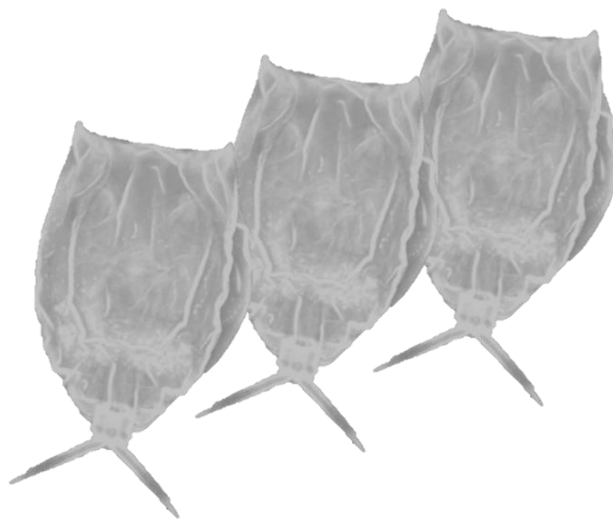


**Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução da Universidade
Federal da Bahia**

**TAXONOMIA E ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE ROTIFERA EM
ECOSSISTEMAS COSTEIROS NO LITORAL DA BAHIA**

Mariane Amorim Rocha



Salvador- Bahia

2023

Mariane Amorim Rocha

**TAXONOMIA E ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE ROTIFERA EM
ECOSSISTEMAS COSTEIROS NO LITORAL DA BAHIA**

Tese apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Evolução pelo Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Evolução.

Orientador (a): Profa. Dra. Elizabeth Gerardo Neves

Coorientadores: Profa. Dra. Claudia Costa Bonecker e Prof. Dr. Riccardo Mugnai

Salvador- Bahia

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA), com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rocha, Mariane Amorim.

Taxonomia e estrutura da assembleia de Rotífera em ecossistemas costeiros no litoral da Bahia / Mariane Amorim Rocha. - 2023.
185 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Elizabeth Gerardo Neves.

Coorientadora: Profa. Dra. Claudia Costa Bonecker.

Coorientador: Prof. Dr. Riccardo Mugnai.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Salvador, 2023.

1. Ecologia costeira - Salvador (BA). 2. Biodiversidade marinha - Salvador (BA). 3. Ecossistemas - Salvador (BA). 5. Rotífero. I. Neves, Elizabeth Gerardo. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. III. Título.

CDD - 577.51098142

CDU - 574.5(813.8)

Comissão julgadora

Taxonomia e estrutura da assembleia de Rotifera em ecossistemas costeiros no litoral da Bahia

Mariane Amorim Rocha

Orientador (a): Dra. Elizabeth Gerardo Neves

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor na área de Biodiversidade e Evolução.

Aprovada por:

Em: 09 de fevereiro de 2023

Documento assinado digitalmente
 ADRIANE PEREIRA WANDENESS
Data: 13/02/2023 15:53:28-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Adriane Pereira Wandeness

Documento assinado digitalmente
 CIRO YOSHIO JOKO
Data: 18/02/2023 03:05:08-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

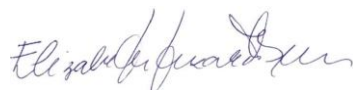
Prof. Dr. Ciro Yoshio Joko

Documento assinado digitalmente
 SERGIO SCHWARZ DA ROCHA
Data: 13/02/2023 15:02:44-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Sergio Schwarz da Rocha

Documento assinado digitalmente
 SIGRID NEUMANN LEITAO
Data: 13/02/2023 13:15:41-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Sigrid Neumann- Leitão



Profa. Dra. Elizabeth Gerardo Neves
Orientadora

Coorientadores: Profa. Dra. Claudia Costa Bonecker e Prof. Dr. Riccardo Mugnai

Aos meus pais, irmãs e amigos!
Gratidão por todo o apoio

Agradecimentos

Um dos ciclos mais almejados da minha vida está chegando ao fim, gratidão a Deus por me permitir viver esse momento tão sonhado. Pessoas, instituições e órgãos de fomento foram cruciais nesta etapa, portanto, agradeço imensamente:

Em primeiro lugar, agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Elizabeth Gerardo Neves, por ter me recebido em seu laboratório, pelo incentivo de me fazer explorar novos ambientes, pela paciência, pelos ensinamentos, fatores fundamentais na construção da minha formação. Gratidão por todo o apoio e confiança! Foi uma honra!

Agradeço a minha coorientadora, Profa. Dra. Claudia Costa Bonecker, por todos os ensinamentos e apoio dado em toda a trajetória, mesmo distante sempre muito disponível. Minha gratidão!

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Riccardo Mugnai, por me apoiar ao estudo de um novo ambiente, a “*Hypolentic Zone*” e pelos ensinamentos. Grata pela disposição nessa trajetória.

Ao professor Dr. Rodrigo Johnsson, obrigada por toda atenção, apoio e ensinamentos. Sou imensamente grata!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução (PPGBioEvo) pela oportunidade e ao Instituto de Biologia da UFBA, incluindo professores e demais servidores, por todo o apoio concedido.

Agradeço à FAPESB pelo apoio financeiro.

Agradeço à PETROBRAS pelo Projeto de Avaliação e Pesquisa do Coral Sol na Baía de Todos-os-Santos com parceria com o LABIMAR, na qual fui beneficiada pela utilização de equipamentos e insumos disponíveis no laboratório.

Aos gestores do “Parque das Dunas”, em nome do Sr. Jorge, que proporcionou a execução da pesquisa, fornecendo a infraestrutura do parque. Ao funcionário, Cainã, por todo suporte e atenção fornecida durante o estudo nessa área. Agradeço também aos funcionários do parque, Roberto (*in memoriam*) e Henrique, por terem me auxiliado durante as coletas.

Agradeço aos professores que me receberam em seus laboratórios para a realizações de análises: Dr. José Marcos - Laboratório de Algas Marinhas (UFBA), Dra. Renata Bieligemeyer - Laboratório de Pesquisa em Matéria Médica (UFBA), Dra. Suzana da Cunha - Laboratório de Bioprospecção e Biotecnologia (UFBA) e Dra. Daniela Mariano – Laboratório de Biogeoquímica (UESC).

Agradeço à MSc. José Rogério Silva, técnico de laboratório da UFBA, por todo apoio, atenção, disposição e ensinamentos em toda a trajetória. Gratidão!

Aos integrantes do LABIMAR por todo o suporte, em especial: Saulo, Amilcar, Carolina Poggio, Rosa, Amanda Matos e Jessika Alves. Grata a vocês!

Aos doutorandos Caio Nunes (UEFS) e Jéssica (UESC) por todo o suporte nas análises físico químicas.

Ao Dr. Márcio Borba, orientador e amigo, que me acompanha desde a graduação e que me mostrou o mundo dos rotíferos. Obrigada pelo apoio e incentivo diário. Obrigada por tudo e por tanto!

Aos meus queridos amigos ictiólogos, Dário e Leonardo, pela parceria, amizade e ensinamentos. Grata por todo o *help* que me deram. Vocês foram peças-chaves nessa minha trajetória.

A minha amiga entomóloga, Amanda Cavalcante, obrigada pela sua paciência, amizade, carinho. Além de amiga acadêmica, da vida e que compartilhou um lar comigo durante dois anos, onde deixou sua doçura.

As minhas outras amigas de apartamento, Mandicas e Bibia, obrigada meus amores por fazer do nosso ap. um lar, de muito companheirismo e afetuoso. Estarei sempre na torcida por vocês!

Aos meus amigos não acadêmicos de longas datas que estiveram sempre presentes, até nos momentos mais difíceis. Em especial, agradeço a Celimarcos, Raul, Simone, Elaine, Carol e Monique. Grata por sempre estarem na torcida! Eu AMO vocês!

Aos meus amigos não acadêmicos que Salvador me presenteou. Gratidão a Duda, Judy, Ellen, Valter, Carol, Antônio, Monise, Felipe e Adriano. Obrigada pela compreensão, pela amizade e pela disposição!

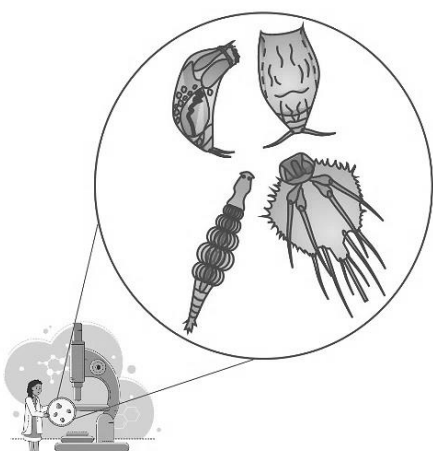
Agradeço a cidade linda que me acolheu, Salvador, sua energia é incomparável! Guardarei tudo com muito carinho e gratidão!

Aos membros titulares e suplentes da banca por terem aceitado o convite e pelas enormes contribuições que sei que farão. Agradeço imensamente por participarem dessa etapa tão importante da minha formação acadêmica: Dra. Adriane Pereira Wandeness, Dr. Ciro Yoshio Joko, Dr. Sergio Schwarz da Rocha, Dra. Sigrid Neumann- Leitão, Dr. Riccardo Mugnai, Dr. Pedro Augusto Mendes de Castro Melo, Dr. Doriedson Ferreira Gomes, Dr. Wagner Ferreira Magalhães e Dra. Christiane Sampaio de Souza.

Agradeço à minha família por viver esse sonho junto comigo, pelo apoio, paciência e dedicação. Obrigada por compreender essa vida atribulada e minha ausência em diversos momentos. Agradeço imensamente a minha mãe, Maricélia Amorim, por ser meu ponto de partida, meu alicerce. Meu pai, Marcelino Rocha, pelo incentivo diário, pela força. As minhas irmãs, Marina e Mayara, pela paciência, dedicação, amor e amizade. A minha sobrinha, Maya, por ter sido a minha fonte de alegria. A minha avó Celina, tios, primos, por toda a atenção e afeto durante essa trajetória. Sou muito grata,

a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse sonho fosse realizado. Minha eterna gratidão!





"Vivendo em um ambiente físico tão diferente, assim como biótica, uma população teria oportunidades únicas para entrar nichos novos e selecionar novos caminhos adaptativos."

Ernst Mayr

"O amor por todas as criaturas vivas é o atributo mais nobre do homem."

Charles Darwin

Índice

Resumo	xi
Abstract.....	xii
Apresentação do Trabalho	xii
1. Introdução Geral.....	15
2. Referências Bibliográficas	18
Capítulo I	21
A Brief Scenario of the Biology and Environmental forces Structuring Rotifera in Limnic Ecosystems, with an approach to the Brazilian Biodiversity.....	21
Capítulo II.....	47
Heterogeneidade espacial e sazonal de Rotifera em lagoas tropicais de restinga.....	47
Capítulo III	92
A new rotifer species: <i>Lecane</i> sp. nov. (Rotifera: Monogononta) from a Brazilian sandbank with ecological characterization of a coastal lagoon system	92
Capítulo IV	112
Rotifera intersticial da “Hypolentic Zone” de uma lagoa costeira ácida tropical: Biodiversidade e Dinâmica espacial	112
Capítulo V	163
Marine Rotifera in coral communities on the Tropical Coast: first record to Brazil and new occurrences for the Southwestern Atlantic Ocean	163
8. Conclusões Gerais	182
9. Anexos	185

Taxonomia e estrutura da assembleia de Rotifera em ecossistemas costeiros no litoral da Bahia

Resumo

Ecossistemas costeiros compreendem ambientes ecologicamente muito distintos, incluindo desde restingas e lagoas a comunidades coralíneas. Além da complexidade e diversidade das comunidades naturais, esses ecossistemas processam fluxo de nutrientes, sedimentos e água, fornecendo também uma ampla gama de serviços ecossistêmicos. Estudos taxonômicos e ecológicos sobre Rotifera em ecossistemas costeiros no Brasil são escassos. Nesta tese são apresentadas cinco abordagens independentes sobre a assembleia de Rotifera, a saber: uma revisão de literatura (Capítulo I), três sobre as assembleias de lagoas costeiras em habitats de restinga (Capítulos II, III e IV – complexo de dunas e lagoas costeiras do Sistema Abaeté, BA) e o último referente aos rotíferos em comunidades coralíneas (Capítulo V – Baía de Todos-os-Santos, BA). O Capítulo I descreve uma ampla revisão sobre Rotifera e as forças ambientais que afetam o grupo em ecossistemas límnicos. O Capítulo II tem foco sobre a assembleia de Rotifera em 11 lagoas costeiras e envolve uma análise dos parâmetros bióticos e abióticos sobre a estrutura do grupo, e padrões espaciais e sazonais. Neste verificou-se que a heterogeneidade espacial e sazonal não afeta significativamente a abundância e biomassa de Rotifera. Por outro lado, a diversidade (H') e a equitabilidade (J') apresentaram padrões distintos: H' variou significativamente com a distribuição espacial e sazonal enquanto que J' divergiu apenas na distribuição espacial. A nMDS (Escalonamento multidimensional não-métrico) revelou uma tendência no agrupamento espacial. Entre as variáveis apresentadas pela RDA (*Redundancy analysis*), nitrato, nitrito e fosfato foram nutrientes que mais influenciaram a estrutura da assembleia. O Capítulo III tem por objetivo a descrição de uma nova espécie de *Lecane*, incluído uma caracterização ecológica das lagoas do Sistema Abaeté e dados do ambiente intersticial da zona hipolêntica (em até 30 cm de profundidade). A última espécie de *Lecane*, gênero abundante e geralmente associado às macrófitas aquáticas, foi descrita no país a mais de duas décadas. Assim contribui para o conhecimento da biodiversidade dos rotíferos do Brasil. O Capítulo IV apresenta resultados da biodiversidade e distribuição espacial (profundidades e distâncias) dos rotíferos em águas intersticiais da zona hipolêntica associada a uma lagoa rasa de perfil ácido. Foram identificadas as variáveis abióticas que influenciam a distribuição local do grupo. A abundância e biomassa dos rotíferos variaram significativamente em relação à profundidade - ou seja, valores foram maiores nas faixas mais superficiais. Os maiores índices de diversidade (H'), equabilidade (J') e menor dominância (D) foram observados a 30 cm da superfície e a 1,5 m de distância da margem da lagoa. Apenas Bdelloidea obteve índice de indicação (IndVal), tanto para profundidade quanto distância. Além disso, a estrutura da assembleia respondeu diretamente ao pH, temperatura, condutividade elétrica, N - amoniacal, nitrogênio inorgânico dissolvido e clorofila - *a*. Finalmente, o Capítulo V foi dedicado aos rotíferos marinhos em comunidades coralíneas na Baía de Todos-os-Santos. Foi desenvolvido um inventário das espécies bentônico-perifíticas associadas a alga, coral e esponjas. Como resultado, foram documentadas três novas ocorrências de rotíferos (2 Bdelloidea e 1 Monogononta) para a costa e duas novas ocorrências de Bdelloidea para o Oceano Atlântico. De fato, há uma enorme lacuna no conhecimento global dos rotíferos marinhos e, nenhum dado da literatura aponta para a riqueza desses organismos para o Brasil nesses ambientes.

Palavras-chave: *Rotifera límnico, Rotifera marinho, Distribuição espacial e sazonal, Ecologia, Brasil*

Taxonomy and structure of the Rotifera assemblage in coastal ecosystems from the metropolitan sector of Salvador (BA)

Abstract

Coastal ecosystems comprise ecologically very distinct environments, ranging from sandbanks and lagoon to coral communities. In addition to the complexity and diversity of natural communities, these ecosystems process the flow of nutrients, sediments and water, also providing a wide range of ecosystem services. Taxonomic and ecological studies on Rotifera in coastal ecosystems in Brazil are scarce. In this thesis five independent approaches are presented on the Rotifera assemblage, namely: a literature review (Chapter I), three chapters on coastal lagoon assemblages in sandbank habitats (Chapters II, III and IV – dune and coastal lagoons of the Abaeté System, BA) and the last one referring to rotifers in coral communities (Chapter V – Todos-os-Santos Bay, BA). Chapter I describes a comprehensive review of Rotifera and the environmental forces that affect the group in limnic ecosystems. Chapter II focuses on the Rotifera assemblage in 11 lakes coastal and involves an analysis of biotic and abiotic parameters on the structure of the group, and spatial and seasonal patterns. In this Chapter, it was verified that the spatial and seasonal heterogeneity does not significantly affect the abundance and biomass of Rotifera. On the other hand, diversity (H') and evenness (J') presented distinct patterns: H' varied significantly with spatial and seasonal distribution while J' diverged only in spatial distribution. The nMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) revealed a trend in spatial clustering. Among the variables presented by the RDA (Redundancy analysis), nitrate, nitrite and phosphate were nutrients that most influenced the assemblage composition. Chapter III aims to describe a new species of *Lecane*, including an ecological characterization of the lagoons of the Abaeté System and data from the interstitial environment of the hypolentic zone (up to 30 cm deep). The last species of *Lecane*, an abundant genus generally associated with aquatic macrophytes, was described in the country more than two decades ago. Thus the contributes to the knowledge of the biodiversity of the rotifers of Brazil. Chapter IV presents the results of the biodiversity and spatial distribution (depths and distances) of rotifers in interstitial waters of the hypolentic zone associated with a shallow lagoon with an acid profile. The abiotic variables that influence the local distribution of the group were identified. The abundance and biomass of rotifers varied significantly in relation to depth – i.e., values were higher in the more superficial ranges. The highest diversity (H'), evenness (J') and lowest dominance (D) indices were observed at 30 cm from the surface and 1.5 m away from the lake shore. Only Bdelloidea had indication index (IndVal) for both, depth and distance. In addition, the assemblage structure responded directly to pH, temperature, electrical conductivity, ammonia-N, dissolved inorganic nitrogen and chlorophyll – a. Finally, Chapter V was dedicated to marine rotifers in coral communities in Todos-os-Santos Bay. An inventory of benthic-periphytic species associated with algae, coral and sponges was developed. As result, three new occurrences of rotifers (2 Bdelloidea and 1 Monogononta) for the coast and two new occurrences of Bdelloidea for the Atlantic Ocean were reported. In fact, there is a huge gap in the global knowledge of marine rotifers, and no data in the literature points out to the richness of these organisms for Brazil in these environments.

Keywords: *Limnic Rotifera, Marine Rotifera, Spatial and seasonal distribution, Ecology, Brazil*

Apresentação do Trabalho

A presente tese teve por prerrogativa desenvolver uma pesquisa sobre rotíferos em ambientes costeiros diversos, tendo por orientação a consolidação de um ‘estudo referência’, dedicado a um grupo taxonômico de relevância ecológica e com poucos especialistas envolvidos. Adicionalmente, buscou-se estruturar o trabalho de modo a facilitar a publicação dos resultados obtidos em artigos científicos indexados. Assim, foram elaborados cinco capítulos cujos conteúdos visam em contexto geral o conhecimento da taxonomia, biodiversidade e ecologia de Rotifera.

O Capítulo I reúne informações sobre Rotifera disponíveis na literatura, recapitulando trabalhos clássicos sobre o grupo, bem como estudos recentes, lacunas e avanços sobre o estudo desses organismos. Ou seja, representando o estado da arte e, portanto, ponto de apoio para as metas do estudo, conforme discriminado abaixo:

Capítulo I: “*A Brief Scenario of the Biology and Environmental forces Structuring Rotifera in Limnic Ecosystems, with an approach to the Brazilian Biodiversity*” (aceito no período *Pan-American Journal of Aquatic Sciences - PANAMJAS*).

Os capítulos seguintes (II-V, divididos em 2 sessões) incluem protocolos metodológicos complexos aplicados a modelos de coleta e análises ecológicas de fauna limnética, Hipolêntica e bêmica-perifítica, bem como a taxonomia morfológica do grupo. Com as amostragens biológicas metodicamente executadas ao longo de um (bêmica-perifítica) e dois anos (limnética) incluindo dados ambientais ao longo do mesmo período, obteve-se rico material que poderá ser aplicado em projetos futuros e, possivelmente, com descrição de espécies novas para táxons variados (*e.g.*, protozoários, copepoda, cladocera, ostracoda). O conjunto do escopo obtido representa precioso arcabouço para caracterização biológica e ecológica de Rotifera do sistema lacustre e de restinga que compõem o Sistema Abaeté na costa do estado da Bahia, bem como das assembleias de Rotifera na Baía de Todos-os-Santos, destaca - se aqui para a diagnose de uma nova espécie de *Lecane* (Monogononta) do sistema lacustre.

Em resumo, foi efetuada análise dos rotíferos em lagoas costeiras situadas em áreas transicionais de restingas, como também em ambiente exclusivamente marinho, especialmente no que tange as espécies bentônicas-perifíticas associadas a comunidades coralíneas. Trata-se da primeira pesquisa desenvolvida no setor para Rotifera, sendo os resultados inéditos para o mundo. Portanto, são apresentados os primeiros registros de rotíferos marinhos associados a comunidades coralíneas não apenas para o litoral brasileiro, mas para o Atlântico Tropical. Adicionalmente,

seguem as conclusões gerais, considerando a organização dos conteúdos e discussões apresentadas no formato de artigos.

Com base nos questionamentos: ‘Os rotíferos divergem em abundância, biomassa e diversidade entre lagoas e níveis de precipitação?’; ‘Quais parâmetros abióticos e bióticos influenciam a estrutura dos rotíferos nesses ambientes?’; ‘Há diferença na distribuição vertical (profundidade) e horizontal (distância da margem da lagoa) dos rotíferos?’ e ‘Há rotíferos associados aos substratos marinhos selecionados?’ foram definidas as hipóteses do estudo – ‘sim’ os rotíferos variam entre os ambientes; os parâmetros (selecionados) influenciam a estrutura dos rotíferos em escala espacial e sazonal; há diferença na distribuição vertical e horizontal e, há rotíferos nos substratos marinhos selecionados.

Para corroborar as hipóteses seguem:

Seção I- Estrutura da assembleia de Rotifera em lagoas costeiras em uma Área de Preservação Ambiental (APA) Neotropical

Objetivo Geral: Caracterizar a estrutura da assembleia de Rotifera em lagoas costeiras lênticas sem maré, em função da abundância, biomassa e diversidade, em escala espacial e sazonal, relacionando-as com as variáveis ambientais. Bem como, avaliar a distribuição espacial (profundidades e distâncias) da assembleia de Rotifera intersticial da zona hipolêntica em uma das lagoas costeiras da APA.

Capítulo II: Heterogeneidade espacial e sazonal de Rotifera em lagoas tropicais de restinga

Objetivos específicos

- i) Descrever a área de estudo em relação as variáveis abióticas (precipitação, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, clorofila - *a*, nutrientes inorgânicos dissolvidos, N- amoniacal, nitrato, nitrito e fósforo), verificando se existe diferença das variáveis em escala espacial e sazonal.
- ii) Inventariar as espécies de Rotifera e registrar novas ocorrências para o estado da Bahia, bem como caracterizar os padrões quantitativos espaciais e sazonal dessa assembleia quanto a abundância e biomassa.
- iii) Caracterizar a diversidade taxonômica de Rotifera em escala espacial e sazonal.
- iv) Verificar a influência das variáveis abióticas na estrutura de Rotifera em escala espacial e sazonal e identificar possíveis espécies bioindicadoras.

*Capítulo III: A new rotifer species: **Lecane** sp. nov. (Rotifera: Monogononta) from a Brazilian coastal sandbank with ecological characterization of a lagoon system*

Objetivos específicos:

v) Descrever espécie nova de Rotifera.

vi) Realizar caracterização ecológica da ocorrência da nova espécie nas lagoas costeiras em estudo e no interstício da zona hipolêntica em profundidades de 10 e 30 cm.

Capítulo IV: Rotifera intersticial da “Hypolentic Zone” de uma lagoa costeira ácida tropical: Biodiversidade e Dinâmica espacial

Objetivos específicos:

vii) Estudar a composição, abundância, biomassa e diversidade taxonômica de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* de uma lagoa costeira tropical.

viii) Verificar esses atributos na distribuição espacial (profundidades e distâncias).

vix) Verificar a influência das variáveis físico químicas intersticiais na assembleia de Rotifera.

Seção II- Rotifera (Bdelloidea e Monogononta) marinhos em comunidades coralíneas na Costa Tropical: Primeiras ocorrências para o litoral Brasileiro e duas novas ocorrências para o Oceano Atlântico

Objetivo Geral: Desenvolver levantamento e distribuição das espécies bentônicas-perifíticas de Rotifera marinho em comunidades coralíneas na Baía de Todos-os-Santos (BTS).

Capítulo V: Marine Rotifera in coral communities on the Tropical Coast: first record to Brazil and new occurrences for the Southwestern Atlantic Ocean

Objetivos específicos:

i) Inventariar as espécies de Rotifera e registrar novas ocorrências de rotíferos marinhos para o litoral brasileiro e para o Oceano Atlântico.

ii) Caracterizar padrões quantitativos de Rotifera em comunidades coralíneas.

iii) Descrever a lista de espécie de Rotifera marinho mundial e para o Oceano Atlântico.

1. Introdução Geral

No estado da Bahia, a Região Metropolitana de Salvador (RMS) compreende setor do litoral dentro do bioma de Mata Atlântica, uma diversidade de recursos naturais compõe oito Áreas de Proteção Ambiental (APA) (*e.g.*, bacias hidrográficas e várias fitofisnomias vegetais) que são protegidos por APA Baía de Todos-os-Santos, APA do Cobre/São Bartolomeu, APA Joanes-Ipitanga, APA Lagoas de Guarajuba, APA Lagoas e Dunas do Abaeté, APA Litoral Norte, APA Plataforma Continental e APA Rio Capivara (Inema, 2021).

Como a maioria das regiões metropolitanas brasileiras, a RMS está exposta a intensa ação antrópica, devido ao aumento das taxas de urbanização e turismo na região. Essas atividades têm exercido forte pressão sobre o meio ambiente, afetando tanto os ecossistemas aquáticos quanto os terrestres, o que eventualmente leva a danos irreparáveis à biodiversidade (Inema, 2021).

Aqui será apresentado uma síntese de dois tipos de ecossistemas costeiros: lagoas costeiras e comunidades coralíneas costeiras, que podem ser encontrados em duas APAs na RMS, APA Lagoas e Dunas do Abaeté e APA Baía de Todos-os-Santos, respectivamente, evidenciando os estudos de organismos zooplancônicos nesses ambientes, especialmente Rotífera.

Os sistemas costeiros incluem diversas comunidades ecológicas como manguezais, pântanos salgados, leitos de ervas marinhas, dunas de areia, costões rochosos e arenosos, comunidades coralíneas, estuários interditais, deltas, lagoas costeiras, planícies de lama, recifes de corais costeiros, zonas úmidas costeiras, portos e marinas, canteiros de aquiculturas, florestas de algas bentônicas. Esses ecossistemas processam o fluxo de nutrientes, sedimentos e água, suportam uma variedade de organismos, e fornecem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, como proteção contra os danos das ondas e inundações, produção de peixes e crustáceos, melhoria da qualidade da água, recreação e valores culturais (Burke *et al.*, 2001; Mea, 2005).

Lagoas costeiras são definidas como ecossistemas aquáticos rasos, localizados na zona de transição entre o continente e o ambiente marinho (Gönenç & Wolflin, 2004; Yalim *et al.*, 2011). Esses sistemas estão continuamente expostos a água doce e interações marinhas (Yalim *et al.*, 2011), ocupando cerca de 13% das áreas costeiras em todo o mundo (Kjerve, 1994; Moulliet *et al.*, 2005).

A identificação das lagoas costeiras está associada com suas características geofísicas (Esteves *et al.*, 2008). A conectividade com o mar é um dos critérios a ser avaliado. As lagoas podem ser lênticas sem maré (sem uma conexão permanente com o mar) ou lênticas microtidal (permanentemente conectadas com o mar) (Gönenç & Wolflin, 2004). Esse último cenário geralmente apresenta um sistema pobre em espécies, especialmente para alguns grupos zooplancônicos, onde a salinidade representa um filtro biológico severo (Schallenberg *et al.*, 2003).

As lagoas costeiras neotropicais (LCNs) têm sofrido crescente impacto antrópico. De fato, as distribuições no litoral continental coincidem com áreas densamente povoadas, que faz com que esses ecossistemas sejam um dos mais impactados do mundo (Berkes & Seixas, 2005).

Na América do Sul esses ecossistemas constituem cerca de 12% das áreas costeiras, sendo componente valioso e representativo (Gönenç & Wolflin, 2004). Dessa forma as LCNs devem ser prioritárias para estratégias de conservação em países neotropicais (Barbosa *et al.*, 2004). No Brasil, a distribuição das lagoas costeiras coincide com áreas densamente povoadas (Esteves *et al.*, 2008).

A salinidade nesses corpos aquáticos pode variar de hipersalina a completamente dulciaquícola, a depender de diversos fatores como: i) precipitação local, ii) influxo de bacias hidrográficas, iii) evaporação e iv) intrusão de água do mar por percolação através da barreira de areia, ou galgamento (Bird, 1994; Smith, 1994). Apesar das lagoas costeiras sem maré serem caracterizadas como ecossistemas de água doce, estas podem sofrer um aumento da concentração de sal, por exemplo, em caso de tempestade, o que confere uma condição de salinidade polarizada ao sistema (Attayde & Bozelli, 1998).

Um outro fator a ser considerado nas LCNs é a sua importância como berço de endemismo de espécies, principalmente para pequenos organismos de vida curta (Esteves *et al.*, 2008). Esses dados contrapõem o que foi defendido por pesquisadores da área de ecologia, que argumentavam que, devido ao tempo relativamente curto das lagoas e, considerando que elas são separadas por barreiras geográficas fracas, tais sistemas teriam um baixo potencial para abrigar espécies endêmicas (Margalef, 1983).

Dentre os microorganismos existentes nas lagoas costeiras, o zooplâncton está entre um dos componentes mais importantes, sendo uma ferramenta muito sensível para monitorar as variações ambientais devido a capacidade de reagir imediatamente às mudanças na coluna d'água, *e.g.*, mudanças nas características tróficas e nos níveis de salinidade (Branco *et al.*, 2007).

Alguns estudos têm sido realizados sobre a diversidade de espécies, abundância e distribuição de organismos zooplancônicos nesses ambientes, incluindo os Rotífera (Oliveira *et al.*, 1962; Arcifa *et al.*, 1994; Branco *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2011; Yalim *et al.*, 2011). Todavia, o conhecimento sobre o zooplâncton de lagoas costeiras segue incipiente. No Brasil, a maioria dos trabalhos em lagoas costeiras concentra-se nas regiões sul e sudeste do país (Branco *et al.*, 2000; Branco *et al.*, 2005; Branco *et al.*, 2007; Branco *et al.*, 2008).

Esteves *et al.* (2008), pesquisando sobre estudos de biodiversidade em lagoas costeiras, observaram que apenas 31% eram restritos às LCNs, acreditando que a biodiversidade nesses ecossistemas é subestimada. Esses autores ressaltam a necessidade de estudos com escalas espaciais

e temporais mais amplas ou em ambientes ainda não estudados em LCNs, para expandir os limites das informações sobre os padrões de ocorrência, distribuição e ameaças da biodiversidade em LCNs.

Dentre os ecossistemas costeiros marinhos, os recifes de corais são os que concentram a maior parte da diversidade marinha do planeta – são sistemas tipicamente autóctones, os quais, para além da notável diversidade, apresentam uma elevada produtividade, e consequentemente, relevante papel na manutenção dos estoques pesqueiros (Bryant *et al.*, 2000; Burke *et al.*, 2001). De fato, os recifes de corais abrigam aproximadamente $\frac{1}{4}$ de todas as espécies marinhas (Davidson, 1998).

Embora todos os organismos calcificadores atuem na deposição de carbonato de cálcio, contribuindo para o ‘crescimento’ dos recifes, os corais escleractíneos (Ordem Scleractinia) são apontados como os principais construtores do ecossistema recifal, sendo responsáveis por sua maior complexidade estrutural (Guest *et al.*, 2012).

Os recifes de corais no Brasil possuem três características distintivas: i) baixa diversidade de espécies de corais – apenas 23 corais são encontrados em águas rasas (incluindo formas zooxanteladas e azooxanteladas, coloniais e solitárias), ii) os principais construtores são espécies endêmicas das águas brasileiras (gênero *Mussismilia*), e iii) é predominantemente composto por corais maciços (espécies ramificadas do Caribe não ocorrem no Atlântico Sul) (Neves *et al.*, 2006; Leão *et al.*, 2016).

A costa brasileira é dominada por características tropicais e subtropicais, com condições regionais sob influência das condições climáticas e oceanográficas, as quais definem a biodiversidade. Assim, no setor nordeste, as águas quentes da corrente do Brasil produzem as condições térmicas ideais para o desenvolvimento dos recifes de corais, os quais se estendem por cerca de 3.000 km² de costa - dos bancos recifais submersos do Parcel Manoel Luis (MA) aos arcos interno e externo do complexo de Abrolhos, ao sul da Bahia (Rocha *et al.*, 1995), sendo os recifes encontrados no setor nordeste, as únicas formações verdadeiramente coralíneas de todo Atlântico Sul (Prates, 2006).

No estado da Bahia, a Baía de Todos-os-Santos (BTS), segunda maior baía navegável do país, com extensão aproximada de 1100 km², possui uma elevada biodiversidade marinha, abrigando, praticamente, todos os ecossistemas costeiros encontrados ao longo do litoral brasileiro, a exemplo de praias, recifes, mangues, restingas e estuários (Lessa *et al.*, 2001).

As estruturas carbonáticas dos recifes de corais abrigam uma grande variedade de invertebrados (Nogueira, 2003). Entretanto, as comunidades coralíneas podem estar associadas tanto aos recifes de corais, como também podem se desenvolver sobre afloramentos rochosos, areníticos, ou mesmo sobre substratos artificiais (Lidz *et al.*, 2005).

Com membros representantes no ambiente marinho, dados taxonômicos e de distribuição de Rotífera em comunidades coralíneas são inexistentes, e o conhecimento desses invertebrados segue

pouco explorado. Ainda que parte significativa das pesquisas envolvendo rotíferos tenham foco sobre o ambiente límico, espera-se que parcela significativa da biodiversidade do grupo também esteja associada às comunidades coralíneas (Fontaneto *et al.*, 2006).

De Smet (2009) discrimina as dificuldades relacionadas aos estudos dos rotíferos marinhos, como eventual baixa amostragem dos espécimes, as técnicas trabalhosas para extraí-los dos sedimentos (rotíferos da meiofauna) e os protocolos adaptados de preparação para a microscopia. Além disso, para a maioria das espécies as diagnoses e descrições não são consistentes, os tipos não estão disponíveis, sendo necessária uma ampla reavaliação do material tombado em coleções e, provavelmente, todo um processo de redescritção.

OBSERVAÇÃO: A partir daqui o conteúdo que faz parte da introdução geral desta tese (especialmente sobre o grupo Rotifera), foi estruturado em forma de artigo de revisão (Capítulo I), pág. 22 a 47. Aceito (Janeiro 2023) na *Pan-American Journal of Aquatic Sciences (PANAMJAS)*

2. Referências Bibliográficas

- Arcifa, M.S.; Castilho, M.S.M. & Carmouze, J.P. (1994). Composition et évolution du zooplankton dans une laguna tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 27(3): 251-263.
- Attayde, J.L. & Bozelli, R.L. (1998). Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(8): 1789-1797.
- Barbosa, F.A.R.; Scarano, F.R.; Sabará, M.G. & Esteves, F.A. (2004). Brazilian LTER: Ecosystem and Biodiversity of Brazilian LTER. *Environmental Monitoring and Assessment*, 90 (1-3): 121-133.
- Bird, E.C.F. (1994). Physical setting and geomorphology of coastal lagoons. In Kjerfve, B., editors. *Coastal Lagoon processes*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. Elsevier Oceanography Series, 60, p. 9-40.
- Berkes, F. & Seixas, C.S. (2005). Building resilience in lagoon social-ecological systems: a local level perspective. *Ecosystems*, 8 (8): 967-974.
- Branco, C.W.C.; Esteves, F.A. & Kozlowsky-Suzuki, B. (2000). Zooplankton community and limnological features of a Brazilian humic coastal lagoon (Lagoa Comprida, RJ). *Hydrobiologia*, 437: 71-81.

- Branco, C.W.C.; Kozlowsky-Suzuki, B. & José De Paggi, S. (2005). Rotifers from a humic coastal lagoon of Rio de Janeiro State, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(3): 255-265.
- Branco, C.W.C.; Kozlowsky-Suzuki, B. & Esteves, F.A. (2007). Environmental changes and zooplankton temporal and spatial distribution in a disturbed Brazilian coastal lagoon. *Brazilian Journal of Biology*, 67 (2): 251-262
- Branco, C.W.C.; Kozlowsky-Suzuki, B.; Esteves, F. A. & Aguiaro, T. (2008). Zooplankton distribution and community structure in a Brazilian coastal lagoon. *Vie et milieu - life and environment*, 58 (1): 1-9.
- Bryant, D.; Burke, L.; Mcmanus, J. & Spalding, M. (2000). *Reef at Risk: A Map-Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs*. World Resources Institute.
- Burke, L.; Kura, Y.; Kassem, K.; Revenga, C.; Spalding, M.; Mcallister, D. (2001). *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems*. 1^a edn. World Resources Institute.
- Davidson, O. G. (1998). *The enchanted braid. Coming to the terms with nature on the Coral Reef*. New York: John Wiley & Sons Inc
- De Smet, W.H. (2009). A review of the marine and brackish-water species of *Testudinella* (Rotifera: Monogononta, Testudinellidae), with the description of two new species. *Zootaxa*, 2092: 1-20.
- Esteves, F. A.; Caliman, A.; Santangelo, J.M.; Guariento, R.D.; Farjalla, V.F. & Bozelli, R. L. (2008). Neotropical coastal lagoons: An appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. *Brazilian Journal of Biology*, 68 (4, Suppl.): 967-981.
- Fontaneto, D.; De Smet, W. H. & Ricci, C. (2006). Rotifers in saltwater environments, re-evaluation of an inconspicuous taxon. *Journal Marine Biology*, 86: 623-656.
- Gönenç, I. E. & Wolflin, J. P. (2004). *Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development*. New York: CRC Press.
- Guest, J. R.; Baird, A. H.; Maynard, J. A.; Muttaqin, E.; Edwards, A. J.; Campbell, S. J.; Yewdall, K.; Affendi, Y. A. & Chou, L. M. (2012). Contrasting patterns of coral bleaching susceptibility in 2010 suggest an adaptive response to thermal stress. *PLoS ONE*, 7 (3): e33353.
- Inema (2021) APA Lagoas e Dunas do Abaeté. <http://www.inema.ba.gov.br/?s=lagoa+de+Abaeté#>. Accessed 20 february 2021
- Kjerfve, B. (1994). Coastal lagoons. In: Kjerfve, B., editor. *Costal lagoon processes*. Amsterdam: Elsevier, p. 1–8.
- Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Ferreira, B. P.; Neves, E. G.; Sovierzoski, H. H.; Oliveira, M. D. M.; Maida, M.; Correia, M. D. & Johnsson, R. (2016). Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64: 97-116.

- Lessa, G.C.; Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P. & Brichta, A. (2001). The Tides and Tidal circulation of Todosos Santos Bay, Northeast Brazil: A General Characterization. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 73, p.245-261.
- Lidz, B.H.; Reich, C.D. & Shinn, E. A. (2005). *Systematic mapping of bedrock and habitats along the Florida Keys reef tract: Central Key Largo to Halfmoon Shoal (Gulf of Mexico)*. USGS Professional.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega. Platón 26.
- Mea (Millenium Ecosystem Assessment) (2005). Ecosystems and humanwell-being: current state and trends. *Island Press*.
- Moulliet, D.; Mouillot, J.L.; Tomasini, J.A.; Aliaume, C.; Brehmer, P.; Dutrieux, E. & Thang, D.O.C. (2005). Assessment of coastal lagoon quality with taxonomic diversity indices of fish, zoobenthos and macrophyte communities. *Hydrobiologia*, 550: 121–130.
- Neves, E. G.; Johnsson, R.; Sampaio, C. & Pichon, M. (2006). The occurrence of *Scolymia cubensis* in Brazil: revising the problem of the Caribbean solitary mussels. *Zootaxa*, 1366: 45-54.
- Oliveira, L.; Nascimento, R.; Krau, L. & Miranda, A. (1962). Observações ecológicas sobre *Brachionus plicatilis* Mueller em águas tropicais salobras e mesosapróbicas (Rotatoria). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 60 (2): 155-163.
- Prates, A. P. L. (2006). *Atlas dos recifes de coral nas Unidades de Conservação brasileiras*. 2 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 232p.
- Rocha, J.; Milliman, J. D.; Santana, C. I. & Vicalvi, M. A. (1995). In: Milliman, J. D.; Summerhayes, C., editors. *Upper continental margin sedimentation off Brazil*. Contributions to Sedimentology, 4, p 111–150.
- Schallenberg, M.; Hall, C.J. & Burns, C.W. (2003). Consequences of climate-induced salinity increases on zooplankton abundance and diversity in coastal lakes. *Marine Ecology Progress Serie*, 251:181-189.
- Smith, N. P. (1994). Water, salt and heat balances of coastal lagoons. In: Kjerfve, B, editor. *Coastal Lagoon processes*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. Elsevier Oceanography Series., 60, p. 69-102.
- Souza, L. C.; Branco, C. W. C.; Domingos, P. & BoneckeR, S. L. C. (2011). Zooplankton of an urban coastal lagoon: composition and association with environmental factors and summer fish kill. *Zoologia*, 28 (3): 357–364.
- Yalim, F. B.; Emre, Y. & Koçer, M. A. T. (2011). Community Structure of Rotifera, Cladocera and Copepoda in Beymelek Lagoon and Kaynak Lake (Antalya, Turkey): A Preliminary Study. *Pakistan Journal of Zoology*, 43 (5): 947-

Capítulo I

A Brief Scenario of the Biology and Environmental forces Structuring Rotifera in Limnic Ecosystems, with an approach to the Brazilian Biodiversity

Artigo submetido e aceito no periódico Pan-American Journal of Aquatic Sciences (ISSN 1809-9009)

A Brief Scenario of the Biology and Environmental forces Structuring Rotifera in Limnic Ecosystems, with an approach to the Brazilian Biodiversity

MARIANE AMORIM ROCHA^{1, *}, CLÁUDIA COSTA BONECKER², SIGRID NEUMANN-LEITÃO³,
CIRO YOSHIO JOKO⁴, RODRIGO JOHNSON¹ & ELIZABETH GERARDO NEVES¹

¹Laboratório LABIMAR, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

²Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.

³Laboratório de Zooplâncton, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

⁴Centro Universitário do Distrito Federal, Brasília, Brasil

*Corresponding author: anee.bio@hotmail.com

Abstract: This work contributes to the knowledge of Rotifera biology and the environmental forces that affects this group in limnic ecosystems. We compiled recent studies, approaching the habitat of these organisms in freshwater (from small puddles to sand grain interstices), highlighting the hyporheic zone which, despite the rare studies, shows a relevant diversity. Important biological mechanisms (e.g., dormancy, polymorphism, cryptic species complex, reproductive strategies) mentioned here, represent the key to understanding the evolutionary success of Rotifera. We address global diversity, emphasizing patterns of diversity and the “Rotiferologist Effect”, discussing taxonomic and functional diversity, by assessing the diversity of Rotifera in Brazil. Sampling methods and bias are also presented and discussed. In addition, we provide a synthesis of several ecological factors that structures the biodiversity and distribution of these organisms (chemical, physical and biological factors). Finally, in the light of biogeography and phylogeography, advances and gaps in Rotifera studies are highlighted, indicating paths for future research.

Key words: Microzooplankton, Eurotatoria, freshwater, Brazil

Um Breve Cenário da Biologia e Forças Ambientais Estruturando Rotifera em Ecossistemas Límnicos, com uma Abordagem da Biodiversidade Brasileira. Resumo: Este trabalho contribui para o conhecimento da biologia de Rotifera e das forças ambientais que afetam este grupo em ecossistemas límnicos. Compilamos estudos recentes, abordando o habitat desses organismos em água doce (desde pequenas poças a interstícios de grãos de areia), destacando a zona hiporreica a qual, apesar dos raros estudos, apresenta uma diversidade relevante. Importantes mecanismos biológicos (dormência, polimorfismo, complexo de espécies crípticas, estratégias reprodutivas) aqui mencionados representam a chave para o entendimento do sucesso evolutivo dos Rotifera. Abordamos a diversidade global, enfatizando os padrões de diversidade e o “Efeito dos Rotiferologistas”, discutindo a diversidade taxonômica e funcional, e avaliando a diversidade de Rotifera no Brasil. Métodos e vieses de amostragem são também apresentados e discutidos. Além disso, é apresentada uma

síntese dos diversos fatores ecológicos que estruturam a biodiversidade e distribuição desses organismos (fatores químicos, físicos e biológicos). Finalmente, à luz da biogeografia e filogeografia, avanços e lacunas nos estudos de Rotifera são destacados, indicando os caminhos para futuras pesquisas.

Palavras-chave: Microzooplâncton, Eurotatoria, água doce, Brasil.

1.0 Rotifera biodiversity in limnic ecosystems

1.1 General aspects of Limnology

Limnology comes from the Greek *limne*, meaning marsh or pond. Initially, it was considered a lake science, as the first studies began in the XIX century, when François Alphonse Forel developed a series of investigations on Lake Léman, Switzerland (Esteves 2011). Although focusing on lake environments, it currently encompasses all continental waters across the planet, including lakes, dams, rivers, coastal lagoons, swampy areas, saline lakes, estuaries, and coastal swampy areas (Tundisi & Tundisi 2008). Limnology science integrates many knowledge areas into one, involving physics, chemistry, geology and biology (Esteves 2011). As the main line of limnology is water, these aquatic systems are interconnected, hosting microbes, fungi, plant, and animal life, and all affect and act together with weather patterns (Tundisi & Tundisi 2008).

In the last 120 years, the history of limnology has shown constant conceptual and technological evolution, contributing strongly to the development of theoretical ecology in the fields of succession, diversity, evolution of communities, spatial heterogeneity, primary production and flow of energy and distribution of organisms (Tundisi & Tundisi 2008).

Zooplankton is among the organisms living in the water column, being characterized by the heterotrophic fraction of the plankton (Dodson 2005). Rotifera, Cladocera and Copepoda are the most representative members of freshwater zooplankton. Generally, Rotifera contributes to the largest zooplankton diversity, whether in lakes, lagoon, reservoirs, rivers or streams (Sa-Ardrit *et al.* 2013). Rotifers play a key role in the food web, transferring mass and energy from primary producers to higher trophic levels (Segers 2008, Pereira *et al.* 2011), recycling nutrients, and contributing to the secondary productivity of fresh water ecosystems (Peláez-Rodríguez & Matsumura-Tundisi 2002).

1.2 Taxonomy and Systematics of Rotifera

Rotifera comprises eutelic metazoans (ca. 1.000 cells), microscopic (50-2000 μm), bilaterally symmetrical, gonochoric, positioned in the Protostomata clade, and with about 2030 species described worldwide (Figure 1) (Segers 2002, 2007). Two characteristics are exclusive to the group: the corona and the mastax. The corona is located in the anterior region of the body, which is usually formed by two concentric annuli of cilia, which move in a metachronous pattern. The mastax is a muscular pharynx made up of trophos (chitinous jaw), composed of seven articulated pieces that process food in a variety of form (*e.g.*, milling, drilling-pumping, grabbing) (Wallace 2002, Segers 2004). These characteristics vary within the group, and also according to their diversity of habitat and food preference, being important for the diagnosis of each species.



Figure 1. External morphology of *Lecane leontina* (Turner, 1892) (Monogononta).

Rotifers have syncytial integument that contains an intracytoplasmic layer composed of two proteins-like keratin (39k, 47K Daltons), reticulated by disulfide connections (Clément & Wurdak 1991). The intracytoplasmic lamina thickness defines individuals as loricates (showing a dense lamina, making the integument more rigid and less flexible) and iloricates (without thickening, making the integument fine and flexible) (Wallace 2002, Segers, 2004). The presence of lorica helps the taxonomic studies of the group, with more evident difficulties among illoric Monogononta (*e.g.*, Flosculariidae and Notommatidae) and for Bdelloidea, with few taxonomists dedicated to the group (Mark Welch *et al.* 2004).

Illoricated individuals retract during the chemical fixation process, when treated with ethanol (C₂H₅OH) or formalin (HCHO), and their main diagnostic morphological characteristics become indiscernible, assuming a round shape commonly called 'tun' (Ricci & Melone 1984; Lukashanets 2018). Thus, living organisms are necessary for the identification of the group. It is recommended to use anesthetics such as marcaïne (0.5%) (Fontaneto *et al.* 2008) and carbonated water (De-Carli *et al.* 2017), although these methods are not always effective. Orstan (2015) recently proposed a new method for fixing this group, using hot glutaraldehyde, resulting in better conditions for taxonomic identification and internal anatomical studies.

As for the phylogenetic positioning, there is not a congruent hypothesis to the evolution of rotifers (Wallace 2002). Recent molecular phylogenies show that Acanthocephala and Rotifera occupy a basal position among protostomic triploblasts, different from what was supported in old proposals, in which Aschelminthes were seen as the most primitive representatives of triploblast metazoans. Mark Welch (2000) agrees to maintain the inclusion of Acanthocephala within Rotifera, probably as a sister taxon of Eurotatoria (Bdelloidea + Monogononta). Although the clade had strong support in the accuracy tests of the analyzes, the result was considered

inconclusive - that is, the phylogenetic relationship of Rotifera and Acanthocephala was not adequately resolved (Wallace 2002). However, despite the controversies regarding the phylogenetic positioning of Rotifera (Ahlrichs 1997, Garey *et al.* 1998, Winnepeninckx *et al.* 1998, Melone *et al.* 1998, Sørensen *et al.* 2000), here we adopt the one proposed by Marck Welch (2000) (Figure 2).

Rotifera and Acanthocephala belongs to the Syndermata clade - a group proposed by Zrzavy *et al.* (1998), based on Rotifera paraphyletic status. Rotifera paraphyletism in relation to Acanthocephala had already been proposed by Lorenzen (1985). Acanthocephala shares with Rotifera the presence of an intracytoplasmic syncytial lamina, however, Acanthocephala lack a corona, mastax, digestive tract, finger on foot and sensory organs - characters used to define groups of rotifers, which can be attributed to Acanthocephala way of life (Mark Welch 2000).

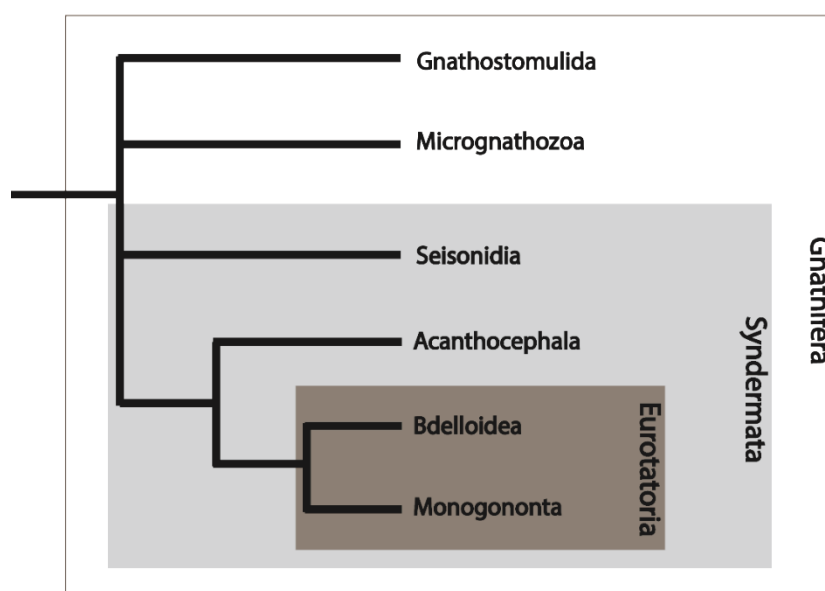


Figure 2. Phylogenetic positioning of Rotifera based on molecular data according to Mark Welch (2000).

Gnathostomulida is grouped with Syndermata, forming the Gnathifera clade (Giribet *et al.* 2000, Giribet & Edgecombe 2020). The members of this group have in common an internal set of mandible chitinous (Halanych 2004). Although still dependent on more elucidative analyzes, Micrognathozoa probably also belong to Gnathifera (Kristensen & Funch 2000, Sørensen *et al.* 2000).

1.3 Occurrence in limnic environments

Rotifera are represented in limnic environments by the subclass Monogononta Plate, 1889 and Bdelloidea Hudson, 1884, both Eurotatoria De Ridder class, 1957 (Wallace 2002, Segers 2002, 2007). Bdelloidea (= Digononta) and Monogononta are the most known and diversified taxa. The

former one, Bdelloidea, with 461 species while Monogononta shows about 1.570 species (Segers 2008).

Rotifers are predominant in continental water environments, ranging from large lakes to small puddles. They also occur in flooded soils and adhered to littoral vegetation, and can occasionally be found in mosses, in the interstices of grains of sand, and in depressions of stones and gutters (Bonecker *et al.* 2016).

In addition to being extensively studied in plankton and associated with peripheral communities (Wang *et al.* 2010, Sarma *et al.* 2020; Espinosa-Rodríguez *et al.* 2020), investigations of Rotifera in Hyporheic Zone (HZ) have been partially neglected. This zone is characterized as the physical strip of interphase between surface and groundwater (Tufenkji *et al.* 2002).

The HZ provides various contributions to the ecosystem, performing a central role in mediating replacement processes, including matter and energy, acting as a water flow regulator, benthic invertebrate refuge and storage location, source, and transformation of organic matter (Mugnai *et al.* 2015). The interstitial fauna from the HZ is characterized as hyporheios, consisting of endemic species from the interstitial environment, as well as epigeal and phreatic species from the benthic environment (Gilbert 1991, Boulton 2007).

Dang *et al.* (2015), studying interstitial Rotifera in an oligotrophic lake, located in sand dunes, registered 89 taxa, with description of three new species (*Lecane phapi* Trinh Dang, Segers & Sanoamuang, 2015, *Lecane dorysimilis* Trinh Dang, Segers & Sanoamuang, 2015 and *Trichocerca bauthiemensis* Trinh Dang, Segers & Sanoamuang, 2015). Veras *et al.* (2018), studying the interstitial fauna of the hyporheic zone in a tropical river, registered the groups Acari, Copepoda and their nauplii, Rotifera, Annelida and Nematoda, with greater Rotifera dominance (51%), followed by Nematoda (38%) and Annelida (9%). Another study, in the same study area, registered Rotifera with greater abundance, representing 88% of the total number of individuals in the interstice (Veras *et al.* 2017). Robertson *et al.* (2000) reported that the interstitial fauna of the HZ is represented by 58-81% of the species of nematodes and rotifers.

Rotifera are found in aquatic bodies both in their active form and in dormant state. Dormancy occurs mainly in organisms that live in ephemeral habitats, being characterized by the temporary suspension of life, with reduced metabolism and interrupted development, presenting resistance to environmental stress, such as dry or extreme temperatures (Ricci 2001).

Within the group, numbness includes two phenomena: diapause and quiescence. The first is initiated in response to a variety of stimuli (population density, temperature, photoperiod), ended by a specific trigger that corresponds or not to the return of favorable conditions (Ricci 2001). Quiescence refers to states such as hibernation, docking and all forms of cryptobiosis (e.g., cryobiosis, anhydrobiosis, osmobiosis) (Keilin 1959).

Monogononts have short life, and their dormancy is characterized by diapause, while bdelloids live three times longer than them and their dormancy is observed by quiescence. There is no known species of Rotifera that makes the two mechanisms, diapause (resting eggs) and quiescence (cryptobiosis) (Ricci 2001).

Bdelloidea stands out for resisting strong pressures from environmental conditions through cryptobiosis (Lukashanets 2018). Dry adult rotifers of *Macrotrachela quadricornifera* (Milne, 1886) were resistant to 1 hour exposure to 180 nm of UV radiation (Ricci *et al.* 2005), altered gravity (hypergravity: 20 G), temperature changes from -80°C to + 70°C, extreme conditions experienced during a climb in a stratospheric balloon (40 km above the ground with changes in temperature, radiation and pressure) and transport in a spaceship, where they were subjected to hypogravity and strong vibrations (Ricci & Caprioli 1998, Caprioli *et al.* 2002).

The resistance of the Monogononta dormancy stages has been investigated much less than in Bdelloidea. It was observed that during the dry dormancy stages, *Brachionus plicatilis* Müller, 1786 can survive for 24 hours the exposure of -80°C (Balompapueng *et al.* 1997), while wet eggs were able to tolerate storage at -14°C for at least 3 months (Lubzens *et al.* 1980). Recent molecular studies have also been carried out to investigate the genes associated with dormancy in *B. plicatilis* (Denekamp *et al.* 2009).

Dormancy in these metazoans has great significance as it saves the population for the next appropriate condition. The dormant forms represent a biodiversity bank as they survive through environmental disasters, preserving species diversity and providing a reliable source of colonization when conditions become favorable. The biodiversity bank guarantees genetic continuity through periods of adversity (Ricci 2001).

Rotifers can show morphological variation with modifications in the phenotype generating polymorphism. *Brachionus calyciflorus* Pallas, 1766 has been considered a model for studies of morphological variation - apparently controlled by environmental, endogenous as well as genetic factors. The presence of *Asplanchna* Gosse, 1850, for example, induces the stretching of the anterior and posteromedian spines of *B. calyciflorus*, the stretching or development of new posterolateral spines, and an increase in body length. This induction happens without physical contact, being mediated by the release of a chemical compound (kairomone) in water by *Asplanchna* (Gilbert 2018). Polymorphism is an important adaptive mechanism, but it becomes a problem for systematists and taxonomists, as it tends to increase ambiguities in taxonomic interpretations (Bonecker *et al.* 2016).

In addition, the cryptic species complex observed, for example, in *Brachionus plicatilis* Muller, 1786 contains a yet undetermined number of species. Such taxonomic uncertainty restricts the understanding of the diversity of rotifers, patterns, and speciation processes, hindering the applied research of these organisms (Gómez *et al.* 2002). Thus, studies have been developed, exploring the genetic diversity of Rotifera populations, to establish phylogenetic analysis of

cryptic species complexes, using mitochondrial marker *Cytochrome Oxidase I* (COI) and 18S nuclear genes (García-Morales & Domínguez-Domínguez 2019).

Rotifera reproductive strategies vary between groups (Ricci 2001). Bdelloidea (diploid) are necessarily asexual (ameiotic parthenogenesis) and Monogononta (haplodiploid) have an optional sexual life cycle, with the asexual cycle dominating (Gilbert 1983, Wallace, 1998). Sexual reproduction in Monogononta (mysis - environmental signs) is induced by environmental factors, e. g., high population density, the misis results in the production of mythical females that produce haploid eggs or, if fertilized, diploid embryos (eggs or resting cysts) (Segers 2002).

The success of the establishment of rotifers in aquatic systems, reflected in their highly specific diversity, is due to the opportunistic characteristics (r-strategist) of these organisms, such as the high reproductive rate - in fact one of the highest among metazoans, and a wide diet, including bacteria, filamentous algae, and other small metazoans, which enhances the rapid occupation of environments (Bonecker *et al.* 2016).

Sampling methods using different sizes of plankton net meshes can also neglect the knowledge of Rotifera biodiversity (Chick *et al.* 2010). Rocha *et al.* (2021), studying the Rotifera assembly in a tropical urbanized basin observed that 23.2% of Rotifera richness would be underestimated if only the 65 μm network was used, when comparing the contribution of species from the sampling with the net 20 μm net mesh size, e. g., *Anuraeopsis fissa* Gosse, 1851, *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *Lecane pyriformis* (Daday, 1905) and *Cephalodella gibba* (Ehrenberg, 1830) were sampled only with the net 20 μm mesh size. The authors also showed that the use of the net 65 μm mesh size would underestimate other attributes of the community, such as abundance and biomass (Figure 3).

