette, main duct, interstitial channel and three terminal pores in caudal region. Presence of denticles at level of dorsal tooth. Spicules short (0.9–1.1 of anal body diameter). Tail conical-cylindrical with terminal setae. Tail sexually dimorphic.

Remarks. Lo Russo *et al.* (2016) described *Admirandus sanjuliensis* as having one pre-cloacal terminal copulatory pore and two post-cloacal pores, although the principal trait that distinguishes *Admirandus* from *Adoncholaimus* is the position of these pores. In this case, *sanjuliensis* does not align with *Admirandus*, and based on the evidence, should be considered to be a *species inquirenda*.

While specimens identified as *Adoncholaimus* have been recorded from Brazil, there is no previous record of *Admirandus* from this country (Venekey *et al.* 2010; Fonseca & Fehlaue-Ale 2012; Pinto *et al.* 2013; Venekey 2017). Given this, the description of *Admirandus capibaribei* sp. n. represents the first record of the genus in Brazil.

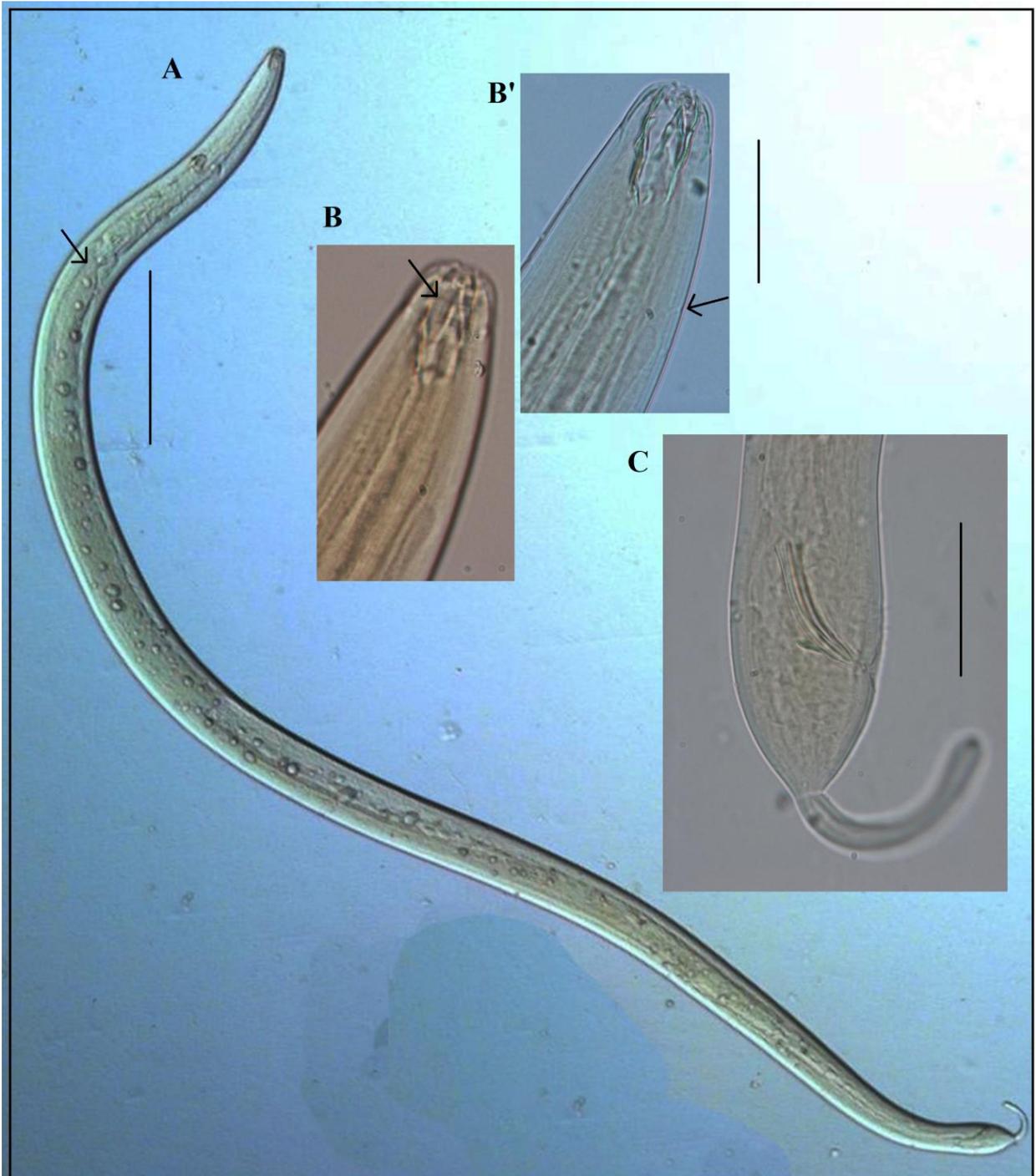


Figure 1. *Admirandus capibaribei* sp. n. male. A: General view, showing the tip of the anterior testis (arrow). B: head, showing the outline of the pocket-shaped amphid (arrow). B': head showing the dorsal tooth, denticles, and secretory-excretory pore (arrow). C: tail with spicules, gubernaculum and cloacal setae. Scale bars: A = 200 μm ; B, B' and C = 50 μm .



Figure 2. *Admirandus capibaribei* sp. n. female. A: General view, showing the uvette of the demanian system (arrow). B: region of the head, showing the pocket-shaped outline of the amphid and secretory-excretory pore (arrows). B': region of the head, showing the teeth. C: tail region, showing the anus and the pores of the Demanian system (arrows). Scale bars: A = 200 μm ; B, B', and C = 50 μm .

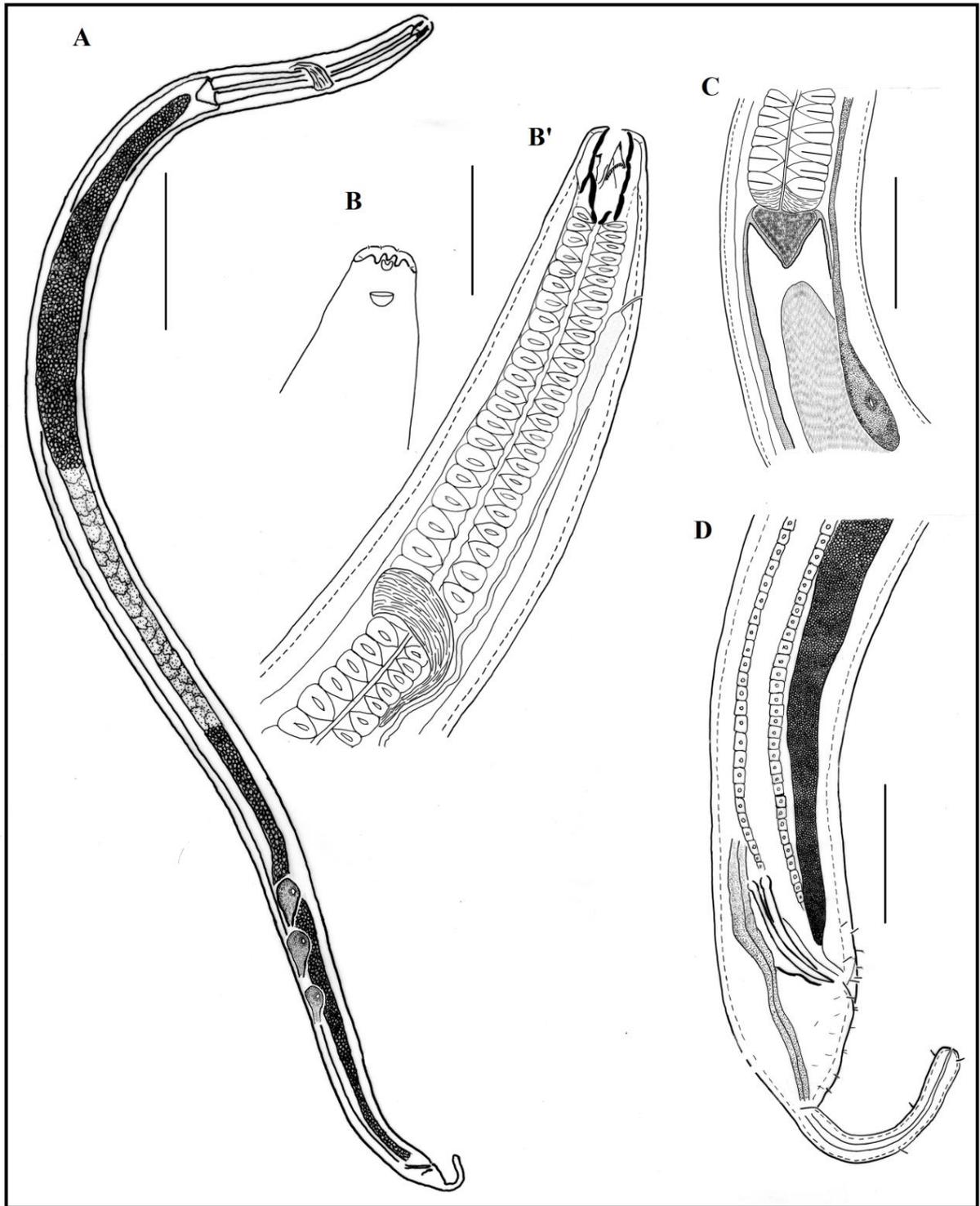


Figure 3. *Admirandus capibaribei* sp. n. male: A: general view. B: Head. B': buccal cavity, showing the nerve ring and secretory–excretory pore. C: secretory–excretory gland. D: tail, showing the spicules, gubernaculum and caudal glands. Scale bars: A = 200 μm ; B, B', C, and D = 50 μm .

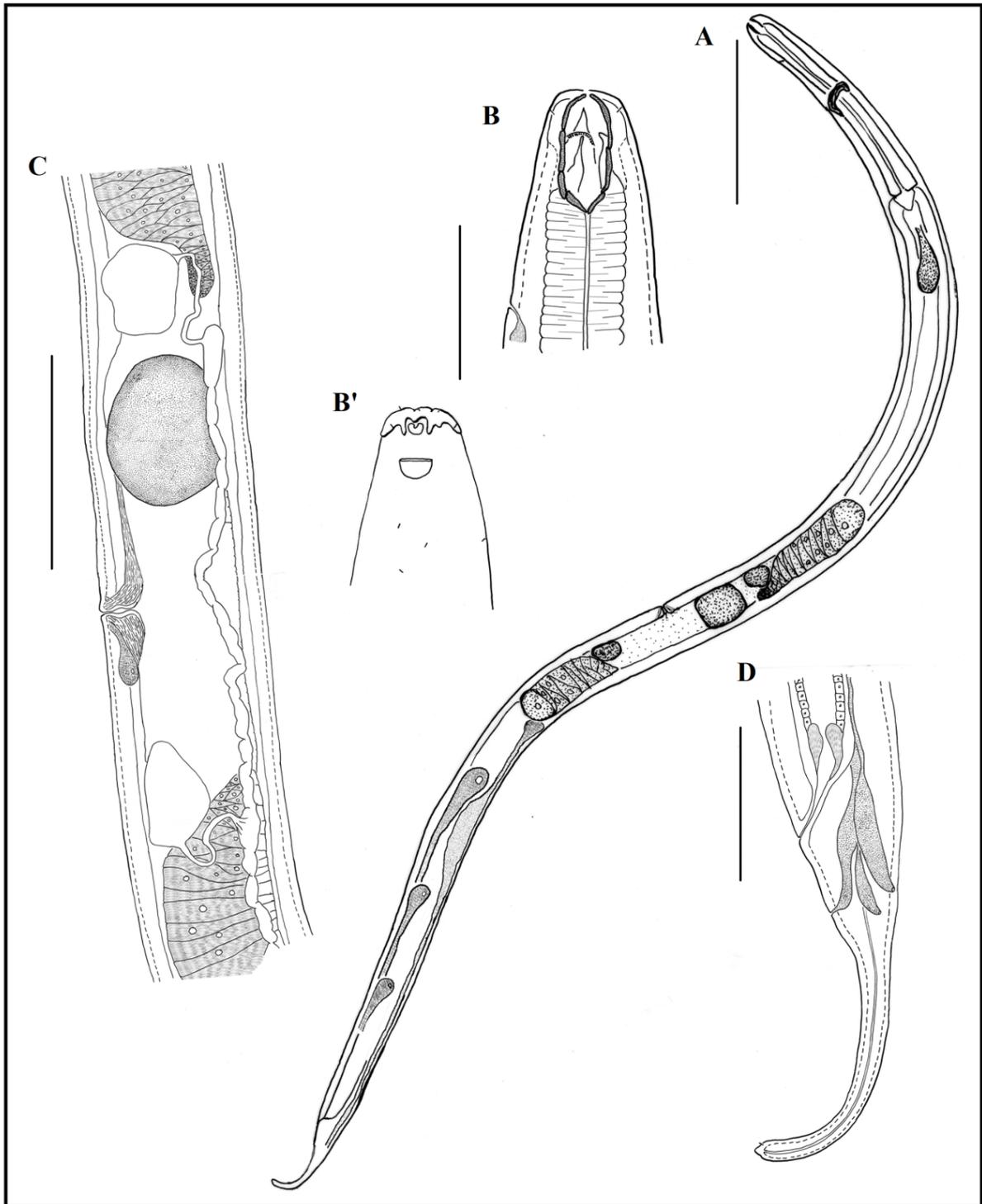


Figure 4. *Admirandus capibaribei* sp. n., female: A: general view. B: buccal cavity. B': head. C: Gonad with an egg and part of the demanian system. D: Tail showing the pores of the demanian system. Scale bars: A = 200 μ m; B, B', and C = 100 μ m; D = 50 μ m.