Many researches involving the specific study of Rotifera or sampling the zooplankton community in general (Cladocera, Copepoda and Rotifera) use nets varying mesh size from 63 μm to 80 μm (Almeida *et al.* 2006, Bonecker *et al.* 2009, Negreiros 2010, Bessa *et al.* 2011). However, rotifers may be smaller than the mesh size of these nets (50 μm) (Fontaneto, 2008), when compared to the smaller size of the Cladocera (200 μm) (Elmoor-Loureiro 1998) and Copepoda (1000 μm) (Likens 2010). According to Milroy (2015), mesh openings in plankton nets must be equivalent to at least 75% of the size of the individuals to be captured, in order to be able to collect them efficiently.

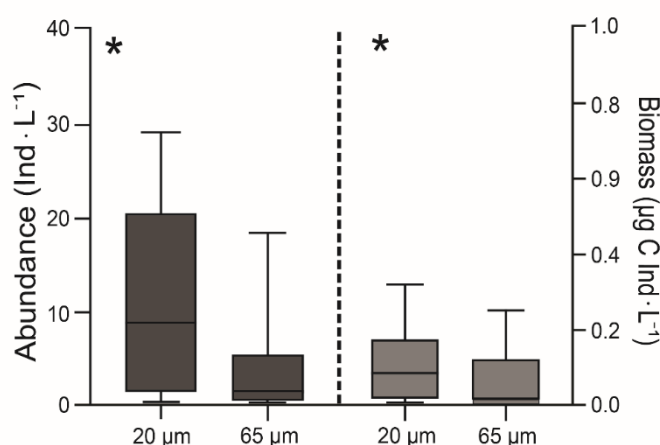


Figure 3. Abundance ($\text{Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) (A) and mean biomass ($\mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) (B) of the Rotifera assembly estimated from samples obtained with the 20 μm and 65 μm nets, in the Basin of the Cachoeira River. *Indicates significant differences ($p < 0.05$). Source: Adapted from Rocha *et al.* (2021).

Another factor that neglects the knowledge of Rotifera biodiversity is the sampling in the aquatic body compartments, most studies target the pelagic region, where the methods are well developed, little is known about the Rotifera assembly in the littoral region, and this can be attributed to methodological problems (Duggan 2001). Data from Rotifera in psammic, hyporheic, and epilithic communities are especially absent (Ejsmont-Karabin *et al.* 2019).

1.3 Global Diversity of Rotifera in Limnic Ecosystems

Regarding the global biodiversity of Rotifera in limnic ecosystems, two major groups outrank: Bdelloidea and Monogononta. Subclass Bdelloidea, comprises only four families and Subclass Monogononta consists of 29 families (Segers 2002, 2004, 2008) (Table I).

Table I. Rotifera families in limnic ecosystems

Rotifera Cuvier, 1817	
Classe Eurotatoria De Ridder, 1957	Microcodidae Hudson and Gosse, 1886
Subclasse Bdelloidea Hudson, 1884	Mytilinidae Haring, 1913
Adinetidae Hudson and Gosse, 1889	Proalidae Haring and Myers, 1924
Habrotrochidae Bryce, 1910	Scaridiidae Manfredi, 1927
Philodinaidae Haring, 1913	Synchaetidae Hudson and Gosse, 1886
Philodinidae Ehrenberg, 1838	Tetrasiphonidae Haring and Myers, 1924
Subclasse Monogononta Plate, 1889	Trichotriidae Haring, 1913
Ordem Ploima Hudson and Gosse, 1886	Superordem Pseudotrocha Kutikova, 1970
	Ordem Flosculariaceae Haring, 1913
Asplanchnidae Eckstein, 1883	

Birgeidae Harring and Myers, 1924	Conochilidae Harring, 1913
Brachionidae Ehrenberg, 1838	Filiniidae Harring and Myers, 1926
Clariidae Kutikova, Markevich and Spiridonov, 1990	Flosculariidae Ehrenberg, 1838
Dicranophoridae Harring, 1913	Hexarthridae Bartos, 1959
Epiphanidae Harring, 1913	Testudinellidae Harring, 1913
Euchlanidae Ehrenberg, 1838	Trochosphaeridae Harring, 1913
Gastropodidae Harring, 1913	
Ituridae Sudzuki, 1964	Ordem Collothecaceae Harring, 1913
Lecanidae Remane, 1933	
Lepadellidae Harring, 1913	Atrochidae Harring, 1913
Lindiidae Harring and Myers, 1924	Collothecidae Harring, 1913

Lecanidae, Brachionidae and Trichocercidae are the most common in limnic environments (Aoyogui & Bonecker 2004, Almeida *et al.* 2006). In the tropical sector, the most abundant families are Lecanidae, Brachionidae and Lepadellidae (Sharma & Sharma 2005, Sa-Ardrit *et al.* 2013). All these families, except Brachionidae, include predominantly peripheral littoral taxa (Segers 2001), also considered as non-planktonic taxa.

Brachionidae members are the most representative in freshwater zooplankton (Almeida 2009). Some taxa of *Brachionus* Pallas, 1766 and *Keratella* Bory of St. Vincent, 1822 are considered endemic in Australia and South America (Dumont 1983). *Keratella* spp. are characterized as generalists, feeding on a wide range of flagellated and non-flagellated cells and debris (Gilbert & Bogdan 1984).

Appurtenant to the Brachionidae family, *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet 1908) is an invasive Rotifera species introduced to the Brazilian limnic ecosystems (Peixoto *et al.* 2010). This species is originally from North America (Edmondson 1959) and its first record in Brazil was observed by Lopes *et al.* (1997) in the Iguaçú River reservoir. The high potential for colonization of this species reflects the good dispersion mechanism and high ecological plasticity, being able to efficiently explore environments with different trophic states (Bezerra-Neto *et al.* 2004).

Lecanidae is monogenic, with all species belonging to *Lecane* Nitzsch, 1827 (Segers 2008), this family is considered non-planktonic (Borges & Pedrozo 2009). Several studies report the occurrence of *Lecane* associated with the presence of macrophytes (Duggan *et al.* 2001, Kuczyn'ska-Kippen 2009). *Lecane* is a predominantly subtropical genus of warm waters, with numerous regional and local endemic species, also comprising Holarctic, Paleotropical, Australasian, New and Old-World species (Segers 2008).

Lucinda *et al.* (2004), studying the community of Rotifera, in a lotic environment observed *Lecane bulla* (Gosse 1851) as one of the most frequent species. Although regularly recorded in plankton, this species is described as non-planktonic, having a benthic habit

(Bonecker *et al.* 1998, Neumann-Leitão & Nogueira 1986), with dominance in eutrophic environments.

The diversity of Rotifera is greater in the (sub) tropics, with the diversity hotspots registered for the northeast of North America, tropical region of South America (particularly by *Anuraeopsis* Lauterborn, 1900, *Brachionus* and *Macrochaetus* Perty, 1850), Southeast Asia, Australia, and Lake Baikal (Russia). Contrarily, endemism has low records in Africa (including Madagascar), Europe, India, and Antarctica (Segers 2007, 2008).

Segers and De Smet (2008) address questions about diversity and endemism of *Keratella*, predominantly freshwater, occurring on all continents. Other more diversified genera, such as *Lecane* and *Brachionus*, show an evident latitudinal distribution variation, being more diverse in the subtropical and tropical zones, mainly in warm water environments. In turn, less diversified taxa of Monogononta, such as *Synchaeta* Ehrenberg, 1832 and *Notholca* Gosse, 1886, have a higher occurrence in cold water. In general, about 20% of freshwater Monogononta taxa are cosmopolitan, while 50% of Bdelloidea representatives are supposed to be endemic.

Fontaneto *et al.* (2012) cite the problem of studying Rotifera diversity patterns on a global scale, being controversial whether there are general trends, or whether confusing effects, such as sampling bias, which can produce dubious results, associated with the “effect of rotiferologists”. This effect defines that the distribution of the rotifers seems to reflect the distribution of the researchers who study the rotifers more than that of the rotifers themselves (Dumont 1983, Segers & De Smet 2008). Fontaneto *et al.* (2012) also point out that the effect of the sampling effort is remarkable, accounting for 50% of the variability, but they can mask patterns such as latitudinal gradients. For these authors, macroecological analyzes must explicitly consider the sampling effort as a source of error. Furthermore, Rotifera data is far from reliability in representing the biodiversity of this group.

There are vast regions of the continents lacking information about Rotifera, for example Central and West Africa. Even in Europe, which has been the birthplace of the rotifer studies, the potential number of species remains unknown (Ejsmont-Karabin *et al.* 2019). These authors add that in addition to the distribution of rotiferologists, this scenario of different fauna surveys reflects the activities of researchers in fauna studies and the degree of differentiation of their area of study.

In addition to the sampling bias, uncertainty in the identification of species can hinder the pattern of distribution of taxa on a global scale. To increase diagnostic accuracy, the morphological taxonomy must be aligned with ecology and molecular taxonomy (Roche & Silva 2017). Furthermore, the use of valid nomenclature, excluding synonyms, is a serious problem. Recent research addresses synonyms, called valid species or variant names of subspecies (Souza-Soares *et al.* 2011). Based on morphological characters, synonyms are used in many species of

Rotifera, such as the genus *Brachionus* where *Brachionus angularis orientalis* (Sudzuki 1989) = *B. angularis* (Gosse 1851) (Segers 2007).

Rotifera studies are a challenge because, e. g., i) different levels of biodiversity can be found in the same lake (Dumont & Segers 1996, Segers & Sanoamuang 2007) and ii) species richness is underestimated using single sampling or short-term strategies (Walsh *et al.* 2007). So, to defy previously known patterns, a greater number of studies on latitudinal gradients, critical points of biodiversity and species-area relationships are needed (Fontaneto *et al.* 2012).

Ejsmont-Karabin *et al.* (2019) reinforced the importance of taxonomic research of Rotifera, once without the knowledge of biodiversity it is impossible to recognize invasive species, and neither allow long-term monitoring of the group diversity, since these organisms are sensitive to climate changes and water pollution, besides contributing to the environmental assessment.

1.4 Taxonomic diversity x Functional diversity

Taxon diversity estimators have been performed to verify the diversity of the Rotifera assembly in aquatic bodies (Rajagopal *et al.* 2010, Pinese *et al.* 2015, Trinh *et al.*, 2019, Minh *et al.* 2019). Taxon-based indices include number of species (S), Margalef index (D), Simpson index (d), Shannon-Wiener index (H') (Wen *et al.* 2017).

In addition to taxonomic diversity, another aspect that assesses the structure of the Rotifera community is functional diversity (Cadotte *et al.* 2011). Functional diversity can be characterized in several ways (Arcifa *et al.* 2020), and the proportion of guild and biomass can be applied, which allows assessing the proportion of raptor and microphage species (Obertegger & Manca 2011, Obertegger *et al.* 2011). In this context, morphological characteristics, such as trophos, are relevant, as they define the way rotifers feed (Oh *et al.* 2017). Defense mechanisms, presence of lorica and aptitude in the acquisition of food add to the list (Obertegger & Flaim 2015). Other aspects, such as dispersion, demographic trends, and physiology, increase the value of knowledge about the functional diversity of rotifers (Obertegger & Flaim 2018).

Obertegger & Flaim (2018) used taxonomic and functional diversity to compare Rotifera community in two different basins. Functional groups were defined by the characteristics of defense and food, inferred by the morphology of the rotifers. The basins showed a different taxonomic gradient to functional diversity, indicating that the processes that regulate the feeding characteristics were similar in both basins, while those that regulate the defense characteristics were different. Wen *et al.* (2017) studied how the Rotifera assembly responds to eutrophication by combining taxonomic and functional diversity in two subtropical lakes, they observed that trophic status was an important factor that affected the structure of the Rotifera assembly and that the functional index, based on the proportion of Guilds (GR) can be a more effective tool to

explore the relationship between the trophic state and the Rotifera assembly in severely eutrophic lakes.

1.5 Rotifera biodiversity in limnic ecosystems in Brazil

The first studies on the diversity of Rotifera in Brazil were carried out by foreign researchers during the late XIX and early XX centuries (Zelinka 1891, Murray 1913). Krau (1967) published the first species list for Brazil, inventorying 49 genera and 161 species. Three decades later, Oliveira-Neto & Moreno (1998) expanded the list to 457 species, maintaining the same number of genera.

The most recent list of Rotifera for Brazil was prepared by Garraffoni & Lourenço (2012), citing 625 species distributed in 84 genera, including 103 species of Lecanidae and 72 of Brachionidae. The other registered families were: Notommatidae (62 species), Lepadellidae (61), Trichorceridae (61), Flosculariidae (38), Philodonidae (27), Dicranophoridae (22), Testudinellidae (21), Synchaetidae (20), Collothecidae (12), Trichotriidae (15), Mytilinidae (15), Euchlanidae (11), Habrotrochidae (11), Gastropodidae (10), Hexarthridae (7), Filiniidae (9), Epiphanidae (8), Asplanchnidae (7), Proalidae (7), Conochilidae (5), Lindiidae (4), Atrochidae (3), Trochosphaeridae (3), Scaridiidae (3), Ituridae (3), Adinetidae (2), Microcodidae (1), Tetrastichidae (1).

Taxonomic surveys of Rotifera in Brazil were published by Zelinka (1891), Murray (1913), Spandl (1926), Ahlstrom (1938, 1940), Hauer (1953, 1961, 1964, 1965a, 1965b), Oliveira (1959), Oliveira *et al.* (1967), Oliveira *et al.* (1971), Krau (1962, 1967), Gilliard (1967), Thomasson (1971), Koste (1972a, 1972b, 1973a, 1973b, 1974a, 1974b), Filo (1973), Neumann-Leitão (1981), Neumann-Leitão *et al.* (1982), Oliveira-Neto & Moreno (1998), Melo Jr. *et al.* (2007), Roche & Silva (2017), Souza-Soares *et al.* (2011), Garraffoni & Lourenço (2012) and Rocha *et al.* (2022).

It is estimated that about 14% of Rotifera species registered globally can be found in Brazil (Lewinsohn & Prado, 2002), although the true biodiversity of this group in continental aquatic ecosystems in the country remains barely known (Agostinho *et al.*, 2005).

2.0 ecological aspects of Rotifera in limnic ecosystems

Rotifers, like any organism from an aquatic community, vary between different bodies of water in structure and dynamic, being influenced by the surrounding conditions and depending on a variety of factors, both local and/or regional. Biological, chemical, and physical factors, as well as synergies between them, can play an important role in the selection of the predominant species (Casanova *et al.* 2009).

Among the biological factors, the availability of resources (Devetter 1998), predators and competitors (Telesh 1993, Nagata & Hanazato 2006) can influence the dynamics of these

metazoans. For example, Wang *et al.* (2007) state that predation will diminish the effect of competitiveness between organisms of classes of different sizes, favoring the development of individuals of reduced dimensions. This happens because, normally, large individuals have pigments in the body and are easily predated (Zaret 1995). Studying the Rotifera assembly in a tropical reservoir, Negreiros *et al.* (2010) observed that during the dry season, predation by copepod (Cyclopoida), *Thermocyclops decipiens* (Kiefer 1929) was probably the environmental factor that most influenced the structure and dynamics of rotifers.

Regarding abiotic factors, transparency, depth, temperature, pH, nitrogen, and phosphorus have been referred to as important factors in the structural distribution of Rotifera in lentic environments (Wang *et al.* 2010). However, in coastal lagoons, salinity has also been considered one of the main structuring forces of the Rotifera assembly (Kaya *et al.* 2010, Souza *et al.* 2011). Mukherjee *et al.* (2018), studying a tropical coastal lagoon, observed that salinity, total alkalinity, and free CO₂ negatively affect the abundance of Rotifera, thus being important parameters that determine the distribution of species of the taxon in these environments. Gutkowska *et al.* (2013) added that salinity is a more important factor in the formation of the structure of the Rotifera assembly in saltwater bodies than the trophic state of the environment.

Temperature has also been characterized as a determining factor for the distribution and structure of aquatic communities. The increase in temperature, on average of 29.15°C, led to positive changes in the rotifer community with an increase in the frequency and abundance of most species. On the other hand, the average temperature of 20.15°C, resulted in negative changes, with the reduction of these attributes for other species, such as *Ascomorpha ovalis* (Bergendal, 1892), *Ploesoma truncatum* (Levander, 1894), *Brachionus falcatus* (Zacharias, 1898) and *Trichotria tetractis* (Ehrenberg, 1830). These data are worrying because, by the end of the century, an increase in temperature of 4°C is estimated, an extremely relevant alert of the negative impacts of global climate change on species sensitive to high temperatures (Mantavano *et al.* 2019).

In lotic environments, hydrology is probably the most important factor of environmental limitation (Pace *et al.* 1992, Chang *et al.* 2008). Some studies show that Rotifera richness and diversity tend to increase during the rainy season (Borges & Pedrozo 2009). This is probably related to the effect of the lateral expansion of the river, allowing the exchange of nutrients and organisms between habitats (Junk *et al.* 1989, Thomaz *et al.* 2007). In addition to the dilution effect, which favors less competition between species, contributing to an increase in evenness and, therefore, diversity (Lampert & Sommer 1996). Matsumura-Tundisi *et al.* (2015), studying a river in a tropical region, also observed the richness of upper Rotifera in the rainy season, justifying that the spatial heterogeneity promotes a diversity of habitats and conditions that increase the diversity and richness of species.

Another important factor is the increase in the trophic state of the aquatic body, which can contribute to the spatial patterns of the Rotifera assemblies (Wen *et al.* 2017). Eutrophication is a condition of overaccumulation of nutrients, especially nitrogen and phosphorus (Pal *et al.* 2015), causing changes in the chemical properties of water (Wen *et al.*, 2017). Nutrient availability influences the predominance of rotifers (Kumar *et al.* 2004).

In fact, Rotifers are considered important bioindicators of water quality, with notable examples being the genus *Brachionus*, which indicates the state of eutrophication, and *B. calyciflorus* is recognized by the Society for Environmental and Chemical Toxicology (SETAC) as a bioassay organism (Pal *et al.* 2015). These micrometazoans are used in ecotoxicological tests to verify the impact of contaminants on aquatic bodies, being useful in the evaluation of pharmaceutical products and their metabolites that find their way into the aquatic body (Dahms *et al.* 2011). Moreira *et al.* (2015) studied the exposure of *Philodina roseola* Ehrenberg, 1830 to the pesticide carbofuran, sold commercially as Furadan 350 SC, and reported the sensitivity of these individuals to this product, being higher than in the fish *Clarias batrachus* (Linnaeus, 1758), bacterium *Vibrio fischeri* (Beijerinck 1889), protozoan *Paramecio caudatum* Ehrenberg, 1838 and another rotifer, *B. calyciflorus*.

2.1 Advances in studies: Biogeography and Phylogeography

In addition to these ecological aspects that shape the diversity of Rotifera in limnic ecosystems, recent studies on the distribution of these organisms have been developed. Despite having a passive dispersion (Rivas *et al.* 2018) and being considered inadequate for biogeographic studies (Pejler 1995). Studies on a global scale show that some species of Rotifera are endemic to certain regions (Segers & De Smet 2008). *Kerattella* Bory of St. Vincent, 1822 has been investigated for its distribution pattern and following these studies, biogeographic analysis and co-occurrence of *Keratella* were conducted, thus expanding knowledge about the biogeography of Rotifera in the United States (Tausz *et al.* 2019).

Nevertheless, the evaluation of the phylogeographic patterns of *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 and *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943, investigating the breadth of geographic distribution, geographical-genetic distance relationships and their response to space-environmental factors, showed that some cryptic species were widely distributed, but most of them were limited to single areas. For example, puzzling species, as one of the *Polyarthra vulgaris* complex comprised individuals from areas as far away as Chang de, Wuhan, Xiamen and Guangzhou in China. In addition, the 10 cryptic species in the *Polyarthra dolichoptera* complex were widely distributed from Connecticut, Long Island and Niagara in the USA. In this way, these analyzes provide new insights into the processes responsible for the diversification and life history of the Rotifera (Liang *et al.* 2020).

Conclusion

This review gathers information about Rotifera (*e.g.*, taxonomy, systematics, morphology, diversity, and ecology), compiling the main mechanisms of the group, mainly about the knowledge of biodiversity in limnic ecosystems (*e.g.*: rivers, reservoirs, lakes, both in planktonic compartment, as in the periphyton and in the hyporheic zone, the latter being little investigated). Furthermore, it provides an overview of the main representatives of Rotifera, including in Brazil. Also evidencing some ecological factors that determine the assembly structure of this group. Advances in Rotifera studies in recent years were also presented, including molecular analysis, functional diversity studies, biogeography and phylogeography. This report contributes to the knowledge of Rotifera, where the main current information was shown. Rotifera is a fascinating group that needs further studies to understand diversity as well as structure and global distribution.

References

- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M. & Gomes, L. C. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, 1(1), 70–78.
- Ahlrichs, W. H. 1997. Epidermal ultrastructure of *Seison nebaliae* and *Seison annulatus*, and a comparison of epidermal structures within the Gnathifera. **Zoomorphology**, 117, 41–48.
- Almeida, V.L.S., Dantas, Ê.W., Melo-Júnior, M., BittencourtOliveira, M. C. & Moura, A. N. 2009. Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 69(1), 57–65.
- Almeida, V. L. S., Larrazabal, M. E. L., Moura, A. N. & Melo-júnior, M. 2006. Rotifera das zonas limnética e litorânea do reservatório de Tapacurá, Pernambuco, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre**, 96(4), 445–451.
- Aoyagui, A. S. M. & Bonecker, C. C. 2004. The art status of rotifer studies in natural environments of South America: floodplains. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 26, 385–406.
- Arcifa, M. S, Souza, B.B., Morais- Junior, C. S. & Bruno, C. G. C. 2020. Functional groups of rotifers and an exotic species in a tropical shallow lake. **Scientific Reports**, 10, 14698. 14698. Doi: 10.1038/s41598-020-71778-1
- Balompapueng, M. D., Hagiwara, A., Nozaki, Y. & Hirayama, K. 1997. Preservation of resting eggs of the euryhaline rotifer *Brachionus plicatilis* O. F. Muller by canning. **Hydrobiologia**, 358, 163–166.
- Bessa, G. F., Vieira, L. C. G., Bini, L. M., Reis, D. F. & Morais, P. B. 2011. Concordance patterns in zooplankton assemblages in the UHE - Luís Eduardo Magalhães reservoir in the Mid-Tocantins River, Tocantins State, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 33 (2), 179–184. DOI: 10.4025/actasciobiols.v33i2.7336

- Bezerra-Neto, J. F., Aguila, L. A., Landa, G. G. & Pinto-Coelho, R. M. 2004. The exotic rotifers *Kellicotia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in the zooplankton community in the tropical reservoir. **Lundiana**, 5(2), 151–153.
- Bonecker, C. C., Aoyagui, A. S. M. & Santos, R. M. 2009. The impact of impoundment on the rotifer communities in two tropical floodplain environments: interannual pulse variations. **Brazilian Journal of Biology**, 69, 529–537.
- Bonecker, C. C., Lansac-thoa, F. A. & C. Joko, C. 2016. Rotifera. In: Fransozo, A., Negreiros-Fransozo, L. (Org.). **Zoologia dos Invertebrados**. 1ed. Rio de Janeiro: Roca, 195–207.
- Bonecker, C.C., Lansac-Tôha, F. A. & Rossa, D. C. 1998. Planktonic and nonplanktonic rotifers in two environments of the Upper Paraná River Floodplain, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 41, 447–456.
- Borges, M.G. & Pedrozo, C. S. 2009. Zooplankton (Cladocera, Copepoda and Rotifera) richness, diversity and abundance variations in the Jacuí Delta, RS, Brazil, in response to the fluvimetric level. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 21, 101–110.
- Boulton, A.J., Marmonier, P. & Sarriquet, P. 2007. Hyporheic invertebrate community composition in streams of varying salinity in south-western Australia: diversity peaks at intermediate thresholds. **River Research and Applications**, 23(6), 579–594.
- Cadotte, M. C., Carscadden, K. & Mirotchnick, N. 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology**, 48, 1079–1087.
- Caprioli, M., Santo, N. & Ricci, C. 2002. Enhanced stress resistance of dormant bdelloids (Rotifera). **Proceedings of “Life in space for life on Earth”. 8th European Symposium on Life Sciences Research in Space. 23rd Annual International Gravitational, Physiology Meeting**, 2–7.
- Casanova, S.M.C., Panarelli, E. A. & Henry, R. 2009. Rotifer abundance, biomass, and secondary production after the recovery of hydrologic connectivity between a river and two marginal lakes (São Paulo, Brasil). **Limnologia**, 39, 292–301.
- Chang, K.H., Doi, H., Imai, H., Gunji, F. & Nakano, S. I. 2008. Longitudinal changes in zooplankton distribution below a reservoir outfall with reference to river planktivory. **Limnology**, 9, 125–133.
- Chick, J. H., Levchuk, A. P., Medley, K. A. & Havel, J. H. 2010. Underestimation of rotifer abundance a much greater problem than previously appreciated. **Limnology Oceanography: Methods**, 8, 79–87.
- Clement, P. & Wurdak, E. 1991. Rotifera. In: Harrison, F. W., Ruppert, E. E. (eds.), **Microscopic anatomy of invertebrates, Aschelminthes**, Wiley-Liss, New York, 4, 219–297.
- Dahms, H.- U., Hagiwara, A. & Lee, J. S. 2011. Ecotoxicology, ecophysiology, and mechanistic studies with rotifers. **Aquatic Toxicology**, 101(1), 1–12.

- Dang, M. T., Segers, H. & Sanoamuang, L. O. 2015. Psammon rotifers in Central Vietnam, with the descriptions of three new species (Rotifera: Monogononta). **Zootaxa**, 4018(2), 249–265.
- De-Carli, B.P., De Albuquerque, F. P., Bayanov, N. G., Moschini-Carlos, V. & Pompeo, M. L. M. 2017. Dispersão e primeiro registro da espécie invasora *Kellicottia bostoniensis* (Rotifera: Brachionidae) em dois reservatórios brasileiros. **Oecologia australis**, 21, 455–460.
- Denekamp, N. Y., Michael, A. S. T., Melody, S. C., Michael, K., Richard, R. & Esther, L. 2009. Discovering genes associated with dormancy in the monogonont rotifer *Brachionus plicatilis*. **BMC Genomics**, 10, 108.
- Devetter, M. 1998. Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. **Hydrobiologia**, 387, 171–178.
- Dodson, S. 2005. **Introduction to limnology**. McGraw-Hill, New York.
- Duggan, I. C. 2001. The ecology of periphytic rotifers. **Hydrobiologia**, 446/ 447, 139–148.
- Duggan, I.C., Green, J. D. & Shiel, R. J. 2001. Distribution of rotifers in North island, New Zealand, and their potential use as indicator of lake trophic state. **Hydrobiologia**, 446, 155–164.
- Dumont, H. J. 1983. Biogeography of rotifers. **Hydrobiologia**, 104, 19–30.
- Dumont, H. J., & Segers, H. 1996. Estimating lacustrine zooplankton species richness and complementarity. **Hydrobiologia**, 341, 125–132.
- Ejsmont-Karabin, J. 2019. Does the world need faunists? Based on rotifer (Rotifera) occurrence reflections on the role of faunistic research in ecology. **International Review of Hydrobiologia**, 104, 49–56.
- Edmondson, W. T. 1959. **Freshwater biology**. New York, John Wiley. 124pp.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A. 1988. O gênero *Bosmina* (Cladocera) na região do distrito federal. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 11, 501–512.
- Lubzens, E., Fishler, R. & Berdugo-White, V. 1980. Induction of sexual reproduction and resting egg production in *Brachionus plicatilis* reared in sea water. **Hydrobiologia**, 73, 55–58.
- Espinosa-Rodríguez, C.A., Sarma, S. S. S. & Nandini, S. 2020. Zooplankton community changes in relation to different macrophyte species: Effects of *Egeria densa* removal. **Ecohydrology & Hydrobiology**, 21, 153–163.
- Esteves, F.A. 2011. **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência, 3ª Edição. 826 pp.
- Fontaneto, D., Barbosa, A. M., Segers, H. & Pautasso, M. 2012. The ‘rotiferologist’ effect and other global correlates of species richness in monogonont rotifers. **Ecography**, 35, 174–182.
- Fontaneto, D., De Smet, W. H. & Melone, G. 2008. Identification key to the genera of marine rotifers worldwide. **Meiofauna Marina**, 16, 75–99.
- García-Morales, A.E. & Domínguez-Domínguez, O. 2019. Cryptic molecular diversity in the morphologically variable rotiferan *Brachionus quadridentatus* (Rotifera: Monogononta). **Revista de Biología Tropical**, 67(6), 1114–1130.

- Garey, J. R., Schmidt-Rhaesa, A., Near, T.S. & Nadler, S. A. 1998. The evolutionary relationship of rotifers and acanthocephalans. **Hydrobiologia**, 387/388, 83–91.
- Garraffoni, A.R.S. & Lourenço, A. P. 2012. Synthesis of Brazilian Rotifera: An updated list of species. **Check List**, 8, 375–407.
- Gibert, J. J. 1983. Rotifera. In: Adiyodi, K.G. & Adiyodi, R. G. (Eds). **Reproductive Biology of the Invertebrates**. John Wiley and Sons, Chinchester, NY, 181–209.
- Gilbert, J.J. 2018. Morphological Variation and Its Significance in a Polymorphic Rotifer: Environmental, Endogenous, and Genetic Controls. **BioScience**, 68 (3), 168–181.
- Gilbert, J. 1991. Groundwater system their boundaries: conceptual framework and prospects in groundwater ecology. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, 24, 1605–1608.
- Gilbert, J.J. & Bogdan, K.G. 1984. Selectivity of *Polyarthra* and *Keratella* for flagellate and aflagellate cells. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, 21, 1515–1521.
- Giribet, G., Distel, D. L., Polz, M., Sterrer, W. & Wheeler, W. C. 2000. Triploblastic relationships with emphasis on the acoelomates and the position of Gnathostomulida, Cyclophora, Plathelminthes, and Chaetognatha: a combined approach of 18S rDNA sequences and morphology. **Systematic Biology**, 49, 539–562.
- Giribet, G. & Edgecombe, G. D. 2020. The invertebrate tree of life. **Princeton: Princeton University Press**, 287-292.
- Gomez, A., Serra, M., Carvalho, G. R. & Lunt, D. H. 2002. Speciation in ancient cryptic species complexes: evidence from the molecular phylogeny of *Brachionus plicatilis* (Rotifera). **Evolution**, 56(7), 1431–1444.
- Gutkowska, A., Paturej, E. & Kowalska, E. 2013. Rotifer trophic state indices as ecosystem indicators in brackish coastal Waters. **Oceanologia**, 55(4), 887–899.
- Halanych, K.M. 2004. The new view of animal phylogeny. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 35, 229–256.
- Junk, W. J., Balley, P. B. & Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 106, 110–127.
- Kaya, M., Fontaneto, D., Segers, H. & Altindag, A. 2010. Temperature and salinity as interacting drivers of species richness of planktonic rotifers in Turkish continental Waters. **Journal of Limnology**, 69(2), 297–304.
- Keilin, D. 1959. The problem of anabiosis or latent life: history and current concept. **Proceedings of the Royal Society of London**, 150, 149–151.
- Krau, L. 1967. Contribuição ao estudo dos Rotatária do Brasil. I. Lista das espécies verificadas. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 65, 153–166.
- Kristensen, R. M. & Funch, P. 2000. Micrognathozoa: a new class with complicated jaws like those of Rotifera and Gnathostomulida. **Journal of Morphology**, 246, 1–49.

- Kuczyn'Ska-Kippen, N. 2009. The spatial segregation of zooplankton communities with reference to land use and macrophytes in shallow Lake Wielkowiejskie (Poland). **Intertational Review of Hydrobiology**, 94, 267–281.
- Kumar, A.S., Tripathi, S. & Ghosh, P. 2004. Status of Freshwater in 21 Century: A Review. In: **Water Pollution: Assessment and Management**, Kumar, A., Tripathi, G. (Eds.). Daya Publishers, Delhi, 520.
- Lampert, W. & Sommer, U. 1997. **Limnoecology: the ecology of lakes and streams**. Oxford: Oxford University Press, 382pp.
- Lewinsohn, T.M. & Prado, P. I. 2002. Biodiversity of Brazil: a synthesis of the current state of knowledge. In: Lewinsohn, T.M. & Prado, P. I. *Biodiversidade brasileira: síntese do estado do conhecimento atual*. Contexto Acadêmica: 139–144.
- Liang, D., Mcmanus, G. Wang, Q., Sun, X., Liu, Z., Lin, S. & Yang, Y. F. 2020. Genetic differentiation and phylogeography of rotifer *Polyarthra dolichoptera* and *P. vulgaris* complexes between Southern China and eastern North America: high intercontinental differences. **Authorea**, 1–15.
- Likens, G. E. 2010. **Plankton of Inland Waters**. Elsevier, 398pp.
- Lopes, R. M., Lansac-Tôha, F. A., Vale, R. & Serafim, J. R. M. 1997. Comunidade zooplancônica do reservatório de Segredo. In Agostinho, A. A. & Gomes, L. C. Reservatório de segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM.
- Lorenzen, S. 1985. Phylogenetic aspects of pseudocoelomate evolution. In: Morris, S. C., George, J. D., Gibson, R. & Platt, H. M. **The origins and relationships of lower invertebrates**. Oxford Univ. Press, Oxford, England, 210–223.
- Lucinda, I., Moreno, I. H., Melão, M. G. G. & Matsumura-Tundisi, T. 2004. Rotifers in freshwater habitats in the Upper Tietê River Basin, São Paulo State, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 16(3), 203–224.
- Lukashanets, D. A. 2018. Fauna and taxonomy of the subclass Bdelloidea Hudson (Class Eurotatoria De Ridder; phylum Rotifera Cuvier) in Belarus, the Eastern Europe region. **Zoology and Ecology**, 28(1), 36–45.
- Mark Welch, D. B. 2000. Evidence from a protein-coding gene that acanthocephalans are rotifers. **Invertebrate Biology**, 119(1), 17–26.
- Mark Welch, D.B., Cummings, M. P., Hillis, D. M. & Meselson, M. 2004. Divergent gene copies in the asexual class Bdelloidea (Rotifera) separated before the bdelloid radiation of within bdelloid families. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 101, 1622–1625.
- Matsumura- Tundisi, T., Tundisi, J. G., Souza-Soares, F. & Tundisi, J. E. M. 2015. Zooplankton community structure of the lower Xingu River (PA) related to the hydrological cycle. **Brazilian Journal of Biology**, 75(3), S47–S54.

- Mantavano, T., Diniz, L. P., Braghin, L. S. M., Bonecker, C. C., Schwind, L. T. F. & Lansac-Tôha, F. A. 2019. A thin temperature label reveals temporal changes in the zooplankton structure on a Neotropical floodplain. **Fundamental and Applied Limnology**, 193(2), 173–183.
- Melo, J.R.M. & Almeida, V. L. S. 2007. O estado da arte da biodiversidade de rotíferos planctônicos de ecossistemas límnicos de Pernambuco. **Biota Neotropica**, 7(3), 109–117.
- Melone, G., Ricci, C., Segers, H. & Wallace, R. L. 1998. Phylogenetic relationships of the phylum Rotifera with emphasis on the families of Bdelloidea. **Hydrobiologia**, 387/388, 101–107.
- Milroy, S.P. 2015. **Field Methods in Marine Science: From Measurements to Models**. Garland Science, 288 pp.
- Minh, V. V., Mau, T. D., Anh, T. N. Q., Son, T. N. & Hung, Q. 2019. Species diversity of rotifers (rotifera: monogononta) from ly son island with a new record for Vietnam. **Journal of science and technology**, 17, 12.1.
- Moreira, R.A., Mansano, A. S. & Rocha, O. (2015). The toxicity of carbofuran to the freshwater rotifer, *Philodina roseola*. **Ecotoxicology**, 24, 604–615.
- Mukherjee, M., Suresh, V. R. & Manna, R. K. 2018. Microplankton dynamics of a coastal lagoon, Chilika: interactive effect of environmental parameters on microplankton groups. **Environmental Monitoring Assessment**, 190, 689.
- Mugnai, R., Messanab, G. & Lorenzob, T. D. 2015. Hyporheic invertebrate assemblages at reach scale in a Neotropical stream in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 75(4), 773–782.
- Murray, J. 1913. South American Rotifera. **Journal of the Royal Microscopical Society**, (I), 229–245.
- Nagata, T. & Hanazato, T. 2006. Different Predation Impacts of Two Cyclopoid Species on a Small-sized Zooplankton Community: An Experimental Analysis with Mesocosms. **Hydrobiologia**, 556, 233–242.
- Negreiros, N. F., Santoswisniewski, M. J., Santos, R. M. & Rocha, O. 2010. The influence of environmental factors on the seasonal dynamics and composition of Rotifera in the Sapucaí River arm of Furnas Reservoir, MG, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 10(4), 173–182.
- Neumann-Leitão, S. & Nogueira, J. D. C. 1986. Rotíferos, cladóceros e copépodos de Pernambuco. I. Algumas espécies que ocorrem em viveiros de cultivo de camarões de Nova Cruz. **Anais Sociedade Nordeste Zoologia**, 2 (2), 87–118.
- Neumann- Leitão, S.N., Paranaguá, N. M. & Valentin., J. L. 1992. The planktonic Rotifers of the estuarine lagunar complex of Suape (Pernambuco, Brazil). **Hydrobiologia**, 232, 133–143.
- Obertegger, U. & Flaim, G. 2015. Community assembly of rotifers based on morphological traits. **Hydrobiologia**, 753, 31–45.
- Obertegger, U. & Flaim, G. 2018. Taxonomic and functional diversity of rotifers, what do they tell us about community assembly? **Hydrobiologia**, 823, 79–91.

- Obertegger, U. & Manca, M. 2011. Response of rotifer functional groups to changing trophic state and crustacean community. **Journal of Limnology**, 70, 231–238.
- Obertegger, U., Smith, H. A., Flaim, G. & Wallace, R. L. 2011. Using the guild ratio to characterize pelagic rotifer communities. **Hydrobiologia**, 662, 157–162.
- Hye-Ji, O., Jeong, H-G., Nam, G -S., Oda, Y., Dai, W., Lee, E-H., Kong, D. Hwang, S-J. & Chang, K-H. 2017. Comparison of taxon-based and trophi-based response patterns of rotifer community to water quality: applicability of the rotifer functional group as an indicator of water quality. **Animal Cells and Systems**, 21, 133–140.
- Oliveira-Neto, A.L. & Moreno, I. H. 1998. Filo Rotifera. In: Joly, C.A. & Bicudo, C. E. M. **Biodiversidade do Estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP.
- Orstan, A. 2015. A method for the preservation of bdelloid rotifers for taxonomical and anatomical studies. **Quekett Journal of Microscopy**, 42, 355–359.
- Pace, M.L., Findlay, S. E. G. & Links, D. 1992. Zooplankton in advective environments: the Hudson River community and a comparative analysis. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 49, 1060–1069.
- Pal, S., Patra, A. K. & Chakraborty, K. 2015. Prospect of *Brachionus Calyciflorus*, a holoplankton, for its potential bio-indicator property: a review. **International Journal of Recent Scientific Research**, 6(11), 7603–7608.
- Peixoto, R.S., Brandão, L. P. M., Valadares, C. F. & Barbosa, P. M. M. 2010. Occurrence of *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) and *Mesocyclops ogunnus* Onabamiro, 1957 in lakes of the Middle River Doce, MG, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 22 (3), 356–360.
- Pejler, B. 1995. Relation to habitat in rotifers. In: Ejsmont-Karabin, J. & Pontin, R. M. (Eds.) **Rotifera. VII**. Springer, Dordrecht: 267–278.
- Peláez-Rodríguez, M. & Matsumura-Tundisi, T. 2002. Rotifer production in a shallow artificial lake (lobo-broa reservoir, SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, 62(3), 509–516.
- Pereira, A.P.S., Vasco, A. N., Britto, F. B., Mélo Júnior, A.V. & Nogueira, E. M. D. S. 2011. Biodiversidade e estrutura da comunidade zooplancônica na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambiente e Água**, 6 (2), 191–205.
- Pinese, O. P., Pinese, J. F. & Claro, K. D. 2015. Structure and biodiversity of zooplankton communities in freshwater habitats of a Vereda Wetland Region, Minas Gerais, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 27(3), 275–288.
- Rajagopal, T., Thangamani, A., Sevarkodiyone, S. P., Sekar, M. & Archunan, G. 2010. Zooplankton diversity and physico-chemical conditions in three perennial ponds of Virudhunagar district, Tamilnadu. **Journal of Environmental Biology**, volume: 265–272.
- Ricci, C. 2001. Dormancy patterns in rotifers. **Hydrobiologia**, 446/ 447, 1–11.
- Ricci, C. & Caprioli, M. 1998. Stress during dormancy: effect on recovery rates and life-history traits of anhydrobiotic animals. **Aquatic Ecology**, 32, 353–359.

- Ricci, C., Caprioli, M., Boschetti, C. & Santo, N. 2005. *Macrotrachela quadricornifera* featured in a space experiment. **Hydrobiologia**, 534, 239–244.
- Ricci, C. & Melone, G. 1984. *Macrotrachela quadricornifera* (Rotifera Bdelloidea): a SEM study on active and cryptobiotic animals. **Zoologica Scripta**, 13, 195–200.
- Rivas Jr., J. A., Mohl, J. E., Van Pelt, R. S., Leung, M.-Y., Wallace, R. L., Gill, T. E. & Walsh, E. J. 2018. Evidence for regional aeolian transport of freshwater biota in an arid region. **Limnology and Oceanography Letters**, 3, 320–330.
- Robertson, A.L., Rundle, S. D. & Schmid-Araya, J. M. 2000. Putting the meio- into stream ecology: current findings and future directions for lotic meiofaunal research. **Freshwater Biology**, 44, 177–183.
- Rocha, M. A., Ribeiro, S. M. M. S, Junior, M. D. M., Silva, M. B. & Melo, P. A . M. C. 2021. Has Rotifera richness, abundance, and biomass been underestimated in a tropical watershed basin? **Limnetica**, 40(2), 295–307.
- Rocha, M. A., Silva, M. B., Bonecker, C. C., Anjos, M. S. & Melo, P. A. M. C. 2022. Rotifers of Bahia State, Brazil: News records and limitations to studies. **Brazilian journal of biology**, 82 (e236345).
- Roche, K.F. & Silva, W. M. 2017. Checklist dos Rotifera (Animalia) do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, 107(supl.): e2017105, 1–10.
- Sa-Ardrit, P., Pholpunthin, P. & Segers, H. 2013. A checklist of the freshwater rotifer fauna of Thailand (Rotifera, Monogononta, Bdelloidea). **Journal of Limnology**, 72(s2), 361–375.
- Sarma, S. S. S., Jiménez-Santos, M. A., Nandini, S. & Wallace, R. L. 2020. Review on the ecology and taxonomy of sessile rotifers (Rotifera) with special reference to Mexico. **Journal of Environmental Biology**, 41, 3–12.
- Segers, H. 2008. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. **Hydrobiologia**, 595, 49–59.
- Segers, H. 2007. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. **Zootaxa**, 1564, 1–104.
- Segers, H. 2004. Rotifera: Monogononta. **Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region**, 106–120.
- Segers, H. 2002. The nomenclature of the Rotifera: annotated checklist of valid family and genus-group names. **Journal of Natural History**, 36, 631–640.
- Segers, H. 2001. Zoogeography of the Southeast Asian Rotifera. **Hydrobiologia**, 446/447, 233–246.
- Segers, H. & De Smet, W. H. 2008. Diversity and endemism in Rotifera: a review, and *Keratella* Bory de St Vincent. **Biodiversity and Conservation**, 17, 303–316.

- Segers, H. & Sanoamuang, L. O. 2007. Note on a highly diverse rotifer assemblage (Rotifera: Monogononta) in a Laotian rice paddy and adjacent pond. **International Review Hydrobiology**, 92, 640–646.
- Sharma, B. K. & Sharma, S. 2005. Biodiversity of freshwater rotifers (Rotifera, Eurotatoria) from North-Eastern India. **Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin**, 1, 81–88.
- Sørensen, M.V., Funch, P., Willerslev, E., Hansen, A. J. & Olesen, J. 2000. On the phylogeny of the metazoa in the light of Cyclophora and Micrognathozoa. **Zoologischer Anzeiger**, 239, 297–318.
- Souza, L. C., Branco, C. W. C., Domingos, P. & Bonecker, S. L. C. 2011. Zooplankton of an urban coastal lagoon: composition and association with environmental factors and summer fish kill. **Zoologia**, 28(3), 357–364.
- Souza-Soares, F., Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T. M. 2011. Checklist de Rotifera de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, 11(Supl.1), 515–539.
- Tausz, C. E., Beaver, J.R., Renicker, T. R., Klepach, J. A., Pollar, A. I. & Mitchell, R. M. 2019. Biogeography and co-occurrence of 16 planktonic species of *Keratella* Bory de St. Vincent, 1822 (Rotifera, Ploima, Brachionidae) in lakes and reservoirs of the United States. **Zootaxa**, 4624(3), 337–350.
- Telesh, I.V. 1993. The effect of fish on planktonic rotifers. **Hydrobiologia**, 255, 289–296.
- Thomaz, S. M., Bini, L. M. & Bozelli, R. L. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. **Hydrobiologia**, 579(1), 1–13.
- Trinh, M. D., Van, M. V., Tran, A. N. Q., Le, H. T. N. & Tran, S. N. 2019. Species diversity of rotifers (Rotifera: Eurotatoria) of Phu Ninh Lake with five new records from Vietnam. **International Journal of Aquatic Biology**, 7(1), 38–44.
- Tufenkji, N., Ryan, J. N. & Elimelech, M. 2002. Bank Filtration: A Simple Technology May Inexpensively Clean Up Poor-Quality Raw Surface Water. **Environmental Science Technology**, 36(21), 422–428.
- Tundisi, J. G. & Tundisi, T. M. 2008. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 632 pp.
- Veras, T.B., Cabral, J.J.S.P.C., Paiva, A. L. R., Santos, P. J. P. S. & Freitas, A. 2018. Evaluation of Meiofauna in the Hyporheic Zone of the Beberibe River, Pernambuco, Brazil. **Water Environment Research**, 90(8), 685–696.
- Veras, T.B., Cabral, J.J.S.P.C., Paiva, A. L. R. & Barreto, A. F. S. 2017. Interação rio-aquífero e a meiofauna do ambiente hiporreico. **Águas Subterrâneas**, 31(1), 20–35.
- Wallace, R. L. 2002. Rotifers: Exquisite Metazoans. **Integrative and Comparative Biology**, 42, 660–667.
- Wallace, R. L. 1998. Phylum Rotifera. In: Knobil, E., & Neill, J. D.(Eds.). **Encyclopedia of Reproduction**. Academic Press, San Diego, 4, 290–301.

- Walsh, E. J., Schreder, T., Arroyo, M. L. & Wallace, R. L. 2007. How well do single samples reflect rotifer species diversity? A test based on interannual variation of rotifer communities in Big Bend National Park (Texas, USA). **Hydrobiologia**, 593, 39–47.
- Wang, S., Ping, X., Wu, S. & Haijun, W. 2007. Crustacean zooplankton size structure in aquaculture lakes: is larger size structure always associated with higher grazing pressure? **Hydrobiologia**, 575, 203–209.
- Wang, S.B., Xie, P. & Geng, H. 2010. The relative importance of physicochemical factors and crustacean zooplankton as determinants of rotifer density and species distribution in lakes adjacent to the Yangtze River, China. **Limnologia**, 40, 1–7.
- Wen, X., Zhai, P., Feng, R., Yang, R. & Xi, Y. 2017. Comparative analysis of the spatio-temporal dynamics of rotifer community structure based on taxonomic indices and functional groups in two subtropical lakes. **Scientific Reports**, 7 (578), 1–10.
- Winnepenninckx, B. M. H., Backeljau, T. & Kristensen, R. M. 1998. Relations of the new phylum Cyclophora. **Nature**, 398, 636–638.
- Zaret, T.M. 1975. Strategies for existence of zooplankton prey in homogenous environments. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, 19, 1484–1489.
- Zelinka, C. 1891. Studien über Rädertiere, 3: zur Entwicklungsgeschichte der Rädertiere nebst Bemerkungen über ihre Anatomie und Biologie. **Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie**, 53, 1–159.
- Zrzavý, J., Mihulka, S., Kepka, P., Bezdek, A. & Tietz, D. 1998. Phylogeny of the Metazoa based on morphological and 18S ribosomal DNA evidence. **Cladistics**, 14, 249–285.

Capítulo II

Heterogeneidade espacial e sazonal de Rotifera em lagoas tropicais de restinga

Artigo a ser submetido no periódico Aquatic Sciences (ISSN 1420-9055)

Heterogeneidade espacial e sazonal de Rotifera em lagoas tropicais de restinga

Spatial and seasonal heterogeneity of Rotifera in tropical restinga lagoons

Mariane Amorim Rocha¹, Cláudia Costa Bonecker², Rodrigo Johnsson¹, Elizabeth Gerardo Neves¹

¹Laboratório de Invertebrados Marinhos (LABIMAR): Crustacea, Cinidaria e Fauna Associada, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), R. Barão de Jeremoabo, 668, 40170-115, Salvador, Bahia, Brasil

²Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (Nupelia), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil

RESUMO

A estrutura da assembleia de Rotifera em lagoas costeiras ácidas tropicais de restingas foi caracterizada em função da riqueza, frequência de ocorrência (FO%), abundância, biomassa e índices de diversidade, em escala espacial e sazonal, relacionando-as com as variáveis abióticas. Foram verificadas as espécies bioindicadoras e a (dis)similaridade da assembleia de Rotifera nessas escalas. Adicionalmente, a área em estudo foi descrita em função das variáveis abióticas. Amostragens foram realizadas em 11 lagoas costeiras do Sistema Abaeté (BA). As lagoas foram caracterizadas como corpos de água límnicos, e a análise de componentes principais revelou uma homogeneidade das variáveis abióticas. Rotifera foi representado por 84 táxons (dentro grupos e espécies), incluindo uma possível espécie nova. Todos os táxons representam novas ocorrências para lagoas costeiras no estado da Bahia, e, dentre esses, 49 táxons são novas ocorrências para o estado. Foi observada a terceira ocorrência de *Lecane boettigeri* no território brasileiro, inferindo o potencial de endemismo do grupo para lagoas costeiras de restinga. *Lepadella (L.) patella patella*, *Lecane lunaris* e *Lecane bulla* apresentaram FO $\geq$ 50%. A diversidade de Rotifera apresentou heterogeneidade espacial e sazonal, entretanto a riqueza, abundância e biomassa apresentaram valores similares nessas escalas. O IndVal indicou 12 táxons para o gradiente espacial e 8 táxons para o gradiente sazonal. A assembleia de Rotifera mostrou uma tendência de agrupamento apenas para o gradiente espacial. A análise de redundância demonstrou que as concentrações de nutrientes têm influência sobre a estrutura da assembleia de Rotifera, sugerindo que a produção do sistema atua na estruturação da assembleia.

Palavras-chave: Rotifera · Estrutura ecológica · Diversidade · Nutrientes · Zona limnética

Introdução

As restingas são caracterizados por faixas localizadas em terras baixas litorâneas, formadas por cordões de praias e dunas cobertas por vegetação herbácea e arbórea - arbustiva (Araújo 1992; 2000). No Brasil, são ecossistemas ainda pouco estudados e sem uma quantificação exata. Sendo assim, aspectos sobre a biodiversidade e o estado de conservação das restingas brasileiras seguem incipientes, apesar da crescente preocupação com a degradação e perda desses ambientes (Rocha et al. 2004; 2007).

As restingas apresentam uma diversidade de habitats, incluindo a presença de lagoas costeiras, e estudos da limnologia nesses ecossistemas têm sido desenvolvidos (ver Esteves 1998a; Esteves & Lacerda 2000; Farjalla et al. 2011; Rocha et al. 2004). As lagoas costeiras são definidas como ecossistemas aquáticos rasos localizados na zona de transição entre o continente e o ambiente marinho (Gönenç & Wolflin 2004). Esses ecossistemas podem ser caracterizados de acordo com suas características geofísicas (Esteves et al. 2008), e classificados como lênticos sem maré (sem conexão permanente com o mar) ou lênticos microtidal (permanentemente conectadas com o mar) (Gönenç & Wolflin 2004).

As lagoas costeiras são frequentemente consideradas como hot spot de biodiversidade (Benítez-Díaz Mirón et al. 2014), e estão entre os ecossistemas aquáticos mais produtivos do mundo (Kennish & Paerl 2010), fornecendo uma ampla gama de serviços e recursos ecológicos para as populações locais (Nunes et al. 2021). Adicionalmente, são setores de endemismo de espécies, principalmente organismos pequenos de vida curta (Esteves et al. 2008).

No entanto, as lagoas costeiras têm sofrido impacto antrópico (Kemp & Boynton 2012). A sua localização coincide com áreas densamente povoadas (Berkes & Seixas 2005) e o aumento das atividades antrópicas podem acelerar o processo de eutrofização levando a crises distróficas e deterioração irreversível (Bartoli et al. 2001). Na América do Sul, as lagoas constituem cerca de 12% das áreas costeiras, sendo componente valioso e representativo (Gönenç & Wolflin 2004), devendo ser consideradas áreas prioritárias de conservação nos países neotropicais (Barbosa et al. 2004).

Alguns estudos têm sido realizados sobre a diversidade de espécies, abundância e distribuição de organismos zooplânctônicos nesses ecossistemas, além da utilização do zooplâncton para o monitoramento das mudanças ambientais, devido a sua sensibilidade trófica (Marcus 2004; Pinto-Coelho et al. 2005). O entendimento dos padrões e processos

da distribuição espacial e sazonal do zooplâncton é considerado um pré-requisito importante para a modelagem e gestão das lagoas costeiras (De Senerpont et al. 2013).

Dentre os estudos dos organismos zooplancônicos em lagoas costeiras destacam-se os de Rotifera (Oliveira et al. 1962; Arcifa et al. 1994; Branco et al. 2007; Souza et al. 2011; Yalim et al. 2011). Contudo, no Brasil, a maioria desses estudos concentram-se na região Sul e Sudeste (Branco et al. 2000; Branco et al. 2005; Branco et al. 2007; Branco et al. 2008). Ou seja, no estado da Bahia as informações são escassas e não estão publicadas registros de Rotifera nesses ambientes.

Dado o atual cenário de degradação das restingas e os riscos das biodiversidade no setor, os objetivos do presente estudo foram (i) descrever a área de estudo com base nas variáveis abióticas (precipitação, temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio inorgânico dissolvido, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e fósforo inorgânico dissolvido), (ii) caracterizar a estrutura da assembleia de Rotifera em lagoas costeiras tropicais rasas de restinga, em função da riqueza, frequência de ocorrência, abundância, biomassa e índices de diversidade, em escala espacial e sazonal, relacionando-as com as variáveis abióticas acima citadas, (iii) verificar as espécies bioindicadoras bem como a (dis)similaridade da assembleia de Rotifera nas mesmas escalas, e finalmente contribuir ao conhecimento da estrutura das assembleias de Rotifera em lagoas costeiras brasileiras em ambientes de restinga.

Métodos

Área de estudo

A área de estudo encontra-se na porção sudoeste da bacia hidrográfica do Ipitanga, onde são observadas atividades agrícolas, estabelecimento de imóveis e aterro sanitário, que influenciam diretamente todos os recursos hídricos da bacia. As formações litológicas que ocorrem nesta bacia são representadas pelo complexo cristalino, formação barreiras e depósitos quaternários (Nascimento & Barbosa 2005).

Nessa região encontra-se o Sistema Abaeté, complexo ecológico formado por dunas e lagoas naturais, situada no norte do município de Salvador, entre 12°55'03.01" S e 38°19'08.11" W. Esse sistema está inserido em uma Área de Proteção Ambiental (APA) - APA Lagoas e Dunas do Abaeté, pertencente a uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), "Parque das Dunas", protegendo o ecossistema de restinga na área urbana (Cabanelas & Moreira 2007) (Fig. 1). Esta reserva apresenta uma área de cerca de

6.900 km², representando um dos últimos remanescentes urbanos de ecossistemas de dunas, lagoas e restinga do Brasil (Unidunas 2020).

No Sistema Abaeté, estão localizadas dezenas de lagoas sazonais e perenes de águas escuras e intercaladas por dunas de areia branca (Inema 2021). O sistema abriga nascentes, como a do Rio Sapato, onde são observadas atividades antropogênicas em seu entorno, como o despejo domésticos (Cabanelas & Moreira 2007). Este rio possui sua extensão entre Salvador e Lauro de Freitas (Cabanelas & Moreira 2007) e deságua junto ao rio Joanes no oceano Atlântico (Cabanelas & Moreira 2012).

As lagoas costeiras no Sistema Abaeté não são conectadas com o mar, apresentando uma distância mínima de 810 m do mar, a maioria são corpos de águas rasos com profundidade média de 2,5 m, podendo atingir até 5 m de profundidade. Suas águas apresentam em média salinidade de 0,006‰, sendo, portanto, caracterizada como corpos de água límnicos, segundo a resolução CONAMA N° 20, DE 18 DE JUNHO DE 1986, na qual estabelece que em ambientes de água doce a salinidade é $\leq 0,05\%$.

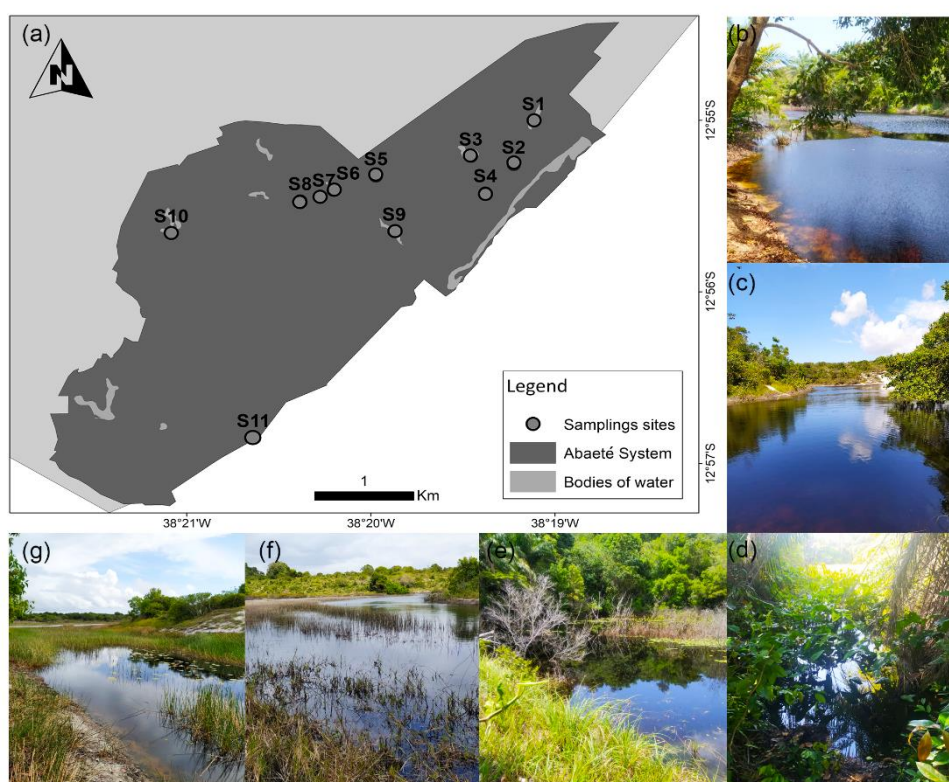


Fig. 1 a Localização do Sistema Abaeté, complexo ecológico formado por dunas e lagoas naturais, com os pontos de amostragem ($n = 11$). S: sítios de amostragem, S1: Vitória, S2: Baronesa, S3: Junco, S4: Paradise, S5: Aeroporto, S6: Jacaré 1, S7: Jacaré 2, S8: Urubu, S9: Camarão, S10: 222 e S11: Dom Murilo; **b** lagoa S9, **c** lagoa S10, **d** lagoa S2, **e** lagoa S8, **f** lagoa S6 e **g** lagoa S1, todas no período de alta precipitação (HR).