Table 1. Morphometric parameters (μm) of *Admirandus capibaribei* **sp. n.** (n.a. = not applicable; n.v. = not visualized).

Measurments	Holotype	Male paratypes (n=2)	Female paratypes (n=6)
Total body length	2370	2520– 2730	2520– 3150
Body length divided by maximum body diameter (a)	24.4	23.7– 31.6	20.7– 29.2
Body length divided by pharynx (b)	4.8	5.1– 6.1	6.1– 7
Body length divided by tail (c)	18.2	16.9– 18.7	11.2– 15.2
Tail length divided by anal body diameter (c')	2.6	2.6– 3.3	3– 3.8
Cephalic setae length (large)	1.4	1.8	1.8
Cephalic setae length (short)	0.9	0.9– 1.1	0.9
Distance of amphideal fovea from anterior end	18	15.3– 17.1	14.4– 17.1
Amphideal fovea diameter	9.9	9– 10.8	7.2– 9
Corresponding body diameter (cbd)	32.4	29.7– 30.6	31.5– 34.2
Percentage of amphideal fovea diameter	30.8	30.3– 35.3	21.1– 28.6
Buccal cavity width	13.5	10.8– 18.4	18– 19.9
Buccal cavity length	40.5	40.5– 43.2	45
Buccal cavity ratio	2.4	2.4– 2.8	2.3– 2.5
Distance of the secretory-excretory gland to anterior end	630	567– 667	558– 720
Distance of the secretory-excretory pore to anterior end	68.4	66.6– 74.7	65.7– 99
Distance of the nerve ring to anterior end N.R.	225	225	204.3– 225
Pharynx length	495	414– 495	405– 450
Maximum body diameter (mbd)	97.2	81.9– 106.2	108– 127.8
Spicule arc length	54	49.5– 54	–
Anal body diameter (abd)	49.5	48.6– 51.3	51.3– 63.9
Sp/abd	1.1	0.9– 1.1	–
Gubernaculum length	18	18	–
Tail cylindrical part length	504	504– 621	–
Periocloacal setae	2.7	2.7– 4.5	–
Distance of the vulva to the anterior	–	–	1365– 1470

end			
Position of the vulva as percentage of body length to posterior end	–	–	43– 53
Tail length	130.5	135– 162	189– 225
Tail cylindrical part length	90	90– 117	117– 135.9
Tail cylindrical portion ratio	1.5	1.3– 1.5	1.5– 1.9

Relationship between *Admirandus capibaribei* sp. n. and other *Admirandus* species

Admirandus capibaribei sp. n. can be distinguished from all other *Admirandus* species by (i) its dimensions (total length, and the *a*, stoma and spicule ratios), the sexual dimorphism of the tail, the absence of pre-cloacal supplements, and the presence of a row of denticles at the base of the right subventral tooth.

Admirandus capibaribei sp. n. differs from *A. belogurovi* by the absence of the pre-cloacal supplements, its longer total length (2370–3150 vs. 1551–2286), and its lower spicule ratio (0.9–1.1 vs. 1.2–1.5 anal body diameter). The new species can also be distinguished from *A. papillatus* by having three rather than two pores in the demanian system, and an uvette and *ductus entericus*, which are absent in *A. papillatus*. Moreover *A. capibaribei* sp. n. differs from *A. multicavus* primarily in terms of the spicule ratio (0.9–1.1 vs. 2.2–2.9 anal body diameter).

The relationship between *Admirandus* and *Adoncholaimus*

In the molecular phylogeny of Mordukhovich *et al.* (2015), which was based on sequences of the mitochondrial *COI* gene, the topology of the Maximum Likelihood tree separated *Adoncholaimus* and *Admirandus* clearly into two distinct clades, albeit with reduced support (less than 75%), although the *p* distances were greater than those recorded within *Adoncholaimus* (Mordukhovich *et al.* 2015).

The genetic *p*-distances between the *Adoncholaimus* species ranged from 6% to 11.9%, which are in fact consistent with interspecific distances (Derycke *et al.* 2010), although the *p*-distances of all the intra-specific comparisons were below 1.5%, while all the inter-generic distances were over 12%. In this analysis, *Adoncholaimus daikokuensis* Shimada & Kajihara, 2014 was closest to *Adoncholaimus ussuriensis* Mordukhovich, Atopkin, Fadeeva, Yagodina, Zograf, 2015, while *Adoncholaimus pseudofervidus* Shimada & Kajihara, 2014 was identified as a sister group of the *A. daikokuensis*/*A. ussuriensis* clade, albeit with branch support of less than 85%.

As the inter- and intra-specific variation in morphological traits is still poorly understood in most nematodes, morphology alone is insufficient for the assessment of the true diversity of the phylum (Derycke *et al.* 2010). Recent advance in molecular phylogeny (Blaxter 2004; De Ley *et al.* 2005; Bhadury *et al.* 2006) have shown that many nematode species described based on their morphological traits are in fact complexes of cryptic species (Blouin 2002; De Ley *et al.* 2007; Vovlas *et al.* 2008). These cryptic species tend to be distributed at a local scale (Derycke *et al.* 2005, 2007) and are found on all continents (Derycke *et al.* 2008), which implies emphatically that the true diversity of the nematodes is still grossly underestimated (Derycke *et al.* 2007; Bhadury *et al.* 2008). Worse still, even fewer data are available on the dispersal and cryptic speciation of the larger-bodied nematode that have slower development and a reduced reproductive output (Derycke *et al.* 2010), such as the oncholaimids.

Further studies of *Admirandus*, based on the DNA sequences of additional markers and more species, as well as species of other Adoncholaiminae genera, will be necessary to provide a more conclusive phylogenetic framework. The integration of morphological and molecular approaches should also be a priority for the better interpretation of the Adoncholaiminae species, as well as the demanian system of the oncholaimids.

Emended identification key for *Admirandus* species

- 1 Demanian system with 2 tubes and pores. *A. papillatus*
- Demanian system with 3 tubes and pores. 2
- 2 Presence of a mid-ventral preanal supplementary organ. *A. belogurovi*
- Preanal supplement absent. 3
- 3 Spicule longer than 50 mm. *A. multicavus*
- Spicule length less than 50 mm. *A. capibaribei* sp. nov.

Acknowledgements

The present study was supported by the Brazilian Coordination for Higher Education Personnel Training (CAPES) — Finance Code 001 through a Ph.D scholarship to the first author. We would like to thank the laboratories of Crustaceans and Plankton, both at the Federal University of Pernambuco (UFPE), for providing the microscopes used to drawing and pictures. We also would like to thank Stephen Ferrari for the English revision.