O clima da região é úmido (2.100 mm anuais), a temperatura média anual é de 25,3°C e os índices de umidade relativa, na maior parte do ano, são superiores a 70% (Sei 1999).

Delineamento amostral

As amostragens foram realizadas em onze lagoas costeiras lênticas sem maré (Fig. 1), a fim de observar a variação espacial das condições ambientais sobre a assembleia de Rotifera. Amostras da zona limnética foram coletadas no período diurno em dez campanhas (C): C1 (junho/2019), C2 (agosto/2019), C3 (outubro/2019), C4 (dezembro/2019), C5 (fevereiro/2020), C6 (outubro/2020), C7 (dezembro/2020), C8 (fevereiro/2021), C9 (abril/2021) e C10 (junho/2021), com intuito de analisar a sazonalidade da precipitação sobre a assembleia de Rotifera. O maior intervalo do esforço amostral entre C5 e C6 foi decorrente ao período de pandemia do COVID-19.

As amostras foram obtidas a partir da filtração de um volume de 100 litros de água por lagoa, na subsuperfície, com auxílio de balde graduado. A água foi filtrada em rede de plâncton de 20 µm de abertura de malha. Após a filtração, o material foi acondicionado em frascos de polietileno de 200 ml, fixado em formaldeído a 4% de concentração final e tamponada com hexametilenotetramina.

Simultaneamente, foi mensurado *in situ* a temperatura da água (Temp.) (°C), concentração de íons hidrogênio (pH) com aparelho portátil, pH meter (modelo ML 1010 – Misura line), e o oxigênio dissolvido (DO) (mg L⁻¹) com oxímetro portátil, Instrutherm (modelo MO-920). Adicionalmente foi coletado um litro de água, acondicionado em caixas isotérmicas com gelo, e encaminhado até o laboratório para análise da condutividade elétrica (EC) (µS cm⁻¹) e sólidos totais dissolvidos (TDS) (mg L⁻¹), com aparelho condutivímetro (modelo mCA 150 p), determinação da clorofila *a* (Chl - *a*) (mg L⁻¹) e nutrientes, como compostos nitrogenados entre as quais nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) (µM), nitrogênio amoniacal (N – amoniacal) (NH₄) (µM), nitrato (NO₃-) (µM), nitrito (NO₂) (µM), e fósforo inorgânico dissolvido (DIP) (µM) (fosfato - PO₄³⁻). Os nutrientes foram determinados de acordo com Grasshoff et al. (1983), enquanto a clorofila *a* seguiu o método tricromático no extrato de acetona, de acordo com Jeffrey & Humphrey (1975).

Foi utilizado os dados de precipitação pluviométrica acumulada (mm) referente a 30 dias que antecederam as coletas para caracterizar campanhas e avaliar a sazonalidade.

Os dados de precipitação foram obtidos do Site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET's (Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil). As campanhas C1, C2, C3, C4, C7 e C8 foram consideradas como de alta precipitação (HR) ($\geq 130,6$ mm) e as campanhas C5, C6, C9 e C10 de baixa precipitação (LR) ($< 130,6$ mm).

Procedimento de laboratório e Tratamento dos Dados

Para análise qualitativa e quantitativa de Rotifera, o material coletado foi triado em câmaras de Sedgewick-Rafter, com auxílio de microscópio óptico Carl Zeiss Modelo Axio Scope.A1, equipado com uma câmera Zeiss Modelo AxioCam 305 acoplada. Os organismos encontrados foram separados em glicerina para melhor visualização e manipulação. Quando necessário, foi utilizado o corante Rosa de Bengala para melhor visualização dos espécimes, e solução de hipoclorito de sódio a 75% para a extração dos trofos, a fim de auxiliar na identificação das espécies.

A abundância ($\text{Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) dos organismos, em cada amostra, foi estimada a partir de três subamostragens, obtidas com auxílio de uma pipeta do tipo Hensen-Stempel (2,5 ml). Foram quantificados, no mínimo 50 organismos nas três sub-amostras, e quando esse número não foi alcançado, subamostras adicionais foram analisadas até quantificar o valor mínimo.

A biomassa ($\mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) foi calculada para todos os táxons e foi considerada como a multiplicação da abundância ($\text{Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) pelo conteúdo de carbono de cada organismo ($\mu\text{g C}$). Este foi estimado como 48% do peso seco individual ($\mu\text{g DW}^{-1}$).

O peso seco individual dos táxons de Rotifera foi calculado a partir do biovolume estimado pelo método descrito por Ruttner-Kolisko (1977), o qual utiliza de equações com base nas formas geométricas, também foram consideradas as aplicações feitas por Neumann-Leitão (1994) e Rocha et al. (2021). Para essas análises, medições morfometrias (comprimento, largura e altura) de 30 indivíduos de cada táxons por amostra foram medidos. No caso de não ter sido possível encontrar 30 organismos, foram mensuradas as medidas de todos os organismos que ocorreram na amostra. O biovolume foi convertido em peso úmido, assumindo que $10^6 \mu\text{m}^3$ é igual a 1 μg de peso úmido (Bottrell et al. 1976), e o peso seco corresponde a 10% do úmido peso (Pace & Orcutt 1981).

Devido à falta de formas geométricas, descritas na literatura, para a estimativa do biovolume de alguns táxons, os cálculos para Bdelloidea foi baseado em *Rotaria*, e os

gêneros *Aspelta*, *Encentrum*, *Eothinia*, *Paradicranophorus* e *Tetrasiphon* baseados em *Proales*, os quais possuem forma geométrica semelhante (Tabela 1).

Tabela 1 Formas geométricas e equações matemáticas utilizadas para determinar o biovolume de Rotifera, adaptado de Ruttner-Kolisko (1977), observando também a descrição de Neumann-Leitão (1994) e Rocha et al. (2021). a: comprimento; b: largura; c: altura

Taxa	Geometric form	Equation
<i>Bdelloidea</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Aspelta</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Brachionus</i>	General Ellipsoid	$(4 \pi r_1 r_2 r_3) / 3$: $2r_1 = a$, $2r_2 = b$, $2r_3 = c$
<i>Cephalodella</i>	Cylindrical	$r^2 \pi h$: $r^2 = a^2 b / 4$, $h = c / 2$
<i>Colurella</i>	Parallelepiped	$r^2 \pi h / 6$: $h = a$, $2r = b$
<i>Dipleuchlanis</i>	Ellipsoid Middle	$2 \pi r_1 r_2 r_3 / 3$: $2r_1 = a$, $2r_2 = b$, $r_3 = c$
<i>Encentrum</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Eothinia</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Euchlanis</i>	Ellipsoid Middle	$2 \pi r_1 r_2 r_3 / 3$: $2r_1 = a$, $2r_2 = b$, $2r_3 = c$
<i>Filinia</i>	Ellipsoid revolution	$4 \pi r_1 r_2 r_3 / 3$: $2r_3 = a$, $2r_1 - 2r_2 = b = c$
<i>Keratella</i>	Parallelepiped	$r^2 \pi h / 6$: $h = a$, $2r = b$
<i>Lecane</i>	Ellipsoid Middle	$2 \pi r_1 r_2 r_3 / 3$: $2r_1 = a$, $2r_2 = b$, $2r_3 = c$
<i>Lepadella</i>	Ellipsoid Middle	$2 \pi r_1 r_2 r_3 / 3$: $2r_1 = a$, $2r_2 = b$, $2r_3 = c$
<i>Macrochaetus</i>	Cylindrical	$r^2 \pi h$: $r^2 = a^2 b / 4$, $h = c / 2$
<i>Monommata</i>	Ellipsoid Middle	$2 \pi r_1 r_2 r_3 / 3$: $2r_1 = a$, $2r_2 = b$, $r_3 = c$
<i>Mytilina</i>	Parallelepiped	$r^2 \pi h / 6$: $h = a$, $2r = b$
<i>Paradicranophorus</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Polyarthra</i>	Parallelepiped	$r^2 \pi h / 6$: $h = a$, $2r = b$
<i>Proales</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Rotaria</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Scavidium</i>	Cylindrical	$r^2 \pi h$: $r^2 = a^2 b / 4$, $h = c / 2$
<i>Testudinella</i>	Cylindrical	$r^2 \pi h$: $r^2 = a^2 b / 4$, $c / 2 = h$
<i>Tetrasiphon</i>	Cone	$r^2 \pi h / 3$: $2r = b$, $h = a$
<i>Trichocerca</i>	Conical Cylindrical	$r^2 \pi h + r^2 \pi h / 3$: $h = a / 2$, $r = b / 2$

Caracteres diagnósticos selecionados seguiram literatura específica, *e.g.*, Koste & Shiel (1986), Koste (1978) e Segers (1995). Segers (2007) foi utilizado para elucidar a nomenclatura dos táxons. Devido ao método de fixação das amostras, alguns espécimes de *Bdelloidea* foram identificados em gênero, os demais foram identificados em classe. As novas ocorrências de Rotifera para o estado da Bahia foram baseadas em Rocha et al. (2022).

Análise de Dados

A Análise de Componentes Principais (PCA) (Zurr et al. 2010) foi realizada com a finalidade de caracterizar as lagoas (S1 a S11) e os níveis de precipitação (HR e LR) a

partir das variáveis abióticas e avaliar a variabilidade das mesmas.

As variáveis abióticas (precipitação, oxigênio dissolvido, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, clorofila *a*, nitrogênio inorgânico dissolvido, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, e fósforo inorgânico dissolvido) foram submetidas à verificação de normalidade de Shapiro-Wilks (Shapiro & Wilk 1965) e homocedasticidade de Levene (Levene 1961). No caso de aceitação desses pressupostos análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para testar estatísticas significativas das variáveis abióticas entre as lagoas, os níveis de precipitação e as interações lagoas vs níveis de precipitação. Quando detectadas diferenças, as mesmas foram localizadas utilizando-se o teste de Tukey (Tukey 1949).

A abundância ($\text{Ind} \cdot \text{L}^{-1}$), biomassa ($\mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) e frequência de ocorrência (FO%) de cada táxon foram determinados.

A abundância e biomassa totais foram submetidas à verificação de normalidade de Shapiro-Wilks (Shapiro & Wilk 1965) e homocedasticidade de Levene (Levene 1961). No caso de aceitação desses pressupostos, análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para verificar estatísticas significativas desses dados da assembleia entre as lagoas (S1 a S11), os níveis de precipitação (HR e LR) e as interações lagoas vs níveis de precipitação.

A riqueza de espécies e os índices de Diversidade de Shannon (H') (Shannon 1948), Equitabilidade de Pielou (J') (Pielou 1966) e Dominância de Berger-Parker (D) (Berger & Parker 1970) foram calculados para avaliar aspectos estruturais da assembleia. Para testar as evidências de estatísticas significativas dos valores desses atributos da assembleia de Rotifera entre as lagoas (S1 a S11) e os níveis de precipitação (HR e LR), foi realizado Teste *t* de Hutcheson (Legendre & Legendre 2012).

A determinação das espécies indicadoras para as lagoas (S1 a S11) e os níveis de precipitação (HR e LR) foi avaliada com base no IndVal (Dufrêne & Legendre 1997). Este índice aponta qual táxon tem especificidade ou fidelidade a um tipo de ambiente, sendo sua presença e abundância usada para indicar aquele determinado ambiente, ou período de amostragem.

A análise multivariada de semelhanças (ANOSIM), baseado na matriz de (dis)similaridade de Bray-Curtis, foi usada para testar diferenças estatísticas entre os grupos amostrais, considerando todos os táxons nos grupos espacial (S1 a S11) e sazonal (HR e LR). A representação gráfica da (dis)similaridades entre grupos foi obtido através do gráfico de ordenação nMDS (Escalonamento multidimensional não-métrico), com base

na matriz de (dis)similaridade de Bray-Curtis (Legendre & Legendre 2012). A nMDS é uma análise multivariada de ordenação, cujo objetivo é observar a (dis)similaridade da composição de espécies, com base na distância entre matrizes (Legendre & Legendre 2012).

Para uma análise da influência das variáveis abióticas sobre a abundância dos Rotífera, foi realizado uma Análise de Redundância (RDA), um método que mescla regressão e análise de componentes principais (PCA), para análise conjunta de variáveis bióticas e abióticas em um gráfico de associação (Legendre & Legendre 1998).

As concentrações de nutrientes que tiveram valores negativos, isto é, com valor menor que o limite de detecção ($< DL$), foram substituídas por zero para as análises.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R 4.0.5 (R Development Core Team 2021). Sendo utilizados os pacotes: ‘stats’ (Teste de Shapiro-Wilks, ANOVA, Teste de Tukey, PCA; R Development Core Team 2021) e ‘lawstat’ (Teste de Levene; Gastwirth et al. 2017), ‘devtools’ (ordenamento e visualização de gráficos; Wickham et al. 2021), ‘ggord’ (ordenamento e visualização de gráficos; Beck 2020), ‘diverse’ (índices ecológicos; Guevara et al. 2016), ‘ecolTest’ (Hutcheson Teste t; Salinas & Ramirez-Delgado 2021), ‘labdsv’ (Indval; Roberts 2019) e ‘vegan’ (demais procedimentos de padronização, concatenação e análises; Oksanen et al. 2020).

Resultados

A análise de componentes principais (PCA) (PC1 = 29,32%; PC2 = 19,91%; PC3 = 13,46%) revelou que as lagoas compartilham maior parte de sua variação, não sendo possível identificar a tendência de agrupamentos. Entretanto, é possível notar que algumas lagoas possuem variação ambiental mais ampla, como por exemplo, S5 a S8 e S11 (maior área dos polígonos observados), enquanto as demais apresentam menor amplitude de variação de dados (variam ambientalmente menos ao longo do período de estudo). Padrão similar também pode ser observado nos gráficos envolvendo PC1 vs PC3 e PC2 vs PC3 (Fig. 2).

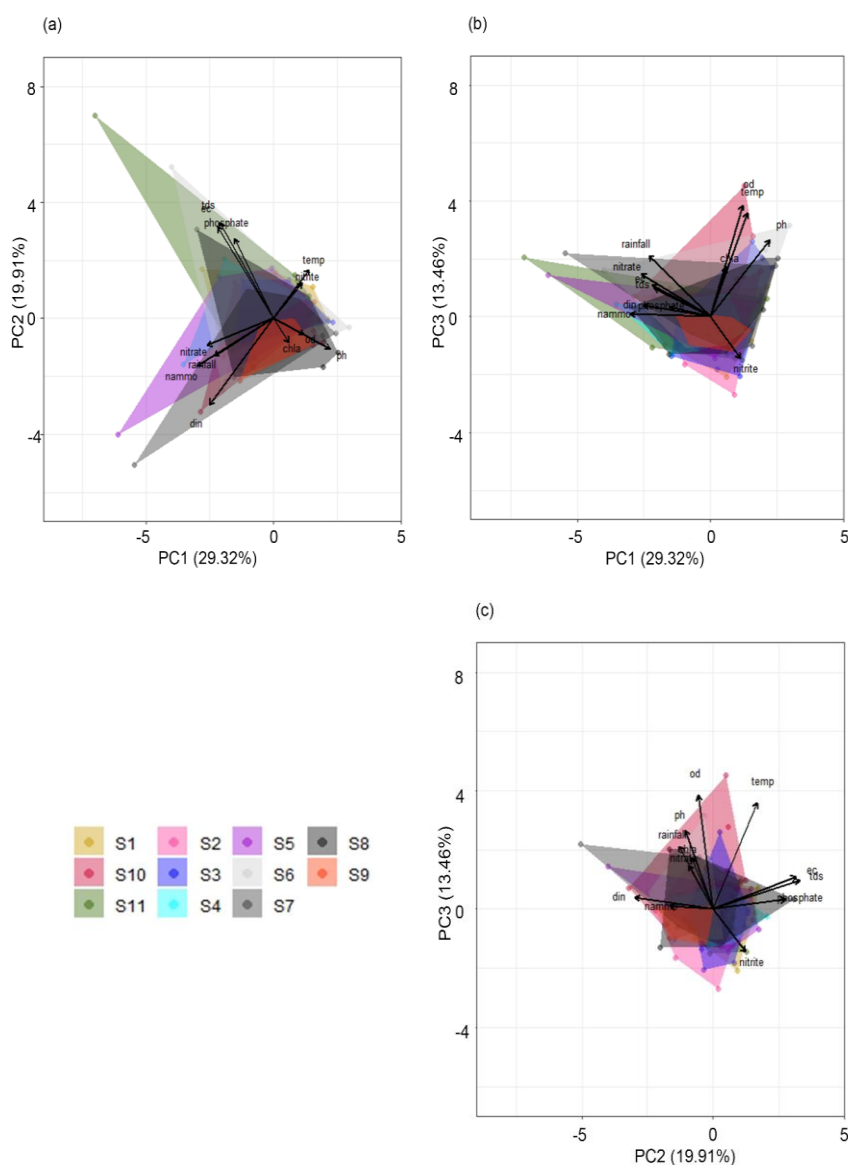


Fig. 2 Variação espacial das variáveis abióticas das lagoas costeiras ácidas rasas do Sistema Abaeté sumarizadas pela análise de componentes principais (PCA). **a** PC1 vs PC2, **b** PC1 vs PC3 e **c** PC2 vs PC3. od: oxigênio, tds: sólidos totais dissolvidos, ec: condutividade elétrica, temp: temperatura, chl-a: clorofila *a*, din: nitrogênio inorgânico dissolvido, nammo: N-amoniaco.

Entretanto, durante o estudo as variáveis abióticas apresentaram diferenças significativas espacial e/ou sazonal, exceto a temperatura da água e o fósforo inorgânico dissolvido. A temperatura da água variou de 24,30 a 29,70 °C, e não apresentou diferença significativa entre as lagoas e os níveis de precipitação (ANOVA, $p > 0,05$). O fósforo variou de 0 a 38,48 μM , e também não apresentou diferença significativa espacial nem sazonal (ANOVA, $p > 0,05$). Além disso, nenhuma variável abiótica apresentou interação significativa entre os fatores (espacial vs sazonal; ANOVA-fatorial, $p > 0,05$).

Por outro lado, algumas variáveis abióticas apresentaram valores significativamente diferentes sazonalmente (Fig. 3). A precipitação variou de 62,60 a 295,20 mm, com diferença significativa apenas sazonal (ANOVA, $p < 0,05$) (Fig. 3a). O pH variou de 2,85 a 8,14, e foi significativamente maior em LR (ANOVA, $p < 0,05$) (Fig. 3b). Ao passo que o nitrogênio amoniacal, que variou de 0 a 30,67 μM (Fig. 3c) foi mais elevado em HR, de maneira significativa (ANOVA, $p < 0,05$), bem como o nitrato, que variou de 0 a 44,36 μM (Fig. 3d) (ANOVA, $p < 0,05$) e o nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN), que variou de 0 a 63,27 μM (Fig. 3e) (ANOVA, $p < 0,05$).

Espacialmente, a concentração de clorofila *a* variou de 0 a 140,62 mg L^{-1} , e apresentou estatística significativa (ANOVA, $p = 0,017$), sendo apenas uma comparação par-a-par significativa (Tukey teste, $p < 0,05$) (Fig. 4a). O nitrito variou de 0 a 2,14 μM , e apresentou diferença significativa entre as lagoas (ANOVA, $p = 0,004$), sendo estatísticas significativas para dois grupos (Tukey teste, $p < 0,05$) (Fig. 4b).

O oxigênio dissolvido (OD) variou de 3,20 a 27,70 mg L^{-1} (Fig. 5a), e apresentou diferença significativa entre as lagoas (ANOVA, $p < 0,001$), e 8 combinações par-a-par significativas entre as lagoas (Tukey teste, $p < 0,005$), além de diferença significativa sazonal (ANOVA, $p < 0,005$) (Figs. 5a e 5d).

A condutividade elétrica (EC) variou de 57,19 a 600 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Fig. 5b), apresentando o mesmo padrão que OD. A EC apresentou estatísticas significativa espacial (ANOVA, $p < 0,001$), o teste de Tukey revelou 6 combinações par-a-par que apresentaram diferenças significativas (Tukey teste, $p < 0,005$), e apresentou, ainda, diferença estatística sazonal (ANOVA, $p < 0,003$) (Figs. 5b e 5d).

Sólidos totais dissolvido (TDS) variou de 26,80 a 330,90 mg L^{-1} (Fig. 5c), apresentando o mesmo padrão que OD e EC. TDS apresentou estatística significativa espacial (ANOVA, $p < 0,001$), o teste de Tukey revelou 6 combinações par-a-par que apresentaram diferenças significativas (Tukey teste, $p < 0,005$), além de diferença estatística sazonal (ANOVA, $p < 0,003$) (Figs. 5c e 5d).

A descrição detalhada das variáveis abióticas é apresentada no material suplementar S1.

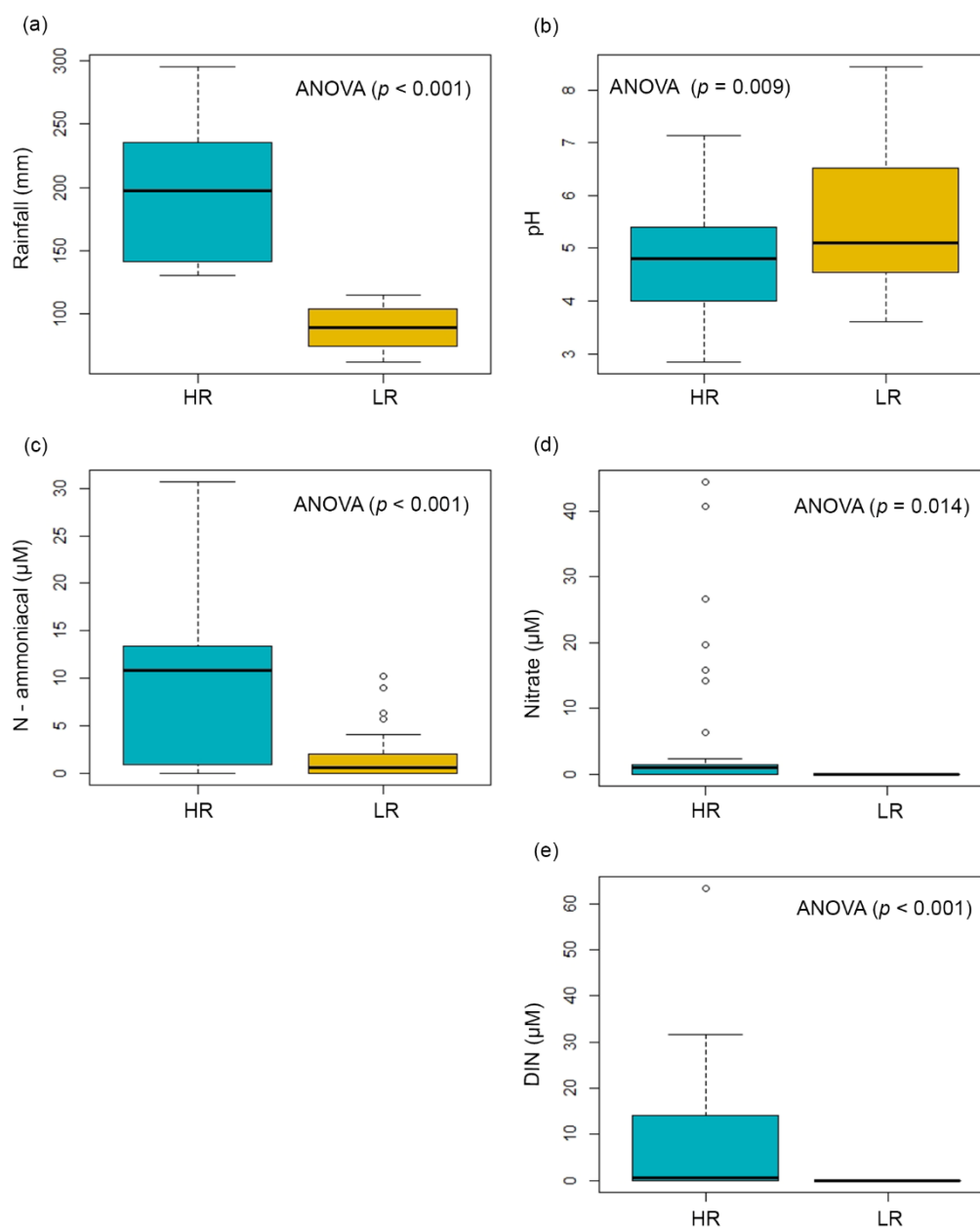


Fig. 3 Variáveis abióticas, **a** precipitação, **b** pH, **c** N – amoniacal, **d** nitrato, e **e** DIN que apresentaram estatísticas significativa sazonal, entre os níveis de precipitação (HR: alta precipitação e LR: baixa precipitação) nas lagoas costeiras do Sistema Abaeté.

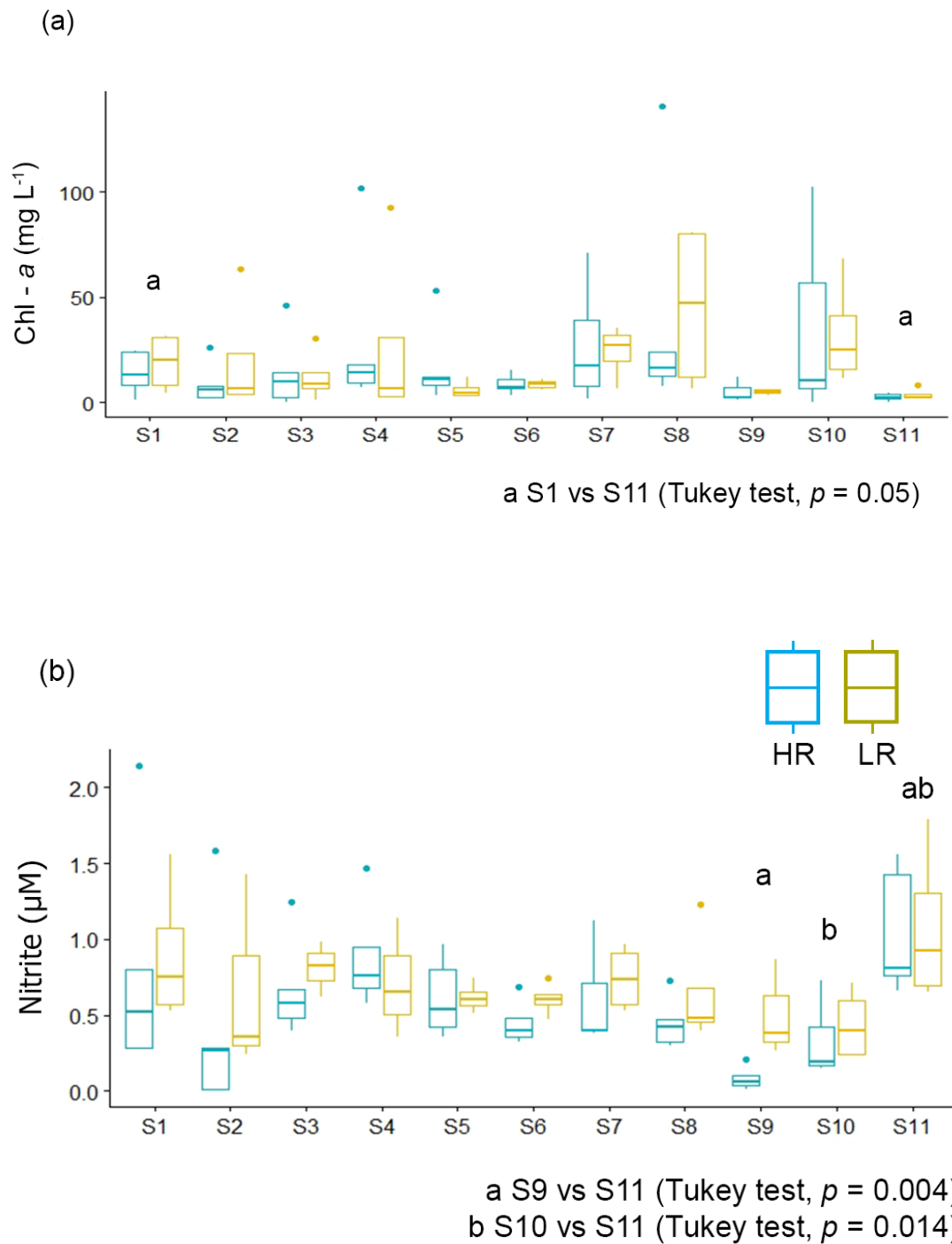


Fig. 4 Variáveis abióticas, **a** Chl - *a* e **b** nitrito, que apresentaram estatísticas significativas espacial, entre as lagoas costeiras do Sistema Abaeté (S1 a S11). Comparações estatísticas foram realizadas entre os grupos (lagoas) e letras sobrescritas indicam resultados significativos (Tukey teste, $p < 0,05$).

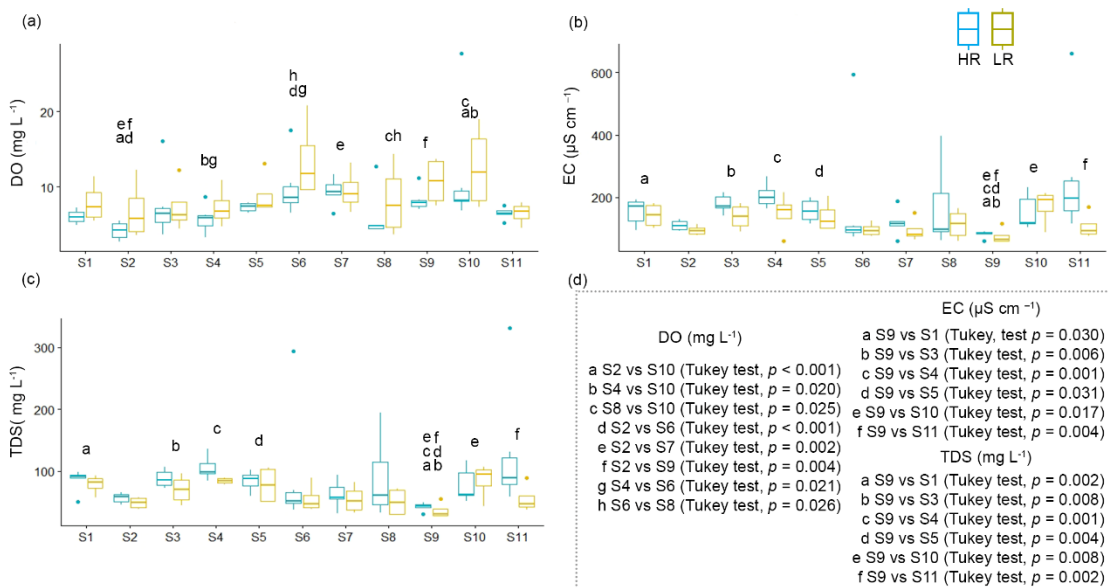


Fig. 5 Variáveis abióticas **a** DO, **b** EC e **c** TDS que apresentaram diferenças significativas espacial e temporal nas lagoas costeiras do Sistema Abaeté. Comparação estatísticas foi realizado entre os sítios grupos (lagoas), letras sobrescritas indicam estatísticas significativas (Tukey teste, $p < 0,05$), **d** Valores do teste de Tukey para as diferenças significativas dos grupos de cada variável

A assembleia de Rotifera (Fig. 6) foi representada por 84 táxons, incluindo uma possível espécie nova, distribuídos em 16 famílias e 24 gêneros. Lecanidae foi a mais representativa (48 táxons) (57,14%). Foram registradas 49 novas ocorrências de Rotifera para o estado da Bahia, representando 58,33% dos registros; entretanto, todos os 84 táxons são novos registros de lagoas costeiras para o estado da Bahia.

As espécies com frequência de ocorrência $\geq 50\%$ foram *Lepadella* (L.) *patella* *patella* (50%), *Lecane lunaris* (59,09%) e *Lecane bulla* (61,82%). Um total de 20 táxons apresentaram FO% $< 50\%$ e 60 táxons com FO $< 10\%$. *Lecane boettigeri* representa a terceira ocorrência no território brasileiro. A descrição da composição dos táxons em todas as lagoas, ao longo do período de estudo, é apresentada no material suplementar S2.

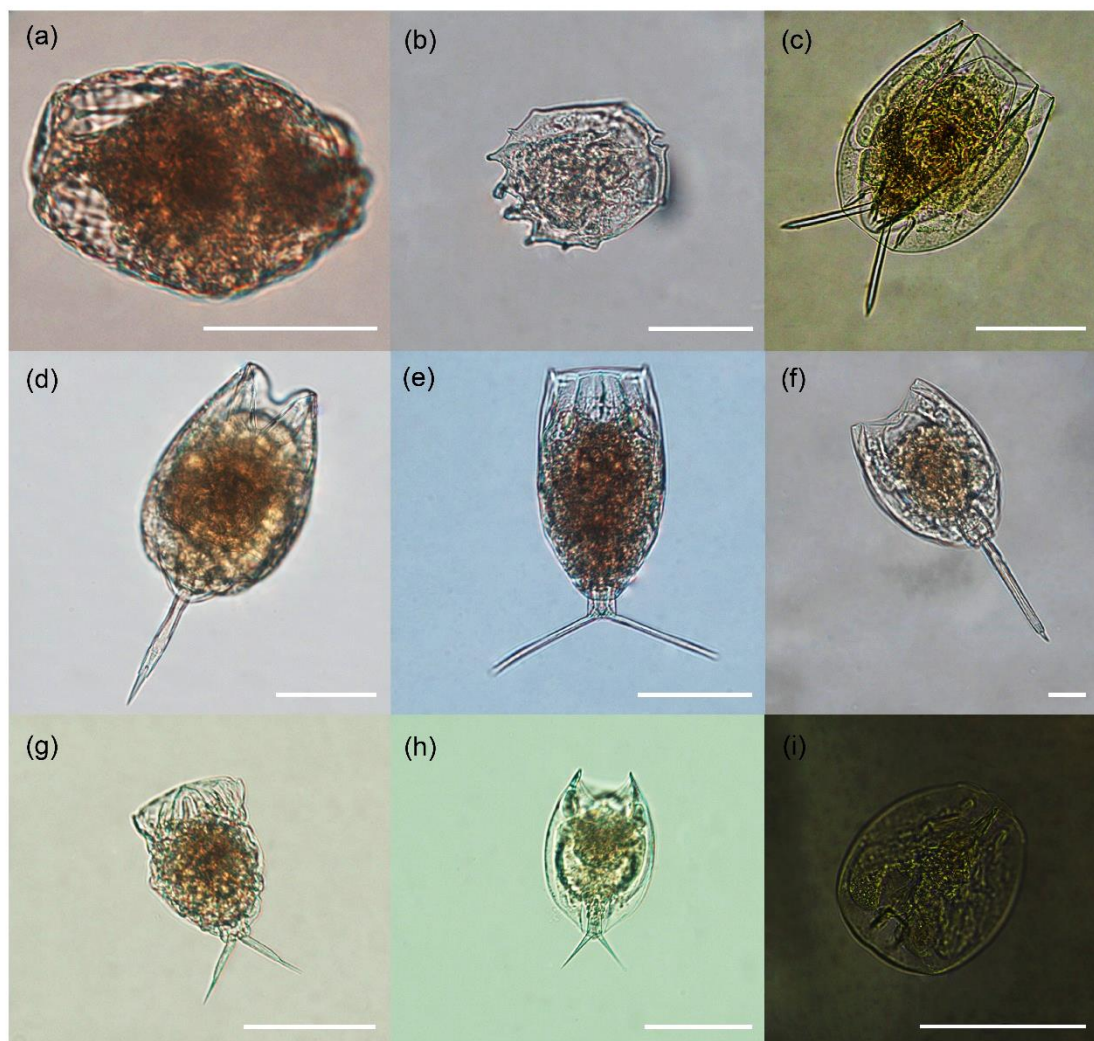


Fig. 6 Alguns táxons de Rotifera que foram registrados nas lagoas costeiras ácidas rasas do Sistema Abaeté. **a** Bdelloidea, **b** *Brachionus dolabratus*, **c** *Dipleuchlanis propatula*, **d** *Lecane bulla*, **e** *Lecane pertica*, **f** *Lecane lunaris*, **g** *Lecane stichoclystia*, **h** *Lepadella patella patella*, **i** *Testudinella incisa*. Barra de escala: **a – b**: 50 μm , **c**: 100 μm , **d**: 50 μm , **e**: 20 μm , **f – h**: 50 μm e **i**: 100 μm

A abundância total de Rotifera no Sistema Abaeté variou de 0,05 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$ a 101,38 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$ (Fig. 7a). Entretanto, a abundância média nas lagoas costeiras variou de 0,45 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$ a 14,90 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$. A lagoa S8 apresentou a abundância mais acentuada (valor médio 14,90 $\pm$ 30,72 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$), seguida por S7 (valor médio 8,04 $\pm$ 8,25 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) e S1 (valor médio 5,71 $\pm$ 4,05 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$). Entretanto, não foi observada diferenças significativas da abundância entre as lagoas (ANOVA, $p = 0,097$). Quando comparado os níveis de precipitação, a abundância foi mais elevada em HR (valor médio 5,74 $\pm$ 12,93 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) do que em LR (valor médio 2,96 $\pm$ 2,85 $\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$); entretanto, também não foi registrada diferença significativa entre os níveis de precipitação (ANOVA, $p = 0,177$).

Quando analisado a abundância média de Rotífera a partir das interações (lagoa e níveis de precipitação), os valores mais acentuados da abundância foram constatados nas lagoas S8 e S7 em HR (valor médio $22,38 \pm 38,91 \text{ Ind} \cdot \text{L}^{-1}$ e valor médio $11,66 \pm 8,81 \text{ Ind} \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente), seguido por S1 em LR (valor médio $5,86 \pm 84,27 \text{ Ind} \cdot \text{L}^{-1}$); no entanto, o número de organismos não diferiu significativamente entre as interações (ANOVA-fatorial, $p = 0,547$).

As espécies com maiores médias de abundância foram *L. bulla*, *L. lunaris*, *Lecane robertsonae*, *Monommata maculata*, *Filinia opoliensis* e *Lecane signifera* (em ordem decrescente) (Tabela S2).

A biomassa total de Rotífera no Sistema Abaeté variou de $0,001 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$ a $0,531 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$ (Fig. 7b). Entretanto, a biomassa média de Rotífera nas lagoas costeiras variou de $0,002 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$ a $0,087 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$. Apesar da variação da biomassa não apresentar o mesmo padrão da abundância nas lagoas costeiras, as mesmas lagoas (S1, S7 e S8) tiveram os valores mais acentuados desses atributos. A lagoa S1 apresentou a biomassa mais acentuada (valor médio $0,087 \pm 0,137 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$), seguida por S8 (valor médio $0,080 \pm 0,161 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) e S7 (valor médio $0,066 \pm 0,074 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$). Além disso, assim como para a abundância total, não foram verificadas diferenças significativas entre as lagoas (ANOVA, $p = 0,137$). Quando comparado os níveis de precipitação, valores de biomassa mais acentuados foram constatados no HR (valor médio $0,042 \pm 0,080 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) do que LR (valor médio $0,033 \pm 0,073 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) (Fig. 7b), também não foram verificadas diferenças de biomassa significativas entre os níveis de precipitação (ANOVA, $p = 0,576$).

Quando analisado a biomassa a partir interações (lagoa e níveis de precipitação), os valores mais acentuados da biomassa foram observados na lagoa S1 em LR (valor médio $0,138 \pm 0,217 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$), seguido por S8 e S7 em HR (valor médio $0,124 \pm 0,201 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$ e valor médio $0,098 \pm 0,081 \mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente), entretanto não houve estatísticas significativas (ANOVA-fatorial, $p = 0,317$).

As espécies com maiores médias de biomassa foram *L. bulla*, *L. lunaris*, *F. opoliensis*, *Testudinella dendadrena*, *L. robertsonae* e *L. signifera* (em ordem decrescente) (Tabela S2).

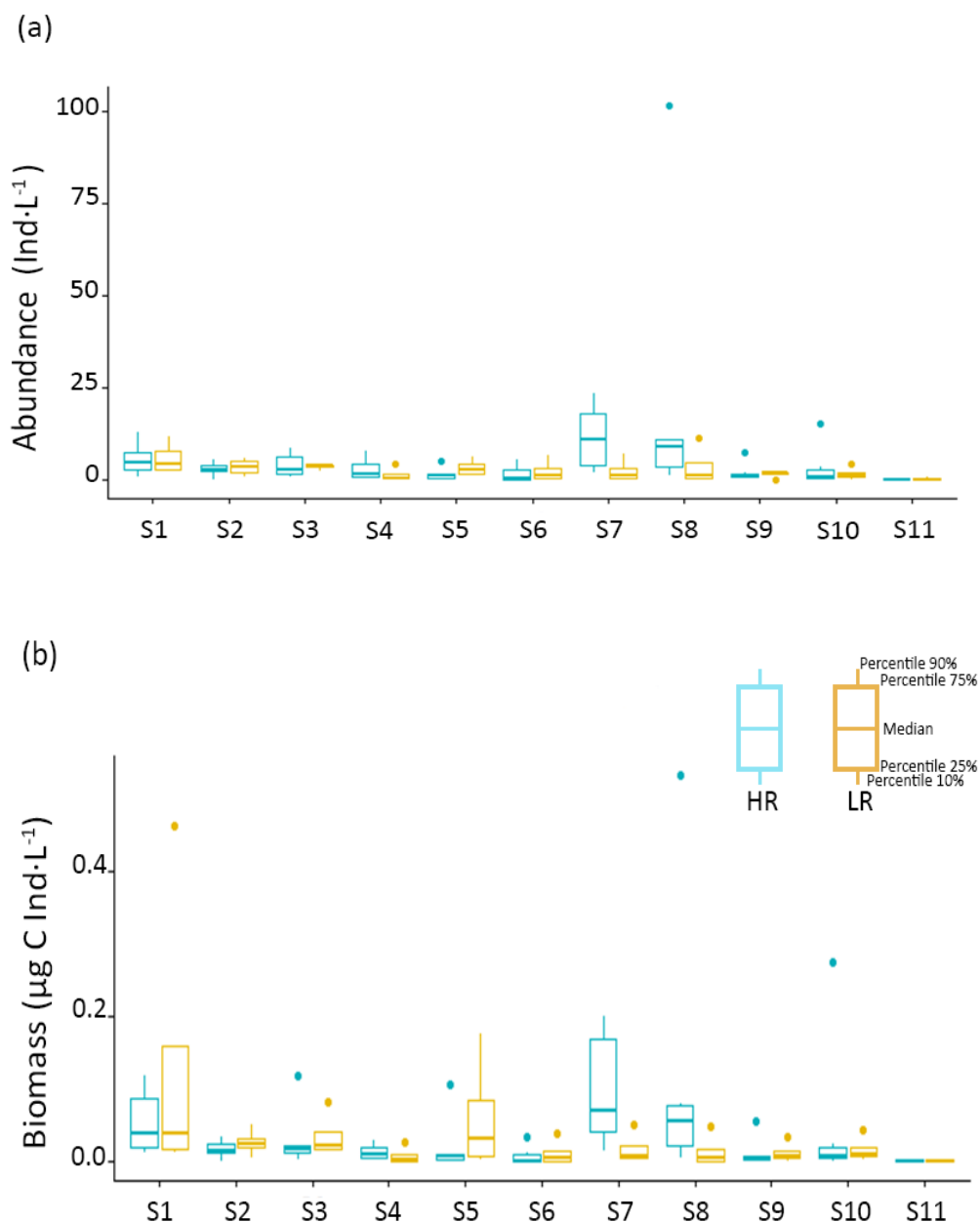
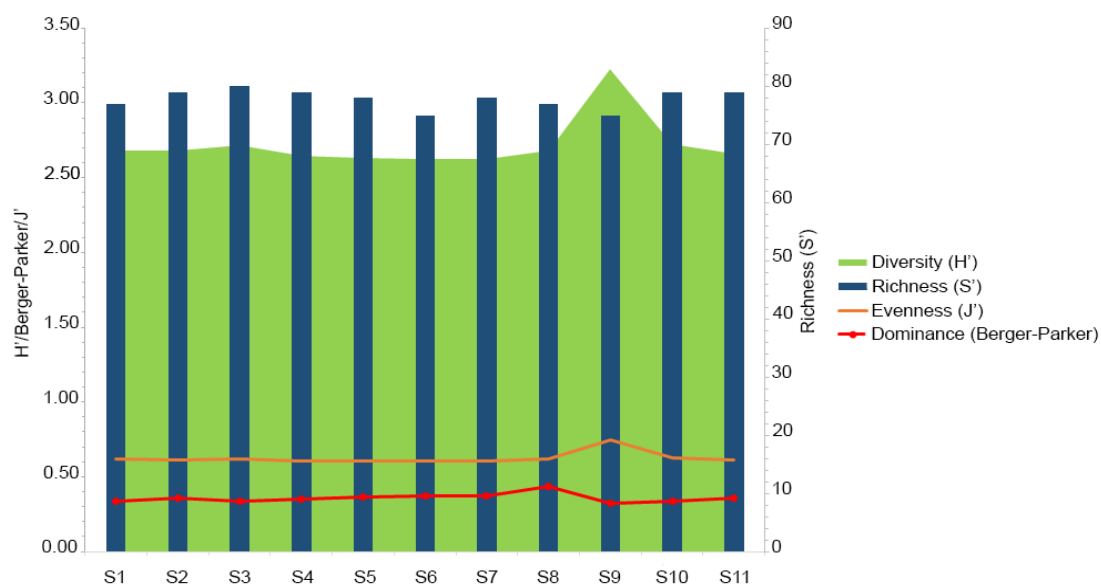


Fig. 7 a Abundância (Ind·L⁻¹) e **b** Biomassa (µg C Ind·L⁻¹) de Rotifera nas lagoas costeiras ácidas tropical (S1 a S11) e nos níveis de precipitação (HR: alta precipitação e LR: baixa precipitação).

A riqueza de espécies nas lagoas costeiras foi maior na lagoa S3 e menor nas lagoas S6 e S9 (Fig. 8a), embora os valores não diferiram significativamente entre as lagoas (Teste t de Hutcheson, $p > 0,05$) (Tabela 2). O índice de diversidade (H') e a equitabilidade também foram maiores na lagoa S9 (Fig. 8a), apresentando diferenças significativas das demais (Teste t de Hutcheson, $p < 0,05$) (Tabela 2). Por outro lado, a dominância (Berger-Parker) foi menor na lagoa S9 e maior na lagoa S8 (Fig. 8a), embora os valores não diferiram significativamente (Teste t de Hutcheson, $p > 0,05$) (Tabela 2).

Quanto a sazonalidade, a riqueza de espécies e a dominância (Berger-Parker) foram maiores no HR, enquanto que a maior a diversidade de espécies (H') e equitabilidade (J') foram maiores em LR (Fig. 8b). Apenas a diversidade de espécies diferiu significativamente entre os níveis de precipitação (Teste t de Hutcheson, $p < 0,05$).

(a)



(b)

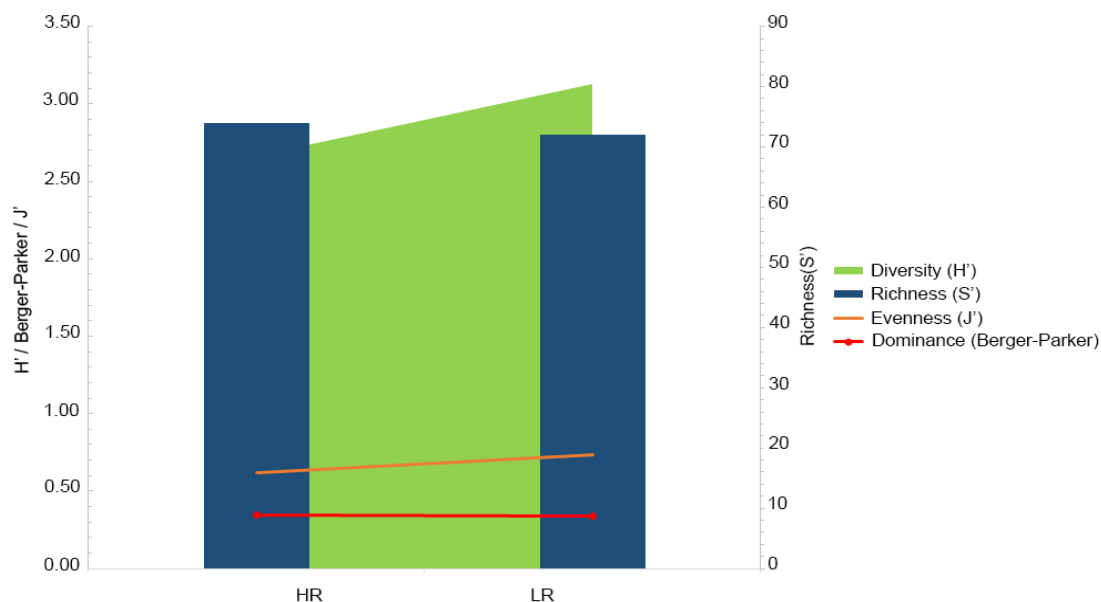


Fig. 8 Riqueza (S') e índices de diversidade (H' / Berger-Parker / J'), **a** nas lagoas costeiras (S1 a S11) do Sistema Abaeté e **b** nos níveis de precipitação (HR: alta precipitação e LR: baixa precipitação).

Tabela 2 Teste t de Hucheson da riqueza (S') e índices de diversidade (H', J' e D) entre a lagoa S9 e as demais. As estatísticas significativas entre as lagoas estão em destaque. I: índices

I	S1	S9	<i>p</i>	I	S2	S9	<i>p</i>	I	S3	S9	<i>p</i>	I	S4	S9	<i>p</i>	I	S5	S9	<i>p</i>
S'	77	75	0.9932	S'	79	75	0.9585	S'	80	75	0.9142	S'	79	75	0.8987	S'	78	75	0.9418
H'	2.681	3.224	0.0015	H'	2.683	3.224	0.0011	H'	2.717	3.224	0.0028	H'	2.649	3.224	0.0008	H'	2.631	3.224	0.0002
J'	0.6172	0.7467	0.0105	J'	0.6141	0.7467	0.0077	J'	0.62	0.7467	0.0127	J'	0.6062	0.7467	0.0021	J'	0.604	0.7467	0.0014
D	0.34	0.319	0.7311	D	0.3543	0.319	0.4984	D	0.3362	0.319	0.8157	D	0.3517	0.319	0.5552	D	0.3634	0.319	0.4235
I	S6	S9	<i>p</i>	I	S7	S9	<i>p</i>	I	S8	S9	<i>p</i>	I	S9	S10	<i>p</i>	I	S9	S11	<i>p</i>
S'	75	75	1	S'	78	75	0.9327	S'	77	75	0.918	S'	75	79	0.9616	S'	75	79	0.9502
H'	2.624	3.224	0.0003	H'	2.623	3.224	0.0002	H'	2.678	3.224	0.0011	H'	3.224	2.723	0.0036	H'	3.224	2.661	0.0008
J'	0.6077	0.7467	0.0022	J'	0.6022	0.7467	0.0009	J'	0.6166	0.7467	0.007	J'	0.7467	0.6232	0.0136	J'	0.7467	0.6089	0.0053
D	0.3706	0.319	0.3612	D	0.3694	0.319	0.3641	D	0.437	0.319	0.0524	D	0.319	0.339	0.7425	D	0.319	0.3561	0.4993

A análise de espécies indicadoras (IndVal) revelou os táxons *L. lunaris*, *Macrochaetus collinsii*, *Lecane pertica* e *Lecane leontina* para a lagoa S1; *Brachionus falcatus* para S2; *Rotaria* spp. para S4; *Monommata actices* e *Colurella adriatica* para a lagoa S5; *L. bulla* para S9; *Lecane closterocerca* para S10; *Trichocerca pusilla* e *Lecane ludwigii* para S11 (soma de probabilidades = 39,65; valores indicadores significantes = 3,2; indicadores significantes = 12; $p < 0,05$). Por outro lado, nenhum táxon foi indicado para as lagoas S3, S6, S7 e S8 (Tabela 3).

Para a sazonalidade, os seguintes táxons foram caracterizados como indicadores: *L. bulla*, *L. robertsonae*, *Rotaria* spp. e *Lepadella (Lepadella) quadricarinata* para HR; enquanto as espécies *Trichocerca similis*, *Lecane nelsoni*, *B. falcatus* e *Lecane crepida* foram indicadas para LR (soma de probabilidades = 42,56; valores indicadores = 1,61; indicadores significantes = 8; $p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 Análise das espécies indicadoras (IndVal) para os fatores: espacial e sazonal. HR: alta precipitação e LR: baixa precipitação

Taxa	Factor	IndVal (%)	<i>p</i>
<i>Lecane lunaris</i>	Spatial-S1	29.78	0.01
<i>Macrochaetus collinsii</i>	Spatial-S1	28.89	0.018
<i>Lecane pertica</i>	Spatial-S1	24.92	0.003
<i>Lecane leontina</i>	Spatial-S1	23.94	0.022
<i>Brachionus falcatus</i>	Spatial-S2	43.18	<0.001
<i>Rotaria</i> spp.	Spatial-S4	17.03	0.04
<i>Monommata actices</i>	Spatial-S5	23.84	0.006
<i>Colurella adriatica</i>	Spatial-S5	15.76	0.04
<i>Lecane bulla</i>	Spatial-S9	42.78	0.005
<i>Lecane closterocerca</i>	Spatial-S10	35.53	0.022
<i>Trichocerca pusilla</i>	Spatial-S11	18.67	0.029
<i>Lecane ludwigii</i>	Spatial-S11	15.38	0.04
<i>Lecane bulla</i>	Seasonal-HR	52.01	0.041
<i>Lecane robertsonae</i>	Seasonal-HR	22.4	0.008
<i>Rotaria</i> spp.	Seasonal-HR	15.15	0.011
<i>Lepadella (Lepadella) quadricarinata</i>	Seasonal-HR	11.58	0.036
<i>Trichocerca similis</i>	Seasonal-LR	27.95	0.029
<i>Lecane nelsoni</i>	Seasonal-LR	11.71	0.03
<i>Brachionus falcatus</i>	Seasonal-LR	11.4	0.04
<i>Lecane crepida</i>	Seasonal-LR	9.09	0.024

Na investigação da composição da assembleia de Rotífera, a análise nMDS (Stress teste = 0,33), considerando o espaço, apresentou uma tendência de três agrupamentos para algumas lagoas, resultado refinado pela análise de (dis)similaridade (Permutações = 9999, $R = 0,17$, $p < 0,05$). Em geral, as lagoas mais dissimilares foram S10 e S11, seguidas de S1, S4, S6 e S5, enquanto que S7, S8 e S9 são as mais similares (Fig. 9a). Por outro lado, a análise de nMDS descrevendo a sazonalidade (Stress teste = 0,33) apontou uma dissimilaridade entre os níveis de precipitação, resultado corroborado pela análise de (dis)similaridade (Permutações = 9999, $R = 0,008$, $p = 0,58$) (Fig. 9b).

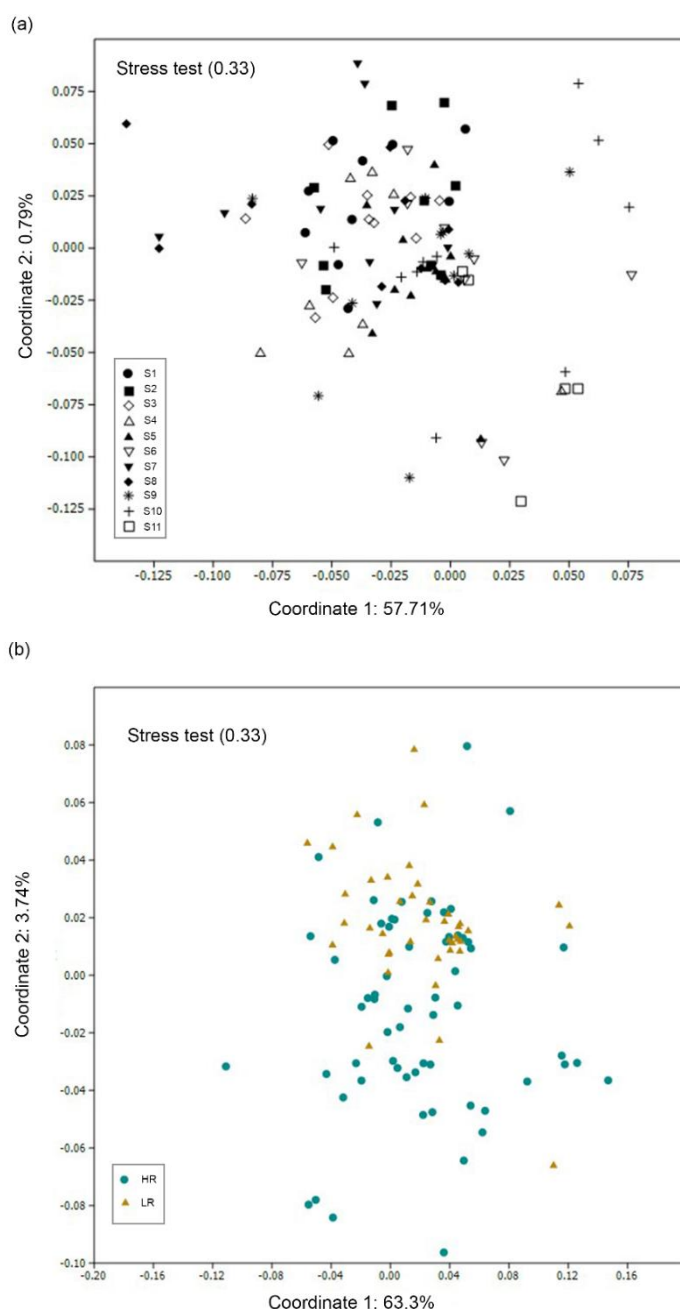


Fig. 9 Gráfico de Ordenação nMDS (índice de (dis)similaridade de Bray-Curtis) visualizando a estrutura da assembleia de Rotífera nas lagoas costeiras ácidas rasas do Sistema Abaeté. As amostras foram agrupadas, **a** espacial e **b** sazonal (HR: alta precipitação e LR: baixa precipitação).

A análise de redundância (RDA), aplicada a assembleia de Rotifera e variáveis abióticas, indicou que os dois primeiros eixos de ordenação explicaram 40,08% da variação total dos resultados. Entre as variáveis explicativas, nitrato e nitrito (nitrogênio inorgânico dissolvido) e fosfato (fósforo inorgânico dissolvido) foram os que mais influenciaram a assembleia de Rotifera ($p < 0,05$) (Fig. 10).

Na RDA, Bdelloidea apresentou relação positiva com as variáveis pH, temperatura, oxigênio dissolvido e nitrogênio inorgânico dissolvido, entretanto, *B. falcatus* apresentou relação positiva com essas três últimas variáveis. *L. lunaris*, *L. (L.) patella patella*, *L. pertica*, *T. pusilla* e *T. similis* apresentaram associação negativa com as variáveis nitrato, nitrito e fosfato e, com menor força sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. *T. pusilla* ainda apresentou relação positiva com clorofila *a*. *Lecane quadridentata* e *Filinia opoliensis* apresentaram relação positiva com as variáveis nitrato, nitrito, fosfato sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. As demais espécies não citadas, estão próximas ao centro de origem do gráfico, uma condição de espécies generalistas. Clorofila *a* e N-amoniacal apresentaram fraca associação com as espécies mais especialistas (Fig. 10).

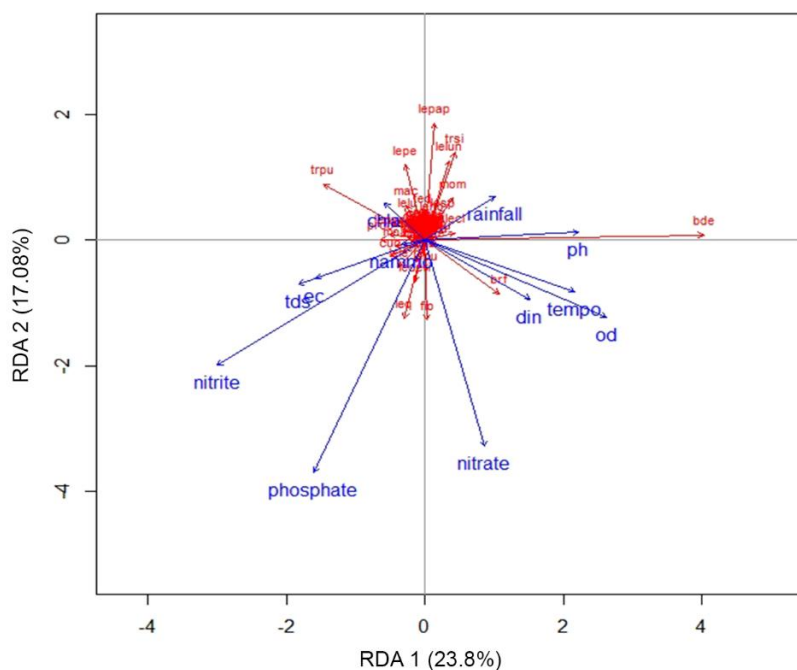


Fig. 10 Análise de Redundância (RDA) relacionando as variáveis abióticas e a assembleia de Rotifera das lagoas costeiras ácidas rasas do sistema Abaeté. od: oxigênio, tds: sólidos totais dissolvidos, ec: condutividade elétrica, tempo: temperatura, chl a: clorofila *a*, din: nitrogênio inorgânico dissolvido, nammo: N-amoniacal. bde: Bdelloidea, brf: *Brachionus falcatus*, lepap: *Lepadella (Lepadella) patella patella*, lepe: *Lecane pertica*, trpu: *Trichocerca pusilla*, trsi: *Trichocerca similis*, lelun: *Lecane lunaris*, mac: *Macrochaetus collinsii*, leq: *Lecane quadridentata*, fio: *Filinia opoliensis*. As demais espécies não citadas, estão próximas ao centro de origem do gráfico, uma condição de espécies generalistas.

Discussão

A composição taxonômica descrita no presente estudo (84 táxons) é típica da assembleia de Rotifera de água doce em região tropical (Bonecker et al. 2005; Maia -Barbosa et al. 2014; Rocha et al. 2021; 2022; Phan et al. 2021), sendo, portanto, representativa quando comparada com os 250 táxons de Rotifera descritas para a região tropical (Segers 2008), como também com os 155 táxons observados para o estado da Bahia. Adicionalmente, essa riqueza é maior que em outros estudos de ambiente com condições ambientais similares: 42 táxons (Branco et al. 2005), 52 táxons (Branco et al. 2007) e 54 táxons (Branco et al. 2008).

Um fator considerável para a riqueza de Rotifera no presente estudo é o uso do tamanho da malha na amostragem desses metazoários em ecossistemas límnicos tropicais, ou seja, 20 µm. Nos estudos de Branco et al. (2005; 2007; 2008), Santagelo et al. (2007), Souza et al. (2011) e Yalim et al. (2011) as amostragens foram realizadas com rede de malha de 55 µm e 68 µm. Rocha et al. (2021) estudando riqueza, abundância e biomassa de Rotifera em ecossistema límnicos tropical observaram que a riqueza de Rotifera pode ser subestimada cerca de 23,2% ao ser utilizado um tamanho de malha superior, *e.g.*, 65 µm.

Os resultados obtidos contrapõem aos dados da literatura, no qual argumentam que lagos rasos e lagoas costeiras apresentam baixo índice de riqueza de Rotifera, atribuindo esse fator, especialmente, pela influência da diminuição da variação de habitat causado pelas atividades antrópicas, como também pelo influxo marinho (Branco et al. 2005). Entretanto, as lagoas costeiras em estudo localizam-se em uma APA, favorecendo a baixa influência antrópica nesse ecossistema, além de serem caracterizadas como corpos de água límnicos, essas características podem ter contribuído com a riqueza expressiva de Rotifera nesse sistema.

Lecanidae foi a família mais representativa nas lagoas estudadas, sendo também considerada uma das mais expressivas em ambientes límnicos tropicais e subtropicais (Rocha et al. 1995; Trinh-Dang et al. 2019; Phan et al. 2021). Lecanidae é uma família representada por um único gênero, e a dominância de *Lecane* em ambientes de água doce em região tropical tem sido observada (Lansac-Tôha et al. 1997; Aoyogui & Bonecker 2004; Phan et al. 2021). No entanto, é considerado como um gênero não verdadeiramente planctônico (Borges & Pedrozo 2009), e diversos estudos relatam a ocorrência desse gênero associado a macrófitas aquáticas (Duggan et al. 2001; Kuczynska-Kippen 2009), com elevada contribuição para riqueza e abundância de espécies (Kuczynska-Kippen 2000; Green 2003). Nas lagoas estudadas, *Lecane bulla* e *Lecane*

lunaris foram as espécies mais representativas – tanto na abundância, biomassa, frequência de ocorrência e indicadores de condição ambiental.

Lecane bulla e *L. lunaris* são cosmopolitas (Segers 1995), consideradas umas das espécies mais frequentes em lagoas costeiras tropicais (Branco et al. 2005; 2007; Benítez-Díaz Mirón et al. 2014). *L. bulla* é uma espécie eurialina, foi registrada na água doce, salobra e salgada (Koste 1978).

Macrófitas do tipo anfíbias, emergentes, submersa livre e fixas, flutuantes livres e fixas foram observadas ao longo do estudo no Sistema Abaeté, *e.g.*, a lagoa Camarão apresentou predomínio de macrófitas submersas da família Characea. *Eleocharis interstincta* foi predominante na lagoa Junco, macrófita do tipo emergente com excelente propagação vegetativa que facilmente estabelece populações homogêneas tornando-se rapidamente infestante (Gomes & Aoki 2015). Outras macrófitas, como: *Nymphoides humboldtiana* (Menyanthaceae), *Utricularia foliosa* (Lentibulariaceae), *Salvinia auriculata* (Salviniaceae) e *Typha domingensis* também foram observadas durante o estudo. Dessa forma, as macrófitas aquáticas pode ter favorecido a presença constante de formas litorâneas em plâncton limnético, como já constatado em outros estudos (Duggan et al. 2001; Kuczynska-Kippen 2000; Green 2003).

Além da influência das macrófitas aquáticas, outros fatores ambientais podem ter favorecido a abundância de outras espécies, *e.g.*, o pH. Apesar dos resultados não mostrarem uma relação evidente de *Monommata maculata* (uma das espécies mais abundantes nas lagoas) com essa variável, Branco et al. (2000) observaram alta abundância de *M. maculata* associada a pH baixo em lagoas costeiras, o que pode ter favorecido a abundância dessa espécie no Sistema Abaeté – caracterizado por corpos de água ácidas.

A abundância e biomassa dos táxons de Rotifera nas lagoas costeiras do Sistema Abaeté foram inferiores às encontradas em bacias hidrográficas e lagos tropicais (Fernández et al. 2020; Rocha et al. 2021). Esse fato pode está relacionado com o baixo pH dos ambientes. Jorgensen (1993) cita que os efeitos a longo prazo da acidez dos sistemas aquáticos na comunidade zooplancônica são a redução do número de descendentes e da capacidade reprodutiva e o atraso na reprodução, o que pode ter contribuído para valores baixos de abundância e biomassa registrados nas lagoas.

A heterogeneidade espacial e sazonal foi atribuída apenas a diversidade (H') de Rotifera. Os atributos riqueza, abundância e biomassa apresentaram homogeneidade ao longo do estudo. A heterogeneidade espacial da estrutura da comunidade zooplancônica é causada pela complexa interação entre processos físicos e biológicos (Valentin & Monteiro-Ribas 1993). Segundo Matsumura-Tundisi et al. (2015), a diversidade de habitats e condições aumentam a diversidade e riqueza de espécies do zooplâncton.

A heterogeneidade da diversidade de Rotifera da lagoa Camarão com as demais lagoas pode ser atribuída a alta cobertura de macrófitas aquáticas com complexidade de formas, em toda o período do estudo, contribuindo para uma elevada variação de habitats. Kuczynska-Kippen (2000) afirmou que os rotíferos são tipicamente litorâneos e que poucas espécies são puramente pelágicas. Este é provavelmente uma consequência da elevada variação espacial de habitats do litoral, o que lhes permite sustentar uma maior diversidade de formas (Castro et al. 2005). Assim, é evidente que habitats de macrófitas são geralmente mais ricos em termos de táxons rotíferos do que ambientes euplanctônicos (Kuczynska-Kippen 2000; Green 2003).

Os resultados, portanto, corroboram com outros estudos que relatam que a sazonalidade em lagoas rasas subtropicais impacta a composição do plâncton (Cardoso & Motta 2006; Crossetti et al. 2012). Regiões de alta latitude tendem a ser mais proeminentes na variação sazonal do plâncton do que regiões de baixa latitude, isso pode ser devido às flutuações amortecidas tanto na irradiância quanto na temperatura da zona tropical. Entretanto, é percebido que em muitas regiões tropicais e subtropicais os ecossistemas aquáticos são sensíveis às variações sazonais na hidrologia devido aos ciclos anuais de precipitação, isso pode ocorrer tanto diretamente por meio da descarga pluvial, quanto indiretamente através dos efeitos hidrológicos na ciclagem de nutrientes por ressuspensão de partículas e escoamento (De Senerpont et al. 2013). Predrozo & Rocha (2005) ainda acrescentam que a temperatura, luminosidade e condições tróficas tem influência marcante na sazonalidade de organismos zooplancônicos em lagos de regiões subtropicais.

De forma geral, é observado que a abundância e diversidade de Rotifera tende a aumentar com maiores níveis de nitrogênio inorgânico, *e.g.*, nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) (Castro et al. 2005; Wang et al. 2010). Esses nutrientes podem ter favorecido a diversidade desses metazoários nas lagoas costeiras, especialmente pela sua concentração do período de baixa precipitação (LR), evidência corroborada pela RDA que mostra a influência dessas variáveis na abundância desses organismos. Ambientes com grande aporte de nutrientes, eutróficos, pode ocorrer um aumento na variedade e/ou disponibilidade do recurso alimentar para os rotíferos, que se alimentam de uma ampla gama de recursos, maior diversidade (H') de Rotifera em lagos de região subtropical foi observado em lagos eutróficos (Demetraki-Paleolog & Sender 2013).

Adicionalmente, Kuczynska-Kippen & Joniak (2016) também observaram que o índice de Shannon-Weiner de rotíferos foi maior em águas eutróficas, mas menor em águas hipereutróficas. Assim, de níveis tróficos baixos a moderados, estado trófico em lagos subtropicais promove mais recursos alimentares para diversos rotíferos sobreviverem, explicando assim o aumento na diversidade de rotíferos (Qian et al. 2021). Contudo, é evidenciado que o índice de diversidade da

assembleia do zooplâncton tende a diminuir com um certo grau crescente de eutrofização (Paturej 2008; Zhang & Geng 2012).

Por outro lado, a heterogeneidade desses organismos não pode ser explicada apenas por fatores abióticos (Yalim et al. 2011), as interações tróficas também constituem um dos outros fatores determinantes que atuam na comunidade zooplanctônica nas lagoas costeiras (Souza et al. 2011), como *e.g.*, a presença de cianobactérias podem apresentar condições desfavoráveis a maioria das espécies de zooplâncton (Arcifa et al. 1994), como também a pressão de predadores (invertebrados e peixes) sobre o zooplâncton (Branco et al. 2008).

As variáveis abióticas mensuradas das amostras das lagoas costeiras foram representativas e cobriram uma ampla gama de condições. Um modelo estatisticamente significativo foi obtido, o que indicou que as abundâncias das espécies em questão eram de fato regulado pelas variáveis associadas ao aporte de nutrientes (nitrato, nitrito e fósforo inorgânico dissolvido).

Estudos na zona subtropical podem inferir que os principais fatores que impulsionam a abundância desses organismos incluem a salinidade, temperatura da água, clorofila *a*, NH_4^+ , fosfato reativo solúvel e teores de nitrogênio inorgânico (Sun et al. 2016). A maior riqueza de espécies e a abundância de rotíferos em lagos pode ser o resultado do aumento da disponibilidade de alimentos e redução da competição dos recursos com outros animais planctônicos (Phan et al. 2021).

Isso é consistente com estudos que mostram que a estrutura da comunidade zooplanctônica em água doce é afetada por esses fatores abióticos. Araújo et al. (2014) observaram o fósforo total como variável importante na composição do zooplâncton em lagoa costeira neotropical. O estado trófico dos ecossistemas aquáticos é considerado um dos fatores mais importantes nesses sistemas (Andronikova 1996), desempenhando função importante na composição dos rotíferos (Wen et al. 2010), esses organismos são registrados cada vez mais em condições mais produtivas (Park & Marshall 2000; Paturej 2008).

May e O'Hare (2005) argumentaram que a abundância de rotíferos reflete a troficidade de lagos melhor do que a composição de espécies porque é mais sensível a mudanças no estado trófico. Bons indicadores de estado eutrófico têm sido listados em diversos estudos, *e.g.*, *F. opoliensis*, essa espécie foi associada com água eutróficas (Ruettner-Kolisko 1974) a hipertrófica (Elité et al. 2009). Neste estudo *F. opoliensis* apresentou relação positiva com nitrato, nitrito e fósforo inorgânico dissolvido, sugerindo também uma tendência para o estado de eutrofização desses corpos aquáticos.

As lagoas costeiras geralmente exibem tempos longos de renovação de água, resultando em um enriquecimento das entradas de nutrientes dos fluxos fluviais, atmosféricos e subterrâneos

(Kjerfve 1986). Essas características implicam um risco acrescido de eutrofização (Paerl et al. 2006) e acumulação de poluentes e sedimentos (Nichols & Boon 1994), tornando as lagoas costeiras sensíveis a diferentes tipos de fatores de stress (Nunes et al. 2021). Além dessas possíveis vias de entrada de nutrientes, as macrófitas aquáticas podem ter contribuído efetivamente para o armazenamento de nutrientes (Branco et al. 2007), *e. g.*, *Typha domingensis* tende a acumular fósforo enquanto viva, liberando-o ativa ou passivamente durante a senescência (Furtado, 1998).

Maiores concentrações de nutrientes nitrogenados (nitrato, nitrito, nitrogênio inorgânico dissolvido) e fósforo inorgânico dissolvido foram nas lagoas Dom Murilo, Jacaré 2 e Aeroporto, com destaque para a lagoa Dom Murilo, que apresentou os maiores valores de nitrito e fósforo inorgânico dissolvido. Essas lagoas geralmente apresentavam grande quantidade de vegetação e macrófitas aquáticas fornecendo evidências da decomposição de matéria orgânica. Macrófitas aquáticas são reconhecidas por sua importância na ciclagem de nutrientes, capazes de absorver poluentes e metais pesados (Pott et al. 2000), principalmente na depleção do fósforo durante o seu crescimento (Castro et al. 2005; Henry-Silva et al. 2008).

Apesar de não ter dados disponíveis da matéria orgânica nas lagoas costeiras do Sistema Abaeté, podemos supor que a sua decomposição também pode estar proporcionando as concentrações de nutrientes nestes corpos aquáticos. Segundo Benítez-Díaz Mirón et al. (2014) em um sistema lagunar complexo, a variabilidade da concentração e composição de nutrientes também pode resultar da diversidade das fontes de entrada. Aké-Castillo et al. (2006) observaram que apenas *Rhizophora mangle*, serapilheira da floresta de mangue representa cargas significativas de matéria orgânica disponível para decomposição, e que podem contribuir para a dinâmica do fitoplâncton (Aké-Castillo & Vázquez 2008).

A análise do componente principal (PCA) aplicada as lagoas costeiras (Fig. 10), destacam a ausência de uma tendência de agrupamento das variáveis nas lagoas costeiras estudadas, demonstrando a homogeneidade dessas variáveis ao longo da distribuição espacial. Entretanto, notamos uma distinção das características físicas e químicas das águas em escala espacial e sazonal.

Além da condição trófica outras variáveis abióticas podem ter influenciado na assembleia de Rotífera. A acidez das águas (valores baixos de pH) torna o ambiente desfavorável para maioria das espécies, e por outro lado contribui para o elevado grau de endemismo, *e.g.*, *Brachionus* é um gênero dominante em ambientes tropicais e subtropicais (Rocha et al. 1995; Phan et al. 2021), sendo, portanto, sensível a diminuição do pH, reduzindo o número de espécies nestas condições (Branco et al. 2005). No presente trabalho, *Brachionus* foi representado por um baixo número de espécies, provavelmente relacionado com essa característica. Essa relação se torna mais evidente

ao observar que no presente trabalho *Brachionus falcatus* apresentou uma relação fraca com o pH, sendo essa espécie mais relacionado com oxigênio dissolvido, temperatura e nitrogênio inorgânico dissolvido. De forma geral, a abundância baixa de Rotífera em lagoas costeiras ácidas podem estar associadas a variável pH. As espécies *Lecane bulla*, *L. leontina* e *L. lunaris* são de certo modo ligadas a tais condições (Branco et al. 2005), *e.g.*, *L. bulla* é considerada uma espécie tolerante ao pH (Koste 1978).

Contudo, a acidez das águas das lagoas costeiras pode está associada com as concentrações de compostos húmicos e fúlvicos, fator comumente observado em lagoas costeiras de ambiente de restinga (Petrucio 1998; Luz et al. 2011), resultante da decomposição de macrófitas aquáticas (Castro et al. 2005). Além de contribuir para acidez da água, a elevada concentração desses compostos contribui também para a coloração escura da mesma (Albertoni & Esteves 1999; Esteves 1998b), principalmente, em lagoas cuja alimentação origina-se basicamente do lençol freático de áreas arenosas. Dessa forma, apesar dos compostos não terem sido analisados neste momento, eles podem ter contribuído para a acidez e coloração escura das lagoas costeiras em estudo, além de poder contribuir para a ocorrência de espécies, *e.g.*, *Lecane boettgeri* que foi observada sua ocorrência duas vezes no território brasileiro, ambos em lagoas húmicas. Branco et al. (2005) registraram essa espécie em lagoa húmica no norte do Rio de Janeiro – Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, e Nova et al. (2021), também estudando essa mesma área, registraram essa espécie associada em alta concentração húmica. Os resultados aqui descritos apresentam a terceira ocorrência de *L. boettgeri* no território brasileiro, inferindo sobre a potencialidade de endemismo de rotíferos de lagoas em ambiente de restinga.

Por fim, apesar das variáveis pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, clorofila *a*, N- amoniacal e nitrogênio inorgânico dissolvido não apresentarem aqui uma relação significativa com a estrutura da assembleia de Rotífera, já foram observadas em outros estudos em água doce a relação desses fatores com esses metazoários, *e.g.*, Bielanska-Grajner (2001) observou que o pH afeta a distribuição e abundância de espécies de rotíferos, Khaleqsefat & Malekzadeh-Viayeh (2013) relataram que a concentração de OD e a EC foram uns dos fatores mais influentes na abundância e diversidade de rotíferos. Sun et al (2016) observaram a influência da temperatura da água e a clorofila *a* na estrutura da assembleia desses organismos. Em contexto global, a temperatura da água e clorofila *a* podem ser os principais fatores que impulsiona a heterogeneidade da assembleia de rotíferos entre zonas temperadas, tropicais e subtropicais/quentes (Qian et al. 2021).

Considerações finais

Os resultados evidenciam que a composição de Rotifera nas lagoas costeiras, e, especialmente, a diversidade (H'), são influenciados pela heterogeneidade espacial e sazonal (precipitação), como também, a abundância que pode estar associada com as variáveis relacionadas com o aporte de nutriente (nitrato, nitrito e fósforo inorgânico dissolvido). Este estudo sugere a avaliação de outros parâmetros como predação, compostos húmicos, biomassa/abundância de macrófitas aquáticas para um melhor entendimento da estrutura e dinâmica da assembleia do grupo.

Devido a sua localização, as lagoas costeiras de restinga tem sofrido um intenso processo de degradação resultando em acentuada alteração e perda de habitat. Entretanto, o local de estudo faz parte de uma APA, que apesar das lagoas mostrarem uma certa tendência de eutrofização, compreendem um ecossistema preservado, robusta diversidade de Rotifera, e a possibilidade de descrição de espécies ainda não descritas.

Deste modo, considerando os riscos de degradação ambiental e perda de habitats, e a provável presença de espécies ainda não desconhecidas pela Ciência, deve-se levar em conta a urgência na implementação de políticas de conservação e manejo do ambiente de restinga.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), ao laboratório de Invertebrados Marinhos (LABIMAR) (UFBA), ao Laboratório de Algas Marinhas (UFBA), ao Laboratório de Pesquisa em Matéria Médica (UFBA), ao Laboratório de Bioprospecção e Biotecnologia (UFBA), ao laboratório de Biogeoquímica da Universidade Estadual de Vera Cruz (UESC) com apoio da prof. Dra. Daniela Mariano, ao Parque das Dunas pelo apoio e infraestrutura para o desenvolvimento deste estudo e ao Técnico UFBA, MSc. José Rogério Silva. Essa pesquisa também foi beneficiada pelo Projeto de Avaliação e Pesquisa do Coral Sol na Baía de Todos-os-Santos com apoio da Petrobras - utilização de equipamentos e insumos disponíveis no LABIMAR e da Universidade Federal da Bahia (UFBA). O primeiro autor M.A.R. agradece à FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pela concessão da bolsa (FAPESB - Nº BOL0375/2018) que financiou o projeto.

Declarações

Conflito de interesse Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referencias

- Aké-Castillo JA, Vázquez G (2008) Phytoplankton variation and its relation to nutrients and allochthonous organic matter in a coastal lagoon on the Gulf of Mexico. *Estuar Coast Shelf Sci* 78(4):705–714
- Albertoni EF, Esteves FA (1999) Jurubatiba, uma restinga peculiar. *Ciências hoje*, São Paulo, 25 (148): 61-63
- Andersen T, Hessen DO (1991) Carbon, nitrogen, and phosphorus content of freshwater zooplankton. *Limnology and Oceanography* 36: 807-814
- Andronikova IN (1996) Zooplankton characteristics in monitoring of Lake Ladoga. In *The First International Lake Ladoga Symposium*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp 173–179
- Araújo DSD (1992) Vegetation types of sandy coastal plains of Tropical Brazil: A first approximation. In: Seeliger U (ed) *Coastal plant communities of Latin America*. Academic Press New York, pp 392.
- Araújo DSD (2000) Análise florística e fitogeográfica das restingas do Estado do Rio de Janeiro. Tese, Universidade Federal do Rio de Janeiro
- Araújo LR, Lopes PM, Santangelo JM, Esteves FA (2014) Long-term dynamics of the zooplankton community during large salinity fluctuations in a coastal Lagoon. *Marine and Freshwater Research* 66(4): 352-359. <https://doi.org/10.1071/MF14083>
- Arcifa MS, Castilho MSM, Carmouze JP (1994) Composition et évolution du zooplankton dans une laguna trpocale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Revue d'Hydrobiologie tropical* 27(3): 251-263
- Aoyagui ASM, Bonecker CC (2004) Rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Brazil): richness, abundance and relationship with connectivity. *Hydrobiologia* 522 (1-3): 281-290
- Barbosa FAR, Scarano FR, Sabará MG, Esteves FA (2004) Brazilian LTER: Ecosystem and Biodiversity of Brazilian LTER. *Environmental Monitoring and Assessment* 90 (1-3): 121-133
- Bartoli M, Castaldelli G, Nizzoli D, Gatti LG, Viaroli P (2001) Benthic fluxes of oxygen, ammonium and nitrate and coupled-uncoupled denitrification rates within communities of three different primary producer growth forms. In: Faranda FM, Guglielmo L, Spezie GC (ed) *Mediterranean ecosystems*. Springer, Milan, pp 225–233. doi:10.1007/978-88-470-2105-1-29
- Berger WH, Parker FL (1970) Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep-Sea Sediments. *Science* 168: 1345-1347

- Berkes F, Seixas CS (2005) Building resilience in lagoon social-ecological systems: a local level perspective. *Ecosystems* 8 (8): 967-974
- Benítez-Díaz Mirón MI, Castellanos-Páez ME, Garza-Mouriño G, Ferrara-Guerrero MJ, Marc Pagano M (2014) Spatiotemporal variations of zooplankton community in a shallow tropical brackish lagoon (Sontecomapan, Veracruz, Mexico). *Zoological Studies* 53:59
- Bielanska-Grajner I (2001) The psammic rotifer structure in three Lobelian Polish lakes differing in pH. Netherlands: Springer.
- Bonecker CC, Costa CL, Velho LFM, Lansac-Tôha FA (2005) Diversity and abundance of the planktonic rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Paraná State - Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Hydrobiologia*, 546 (1): 405-414
- Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM, Grygierek E, Herzig A, Hillbricht-Ilkowska, A, Kurasawa H, Larsson P, Weglenska T (1976) A view of some problems in zooplankton production studies, Norwegian. *Journal of Zoology* 24: 419-456
- Borges MG, Pedrozo CS (2009) Zooplankton (Cladocera, Copepoda and Rotifera) richness, diversity and abundance variations in the Jacuí Delta, RS, Brazil, in response to the fluviometric level. *Acta Limnologica Brasiliensia* 21(1): 101-110
- Branco CWC, Attayde JL, Kozłowsky-Suzuki B (1998) Zooplankton community of a coastal lagoon subjected to anthropogenic influences (Lagoa Imboacica, Macaé, R.J., Brazil). *Verh Internat Verein Limnol* 26:1426- 1429
- Branco CWC, Esteves FA, Kozłowsky-Suzuki B (2000) Zooplankton community and limnological features of a Brazilian humic coastal lagoon (Lagoa Comprida, RJ). *Hydrobiologia* 437: 71-81
- Branco CWC, Kozłowsky-Suzuki B, José De Paggi S (2005) Rotifers from a humic coastal lagoon of Rio de Janeiro State, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40(3): 255-265
- Branco CWC, Kozłowsky-Suzuki B, Esteves FA (2007) Environmental changes and zooplankton temporal and spatial distribution in a disturbed Brazilian coastal lagoon. *Brazilian Journal of Biology* 67 (2): 251-262
- Branco CWC, Kozłowsky-Suzuki B, Esteves FA, Aguiaro T (2008). Zooplankton distribution and community structure in a Brazilian coastal lagoon. *Vie et milieu - life and environment* 58 (1): 1-9
- Cabanelas ITD, Moreira LMA (2007) Estudo sobre o estado de preservação das nascentes do rio Sapato, Lauro de Freitas-BA. *Revista de ciências médicas e biológicas* 6(2):160-162
- Cabanelas ITD, Moreira LMA (2012) Danos citogenotóxicos em ecossistema aquático submetido a esgotamento sanitário urbano. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology* 7 (2): 31- 3

- Cardoso LS, Motta-Marques D (2006) Relações do índice de qualidade de água (IQA) com a variação temporal e espacial da comunidade zooplanctônica do sistema lagunar de Tramandaí (Litoral Norte do Rio Grande do Sul – RS Brasil). *Rev Bras Rec Hid* 11(2): 123-134
- Castro BB, Antunes AC, Pereira R, Soares AMV, Gonçalves F. (2005) Rotifer community structure in three shallow lakes: seasonal fluctuations and explanatory factors. *Hydrobiologia* 543: 221–232. DOI 10.1007/s10750-004-7453-8
- Crossetti LO, Becker V, Cardoso LS, Rodrigues LR, Costa LS, Motta-Marques D (2012) Is phytoplankton functional classification a suitable tool to investigate spatial heterogeneity in a subtropical shallow lake? *Limnologia* 43(3): 157-163.
- De Senerpont LN, Elser JJ, Gsell AS, Huszar VLM, Ibelings BW, Jeppesen E, Kosten S, Mooij WM, Roland F, Sommer U, Van Donk E, Winder M, Lüring M (2013) Plankton dynamics under different climatic conditions in space and time. *Freshw Biol.* doi:10.1111/fwb.12053
- Demetraki-Paleolog A, Sender J (2013) Planktonic rotifers of three eutrophic lakes of LeczynskoWlodawskie Lakeland (Eastern Poland). *Teka Kom Ochr Kszt Srod Przyr.* 10:62–69
- Dufrene M, Legendre P (1997) Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366
- Duggan IC, Green JD, Thompson K, Shiel RJ (2001) The influence of macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers. *Freshwater Biology*, 46: 777 – 786
- Esteves FA (1998a) Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ). Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ), pp 442
- Esteves FA (1998b) Lagoas costeiras: origem, funcionamento e possibilidades de manejo. In: Esteves FA (ed) *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Rio de Janeiro, pp 63–87
- Esteves FA, Lacerda LD (2000) *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. Computer & Publish Editoração Gráfica. Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/ UFRJ), p. 394.
- Esteves FA, Caliman A, Santangelo JM, Guariento RD, Farjalla VF, Bozelli R L (2008) Neotropical coastal lagoons: An appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. *Brazilian Journal of Biology* 68 (4, Suppl.): 967-981.
- Etilé RND, Kouassi AM, Aka MNG, Pagano M, N'douba V, Kouassi NJ (2009) Spatio-temporal variations of the zooplankton abundance and composition in a West African tropical coastal lagoon (GrandLahou, Cote d'Ivoire). *Hydrobiologia* 624(1):171–189

- Farjalla VF, Faria BM, Esteves FA, Bozelli R (2011) Bacterial density and biomass and relations with abiotic factors in 14 coastal lagoons of Rio de Janeiro State. In: Faria BM, Farjalla VF, Esteves FA (ed) Aquatic microbial Ecology in Brazil. Series Oecologia Brasiliensis, vol IX. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, pp 216
- Fernández R, Alcocer J, Oseguera LA (2020) Regional Pelagic Rotifer Biodiversity in a Tropical Karst Lake District. *Diversity* 12(454). doi:10.3390/d12120454
- Gastwirth JR, Gel YR, Wallace Hui WW, Lyubchich V, Miao W, Noguchi K (2017) lawstat: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law. R package version 3.2. <https://CRAN.R-project.org/package=lawstat>
- Gönenç IE, Wolflin JP (2004) Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development. New York: CRC Press
- Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K (1983) Methods of Seawater Analysis. Weinheim: Verlag chemie, 419 p
- Green J (2003) Associations of planktonic and periphytic rotifers in a tropical swamp, the Okavango Delta, Southern Africa. *Hydrobiologia* 490: 197–209
- Guevara MR, Hartmann D, Mendoza M (2016) Diverse: an R Package to Measure Diversity in Complex Systems. *The R Journal* 8(2): 60–78. <https://journal.r-project.org/archive/2016-2/guevara-hartmann-mendoza.pdf>
- Henry-Silva GG, Camargo AFM (2008) Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37 (2): 181-188
- Inema (2021) APA Lagoas e Dunas do Abaeté. <http://www.inema.ba.gov.br/?s=lagoa+de+Abaeté#>. Accessed 20 february 2021
- Jeffrey SW, Humphrey GF (1975) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae, and natural phytoplankton. *Biochemical and Physiology Pflanzen* 167: 194-204
- Jorgensen SE (1993) Effects of lake acidification. In: Jorgensen SE (ed) Management of Lake Acidification, Guidelines of Lake Management volume 5, Shiga: International Lake Environment Committee Foundation, pp 47 - 67.
- Khaleqsefat E, Malekzadeh-Viayeh R (2013) Effect of season and environmental variables on rotifer community structure: evidence from two selected freshwaters in Northwest Iran. *Res J Anim Sci*. 7:34–41
- Kemp MW, Boynton WR (2012) Synthesis in estuarine and coastal ecological research: what is it, why is it important, and how do we teach it? *Estuar Coasts* 35:1–22

- Kennish MJ, Paerl HW (2010) Coastal Lagoons – Critical Habitats of Environmental Change. CRC Press, <http://dx.doi.org/10.1080/17451000.2010.538064>.
- Kjerfve B (1994) Coastal lagoons. In: Kjerfve B (ed) Coastal lagoon processes. Amsterdam, Elsevier Oceanography Series, 60, pp 577
- Koste W (1978) Die Radertiere Mitteleuropas (Monogononta) Bestimmungswerk Begribdet von Max Voigt. 2 Vols, Stuttgart, Bomtraeger, pp 673
- Koste W, Shiel RJ (1986) Rotifera from Australian inland waters. I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). Australian Journal of Marine and Freshwater Research 37: 765-792
- Kuczyńska-Kippen N (2000) Seasonal changes of the rotifer community in the littoral of a polymictic lake. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27: 2964–2967
- Kuczyńska-Kippen N (2009) The spatial segregation of zooplankton communities with reference to land use and macrophytes in shallow Lake Wielkowiejskie (Poland). International Review of Hydrobiology 94: 267–281
- Kuczyńska-Kippen N, Joniak T (2016) Zooplankton diversity and macrophyte biometry in shallow water bodies of various trophic state. Hydrobiologia 774(1):39–51
- Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM, Lima AF (1997) Composição, distribuição e abundância da comunidade zooplanctônica. In Vazzoler AEAV, Agostinho AA, Hahn NS (ed) A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM, pp 1997
- Legendre P, Legendre L (1988) Numerical Ecology. Amsterdam, Elsevier Science
- Legendre P, Legendre L (2012) Numerical ecology. Elsevier
- Levene H (1961) Robust tests for equality of variances. Contributions to probability and statistics. Essays in honor of Harold Hotelling
- Luz JL, Mangolin R, Esbérard CEL, Bergallo HG (2011) Bats (Chiroptera) sampled in lagoons at Parque Nacional da Restinga Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brazil. Biota Neotropical 11 (4): 161-168
- Maia-Barbosa PM, Menendez RM, Pujoni DGF, Aoki A, Barbosa AR (2014) Zooplankton (Copepoda, Rotifera, Cladocera and Protozoa: Amoeba Testacea) from natural lakes of the middle Rio Doce basin, Minas Gerais, Brazil. Biota Neotropica 14 (1): 1-20
- Marcus N (2004) An overview of the impacts of eutrophication and chemical pollutants on copepods of the coastal zone. Zool Stud 43(2):211–217
- Margalef R (1983) Limnología. Barcelona: Ediciones Omega
- Matsumura- Tundisi T, Tundisi JG, Souza-Soares F, Tundisi JEM (2015) Zooplankton community structure of the lower Xingu River (PA) related to the hydrological cycle. Brazilian Journal of Biology 75 (3): S47-S54

- May L, O'Hare M (2005) Changes in rotifer species composition and abundance along a trophic gradient in Loch Lomond, Scotland, UK. *Hydrobiologia* 546: 397–404
- Nascimento SAM, Barbosa JSF (2005) Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de Salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. *Brazilian Journal of Geology* 35(4):543- 550
- Neumann-Leitão S (1994) Impactos Antrópicos na comunidade zooplanctônica estuarina. Porto de Suape - PE- Brasil. Tese, Universidade de São Paulo, São Carlos
- Nichols MM, Boon JD (1994) Sediment transport processes in coastal lagoons. *Coast. Lagoon Process* 15, 7–219
- Nova CC, Rocha AM, Branco CWC, Bozelli R (2021) New insights on the relation between zooplankton and humic substances in tropical freshwater ecosystems. *An Acad Bras Cienc* 93(4): e20190409. DOI 10.1590/0001-3765202120190409
- Nunes A, Larson M, Fragoso Jr. CR, Hanson H (2021) Modeling the salinity dynamics of a choked coastal lagoon and its impact on the Sururu mussel (*Mytella falcata*) population. *Marine Science* 45. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101807> 2352-4855
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H (2020). *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira L, Nascimento R, Krau L, Miranda A (1962) Observações ecológicas sobre *Brachionus plicatilis* Mueller em águas tropicais salobras e mesosapróbicas (Rotatoria). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 60 (2): 155-163
- Pace ML, Orcutt JDJR (1996) The relative importance of protozoans, rotifers and crustacean in a freshwater zooplankton community. *Limnology and Oceanography* 26: 822-830
- Paerl HW, Valdes LM, Peierls BL, Adolf JE, Harding LW (2006) Anthropogenic and climatic influences on the eutrophication of large estuarine ecosystems. *Limnol. Oceanogr* 51, 448–462. http://dx.doi.org/10.4319/lo.2006.51.1_part_2.0448
- Park GS, Marshall HG (2000) Estuarine relationships between zooplankton community structure and trophic gradients. *J. Plankton Res.* 22: 121–135
- Paturej E (2008) Assessment of the Trophic State of A Restored Urban Lake Based on Zooplankton Community Structure and Zooplankton-Related Indices. *Pol. J. Nat. Sci.* 23: 440–449
- Pedrozo C DA S, Rocha O (2005) Zooplankton and water quality of lakes of the Northern Coast of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 17 (4): 445-464

- Petrucio MM (1998) Caracterização das Lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus a partir da temperatura, salinidade, condutividade, alcalinidade, O₂ dissolvido, pH, transparência e material em suspensão. In: Esteves FA (ed) *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Rio de Janeiro, pp 109–122
- Phan N-T, Duong QH, Tran-Nguyen QA, Trinh-Dang M (2021) The Species Diversity of Tropical Freshwater Rotifers (Rotifera: Monogononta) in Relation to Environmental Factors. *Water* 13: 1156. <https://doi.org/10.3390/w13091156>
- Pielou EC (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology* 13: 131-144
- Pinto-Coelho R, Pinel-Alloul B, Méthot G, Havens KE (2005) Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. *Can J Fish Aquat Sci* 62(2):348–361
- Pott VJ, Pott A (2000) *Plantas Aquáticas do Pantanal*. 1. ed. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá - MS). Embrapa, Brasília, pp 404
- Qian F-P, Wen X-L, Xi Y-L (2021) Temporal variation of rotifer community in three climatic zones and their relationship with environmental factors. *Journal of freshwater ecology* 36 (1): 217–234. <https://doi.org/10.1080/02705060.2021.1959428>
- R Development Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Roberts DW (2019) labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 2.0-1. <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>
- Rocha O, Sendacz S, Matsumura-Tundisi T (1995) Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In: Tundisi JG, Bicudo CEM, Matsumura-Tundisi T (ed) *Limnology in Brazil*, Brazilian Academy of Sciences/Brazilian Limnological Society, pp 151 - 165
- Rocha CFD, Bergallo HG, Alves MAS, Van Sluys M (2004) A Restinga de Jurubatiba e a Conservação dos ambientes de restinga do Estado do Rio de Janeiro. In: Rocha CFD, Esteves FA, Scarano FR (ed) *Pesquisas Ecológicas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba*. Ecologia, História Natural e Conservação. Editora Rima, São Carlos, Editora Rima, São Carlos, pp 376
- Rocha CFR, Bergallo HG, Van Sluys M, Alves MAS, Jamel CE (2007) The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. *Brazilian Journal of Biology* 67(2): 263-273

- Rocha MA, Ribeiro SMMS, Junior MDM, Silva MB, Melo PAMC (2021) Has Rotifera richness, abundance, and biomass been underestimated in a tropical watershed basin? *Limnetica* 40(2), 295–307
- Rocha MA, Silva MB, Bonecker CC, Anjos MS, Melo PAMC (2022) Rotifers of Bahia State, Brazil: News records and limitations to studies. *Brazilian journal of biology* 82 (e236345).
- Ruttner-Kolisko A (1974) Plankton rotifers. Biology and taxonomy. Suppl. Die Binnengewässer. Schweizerbart'sch Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany
- Ruttner-Kolisko A (1977) Suggestions for biomass calculation of planctonic rotifers. *Archiv für Hydrobiologie* 8: 71-77
- Salinas H, Ramirez-Delgado D (2021). *EcolTest: Community Ecology Tests*
- Santangelo JM, Rocha AM, Bozelli RL, Carneiro LS, Esteves, FA (2007) Zooplankton responses to sandbar opening in a tropical eutrophic coastal lagoon. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 71: 657-668
- Segers HS (1995) Rotifera. Volume 2. The Lecanidae (Monogononta). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 6. The Hague: SPB Academic Publishing, pp 226
- Segers H (2007) Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, 1564: 1-104
- Segers H (2008) Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1):49–59. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9003-7>
- Sei (1999) *Anuário Estatístico Da Bahia*. Salvador
- Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* 27:379-423, 623-656
- Shapiro SS, Wilk MB (1965) An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(3/4): 591-611
- Souza LC, Branco CWC, Domingos P, Bonecker SLC (2011) Zooplankton of an urban coastal lagoon: composition and association with environmental factors and summer fish kill. *Zoologia*. doi: 10.1590/S1984-46702011000300010
- Sun D, Liu Z, Wang C (2016) Scale-dependent environmental control of mesozooplankton community structure in three aquaculture subtropical bays of China. *Oceanologia* 58(2):124–134
- Trinh-Dang M, Van Vo M, Nguyen A, Tran Q, Thi H, Le N, Tran SN (2019) Species diversity of rotifers (Rotifera: Eurotatoria) of Phu Ninh Lake with five new records from Vietnam. *Int. J. Aquat. Biol.* 7: 38–44
- Tukey JW (1949) Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*

- Unidunas (2021). O parque. www.unidunas.com.br/flora. Accessed 16 may 2021
- Valentin J, Monteiro-Ribas W (1993) Zooplankton community structure on the east-southeast Brazilian continental shelf (18–23S latitude). *Cont Shelf Res.* 13(4):407–424
- Wang SB, Xie P, Geng H (2010) The relative importance of physicochemical factors and crustacean zooplankton as determinants of rotifer density and species distribution in lakes adjacent to the Yangtze River, China. *Limnologica* 40: 1–7
- Wen X-L, Xi Y-L, Qian F-P, Zhang G, Xiang X-L (2010) Comparative analysis of rotifer community structure in five subtropical shallow lakes in East China: Role of physical and chemical conditions. *Hydrobiologia* 661: 303–316
- Wickham H, Hester J, Chang W (2021) Devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier. R package version 2.4.0. <https://CRAN.R-project.org/package=devtools>
- Yalim FB, Emre Y, Koçer MAT (2011) Community Structure of Rotifera, Cladocera and Copepoda in Beymelek Lagoon and Kaynak Lake (Antalya, Turkey): A Preliminary Study. *Pakistan Journal of Zoology* 43 (5): 947-955
- Zhang X, Geng H (2012) Effect of *Microcystis aeruginosa* on the rotifer *Brachionus calyciflorus* at different temperatures. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 88: 20–24
- Zurr AF, Ieno EN, Elphick CS (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution* 1(1)

Material Suplementar

Tabela S1 Variáveis abióticas (média $\pm$ desvio padrão) das lagoas costeiras ácidas tropicais (S1 a S11) do Sistema Abaeté. DO: oxigênio dissolvido, EC: condutividade elétrica, TDS: sólidos totais dissolvidos, Chl – *a*: clorofila *a*, DIN: nitrogênio inorgânico dissolvido, SD: desvio padrão

Sampling sites	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11		
Lagoon	Vitória	Baronesa	Junco	Paradise	Aeroporto	Jacaré 01	Jacaré 02	Urubu	Camarão	222	Dom Murilo		
Coordinate (S)	12°55'00.26"S	12°55'15.49"S	12°55'12.63"S	12°55'25.44"S	12°55'19.52"S	12°55'24.51"S	12°55'27.00"S	12°55'28.21"S	12°55'38.86"S	12°55'39.47"S	12°56'51.07"S	Total	
Coordinate (W)	38°19'06.82"W	38°19'13.39"W	38°19'27.37"W	38°19'22.67"W	38°19'58.30"W	38°20'12.12"W	38°20'16.47"W	38°20'23.01"W	38°19'52.33"W	38°21'04.96"W	38°20'38.15"W	Mean ± SD	Min - Max
Rainfall (mm)	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	155.44 ± 73.93	62.60 - 295.20
DO (mg L ⁻¹)	6.79 ± 1.93	5.24 ± 2.79	7.45 ± 3.82	6.37 ± 2.19	7.93 ± 1.88	11.33 ± 4.61	9.44 ± 2.06	6.9 ± 3.93	9.25 ± 2.52	11.92 ± 6.81	6.49 ± 1.03	8.1 ± 3.85	3.20 - 27.70
Temp (°C)	26.09 ± 1.41	25.92 ± 1.23	26.2 ± 1.65	26.12 ± 1.2	26.17 ± 1.43	26.7 ± 1.8	26.33 ± 1.46	26.02 ± 1.07	26.3 ± 1.46	26.65 ± 1.34	26.02 ± 1.17	26.23 ± 1.36	24.30 - 29.70
pH	5.42 ± 1.28	5.08 ± 1.39	5.18 ± 1.51	4.81 ± 1.47	5.01 ± 1.02	5.01 ± 1.27	5.07 ± 1.1	5.66 ± 1.57	4.99 ± 0.78	5.39 ± 1.21	5.06 ± 1.48	5.15 ± 1.26	2.85 - 8.14
EC (µS cm ⁻¹)	150.13 ± 38.83	103.61 ± 17.06	162.88 ± 38.77	183.08 ± 55.07	149.54 ± 39.53	144.29 ± 158.67	109.13 ± 39.48	144.8 ± 105.11	79.65 ± 17.9	159.2 ± 55.45	201.58 ± 171.72	144.35 ± 87.36	57.19 - 660
TDS (mg L ⁻¹)	83.05 ± 16.05	53.71 ± 9.07	80.99 ± 19.17	96.8 ± 17.69	81.59 ± 21.22	77.39 ± 77.48	59.6 ± 21.23	72.27 ± 52.12	39.93 ± 9.7	80.33 ± 26.9	99.66 ± 85.92	75.03 ± 42.99	26.80 - 330.90
Chl - <i>a</i> (mg L ⁻¹)	16.41 ± 11.44	13.95 ± 20.01	15.19 ± 15.33	28.97 ± 39.11	12.54 ± 15.72	8.75 ± 3.47	26.07 ± 21.39	42.63 ± 47.03	5.13 ± 3.36	38.21 ± 34.63	3.52 ± 2.33	18.64 ± 25.91	0 - 140.62
N-ammoniacal (µM)	5.87 ± 6.89	6.12 ± 6.70	3.68 ± 4.84	7.55 ± 6.42	5.34 ± 7.78	4.62 ± 7.13	5.06 ± 7.49	5.27 ± 7.36	6.41 ± 5.56	9.16 ± 9.66	4.91 ± 6.45	5.82 ± 6.81	0 - 30.67
Nitrate (µM)	2.02 ± 5.18	0.52 ± 0.88	0.47 ± 0.71	2.94 ± 6.81	6.25 ± 13.73	0.86 ± 2.12	5.27 ± 14.67	0.37 ± 0.56	0.33 ± 0.42	0.34 ± 0.53	3.39 ± 8.73	2.11 ± 7.17	0 - 44.36
Nitrite (µM)	0.85 ± 0.62	0.52 ± 0.62	0.74 ± 0.27	0.82 ± 0.35	0.62 ± 0.19	0.52 ± 0.15	0.66 ± 0.27	0.54 ± 0.29	0.27 ± 0.3	0.38 ± 0.23	1.06 ± 0.44	0.64 ± 0.41	0 - 2.14
DIN (µM)	3.75 ± 7.38	3.93 ± 7.29	2.65 ± 5.31	5.92 ± 11.39	8.48 ± 20.93	4.19 ± 8.42	8.61 ± 20.99	3.87 ± 7.79	3.99 ± 6.77	5.31 ± 5.65	3.37 ± 6.57	4.94 ± 11.29	0 - 63.27
Phosphate (µM)	5.18 ± 10.44	2.95 ± 5.47	1.82 ± 3.53	2.57 ± 4.48	4.25 ± 8.38	2.14 ± 4.16	2.86 ± 5.45	2.35 ± 4.53	2.66 ± 4.48	3.11 ± 6.35	6.93 ± 13.96	3.37 ± 7	0 - 38.48

Tabela S2 Abundância ($\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$), Biomassa ($\mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) e Frequência de Ocorrência (FO%) de Rotifera nas lagoas costeiras ácidas tropicais (média $\pm$ desvio padrão). * Espécies mais abundantes ($\geq 0,131$), ** Espécies com maiores valores de biomassa ($\geq 0,0012$), # Espécies com FO% $\geq 50\%$, Δ Novas ocorrências para o estado da Bahia

				89			
Taxa	Abundance Ind·L ⁻¹	Biomass µg C Ind·L ⁻¹	FO%	Taxa	Abundance Ind·L ⁻¹	Biomass µg C Ind·L ⁻¹	FO%
Class Eurotatoria De Ridder, 1957				Lepadellidae Harring, 1913			
Subclass Bdelloidea Hudson, 1884				# <i>Lepadella</i> (L.) <i>patella patella</i> (Müller, 1786)			
Bdelloidea	1.358 ± 6.33	0.0064 ± 0.0306	76.36	<i>Lepadella</i> (<i>Lepadella</i>) <i>quadricarinata</i> (Stenroos, 1898)	0.017 ± 0.07	<0.0001 ± 0.0001	50
Philodinidae Ehrenberg, 1838				Lecanidae Remane, 1933			
<i>Rotaria</i> spp.	0.019 ± 0.08	0.0001 ± 0.0006	9.09	<i>Lecane arcuata</i> (Bryce, 1891)	0.002 ± 0.02	<0.0001 ± <0.0001	0.91
<i>Philodina</i> spp.	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	0.91	<i>Lecane arcula</i> Harring, 1914	0.003 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	3.64
Subclass Monogononta Plate, 1889				<i>Lecane boettgeri</i> Koste, 1986	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	1.82
Superorder Pseudotrocha Kutikova, 1970				<i>Lecane boorali</i> Koste & Shiel, 1983	0.003 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	3.64
Order Ploima Hudson and Gosse, 1886				<i>Lecane braumi</i> Koste, 1988	0.004 ± 0.03	<0.0001 ± <0.0001	2.73
Brachionidae Ehrenberg, 1838				# <i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) *, **	0.718 ± 2.28	0.0041 ± 0.013	61.82
<i>Brachionus dolabratus</i> Harring, 1914	0.028 ± 0.24	0.0003 ± 0.0029	1.82	<i>Lecane clara</i> (Bryce, 1892)	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	0.91
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	0.011 ± 0.05	0.0002 ± 0.0006	7.27	<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	0.081 ± 0.71	0.0004 ± 0.0032	12.73
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	3.64	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± 0.0001	1.82
Dicranophoridae Harring, 1913				<i>Lecane crepida</i> Harring, 1914	0.005 ± 0.03	<0.0001 ± <0.0001	3.64
<i>Aspelta aper</i> (Harring, 1913)	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± 0.0002	1.82	<i>Lecane depressa</i> (Bryce, 1891)	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	1.82
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadowsky, 1926)	0.017 ± 0.09	0.0001 ± 0.0004	8.18	<i>Lecane deridderae</i> Koste, 1972	0.009 ± 0.05	<0.0001 ± 0.0001	5.45
<i>Paradicranophorus</i> sp.	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± 0.0001	0.91	<i>Lecane elongata</i> Harring & Myers, 1926	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	0.91
Euchlanidae Ehrenberg, 1838				<i>Lecane eutarsa</i> Harring & Myers, 1926	0.004 ± 0.04	<0.0001 ± 0.0002	0.91
<i>Dipleuchlanis propatula</i> (Gosse, 1886)	0.02 ± 0.08	0.0003 ± 0.0013	12.73	<i>Lecane eylesi</i> Russell, 1953	0.004 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0001	3.64
<i>Eothinia elongata</i> (Ehrenberg, 1832)	0.003 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0001	1.82	<i>Lecane haliclysta</i> Harring & Myers, 1926	0.035 ± 0.26	0.0002 ± 0.0015	6.36
<i>Euchlanis dilatata</i> luksiana Hauer, 1930	0.008 ± 0.05	0.0001 ± 0.001	2.73	<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	0.003 ± 0.01	<0.0001 ± 0.0001	4.55
<i>Euchlanis incisa</i> Carlin, 1939	0.026 ± 0.13	0.0005 ± 0.0025	7.27	<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834)	0.019 ± 0.06	0.0001 ± 0.0003	12.73
Lepadellidae Harring, 1913				<i>Lecane inopinata</i> Harring & Myers, 1926	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	0.91
<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831	0.017 ± 0.06	0.0001 ± 0.0004	10.00	<i>Lecane latissima</i> Yamamoto, 1955	0.004 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0001	4.55
<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)	0.005 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0001	4.55	<i>Lecane lauterborni</i> Hauer, 1924	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± 0.0001	2.73
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	0.023 ± 0.07	0.0001 ± 0.0004	16.36	<i>Lecane leontina</i> (Turner, 1892) **	0.064 ± 0.21	0.0012 ± 0.004	24.55

<i>Lepadella (L.) rhomboides rhomboides</i> (Gosse, 1886)	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± 0.0001	0.91	<i>Lecane ligona</i> (Dunlop, 1901)	0.004 ± 0.03	<0.0001 ± 0.0002	1.82
<i>Lepadella (Lepadella) imbricata</i> Harring, 1914	0.008 ± 0.04	<0.0001 ± 0.0001	6.36	<i>Lecane ludwigii</i> (Eckstein, 1883)	0.007 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0001	8.18

Taxa	Abundance Ind·L ⁻¹	Biomass µg C Ind·L ⁻¹	FO%	Taxa	Abundance Ind·L ⁻¹	Biomass µg C Ind·L ⁻¹	FO%
Lecanidae Remane, 1933				Notommatidae Hudson and Gosse, 1886			
# <i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832) *, **	0.47 ± 1.14	0.0109 ± 0.0475	59.09	<i>Cephalodella forficata</i> (Ehrenberg, 1832)	0.03 ± 0.16	0.0003 ± 0.0018	9.09
<i>Lecane monostyla</i> (Daday, 1897)	0.003 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	4.55	<i>Monommata actices</i> Myers, 1930	0.037 ± 0.1	0.0002 ± 0.0006	21.82
<i>Lecane nelsoni</i> Segers, 1994	0.01 ± 0.04	0.0001 ± 0.0003	8.18	<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers, 1930*	0.137 ± 0.46	0.0007 ± 0.0023	28.18
<i>Lecane obtusa</i> (Murray, 1913)	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	2.73	Proalidae Harring and Myers, 1924			
<i>Lecane opias</i> (Harring & Myers, 1926)	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	1.82	<i>Proales commutata</i> Althaus, 1957	0.011 ± 0.04	0.0001 ± 0.0002	9.09
<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers, 1926	0.03 ± 0.08	0.0001 ± 0.0004	19.09	Scaridiidae Manfredi, 1927			
<i>Lecane psammophila</i> (Wiszniewski, 1932)	0.004 ± 0.03	<0.0001 ± 0.0002	1.82	<i>Scaridium elegans</i> Segers & De Meester, 1994	0.008 ± 0.03	<0.0001 ± 0.0001	10.91
<i>Lecane pusilla</i> Harring, 1914	0.024 ± 0.09	<0.0001 ± 0.0002	11.82	Synchaetidae Hudson & Gosse, 1886			
<i>Lecane pyriformis</i> (Daday, 1905)	0.006 ± 0.03	<0.0001 ± <0.0001	6.36	<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	0.007 ± 0.04	<0.0001 ± 0.0003	4.55
<i>Lecane pyrrha</i> Harring & Myers, 1926	0.064 ± 0.38	0.0003 ± 0.0017	14.55	Tetrasiphonidae Harring and Myers, 1924			
<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	0.021 ± 0.08	0.0002 ± 0.0007	14.55	<i>Tetrasiphon</i> sp.	0.003 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0002	3.64
<i>Lecane robertsonae</i> Segers, 1993 *, **	0.265 ± 1.9	0.0017 ± 0.0126	14.55	Trichocercidae Harring, 1913			
<i>Lecane rugosa</i> (Harring, 1914)	0.005 ± 0.05	<0.0001 ± 0.0002	0.91	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± 0.0001	1.82
<i>Lecane scutata</i> (Harring & Myers, 1926)	0.003 ± 0.02	<0.0001 ± <0.0001	2.73	<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	1.82
<i>Lecane signifera</i> (Jennings, 1896) *, **	0.131 ± 0.4	0.0012 ± 0.0037	33.64	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	0.079 ± 0.21	0.0007 ± 0.0021	29.09
<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers, 1926	0.004 ± 0.02	<0.0001 ± <0.0001	5.45	<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)	0.061 ± 0.13	<0.0001 ± 0.0001	30
<i>Lecane subulata</i> (Harring & Myers, 1926)	0.002 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	2.73	Trichotriidae Harring, 1913			
<i>Lecane sympoda</i> Hauer, 1929	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	0.91	<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse, 1867)	0.018 ± 0.11	0.0004 ± 0.0022	10
<i>Lecane tenua</i> Myers, 1936	0.003 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0002	2.73	Superorder Pseudotrocha Kutikova, 1970			
<i>Lecane tryphema</i> Harring & Myers, 1926	0.002 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0003	0.91	Order Flosculariaceae Harring, 1913			
<i>Lecane uenoi</i> Yamamoto, 1951	0.004 ± 0.02	<0.0001 ± 0.0001	3.64	Filiniidae Harring & Myers, 1926			
<i>Lecane undulata</i> Hauer, 1938	0.009 ± 0.04	<0.0001 ± <0.0001	7.27	<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898) *, **	0.135 ± 1.4	0.0024 ± 0.0253	3.64

<i>Lecane verecunda</i> Harring & Myers, 1926	0.001 ± 0.01	<0.0001 ± <0.0001	1.82	Testudinellidae Harring, 1913			
<i>Lecane</i> sp. nov.	0.061 ± 0.3	0.0002 ± 0.0012	25.45	<i>Testudinella dendradena</i> de Beauchamp, 1955 **	0.053 ± 0.23	0.0018 ± 0.0079	17.27
Mytilinidae Harring, 1913				<i>Testudinella incisa</i> (Ternetz, 1892)	0.009 ± 0.07	0.0003 ± 0.0023	3.64
<i>Mytilina bicarinata</i> (Perty, 1850)	0.006 ± 0.03	<0.0001 ± 0.0002	5.45				

Capítulo III

A new rotifer species: *Lecane* sp. nov. (Rotifera: Monogononta) from a Brazilian sandbank with ecological characterization of a coastal lagoon system

Artigo a ser submetido no periódico Zootaxa (ISSN 1175-5334)

A new rotifer species: *Lecane* sp. nov. (Rotifera: Monogononta) from a Brazilian sandbank with ecological characterization of a coastal lagoon system

MARIANE AMORIM ROCHA^{1,4}, JESSIKA ALVES¹, CIRO YOSHIO JOKO², CLÁUDIA COSTA BONECKER³, RODRIGO JOHNSON¹ AND ELIZABETH GERARDO NEVES¹

¹Laboratório LABIMAR, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

²Centro Universitário do Distrito Federal, Brasília, Brasil

³Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.

⁴Corresponding author. E-mail: marianeamorimrochabio1@gmail.com, anee.bio@hotmail.com

RUNNING HEAD: New species of *Lecane* in coastal lagoon

Abstract

This study provides a description of a new species of Rotifera to Brazil, *Lecane* **sp. nov.**, including the characterization of the habitat abiotic variables. The specimens were collected in the limnetic, and in an interstitial zone at 10 and 30 cm depth, in a sandbank of coastal lagoons. The new species is distinguishable from its congeners by presenting margins at the opening of the head slightly convex; by the shape of the fingers, with pseudoclaws in the middle; and by accessory claws.

Keywords: micrometazoa, Lecanidae, taxonomy, new species, South America

Introduction

Lecanidae is a monogeneric family that comprises more than 200 described species of *Lecane* Nitzsch, 1827. The genus is diagnosed by the structure of the foot and trophi. The foot is inserted subdistally, consisting of a partially covered forefoot, a rigid pseudosegment with a single toe, alternatively, with two separated or partially fused toes. Trophi are characterized by a short, small but wide fulcrum, short fan- or rod-shaped; asymmetrical branch with alulae; unci with mostly three unequal and fused teeth; manubria broad, elongate and curved distally (Segers, 1995).