References

- Barcellos, R.L., Figueira, R.C.L., França, E.J., Schettini, C.A. & Xavier, D.A. (2017) Changes of Estuarine Sedimentation Patterns by Urban Expansion: The Case of Middle Capibaribe Estuary, Northeastern Brazil. *International Journal of Geosciences*, 8, 514–535. <https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84027>
- Blaxter, M.L. (2004) The promise of a DNA taxonomy. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 359, 669–679.
- Belogurov, O.I. & Belogurova, L.S. (1979) Morphology of three species of marine nematodes of the genus *Adoncholaimus* Filipjev, 1918 and validation of *Admirandus multicavus* gen. et sp. n. (Nematoda, Oncholaimidae). In: *Free-living and parasitic worms*. Far-eastern University, Vladivostok, pp. 37–63.
- Bhadury, P., Austen, M.C., Bilton, D.T., Lamshead, P.J.D., Rogers, A.D. & Smerdon, G.R. (2006) Development and evaluation of a DNA-barcoding approach for the rapid identification of nematodes. *Marine Ecology Progress Series*, 320, 1–9.
- Blouin, M.S. (2002) Molecular prospecting for cryptic species of nematodes: mitochondrial DNA versus internal transcribed spacer. *International Journal for Parasitology*, 32, 527–531.
- Boisseau, J.P. (1957) Technique pour l'étude quantitative de la faune interstitielle des sables. *Comptes rendus du Congrès des sociétés savantes de Paris et des départements*, Section des sciences, 1957, 117–119.
- De Coninck, L.A. (1965) Classe des Nématodes—Systématique des Nématodes et sous-classe des Adenophorea. In: Grassé, P. (Ed.), *Traité de Zoologie (éd. GRASSE)*, 4 (2), pp. 586–681.
- De Grisse, A.T. (1969) Redescription ou modifications de quelques techniques utilisées dans l'étude de nématodes phytoparasitaires. *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent*, 34, 351–369.
- De Ley, P., De Ley, I.T., Morris, K., Abebe, E., Mundo-Ocampo, M., Yoder, M., Heras, J., Waumann, D., Rocha-Olivares, A., Burr, A.H.J., Baldwin, J.G. & Thomas, W.K. (2005) An integrated approach to fast and informative morphological vouchering of nematodes for applications in molecular barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 360, 1945–1958.
- De Ley, I.T., Mundo-Ocampo, M., Yoder, M. & De Ley, P. (2007) Nematodes from vernal pools in the Santa Rosa Plateau Ecological Reserve, California. I. *Hirschmanniella*

- santarosae* sp n. (Nematoda: Pratylenchidae), a cryptic sibling species of *H. pomponiensis* Abdel-Rahman & Maggenti, 1987. *Nematology*, 9, 405–429.
- De Man, J.G. (1880) Die einheimischen, frei in ter reinen Erde und im süßen Wasser levende Nematoden monographisch bearbeitet. Voläufiger Bericht und descriptive—systematischer Theil. *Tijdschrift der Nederlandse Dierkundige Vereeniging*, 5, 1–104.
- Derycke, S., Remerie, T., Vierstraete, A., Backeljau, T., Vanfleteren, J., Vincx, M. & Moens, T. (2005) Mitochondrial DNA variation and cryptic speciation within the free-living marine nematode *Pellioiditis marina*. *Marine Ecology Progress Series*, 300, 91–103.
- Derycke, S., Backeljau, T., Vlaeminck, C., Vierstraete, A., Vanfleteren, J., Vincx, M. & Moens, T. (2007) Spatiotemporal analysis of population genetic structure in *Geomonhystera disjuncta* (Nematoda, Monhysteridae) reveals high levels of molecular diversity. *Marine Biology*, 151, 1799–1812.
- Derycke, S., Remerie, T., Backeljau, T., Vierstraete, A., Vanfleteren, J., Vincx, M. & Moens, T. (2008) Phylogeography of the *Rhabditis (Pellioiditis) marina* species complex: evidence for long-distance dispersal, and for range expansions and restricted gene flow in the northeast Atlantic. *Molecular Ecology*, 17, 3306–3322.
- Derycke, S., De Ley, P., De Ley, I.T., Holovachov, O., Rigaux, A. & Moens, T. (2010) Linking DNA sequences to morphology: cryptic diversity and population genetic structure in the marine nematode *Thoracostoma trachygaster* (Nematoda, Leptosomatidae). *Zoologica Scripta*, 39 (3), 276–289. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.2009.00420.x>
- Filipjev, I.N. (1916) Free living nematodes in the collection of the Zoological Museum of the Imperial Academy of Sciences in Petrograd. *Ezhegodnik zoologicheskij Muzey, Petrograd*, 21, 59—116.
- Filipjev, I.N. (1918) Free-living marine nematodes of the Sevastopol area. *Transactions of the Zoological Laboratory and the Sevastopol Biological Station of the Russian Academy of Sciences*. Series II No 4 (Issue I & II) (Translated from Russian).
- Fonseca, G.; & Fehlaue-Ale, K.H. (2012) Three in one: fixing marine nematodes for ecological, molecular, and morphological studies. *Limnology and Oceanography*:

- Methods*, 10, 516–523.
- Gerlach, S.A. & Riemann, F. (1974) The Bremerhaven Checklist of Aquatic Nematodes. *Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven*, Supplement 4, Heft 2, 404–735.
- Hodda, M. (2022) Phylum Nematoda: a classification, catalogue and index of valid genera, with a census of valid species. *Zootaxa*, 5114 (1), 001–289. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5114.1.1>
- Hopper, B.E. (1967) Free-living marine nematodes from Biscayne Bay, Florida. II. Oncholaimidae: descriptions of five new species and one new genus (*Meyersia*). *Marine Biology*, 1, 145–151.
- Kreis, H.A. (1932) Freilebende marine Nematoden von den Sunda-Inseln II. Oncholaiminae. (Papers from Dr.Th. Mortensen's Pacific Expedition 1914-16 61). *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistoriske Forening*, 93, 23–69.
- Lo Russo, V., Villares, G. & Pastor de Ward, C.T. (2016) New species of *Chaetonema* (Nematoda, Anoplostomatidae) and *Admirandus* (Nematoda, Oncholaimidae) from Patagonia, Río Negro and Santa Cruz, Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96 (08), 1661–1669. <http://doi.org/10.1017/S0025315415002039>
- Mordukhovich, V., Atopkin, D., Fadeeva, N., Yagodina, V. & Zograf, J. (2015) *Admirandus multicavus* and *Adoncholaimus ussuriensis* sp. n. (Nematoda: Enoplida: Oncholaimidae) from the Sea of Japan. *Nematology*, 17 (10), 1229–1244.
- Nemys (Eds.) (2022) Nemys: World Database of Nematodes. Available from: <https://nemys.ugent.be> (accessed 27 May 2022) <https://doi.org/10.14284/366>
- Neres, P.F., da Silva, M.C., Miranda-Júnior, G.V., Fonsêca-Genevois, V. & Esteves, A.M. (2014) Five new species of *Oncholaimellus* (Oncholaimidae: Nematoda) from north-east Brazil, with an emended diagnosis and an updated key to the genus. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94 (4), 703–727. <https://doi.org/10.1017/S0025315414000113>
- Oliveira, T.S., Barcellos, R.L., Schettini, C.A.F. & Camargo, P.B. (2014) Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica e um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. *Revista de gestão costeira integrada*, 14, 399–411. <https://doi.org/10.5894/rgci470>
- Pinto, T.K., Austen, M.C., Warwick, R.M., Somerfield, P.J., Esteves, A.M., Castro, F.J.,