Lecane inhabits predominantly subtropical and warm waters (Segers, 2008), being considered non-planktonic, living in benthic habits (Bonecker et al. 1998; Borges & Pedrozo, 2009). Several studies report the occurrence of this genus associated with the macrophytes (Duggan et al. 2001; Kuczyn'ska-Kippen, 2009). A number of taxonomic studies has described new species of *Lecane* worldwide in the last decade (Trinh-Dang et al. 2015; Trinh-Dang et al. 2019; Wei et al. 2019). But in Brazil, the last *Lecane* new species was described in the 90's by Segers & Dumont (1995).

About 103 species of *Lecane* are known from Brazilian limnic environments, most of them reported to lotic and lentic habitats, including artificial water reservoirs (Garraffoni & Lourenço, 2012). The inventories are majorly restricted to the southern and southeastern coastal zones, being the coastal lagoons rarely investigated (Branco et al. 2008; Souza et al. 2011).

Studies on the Rotifera from Tropical Northeastern Brazil have focused on species composition and diversity; eutrophication effects; fisheries; salt gradient and other ecological aspects (Sousa et al. 2008; Almeida et al. 2009; Silva et al. 2009; Dantas-Silva et al. 2013; Paranhos et al. 2013; Azevedo et al. 2015; Lucena et al. 2015; Arruda et al. 2017; Picapedra et al. 2018; Duré et al. 2021). However, there are still a wide gap on the knowledge of the Rotifera biodiversity from freshwater and marine environments in a latitudinal gradient. Rocha et al. (2022) has recently compiled all researches hitherto developed to the Bahia State (12°S). The authors mentioned a total of 14 sampling sites, comprising 155 taxa, including 44 species of *Lecane*, but lacking occurrences in coastal lagoons, and species described to this latitude.

Therefore, this work describes for the first time a new lecanid species from a coastal lagoon complex in a sandbank ecosystem of the Bahia State (Northeastern Brazil). The

type locality is characterized by a tropical weather regime, and acid waters conditions at 12°S latitude.

Materials and methods

Sampling

The Abaeté System is a coastal lagoon complex with dunes and natural lentic water bodies inserted in an Environmental Protection Area (EPA) – ‘EPA Lagoons and Dunes of Abaeté’, belonging to a Private Natural Heritage Reserve (PNHR), ‘Parque das Dunas’ (12°56’59” N; 8°20’25” E) – Bahia State, Brazil.

Sampling was carried out in 11 lagoons (Figure 1) with a plankton net (20 µm) in December/19, February/20, October/20, December/20, February/21, April/21, and June/21. Abiotic parameters were estimated.

As protocol, rotifers were collected at the sub-surface in the limnetic zone of each lagoon by filtering 100 L of water, being samples fixed in formalin 4% for laboratory analysis.

Other rotifer specimens were also collected in the interstitial zone in one of the lagoons - Lagoa Vitória. At this site, sampling was carried out in three different depths below the sediment surface at 10, 30 and 50 cm, considering the following distances: (a) 1.5 m from the shore outside the lagoon; (b) 1.5 m from the shore inside the lagoon, (c) 3.0 m from the shore inside the lagoon. An aluminum tube (tbar), 150 cm long and 2.5 cm diameter, and a modified Bou-Rouch pump was used for sucking the specimens (Vigna Taglianti *et al.* 1969). For each tbar, five liters of water and sediment were collected (Boulton *et al.* 2004). In order to separate Rotifera from the sediment, the field elutriation method was used (adapted from Mugnai *et al.* 2019) using 30 L of filtered water. After it, the samples were filtered through a 20 µm mesh and fixed in formalin 4%.

Abiotic analysis

The abiotic parameters were estimated simultaneously during specimen sampling. Water temperature (Temp) (°C) and dissolved oxygen (DO) (mg L⁻¹) were estimated using the Instrutherm (model MO-920). Additionally, sample of water (1 L) was collected and packed within isothermal boxes for analysis in the laboratory, including electrical conductivity (EC) (µS cm⁻¹) and total dissolved solid (TDS) (mg L⁻¹), being both measured with a conductivity meter (model mCA 150 p – Adamo); and hydrogen ion concentration (pH) using a pH meter (model ML 1010 – Misura line). The following environmental parameters were also evaluated: chlorophyll *a* (Chl - *a*) (µg L⁻¹) and nutrients, among them, dissolved inorganic nitrogen (DIN) (µM), N-ammoniacal (NH₄) (µM), nitrate (NO₃⁻) (µM), nitrite (NO₂) (µM) and dissolved inorganic phosphorus (DIP) (µM) (phosphate (PO₄³⁻). Nutrients were determined according to Grasshoff *et al.* (1983), and chlorophyll *a* followed the trichromatic method in the acetone extract as supported by Jeffrey & Humphrey (1975).

Taxonomic study

Specimens were selected and examined using a Zeiss® light microscopy (model Axio Scope.A1) supplied with a Zeiss Axiocam 305 color camera. Rotifera trophi were isolated by dissolution in NaOCl according to De Smet (1998). Scanning electron microscopy images (SEM) of the external morphology were performed with an Jeol JMS 6390LV. Specimens were examined under confocal laser scanning microscope (CLSM) (Zeiss LSM 900), with emission of fluorescent images. For CLMS images, fixed specimens were laid on an excavated slide, and stained with a drop of acid fuchsin 1% for 18h. Scientific drawings were performed using Corel Draw 2020.

The taxonomic analysis was supported by Segers (1995) and Trinh-Dang (2019). A total of 10 specimens were morphometrically analyzed, including the following structures: dorsal plate length (DPL), dorsal plate width (DPw), head aperture width of the dorsal plate (HAwD), ventral plate length (VPL), ventral plate width (VPw), head aperture width of the ventral plate (HAwV), lateral spine length (LSl), toe length (TOEl) (excluding the pseudoclaw), and pseudoclaws length (PCL) (Figure 2, Table 1). Morphometrics were supported by Zeiss Image Software.

Type material was deposited in the Rotifera Collection at the 'Museu de História Natural da Bahia' - Universidade Federal da Bahia (Acronym: UFBA).

Results and discussion

Taxonomy

Subclass Monogononta Plate, 1889

Order Ploima Hudson & Gosse, 1886

Family Lecanidae Bartoš, 1959

Genus *Lecane* Nitzsch, 1827

***Lecane* sp. nov.**

(Fig 2-6)

Material examined. Holotype and paratypes (n=10) preserved in formaldehyde 4% (UFBA).

Type locality. Lagoa Urubu (12°55'28.21" N; 38°20'23.01" E), coastal lagoon located in Abaeté System, Bahia State (1.92 km from the coast). Ecological variables: temperature 26.9 °C, pH 3.16, electrical conductivity 359.9 $\mu\text{S cm}^{-1}$, dissolved oxygen 4.35 mg L⁻¹, total dissolved solids 194.2 mg L⁻¹, chlorophyll *a* 12.74 $\mu\text{g L}^{-1}$, N-ammoniacal 10.38 μM , nitrate 1.15 μM , nitrite 0.30 μM , dissolved inorganic nitrogen 1.12 μM , phosphate 11.24 μM , on December 5th, 2019.

Diagnosis. *Lecane* sp. nov. Female: Lorica stiff. Dorsal plate anteriorly narrower, medially wider than ventral plate, ornamented. Margins of the head opening nearly coincident or parallel, slightly convex in the middle portion, with anterolateral spines. Ventral plate elongated, with incomplete transverse and longitudinal folds, ornamented. Smooth side margins, curved, or irregularly bent. Deep lateral grooves. Wide plantar plate, rounded triangular thigh plates, peredal crease narrow, elongated, distally with median projection. Pseudosegment of the projecting, protruding, with a rounded basal region and a rectangular distal region. Long toes, from parallel sides to medially, with long pseudoclaws and two accessory claws (Figure 3, 4 and 6A-B).

Male. Unknown.

Trophi (Figure 5A – 5B – 6C): Rami Asymmetrical, left side more developed. Unci composed of uneven teeth.

Measurements (mean (SD), in μm): dorsal plate length (DPl) = 79.8 (1.4), dorsal plate width (DPw) = 62.0 (1.6), head aperture width of the dorsal plate (HAwD) = 34.6 (1.6), ventral plate length (VPl) = 72.3 (1.5), ventral plate width (VPw) = 55.7 (1.0), head aperture width of the ventral plate (HAwV) = 38.7 (0.6), lateral spine length (LSl) = 0.8 (0.1), Toe length, excluding the pseudoclaw (TOEl) = 19.9 (1.7) and pseudoclaws length (PCl) = 12.0 (1.7) (Table 1).

Etymology. The name of this species refers to the type locality, the Abaeté System, an ecological complex of lagoons and dunes.

Remarks. *Lecane* **sp. nov.** can be confused with *Lecane donneri* Chengalath & Mulamoottil, 1974, *Lecane rhytida* Harring & Myers, 1926, and *Lecane simonneae* Segers, 1993. However, *Lecane* **sp. nov.** is characterized by margins at the opening of the head, slightly convex in the middle portion (straight line in *L. donneri*, slightly concave in *L. rhytida*, straight or slightly concave in *L. simonneae*), by the shape of the fingers, with pseudoclaws in the middle (tapering smoothly to the sharp point in *L. donneri*, ending up halfway in *L. rhytida*, parallel to the tip in *L. simonneae*) and by accessory claws (absent in *L. donneri*, *L. rhytida*, and *L. simonneae*). Your toes are shorter than *L. simonneae*.

Ecology and distribution. *Lecane* **sp. nov.** was first found in the limnetic zone in the Lagoa Urubu, being recorded a total of 45 specimens, on December 5th/19. Other reports at the same locality occurred on February 18th/20 (36 specimens), October 28th/20 (1 specimen), and February 13th/21 (1 specimen). Ecological variables at the type locality during each sampling date are provided in the Table 2.

The new species was also found in the limnetic zone in other lagoons: Lagoa Vitória, Baronesa, Junco, Paradise, Aeroporto, Jacaré 01, Jacaré 02, Camarão, 222 and Dom Murilo - a total of 37 specimens were recorded from 2019 to 2021 (Table 2). Indeed, the lagoons have a well-established community of macrophytes that may influence the occurrence of rotifers.

Lecane **sp. nov.** was also found in the interstitial zone from the margin to higher distances in the Lagoa Vitória at 10 cm depth, below the sediment surface. Only one specimen at each of the three distances was recorded in February/20 (Table 3).

Table 1. Morphometric measurements (μm) in *Lecane* spp. Abbreviations: DPl: dorsal plate length, DPw: dorsal plate width, HAwD: head aperture width of the dorsal plate, VPl: ventral plate length, VPw: ventral plate width, HAwV: head aperture width of the ventral plate, LSl: lateral spine length, TOEl: toe length (excluding the pseudoclaw), PCl: pseudoclaws length

Specimen	DPl	DPw	HAwD	VPl	VPw	HAwV	LSl	TOEl	PCl
1	78.0	61.0	33.8	70.3	54.6	37.8	0.6	19.6	8.4
2	77.8	58.6	32.0	69.6	54.4	39.9	0.7	19.9	11.1
3	79.4	61.5	34.0	72.5	56.0	38.9	0.6	22.3	13.2
4	78.6	61.2	34.0	72.4	55.8	38.5	0.8	22.5	13.6
5	80.0	63.0	35.0	73.3	56.9	38.3	0.6	17.1	10.1
6	82.0	63.5	35.6	73.1	56.4	38.4	0.8	18.6	12.6
7	79.6	61.5	38.2	74.6	56.8	38.6	0.8	20.1	12.8
8	80.2	62.9	34.4	71.8	54.0	39.1	0.9	20.4	12.4
9	81.5	64.0	35.3	73.1	55.8	39.0	0.9	20.5	13.0
10	80.8	62.8	34.2	72.0	56.1	38.6	0.8	18.3	12.9
Mean	79.8	62.0	34.6	72.3	55.7	38.7	0.8	19.9	12.0
s	1.4	1.6	1.6	1.5	1.0	0.6	0.1	1.7	1.7
CV%	1.8	2.6	4.6	2.0	1.8	1.5	15.7	8.4	13.8

Table 2. Coordinates and ecological variables at each sampling site (*per* date and including the type locality) of *Lecane* **sp. nov.** in the coastal lagoons of the Abaeté System. Abbreviations: S: sampling sites; DO: dissolved oxygen; Temp: temperature; EC: electric conductivity; TDS: total dissolved solids; Chl - *a*: chlorophyll *a*; DIN: dissolved inorganic nitrogen; < DL: below detection limit; a.: December/19; b. February/20; c. October/20; d. December/20; e. February/21; f. April/21; g. June/21

Sites	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
Lagoon	Vitória	Baronesa	Junco	Paradise	Aeroporto	Jacaré 01	Jacaré 02	Urubu	Camarão	222	Dom Murilo	
Latitude (N)	12°55'00.26"	12°55'15.49"	12°55'12.63"	12°55'25.44"	12°55'19.52"	12°55'24.51"	12°55'27.00"	12°55'28.21"	12°55'38.86"	12°55'39.47"	12°56'51.07"	
Longitude (E)	38°19'06.82"	38°19'13.39"	38°19'27.37"	38°19'22.67"	38°19'58.30"	38°20'12.12"	38°20'16.47"	38°20'23.01"	38°19'52.33"	38°21'04.96"	38°20'38.15"	
No. of specimens	a			1	1	1		45				
	b			1	1	1		36				
	c		1	1		2	6	1	1	1	1	
	d	2	3									
	e	1			2		2	1	1			
	f	2	1									
	g						1			2		
DO (mg L ⁻¹)	a	6.58	2.68	3.7	3.25	6.53	8.73	9.03	4.35	7.02	8.2	6.89
Temp (°C)	a	27.3	27.2	27.5	27.2	27.2	27.6	27.8	26.9	27.3	27.5	26.8
pH	a	3.63	3.8	3.83	3.42	4.1	2.93	4.64	3.16	3.96	4.91	2.85
EC (μS cm ⁻¹)	a	193	130.1	210.1	267.6	194.1	593.7	188	395.9	90.36	218.9	660
TDS (mg L ⁻¹)	a	98.59	65.5	106.6	136.2	95.65	293.4	94.37	194.2	46.83	108.3	330.9
Chl - <i>a</i> (μg L ⁻¹)	a	1.46	26.16	0	9.66	3.56	3.69	2.08	12.74	7.21	0	0
N-ammoniacal (μM)	a	12.27	11.33	7.24	10.2	8	10.51	11.58	10.38	8.75	13.53	12.59
Nitrate (μM)	a	15.75	2.36	1.38	1.49	14.21	-0.01	1.9	1.15	0.97	1.32	26.55

Nitrite (μM)	a	0.28	0.01	0.4	0.68	0.36	0.36	0.4	0.3	0.07	0.19	0.66
DIN (μM)	a	0.22	0.1	0.16	0.46	0.76	0.22	0.46	1.12	0.1	0.46	0.64
Phosphate (μM)	a	27.75	13.68	8.22	11.01	21.84	10.14	13.08	11.24	9.65	14.66	38.48
DO (mg L^{-1})	b	5.48	4.22	6.63	6.22	7.22	9.63	9.72	5.02	7.55	8.42	7.32
Temp ($^{\circ}\text{C}$)	b	26.5	26.2	26.8	25.6	25.4	25.8	25.6	26.2	25.2	26.2	25.8
pH	b	5.6	4.14	4.74	4.25	5.31	5.08	4.33	7.97	5.38	5.26	5.28
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	b	173.2	114.8	164.5	163.2	203.7	101	82.7	143.7	66.8	87.2	76.2
TDS (mg L^{-1})	b	92.3	57.32	82.78	81.54	102.3	51.11	82.7	71.78	33.35	44.03	38.04
Chl - <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	b	30.66	3.99	8.85	3.17	3.35	6.23	35.49	14.22	6.37	11.64	2.46
N-ammoniacal (μM)	b	3.26	1.25	2.45	10.25	1.25	2.58	1.58	2.03	6.32	8.96	3.05
Nitrate (μM)	b	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Nitrite (μM)	b	0.59	0.36	0.89	0.65	0.74	0.47	0.97	1.23	0.87	0.71	1.79
DIN (μM)	b	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Phosphate (μM)	b	18.55	9.58	7.86	8.47	15.69	8.78	11.83	9.36	8.78	12.78	22.58
DO (mg L^{-1})	c	6.22	3.57	4.48	4.74	7.34	9.67	8.47	3.65	8.36	7.36	7.87
Temp ($^{\circ}\text{C}$)	c	24.4	24.2	24.6	24.8	24.6	25.2	25.4	25.4	24.4	25.2	25.2
pH	c	4.2	4.37	3.89	3.6	3.9	3.96	4.22	5.4	5.24	4.25	5.3
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	c	180	98.6	180.6	214.8	145.8	125.8	149.7	163.8	115.3	179.6	168.7
TDS (mg L^{-1})	c	86.4	56.8	96.8	89.7	105.2	89.6	63.8	68.9	55.8	87.9	89.7
Chl - <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	c	9.55	3.96	30.7	92.65	5.56	7.89	6.92	6.67	4.48	68.14	2.21
N-ammoniacal (μM)	c	0.05	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	0.22	0.62	4.07	< DL
Nitrate (μM)	c	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Nitrite (μM)	c	1.56	1.43	0.98	0.36	0.51	0.6	0.89	0.47	0.38	0.56	1.14
DIN (μM)	c	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Phosphate (μM)	c	< DL	< DL	< DL	0.22	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
DO (mg L^{-1})	d	5.48	4.89	6.37	5.96	6.96	7.69	9.63	4.79	7.54	8.12	6.38

Temp (°C)	d	27.6	27.4	27.4	27.6	28.4	28.2	28.4	27.8	28.2	28.4	27.8
pH	d	5.4	3.89	4.45	4.5	5.3	5.6	4.35	6.8	3.84	5.4	4.8
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	d	95.2	102.7	215.4	178.5	123.6	86.7	123.5	93.4	83.5	114.2	215.2
TDS (mg L^{-1})	d	91.2	63.4	101.5	96.5	87.9	69.7	79.6	72.8	49.8	63.8	86.5
Chl - <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	d	8.36	7.92	46.05	101.92	11.12	6.58	7.55	16.68	2.49	102.21	3.97
N-ammoniacal (μM)	d	0.12	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	0.78	1.15	6.58	< DL
Nitrate (μM)	d	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Nitrite (μM)	d	2.14	1.58	1.25	0.58	0.97	0.48	0.71	0.73	0.21	0.73	1.56
DIN (μM)	d	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Phoshate (μM)	d	< DL	< DL	< DL	0.53	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
DO (mg L^{-1})	e	7.2	3.2	16.1	4.5	7.9	17.5	11.7	12.7	11.2	27.7	6.6
Temp (°C)	e	27.5	25.3	28.7	27	27.7	29	27.2	26.2	28.1	28.2	26.2
pH	e	6.84	6.69	7.13	6.56	5.95	5.97	6.4	6.54	6.16	6.19	6.54
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	e	112.5	95.36	167.7	163.7	114.9	73.76	61.24	62.34	60.87	231.7	115.2
TDS (mg L^{-1})	e	50.87	48.78	75.75	84.36	59.41	38.19	32.32	32.64	31.2	117.7	58.99
Chl - <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	e	13.33	1.94	14.24	18.29	12.26	15.54	17.51	140.62	12.27	56.9	2.19
N-ammoniacal (μM)	e	4.64	0.85	1.31	14.87	0.74	< DL	< DL	0.97	< DL	1.6	< DL
Nitrate (μM)	e	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Nitrite (μM)	e	0.8	0.27	0.67	1.47	0.8	0.69	1.12	0.47	< DL	0.42	1.43
DIN (μM)	e	< DL	< DL	< DL	1.53	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Phoshate (μM)	e	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
DO (mg L^{-1})	f	11.4	7.3	6	10.9	13.1	13.8	6.7	10	13.3	19	4.5
Temp (°C)	f	25.1	26.6	24.1	26.1	25.8	26.3	26.1	26.6	25.2	26	26
pH	f	5.03	5.02	5.05	5	4.73	5.18	4.92	5.11	5.01	4.77	4.83
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	f	103.1	77.84	90.17	156.7	102.07	84	65.04	60.22	57.19	204.2	86.12
TDS (mg L^{-1})	f	78.54	38.71	45.03	78.54	51.44	42	32.5	30.09	28.58	101.1	43.45

[illegible]

Table 3. Ecological variables of the interstitial zone in the Lagoa Vitória where specimens of the *Lecane* **sp. nov.** were also collected. Abbreviations: D: Depth; OTL: Outside the lagoon; ITL: Inside the lagoon; Temp: temperature; EC: electric conductivity; Chl-*a*: chlorophyll *a*; DIN: dissolved inorganic nitrogen; < DL: below detection limit

Abiotical variables	Sampling points		
	D10 cm - 1.5 m OTL	D10 cm - 3.0 m ITL	D10 cm - 1.5 m ITL
Temp (°C)	29.1	29.3	30.3
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	153.1	180.1	145.1
pH	5.93	5.38	5.76
Chl- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0.01	0.05	0.55
N-ammoniacal (μM)	0.91	4.64	7.29
Nitrate (μM)	< DL	< DL	< DL
Nitrite (μM)	0.45	0.27	0.33
DIN (μM)	< DL	< DL	< DL
Phosphate (μM)	< DL	< DL	< DL

Acknowledgments. We would like to thank Prof. Jorge Santana, (coordinator of the ‘Parque das Dunas’) for outstanding help in the field and research facilities, FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) for financial support (nº BOL0375/2018), and the LABIMAR (Laboratório de Invertebrados Marinhos) team for the collaboration during lab routine. Special thanks to the technician UFBA MSc. José Rogério Silva for the advisements with the chemical analysis, and to MSc. Amilcar Farias for support with confocal images (CLSM). This research was favored by the equipments and supplies of the Project ‘Evaluation and Research of Coral Sol in Todos-os-Santos Bay’ (PETROBRAS-LABIMAR).

References

- Almeida, V.L.S., Dantas, E.W., Melo- Júnior, M., Bittencourt- Oliveira, M.C. & Moura, A.N. (2009) Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69(1), 57-65.
- Arruda, G. A., Diniz, L. P., Almeida, V.L.S., Neumann-Leitão, S. & Melo Júnior, M. (2017) Rotifer community structure in fish-farming systems associated with a Neotropical semiarid reservoir in north-eastern Brazil. *Aquaculture Research*, 48 (9), 4910-4922.
- Azevedo, D.J.S., Barbosa, J.E.L., Porto, D.E., Gomes, W.I.A., Molozzi, J. (2015) Biotic or abiotic factors: which has greater influence in determining the structure of rotifers in semi-arid reservoirs? *Acta Limnologica Brasiliensia*, 27(1), <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2914>.
- Bonecker, C.C., Lansac-Tôha, F.A., Rossa, D.C. (1998) Planktonic and nonplanktonic rotifers in two environments of the Upper Paraná River Floodplain, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 41, 447-456.
- Borges, M.G., Pedrozo, C.S. (2009) Zooplankton (Cladocera, Copepoda and Rotifera) richness, diversity and abundance variations in the Jacuí Delta, RS, Brazil, in response to the fluvimetric level. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 21 (1), 101-110.
- Boulton, A.J., Dole-Olivier, M.J. & Marmonier, P. (2004) Effects of sample volume and taxonomic resolution on assessment of hyporheic assemblage composition sampled using a Bou-Rouch pump. *Archiv für Hydrobiologie*, 159 (3), 327-355.
- Branco, C.W.C., Kozlowsky-Suzuki, B., Esteves, F.A. & Aguiaro, T. Zooplankton distribution and community structure in a brazilian coastal lagoon. *Vie et milieu - life and environment*, 58 (1), 1-9, 2008.
- De Smet, W.H. (1998) Preparation of rotifer trophi for light and scanning electron microscopy. *Hydrobiologia*, 387/388, 117– 121.
- Duggan, I.C., Green, J.D., Thompson, K., Shiel R..J. (2001) The influence of macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers. *Freshwater Biology*, 46, 777 – 786.
- Duré, G.A.V., Simões, N.R., Braghin, L.S.M. & Ribeiro, S.M.M.S. (2021) Effect of eutrophication on the functional diversity of zooplankton in shallow ponds in Northeast Brazil. *Journal of Plankton Research*, 43 (6). <https://doi.org/10.1093/plankt/fbab064>.
- Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F. (1995) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae, and natural phytoplankton. *Biochemical and Physiology Pflanzen*, 167, 194-204.
- Garraffoni, A.R.S., & Lourenço, A.P. (2012). Synthesis of Brazilian Rotifera: An updated list of species. *Check List*, 8, 375–407.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M. & Kremling, K. (1983) *Methods of Seawater Analysis*. Weinheim: Verlag chemie, 419 p.

Kuczyn´ska-Kippen, N. (2009) The spatial segregation of zooplankton communities with reference to land use and macrophytes in shallow Lake Wielkowiejskie (Poland). *International Review of Hydrobiology*, 94, 267–281.

Lucena, L.C.A., Melo, T.X. & Medeiros, E.S.F. (2015) Zooplankton community of Parnaíba River, Northeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 31. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2917>.

Mugnai, R., Serpa-Filho, A., Nessimian, J.L., Kury, A. B. & Milesi, S.V. (2019) Morphological traits and vertical distribution of hyporheic chironomid larvae in Atlantic Forest streams. *Tropical Zoology*, 32 (3), 119-134.

Paranhos, J.D.N., Almeida, V.L.S., Silva Filho, J.P., Paranaguá, M.N., Melo Júnior, M. & Neumann-Leitão, S. (2013). The zooplankton biodiversity of some freshwater environments in Parnaíba basin (Piauí, Northeastern Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 73(1), 125-134.

Picapedra, P.H.S., Fernandes, C., Baumgartner, G. & Lansac-Tôha, F.A. (2018) Effect of slackwater areas on the establishment of plankton communities (testate amoebae and rotifers) in a large river in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Limnetica*, 37 (1), 19-31. DOI: 10.23818/limn.37.03.

Picapedra, P.H.S., Fernades, C. & Baumgarther, G. (2019) Structure and ecological aspects of zooplankton (Testate amoebae, Rotifera, Cladocera and Copepoda) in highland streams in southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2917>.

Rocha, M.A., Silva, M.B., Bonecker, C.C., Anjos, M.S., & Melo, P.A.M.C. (2022). Rotifers of Bahia State, Brazil: News records and limitations to studies. *Brazilian journal of biology*, 82 (e236345).

Segers, H. (2008). Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 49–59.

Segers, H. & Dumont, H.J. (1995) 102+ rotifer species (Rotifera: Monogononta) in Broa reservoir (SP., Brazil) on 26 August 1994, with the description of three new species. *Hydrobiologia*, 316, 183-197.

Silva, A. M. A., Barbosa, J. E.L., Medeiros, P. R., Rocha, R. M., Lucena-Filho, M. A. & Silva, D. (2009) Zooplankton (Cladocera and Rotifera) variations along a horizontal salinity gradient and during two seasons (dry and rainy) in a tropical inverse estuary (Northeast Brazil). *Pan- American Journal of Aquatic Sciences*, 4(2), 226-238.

Trinh-Dang, M., Phan, D.D. & Vo, V.M. (2019) A new rotifer species: *Lecane langsenensis* n. sp. (Rotifera: Monogononta) from Vietnam. *Zootaxa*, 4615 (1), 155–164.

Vigna Taglianti, A., Cottarelli, V. & Argano, R. (1969) Messa a punto di metodiche per la raccolta della fauna interstiziale e freatica. *Archivio Botanico e Biogeografico Italiano*, 45(14), 375–380, 1969.

Wei, N., Jersabek, C.D. & Yang, Y. (2019) Rotifers from China (Western Guangdong Province), with description of *Lecane zhanjiangensis* sp. nov. (Rotifera: Monogononta: Lecanidae). *Zootaxa*, 4603 (1), 66–080.

Figures Captions

FIGURE 1. Location of sampling sites in the Abaeté System - ecological complex formed by dunes and natural lagoons. S: sampling sites, S1: Vitória, S2: Baronesa, S3: Junco, S4: Paradise, S5: Aeroporto, S6: Jacaré 1, S7: Jacaré 2, S8: Urubu, S9: Camarão, S10: 222 and S11: Dom Murilo. The type locality of the new species is highlighted in red.

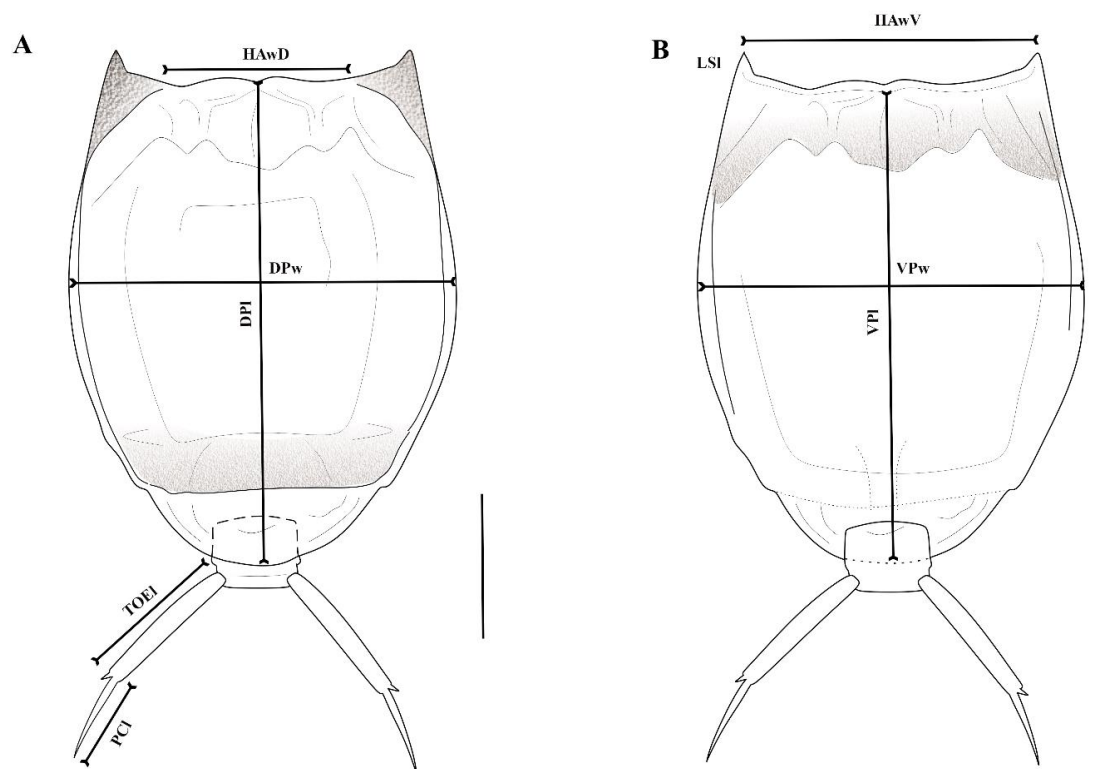
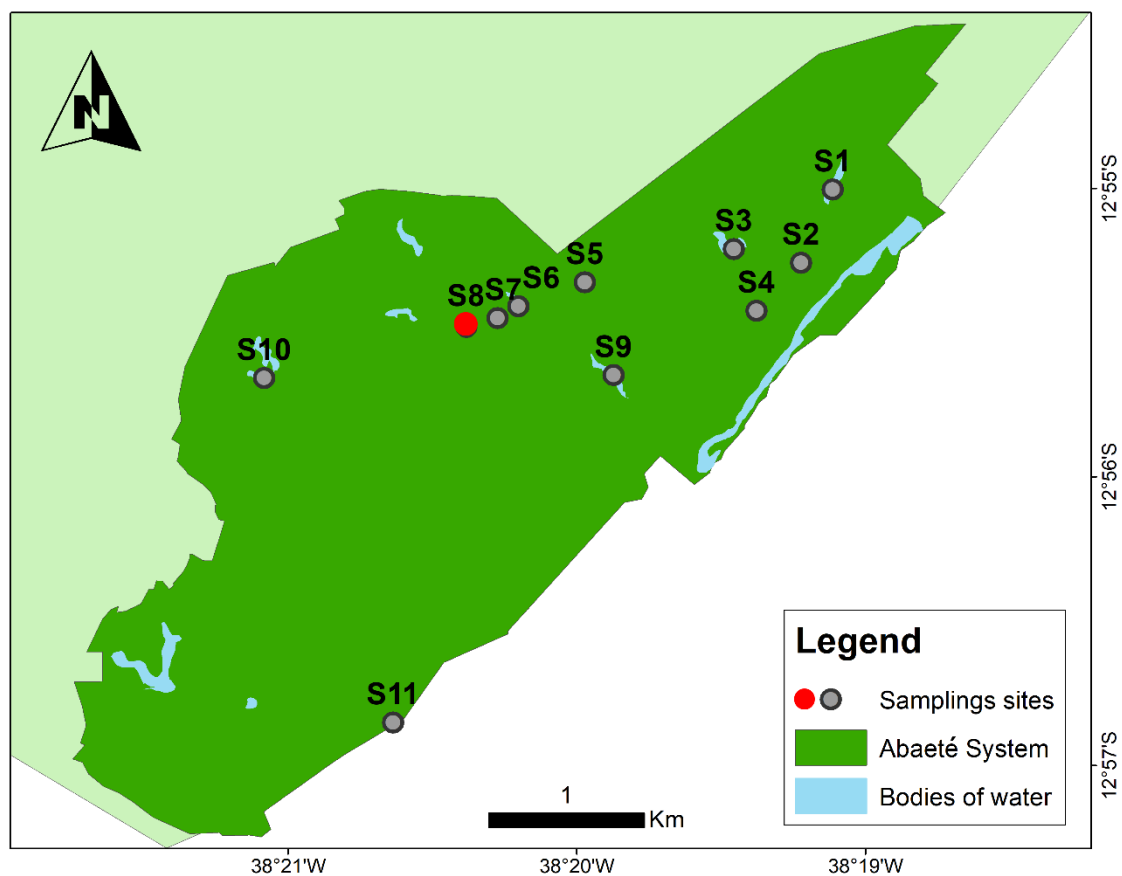
FIGURE 2. Measurements made in *Lecane* spp.: DPl: dorsal plate length, DPw: dorsal plate width, HAwD: head aperture width of the dorsal plate, VPl: ventral plate length, VPw: ventral plate width, HAwV: head aperture width of the ventral plate, LSl: lateral spine length, TOEl: toe length, excluding the pseudoclaw, and PCl and pseudoclaws length. A: dorsal view, B: ventral view. Scale bar: 50 μ m

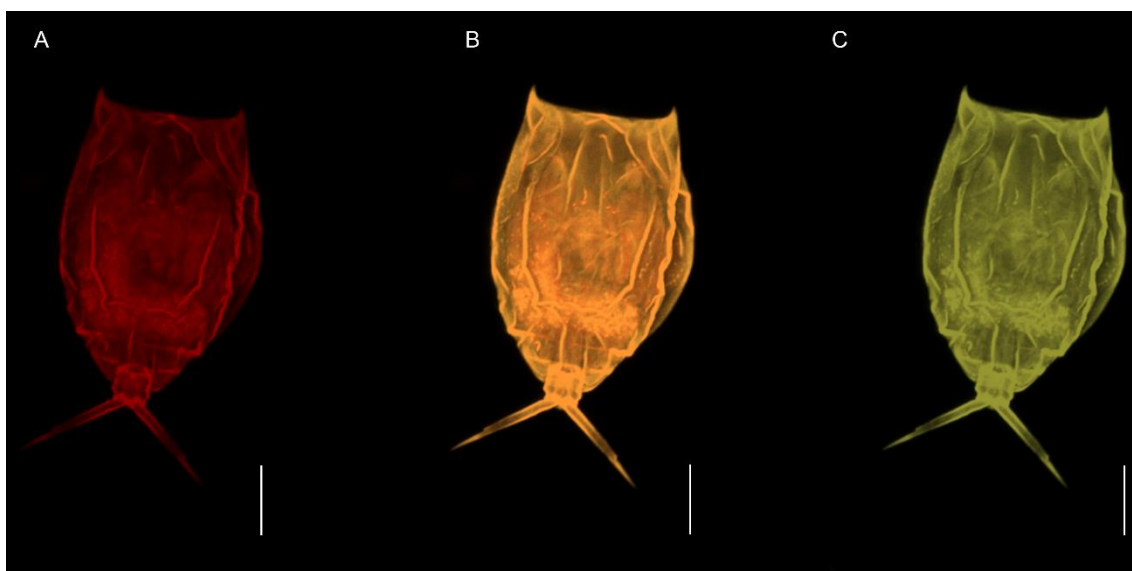
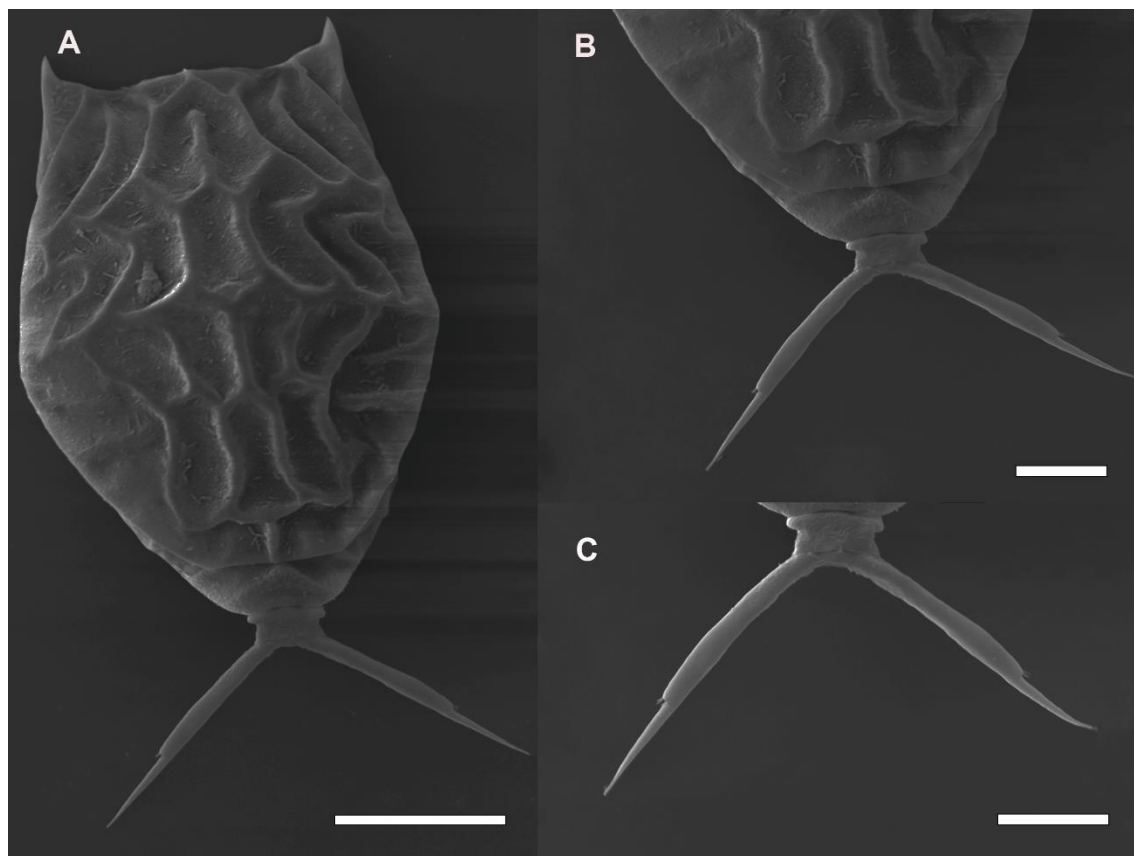
FIGURE 3. *Lecane* sp. nov., Scanning Electron Microscopy (SEM) photomicrographs of external morphology, dorsal view. A. complete ventral morphology, B. posterior region of the ventral plate showing the long fingers, tapering to sharp points in the distal portion, and C. posterior region showing accessory claws on the finger. A scale bar: 20 μ m, B and D scale bar: 10 μ m

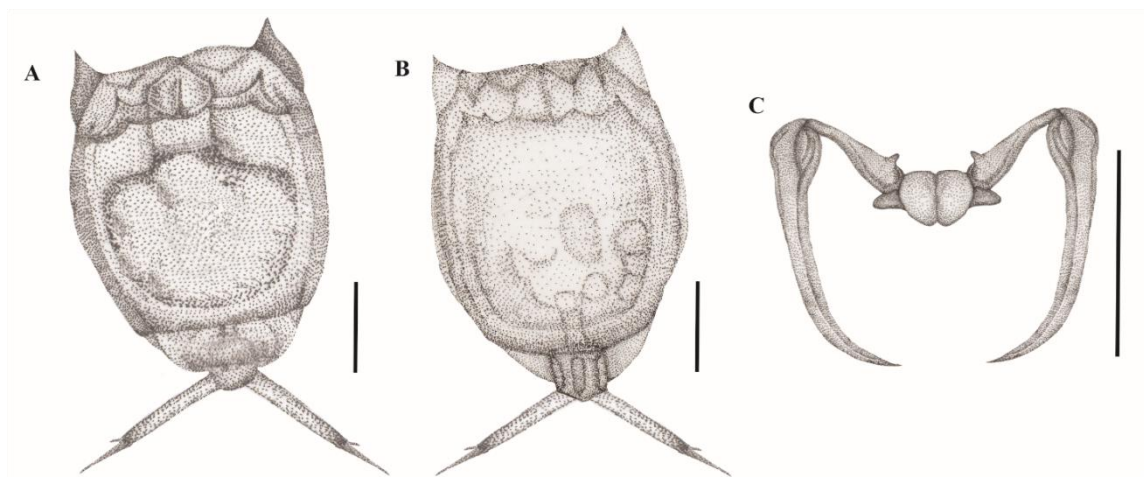
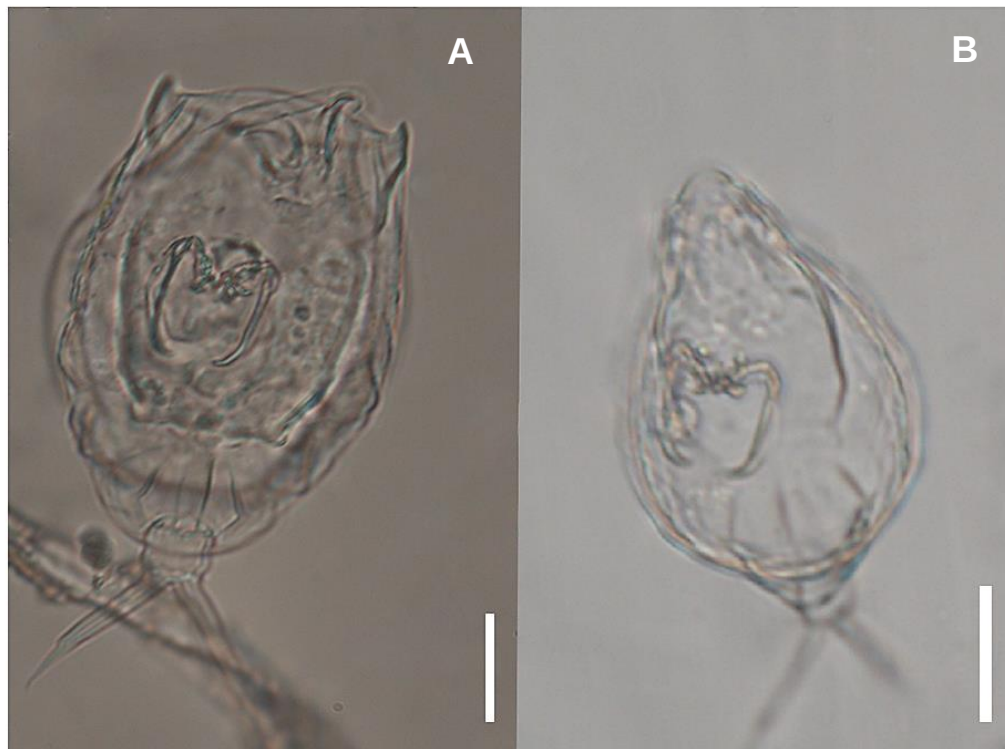
FIGURE 4. Fluorescence microscope images of *Lecane* sp. nov.; objective LD Plan-Neofluar 40x/0.6 Korr M27; Contrast Method Fluorescence; Laser Wavelength 561 nm:7.00 %. A. Red laser, B. Orange laser e C. Green laser. Scale bar: 20 μ m.

FIGURE 5. *Lecane* sp. nov., Light Microscopy: Trophi. Scale bar: 20 μ m

FIGURE 6. *Lecane* sp. nov., Drawings based on light microscopy images: A. dorsal view, B. ventral view, C. Trophi. Scale bar: 15 μ m







Capítulo IV

Rotifera intersticial da “*Hypolentic Zone*” de uma lagoa costeira ácida tropical: Biodiversidade e Dinâmica espacial

Artigo a ser submetido no periódico Aquatic Science (ISSN 1420-9055)

Rotífera intersticial da “*Hypolentic Zone*” de uma lagoa costeira ácida tropical: Biodiversidade e Dinâmica espacial

Rotífera intersticial from the Hypolentic Zone of a tropical acid coastal lagoon: Biodiversity and Spatial dynamics

Mariane Amorim Rocha¹, Riccardo Mungnai², Cláudia Costa Bonecker³, Rodrigo Johnsson¹, Elizabeth Gerardo Neves¹

¹Laboratório de Invertebrados Marinhos (LABIMAR): Crustacea, Cinidaria e Fauna Associada, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), R. Barão de Jeremoabo, 668, 40170-115, Salvador, Bahia, Brasil

²Laboratório Limnologia, Centro de Ciências de Chapadinha, Universidade Federal do Maranhão, São Luiz, Brazil

³Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (Nupelia), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil

RESUMO

O estudo da interação das águas superficiais e subterrâneas em rios - *Hyporheic Zone*, tem sido abordado, mas a investigação dessa zona em lagoas - *Hypolentic Zone*, é raramente examinada. Nós caracterizamos a biodiversidade e distribuição espacial (profundidades e distâncias) da assembleia de Rotífera intersticial da *Hypolentic Zone* de uma lagoa costeira tropical em função da abundância, biomassa, índices de diversidade, aspectos estruturais da assembleia e variáveis abióticas. Amostras intersticiais foram coletadas com tbar. A composição de Rotífera intersticial da *Hypolentic Zone* foi representada por 24 táxons. A abundância e biomassa de Rotífera diferiram significativamente apenas nas profundidades, os valores mais acentuados foram observados na camada mais superficial. Os maiores índices de diversidade (H'), equabilidade (J') e menor dominância (D) foi observado na profundidade de 30 cm e na distância de 1,5 fora da margem da lagoa. Bdelloidea foi o táxon com índice de indicação (IndVal) tanto para profundidade quanto para distância. A composição da assembleia diferiu apenas nas profundidades segundo o ANOSIM (Análise de Similaridade). A estrutura da assembleia de Rotífera respondeu diretamente as variáveis pH, temperatura, condutividade elétrica, amônia, nitrogênio inorgânico dissolvido e clorofila *a*. Na caracterização abiótica da lagoa, o pH foi o mais eficiente na classificação das profundidades e distâncias segundo a DFA (Análise de função discriminante). Reafirmamos a importância de estudos da biodiversidade e distribuição espacial com Rotífera intersticial da *Hypolentic Zone* de lagoas costeiras para entendimento da heterogeneidade biótica e abiótica e seu funcionamento. Essa pesquisa consiste no primeiro estudo mundial de Rotífera intersticial da *Hypolentic Zone* em lagoas.

Palavras-chave: Ecossistemas límnicos · Interstício · Água superficial-subterrânea · Eurotatoria

Introdução

Corpos de águas superficiais, como em lagos e rios, podem ser parte de um componente integrante de um sistema de fluxo de águas subterrâneas. As águas subterrâneas, por sua vez, contribuem na composição das águas superficiais (Harvey & Wagner 2000), essa contribuição ainda é mais evidente em lagos com alta taxa de evaporação e chuvas limitadas (Rodríguez-Rodríguez et al. 2006).

Habitats subterrâneos predominam no continente e margens oceânicas e abrangem toda a zona insaturada do subterrâneo, podendo permanecer inalterados por milhões de anos, diferente da maioria dos ecossistemas de superfície de vida curta (Gilbert & Deharveng 2002).

O ecótono de transição de águas superficiais e subterrâneas é caracterizado como *Hyporheic Zone* (Gilbert 1991). Inicialmente esse conceito foi proposto para a interação da *Hyporheic Zone* e bacias hidrográficas (Stanford & Ward 1988;1993), denominado de “*Hyporheic Corridor Concept*” (HCC), sendo também considerado pelos espaços intersticiais entre as partículas do leito do rio (Tufenkji et al. 2002)

Entretanto, várias definições foram sugeridas para caracterizar essa zona (Orghidan 1955; Hynes 1975; Triska et al. 1989; White 1993), não existe uma única definição conceitual devido a diferentes terminologias, metodologias e dogmas entre biólogos, hidrólogos e geomorfólogos (White 1993). Orghidan (2010) caracteriza essa zona como biótopo de habitat único, que distingue de outros ambientes, onde as condições físicas, químicas e biológicas são diferentes daquelas que caracterizam águas superficiais e subterrâneas.

Apesar desse conceito ter sido inicialmente proposto para ambientes lóticos, e investigações tem sido abordada nesses ambientes. Esse termo também é utilizado em estudo de lagos (Drazina et al. 2017; Li et al. 2017; 2019; 2021). Entretanto, recentemente foi proposto o termo “*Hypolentic Zone*”, para caracterizar a zona análoga a *Hyporheic Zone* em lagos, considerada como a interface de águas superficiais e subterrâneas em sistemas de lagos e áreas úmidas (Winter 2001) e tem sido utilizado tanto em estudos de lagos (Yuan et al. 2016; Riley et al. 2019) quanto em reservatórios (Aseltyne et al. 2006;

Fryar et al. 2007). Nós aqui adotamos o termo “*Hypolentic Zone*” para definir a zona de transição de água superficial e subterrânea em estudo – lagoa costeira tropical (Fig. 1).

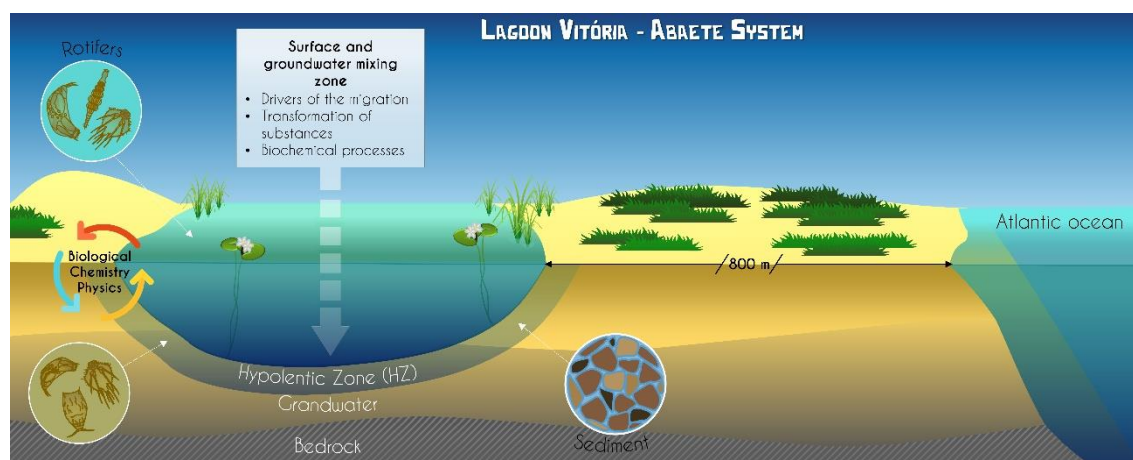


Fig. 1 Caracterização da *Hypolentic Zone* de uma lagoa costeira ácida tropical.

Su et al. (2016) citam que essa zona de mistura é dominada por atividades biogeoquímicas e, portanto, a *Hypolentic Zone* pode efetivamente: degradar substâncias tóxicas ou nocivas; purificar águas superficiais ou subterrâneas (Gandy et al. 2007); alterar a acidez, potencial redox e conteúdo de oxigênio dissolvido da água que flui através da zona; e proteger os ecossistemas da interferência de fatores externos (Zalewski 2000).

Os limites da *Hyporheic-Hypolentic Zone* podem variar sazonalmente com a descarga do rio e o nível do lago (Aseltyne et al. 2006). Correntes de lagos provavelmente sejam importantes para criar padrões de fluxo *Hypolentic* dentro de leitos de lagos (Fitzsimons & Marsden 2014). Entretanto, segundo Williams (1984) os limites exatos da *Hyporheic Zone* são difíceis de delimitar, devido a sua variabilidade no espaço e no tempo. Apesar das investigações de todo o mundo sobre a espessura da camada da *Hyporheic Zone*, no entanto, até o momento não existe uma metodologia específica para quantificar essa zona com investigação de campo (Veras et al. 2016). De acordo com White (1993), o tamanho da *Hyporheic Zone* pode variar bastante, devido principalmente a quantidade de variáveis (ecologia, morfologia, química, hidrologia, tempo de residência e até combinações entre essas variáveis) envolvidas na definição da interface. Podendo ser estendido verticalmente em metros e lateralmente em quilômetros (Stanford et al. 1996; Ward 1992). Essa limitação de área também pode ser aplicada na *Hypolentic Zone*.

Esse dinâmico ecótono em rios abrange uma diversidade de invertebrados (Dole-Olivier 2011; Leigh et al. 2013), compreendendo nematódes, ácaros, anelídeos,

microcrustáceos, rotíferos e outros representantes da meiofauna que completam todos os estágios de vida na *Hyporheic Zone* (Ward et al. 2000; Hancock et al. 2005; Mugnai et al. 2015). No entanto, até o momento, os estudos desse ecótono têm se concentrado principalmente em rios, sendo mais escassos os trabalhos direcionados para lagos. Adicionalmente, a maioria das pesquisas da *Hypolentic Zone* concentra-se nos estudos hidrogeológicos dessa mistura (Aseltyne et al. 2006; Su et al. 2016; Gang et al. 2021), sendo pouco investigada a biodiversidade dos organismos aquáticos presentes nessa zona (Bertrand et al. 2014; Riley et al. 2019).

A biodiversidade varia de acordo com os habitats (Gilbert & Deharveng 2002). Assim, *Stygobites* são caracterizados como organismos que vivem obrigatoriamente em águas subterrâneas e geralmente não ocorrem acima da superfície do solo, *Stygophiles* são organismos que geralmente vivem acima da superfície do solo, mas podem explorar recursos em águas subterrâneas e buscam refúgio de condições desfavoráveis na superfície em águas subterrâneas, enquanto que *Stygoxenes* são organismos que ocorrem acidentalmente em ambientes de águas subterrâneas (Gibert 1994).

As condições da zona de mistura em lagos e rios são significativamente diferentes (Su et al. 2016), o conhecimento da biodiversidade da *Hypolentic Zone* em lagos precisa ser explorado. Portanto, rotíferos estão entre os organismos aquáticos mais importantes, componente integrante de redes alimentares (Sharma & Sharma 2015), ocorrendo em quase todos os ecossistemas aquáticos ao redor do mundo (Reshteh & Rahimian 2014). Entretanto, assembleias de rotíferos intersticiais são raramente estudados, e pouca informação está disponível sobre esses organismos intersticiais de região tropical (Segers & Chittapun 2001).

Entretanto, em grande parte dos trabalhos da *Hyporheic Zone* em rios, principalmente no Brasil, Rotifera é identificado a nível de grande grupo juntamente com Nematoda, Annelida, entre outros (Veras et al. 2017; Veras et al. 2018). Poucas pesquisas concentram no grupo dentro de Rotifera e na identificação das espécies.

Estudos mostram a potencialidade da biodiversidade desses organismos em interstícios da região tropical. Dang et al. (2015) investigando os rotíferos intersticiais em um lago oligotrófico, localizado em dunas de areia, registraram 89 táxons, com descrição de três novas espécies (*Lecane phapi* Trinh Dang, Segers & Sanoamuang, 2015, *Lecane dorysimilis* Trinh Dang, Segers & Sanoamuang, 2015 e *Trichocerca bauthiemensis* Trinh Dang, Segers & Sanoamuang, 2015). Segers e Chittapun (2001) registraram 19 espécies de Rotifera, com também três novos registros (*Colurella psammophila* Segers &

Chittapun, 2001, *Encentrum pornsilpi* Segers & Chittapun, 2001 e *Lepadella desmeti* Segers & Chittapun, 2001) em um pântano costeiro de turfa tropical.

Os ecossistemas subterrâneos têm sido considerados como ambientes extremos habitados por apenas algumas espécies especializadas. Entretanto, muitos estudos mostram que esse ambiente abriga diversas comunidades de animais (principalmente invertebrados) em diferentes escalas espaço-temporais (Gilbert & Deharveng 2002).

A *Hypolentic Zone*, como interface entre águas superficiais e subterrâneas, abrange uma ampla gama de processos hidrogeológicos e biológicos (Bertrand et al. 2014). Entender essas dinâmicas é importante para a proteção desses ecossistemas, no qual têm tido um crescente destaque em muitos programas internacionais de pesquisa científica (Su et al. 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar a biodiversidade e distribuição espacial da assembleia de Rotifera de águas intersticiais da *Hypolentic Zone* de uma lagoa costeira ácida tropical, procurando também identificar as variáveis ambientais que influenciam a estrutura da assembleia desses organismos.

Essa é a primeira abordagem sobre o tema, em escala mundial, com enfoque sobre Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* em lagoas.

Dessa forma, foi analisado: (i) a biodiversidade, abundância, biomassa, índices de diversidade e aspectos estruturais de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* de uma lagoa costeira ácida, em escala espacial (profundidades e distâncias), e (ii) a influência das variáveis abióticos intersticiais na assembleia de Rotifera. Finalmente, nossa hipótese se fundamenta sobre a possibilidade de haver variação espacial da assembleia de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* em uma lagoa costeira ácida tropical.

Métodos

Área de estudo

O local de estudo compreende uma lagoa costeira ácida, Lagoa Vitória, localizada no Sistema Abaeté, complexo ecológico formado por dunas e lagoas naturais, situada no norte do município de Salvador entre 12°55'03.01" S e 38°19'08.11" W, inserido em uma Área de Proteção Ambiental (APA) - APA Lagoas e Dunas do Abaeté, pertencente a uma Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN), "Parque das Dunas", protegendo o ecossistema de restinga na área urbana (Cabanelas & Moreira 2007) (Fig.2).

A área encontra-se na porção sudoeste da bacia hidrográfica do rio Ipitanga. As formações litológicas que ocorrem nesta bacia são representadas pelo complexo cristalino, formação barreiras e depósitos quaternários (Nascimento & Barbosa 2005).

A lagoa encontra-se em uma área de dunas de areia, podendo chegar até 5 m de profundidade, e com distância de aproximadamente a 810 m da costa.

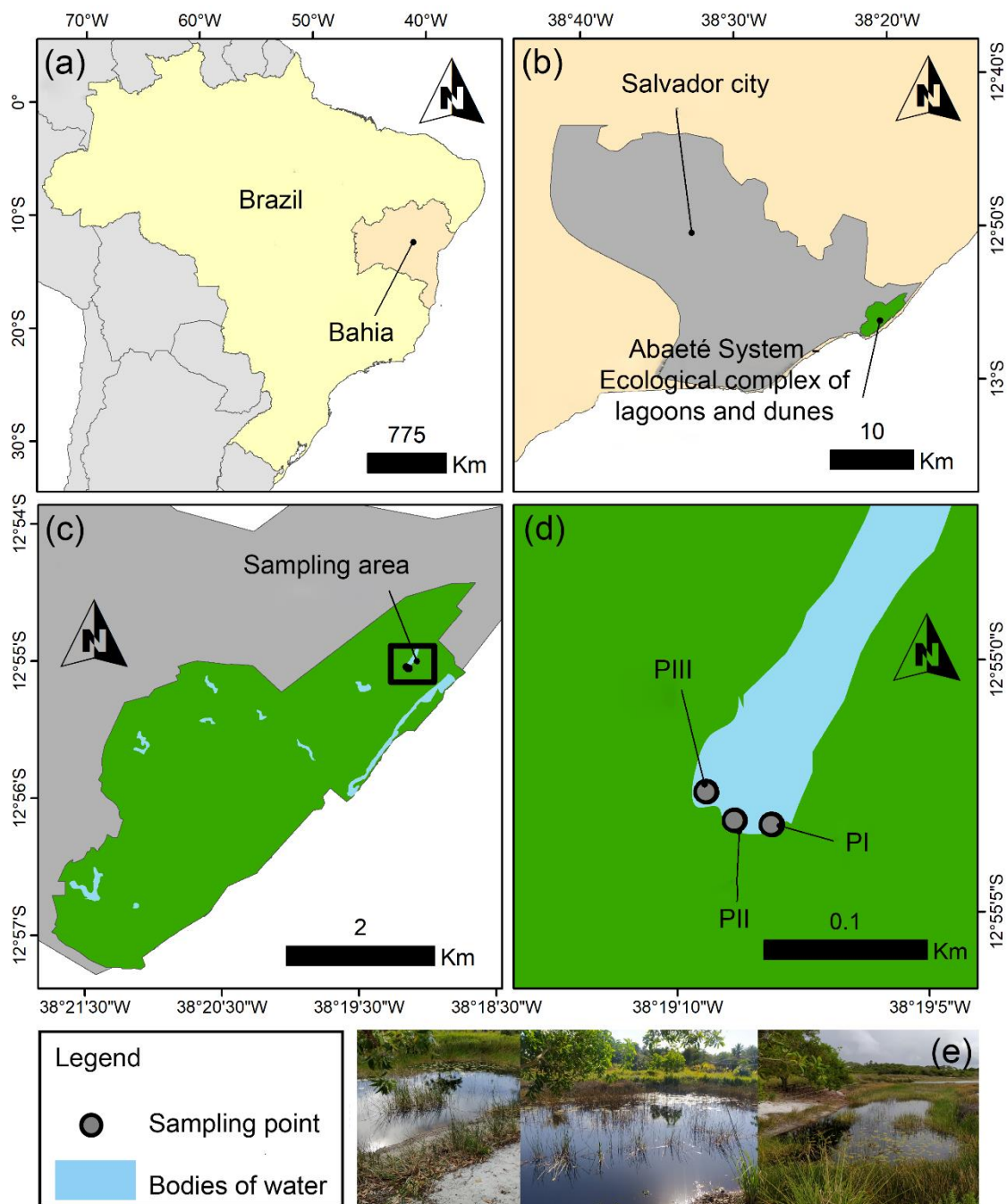


Fig. 2 Localização da área de estudo, **a** Mapa do Brasil com destaque para o estado da Bahia, **b** Mapa da Bahia com destaque para a cidade de Salvador e do Sistema Abaeté – complexo ecológico formado por dunas e lagoas naturais, **c** Destaque para a lagoa de amostragem – Vitória, **d** Destaque para os pontos de amostragem (PI, PII e PIII) e **e** Imagens da Lagoa Vitória.

O Sistema Abaeté representa o último manancial urbano do ecossistema de dunas e restinga do município de Salvador, contribuindo para a estabilização do clima local, além de abrigar nascentes como a do Rio Sapato. Este rio possui sua extensão entre Salvador e Lauro de Freitas (Cabanelas & Moreira 2007), desaguando junto ao Rio Joanes no Oceano Atlântico (Cabanelas & Moreira 2012).

O município de Salvador possui precipitação anual cerca de 2126,1 mm temperatura do ar média anual de 25,2 °C, 80,8% de umidade relativa e cerca de 3,1 m/s de velocidade do vento (Ramos et al. 2009). O clima se enquadra como tropical quente e úmido, classificado como Tropical Chuvoso de Floresta (Af) segundo a classificação de Köppen (1948).

Amostragem da assembleia e físico química

Amostras de água intersticial da *Hypolentic Zone* foram coletadas em fevereiro de 2020 em três pontos PI (12°55'03.27" S - 38°19'08.14" W), PII (12°55'03.19" S - 38°19'08.88" W) e PIII (12°55'02.62" S - 38°19'09.44" W) da Lagoa Vitória – Sistema Abaeté – Salvador (BA) (Fig. 2). Os pontos amostrais foram selecionados devido as características de acessibilidade.

Foi realizado um transecto no corpo aquático, no qual em cada ponto amostral, amostras em cada profundidade foram obtidas considerando três distâncias: 1,5 m fora da margem da lagoa (DI. 1.5 OTL); 1,5 m dentro da margem da lagoa (DI. 1.5 ITL) e 3,0 m dentro da margem da lagoa (DI. 3.0 ITL) e em três profundidades: 10, 30 e 50 cm (D10, D30 e D50, respectivamente) abaixo do sedimento (Fig. 3). O distanciamento utilizado foi com intuito de permitir independência entre as unidades amostrais (Boulton et al. 2007). Essa estratégia foi utilizada a fim de verificar a distribuição espacial dos organismos tanto em relação a profundidade (perfil vertical) quanto na extensão da lagoa (perfil horizontal). No total do estudo foram obtidas 28 amostras.

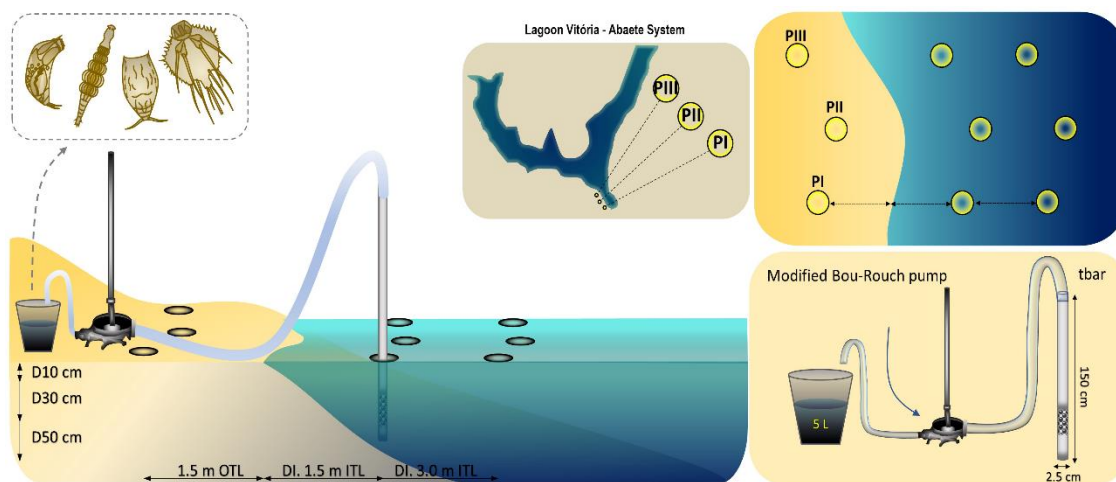


Fig. 3 Esquema do desenho amostral do estudo de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* de uma lagoa costeira ácida tropical. D: Profundidade, DI: Distância, OTL: Fora da margem da lagoa, ITL: Dentro da margem da lagoa.

Amostras de água e sedimento intersticial da *Hypolentic Zone* foram obtidas com auxílio de tbar de alumínio de 150 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro. As amostras foram coletadas usando uma bomba Bou-Rouch modificada (Vigna Taglianti et al. 1969). Para cada tbar, foi coletado cinco litros de água e sedimento (Boulton et al. 2004). A fim de separar a fauna do sedimento foi utilizado o método de elutriação em campo (adaptado de Mugnai et al. 2019) utilizando 30 L de água filtrada, após a elutriação as amostras foram filtradas em uma rede de malha de 20 μm , acondicionadas em frascos de polietileno de 200 ml, preservadas em formaldeído a 4% de concentração final e tamponada com hexametilenotetramina.

Simultaneamente, foi mensurado *in situ* a temperatura da água (Temp.) e concentração de íons hidrogênio (pH) ($^{\circ}\text{C}$) com pH meter (modelo ML 1010 – Misura line). Adicionalmente foi coletado um litro de água e acondicionado em caixas isotérmicas e encaminhados até o laboratório para análise da condutividade elétrica (EC) ($\mu\text{S cm}^{-1}$), sólidos totais dissolvidos (TDS) (mg L^{-1}), com aparelho condutivímetro modelo (modelo mCA 150 p – Adamo), determinação da clorofila *a* (Chl-*a*) (mg L^{-1}), e nutrientes como compostos nitrogenados entre as quais nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) (μM), N - amoniacal (NH_4) (μM), nitrato (NO_3^-) (μM), nitrito (NO_2^-) (μM), e fósforo inorgânico dissolvido (DIP) (μM) (fosfato - PO_4^{-3}). Os nutrientes foram determinados de acordo com Grasshoff et al. (1983), enquanto a clorofila *a* seguiu o método tricromático no extrato de acetona, de acordo com Jeffrey & Humphrey (1975).

Procedimentos Laboratoriais e Análise de Dados

Para análise qualitativa e quantitativa de Rotifera, o material coletado foi analisado com auxílio do microscópio óptico Carl Zeiss Modelo Axio Scope.A1 equipado com uma câmera Zeiss Modelo AxioCam 305 acoplada., utilizando uma câmara Sedgewick-Rafter (Bottrell et al. 1976). Os indivíduos foram separados em glicerina para melhor visualização e manipulação. Quando necessário, uma solução de hipoclorito de sódio a 75% foi utilizada para destacar o mástax. A abundância dos organismos em cada amostra foi estimada a partir de três subamostras, obtidas com o auxílio de uma pipeta do tipo Hensen-Stempel (2,5 ml). Nos casos em que as subamostras juntas tiveram menos de 50 indivíduos, subamostras adicionais foram analisadas. Em amostras com alto conteúdo de matéria orgânica, foram adicionadas gotas de corante rosa de Bengala.

A biomassa ($\mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) foi calculada para todas as espécies nas profundidades e distâncias amostradas, sendo considerada como a multiplicação da abundância ($\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) pelo peso seco individual ($\mu\text{g DW}^{-1}$). O teor de carbono foi estimado em 48% do peso seco (Andersen & Hessen 1991). Assim, a biomassa foi expressa em carbono ($\mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$).

O peso seco individual das espécies de Rotifera foi calculado a partir do biovolume estimado pelo método descrito por Ruttner-Kolisko (1977), que utiliza equações baseadas em formas geométricas, aplicações feitas por Neumann-Leitão (1994), Rocha et al. (2022) e Capítulo II também foram utilizadas.

Para essa análise, foi mensurado o comprimento, largura e altura de 30 indivíduos de cada espécie por amostra ou o total de indivíduos observados para espécies que não atingiram essa abundância mínima. O biovolume foi convertido em peso úmido, assumindo que $10^6 \mu\text{m}^3$ é igual a 1 μg de peso úmido (Bottrell et al. 1976), e o peso seco corresponde a 10% do peso úmido (Pace & Orcutt 1981).

Bibliografias específicas foram utilizadas para identificação de Rotifera *e.g.*, Koste e Shiel (1986), Koste (1978) e Segers (2007). Foram utilizados Rocha et al. (2022) e o capítulo II da tese para mencionar as novas ocorrências para o estado da Bahia, e verificar as ocorrências de Rotifera da zona limnética da lagoa Vitória do Sistema Abaeté.

Análise de Dados

A abundância de Rotifera ($\text{Ind}\cdot\text{L}^{-1}$), biomassa ($\mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) e frequência de ocorrência (FO%) de cada táxon em todas as amostras foram determinadas. Os dados de abundância e biomassa foram submetidos à verificação de normalidade de Shapiro-Wilks

(Shapiro & Wilk 1965) e homocedasticidade de Levene (Levene 1961). A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar estatísticas significativas da abundância e biomassa global e de cada táxons de Rotifera para as profundidades, distâncias e nas interações profundidades vs distâncias. Quando detectadas diferenças significativas, as mesmas foram localizadas utilizando-se teste de Tukey (Tukey 1949). Quando os dados apresentaram distribuição não normal foi utilizado para o mesmo fim descrito acima a análise de Kruskal-Wallis, e quando detectado estatísticas significativas foi utilizado o teste de Dunn (Dunn 1964).

A riqueza, índices de Diversidade de Shannon (H') (Shannon 1948), Equitabilidade de Pielou (J') (Pielou 1966) e Dominância de Berger-Parker (D) (Berger & Parker 1970) foram calculados para avaliar aspectos estruturais da assembleia de Rotifera. Para testar as evidências de diferenças entre os índices de diversidade de Shannon (H') nas profundidades e distâncias, foi realizado Teste t de Hutcheson (Legendre & Legendre 2012)

Foi realizada a análise de espécies indicadoras (IndVal) (Dufrêne & Legendre 1977) para identificar as espécies peculiares das faixas de profundidades e distâncias, esta análise determina o táxon que tem especificidade ou fidelidade a um tipo de ambiente e/ou comunidade sendo sua presença ou abundância usada para indicar aquele determinado ambiente e/ou comunidade.

Para uma visão conjunta da assembleia, uma análise de similaridades (ANOSIM) (Clarke 1993), índice de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado, em adição, para visualização uma nMDS (escalonamento multidimensional não-métrico) foi calculado. A nMDS é uma análise multivariada de ordenação, cujo objetivo é observar a (dis)similaridade da composição de espécies, com base na distância entre matrizes (Legendre & Legendre 2012).

A Análise de Redundância (RDA) foi utilizada para avaliação geral da assembleia de Rotifera e variáveis abióticas, um método que mescla regressão e análise de componentes principais (PCA) para a análise conjunta de variáveis bióticas e abióticas em um gráfico de associação (Legendre & Legendre 1998).

As variáveis abióticas foram submetidas à verificação de normalidade e homocedasticidade como descrito para abundância e biomassa. Análise de variância (ANOVA-fatorial) foi utilizada para verificar estatísticas significativas das variáveis abióticas entre as distâncias, profundidades e interações entre elas na *Hypolentic Zone* da

Lagoa Vitória. Quando detectadas diferenças significativas, as mesmas foram localizadas utilizando-se o teste Tukey (Tukey 1949).

A Análise de Componentes Principais (PCA) (Zurr et al. 2010) foi realizada com a finalidade de caracterizar a *Hypolentic Zone* a partir das variáveis abióticas e avaliar a variabilidade das mesmas. Uma análise de função discriminante (DFA) com método de estimação *stepwise* foi utilizada para selecionar as variáveis que contribuíram significativamente (Legendre & Legendre 2012). Para essas análises as variáveis abióticas, que tiveram valores negativos, menor que limite de detecção (< DL), foram substituídas por 0.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R 4.0.5 (R Development Core Team 2021). Sendo utilizados os pacotes: ‘stats’ (Teste de Shapiro-Wilks, ANOVA, Kruskal-Wallis, Teste de Tukey, Teste de Dunn, PCA; R Development Core Team 2021) e ‘lawstat’ (Teste de Levene; Gastwirth et al. 2017), ‘devtools’ (ordenamento e visualização de gráficos; Wickham et al. 2021), ‘ggord’ (ordenamento e visualização de gráficos; Beck 2020), ‘klaR’ (DFA; Weihs et al. 2005), ‘diverse’ (Índices ecológicos; Guevara et al. 2016), ‘ecolTest’ (Hutcheson Teste T; Salinas and Ramirez-Delgado 2021), ‘labdsv’ (Indval; Roberts 2019) e ‘vegan’ (demais procedimentos de padronização, concatenação e análises; Oksanen et al. 2020).

Resultados

A assembleia de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* foi representada por 24 táxons, pertencentes a 8 gêneros e 8 famílias. Lecanidae foi a mais representativa (15 táxons) (62,5%). A descrição da biodiversidade e abundância são apresentados no material suplementar S1. As espécies com maiores frequências de ocorrências foram *Lecane bulla* (18,51%), *Lecane*. sp. nov., *L. closterocerca*, *L. crepida*, *L. imbricata* e *L. lunaris* (14,81%, cada) (Fig. 4).

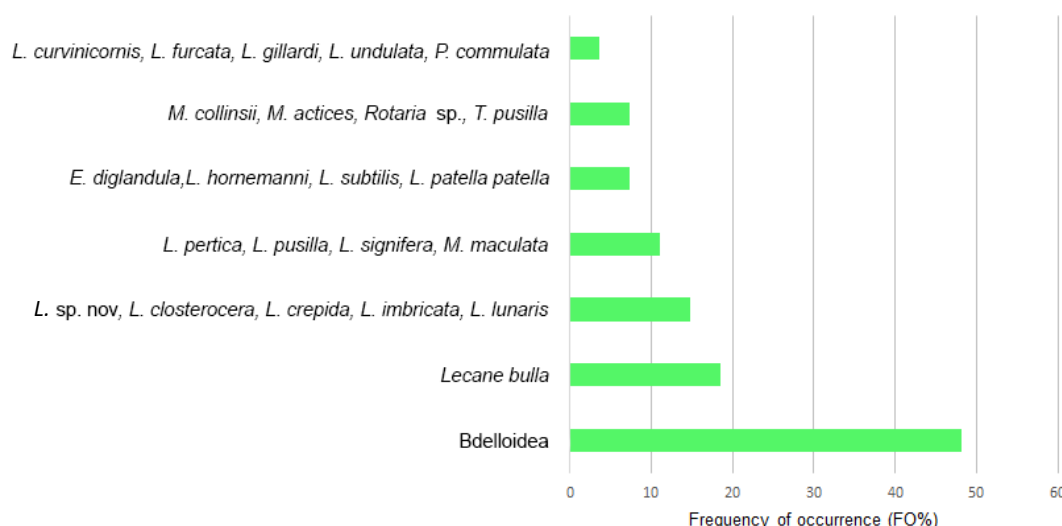


Fig. 4 Frequência de Ocorrência (FO%) da assembleia de Rotífera intersticial da *Hypolentic Zone* em uma lagoa costeira ácida tropical.

Todos os táxons são novos registros de rotíferos intersticiais em lagoas costeiras ácidas para o mundo. Quando comparada a biodiversidade dos rotíferos intersticiais da *Hypolentic Zone* da Lagoa da Vitória com os táxons registrados na zona limnética da mesma lagoa (Cap. II), verificou-se que, dentre os 54 registros para a zona limnética, 31 táxons não foram encontrados nos interstícios da *Hypolentic Zone*. Adicionalmente, 4 espécies não registradas na zona limnética foram observadas na *Hypolentic Zone* - *Lecane curvnicornis*, *L. furcata*, *L. gillardi* e *L. imbricata*. Apenas *L. gillardi* se manteve restrita à *Hypolentic Zone*, enquanto que, as demais espécies foram observadas em outras lagoas costeiras do Sistema Abaeté (Tabela 1).

Importante ressaltar que, *L. gillardi*, apesar de apresentar baixa FO% (Fig. 4), representa uma nova ocorrência para ecossistemas límnicos do estado Bahia.

A abundância global dos rotíferos da *Hypolentic Zone* variou de 2,77 Ind·L⁻¹ a 302,77 Ind·L⁻¹. As maiores abundâncias médias foram observadas nas interações de D10 – DI.1.5 ITL (valor médio 141,66 ± 150,17 Ind·L⁻¹) e D10 – DI. 3.0 ITL (valor médio 78,70 ± 100,32 Ind·L⁻¹), sem diferença significativa (ANOVA-fatorial, $p = 0,119$).

Quando comparadas às profundidades, a abundância global dos rotíferos intersticiais foi maior em D10 (valor médio 79,32 ± 105,72 Ind·L⁻¹), seguida de D30 (valor médio 9,56 ± 6,53 Ind·L⁻¹) e D50 (valor médio 0,30 ± 0,92 Ind·L⁻¹). Resultados significativos foram obtidos para o perfil vertical (Kruskal-Wallis, $p = 0,001$) nas profundidades D10 vs D50 (Dunn, $p = 0,001$) e D30 vs D50 (Dunn, $p = 0,030$).

Em relação ao perfil horizontal, a abundância global dos rotíferos intersticiais foi mais acentuada em DI. 1.5 ITL (valor médio 52,16 ± 105,81 Ind·L⁻¹), seguido pela

distância DI. 3.0 ITL (valor médio $28,08 \pm 66,54 \text{ Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) e DI. 1.5 OTL (valor médio $8,95 \pm 14,08 \text{ Ind} \cdot \text{L}^{-1}$), não havendo diferença significativa no perfil horizontal (Kruskal-Wallis, $p = 0,342$).

As espécies com maiores médias de abundância foram *Lecane undulata*, *L. pertica*, *L. bulla*, *Lecane pusilla* e *L. signifera* (Tabela S1).

Analisando cada táxon individualmente, foram definidos os resultados relativos à profundidade e distâncias para Bdelloidea e os representantes de Monogononta (*L. pusilla*, *Lecane signifera* e *Monommata maculata*) na *Hypolentic Zone*.

Bdelloidea apresentou diferença significativa entre as distâncias (ANOVA, $p = 0,043$), sem evidenciar o resultado no teste *a posteriori*, e diferença significativa entre as profundidades (ANOVA, $p = 0,004$), com suporte do teste *a posteriori* para D10 vs D50 (Tukey teste, $p = 0,003$). Já em relação a Monogononta, mais especificamente *Lecane pusilla*, foi obtida diferença significativa entre as profundidades (ANOVA, $p = 0,036$), sem suporte do teste *a posteriori*. *Lecane signifera* também apresentou diferença significativa nas profundidades (ANOVA, $p = 0,022$), entretanto o resultado foi revelado no teste *a posteriori* em D10 vs D30 (Tukey teste, $p = 0,039$) e D10 vs D50 (Tukey teste, $p = 0,039$). Por fim, diferenças entre as profundidades também foram obtidas para *M. maculata* (ANOVA, $p = 0,026$), sendo que, os valores das interações dos testes *a posteriori* foram correspondentes ao de *L. signifera* (Fig. 5).

Tabela 1 Biodiversidade de Rotífera registrados na Zona Limnética (LZ) de 2019 a 2021 e em fevereiro de 2021, e intersticial da *Hypolentic Zone* (I HZ) da Lagoa Vitória – Sistema Abaeté. Coloração verde indica presença, *Indica táxons não registrados no I HZ, ** Indica táxons apenas observados no I HZ, # Táxons não registrado em lagoas do Sistema Abaeté

Taxa	LZ – 2019 to 2021	LZ – Feb 2020	ZH I – Feb 2020	Taxa	LZ – 2019 to 2021	LZ – Feb 2020	ZH I - Feb 2020
<i>Bdelloidea</i>				<i>Lecane nelsoni</i> Segers, 1994*			
<i>Rotaria</i> spp.				<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers, 1926			
<i>Philodina</i> spp. *				<i>Lecane pusilla</i> Harring, 1914			
<i>Cephalodella forficata</i> (Ehrenberg, 1832) *				<i>Lecane pyriformis</i> (Daday, 1905) *			
<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831*				<i>Lecane pyrrha</i> Harring & Myers, 1926*			
<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773) *				<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830) *			
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886) *				<i>Lecane robertsonae</i> Segers, 1993*			
<i>Dipleuchlanis propatula</i> (Gosse, 1886) *				<i>Lecane signifera</i> (Jennings, 1896)			
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadowsky, 1926)				<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers, 1926			
<i>Euchlanis incisa</i> Carlin, 1939*				<i>Lecane tenua</i> Myers, 1936*			
<i>Lecane boorali</i> Koste & Shiel, 1983*				<i>Lecane uenoi</i> Yamamoto, 1951*			
<i>Lecane braumi</i> Koste, 1988*				<i>Lecane undulata</i> Hauer, 1938			
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)				<i>Lecane</i> sp. nov.			
<i>Lecane clara</i> (Bryce, 1892)*				<i>Lepadella (Lepadella) imbricata</i> Harring, 1914*			
<i>Lecane closteroerca</i> (Schmarda, 1859)				<i>Lepadella (L.) patella patella</i> (Müller, 1786)			
<i>Lecane crepida</i> Harring, 1914				<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse, 1867)			
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913) **				<i>Monommata actices</i> Myers, 1930			
<i>Lecane elongata</i> Harring & Myers, 1926*				<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers, 1930			
<i>Lecane eutarsa</i> Harring & Myers, 1926*				<i>Mytilina bicarinata</i> (Perty, 1850) *			
<i>Lecane furcata</i> (Murray, 1913) **				<i>Paradicranophorus</i> sp.*			
<i>Lecane gillardi</i> Berziņš, 1960**, #				<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925*			
<i>Lecane haliclysta</i> Harring & Myers, 1926*				<i>Proales commutata</i> Althaus, 1957			
<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834) *				<i>Scaridium elegans</i> Segers & De Meester, 1994*			
<i>Lecane imbricata</i> Carlin, 1939**				<i>Testudinella dendradena</i> de Beauchamp, 1955*			
<i>Lecane leontina</i> (Turner, 1892) *				<i>Testudinella incisa</i> (Temetz, 1892) *			
<i>Lecane ligona</i> (Dunlop, 1901) *				<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893) *			
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)				<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)			

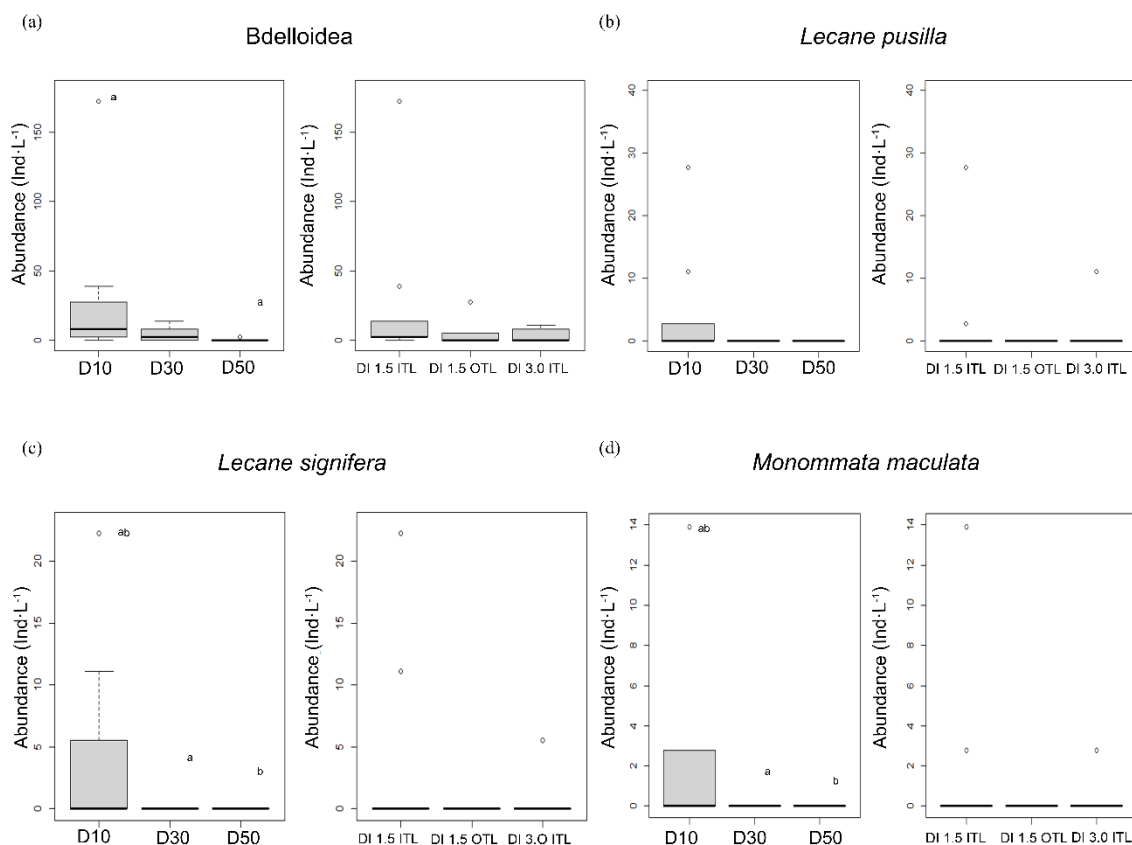


Fig. 5 Táxons de Rotifera que apresentaram diferença significativa da abundância (Ind·L⁻¹) nas profundidades (D10, D30 e D50 cm) e distâncias (DI. 1.5 OTL, DI. 1.5 ITL e DI. 3.0 ITL) na *Hypolentic Zone* em uma lagoa costeira ácida tropical. **a** *Bdelloidea*, **b** *Lecane pusilla*, **c** *Lecane signifera* e **d** *Monommata maculata*. Comparações estatísticas foram realizadas entre grupos. Letras sobrescritas indicam estatísticas significativas (Tukey teste, $p < 0,05$).

A biomassa global de Rotifera da ZH variou de 0,018 a 1,517 $\mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$. A biomassa média mais acentuada foi observada nas interações D10 – DI 1.5 ITL (valor médio $0,703 \pm 0,753 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) e D10 – DI 3.0 ITL (valor médio $0,202 \pm 0,201 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$), não houve diferença significativa (ANOVA-fatorial, $p = 2,283$).

Quando comparada às profundidades, a biomassa global média de Rotifera seguiu o padrão observado para abundância, sendo maior em D10 (valor médio $0,314 \pm 0,492 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$), seguida de D30 (valor médio $0,034 \pm 0,026 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) e D50 (valor médio $0,009 \pm 0,021 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$), com diferença significativa no perfil vertical (Kruskal-Wallis, $p = 0,008$) nas profundidades D10 vs D50 (Dunn, $p = 0,006$).

Em relação ao perfil horizontal o padrão da biomassa global de Rotifera intersticial seguiu o padrão observado para a abundância, sendo DI. 1.5 ITL (valor médio $0,255 \pm 0,505 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$), seguido pela distância DI. 3.0 ITL (valor médio $0,080 \pm 0,137 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) e DI. 1.5 OTL (valor médio $0,022 \pm 0,021 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$). O resultado não foi significativo para o perfil horizontal (Kruskal-Wallis, $p = 0,378$).

As espécies com maiores médias de biomassa foram *L. bulla*, *L. signifera* e *L. pertica* (em ordem crescente). A descrição da biomassa é apresentada no material suplementar S2.

Assim como observado para a abundância, os táxons de Bdelloidea e Monogononta (*L. pusilla*, *L. signifera* e *M. maculata*) também apresentaram biomassa com diferença significativa nos interstícios da *Hypolentic Zone*. Contudo, dentre os representantes de Monogononta, *L. closterocerca* teve diferença significativa apenas na biomassa. Por sua vez, Bdelloidea apresentou diferença significativa entre as distâncias (ANOVA, $p = 0,009$), particularmente em DI. 1.5 OTL vs DI. 1.5 ITL (Tukey teste, $p = 0,010$) e DI. 3.0 ITL vs DI. 1.5 ITL (Tukey teste, $p = 0,040$), e entre as profundidades (ANOVA, $p = 0,009$), em D10 vs D50 (Tukey teste, $p = 0,007$). De fato, a interação entre as distâncias e profundidades ratificam o padrão já observado nas comparações entre os estratos analisados. *Lecane closterocerca* apresentou diferença significativa somente na interação entre as distâncias e profundidades (ANOVA, $p = 0,047$), sem evidenciar estatísticas significativas. A congênere *L. pusilla* apresentou diferença significativa entre as profundidades (ANOVA, $p = 0,035$), mas o resultado não foi corroborado pelo teste *a posteriori*. Já *L. signifera* apresentou diferença entre as profundidades (ANOVA, $p = 0,02$), sendo que o teste *a posteriori* indicou divergências em D10 vs D30 (Tukey teste, $p = 0,036$) e D10 vs D50 (Tukey teste, $p = 0,036$). Por fim, *M. maculata* apresentou padrão semelhante a *L. signifera*, com diferenças significativas entre as profundidades (ANOVA, $p = 0,030$), em D10 vs D30 (Tukey teste, $p = 0,052$) e D10 vs D50 (Tukey teste, $p = 0,052$) (Fig. 6).

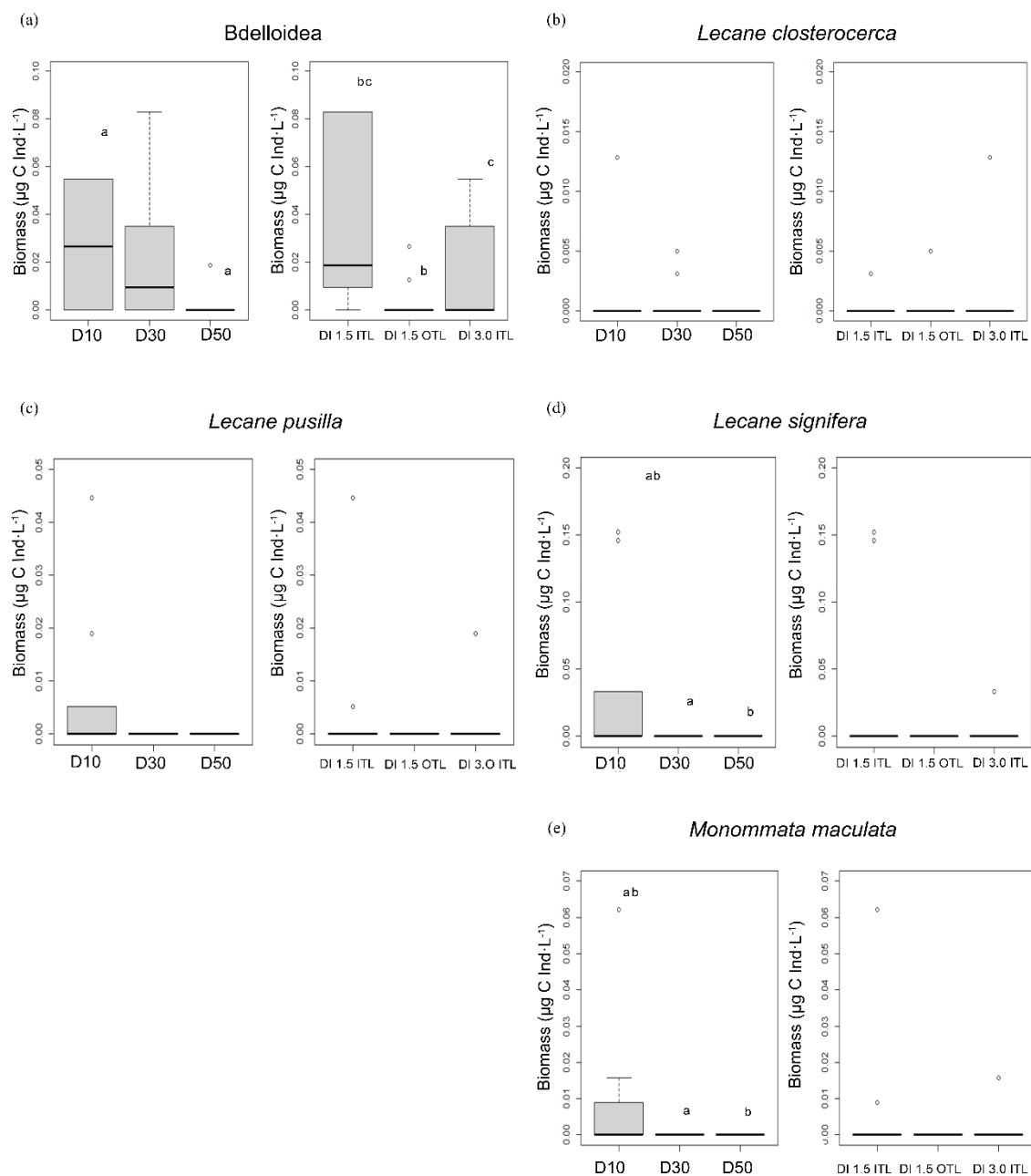


Fig. 6 Táxons de Rotifera que apresentaram diferença significativa da biomassa ($\mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) nas profundidades (D10, D30 e D50 cm) e distâncias (DI. 1.5 OTL, DI. 1.5 ITL e DI. 3.0 ITL) na *Hypolentic Zone* em uma lagoa costeira tropical. **a** *Bdelloidea*, **b** *Lecane closteroerca*, **c** *Lecane pusilla*, **d** *Lecane signifera*, e **e** *Monommata maculata*. Comparações estatísticas foram realizadas entre grupos. Letras sobrescritas indicam estatísticas significativas (Tukey teste, $p < 0,05$).

Verifica-se que a riqueza de Rotifera diminuiu com a profundidade, D10 (23 táxons), D30 (8 táxons) e D50 (1 táxon). Em contraste, os índices de diversidade sustentam maior diversidade de espécies (H'), maior equitabilidade (J') e menor dominância (D) em D30. Não foi possível calcular os índices em D50. Adicionalmente, Teste t de Hutcheson, revelou estatísticas significativas da diversidade (H') nas profundidades D10 vs D30 cm (Tukey teste, $p < 0,005$) (Tabela 2).

Para as distâncias, a riqueza foi maior em DI 1.5 ITL (20 táxons), seguida de DI 3.0 ITL (17 táxons) e DI. 1.5 OTL (11 táxons), entretanto foi evidenciado maior diversidade de espécies (H'), maior equitabilidade (J') e menor dominância (D) em DI. 1.5 OTL. Estatísticas significativas da diversidade (H') foram obtidas entre DI. 1.5 OTL vs DI. 1.5 ITL, e DI. 1.5 ITL vs DI. 3.0 ITL (Tukey teste, $p < 0,005$) (Tabela 2).

Tabela 2 Índices ecológicos da assembleia de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* nas profundidades (D10, D30 e D50 cm) e distâncias (DI. 1.5 OTL, DI. 1.5 ITL e DI. 3.0 ITL) da Lagoa Vitória – Sistema Abaeté. As descrições dos códigos estão inseridas no texto. O Teste t de Hutcheson para o índice de diversidade (H') é apresentado (-: indica quando não foi possível realizar o teste)

Ecological indexes					Ecological indexes				
Deph	S	H'	J'	D	Distance	S	H'	J'	D
D10	23	1.455	0.700	0.424	DI. 1.5 OTL	11	1.350	0.753	0.551
D30	8	1.891	0.971	0.193	DI. 1.5 ITL	20	1.022	0.525	0.644
D50	1	-	-	-	DI. 3.0 ITL	17	0.694	0.632	0.758
Teste t de Hutcheson					Teste t de Hutcheson				
Deph					Distance				
	D10	D30	D50			DI. 1.5 OTL	DI. 1.5 ITL	DI. 3.0 ITL	
D10	-	$p < 0.001$	-		DI. 1.5 OTL	-	$p = 0.044$	$p = 0.122$	
D30	-	-	-		DI. 1.5 ITL	-	-	$p < 0.001$	
D50	-	-	-		DI. 3.0 ITL	-	-	-	

A análise de espécie indicadora (IndVal) revelou Bdelloidea como o maior índice de indicação tanto para profundidade quanto para distância (profundidade: índice de indicação = 0,6727, $p = 0,01$; distância: índice de indicação = 0,6096, $p = 0,027$).

Quando comparado quanto à composição da assembleia de rotíferos, foi visualizada diferenças apenas entre as profundidades de acordo com a ANOSIM (profundidades: $R = 0,1616$ e $p < 0,001$; distâncias: $R = -0,0083$ e $p = 0,5313$). Pela nMDS foi possível visualizar um nível de similaridade na composição nas profundidades, porém a amplitude da variação dos dados entre as profundidades tende a seguir trajetórias de variação distintas (Fig. 7).

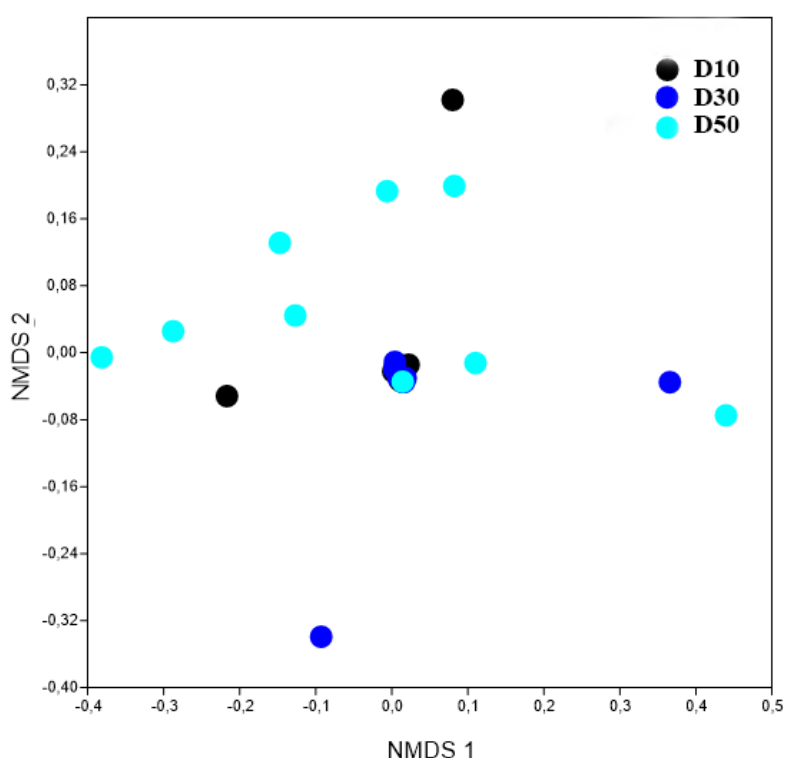


Fig. 7 A nMDS exibindo a heterogeneidade biótica nas profundidades (D10, D30 E D50) na Lagoa Vitória – Sistema Abaeté.

Além da análise envolvendo individualmente os táxons, foi desenvolvida uma avaliação da abundância e biomassa considerando os dois grandes grupos (Bdelloidea e Monogononta). No que tange a profundidade, foi observado que a abundância de Monogononta foi maior que Bdelloidea em D10 e D30, sendo que Bdelloidea teve abundância maior em D50 (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). A biomassa segue o mesmo padrão para D10 e D50, em D30 a biomassa de Bdelloidea é maior que Monogononta (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$) (Fig. 8).

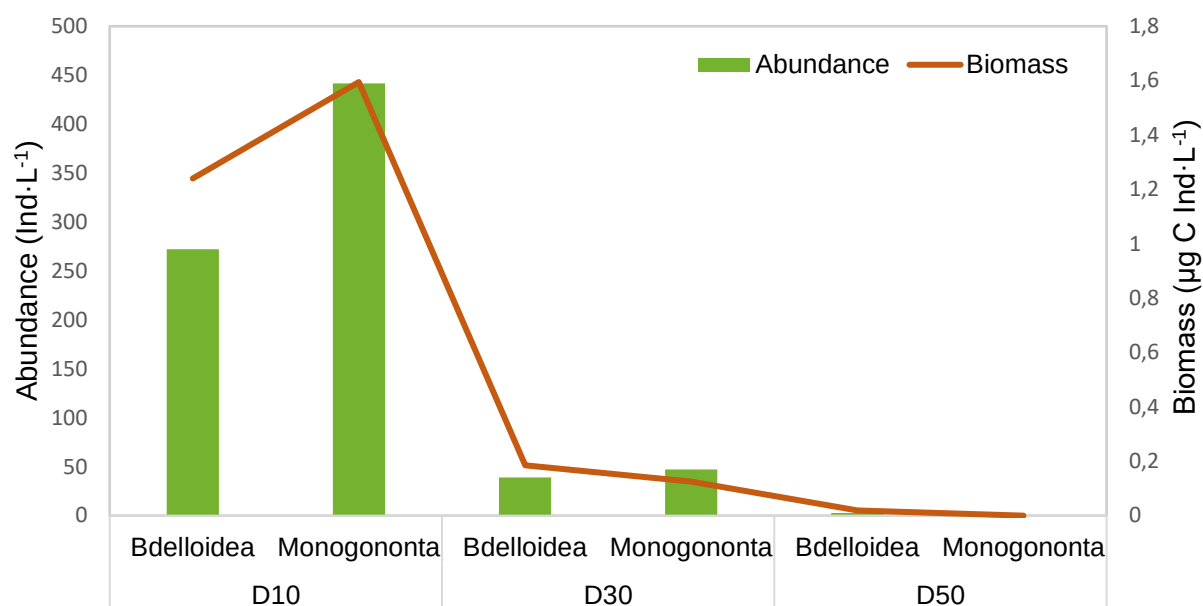


Fig. 8 Abundância ($\text{Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) e Biomassa ($\mu\text{g C Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) dos grupos de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* nas profundidades de D10, D30 e D50 cm em uma lagoa costeira ácida tropical.

A análise de redundância (RDA) aplicada à assembleia de Rotifera e variáveis abióticas indicaram que os dois primeiros eixos de ordenação explicaram 25,71% da variação total dos resultados (Fig. 8).

Representantes de Bdelloidea está mais relacionado com as variáveis amônia, DIN e condutividade elétrica no eixo da RDA1 sentido negativo. *Lecane curvicornis* e *L. bulla* com pH e *Lecane subtilis* com temperatura, no eixo da RDA2 sentido positivo. E no eixo da RDA2 no sentido negativo, *L. lunaris*, *M. collinsii*, *Rotaria* sp., *Lecane* sp., *Lecane crepida*, *L. hornemanni*, *Trichocerca pusilla*, *L. pertica*, *L. pusilla*, *L. furcata*, *L. undulata*, *M. maculata*, *Lepadella patella patella*, *L. signifera* e *Encentrum digladula* relacionada com Clorofila *a*. As demais espécies muito próximas ao centro de dispersão e às variáveis nitrito, condutividade e DIN (Fig. 9).

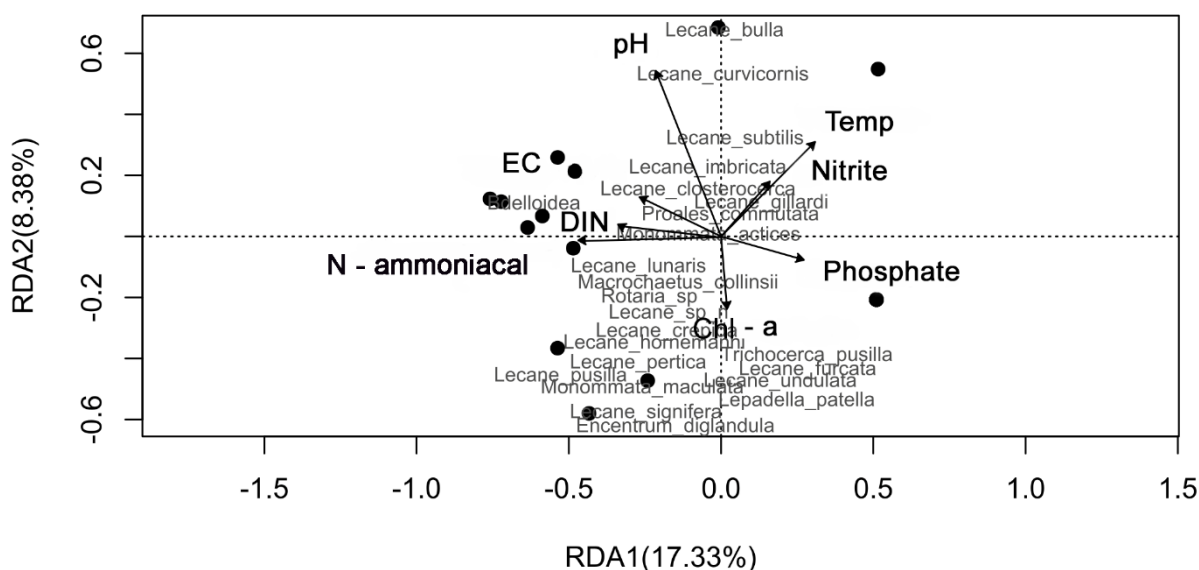


Fig. 9 Análise de redundância (RDA) relacionando a assembleia de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* de uma lagoa costeira tropical com as variáveis abióticas. Temp: temperatura, EC: condutividade elétrica, Chl - a: Clorofila a, DIN: nitrogênio inorgânico dissolvido

As variáveis abióticas da *Hypolentic Zone* da lagoa costeira em estudo são apresentados em material suplementar S3. De forma geral, os valores mais acentuada da temperatura da água foi observado em D50 – DI 1.5 OTL (valor médio $30,67 \pm 1,5$ °C), EC em D30 – DI 1.5 ITL (valor médio $170,60 \pm 38,57$ $\mu\text{S cm}^{-1}$), pH em D10 – DI 1.5 OTL (valor médio 7 ± 1) e D30 – DI 1.5 OTL (valor médio 7 ± 0), Chl - a em D10 – DI 1.5 ITL (valor médio $0,28 \pm 0,26$ mg L^{-1}), N - amoniacal em D10 – DI 1.5 ITL (valor médio $8,59 \pm 4,61$ μM), nitrito em D30 – DI 3.0 ITL (valor médio $0,58 \pm 0,19$ μM) e DIN em D50 – DI 1.5 ITL (valor médio $0,85 \pm 10,58$ μM) (Tabela S3).

Considerando as profundidades, a D10 cm apresentou os valores mais acentuados de clorofila a (valor médio $0,158 \pm 0,106$ mg L^{-1}) e N - amoniacal (valor médio $8,59 \pm 4,61$ μM), enquanto que a D30 cm apresentou valores mais elevados de temperatura (valor médio $30,45 \pm 0,76$ °C), condutividade elétrica (valor médio $158,66 \pm 12,22$ $\mu\text{S cm}^{-1}$), pH (valor médio $6,11 \pm 0,43$) e nitrito (valor médio $0,46 \pm 0,10$ μM). A D50 apresentou os valores menos acentuados de condutividade elétrica (valor médio $144,72 \pm 1,37$ $\mu\text{S cm}^{-1}$), pH (valor médio $5,51 \pm 0,15$) e nitrito (valor médio $0,41 \pm 0,06$ μM).

Quando comparado as distâncias, os valores mais acentuados de temperatura (valor médio $30,74 \pm 0,55$ °C) e pH (valor médio $6,19 \pm 0,66$) foram observados em DI. 1.5 OTL, em DI. 1.5 ITL foram observados os valores mais acentuados de condutividade elétrica (valor médio $152,55 \pm 15,62$ $\mu\text{S cm}^{-1}$), clorofila a (valor médio $0,14 \pm 0,11$ $\mu\text{g L}^{-1}$), N - amoniacal (valor médio $10,17 \pm 4,54$ μM) e nitrito (valor médio $0,48 \pm 0,03$ μM). A DI. 3.0 ITL apresentou

os valores menos acentuados de temperatura (valor médio $29,62 \pm 0,36$ °C), pH (valor médio $5,54 \pm 0,28$), N - amoniacal (valor médio $3,67 \pm 0,30$ μM) e nitrito (valor médio $0,41 \pm 0,14$ μM).

Vale ressaltar que as variáveis nitrato, nitrogênio inorgânico dissolvido (exceto na D50 - DI. 1.5 ITL) e fosfato tiveram valores negativos, abaixo do limite de detecção (< DL).

Entretanto, as variáveis abióticas da zona intersticial da lagoa Vitória não apresentaram diferenças significativas entre as distâncias, profundidades e interações (ANOVA-fatorial, $p > 0,05$), exceto para a variável pH a qual foi observada diferenças significativas entre as distâncias (ANOVA, $p = 0,00231$), profundidades (ANOVA, $p = 0,004$) (Fig. 10) e as interações (profundidades e distâncias) (ANOVA-fatorial, $p = 0,031$). O teste Tukey revelou diferenças significativas entre as distâncias, profundidades e nas interações (Tabela 3).

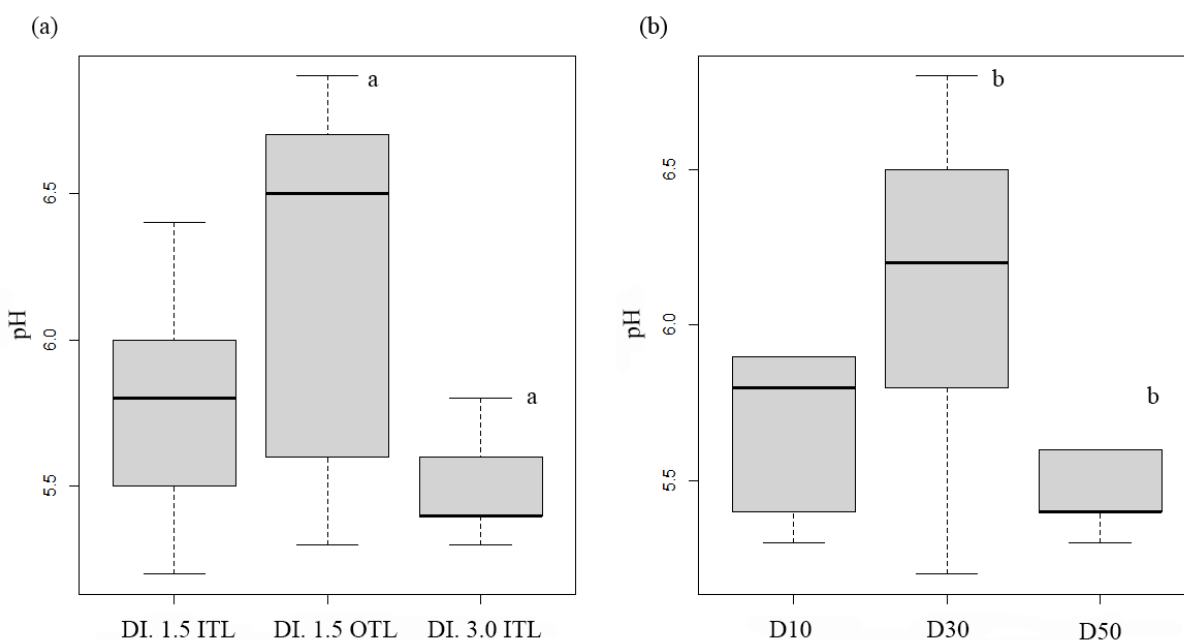


Fig. 10 Diagrama de caixa representa a variação do pH da zona intersticial, **a** nas distâncias (DI. 1.5 OTL, D.I 1.5 ITL e DI. 3.0 ITL) e **b** profundidades (D10, D30 e D50 cm) da Lagoa Vitória – Sistema Abaeté. As descrições dos códigos estão no texto. Letras sobrescritas indicam estatísticas significativas (Tukey teste, $p < 0,05$)

Tabela 3 Teste de Tukey da variável pH nas profundidades (D10, D30 e D50 cm), distâncias (DI. 1.5 OTL, D.I 1.5 ITL e DI. 3.0 ITL) e suas interações da *Hypolentic Zone* da lagoa Vitória

	Interactions	<i>p</i>
Depth	D30 - D50	0.0031
Distance	DI. 3.0 ITL e DI. 1.5 OTL	0.001969
Depth vs Distance	D30 – DI. 1.5 OTL vs D10 – DI. 1.5 ITL	0.054029
	D10 – DI. 3.0 ITL vs D10 – DI. 1.5 OTL	0.012122
	D50 – DI. 1.5 OTL vs D10 – DI. 1.5 OTL	0.020125
	D50 – DI. 3.0 ITL vs D10 – DI. 1.5 OTL	0.020125
	D30 – DI. 1.5 OTL vs D10 – DI. 3.0 ITL	0.004353
	D50 – DI. 1.5 ITL vs D30 – DI. 1.5 OTL	0.054029
	D50 – DI. 1.5 OTL vs D30 – DI. 1.5 OTL	0.007270
	D50 – DI.3.0 ITL vs D30 – DI. 1.5 OTL	0.007270

A Análise de Componentes Principais (PCA) não revelou visualmente uma tendência das variáveis abióticas da zona intersticial da lagoa Vitória frente as profundidades e distâncias (Fig. 11). A variação cumulativa foi de 78,43% nas 4 primeiras componentes principais (PC1 = 30,33%; PC2 = 19,18%; PC3 = 17,03% e PC4 = 11,88%). As mesmas tendo selecionadas as variáveis mais representativas à variação dos dados N - amoniacal, nitrogênio inorgânico dissolvido, nitrato, fosfato, temperatura da água e pH, seguindo as cargas (*loadings*) das variáveis em cada componente principal.

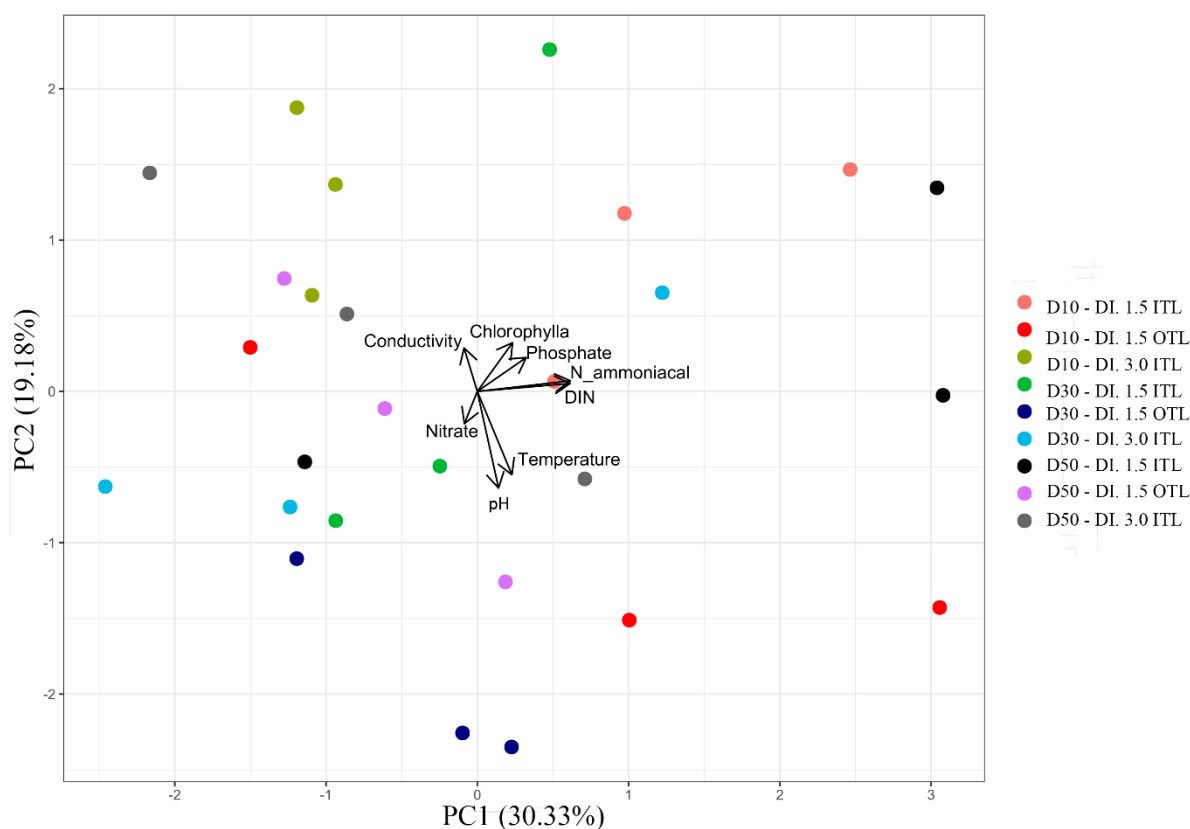


Fig. 11 Variação espacial das variáveis abióticas intersticial nas distâncias (DI. 1.5 OTL, D.I 1.5 ITL e DI. 3.0 ITL) e profundidades (D10, D30 e D50 cm) da Lagoa Vitória – Sistema Abaeté, representada

por Análise de Componentes Principais (PCA) explicado pelos Eixos 1 e 2. PC1 – Componente Principal 1; PC2 - Componente Principal 2.