- Fonseca-Genevois, V.G. & Santos, P.J. (2013) Nematode diversity in different microhabitats in a mangrove region. *Marine Ecology*, 34, 257–268. <https://doi.org/10.1111/maec.12011>
- Rachor, E. (1969) Das de Mansche Organ der Oncholaimidae, eine genito-intestinale Verbindung bei Nematoden. *Zeitschrift für Morphologie der Tiere*, 66, 87–166.
- Resende, J.S.S., Craveiro, N. & Pereira, R. (2016) Análise Granulométrica e do Teor de Matéria Orgânica em Sedimentos do Estuário do Rio Capibaribe—PE. *Estudos Geológicos*, 26 (2), 34–45.
- Shimada, D. (2016) Checklist of the subfamily Adoncholaiminae Gerlach and Riemann, 1974 (Nematoda: Oncholaimida: Oncholaimidae) of the world: genera, species, distribution, and reference list for taxonomists and ecologists. *Biodiversity Data Journal*, 4, e6577. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e6577>
- Shimada, D. & Kajihara, H. (2014) Two new species of free-living marine nematodes of *Adoncholaimus* Filipjev, 1918 (Oncholaimida: Oncholaimidae: Adoncholaiminae) from Hokkaido, northern Japan, with a key to species and discussion of the genus. *Nematology*, 16 (4), 437–451. <https://doi.org/10.1163/15685411-00002776>
- Smol, N. & Coomans, A. (2006) Order Enoplida. In: Abebe, E., Andrassy, I. & Traunspurger, W. (Eds.), *Freshwater nematodes: ecology and taxonomy*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 225–250.
- Smol, N., Muthumbi, A. & Sharma, J. (2014) Order Enoplida. In: Andreas, S.R. (Ed.), *Handbook of Zoology. Gastrotricha, Cycloneuralia, and Gnathifera. Vol. 2. Nematoda*. Walter de Gruyter, Berlin, pp. 193–250.
- Tchesunov, A.V., Mokievsky, V.O. & Thanh, N.V. (2010) Three new free-living nematode species (Nematoda, Enoplida) from mangrove habits of Nha Trang, Central Vietnam. *Russian Journal of Nematology*, 18 (2), 155–173.
- Venekey, V., Fonseca-Genevois, V.G. & Santos, P.J.P. (2010) Biodiversity of free-living marine nematodes on the coast of Brazil: a review. *Zootaxa*, 2568, 39–66. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2568.1.2>
- Venekey, V. (2017) Updates on information about free-living marine nematodes in Brazil: new records and comments on problems in taxonomic studies. *Zootaxa*, 4337 (1), 38–72. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4337.1.2>
- Vovlas, N., Subbotin, S.A., Troccoli, A., Liebanas, G. & Castillo, P. (2008) Molecular phylogeny of the genus *Rotylenchus* (Nematoda, Tylenchida) and description of a

new species. *Zoologica Scripta*, 37, 521–537.

Yushin, V.V. & Gliznutsa, L.A. (2021) Spermatozoa in the Demanian system of freeliving marine nematode *Admirandus multicavus* (Enoplida: Oncholaimidae). *Invertebrate Zoology*, 18 (3), 369–383. <https://doi.org/10.15298/invertzool.18.3.10>

Zanardi-Lamardo, E., Nóbrega, A.S.C., Santos, R.H.A. & Maciel, D.C. (2016) Fontes e níveis de contaminação do Sistema Estuarino do Rio Capibaribe (Pernambuco/Brasil). *Tropical Oceanography*, 44 (2), 118–131. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v44i2.8296>

5 CONCLUSÃO

No médio estuário do Rio Capibaribe, as diferenças tanto na granulometria quanto nas concentrações de matéria orgânica e carbonato de cálcio, indicaram influências da maré, como também, de enriquecimento orgânico. Os diferentes pontos amostrais parecem estar sobre diferentes impactos, o que foi refletido nas comunidades da meiofauna e assembleias de Nematoda. Além disso, a representatividade de indivíduos marinhos nos pontos de maior salinidade e mais próximo da foz; e a representatividade de indivíduos do ambiente de água doce nos pontos com menor salinidade (mais distante da foz), corrobora a influência da maré nos diferentes pontos do estuário. A dominância de representantes de água doce pode ser um reflexo da característica de retenção desse estuário.

A meiofauna estuarina do médio estuário do Rio Capibaribe refletiu a eutrofização do mesmo, onde Nematoda dominou as comunidades, chegando a quase totalidade das mesmas em pontos com maior teor de matéria orgânica. Além disso, embora todos os pontos de amostragem estejam sujeitos a perturbações, a diferença na composição das comunidades de meiofauna nos diferentes pontos analisados, bem como a presença ou ausências de táxons, como também, alta e baixa abundância de indivíduos, sugere que diferentes induções de estresse estão atuando em diferentes regiões do médio estuário do Rio Capibaribe.

A densidade da nematofauna do médio estuário do Rio Capibaribe apresentou valores dentro dos esperados para estuários tropicais eutrofizados, com variação entre os pontos amostrados. Entretanto, a riqueza de gêneros, maior do que em outros estuários brasileiros, pode ser devido à cobertura amostral, principalmente nas regiões estuarinas mais distantes da foz. A baixa abundância e riqueza da nematofauna no ponto com teores de matéria orgânica baixos pode ser um indicativo de sedimento em situação de hipóxia. Ainda assim, a alta densidade dos detritívoros *Haliplectus* e *Thalassomonhystera* corrobora a eutrofização do médio estuário do Rio Capibaribe.

Como bioindicadores, os nematódeos de vida livre são úteis por serem sensíveis a mudanças nas condições ambientais e responderem rapidamente a distúrbios. Mudanças na temperatura, salinidade ou níveis de oxigênio podem afetar as populações de nematódeos, e certas espécies de nematódeos são mais tolerantes ou sensíveis a essas mudanças do que outras. Ao monitorar a abundância e a diversidade das populações de nematódeos em um determinado ecossistema, é possível obter informações valiosas sobre a saúde e o funcionamento desse ecossistema. Mudanças na diversidade e composição de nematódeos podem indicar mudanças na disponibilidade de nutrientes ou na presença de poluentes. Os

nematódeos presentes nos estuários, por apresentarem uma plasticidade trófica, são essenciais para o entendimento desses ambientes, e assim, o conhecimento de suas comunidades são ferramentas eficientes para monitoramento de impactos antrópicos.

Diante do exposto, uma análise temporal, para análise da meiofauna, assim como refinamento taxonômico da nematofauna, contribuirá para o entendimento da dinâmica meiofaunística, em particular Nematoda, do estuário do Rio Capibaribe, e assim, maiores inferências sobre a eutrofização do mesmo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JÚNIOR, J. C. M.; PEREIRA, Ricardo. Evolução da contaminação por metais pesados em sedimentos em área estuarina do rio Capibaribe: uma revisão. **Revista de Geografia**, 2021. v. 38, n. 1, p. 236.
- AUSTEN, M. C.; WIDDICOMBE, S. Comparison of the response of meio- and macrobenthos to disturbance and organic enrichment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2006. v. 330, p. 96–104.
- BALSAMO, M.; SEMPRUCCI, F.; FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Meiofauna as a tool for marine ecosystem biomonitoring. In Cruzado, A. (ed.) **Marine ecosystems**. Rijeka, croatia: intech publisher, 2012. pp. 77–104.
- BELL, R.; GREEN, M.; HUME, T.; GORMAN, R. What regulates sedimentation in estuaries? **Water Atmosphere**, 2000. v. 8, n. 4, p. 13-16;
- BEZERRA, O. G.; MELO, V. L. M. De O. Valores da paisagem: os significados dos rios e manguezais da cidade do Recife. **Paisagem e Ambiente**, 2014. n. 34, p. 95.
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, 1990. v. 83, p. 14-19.
- BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology and Evolution**, 1999. v. 14, n. 6, p. 224–228.
- BRAECKMAN, U.; PROVOOST, P.; MOENS, T.; SOETAERT, K.; MIDDELBURG, J. J.; VINCX, M.; VANAVERBEKE, J. Biological vs. physical mixing effects on benthic food web dynamics. **PLoS ONE**, 2011. v. 6, n. 3.
- BRUNK, B. K.; JIRKA, G. H.; LION, L. W. Effects of salinity changes and the formation of dissolved organic matter coatings on the sorption of phenanthrene: Implications for pollutant trapping in estuaries. **Environmental Science and Technology**, 1997. v. 31, n. 1, p. 119–125.
- CASTRO, I. B.; ALVES DE LIMA, A. F.; BRAGA, A. R. C.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Imposex in Two Muricid Species (Mollusca: Gastropoda) from the Northeastern Brazilian Coast. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, 2007. v. 2, n. 1, p. 81–91.
- CAVALCANTI, M. F.; CHAADA, P. A. S.; SANTOS, E.; GUILHERME, B. C. Structure of meiofaunal communities in na urban tropical sandy beach in Pernambuco, Brazil. **Ciencias Marinas**, 2023. v. 49, e. 3294, p. 1-16.
- CLARKE, A. L.; WECKSTROM, K.; CONLEY, D. J.; ANDERSON, N. J.; ADSER, F.; ANDRÉN, E.; JONGE, V. N.; ELLEGAARD, M.; JUGGINS, S.; KAUPPILA, P.; KORHOLA, A.; REUSS, N.; TELFORD, R. J.; VAALGAMAA, S. Long-term trends in eutrophication and nutrients in the coastal zone. **Limnology and Oceanography**, 2006. v. 51, n. 1 II, p. 385–397.
- COLEN, C. VAN; MONTSERRAT, F.; VERBIST, K.; VINCX, M.; STEYAERT, M.; VANANERBEKE, J.; HERMAN, P. M. J.; DEGRAER, S.; YSEBAERT, T. Tidal flat

nematode responses to hypoxia and subsequent macrofauna-mediated alterations of sediment properties. **Marine Ecology Progress Series**, 2009. v. 381, p. 189–197.

COLLIER, C. A., NETO, M. S. A.; ALMEIDA, G. M. A.; ROSA-FILHO, J. S.; SEVERI, W.; EL-DEIR, A. C. A. Effects of anthropic actions and forest areas on a neotropical aquatic ecosystem. **Science of the Total Environment**, 2019. v. 691, p. 367–377. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.122>>.

COPPO, G.; PAIS, F. S.; FERREIRA, T. O.; HALANYCH, K. M.; DONNELLY, K.; MAZZUCO, A. C.; BERNARDINO, A. F. Transition of an estuarine benthic meiofauna assemblage 1.7 and 2.8 years after a mining disaster. **PeerJ**, 2023. v. 11, p. e14992.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOST, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, 1997. v. 387, n. 6630, p. 253–260.

CRUMP, B. C.; BAROSS, J. A. Particle-attached bacteria and heterotrophic plankton associated with the Columbia River estuarine turbidity maxima. **Marine Ecology Progress Series**, 1996. v. 138, n. 1–3, p. 265–273.

DANOVARO, R.; GAMBI, C.; HOSS, S.; MIRTO, S.; TRAUNSPURGER, W.; ZULLINI, A. . Case studies using nematode assemblage analysis in aquatic habitats. *In*: Wilson, M.J.; Kakouli-Duarte, T., (eds.) **Nematodes as environmental indicators**. Wallingford: cab international, 2009. pp. 146–171

DAY JR. J. W.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A.; KEMP, M.; CRUMP, B. C. Introduction to Estuary Ecology. **Estuaries**, 2012. v. 1, p. 1-19.

DE TROCH, M.; ROELOFS, M.; RIEDEL, B.; GREGO, M. Structural and functional responses of harpacticoid copepods anoxia int he Northern Adriatic: na experimental approach. **Biogeosciences**, 2013. v. 10, n. 6, p. 4259-4272.

DYER, K. R. Lateral circulation effects in estuaries. *In* **Estuaries, Geophysics and the Environment**. Washington, DC: National 752 Academy of Sciences, 1977. p. 22–29.

DYER, K. R. Sediment transport processes in estuaries. **Developments in Sedimentology**, 1995. v. 53, n. C, p. 423–449.

FERRIS, H.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R.G.M. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Applied soil ecology**, 2001. 18:13–29.

FERRIS, H.; BONGERS, T. Nematode indicators of organic enrichment. **Journal of Nematology**, 2006. v. 38, n. 1, p. 3–12.

GEYER, W. R. The importance of suppression of turbulence by stratification on the estuarine turbidity maximum. **Estuaries**, 1993. v. 16, n. 1, p. 113–125.

GEYER, W. R.; MACCREADY, P. The estuarine circulation. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 2014.

V. 46, p. 175–197. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-010313-141302>>.

GIERE, O. 2009. **Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments**, 2nd edn. Springer-Verlag, Berlin;

GOMES, S. S.; CARVALHO, A. C. C.; CASTRO, C. M. V. A.; CADENA, P. G. Efeitos tóxicos dos sedimentos do estuário do rio Capibaribe em embriões de zebrafish (*Danio rerio*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2020. v. 72, n. 2, p. 623–632.