Entretanto, a análise de função discriminante (DFA) revelou que das variáveis selecionados pela PCA, somente pH (p overall = 0,040) e temperatura (p overall = 0,002) para as profundidades, foram estatisticamente significantes *a priori*. Contudo, entre as profundidades de D10, D30 e D50 cm a variável pH pode ser mais eficiente na caracterização das profundidades (p diff = 0,040). Para as distâncias, as variáveis que melhor classificam a zona intersticial da lagoa Vitória foram pH (p overall = 0,022), fosfato (p overall = 0,017) e temperatura (p overall = 0,019). Porém, a variável que melhor define um subset dos dados é variável pH (p diff < 0,022).

Discussão

O número de táxons de rotíferos intersticiais encontrados neste estudo (24 táxons) é muito inferior ao registrado em um lago oligotrófico tropical, localizado em dunas de areia, onde ocorreram 89 táxons intersticiais e foram descritas três novas espécies (Dang et al. 2015), como também em interstício de lagos naturais e artificiais de clima temperado, onde foram registrados 64 espécies de Rotifera (Bielańska-Grajner 2005), e em interstício de riacho de cascalho de clima temperado, no qual foram identificadas 42 espécies de Monogononta e 27 de Bdelloidea (Schmid-Araya 1998a). Por outro lado, resultados mais próximos foram verificados em outros estudos de clima temperado. Bielańska-Grajner (2001) registrou 35 táxons intersticiais, e Lokko & Virro (2014) registraram 41 táxons intersticiais, e resultados menores por Segers & Chittapun (2001), que registraram 19 táxons intersticiais em um pântano costeiro de turfa tropical, Ilha de Phuket – Tailândia, e descreveram três novas espécies de Rotifera.

Entretanto, a comparação da riqueza de Rotifera nesses estudos é questionável ao se comparar as amostragens, o estudo de Dang et al. (2015) foi realizado em profundidade de 1 cm, Bielańska -Grajner (2001, 2005) amostraram profundidades de 0 - 1 cm e 1 - 2 cm, Schmid-Araya (1998a) estudou Rotifera intersticial em profundidades de 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 30 cm e 30 – 40 cm, e Lokko & Virro (2014) em profundidades de 3 cm.

A falta da compreensão da assembleia de organismos de menor tamanho, como os rotíferos, também persiste pela quantidade de observações feitas em diferentes habitats, *e.g.* interstício da *Hyporheic Zone* (Schmid-Araya 1998b), como também pela dificuldade de amostragem desta zona, e pela divergência dos resultados, que em muitas vezes são bem distintos (Schmid-Araya 1998a).

Em geral, o registro de novas ocorrências de 24 táxons de Rotifera da *Hypolentic Zone* de lagoas para o estado da Bahia, um novo registro de ecossistemas límnicos para o estado e quatro novos registros para lagoa costeira do Sistema Abaeté – Salvador /Bahia, fornece mais evidências para alta diversidade de Rotifera para a região, ampliando também o conhecimento da biodiversidade de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* em lagoas costeiras tropicais.

Embora existam investigações recentes de Rotifera intersticial em habitat marinho, lóticos, e ambientes lênticos, são particularmente poucos os estudos em regiões (sub) tropicais (Dang et al. 2015). No Brasil, os estudos desses organismos *Hyporheic-Hypolentic Zones*, concentra-se apenas na *Hyporheic Zone* sendo também pouco explorado (Veras et al. 2018). Poucas pesquisas concentram no grupo de Rotifera e na identificação em espécie. Estudos da meiofauna intersticial da *Hyporheic Zone* em rios de clima tropical, observaram Rotifera como o grupo mais abundante (88%), seguido de anelídeos e nemátodos (4%), representando cerca de 97% de dominância nas amostras (Veras et al. 2018).

A identificação taxonômica de bdeloídeos e para algumas espécies de monogonontas iloricados (*e.g.* Flosculariidae e Notommatidae) torna o levantamento da biodiversidade ainda mais difícil (Mark Welch et al. 2004). Esses organismos quando submetidos a fixadores químicos, tendem a ter o corpo retraído, dessa forma seus principais caracteres morfológicos tornam-se indiscerníveis (Ricci & Melone 1984; Lukashanets 2018). Assim, é necessária identificação taxonômica *in vivo*. Poucos são os estudos com identificação taxonômica de Bdelloidea a nível de espécie, seja em interstício de sedimento ou na superfície da água, sendo que, a maioria das pesquisas concentra-se em Monogononta (Bielańska-Grajner 2001, 2005; Ejsmont - Karabin 2003; Dang et al. 2015; Rocha et al. 2021). Schmid-Araya (1998b), a partir da análise taxonômica *in vivo*, segundo proposto por Donner (1965), registraram 27 espécies de Bdelloidea em interstício de sedimento.

A subestimação de estudos taxonômicos de Bdelloidea torna-se um problema para o conhecimento de Rotifera. Lokko & Virro (2014), observaram Bdelloidea como os rotíferos mais dominantes em lago eutrófico de clima temperado, entretanto, a identificação foi a nível de grande grupo. Os dados de Lokko & Virro (op. cit) corroboram os resultados obtidos em diversas análises. Bdelloidea destacou-se na frequência de ocorrência sendo um dos poucos táxons com estatísticas significativas da abundância e biomassa em profundidades e distâncias, como também foi o único táxon indicador da distribuição vertical e horizontal.

Dentre os Monogonontas, *Lecane* foi o gênero mais rico em espécies, o mesmo foi registrado em interstício de lagos temperado e tropical (Bielańska-Grajner 2001,2005; Dang et

al. 2015), como também na superfície da água da lagoa em estudo (Capítulo II). Espécies com maior frequência de ocorrência deste gênero, *L. bulla*, *L. sp. nov.*, *L. closterocerca*, *L. crepida*, *L. imbricata* e *L. lunaris*, também foram registradas em outras pesquisas de Rotifera em interstícios, *L. sp. nov.* foi descrita pela primeira vez em lagoa costeira (Capítulo III). *Lecane bulla*, *L. closterocerca* e *L. lunaris* foram observadas em interstício de um lago oligotrófico tropical (Dang et al. 2015), como também foram registradas em interstício de lagos naturais e artificiais de clima temperado (Bielańska-Grajner 2001). *Lecane closterocerca*, juntamente com Bdelloidea, foram os únicos táxons com diferença da biomassa nas interações distância e profundidade, *L. closterocerca* é uma das espécies mais dominantes em interstícios de lagos (Bielańska -Grajner 2001; Ejsmont – Karabin 2003).

Além disso, a total ausência de *Brachionus*, um gênero cosmopolita (Rocha et al. 2021), certamente ocorreu pela acidez da água intersticial. Segundo Myers (1936), *Brachionus* vivem predominantemente em águas alcalinas, sendo encontrado acidentalmente em águas ácidas. A ausência desse gênero também foi observada por Dang et al. (2015) em interstício de um lago oligotrófico tropical.

Vale ressaltar que, algumas espécies da comunidade intersticial só usam a *Hyporheic Zone* transitoriamente como refúgio, especialmente quando as condições na superfície se tornam desfavoráveis, *e.g.* enchentes, secas, períodos de qualidade da água prejudicada ou pressão dos predadores, entretanto, outros usam exclusivamente esta zona (Stubbington et al. 2011). Rotifera comumente é encontrado tanto na superfície como em sedimento em abundâncias mais altas que outros organismos da meiofauna, sendo um grupo dominante da comunidade intersticial na *Hyporheic Zone* (Schmid-Araya 1997; Lokko & Virro 2014). Nesse sentido, a ocorrência dessas espécies no interstício pode ser dependente, também, da ocorrência no corpo de água da superfície.

Poucos estudos avaliam a influência das variáveis ambientais na estruturação da comunidade intersticial, especialmente a *Hyporheic*. Isso se deve principalmente aos problemas de manipulação *in situ* de parâmetros abióticos sem alterar as variáveis relacionadas neste ecossistema (Sliva & Williams 2005). Entretanto, variáveis abióticas em interstício da *Hyporheic Zone* têm sido investigadas (Franken et al. 2001; Sliva & Williams 2005).

Estudos em habitats intersticiais e *Hyporheic* e da compreensão do papel dessas regiões na ecologia de água doce mostraram que os fatores que moldam a comunidade da meiofauna nestes habitats não são bem definidos (Boulton et al. 1998; Drazina et al. 2017). Segundo Freitas et al. (2019), são diversos os fatores que influenciam a distribuição vertical da comunidade

meiofaunística, como o hidrodinamismo na massa hídrica superficial, conforme discutido anteriormente, e a disponibilidade de matéria orgânica e oxigênio nas camadas mais profundas (Boulton et al. 1998; Drazina et al. 2017).

Nesse sentido, Sliva & Williams (2005) demonstraram que a profundidade tem sido avaliada com um dos fatores que moldam a distribuição vertical na *Hyporheic Zone*. Além disso, estudos relacionam a diminuição da riqueza taxonômica e abundância de invertebrados com a profundidade devido a redução na porosidade do sedimento e disponibilidade oxigênio dissolvido (Maridet et al. 1996; Adkins and Winterbourn 1999). Alta concentração de oxigênio dissolvido (Boulton et al. 1998) e disponibilidade de alimento (Swan & Palmer 2000; Xu et al. 2012), resultam em uma abundância consideravelmente maior de invertebrados na superfície em comparação com as camadas intersticiais mais profundas. Portanto, a diminuição vertical na abundância e diversidade de invertebrados parece ser a regra em sedimentos de água doce (Flach & Heip 1996; Omesova et al. 2008). Entretanto, nas lagoas do Sistema de Abaeté, apenas a abundância e a riqueza dos rotíferos seguiu esse padrão geral, visto que a diversidade de espécie foi maior na profundidade de 30 cm.

Em acréscimo, a distribuição dos grupos dentro de Rotifera é descrita de maneira distinta. Schmid-Araya (1998a), analisando a distribuição desses organismos em diferentes profundidades em um rio de cascalho em clima temperado, observou que os bdeloídeos ocorreram em maior abundância entre 0 e 30 cm de profundidade do sedimento, enquanto os monogonontes foram mais abundantes em maiores profundidades. No nosso trabalho, foi observado um padrão inverso, os monogonontes tiveram abundância maior na profundidade de 10 e 30 cm, enquanto que os bdeloídeos tiveram maior abundância em profundidade de 50 cm.

Dentre os fatores que podem explicar essa distribuição espacial é a temperatura na *Hyporheic Zone* que pode apresentar variação no espaço e no tempo, devido ao contexto hidroclimatológico e geológico de larga escala (Cozzetto et al. 2006). Fatores como morfologia do leito (Hannah et al. 2009), tamanho do sedimento do leito e litologia (Malcolm et al. 2002), permeabilidade e porosidade do substrato (Constantz et al. 2003), crescimento de algas, cobertura de macrófitas e distribuições de fluxo hidráulico (Conant 2004) influenciam a troca de água e também de calor entre a coluna de água e a *Hyporheic Zone*.

Nas lagoas do Sistema Abaeté, a estrutura da assembleia de Rotifera foi influenciada, ainda, diretamente pelo pH, temperatura, condutividade elétrica, clorofila - *a*, amônia, e nitrogênio inorgânico dissolvido. Estudos que descrevem o pH em interstícios de água doce demonstram que essa variável muda com o aumento da profundidade vertical (Husmann 1971;

Cummins 1975; Whitman & Clark 1982). Segundo Whitman et al. (1974), esse resultado pode estar atribuído a atividade trofolítica normal associada à infusão de desoxigenação ou pH reduzido da água do solo. Entretanto, em nossos dados a diminuição do pH não foi gradativa com o aumento da profundidade, havendo um aumento do pH na profundidade de 10 para 30 cm, e uma diminuição de ambos para 50 cm.

Não obstante, o pH é descrito como um dos fatores mais importantes que influenciam a assembleia de rotíferos intersticial em lagos (Wiszniewski 1936; Bielańska-Grajner 2001). Bielańska-Grajner (2001) registrou 26 espécies de Rotifera intersticial em lagos com pH ligeiramente ácido a neutro, enquanto que observou 10 espécies de Rotifera intersticial em lagos com pH ácido ($\text{pH} < 7,0$). No presente estudo o pH foi a única variável que apresentou diferença entre as profundidades, distâncias e suas interações, sendo portando a variável mais eficiente na separação das profundidades.

A temperatura também tem sido descrita como um dos principais preditores abióticos que conduz os processos biogeoquímicos e eco-hidrológicos na *Hyporheic Zone* (Krause et al. 2011), devido a sua relação direta com o oxigênio e os táxons de reação bioquímica sendo um reflexo das contribuições das águas superficiais e subterrâneas (Krause et al. 2009). Burkholder et al. (2008) identificaram a importância dos processos *Hyporheic* na moderação da temperatura em rios e refúgio térmico.

A clorofila *a* é um indicativo da biomassa de microalgas presentes no corpo aquático (Esteves 2011), e na zona intersticial, das regiões costeiras, as microalgas desempenham papel importante na retenção e incorporação de nutrientes que fluem da bacia do lago para as águas do lago (Czernas 1991). Entretanto, esse processo não é claro, pois elementos assimilados por comunidades de algas não são permanentemente ligados à biomassa de algas (Wojciechowski et al. 1991). Apesar da luz penetrar apenas nas camadas superiores, cerca de 0,5 – 2,0 cm (Neel 1948), costas arenosas molhadas podem apresentar abundância de algas intersticiais, permitindo que a produção primária e o teor de clorofila das comunidades sejam maiores que as do fitoplâncton (Krupa et al. 1991; Czernas et al. 1991).

Quanto aos nutrientes, a principal fonte natural de fósforo (P) nos ecossistemas aquáticos é o intemperismo das rochas e o P inorgânico resulta principalmente da decomposição microbiana (Silva et al. 2015). Altas concentrações de fosfato é observado em águas intersticiais de lagos de clima temperado, entretanto, em profundidades mais superficiais, 0 -1 cm e 1 – 2 cm (Bielańska-Grajner 2005), quando comparada com nosso estudo.

A disponibilidade de nutrientes, principalmente as formas de nitrogênio, tem proporcionado mudanças na diversidade de Rotífera, devido a mudanças nas cadeias tróficas planctônicas (Virro et al. 2009; Wagner & Adrian 2011). O aumento da abundância de organismos fitoplanctônicos, proporcionado pelo aumento de nutrientes (Rodrigues et al. 2009), indica uma diminuição na heterogeneidade de recursos para o zooplâncton, afetando sua comunidade (Bonecker et al. 2013). Wang et al. (2010) citam o nitrogênio, juntamente com pH, temperatura, transparência, profundidade e fósforo, como uma das variáveis mais importantes para a distribuição de Rotífera planctônico.

Além disso, o processamento biogeoquímico dentro da *Hyporheic Zone* pode ser influenciado pela atividade dos próprios invertebrados que habitam os interstícios, atuando como engenheiros do ecossistema (Gerlach 1978). Em sedimentos onde a perturbação é mínima, os invertebrados mantêm os polos abertos, através da peletização de partículas finas (Daneilopol 1989). A bioturbação de invertebrados influencia a ciclagem de nutrientes por aumento do fluxo de nutrientes e disponibilidade de oxigênio (Gerlach 1978; Findlay & Tenore 1982).

O ciclo de vida curto somado a reprodução partenogenética (r-estrategistas) permite aos rotíferos ocuparem rapidamente diversos ambientes aquáticos, semiaquáticos ou habitats terrestres úmidos (Wallace & Ricci 2002). Eles são organismos onipresentes e pioneiros com um amplo espectro de preferências alimentares compostas de detritos, bactérias, leveduras, algas, pequenos protozoários ou outros rotíferos (Drazina et al. 2017). Os rotíferos também consomem quantidades consideráveis de partículas orgânicas suspensas, comparáveis aos bivalves filtradores (Kathol et al. 2011). São predados por larvas de Chironomidae (Schmid & Schmid-Araya 1997), Nematoda, Microturbellaria, outros Rotífera e grandes protozoários (Schmid-Araya and Schmid 2000). Assim, os rotíferos são o elo crucial entre bactérias e detritos e os níveis tróficos superiores (Schmid & Schmid-Araya 1997). Além disso, as comunidades de invertebrados *Hyporheic* têm sido caracterizadas como bioindicadoras aquáticas (Nelson & Roline 2003; Moldovan et al. 2013).

Considerações Finais

Preditores abióticos analisados neste estudo são preliminares para a descrição da *Hypolentic Zone*, outros parâmetros devem ser investigados futuramente (e.g. concentrações de oxigênio, granulometria e porosidade do sedimento), para um melhor entendimento do funcionamento das variáveis abióticas nesta zona.

Os resultados apresentados são referentes a uma abordagem preliminar para a avaliação da estrutura da assembleia de Rotifera intersticial; entretanto contribuem com dados novos, bastante relevantes, sobre distribuição de um grupo representativo em regiões intersticiais de ecossistemas costeiros, especialmente da *Hypolentic Zone* de lagoas costeiras. A estrutura da assembleia demonstrou relações com a profundidade e outras variáveis ambientais, sendo assim o aprofundamento do conhecimento do grupo nesses habitats é essencial para a compreensão dos processos ecológicos que ocorrem neste ecossistema. As semelhanças e diferenças entre essas assembleias precisam ser mais exploradas. Apesar do aumento das investigações recentes de rotíferos intersticiais, a falta de padrões de distribuição e abundância das espécies, ainda, permanece.

Adicionalmente, existem lacunas significativas no conhecimento sobre a biodiversidade de espécies tropicais. Pesquisas semelhantes e avaliações mais amplas incluindo outros atributos (*e.g.* sazonalidade, granulometria do sedimento, disponibilidade de oxigênio), ainda, são claramente necessários para produzir informações mais robustas da biodiversidade e do funcionamento dos ecossistemas costeiros.

Deste modo, o presente estudo forneceu informações inéditas sobre a distribuição vertical e horizontal de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* de lagoa costeira tropical, bem como da influência das variáveis abióticas na assembleia desses organismos, permitindo uma melhor compressão dos processos existentes nesta zona, especialmente em região tropical.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), ao laboratório de Invertebrados Marinhos (LABIMAR) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), ao Laboratório de Algas Marinhas (UFBA) com apoio do prof. Dr. José Marcos, ao Laboratório de Pesquisa em Matéria Médica (UFBA) com apoio da prof. Dra. Renata Bieligemeyer, ao laboratório de Biogeoquímica da Universidade Estadual de Vera Cruz (UESC) com apoio da prof. Dra. Daniela Mariano, ao técnico da UFBA MSc. José Rogério Silva e ao Parque das Dunas pelo apoio e infraestrutura para o desenvolvimento deste estudo. Esta pesquisa também foi beneficiada pelo Projeto de Avaliação e Pesquisa do Coral Sol na Baía de Todos-os-Santos com apoio da Petrobras - utilização de equipamentos e insumos disponíveis no LABIMAR e da Universidade Federal da Bahia (UFBA). O primeiro autor M.A.R. agradece à FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pela concessão da bolsa (FAPESB - Nº BOL0375/2018) que financiou o projeto.

Declarações

Conflito de interesse Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referencias

- Adkins SC, Winterbourn MJ (1999) Vertical distribution and abundance of invertebrates in two New Zealand stream beds: a freeze coring study. *Hydrobiologia* 400: 55-62
- Andersen T, Hessen DO (1991) Carbon, nitrogen, and phosphorus content of freshwater zooplankton. *Limnology and Oceanography* 36: 807-814
- Aseltyne TA, Rowe HD, Fryar AE (2006) Stable isotopic fingerprint of a hyporheic–hypolentic boundary in a reservoir *Hydrogeology Journal* 14: 1688–1695. DOI 10.1007/s10040-006-0088-2
- Beck, MW (2020) Ggord: Ordination Plots with ggplot2. R package version 1.1.5
- Berger WH, Parker FL (1970) Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep-Sea Sediments. *Science* 168: 1345-1347
- Bertrand G, Siergieiev D, Alo- Aho P, Rossi PM (2014) Environmental tracers and indicators bringing together groundwater, surface water and groundwater-dependent ecosystems: importance of scale in choosing relevant tools. *Environ Earth Sci* 72:813–82. DOI 10.1007/s12665-013-3005-8
- Bielańska-Grajner I (2005) The influence of biotic and abiotic factors on psammic rotifers in Artificial and Natural Lakes. *Hydrobiologia*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-005-4286-z>
- Bielańska-Grajner I (2001) The psammic rotifer structure in three Lobelian Polish lakes differing in pH. *Hydrobiologia* 446/447: 149–153.
- Bonecker CC, Simões NR, Minte-Vera CV, Lansac- Tôha FA, Velho LFM, Agostinho AA (2013) Temporal changes in zooplankton species diversity in response to environmental changes in an alluvial valley. *Limnologia* 43: 114–121
- Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM, Grygierek E, Herzig A, Hillbricht-Ilkowska A, Kurasawa H, Larsson P, Weglenska T (1976) A view of some problems in zooplankton production studies, Norwegian. *Journal of Zoology* 24: 419-456
- Boulton AJ, Dole-Olivier MJ, Marmonier P (2004) Effects of sample volume and taxonomic resolution on assessment of hyporheic assemblage composition sampled using a Bou-Rouch pump. *Archiv für Hydrobiologie* 159(3): 327-355
- Boulton AJ, Findlay S, Marmonier P, Stanley EH, Maurice Valett H (1998). The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annual Review of Ecology and Systematics*. doi:10.1146/ANNUREV.ECOLSYS.29.1.59

- Burkholder BK, Grant GE, Haggerty R, Khangaonkar T, Wampler PJ (2008) Influence of hyporheic flow and geomorphology on temperature of a large, gravel-bed river, Clackamas River, Oregon, USA. *Hydrological Processes* 22: 941–953
- Cabanelas ITD, Moreira LMA (2012) Danos citogenotóxicos em ecossistema aquático submetido a esgotamento sanitário urbano. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology* 7 (2): 31- 3
- Cabanelas ITD, Moreira LMA (2007) Estudo sobre o estado de preservação das nascentes do rio Sapato, Lauro de Freitas-BA. *Revista de ciências médicas e biológicas* 6(2):160-162
- Clarke K (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Conant B (2004) Delineating and quantifying ground water discharge zones using streambed temperatures. *Ground Water* 42(2): 243–257
- Constantz J, Tyler SW, Kwicklis E (2003) Temperature-profile methods for estimating percolation rates in arid environments. *Vadose Zone Journal* 2: 12–24
- Cozzetto K, McKnight D, Nylen T, Fountain A (2006) Experimental investigations into processes controlling stream and hyporheic temperatures, Fryxell Basin, Antarctica. *Advances in Water Resources* 29: 130–153
- Cummins KW (1975) Macroinvertebrates -In: Whitton BA (ed) *River Ecology*, University of California Press pp 170-198
- Czernas K, Krupa D, Wojciechowski 1, Galek J (1991) Differentiation and activity changes of algal communities in the shore zone of mesotrophic Piaseczno Lake in years 1983- 1985. *Ekol. pol.* 39: 323-341.
- Dang MT, Segers H, Sanoamuang LO (2015) Psammon rotifers in Central Vietnam, with the descriptions of three new species (Rotifera: Monogononta). *Zootaxa* 4018(2): 249–265
- Danielopol DL (1989) Groundwater fauna associated with riverine aquifers. *Journal of the North American Benthological Society* 8(1): 18-35
- Dole-Olivier MJ (2011) The hyporheic refuge hypothesis reconsidered: a review of hydrological aspects. *Marine & Freshwater Research* 62 (11): 1281-1302
- Donner J (1965) *Ordnung Bdelloidea*. Akademie Verlag, Berlin, Germany
- Drazina T, Spoljar M, Primc B, Habdija I (2017) Distribution of rotifers and other meiofauna in the bryophytes and hyporheic zone of a karst hydrosystem – an example of a nested Community. *Marine and Freshwater Research*. <http://dx.doi.org/10.1071/MF14291>

- Dufrene M, Legendre P (1997) Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366
- Dunn OJ (1964) Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics* 6 (3): 241-52.
- Ejsmont-Karabin J (2003) Rotifera of lake psammon: community structure versus trophic state of lake waters. *Polish Journal of Ecology* 51: 5–35
- Esteves FA (2011) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência
- Findlay S, Tenore KR (1982) Effect of a free-living marine nematode (*Diplolaimella chitwoodi*) on detrital carbon mineralization. *Marine Ecology Progress Series* 8: 161-166.
- Fitzsimons JD, Marsden JE (2014) Relationship between lake trout spawning, embryonic survival, and currents: a case of bet hedging in the face of environmental stochasticity? *J Great Lakes Res* 40:92–101
- Flach E, Heip C (1996) Vertical distribution of macrozoobenthos within the sediment on the continental slope of the Goban Spur area (NE Atlantic). *Marine Ecology Progress Series*. doi:10.3354/MEPS141055
- Franken RJM, Storey RJ, Williams DD (2001) Biological, chemical and physical characteristics of downwelling and upwelling zones in the hyporheic zone of a north-temperate stream. *Hydrobiologia* 444: 183–195
- Fryar AE, Thompson KE, Hendricks SP, White DS (2007) Groundwater Flow and Reservoir Management in a Tributary Watershed along Kentucky Lake. *J. Ky. Acad. Sci.* 68(1):11–23. 2007
- Gandy CJ, Smith JWN, Jarvis AP (2007) Attenuation of mining-derived pollutants in the hyporheic zone: a review. *Sci Total Environ* 373: 435–446
- Gang L, Baiheng MA, Yangxiao ZK, Bing Y, Muzi L, Huijun D, Haitao L (2021) A study of vertical exchange between surface water and groundwater around the banks of Baiyangdian Lake *Hydrogeology & Engineering Geology* 48 (4). DOI : 10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202008004
- Gastwirth JR, Gel YR, Wallace Hui WW, Lyubchich V, Miao W. Noguchi K (2017) lawstat: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law. R package version 3.2. <https://CRAN.R-project.org/package=lawstat>.
- Gerlach SA (1978) Food-chain relationships in subtidal silty sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial productivity. *Oecologia* 33: 55-69.
- Gibert J (1991) Groundwater system their boundaries: conceptual framework and prospects in groundwater ecology. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 24: 1605-1608

- Gibert J, Danielopol DL, Stanford JÁ (1994) *Groundwater Ecology*. San Diego (CA): Academic Press
- Gibert J, Deharveng L (2002) Subterranean ecosystems: A truncated functional biodiversity. *Bioscience* 52(6): 473-481
- Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K (1983) *Methods of Seawater Analysis*. Weinheim: Verlag chemie
- Guevara MR, Hartmann D, Mendoza M (2016) Diverse: an R Package to Measure Diversity in Complex Systems. *The R Journal* 8(2): 60–78. <https://journal.r-project.org/archive/2016-2/guevara-hartmann-mendoza.pdf>.
- Hancock PJ, Boulton AJ, Humphreys WF (2005) Aquifers and hyporheic zones: towards an ecological understanding of groundwater. *Hydrogeology Journal* 13(1): 98-111
- Hannah DM, Malcolm IA, Bradley C (2009) Seasonal hyporheic temperature dynamics over riffle bedforms. *Hydrological Processes* 23: 2178–2194.
- Harvey JW, Wagner BJ (2000) Quantifying hydrologic interactions between streams and their subsurface hyporheic zones. In: Jones JB, Mulholland PJ. eds. *Streams and ground waters*. San Diego: Academic Press 3-44 p
- Husmann S (1971) Ecological studies on freshwater meiobenthon in layers of sand and gravel. - In: Hulings NE (ed.): *Proceedings of the First International conference on Meiofauna*. Smithsonian. Contrib. Zool. 76: 1-205.
- Hynes HBN (1975) The stream and its valley. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 19:1–15
- Jeffrey SW, Humphrey GF (1975) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae, and natural phytoplankton. *Biochemical and Physiology Pflanzen* 167: 194-204
- Kathol M, Fischer H, Weitere M (2011) Contribution of biofilmdwelling consumers to pelagic–benthic coupling in a large river. *Freshwater Biology*. doi:10.1111/J.1365-2427.2010.02561.X
- Koppen W (1948) *Climatologia: com um estudio de los climas de la Tierra*. F. de Cultura. Mexico
- Koste W (1978) *Rotatoria. Die Ra«dertiere Mitteleuropas*. Stuttgart, Berlin: Gebruder Borntraeger.
- Koste W, Shiel RJ (1986) Rotifera from Australian inland waters. I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 37: 765-792

- Krupa D, Czernas K, Wojciechowski 1, Galek J. (1991) Zr6znicowanie czasowe i przestrzenne koncentracji chlorofilu a w zbiorowiskach glon6w przybrzeżnej strefy mezotroficznego jeziora Piaseczno w latach 1983- 1985 [Temporal and spatial differentiation of chlorophyll a concentration in algal communities of shore zone of mesotrophic lake Piaseczno in 1983- 1985]. *Studia Osr. Dok. Fizjogr. PAN* 19: 381-392
- Krause S, Hannah DM, Fleckenstein JH (2009) Hyporheic hydrology: interactions at the groundwater-surface water interface. *Hydrological Processes* 23: 2103–2107
- Krause S, Hannah DM, Fleckenstein JH, Heppell CM, Kaeser D, Pickup R, Pinay G, Robertson AL, Wood PJ (2011) Inter-disciplinary perspectives on processes in the hyporheic zone. *Ecohydrology* 4: 481–499
- Legendre P, Legendre L (2012) *Numerical ecology*. Elsevier.
- Legendre P, Legendre L (1988) *Numerical Ecology*. Amsterdam, Elsevier Science
- Leigh C, Stubbington R, Sheldon F, Boulton AJ (2013) Hyporheic Invertebrates as Bioindicators of Ecological Health in Temporary Rivers: A Meta-Analysis. *Ecological Indicators* 32:62–73
- Levene H (1961) Robust tests for equality of variances. *Contributions to probability and statistics. Essays in honor of Harold Hotelling* 279-292
- Li Y, Li N, Feng J, Qian J, Shan Y (2021) Temporal Temperature Distribution in Shallow Sediments of a Large Shallow Lake and Estimated Hyporheic Flux Using VFLUX 2 Model. *Water* 13: 300. <https://doi.org/10.3390/w13030300>
- Li Y, Wang Y, Xu C (2019) Level and distribution of nutrients in the hyporheic zone of Lake Taihu (China) and potential drivers. *Water Environ. Res.* 91: 926–939
- Li Y, Wang S, Zhang W, Yuan J, Xu C (2017) Potential drivers of the level and distribution of nitrogen in the hyporheic zone of Lake Taihu, China. *Water* 9: 544
- Lokko K, Virro T (2014) The structure of psammic rotifer communities in two boreal lakes with different trophic conditions: Lake Voõrtsjaõrv and Lake Saadjaõrv (Estonia). *Oceanological and Hydrobiological Studies*. doi:10.2478/S13545-014-0116-0
- Lukashanets DA (2018) Fauna and taxonomy of the subclass Bdelloidea Hudson (Class Eurotatoria De Ridder; phylum Rotifera Cuvier) in Belarus, the Eastern Europe region. *Zoology and Ecology* 28(1): 36–45
- Malcolm IA, Soulsby C, Youngson AF (2002) Thermal regime in the hyporheic zone of two contrasting salmonid spawning streams. *Fisheries Management and Ecology* 9: 1–10

- Malcolm IA, Soulsby C, Youngson AF (2002) Thermal regime in the hyporheic zone of two contrasting salmonid spawning streams. *Fisheries Management and Ecology* 9: 1–10
- Maridet L, Phillippe M, Wasson JG, Mathieu J (1996) Spatial and temporal distribution of macroinvertebrates and trophic variables within the bed sediment of three streams differing by their morphology and riparian vegetation. *Archiv fur Hydrobiologie* 136(1): 41-64
- Mark Welch DB, Cummings MP, Hillis DM, Meselson M (2004) Divergent gene copies in the asexual class Bdelloidea (Rotifera) separated before the bdelloid radiation of within bdelloid families. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101: 1622–1625
- Moldovan, OT, Meleg IN, Levei E, Terente M (2013) Asimplemethod for assessing biotic indicators and predicting biodiversity in the hyporheic zone of a river polluted with metals. *Ecological Indicators* 24: 412–420
- Mugnai R, Serpa-Filho A, Nessimian JL, Kury AB, Milesi SV (2019) Morphological traits and vertical distribution of hyporheic chironomid larvae in Atlantic Forest streams. *Tropical Zoology* 32(3): 119-134
- Mugnai R, Messanab G, Lorenzob TD (2015) Hyporheic invertebrate assemblages at reach scale in a Neotropical stream in Brazilian. *Journal of Biology* 75(4): 773-782
- Myers FJ (1936) Psammolittoral rotifers of Lenape and Union Lakes, New Jersey. *American Museum of Natural History* 830: 1–22.
- Nascimento SAM, Barbosa JSF (2005) Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de Salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. *Brazilian Journal of Geology* 35(4):543-550
- Neel JK (1948) A limnological investigation of the psammon in Douglas Lake, Michigan, with especial reference to shoal and shoreline dynamics. *Transactions of the American Microscopical Society* 67: 1- 53.
- Nelson SM, Roline RA (2003) Effects of multiple stressors on hyporheic invertebrates in a lotic system. *Ecological Indicators* 3: 65–67
- Neumann-Leitão S (1994) Impactos Antrópicos na comunidade zooplancônica estuarina. Porto de Suape - PE- Brasil. Tese, Universidade de São Paulo, São Carlos
- O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H (2020) Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR,

- Omesova' M, Horsa'k M, Heles'ic J (2008) Nested patterns in hyporheic meta-communities: the role of body morphology and penetrability of sediment. *Naturwissenschaften*. doi:10.1007/S00114-008-0399-3
- Orghidan T (2010) A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope. *Fundamental and Applied Limnology* 176 (4): 291–302
- Orghidan T (1995) Un nou domeniu de viata acvatica subterana "Biotopul hiporeic". *Buletinul Sectiei Biologie si Stiinte Agronomice si Sectiunea Geologie si Geografie, Academia Republicii Populare Romania* 7: 657–676
- Pace ML, Orcutt JDJR (1981) The relative importance of protozoans, rotifers and curstacean in a freshwater zooplankton community. *Limnology and Oceanography* 26: 822-830
- Pielou EC (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology* 13: 131-144
- R Decelopment Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ramos AM, Santos LAR, Fortes LTG (2009) Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Distrito Federal: INMET
- Reshteh RR, Rahimian H (2014) Rotifers of southwest Iran: a faunistic and biogeographical study. *Turkish Journal of Zoology* 525-537
- Roberts DW (2019) labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 2.0-1. <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>
- Ricci C, Melone G (1984) Macrotrachela quadricornifera (Rotifera Bdelloidea): a SEM study on active and cryptobiotic animals. *Zoologica Scripta* 13: 195–200
- Riley SC, Ellen Marsden J, Ridgway MS, Konrad CP, Farha AS, Binder TR, Middel TA, Esselman PC, Krueger CC (2019) A conceptual framework for the identification and characterization of lacustrine spawning habitats for native lake charr *Salvelinus namaycush* *Environ Biol Fish* 102:1533–1557
- Rocha MA, Ribeiro SMMS, Junior MDM, Silva MB, Melo PAMC (2021) Has Rotifera richness, abundance, and biomass been underestimated in a tropical watershed basin? *Limnetica* 40(2): 295–307
- Rocha MA, Silva MB, Bonecker CC, Anjos MS, Melo PAMC (2022) Rotifers of Bahia State, Brazil: News records and limitations to studies. *Brazilian journal of biology* 82 (e236345).

- Rodrigues L, Train S, Bovo-Scomparin V, Jati S, Borsalli C, Marengoni E (2009) Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the Upper Paraná River floodplain Brazil: influence of upstream reservoirs. *Braz. J. Biol.* 69 (2): 501–516
- Rodríguez-Rodríguez M, Benavente J, Julián CS, Martos FM (2006) Estimation of ground-water exchange with semi-arid playa lakes (Antequera region, southern Spain). *J Arid Environ* 66(2):272–289
- Ruttner-Kolisko A (1977) Suggestions for biomass calculation of planctonic rotifers. *Archiv fur Hydrobiologie* 8: 71-77
- Salinas H, Ramirez-Delgado D (2021). *EcolTest: Community Ecology Tests*
- Schmid PE, Schmid-Araya JM (1997) Predation on meiobenthic assemblages: resource use of a tanypod guild (Chironomidae, Diptera) in a gravel stream. *Freshwater Biology*. doi:10.1046/J.1365- 2427.1997.00197.X
- Schmid-Araya JM (1998a) Small-sized invertebrates in a gravel stream: community structure and variability of benthic rotifers. *Freshwater Biology*. doi:10.1046/J.1365-2427.1998.00259.X
- Schmid-Araya JM (1998b) Rotifers in interstitial sediments. *Hydrobiologia* 387/388: 231–240
- Schmid-Araya JM, Schmid PE (2000) Trophic relationships: integrating meiofauna into a realistic benthic food web. *Freshwater Biology*. doi:10.1046/J.1365-2427.2000.00594.X
- Segers H (2007) Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa* 1564: 1-104
- Segers H, Chittapun S (2001) The interstitial Rotifera of a tropical freshwater peat swamp on Phuket Island, Thailand Belg. *Journal of Zoology* 131 (Supplement 2): 65-71
- Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* 27:379-423: 623-656
- Shapiro SS, Wilk MB (1965) An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(3/4): 591-611
- Sharma BK, Sharma S (2015) Biodiversity of freshwater rotifers (Rotifera: Eurotatoria) of Mizoram, Northeast India: composition, new records and interesting features. *International Journal Aquatic Biology* 3(5): 301-313
- Silva DML, Souza MFL, Silva FS2, Paula FCF, Moraes MEB, Strenzel GMR (2015) Land use effects on nutrient concentration in a small watershed in northeast brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 19(2)
- Sliva L, Dudley Williams D (2005) Responses of hyporheic meiofauna to habitat manipulation. *Hydrobiologia*. doi 10.1007/s10750-005-5445-y

- Stanford JÁ, Ward JV (1988) The hyporheic habitat of river ecosystem. *Nature* 335 (6185): 64-66. [http:// dx.doi.org/10.1038/335064a0](http://dx.doi.org/10.1038/335064a0)
- Stubbington R, Wood PJ, Reid I, Gunn J (2011) Benthic and žhyporheic invertebrate community responses AQ1 to seasonal flow recession in a groundwater-dominated stream. *Ecohydrology* 3
- Su X, Cui G, Du S, Yuan W, Wanh H (2016) Using multiple environmental methods to estimate groundwater discharge into an arid lake (Dakebo Lake, Inner Mongolia, China) *Hydrogeol J* 24:1707–1722 DOI 10.1007/s10040-016-1439-2
- Swan CM, Palmer MA (2000) What drives small-scale spatial patterns in lotic meiofauna communities? *Freshwater Biology*. doi:10.1046/J.1365-2427.2000.00587.X
- Triska FJ, Kennedy VC, Avanzino RJ (1989) Retention and transport of nutrients in a third-order stream in northwestern California: hyporheic processes. *Ecology* 70:1893–1905
- Tufenkji N, Ryan JN, Elimelech M (2002) Bank Filtration: A Simple Technology May Inexpensively Clean Up Poor-Quality Raw Surface Water. *Environmental Science & Technology* 36 (21): 422–428
- Tukey JW (1949) Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*
- Veras TB, Cabral JJSPC, Paiva ALR, Santos PJPS, Freitas A (2018) Evaluation of Meiofauna in the Hyporheic Zone of the Beberibe River, Pernambuco, Brazil. *Water Environment Research*
- Veras TB, Cabral JJSPC, Paiva ALR, Barreto AFS (2017) Interação rio-aquífero e a meiofauna do ambiente hiporreico. *Águas Subterrâneas* 31(1):20-35
- Veras TB, Cabral JJSP, Paiva ALR, Barcellos RL, Santos LL (2016) Vertical hydraulic gradient research in hyporheic zone of Beberibe river in Pernambuco State (Brazil). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 21 (4): 674-684
- Vigna Taglianti A, Cottarelli V, Argano R (1969) Messa a punto di metodiche per la raccolta della fauna interstiziale e freatica. *Archivio Botanico e Biogeografico Italiano* 45(14):375–380.
- Virro T, Haberman J, Haldna M, Blank, K (2009) Diversity and structure of the winter rotifer assemblage in a shallow eutrophic northern temperate Lake Vörtsjärv. *Aquat. Ecol.* 43 (3): 755–764.
- Wagner C, Adrian R (2011) Consequences of changes in thermal regime for plankton diversity and trait composition in a polymictic lake: a matter of temporal scale. *Freshw. Biol.* 56: 1949–1961

- Wallace RL, Ricci M (2002) Rotifera. In: Rundle SD, Robertson AL, Schmid-Araya, JM (ed) 'Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology'. Backhuys Publishers: Leiden, pp 15–44
- Wang Y, Bao Y, Yu M, Xu G, Ding P (2010) Nestedness for different reasons: the distributions of birds, lizards and small mammals on islands of an inundated lake. *Diversity & Distributions*. doi:10.1111/J.1472-4642.2010.00682.X
- Ward JV, Malard F, Stanford JS, Gonser T (2000) Interstitial aquatic fauna of shallow unconsolidated sediments, particularly hyporheic biotopes. In: Webb BW, Hannah DM, Moore RD, Brown LE, Nobilis F (ed) Recent advances in stream and river temperature research. *Hydrological Processes* 22, pp 902–918
- White DS (1993) Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. *Journal of the North American Benthological Society* 12:61–69
- Whitman RL, Andrzejewski MC, Kennedy KJ, Sobat TA (1994) Composition, spacial-temporal distribution and environmental factors influencing the interstitial beach meiofauna of southern Lake Michigan. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 25:1389-1397
- Wickham H, Hester J, Chang W (2021) Devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier. R package version 2.4.0. <https://CRAN.R-project.org/package=devtools>
- Williams DD (1984) The hyporheic zone as a habitat for aquatic insects and associated arthropods. In: Resh VH, Rosenberg DM (ed) *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger Publishers, pp 430–455
- Winter TC (2001) Ground water and surface water: the linkage tightens, but challenges remain. *Hydrol Process* 15:3605–3606
- Wiszniewski J (1936) Notes sur le psammon III. Deux tourbières aux environs de Varsovie. *Arch. Hydrobiol. Rybactwa Suwalki* 10: 173–187
- Wojciechowski 1, Czernas K, Krupa D, Galek J (1991) Aktywnosc zbiorowisk glon6w w przybrze:inej strefie jeziora Piaseczno jako wyraz hamowania doplywu substancji pokannowych z 11l,dU do jeziora [Activity of algal communities in shore zone of lake Piaseczno as an expression of inhibition of nutrient influx from land into the lake]. *Studia Osr. Dok. Fizjogr. PAN*. 19: 401-414
- Xu M, Wang Z, Pan B, Zhao N (2012) Distribution and species composition of macroinvertebrates in the hyporheic zone of bed sediment. *International Journal of Sediment Research*. doi:10.1016/S1001-6279(12)60022-5

Yuan W, Su X, Cui G, Wang H (2016) Microbial community structure in hypolentic zones of a brine lake in a desert plateau, China. *Environmental Earth Sciences* 75 (15). DOI:10.1007/s12665-016-5914-9

Zalewski M (2000) Ecohydrology: the scientific background to use ecosystem properties as management tools toward sustainability of water resources. *Ecol Eng* 16(1):1–8

Zurr AF, Ieno EN, Elphick CS (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution* 1(1): 3-14

Material Suplementar S1

Tabela S1 Composição e Abundância ($\text{Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* em uma lagoa costeira ácida tropical. ($\geq 1,44 \text{ Ind} \cdot \text{L}^{-1}$) (média $\pm$ desvio padrão)

Taxa	D10 - DI. 1.5 OTL	D10 - DI. 1.5 ITL	D10 - DI. 3.0 ITL	Taxa	D10 - DI. 1.5 OTL	D10 - DI. 1.5 ITL	D10 - DI. 3.0 ITL
Class Eurotatoria De Ridder, 1957				Lecanidae Remane, 1933			
Subclass Bdelloidea Hudson, 1884				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832) #	0.93 ± 1.6	2.78 ± 2.78	
Bdelloidea	11.11 ± 14.7	71.3 ± 89.25	6.48 ± 5.78	<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers, 1926		10.19 ± 15.3	12.04 ± 20.85
Philodinidae Ehrenberg, 1838				<i>Lecane pusilla</i> Harring, 1914 #		10.19 ± 15.3	3.7 ± 6.42
<i>Rotaria</i> spp.		0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6	<i>Lecane signifera</i> (Jennings, 1896) #		11.11 ± 11.11	1.85 ± 3.21
Subclass Monogononta Plate, 1889				<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers, 1926		3.7 ± 6.42	
Superorder Pseudotrocha Kutikova, 197				<i>Lecane undulata</i> Hauer, 1938 #			39.81 ± 68.96
Order Ploima Hudson and Gosse, 1886				<i>Lecane</i> sp. nov	0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6
Monogononta				Lepadellidae Harring, 1913			
Dicranophoridae Harring, 1913				<i>Lepadella</i> (L.) <i>patella patella</i> (Müller, 1786)		1.85 ± 3.21	0.93 ± 1.6
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadovsky, 1926)		0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6	Notommatidae Hudson and Gosse, 1886			
Lecanidae Remane, 1933				<i>Monommata actices</i> Myers, 1930	0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6	
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) #	0.93 ± 1.6	9.26 ± 16.04		<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers, 1930		5.56 ± 7.35	0.93 ± 1.6
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)			3.7 ± 3.21	Proalidae Harring and Myers, 1924			
<i>Lecane crepida</i> Harring, 1914	0.93 ± 1.6	3.7 ± 6.42	1.85 ± 3.21	<i>Proales commutata</i> Althaus, 1957	0.93 ± 1.6		
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)	0.93 ± 1.6			Trichocercidae Harring, 1913			
<i>Lecane furcata</i> (Murray, 1913)			0.93 ± 1.6	<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)		0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6
<i>Lecane gillardi</i> Berziqs, 1960				Trichotriidae Harring, 1913			
<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834)		6.48 ± 11.23	0.93 ± 1.6	<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse, 1867)		0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6
<i>Lecane imbricata</i> Carlin, 1939			0.93 ± 1.6				

Continuação...

Taxa	D30 - DI. 1.5 OTL	D30 - DI. 1.5 ITL	D30 - DI. 3.0 ITL	Taxa	D30 - DI. 1.5 OTL	D30 - DI. 1.5 ITL	D30 - DI. 3.0 ITL
Class Eurotatoria De Ridder, 1957				Lecanidae Remane, 1933			
Subclass Bdelloidea Hudson, 1884				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832) #		0.93 ± 1.6	
Bdelloidea	1.85 ± 3.21	8.33 ± 5.56	2.78 ± 4.81	<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers, 1926 #			0.93 ± 1.6
Philodinidae Ehrenberg, 1838				<i>Lecane pusilla</i> Harring, 1914			
<i>Rotaria</i> spp.				<i>Lecane signifera</i> (Jennings, 1896) #			
Subclass Monogononta Plate, 1889				<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers, 1926	0.93 ± 1.6		
Superorder Pseudotrocha Kutikova, 197				<i>Lecane undulata</i> Hauer, 1938 #			
Order Ploima Hudson and Gosse, 1886				<i>Lecane</i> sp. nov			
Monogononta				Lepadellidae Harring, 1913			
Dicranophoridae Harring, 1913				<i>Lepadella (L.) patella patella</i> (Müller, 1786)			
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadowsky, 1926)				Notommatidae Hudson and Gosse, 1886			
Lecanidae Remane, 1933				<i>Monommata actices</i> Myers, 1930			
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) #	4.63 ± 4.24	0.93 ± 1.6		<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers, 1930			
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	0.93 ± 1.6	0.93 ± 1.6		Proalidae Harring and Myers, 1924			
<i>Lecane crepida</i> Harring, 1914				<i>Proales commutata</i> Althaus, 1957			
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)				Trichocercidae Harring, 1913			
<i>Lecane furcata</i> (Murray, 1913)				<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)			
<i>Lecane gillardi</i> Berziņš, 1960		0.93 ± 1.6		Trichotriidae Harring, 1913			
<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834)				<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse, 1867)			
<i>Lecane imbricata</i> Carlin, 1939	0.93 ± 1.6	1.85 ± 3.21	1.85 ± 3.21				

Continuação...

Taxa	D50 - DI. 1.5 OTL	D50 - DI. 1.5 ITL	D50 - DI. 3.0 ITL	Taxa	D50 - DI. 1.5 OTL	D50 - DI. 1.5 ITL	D50 - DI. 3.0 ITL
Class Eurotatoria De Ridder, 1957				Lecanidae Remane, 1933			
Subclass Bdelloidea Hudson, 1884				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832) #			
Bdelloidea		0.93 ± 1.6		<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers, 1926 #			
Philodinidae Ehrenberg, 1838				<i>Lecane pusilla</i> Harring, 1914			
<i>Rotaria</i> spp.				<i>Lecane signifera</i> (Jennings, 1896) #			
Subclass Monogononta Plate, 1889				<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers, 1926			
Superorder Pseudotrocha Kutikova, 197				<i>Lecane undulata</i> Hauer, 1938 #			
Order Ploima Hudson and Gosse, 1886				<i>Lecane</i> sp. nov			
Monogononta				Lepadellidae Harring, 1913			
Dicranophoridae Harring, 1913				<i>Lepadella</i> (L.) <i>patella patella</i> (Müller, 1786)			
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadovsky, 1926)				Notommatidae Hudson and Gosse, 1886			
Lecanidae Remane, 1933				<i>Monommata actices</i> Myers, 1930			
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) #				<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers, 1930			
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)				Proalidae Harring and Myers, 1924			
<i>Lecane crepida</i> Harring, 1914				<i>Proales commutata</i> Althaus, 1957			
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)				Trichocercidae Harring, 1913			
<i>Lecane furcata</i> (Murray, 1913)				<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)			
<i>Lecane gillardi</i> Berziņš, 1960				Trichotriidae Harring, 1913			
<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834)				<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse, 1867)			
<i>Lecane imbricata</i> Carlin, 1939							

Material Suplementar S2

Tabela S2 Biomassa ($\mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) de Rotifera intersticial da *Hypolentic Zone* em uma lagoa costeira tropical. # Indica os táxons com maiores médias de biomassa global ($\geq 0,0084 \mu\text{g C Ind}\cdot\text{L}^{-1}$) (média $\pm$ desvio padrão)

Taxa	D10 - DI. 1.5 OTL	D10 - DI. 1.5 ITL	D10 - DI. 3.0 ITL	Taxa	D10 - DI. 1.5 OTL	D10 - DI. 1.5 ITL	D10 - DI. 3.0 ITL
Class Eurotatoria De Ridder. 1957				Lecanidae Remane. 1933			
Subclass Bdelloidea Hudson. 1884				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg. 1832)	0.0026 ± 0.0045	0.0168 ± 0.0255	
Bdelloidea	0.0089 ± 0.0154	0.3614 ± 0.4489	0.0322 ± 0.0287	<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers. 1926 #		0.0455 ± 0.0657	0.0683 ± 0.1183
Philodinidae Ehrenberg. 1838				<i>Lecane pusilla</i> Harring. 1914		0.0166 ± 0.0244	0.0063 ± 0.0109
<i>Rotaria</i> spp.		0.0059 ± 0.0102	0.005 ± 0.0087	<i>Lecane signifera</i> (Jennings. 1896) #		0.0993 ± 0.0861	0.0111 ± 0.0193
Subclass Monogononta Plate. 1889				<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers. 1926		0.0073 ± 0.0126	
Superorder Pseudotrocha Kutikova. 197				<i>Lecane undulata</i> Hauer. 1938			0.0227 ± 0.0394
Order Ploima Hudson and Gosse. 1886				<i>Lecane</i> sp. nov	0.0015 ± 0.0025	0.0018 ± 0.0031	0.0021 ± 0.0036
Monogononta				Lepadellidae Harring. 1913			
Dicranophoridae Harring. 1913				<i>Lepadella (L.) patella patella</i> (Müller. 1786)		0.0029 ± 0.005	0.0011 ± 0.0019
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadowsky. 1926)		0.0119 ± 0.0206	0.0119 ± 0.0206	Notommatidae Hudson and Gosse. 1886			
Lecanidae Remane. 1933				<i>Monommata actices</i> Myers. 1930	0.0052 ± 0.0091	0.0058 ± 0.0101	
<i>Lecane bulla</i> (Gosse. 1851) #	0.0076 ± 0.0131	0.0442 ± 0.0765		<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers. 1930		0.0237 ± 0.0336	0.0052 ± 0.0091
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda. 1859)			0.0131 ± 0.0132	Proalidae Harring and Myers. 1924			
<i>Lecane crepida</i> Harring. 1914	0.0017 ± 0.003	0.0059 ± 0.0102	0.0031 ± 0.0054	<i>Proales commutata</i> Althaus. 1957	0.0032 ± 0.0055		
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray. 1913)	0.0083 ± 0.0144			Trichocercidae Harring. 1913			
<i>Lecane furcata</i> (Murray. 1913)			0.0017 ± 0.003	<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings. 1903)		0.0017 ± 0.0029	0.0092 ± 0.016
<i>Lecane gillardi</i> Berziņš. 1960				Trichotriidae Harring. 1913			
<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg. 1834)		0.0332 ± 0.0576	0.0047 ± 0.0082	<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse. 1867)		0.0201 ± 0.0348	0.0144 ± 0.0249
<i>Lecane imbricata</i> Carlin. 1939			0.0016 ± 0.0027				

Continuação...

Taxa	D30 - DI. 1.5 OTL	D30 - DI. 1.5 ITL	D30 - DI. 3.0 ITL	Taxa	D30 - DI. 1.5 OTL	D30 - DI. 1.5 ITL	D30 - DI. 3.0 ITL
Class Eurotatoria De Ridder. 1957				Lecanidae Remane. 1933			
Subclass Bdelloidea Hudson. 1884				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg. 1832)		0.0026 ± 0.0045	
Bdelloidea	0.0042 ± 0.0073	0.0459 ± 0.0367	0.0117 ± 0.0203	<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers. 1926 #			0.0035 ± 0.0061
Philodinidae Ehrenberg. 1838				<i>Lecane pusilla</i> Harring. 1914			
<i>Rotaria</i> spp.				<i>Lecane signifera</i> (Jennings. 1896) #			
Subclass Monogononta Plate. 1889				<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers. 1926	0.0019 ± 0.0033		
Superorder Pseudotrocha Kutikova. 197				<i>Lecane undulata</i> Hauer. 1938			
Order Ploima Hudson and Gosse. 1886				<i>Lecane</i> sp. nov			
Monogononta				Lepadellidae Harring. 1913			
Dicranophoridae Harring. 1913				<i>Lepadella</i> (L.) <i>patella patella</i> (Müller. 1786)			
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadovsky. 1926)				Notommatidae Hudson and Gosse. 1886			
Lecanidae Remane. 1933				<i>Monommata actices</i> Myers. 1930			
<i>Lecane bulla</i> (Gosse. 1851) #	0.0198 ± 0.0173	0.0048 ± 0.0084		<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers. 1930			
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda. 1859)	0.0017 ± 0.0029	0.001 ± 0.0018		Proalidae Harring and Myers. 1924			
<i>Lecane crepida</i> Harring. 1914				<i>Proales commutata</i> Althaus. 1957			
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray. 1913)				Trichocercidae Harring. 1913			
<i>Lecane furcata</i> (Murray. 1913)				<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings. 1903)			
<i>Lecane gillardi</i> Berziņš. 1960		0.001 ± 0.0018		Trichotriidae Harring. 1913			
<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg. 1834)				<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse. 1867)			
<i>Lecane imbricata</i> Carlin. 1939	0.0016 ± 0.0027	0.0016 ± 0.0027	0.0023 ± 0.004				

Continuação...