GOMES, B. R. S.; FRANÇA, R. S.; MORAES, A. S.; BETAGLION, G. A.; SANTOS, J. M. Evaluation of sediment contamination by urban sewage in a stretch of capibaribe River, Pernambuco, Brazil. **Química Nova**, 2022. v. 45, n. 10, 1205-1213.

HEIP, C.; VINCX, M.; SMOLL, N.; VRANKEN, G. The systematics and ecology of free-living marine nematodes. **Helminthological abstracts, series b, plant nematology**, 1982. v. 51, n. 1, 24p.

INGELS, J.; SANTOS, G.; HICKS, N.; VAZQUEZ, Y. V.; NERES, P. F.; PONTES, L. P.; AMORIM, M. N.; ROMÁN, S.; DU, Y.; STAKL, H.; SOMERFIELD, P. J.; WIDDICOMBE, S. Short-term CO₂ exposure and temperature rise effects on metazoan meiofauna and free-living nematodes in sandy and muddy sediments: Results from a flume experiment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2018. v. 502, n. June, p. 211–226.

KANDRATAVICIUS, N.; DE WARD, C. P.; VENTURINI, N.; GIMENEZ, N. J.; RODRIGUEZ, M.; PABLO, M. Response of estuarine free-living nematode assemblages to organic enrichment: an experimental approach. **Marine Ecology Progress Series**, 2018. v. 602, p. 117–133.

KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. **Environmental Conservation**, 2002. v. 29, n. 1, p. 78–107.

KENNISH, M.J.; BRUSH, M.J.; MOORE, K.A. Drivers of Change in Shallow Coastal Photic Systems: An Introduction to a Special Issue. **Estuaries and Coasts**, 2014. v. 37, Suppl. 1, p. S3–S19;

LIMA, A. R. B.; TORRES, R. A.; JACOBINA, U. P.; PINHEIRO, M. A. A.; ADAM, M. L. Genomic damage in *Mugil curema* (Actinopterygii: Mugilidae) reveals the effects of intense urbanization on estuaries in northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 2019. v. 138, n. February 2018, p. 63–69. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.037>>.

MACEDO, S. J.; PHILLIPPINI, S.; BRAYNER, F. M. M.; DUARTE, M. M. M. B.; BARBOSA, A. M. F. Heavy metal concentrations in sediments of the Capibaribe River Estuary in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco-Brazil. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, 2007. v. 102, p. 357–365.

MACIEL, D. C.; COSTA, B. V. M.; SANTOS, L. P. S.; SOUZA, J. R. B.; ZANARDI-LAMARDO, E. Avaliação da toxicidade dos sedimentos do sistema estuarino do rio Capibaribe (Pernambuco, Brasil) utilizando o copépodo bentônico *Tisbe biminiensis* Volkmann Rocco (1973). **Tropical Oceanography**, 2015. v. 43, n. 1.

MAHARNING, A.; ARDLI, E.; PRABOWO, R. Nematode Community as a Tool to Monitor Ecosystem Health of Kembangkuning Mangrove Forest , Indonesia. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 2023.

MARONE, E., MACHADO, E.C., LOPES, R.M. ; DA SILVA, E.T. Land-ocean fluxes in the Paranaguá Bay estuarine system, southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 2005. 53(3/4): 169-181.

MELO, V. M.. As Paisagens do Rio Capibaribe no Século XIX e suas Representações. Paisagem Ambiente. **Ensaio** (online), 2007. n. 23, p. 253 - 263.

MELO, V. M.; COSTA, J. O Rio Capibaribe: da paisagem emoldurada no século XVI às paisagens mercadorias. *In*: AMORA, A; GAZZANEO, L. (ORG). **Ordem, Desordem, Ordenamento: Cidade, História e Patrimônio**. Rio de Janeiro, Coleção PROARQ- UFRJ-FAU, 2009, pp. 132-146.

MELO, L. E. D.; PAULO, D. V.; MONTAGNER, C. C.; CARVALHO, P. S. M. Behavioral and reproductive effects in *Poecilia vivipara* males from a tropical estuary affected by estrogenic contaminants. **Marine Pollution Bulletin**, 2021. v. 169, n. May, p. 112543. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112543>>.

MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. 2nd ed. São Paulo: Editora da USP, 2012.

MOENS, T.; VINCX, M. Observations on the feeding ecology of estuarine nematodes. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 1997. v. 77, n. 1, p. 211–227.

_____; _____. Temperature and salinity constraints on the life cycle of two brackish- water nematode species. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2000. v. 243, n. 1, p. 115–135.

MORENO, M.; SEMPRUCCI, F.; VEZZULLI, L.; BALSAMO, M.; FABIANO, M.; ALBERTELLI, G. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems. **Ecological Indicators**, 2011. v. 11, n. 2, p. 328–336. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.05.011>>.

MORGAN, C. A.; CORDELL, J. R.; SIMENSTAD, C. A. Sink or swim? Copepod population maintenance in the Columbia River estuarine turbidity-maxima region. **Marine Biology**, 1997. v. 129, n. 2, p. 309–317.

OTTMANN, F.; OTTMANN, J.M. Estudo da Barra das Jangadas. Parte IV. Estudo dos sedimentos. **Trabalhos do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco**, 1960, v. 9, p. 113-124.

OLIVEIRA, T. De S.; BARCELLOS, R. L.; SCHETTINI, C. A. F.; CAMARGO, P. B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 2014. v. 14, n. 3, p. 399–411.

PARDAL, E. C.; FLORES-MONTES, M. J.; BARCELLOS, R. L.; XAVIER, D. A.; VILELA, ISABELLE.; CAMARGO, P. B. Sedimentological and geochemical variability in a tropical estuarine system with strong anthropic influence (Capibaribe river, PE). **Pesquisas em Geociências**, 2019. v. 46, n. 3.

PERNAMBUCO. Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). **Relatórios de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco**. Recife. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br>>.

POSTMA, H. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. *In: Estuaries*, G.H. Lauff Editor, American Association for Advancement of Science, Washington, DC, 1967. p. 158-179.

RÉGIS, C. G; SOUZA-SANTOS, L. P.; YOGUI, G. T.; MORAES, A. S.; SCHETTINI, C. A. F. Use of *Tibes biminiensis nauplii* in ecotoxicological tests and geochemical analysis to assess the sediment quality of a tropical urban estuary in northeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 2018. v. 135, p. 45-55.

RESENDE, J. S. S.; CRAVEIRO, N. J. A.; PEREIRA, R. Análise Granulométrica e do Teor de Matéria Orgânica em Sedimentos do Estuário do Rio Capibaribe – PE. **Estudos Geológicos**, 30 dez. 2016. v. 26, n. 2, p. 34–45. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/2048-estudos-geologicos/v26n02/21059-analise-granulometrica-e-do-teor-de-materia-organica-em-sedimentos-do-estuário-do-rio-capibaribe-pe.html>>.

RIDALL, A.; INGELS, J. Suitability of Free-Living Marine Nematodes as Bioindicators: Status and Future Considerations. **Frontiers in Marine Science**, 2021. v. 8, n. July, p. 1–16.
SANTOS, T. M. T.; PETRACCO, M.; VENEKEY, V. Recreational activities trigger changes in meiofauna and free-living nematodes on Amazonian macrotidal sandy beaches. **Marine Environmental Research**, 2021. v. 167, n. February, p. 105289. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105289>>.

SCHENK, J.; HÖSS, S.; BRINKE, M.; KLEINBÖLTING, N.; BRÜCHNER-HÜTTEMAN; TRAUNSPURGER, W. Dataset supporting the use of nematodes as bioindicators of polluted sediments. **Data in Brief**, 2020. v. 32, p. 106087. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106087>>.

SCHETTINI, C. A. F.; PAIVA, B. P.; BATISTE, R. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, J. C.; TRUCCOLO, E. C. Observation of an Estuarine turbidity maximum in the highly impacted capibaribe estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 2016. v. 64, n. 2, p. 185–190.

SCHRATZBERGER, M.; INGELS, J. Meiofauna matters: The roles of meiofauna in benthic ecosystems. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2018. v. 502, p. 12–25. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.007>>.

SEMPRUCCI, F.; FRONTALINI, F.; SBROCCA, C.; ARMYNOT DU CHÂTELET, E.; BOUT-ROUMAZEILLES, V.; COCCIONI, R.; BALSAMO, M. Meiobenthos and free-living nematodes as tools for biomonitoring environments affected by riverine impact. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2015. v. 187, n. 5.

_____; SBROCCA, C.; BALDELLI, G.; TRAMONTANA, M.; BALSAMO, M. Is meiofauna a good bioindicator of artificial reef impact? **Marine Biodiversity**, 2017. v. 47, n. 2, p. 511–520.

_____; COLANTONI, P.; BALSAMO, M. Is maturity index an efficient tool to assess the effects of the physical disturbance on the marine nematode assemblages?—A critical interpretation of disturbance-induced maturity successions in some study cases in Maldives. **Acta Oceanologica Sinica**, 2016. v. 35, n. 4, p. 89–98.

SERGEEVA, N. G.; ZAIKA, V. E. The Black Sea meiobenthos in permanently hypoxic habitat. **Acta Zoological Hungary**, 2013. 65:139–150;

SILVA, H. K. P.; MACEDO, S. J.; BRAYNER, F. M. M. Avaliação das concentrações de metais traço nos sedimentos do Parque dos Manguezais, Região Metropolitana do Recife (RMR), Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography Online**, 2010. v. 38, n. 2, p. 122–185. <http://www.revista.ufpe.br/tropicaloceanography/artigos_completos_resumos_t_d/38_2010_2_5_silva.pdf>.

SILVA, R. B.; DOS SANTOS, G. A. P.; FARIAS, A. L. L.; FRANÇA, D. A. A.; CAVALCANTE, R. A.; ZANARDI-LAMARDO, E.; SOUZA, J. R. B.; ESTEVES, A. M. Effects of PAHs on meiofauna from three estuaries with different levels of urbanization in the South Atlantic. **PeerJ**, 2022. v. 10, p. 1–25.

SUGUIO, K. **Geologiasedimentar**. São paulo: edgardblücher, 2003. 400p.

STEYAERT, M.; MOODLEY, L.; NADONG, T.; MOENS, T.; SOETAERT, K.; VINCX, M. Responses of intertidal nematodes to short-term anoxic events. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2007. v. 345, n. 2, p. 175–184.

TAHERI, M.; GREGO, M.; RIEDEL, B.; VINCX, M.; VANAVERBEKE, J. Patterns in nematode community during and after experimentally induced anoxia in the northern Adriatic Sea. **Marine Environmental Research**, 2015. v. 110, p. 110–123. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.08.004>>.

_____; GIUNIO, M.; DE TROCH, M.; VINCX, M.; VANAVERBEKE, J. Effect of short-term hypoxia on the feeding activity of abundant nematode genera from an intertidal mudflat. **Nematology**, 2017. v. 19, n. 1, p. 1–13.

_____; VANAVERBEKE, J. Effect of short-term hypoxia on feeding activity of intertidal nematodes. 2016. n. January 2015.

TRAVASSOS, P. E. P. F.; MACEDO, S. J.; KOENING, M. L. Aspectos hidrológicos do estuário do rio Capibaribe (Recife-PE-Brasil). **Trabalhos oceanográficos**, 1991/93. v. 22, p. 9-38.

TRAVASSOS, P. E. P. F. **Hidrologia e biomassa primária do fitoplâncton no estuário do rio capibaribe, recife, pernambuco**. 288f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1991.

VALENÇA, A. P. M. C. As comunidades macrobentônicas na avaliação da qualidade ambiental de áreas estuarinas de Pernambuco. **Tropical Oceanography**, 2009. v. 37, p. 80-99.

WHOMERSLEY, P., HUXHAM, M., SCHRATZBERGER, M.; BOLAM, S. Differential response of meio- and macrofauna to in situ burial. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2009, v. 89, n. 6, p. 1091–1098.

XAVIER, D. D. A.; BARCELLOS, R. L.; FIGUEIRA, R. C. L.; SCHETTINI, C. A. F. Evolução sedimentar do estuário do rio Capibaribe (Recife-PE) nos últimos 200 anos e suas relações com a atividade antrópica e processo de urbanização. **Tropical Oceanography**, 2016. v. 44, n. 2.

WETZEL, M. A., FLEEGER, J. W., POWERS, S. P. Effects of hypoxia and anoxia on meiofauna: a review with new data from the Gulf of Mexico. **Coastal Estuarine Studies**, 2001. v. 58, p. 165–184.

YEATES, G. W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIVA, S. S. Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera-An Outline for Soil Ecologists. **Journal of Nematology**, 1993. v. 25, n. 3, p. 315–331.

YEATES, G. W. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. **Biology and fertility of soils**, 2003. v. 37, p. 199-210.

YUAN, S.; ZHANG, W.; LI, W.; LI, Z.; WU, M.; SHAN, B. Accumulation and potential ecological risk of heavy metals in the sediments of rivers system in Beijing-Tianjin area. **Research Square**, 2021. p. 1-19.

ZANARDI-LAMARDO, E.; NÓBREGA, A. S. C.; SANTOS, R. H. A.; MACIEL, D. C. Fontes E Níveis De Contaminação Do Sistema Estuarino Do Rio Capibaribe (Pernambuco/Brasil). **Tropical Oceanography**, 2016. v. 44, n. 2.

ZEPELLI, D.; LEDUC, D. Biodiversity and ecology of meiofauna in extreme and changing environments. **Marine Biodiversity**, 2018. v. 48, n. 1.