Taxa	D50 - DI. 1.5 OTL	D50 - DI. 1.5 ITL	D50 - DI. 3.0 ITL	Taxa	D50 - DI. 1.5 OTL	D50 - DI. 1.5 ITL	D50 - DI. 3.0 ITL
Class Eurotatoria De Ridder. 1957				Lecanidae Remane. 1933			
Subclass Bdelloidea Hudson. 1884				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg. 1832)			
Bdelloidea		0.0062 ± 0.01086		<i>Lecane pertica</i> Harring & Myers. 1926 #			
Philodinidae Ehrenberg. 1838				<i>Lecane pusilla</i> Harring. 1914			
<i>Rotaria</i> spp.				<i>Lecane signifera</i> (Jennings. 1896) #			
Subclass Monogononta Plate. 1889				<i>Lecane subtilis</i> Harring & Myers. 1926			
Superorder Pseudotrocha Kutikova. 197				<i>Lecane undulata</i> Hauer. 1938			
Order Ploima Hudson and Gosse. 1886				<i>Lecane</i> sp. nov			
Monogononta				Lepadellidae Harring. 1913			
Dicranophoridae Harring. 1913				<i>Lepadella</i> (L.) <i>patella patella</i> (Müller. 1786)			
<i>Encentrum diglandula</i> (Zawadovsky. 1926)				Notommatidae Hudson and Gosse. 1886			
Lecanidae Remane. 1933				<i>Monommata actices</i> Myers. 1930			
<i>Lecane bulla</i> (Gosse. 1851) #				<i>Monommata maculata</i> Harring & Myers. 1930			
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda. 1859)				Proalidae Harring and Myers. 1924			
<i>Lecane crepida</i> Harring. 1914				<i>Proales commutata</i> Althaus. 1957			
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray. 1913)				Trichocercidae Harring. 1913			
<i>Lecane furcata</i> (Murray. 1913)				<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings. 1903)			
<i>Lecane gillardi</i> Berziņš. 1960				Trichotriidae Harring. 1913			
<i>Lecane hornemanni</i> (Ehrenberg. 1834)				<i>Macrochaetus collinsii</i> (Gosse. 1867)			
<i>Lecane imbricata</i> Carlin. 1939							

Material Suplementar S3

Tabela S3 Variáveis abióticas (média $\pm$ desvio padrão) da zona intersticial de uma lagoa costeira ácida tropical em três profundidades: D10, D30 e D50, e em três distâncias: DI. 1.5 OTL: 1,5 m fora da margem da lagoa, DI. 1.5 ITL: 1,5 m dentro da margem da lagoa e DI. 3.0 ITL: 3,0 m da dentro da margem da lagoa. EC: condutividade elétrica, Chl – *a*: clorofila – *a*, DIN: nitrogênio inorgânico dissolvido. *Abaixo do limite de detecção (< DL)

Sampling points	Temp (°C)	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	Chl - <i>a</i> (mg L ⁻¹)	N - ammoniacal (μM)	Nitrate (μM)	Nitrite (μM)	DIN (μM)	Phosphate (μM)
D10 – DI.1.5 OTL	30.27 $\pm$ 1.26	148.83 $\pm$ 4.58	7 $\pm$ 1	0.08 $\pm$ 0.13	9.59 $\pm$ 8.77	-11.93 $\pm$ 0.45*	0.54 $\pm$ 0.44	-2.89 $\pm$ 8.52*	-0.86 $\pm$ 0.29*
D10 - DI. 1.5 ITL	29.83 $\pm$ 0.42	143.53 $\pm$ 1.38	6 $\pm$ 0	0.28 $\pm$ 0.26	12.63 $\pm$ 6.15	-12.35 $\pm$ 0.14*	0.53 $\pm$ 0.28	-0.24 $\pm$ 5.99*	-1.11 $\pm$ 0.12*
D10 - DI. 3.0 ITL	29.2 $\pm$ 0.17	161.9 $\pm$ 17.91	5 $\pm$ 0	0.12 $\pm$ 0.12	3.57 $\pm$ 1.52	-12.16 $\pm$ 0.17*	0.31 $\pm$ 0.27	-8.9 $\pm$ 1.86*	-1.2 $\pm$ 0.19*
D30 - DI. 1.5 OTL	31.3 $\pm$ 0.72	159.23 $\pm$ 12.67	7 $\pm$ 0	0.01 $\pm$ 0.01	3.82 $\pm$ 2.37	-12.13 $\pm$ 0.45*	0.37 $\pm$ 0.1	-8.68 $\pm$ 2.74*	-1.2 $\pm$ 0.08*
D30 - DI. 1.5 ITL	30.27 $\pm$ 0.31	170.6 $\pm$ 38.57	6 $\pm$ 1	0.07 $\pm$ 0.05	4.93 $\pm$ 3.62	-12.13 $\pm$ 0.39*	0.45 $\pm$ 0.05	-7.65 $\pm$ 3.77*	-0.82 $\pm$ 0.49*
D30 - DI. 3.0 ITL	29.8 $\pm$ 0.1	146.17 $\pm$ 9.99	6 $\pm$ 0	0.01 $\pm$ 0.02	3.44 $\pm$ 9.84	-12 $\pm$ 0.29*	0.58 $\pm$ 0.19	-8.95 $\pm$ 9.26*	-1.06 $\pm$ 0.23*
D50 - DI. 1.5 OTL	30.67 $\pm$ 1.5	144.4 $\pm$ 2.7	5 $\pm$ 0	0.08 $\pm$ 0.05	3.76 $\pm$ 2.48	-11.78 $\pm$ 0.28*	0.4 $\pm$ 0.09	-8.29 $\pm$ 2.53*	-1.09 $\pm$ 0.11*
D50 - DI. 1.5 ITL	30.2 $\pm$ 0.26	143.53 $\pm$ 4.98	6 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.07	12.96 $\pm$ 11.6	-11.62 $\pm$ 1.08*	0.49 $\pm$ 0.14	0.85 $\pm$ 10.58	-0.41 $\pm$ 0.75*
D50 - DI. 3.0 ITL	29.87 $\pm$ 1.27	146.23 $\pm$ 7.63	5 $\pm$ 0	0.05 $\pm$ 0.02	4.01 $\pm$ 6.46	-12.28 $\pm$ 0.43*	0.36 $\pm$ 0.18	-8.62 $\pm$ 7.01*	-1.13 $\pm$ 0.09*
	30.21 $\pm$ 0.58	150.88 $\pm$ 9.55	6 $\pm$ 0	0.09 $\pm$ 0.08	6.25 $\pm$ 3.9	-12.02 $\pm$ 0.24*	0.44 $\pm$ 0.09	-6.17 $\pm$ 3.86*	-1 $\pm$ 0.24*

Capítulo V

Marine Rotifera in coral communities on the Tropical Coast: first record to Brazil and new occurrences for the Southwestern Atlantic Ocean

Artigo submetido no periódico Scientia Plena (ISSN 1808-2793)

Marine Rotifera in coral communities on the Tropical Coast: first record to Brazil and new occurrences for the Southwestern Atlantic Ocean

Rotíferos marinhos em comunidades coralíneas na Costa Tropical: primeiro registro para o
Brasil e novas ocorrências para o Oceano Atlântico Sul-Occidental

M. A. Rocha^{1*}; C. C. Bonecker²; R. Johnsson¹; C. Y. Joko³; R. Mugnai⁴; E. G.
Neves¹

¹Laboratório de Invertebrados Marinhos (LABIMAR): Crustacea, Cinidaria e Fauna Associada, Instituto de Biologia,
Universidade Federal da Bahia (UFBA), R. Barão de Jeremoabo, 668, 40170-115, Salvador, Bahia, Brasil

²Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (NUPELIA), Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil

³Centro Universitário do Distrito Federal, Brasília, Brasil

⁴Labciclos Laboratórios de Biogeociclos/Limnologia, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de
Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) – Campus IV, Rua Boa Vista, S/N, 65500-000, Chapadinha, Maranhão,
Brasil

*anee.bio@hotmail.com

Widely underestimated, the knowledge on marine rotifers has been restricted worldwide, majorly when compared with the species inventories from limnic environments. Thus, intending to provide first data on marine rotifers from the Southwestern Atlantic, corals, zoanthids, algae and sponges were collected as substrates from distinct coral communities of the Todos-os-Santos Bay (12°S - Bahia littoral, Northeastern Brazil). Three scleractinian corals - *Favia grava* (Verrill, 1868), *Mussismilia braziliensis* (Verrill, 1868) and *Siderastrea stellata* Verrill, 1868, two zoanthids - *Palythoa caribaeorum* Duchassaing & Michelotti, 1860 and *Protopalythoa variabilis* (Duerden, 1898), a macroalgae - *Cladophora* sp., and a sponge species - *Tedania ignis* (Duchassaing & Michelotti, 1864) were selected as substrates for rotifer sampling. As result, 4 rotifer species were identified: *Colurella adriatica* Ehrenberg, 1831, *Colurella* sp., *Habrotracha constricta* Dujardin, 1841 and *Macrotrachela quadricornifera* Milne, 1886. The macroalgae show the highest rotifer richness (n= 3 species), while the highest abundance was observed in the zoanthid *P. variabilis* (n= 10 individuals). These results represent the first data of Brazilian Rotifera associated to coral communities in the Northeastern coast, including three new rotifer occurrences to Brazil and two new occurrences of Bdelloidea for the Southwestern Atlantic Ocean. Indeed, further efforts on taxonomic studies are expected to consolidate the inventory of the Tropical Rotifera.

Keywords: Marine ecosystems, microinvertebrates, Eurotatoria, benthic communities

Amplamente subestimado, o conhecimento sobre os rotíferos marinhos tem sido restrito em todo o mundo, principalmente quando comparado aos inventários de espécies de ambientes límnicos. Assim, no intuito de fornecer os primeiros dados sobre rotíferos marinhos do Atlântico Sul-Occidental, corais, zoantídeos, algas e esponjas foram coletados como substratos de diferentes comunidades de corais da Baía de Todos-os-Santos (12°S – litoral da Bahia, Nordeste do Brasil). Três corais escleractíneos - *Favia grava* (Verrill, 1868), *Mussismilia braziliensis* (Verrill, 1868) e *Siderastrea stellata* Verrill, 1868, dois zoantídeos - *Palythoa caribaeorum* Duchassaing & Michelotti, 1860 e *Protopalythoa variabilis* (Duerden, 1898), uma macroalga - *Cladophora* sp., e uma espécie de esponja - *Tedania ignis* (Duchassaing & Michelotti, 1864) foram selecionados como substrato para amostragem de rotíferos. Como resultado, foram identificadas 4 espécies de rotíferos: *Colurella adriatica* Ehrenberg, 1831, *Colurella* sp., *Habrotracha constricta* Dujardin,

1841 e *Macrotrachela quadricornifera* Milne, 1886. A macroalga apresentou a maior riqueza de rotíferos (n= 3 espécies), e a maior abundância foi observada no zoantídeo *P. variabilis* (n= 10 indivíduos). Esses resultados representam o primeiro registro de rotíferos brasileiros associados a comunidades coralíneas na costa nordeste, incluindo três novas ocorrências de rotíferos para o Brasil e duas novas ocorrências de Bdelloidea para o Oceano Atlântico Sul-Occidental. Mais esforços sobre estudos taxonômicos são esperados para consolidação do inventário dos Rotifera tropicais.

Palavras-chave: Ecossistemas marinhos, microfauna, Eurotatoria, comunidades bêmicas

1. INTRODUÇÃO

Aquatic environments can be classified according to the salt gradient as fresh (0–0.5‰), brackish (0.5–20‰), or saline (>20‰) [1]. And many microinvertebrate species, including the rotifers, are known to be highly tolerant to salt variation in the natural environment, being ecologically characterized as ‘euryhaline’ [2,3]. Indeed, the salinity is a factor that deep influences the distribution of the aquatic organisms [4], being considered one of the main determinant parameter of the occurrence, and coexistence of multiple cryptic species among the rotifers [5].

Rotifera comprises microscopic eutelic metazoans (50–2000 µm), with more than 2149 described species (and subspecies), represented by Seisonacea, Monogononta and Bdelloidea [6, 7, 8, 9]. These micrometazoans are distributed worldwide in almost all types of aquatic and semi-aquatic habitats, being classified into three main groups relying on the habitat: i) planktonic - those that occur in the water column; ii) benthic-periphytic - living in contact with substrate, including benthos *sensu stricto* and periphyton; and iii) epibionts and parasites, species associated with other organisms [10].

Despite of having the highest occurrences in fresh and limnoterrestrial environments [11, 12], the rotifers are also found in brackish and sea waters. And, although presenting lower abundances and diversity [13, 3], about of 443 taxa have been hitherto recorded in these habitats [10]. Actually, a significant percentage of the species is probably hidden in planktonic and benthic communities [10]. However, the underestimation of the marine rotifers may be currently attributed to the low number of academic projects, and the few taxonomists involved with this group. First records of the marine Rotifera were made by Remane (1929) [14], Myers (1936) [15], Bêzips (1952) [16], and Rudescu (1961) [17].

De Smet (2009) [18] pointed out some possible difficulties that biased the knowledge on the rotifer biodiversity, such as the low sampling efforts (reduced number of specimens collected), and the adaptation of the protocols for microscopy preparations. In addition, diagnoses and descriptions are usually not consistent, and/or the type species are not available. Therefore, requiring an extensive reassessment of the material listed in collections and, probably, a whole redescription process. Ricci (2001) [19] adds that, the lack of the type material for the species established in the past, challenge the description and identification based on morphological traits.

Rotifera are usually found in the marine environment associated with periphyton - *Acrosiphonia pacifica* (Montagne) J. Agardh 1857; *Adenocystis utricularia* (Bory) Skottsberg 1907.; *Ballia callitricha* (C.Agardh) Kützing 1843; *Ceramium* sp.; *Chaetomorpha* sp.; *Codium* sp.; *Enteromorpha* sp.; *Monostroma* sp.; *Polysiphonia* sp.; *Porphyra* sp.; *Rhodomenia* sp.; *Ulva* sp.; *Urospora penicilliformis* (Roth) Areschoug, 1866 [20, 21]; in meiofauna [22, 23, 24, 18]; as epizoic in crustacean gills - *Seison africanus* Sørensen, Segers & Funch, 2005; *Seison nebaliae* Grube, 1861; *Paraseison annulatus* (Claus, 1876) and *Paraseison kisfaludyi* Leasi, Rouse & Sørensen, 2011 [25, 26, 27]; including plankton, periphyton in rocks, sand and gravel bottom on the coast [28]. In general, meiobenthos and thalassic plankton harbor several species that may represent a considerable fraction of the rotifer biomass [29, 30].

In the marine environment, coral reefs are one of the most productive and diverse ecosystem, playing a role as nurseries for several fish species. The limestone structure, and the reefal benthic communities provide a variety of goods and services for humanity, such as protection of the coast against wave action, food, and income for local population. Moreover, coral reefs represent a natural field for bioprospection and biotechnology, being also important for recreacional activities, and tourism [31,32,33].

In Brazil, coral reefs extend for about 3,000 km² along the northeastern coast, from the reef banks of the Maranhão State to the Abrolhos complex in Southern Bahia [34], being the only true coral system in the entire South Atlantic [35]. Distinctly from the coral reefs, the coral communities may occur on a rocky, non-biogenic hard surface. In this scenario, growth can be on a basalt, concrete or even on a metallic artificial structure. In this way, coral reefs are coral communities growing on the limestone substrate, that it was previously (and biogenically) built [36].

One of the critical gaps of the knowledge on the diversity of Rotifera, and other representants of the micro and mesofauna as well, comprises the Tropical South America [11, 37]. The literature does not provide data on marine rotifers associated with Brazilian coral reefs and/or coral communities. The last published work focused on the rotifers from the meiofauna, but the specimens were not identified at the species level [24]. It has been expected that a significant part of the Rotifera biodiversity may be found in the marine environment [10].

Given this context, a taxonomic survey of marine Rotifera was carried out in coral communities in the Todos-os-Santos Bay (BTS). The BTS is situated in the Bahia State, being the second largest Brazilian navigable bay, with approximately 1100 km² of extension. BTS has a high marine biodiversity, housing practically all natural ecosystems found along the coast (*e.g.*, beaches, reefs, mangroves, sandbanks, estuaries) [38].

Therefore, this study provides pioneer data on the marine rotifers, including information on the habitat, and substrate preferences. Beyond supporting the rotifer inventory from Brazilian coral communities, this work intends to contribute for a database to the Atlantic Rotifera.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study area

The BTS is an Environmental Preservation Area (EPA), belonging to the category V of the International Union for Conservation of Nature, within the capital urban area (Bahia State, Brazil). It has been considered one of the localities with the higher diversity of scleractinian corals in the Southwestern Atlantic [39]. Despite of the anthropic impacts, including the introduction of bioinvasive organisms, the BTS harbor a diverse and highly productive reefal systems.

Sampling of rotifers occurred indirectly by collecting the substrates (corals, zoanthids, algae and sponges) at five sites: Praia da Barra, Porto da Barra, Boa Viagem, Periperi, and Ponta de Humaitá (Figure 1, Table 1).

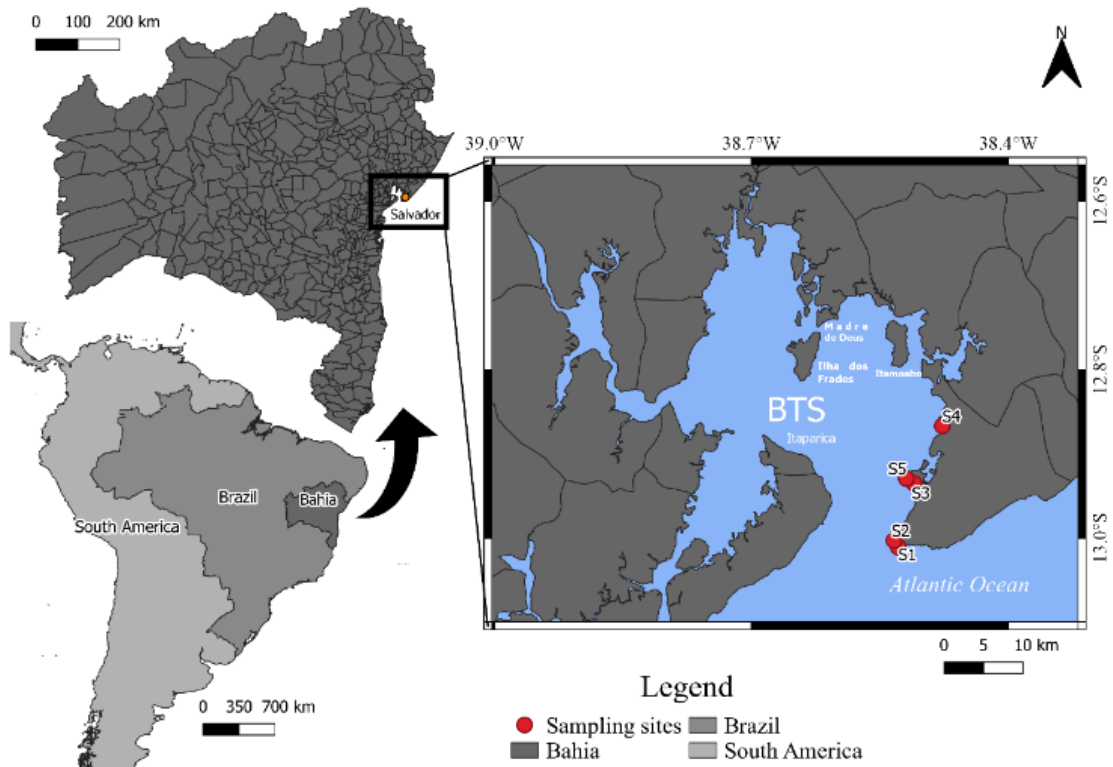


Figure 1. Study area: Todos-os-Santos Bay, Bahia State, Brazil. Sampling sites are highlighted.

Table 1: Geographical coordinates of the sampling sites in the Todos-os-Santos Bay

Site (S)	Locality	Abbreviation	Latitude (S)	Longitude (W)
S1	Praia da Barra	BR	13° 00'39.15"	38° 31'41.85"
S2	Porto da Barra	PB	13° 00'10.16"	38° 32'00.44"
S3	Boa Viagem	BV	12° 56'06.34"	38° 30'35.59"
S4	Periperi	PE	12° 52'00.75"	38° 28'36.99"
S5	Ponta do Humaitá	PH	12° 55'45.18"	38° 31'08.46"

2.2 Sample design

Samples of benthic-periphytic species were obtained from coral communities between May/2018 and May/2019. Three scleractinian corals - *Favia grvida* (Verrill, 1868), *Mussismilia braziliensis* (Verrill, 1868) and *Siderastrea stellata* Verrill, 1868, two zoanthids - *Palythoa caribaeorum* Duchassaing & Michelotti, 1860 and *Protopalythoa variabilis* (Duerden, 1898), a macroalgae - *Cladophora* sp., and a sponge species - *Tedania ignis* (Duchassaing & Michelotti, 1864) were selected as substrates for rotifer sampling (Figure 2). Five samples of each live substrate were randomly collected in the tide pools (0.0-1.0 m depth), during the ebb tide. The samples were removed with support of a spatula and/or a chisel, being immediately stored in individual plastic bags with seawater, and properly identified. The material was placed on ice (in foamboxes) during transport to the laboratory – the protocol kept the vitality of the rotifers for *in vivo* analysis.

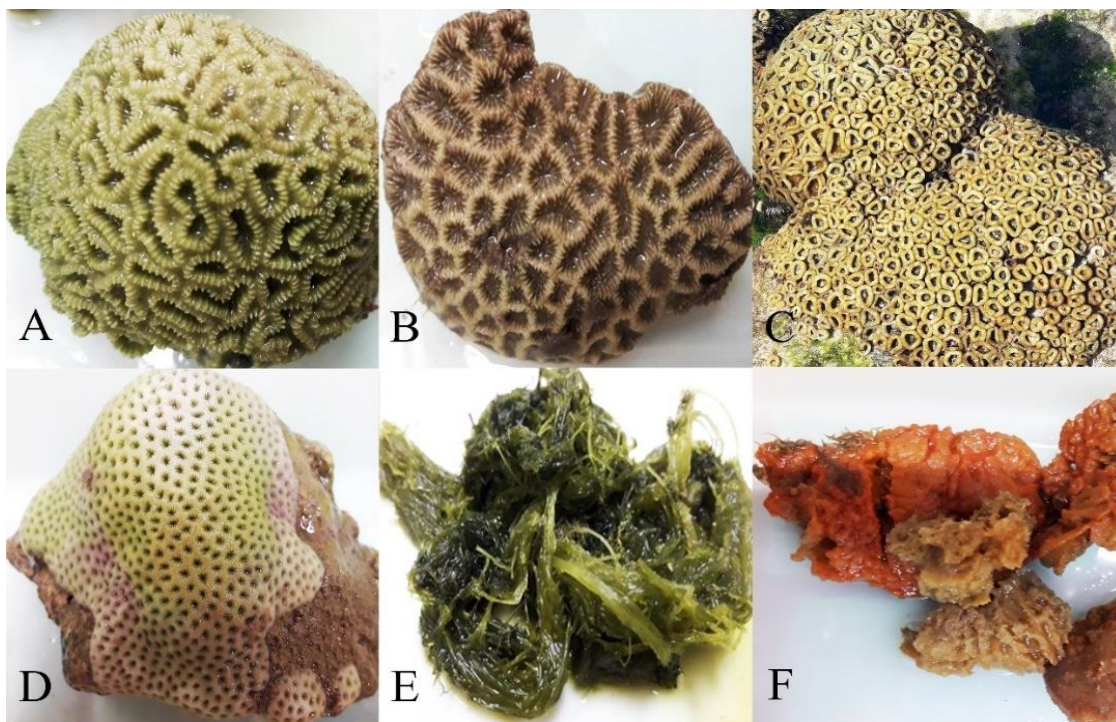


Figure 2: Live substrates sampled in the Todos-os-Santos Bay for analysis of benthic-periphytic species of rotifers. A. *Favia gravida*, B. *Mussismilia braziliensis*, C. *Protopalythoa variabilis*, D. *Siderastrea stellata*, E. *Cladophora* sp., and F. *Tedania ignis*.

2.3 Laboratory procedure and data processing

In the laboratory, the substrates were washed with the seawater contained in each plastic bag. The debris were filtered through a 20 μ m plankton net, and placed in 100 ml flasks. All substrates were fixed in alcohol 70%. For qualitative and quantitative analysis of Rotifer, the collected material was sorted in Sedgewick-Rafter chambers, obtained with the aid of a Hensen-Stempel pipette (2.5 ml) by examination under an optical microscope [40].

Rotifers were identified *in vivo* following specific literature, *e.g.*, Koste (1978) [41], Koste & Shiel (1986) [42] and Fontaneto et al. (2008a) [28]. Segers (2007) [9] was used to elucidate the questionable nomenclature of the species. Concomitantly, specimens were also photomicrographed *in vivo* (except *Colurella adriatica*, which was previously fixed) using a Nikon Model Eclipse Ci-L microscope supplied with a Nikon Digital Sight DS-Fi1 camera. After these protocols, the rotifer specimens were fixed in formalin 4%.

The checklist of the marine Rotifera with a worldwide occurrence, and registered by the World Register Marine Species (WoRMS) [43], was here updated. These data were also based on Fontaneto et al. (2006) [10] – the authors compiled the Atlantic species.

3. RESULTS

The rotifers from the BTS were represented by four species distributed in three different genera and one individual identified generically (Figure 3, Table 2). The highest richness of Rotifera was observed in the macroalgae *Cladophora* sp. (3 species) and the higher abundance was observed in the zoanthid *Protopalythoa variabilis* (10 specimens) (Table 2).

Table 2: Composition and absolute abundances of Rotifera in coral communities obtained from different substrates in the Todos-os-Santos Bay

Taxa	<i>Favia gravid</i>	<i>Palythoa caribaeorum</i>	<i>Protopalythoa variabilis</i>	<i>Mussismilia braziliensis</i>	<i>Siderastrea stellata</i>	<i>Cladophora sp.</i>	<i>Tedania ignis</i>
MONOGONONTA							
<i>Lepadellidae</i> Harring, 1913							
<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831	0	0	4	0	2	3	1
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1
BDELLOIDEA (=DIGONONTA)							
<i>Habrotrochidae</i> Bryce, 1910							
<i>Habrotrocha constricta</i> Dujardin, 1841	0	0	6	0	0	1	0
<i>Philodinidae</i> Bryce, 1910							
<i>Macrotrachela quadricornifera</i> Milne, 1886	0	0	0	0	0	1	0

Systematic and occurrence information for the three identified species are described below:

***Colurella adriatica* Ehrenberg, 1831
(Figure 3A and B)**

Class: Eurotatoria Ridder, 1957

Subclass: Monogononta Plate 1889

Superorder: Pseudotrocha Kurtikowa, 1970

Order: Ploima Hudson and Gosse, 1886

Family: Lepadellidae Harring, 1913

Genus: *Colurella* Bory of St. Vincent, 1824

Specie: *Colurella adriatica* Ehrenberg, 1831

Description

Loricat rotifer. Ventral view: Loric slightly oval, anterior region interrupted by the head, and posterior region interrupted by the foot. Lateral view: anterior region rounded and rear region tapering, ending in a pointed projection. Ventral opening with loric margin in the most distal anterior and posterior region and the closest medial region, but not touching. Foot with three pseudosegments with relatively equal sizes, forming longitudinally flattened rectangles. Two long, thin, pointed fingers, slightly longer than the foot.

Geographic distribution

Baltic and the North Sea, Black Sea, British Channel, Caspian Sea, Indian Ocean, Sea of Japan, Mediterranean Sea, Northeast, Northwest and Southeast Atlantic Ocean.

Remarks

In total, ten specimens were identified, and the highest occurrence was observed in *Protopalythoa variabilis* (4 specimens), followed by *Cladophora* sp. (3 specimens), *Siderastrea stellata* (2 specimens) and *Tedania ignis* (1 specimen) (Table 1).

***Habrotrocha constricta* Dujardin, 1841
(Figure 3C)**

Class: Eurotatoria Ridder, 1957

Subclass: Bdelloidea Hudson, 1884

Order: Philodinide

Family: Habrotrichidae Bryce, 1910

Genus: *Habrotricha* Bryce, 1910

Specie: *Habrotricha constricta* Dujardin, 1841.

Description

Corona elevated on pedicel close to each other. Foot with 3 pseudosegments, short fingers. Integument predominantly granulated, brownish.

Geographic distribution

Afrotropical, Antarctic, Australian, Nearctic, Neotropical, Pacific, Palearctic.

Remarks

In total, seven specimens of *Habrotricha constricta* were observed, and the highest occurrence was observed in *Protopalythoa variabilis* (6 specimens), followed by *Cladophora* sp. (1 specimen) (Table 1).

***Macrotrachela quadricornifera* Milne, 1886
(Figure 3D)**

Class: Eurotatoria Ridder, 1957

Subclass: Bdelloidea Hudson, 1884

Order: Philodinide

Family: Philodinidae Bryce, 1910

Genus: *Macrotrachela* Milne, 1886

Specie: *Macrotrachela quadricornifera* Milne, 1886

Description

Corona elevated on pedicel. Short foot with 3 pseudosegments forming rectangles with slightly different sizes. Two short thin fingers, spurs on the distal part of the foot. Two dorsal appendages anterior to spurs.

Geographic distribution

South America, New Zealand and Australia.

Remarks

A single specimen of *Macrotrachela quadricornifera* was identified in the green alga *Cladophora* sp. (Table 1).

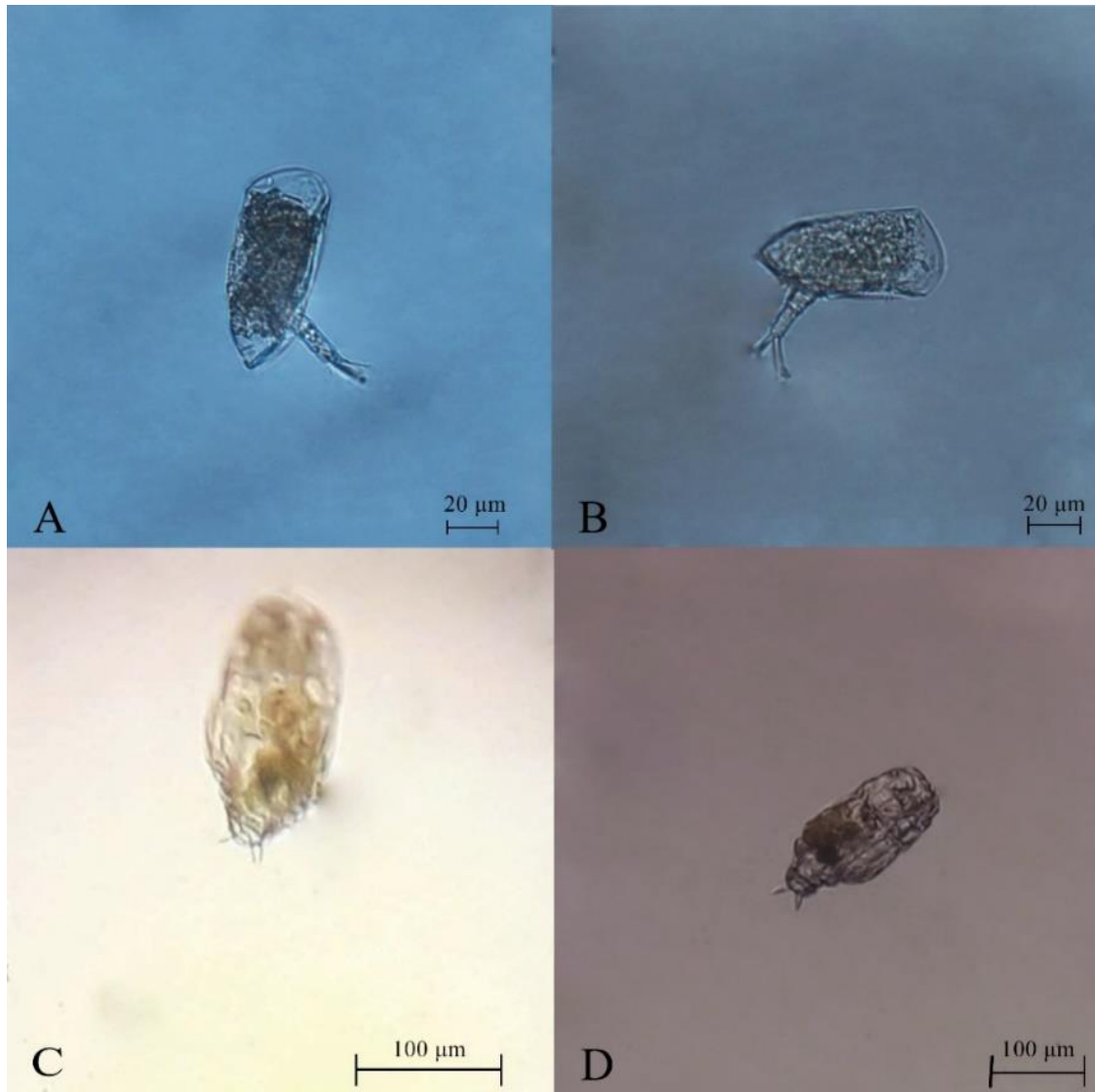


Figure 3. Rotifera from coral communities in the Todos-os-Santos Bay. A. and B. *Colurella adriatica* Ehrenberg, 1831, C. *Macrotrachela quadricornifera* Milne, 1886 and D. *Habrotrocha constricta* Dujardin, 1841. The species A and B were photomicrographed fixed in formaldehyde 4%. Species C and D were photomicrographed in vivo.

Additionally, according to WoRMS (2021) [43], a total of 404 taxa occur in saline waters (brackish and marine environment). This survey includes Monogononta, Bdelloidea and Seisonacea, represented by 26 families and 65 genera. The families Dicranophoridae Haring, 1913 and Brachionidae Ehrenberg, 1838 are the most representatives, comprising 82 and 62 taxa, respectively (Table 3).

Table 3. List of the world marine rotifer species - modified from the WoRMS database (2021)

Class Pararotatori a Sudzuki, 1964 Order Seisonacea Wesenberg-Lund, 1899	
Seisonidae Wesenberg-Lund, 1899 <i>Paraseison annulatus</i> (Claus, 1876) <i>Seison africanus</i> Sørensen, Segers & Funch, 2005 <i>Seison nebaliae</i> Grube, 1861	<i>Macrotrachela jankoi</i> Iakovenko, 2015 <i>Macrotrachela kallosoma</i> (Schulte, 1954) <i>Macrotrachela libera</i> Donner, 1949 <i>Macrotrachela ligulata</i> Haigh, 1965 <i>Macrotrachela minuta</i> Schulte, 1954 <i>Macrotrachela musculosa</i> Milne, 1886 <i>Macrotrachela nana</i> (Bryce, 1912) <i>Macrotrachela nixa</i> Donner, 1962 <i>Macrotrachela quadricornifera</i> Milne, 1886 <i>Macrotrachela timida</i> Milne, 1916 <i>Philodina alata</i> Murray, 1910
Class Eurotatoria De Ridder, 1957 Subclass Bdelloidea Hudson, 1884	
Adinetidae Hudson and Gosse, 1889 <i>Adineta barbata</i> Janson, 1893 <i>Adineta coatsi</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Adineta editae</i> Iakovenko, 2015 <i>Adineta emsliei</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Adineta fontanetoi</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Adineta gracilis</i> Janson, 1893 <i>Adineta grandis</i> Murray, 1910	<i>Philodina antarctica</i> Murray, 1910 <i>Philodina dartnallisi</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Philodina gregaria</i> Murray, 1910 <i>Philodina jeanneli</i> Beauchamp, 1940 <i>Philodina plena</i> (Bryce, 1894) <i>Philodina roseola</i> Ehrenberg, 1832 <i>Philodina shackletoni</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Rotaria citrina</i> (Ehrenberg, 1838) <i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg, 1830) <i>Rotaria rotatoria</i> (Pallas, 1766) <i>Rotaria tardigrada</i> (Ehrenberg, 1830) <i>Rotaria tridens</i> (Montet, 1915) <i>Rotaria trisecata</i> (Weber, 1888) <i>Zelinkiella synaptae</i> (Zelinka, 1887)
<i>Adineta longicornis</i> Murray, 1906 <i>Adineta ricciae</i> Segers & Shiel, 2005 <i>Adineta steineri</i> Bartoš, 1951 <i>Adineta vaga</i> (Davis, 1873)	
Habrotrochidae Bryce, 1910 <i>Habrotrocha angularis</i> (Murray, 1910) <i>Habrotrocha antarctica</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Habrotrocha constricta</i> (Dujardin, 1841) <i>Habrotrocha crenata</i> (Murray, 1905) <i>Habrotrocha devetteri</i> Iakovenko, 2015 <i>Habrotrocha elusa</i> Milne, 1916 <i>Habrotrocha gulosa</i> Milne, 1916 <i>Habrotrocha minima</i> De Koning, 1947 <i>Habrotrocha pulchra</i> (Murray, 1905) <i>Habrotrocha tridens</i> (Milne, 1886) <i>Habrotrocha vernads kii</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Otostephanos jersabeki</i> Koste, 1996 <i>Otostephanos torquatus</i> (Bryce, 1913)	
Philodinidae Ehrenberg, 1838 <i>Macrotrachela ambigua</i> Donner, 1965 <i>Macrotrachela concinna</i> (Bryce, 1912) <i>Macrotrachela donneri</i> Iakovenko, Smykla, Convey, Kasparona, Kozeretska, Trokhymets, Dykyy, Plewka, Devetter & Janko, 2015 <i>Macrotrachela habita</i> (Bryce, 1894)	Subclass Monogononta Plate, 1889 Superorder Pseudotrocha Kutikova, 1970 Order Ploima Hudson and Gosse, 1886 Asplanchnidae Eckstein, 1883 <i>Asplanchna brightwellii</i> Gosse, 1850 <i>Asplanchna girodide</i> Guerne, 1888 <i>Asplanchna herrickii</i> De Guerne, 1888 <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850 Brachionidae Ehrenberg, 1838 <i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851 <i>Brachionus amsterdamensis</i> De Smet, 2001 <i>Brachionus angularis angularis</i> Gosse, 1851 <i>Brachionus angularis bidens</i> Plate, 1886 <i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851 <i>Brachionus asplanchnoides</i> Charin, 1947

Macrotrachela insolita De Koning, 1947

Macrotrachela ioannae Iakovenko, 2015

Brachionus bidentatus Anderson, 1889

Brachionus calyciflorus calyciflorus Pallas, 1776

Continuation ...

Brachionidae Ehrenberg, 1838

Brachionus calyciflorus Pallas, 1766

Brachionus cernuus Pallas, 1774

Brachionus diversicornis (Daday, 1883)

Brachionus havanaensis Rousselet, 1911

Brachionus ibericus Ciro-Speréz, Gómez & Serra, 2001

Brachionus leydigii Cohn, 1862

Brachionus leydigii leydigii Cohn, 1862

Brachionus manjavacas Fontaneto, Giordani, Melone & Serra, 2007

Brachionus plicatilis Müller, 1786

Brachionus quadridentatus Hermann, 1783

Brachionus quadridentatus quadridentatus Hermann, 1783

Brachionus rotundiformis Tschugunoff, 1921

Brachionus rubens Ehrenberg, 1838

Brachionus urceolaris Müller, 1773

Brachionus variabilis Hempel, 1896

Kellicottia bostoniensis (Rousselet, 1908)

Kellicottia longispina (Kellicott, 1879)

Keratella americana Carlin, 1943

Keratella cochlearis (Gosse, 1851)

Keratella cochlearis cochlearis (Gosse, 1851)

Keratella cruciformis (Thompson, 1892)

Keratella eichwaldi (Levander, 1894)

Keratella kostei Paggi, 1981

Keratella quadrata (Müller, 1786)

Keratella quadrata dispersa Carlin, 1943

Keratella quadrata platei Jägerskiöld, 1894

Keratella quadrata quadrata Müller, 1786

Keratella sancta Russell, 1944

Keratella tecta (Gosse, 1851)

Keratella testudo (Ehrenberg, 1832)

Keratella tropica (Apstein, 1907)

Keratella valga (Ehrenberg, 1834)

Notholca acuminata (Ehrenberg, 1832)

Notholca acuminata extensa Olofsson, 1918

Notholca bipalium (Müller, 1786)

Notholca caudata Carlin, 1943

Notholca foliacea (Ehrenberg, 1838)

Notholca hollowdayi Dartnall, 1995

Notholca ikaitophila Sørensen & Kristensen, 2000

Notholca japonica (Marukawa, 1928)

Notholca jugosa Gosse, 1887

Notholca labis Gosse, 1887

Notholca marina Focke, 1961

Notholca psammarina Buchholz & Ruhmann, 1956

Notholca salina dumonti De Ridder & Verheye, 1980

Notholca salina Focke, 1961

Notholca squamula (Müller, 1786)

Notholca striata (Müller, 1786)

Notholca verae Kutikova, 1958

Notholca walteri José de Paggi, 1982

Notholca walteri kostei Dartnall & Hollowday, 1985

Platyonus patulus (Müller, 1786)

Platyonus patulus var. *macracanthus* (Daday, 1905)

Platyonus quadricornis (Ehrenberg, 1832)

Dicranophoridae Haring, 1913

Albertia crystallina Schultze, 1851

Albertia ovagranulata Valovaya, 1991

Aspelta baltica Remane, 1929

Aspelta clydona Haring & Myers, 1928

Aspelta europaea Hauer, 1939

Aspelta haringi Remane, 1929

Aspelta leste Haring & Myers, 1928

Aspelta pachida (Gosse, 1887)

Aspelta reibischi (Remane, 1929)

Dicranophorus bulgaricus Althaus, 1957

Dicranophorus forcipatus (Müller, 1786)

Dicranophorus grandis (Ehrenberg, 1832)

Dicranophorus luetkeni (Bergendal, 1892)

Encentrum algente Haring, 1921

Encentrum alpinum Jersabek, 1999

Encentrum arenarium Althaus, 1957

Encentrum astridae Sørensen, 2001

Encentrum axi Tzschaschel, 1979

Encentrum barti De Smet, 2000

Encentrum bidentatum (Lie-Pettersen, 1906)

Encentrum cruentum Haring & Myers, 1928

Encentrum desmeti Jersabek, 1999

Encentrum dieteri De Smet, 1995

Encentrum enteromorphae Otto, 1936

For the Atlantic Ocean, Seisonacea and Monogononta have together a total of 106 species distributed in 19 families and 24 genera. The most representative Monogononta families are Brachionidae Ehrenberg, 1838, followed by Dicranophoridae Haring, 1913 and Synchaetidae Hudson & Gosse, 1886. The highest number of taxa have been described to Northeastern Brazil (n= 44), followed by the Northwestern (n= 41) [8] (Table 4).

Table 4. Occurrence of marine rotifers for the Northeast (NE), Northwest (NW), Southeast (SE) and Southwest (SW) of the Atlantic Ocean, according to Fontaneto et al. (2006) [8]

NE NW SE SW					NE NW SE SW				
Order Seisonacea Wesenberg-Lund, 1899					<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)				
Seisonidae Wesenberg-Lund, 1899					<i>Lecane grandis</i> (Murray, 1913)				
<i>Seison annulatus</i> Claus, 1876	x				<i>Lecane hastata</i> (Murray, 1913)				
<i>Seison nebaliae</i> Grube, 1861	x				<i>Lecane inermis</i> (Bryce, 1892)				
Subclass Monogononta Plate, 1889					<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)				
Asplanchnidae Eckstein, 1883					<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)				
<i>Asplanchna brightwellii</i> Gosse, 1850	x				<i>Lecane punctata</i> (Murray, 1913)				
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	x		x		Lepadellidae Haring, 1913				
Brachionidae Ehrenberg, 1838					<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831				
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	x	x			<i>Colurella colurus</i> (Ehrenberg, 1830)				
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	x		x		<i>Colurella dicentra</i> Gosse, 1887				
<i>Brachionus plicatilis</i> (Müller, 1786)	x	x	x		<i>Colurella salina</i> Althaus, 1957				
<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838			x		<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)				
<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773	x	x			Lindiidae Haring and Myers, 1924				
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943		x			<i>Lindia tecusa</i> Haring & Myers, 1922				
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	x				Mytilinidae Haring, 1913				
<i>Keratella cochlearis tecta</i> (Gosse, 1851)	x				<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)				
<i>Keratella cruciformis</i> (Thompson, 1892)	x				Notommatidae Hudson and Gosse, 1886				
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	x		x		<i>Cephalodella catellina</i> (Müller, 1786)				
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)	x				<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1832)				
<i>Notholca bipalium</i> (Müller, 1786)		x			Proalidae Haring and Myers, 1924				
<i>Notholca japonica kisselevi</i> Kutikova, 1970		x			<i>Proales gonothyraeae</i> Remane, 1929				
<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)	x	x			<i>Proales litoralis</i> De Smet, 1996				
Dicranophoridae Haring, 1913					<i>Proales minima</i> (Montet, 1915)				
<i>Encentrum astridae</i> Srensen, 2001		x			<i>Proales paguri</i> Thane-Fenchel, 1966				
<i>Encentrum lacidum</i> Haring & Myers, 1928		x			<i>Proales reinhardti</i> (Ehrenberg, 1834)				
<i>Encentrum marinum</i> (Dujardin, 1841)	x	x			<i>Proales similis</i> de Beauchamp, 1907				
<i>Encentrum nesites</i> Haring & Myers, 1928		x			<i>Proales theodora</i> (Gosse, 1887)				
<i>Encentrum oculatum</i> Haring & Myers, 1928		x			Synchaetidae Hudson & Gosse, 1886				
<i>Encentrum rousseleti</i> (Lie-Pettersen, 1906)	x				<i>Synchaeta atlantica</i> Zelinka, 1907				
<i>Encentrum salsum</i> Myers, 1936		x			<i>Synchaeta baltica</i> Ehrenberg, 1934				
<i>Encentrum striatum</i> Althaus, 1957		x			<i>Synchaeta bicornis</i> Smith, 1904				
<i>Encentrum tectipes</i> Remane, 1949		x			<i>Synchaeta cecilia</i> Rousselet, 1902				
<i>Erignatha sagitta</i> Haring & Myers, 1928		x			<i>Synchaeta grimpei</i> Remane, 1929				
<i>Erignatha thienemanni</i> Remane, 1929	x				<i>Synchaeta hutchingsi</i> Brownell, 1988				
<i>Aspelta haringi</i> (Remane, 1929)	x				<i>Synchaeta littoralis</i> Rousselet, 1902				
<i>Paradicranophorus hudsoni</i> (Glascott, 1893)	x				<i>Synchaeta tavina</i> Hood, 1893				
Euchlanidae Ehrenberg, 1838					<i>Synchaeta triophthalma</i> Lauterborn, 1894				
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832			x		<i>Synchaeta vorax</i> Rousselet, 1902				
Filiniidae Haring and Myers, 1926					<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896				
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	x				Testudinellidae Haring, 1913				

Flosculariidae Ehrenberg, 1838		Testudinella clypeata (Müller, 1786)	x	
<i>Ptygura melicerta</i> var. <i>agassizi</i>				
Edmondson, 1948	x	<i>Testudinella obscura</i> Althaus, 1957	x	x
Gastropodidae Harring, 1913		Trichocercidae Harring, 1913		
<i>Ascomorpha ovalis</i> (Bergendal, 1892)	x	<i>Trichocerca henseni</i> (Zelinka, 1907)	x	
Hexarthridae Bartos, 1959		<i>Trichocerca marina</i> (Daday, 1890)	x	x
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	x	<i>Trichocerca taurocephala</i> (Hauer, 1931)		x
Lecanidae Remane, 1933		Philodinidae Ehrenberg, 1838		
<i>Lecane arcuata</i> (Bryce, 1891)	x	<i>Zelinkiella synaptae</i> (Zelinka, 1888)	x	

4. DISCUSSION

Following the literature, the richness and abundance of Rotifera in marine habitats are relatively low. Patel et al. (2017) [44] investigating the diversity of zooplankton in corals from Tropical West Coast of India, observed the occurrence of three Rotifera species: *Brachionus forficula* Wierzejski, 1891, *Lecane crepida* Harring, 1914 and *Lecane luna* (Müller, 1776). By it turns, De Smet (2002) [20] focusing on rotifers in marine periphyton - *Acrosiphonia pacifica* (Mont.) J. Agardh; *Adenocystis utricularia* (Bory) Skott.; *Ballia callitricha* (C. Agardh) Kuetz.; *Ceramium* sp.; *Chaetomorpha* sp.; *Codium* sp.; *Enteromorpha* sp.; *Monostroma* sp.; *Polysiphonia* sp.; *Porphyra* sp.; *Rhodymenia* sp.; *Ulva* sp.; *Urospora penicilliformis* (Roth.) Aresch.), recorded nine taxa: one Bdelloidea and eight Monogononta. The author also described a new species: *Encentrum frenoti* De Smet, 2002.

In contrast, Fontaneto et al. (2008a) [28] studying the marine Rotifera from the Northern Adriatic Mediterranean Sea (Italian coast), in a planktonic community, and periphyton in rocks, sand bottom, gravel and algae (ranging from 0.2 to 38.0 m depth), recorded a total of 545 specimens – these distributed in 20 taxa of Monogononta, plus a new species, *Lecane insulaconae* Fontaneto, Segers & Melone, 2008 (the only exclusively marine species of the genus, which brings together about 200 species).

In all these works, only Monogononta species have been identified. This may result to the identification method – using species fixed in ethanol or formalin. In the present study, the identification was carried out *in vivo*. Carbonated water was previously tested for all samples, but it was inefficient to anesthetize the loricate rotifers.

In the literature, the use of anesthetics, such as marcaine (0.5%) [28], and carbonated water [45], has been recommended before the fixative (ethanol or formalin). However these strategy may fail for some forms. Orstan (2015) [46] proposed a new method using hot glutaraldehyde - that resulted in optimal preservation conditions, more suitable for taxonomic identification and internal anatomical studies. Previously, Leasi et al. (2013) [21] used the histochoice fixative for morphometric analysis of *Testudinella clypeata* (Müller, 1786). This fixative has been efficient majorly for histological observations [47], once it does not contain alcohol, and does not dehydrate the soft tissues (also keeping the shape of the lorica) [21].

Bdelloidea presents a rounded shape commonly called “tun”, and after fixation using ethanol or formalin, these organisms may undergo morphological changes, becoming indiscernible for taxonomic studies [48, 49].

According to the WoRMS database (2021) [43] 404 species of marine Rotifera are known, and distributed in 65 genera. However, these data have not been updated so far - for instance, the Seisonacea *Paraseison kisfaludyi* Leasi, Rouse & Sørensen, 2012 is not listed in the records.

Supported by the present results, *Habrotrocha constricta* is the only species of the genus recorded in saltwater, being considered a haloxene species [10]. *Colurella adriatica* is a euryhaline rotifer, being one of the most common of the genus in marine, and inland saline habitats [50, 28]. It has been also recorded in marine plankton and periphyton in rocks [28]. These two species are described as benthic – periphytic [8]. *Macrotrachela quadricornifera* recorded in the marine environment [43] is also commonly found as benthic – periphytic in freshwater environment, associated with mosses, *Sphagnum* and soils [51,52]. *Colurella adriatica*, *H. constricta* and *M. quadricornifera* are new occurrences to the Brazilian coast, the last two being new occurrences for the Atlantic Ocean.

The inconsistency between the number of studies and the species richness of rotifers from different marine areas may be an artifact (due to protocols and other circumstances), rather than being a characteristic of the rotifer diversity [28]. Fontaneto et al. (2008b) [49] stated that the diversity of marine rotifers has been unquestionably underestimated. And the records may reflect another distribution: the distribution of the specialists (rotifer taxonomists), instead the distribution of the organisms *per se*. This phenomenon has been designated as “Rotiferologist effect” [10, 53, 54] (Fontaneto et al., 2006; 2012; Ejsmont-Karabin, 2019). One may observe that 115 thalassic Rotifera species were described in Europa, and documented by the European Register of Marine Species [55]. Indeed, some areas may have a more representative species richness than others - 100 taxa are listed exclusively in five studies from the Black Sea, while 90 species of Mediterranean rotifers were described in 90 articles [10]. On the other hand, our basic understanding regarding the marine rotifer physiology and biology is restricted to the Monogononta, particularly to the euryoic and cosmopolitan *Brachionus plicatilis* Muller, 1786, which beyond the wide distribution over the aquatic environments also forms a species complex [56, 57, 58].

Thus, more extensive sampling efforts, including uninvestigated localities over a long-term period are likely to increase the number of species of the Rotifera inventories worldwide. Actually, in addition to the taxonomic surveys, other unapproached aspects can be addressed with these scales, as the life cycle, the reproductive biology, the physiology, the adaptative behavior, the ecological interactions and the patterns of geographical distribution as well.

5. CONCLUSION

The results here presented reveal that there is a large gap on the knowledge of the biodiversity of the marine rotifers associated with coral/benthic communities in the Brazilian coast. Indeed, the inventories worldwide are substantially restricted to the limnic environments, being scarce data on the taxonomy of the major groups: Monogononta, Bdelloidea and Seisonacea. A few specialists are currently working with these organisms, supporting the ‘Rotiferologist effect’ – a phenomenon that explain the relation between the distribution of the rotifer taxonomists and the regional number of species. Finally, this study supports the new occurrence of three marine species (*Colurella adriatica*, *Habrotrocha constricta*, and *Macrotrachela quadricornifera*) to Brazil, and two new occurrences (*Habrotrocha constricta* and *Macrotrachela quadricornifera*) to the Atlantic Ocean.

6. ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank to the LABIMAR (Laboratório de Invertebrados Marinhos) team for the colaboration during lab routine. Special thanks to the lab technician UFBA MSc. José Rogério Silva. FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) provided financial support

to M. Rocha (nº BOL0375/2018). This research was favored by the equipments and supplies of the Project 'Evaluation and Research of Coral Sol in Todos-os-Santos Bay' (PETROBRAS-LABIMAR).

6. BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

1. Ekman S. Zoogeography of the sea. London: Sidgwick & Jackson Ltd; 1953.
2. Nelson DR. Current status of the tardigrada: Evolution and ecology. *Integrative and Comparative Biology*, 2002 42: 652–659.
3. Wallace RL TW, Snell C, Ricci T, Nogrady. Rotifera: Volume 1 Biology, Ecology and Systematics (2nd ed.). In: Segers H., editor. *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*, Kenobi Productions, Ghent, and Backhuys Publishers, Leiden, 23; 2006.
4. Ziemann H, Schulz CJ. Methods for biological assessment of salt-loaded running waters – fundamentals, current positions; 2011.
5. Ortells R, Gómez A., Serra, M. Coexistence of cryptic rotifer species: ecological and genetic characterisation of *Brachionus plicatilis*. *Freshwater Biology*, 2003 48: 2194–2202.
6. Leasi F, De Smet WH. Thalassic Rotifers from the United States: Descriptions of Two New Species and Notes on the Effect of Salinity and Ecosystem on Biodiversity. *Diversity*, 2020 12 (28): 1-26.
7. Wallace RL. Rotifers: Exquisite Metazoans. *Integrative and Comparative Biology*, 2002 42: 660–667.
8. Segers H. The nomenclature of the Rotifera: annotated checklist of valid family and genus-group names. *Journal of Natural History*, 2002a 36: 631–640.
9. Segers H. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, 2007 1564: 1–104.
10. Fontaneto D, De Smet WH, Ricci C. Rotifers in saltwater environments, re-evaluation of an inconspicuous taxon. *Journal Marine Biology*, 2006 86: 623–656.
11. Segers H, De Smet WH. Diversity and endemism in Rotifera: a review, and *Keratella* Bory de St Vincent. *Biodiversity and Conservation*, 2008 17, 303–316.
12. Bonecker CC, Lansac-Tôha FA, Joko C. Rotifera. In: Fransozo A, Negreiros-Fransozo, L, editor. *Zoologia dos Invertebrados*. 1ed. Rio de Janeiro: Roca; 2016. p. 195–207.
13. Segers, H. Rotifera: Monogononta. *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region*, 2004 105-120
14. Remane, A. Rotatoria. In: Grimpe G, editor. *Die Tierwelt der Nordund Ostsee*, Akademische Verlagsgesellschaft; 1929.p. 1–156.
15. Myers FJ. Three new brackish water and one new marine species of Rotatoria. *Transactions of the American Microscopical Society*, 1936 55: 428–432.
16. Bêrzipš B. Contributions to the knowledge of the marine Rotatoria of Norway. *Universiteteti Bergen, Arbok* 1951, *Naturvitens kapeligrekke*, Nr 6. Publications from the Biological Station, 1952 3: 1–11.
17. Rudescu L. Rotiferii din Marea Neagra. *Hidrobiologia Lucrarile Comisiei de Hidrologie, Hidrobiologie si Ihtiologie*, 1961 3: 280–329.
18. De Smet WH. A review of the marine and brackish-water species of *Testudinella* (Rotifera: Monogononta, Testudinellidae), with the description of two new species. *Zootaxa*, 2009 2092: 1–20.
19. Ricci C. A reconsideration of the taxonomic status of *Macrotrachela quadricornifera* (Rotifera, Bdelloidea). *Journal of Zoology*, 2001 255: 273–277.

20. De Smet WH. Marine Rotifera from the Crozet and Kerguelen Islands (Subantarctica), with the description of a new *Encentrum* (Monogononta: Dicranophoridae). *International Review of Hydrobiology*, 2002 87: 411–422.
21. Leasi F, Tang CQ, De Smet WH, Fontaneto, D. Cryptic diversity with wide salinity tolerance in the putative euryhaline *Testudinella clypeata* (Rotifera, Monogononta). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2013 168 (1), 17–28.
22. Sørensen MV. Marine Rotifera from a sandy beach at Disko Island, West Greenland, with the description of *Encentrum porsildi* n. sp. and *Notholca angakkoq* n. sp. *Hydrobiologia*, 1998 386:153–165.
23. Pinto TKO, Santos PJP. Meiofauna Community Structure Variability in a Brazilian Tropical Sandy Beach. *Atlântica*, 2006 28 (2), 117–127.
24. Baia E., Venekey V. Distribution patterns of meiofauna on a tropical macrotidal sandy beach, with special focus on nematodes (Caixa d'Água, Amazon Coast, Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, 2019 67, 1-18.
25. Ricci C., Melone G., Sotgia C. Old and new data on Seisonidea (Rotifera). *Hydrobiologia*, 1993 255 (256): 495–511.
26. Sørensen MV, Segers H, Funch P. On a new Seison Grube, 1861 from coastal waters of Kenya, with a reappraisal of the classification of the Seisonida (Rotifera). *Zoological Studies*, 2005 44: 34–43.
27. Leasi F, Rouse GW, Sørensen MV. A new species of *Paraseison* (Rotifera: Seisonacea) from the coast of California, USA. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2012 92: 959–965.
28. Fontaneto D, Segers H, Melone G. Marine rotifers from the Northern Adriatic Sea, with description of *Lecane insulaconae* n. sp. (Rotifera: Monogononta: Lecanidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2008a 88(2), 253–258.
29. Johansson S. Annual dynamics and production of rotifers in an eutrophication gradient in the Baltic Sea. *Hydrobiologia*, 1993 104: 335–340.
30. Egloff DA. Food and growth relations of the marine zooplankter, *Synchaeta cecilia* (Rotifera). *Hydrobiologia*, 1988 157, 129–141.
31. Bryant D, Burke L, Mcmanus J, Spalding M. Reef at Risk: A Map-Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs. World Resources Institute; 2000.
32. Burke L, Kura Y, Kassem K, Revenga C, Spalding M, Mcallister D. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems. 1st Ed. World Resources Institute; 2001.
33. Harrison PL, Booth DJ. *Coral reefs: naturally dynamic and increasingly disturbed ecosystems*. Chapter 13: 316–377. In: Connell SD, Gillanders BM, editor. *Marine Ecology*, Oxford University Press, Melbourne; 2007. p. 630.
34. Rocha J, Milliman JD, Santana CI, Vicalvi MA. In: Milliman JD, Summerhayes C, editor. *Upper continental margin sedimentation off Brazil*. *Contributions to Sedimentology*; 1995. p. 111–150.
35. Prates APL. Atlas dos recifes de coral nas Unidades de Conservação brasileiras. 2 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2006.
36. Lidz BH, Reich CD, Shinn EA. Systematic mapping of bedrock and habitats along the Florida Keys reef tract: Central Key Largo to Halfmoon Shoal (Gulf of Mexico). *USGS Professional Paper*, 2005 1714.
37. Amaral ACZ, Ablonski S. Conservation of Marine and Coastal Biodiversity in Brazil. *Conservation Biology*, 2005 19 (3): 625–631.

38. Lessa GC, Dominguez JML, Bittencourt ACSP, Brichta A. The Tides and Tidal circulation of Todosos Santos Bay, Northeast Brazil: A General Characterization. *Anais da Academia Brasileira Ciências*, 2001 73: 245–261.
39. Cruz ICS, Kikuchi RKP, Leão ZMAN. Caracterização dos recifes de corais da área de preservação ambiental da Baía de Todos os Santos para fins de manejo, Bahia, Brasil. *Revista Gestão Costeira Integrada*, 2009 9 (3): 3–23.
40. Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM, Grygierek E, Herzig A, Hillbricht-Ilkowska A, Kurasawa H, Larsson P, Weglenska T. 1976. A view of some problems in zooplankton production studies, Norwegian. *Journal of Zoology*, 1976 24, 419–456.
41. Koste W. Rotatoria. Die Ra«dertiere Mitteleuropas. Vol. 1 & 2. Stuttgart, Berlin: Gebruder Borntraeger; 1978.
42. Koste W, Shiel RJ. Rotifera from Australian inland waters. I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 1986 37, 765–792.
43. WoRMS: World Register of Marine species [Internet]. [cited 2021 Jun 20]. Available from: <https://www.marinespecies.org/index.php>.
44. Patel R, Salvi H, Bhagat R, Kamboj RD. Zooplankton Diversity at important Coral and Mangrove areas of Gulf of Kachchh, Gujarat, India. *Bulletin of Environmental and Scientific Research*, 2017 6 (3-4): 1-7.
45. De-Carli BP, De Albulquerque FP, Bayanov NG, Moschini-Carlos V, Pompeo MLM. Dispersão e primeiro registro da espécie invasora *Kellicottia bostoniensis* (Rotifera: Brachionidae) em dois reservatórios brasileiros. *Oecologia australis*, 2017 21: 455–460.
46. Orstan A. A method for the preservation of bdelloid rotifers for taxonomical and anatomical studies. *Quekett Journal of Microscopy*, 2015 42, 355–359.
47. Kacena MA, Troiano N, Coady CE, Horowitz MC. HistoChoice as an alternative to formalin fixation of undecalcified bone specimens. *Biotechnic & Histochemistry*, 2004 79: 185–190.
48. Ricci C, Melone G. *Macrotrachela quadricornifera* (Rotifera Bdelloidea): a SEM study on active and cryptobiotic animals. *Zoologica Scripta*, 1984 13: 195–200.
49. Lukashanets DA. Fauna and taxonomy of the subclass Bdelloidea Hudson (Class Eurotatoria De Ridder; phylum Rotifera Cuvier) in Belarus, the Eastern Europe region. *Zoology and Ecology*, 2018 28 (1): 36–45.
50. Fontaneto D., Segers H., Melone G. Identification key to the genera of marine rotifers worldwide. *Meiofauna Marina*, 2008b 16: 75–99.
51. Berzins, B. Rotatoria In *Limnofauna Europea*: 54-91. Illies, J. (Ed.) 2nd edn. Stuttgart: Fisher; 1978.
52. Ricci C. Ecology of bdelloids: how to be successful. *Hydrobiologia*, 1978 147, 117–127.
53. Fontaneto D, Barbosa AM, Segers H, Pautasso M. The ‘rotiferologist’ effect and other global correlates of species richness in monogonont rotifers. *Ecography*, 2012 35, 174–182.
54. Ejsmont-Karabin J. Does the world need faunists? Based on rotifer (Rotifera) occurrence reflections on the role of faunistic research in ecology. *Hydrobiologia*, 2019 104, 49–56.
55. MarBEF DATA SYSTEM. The European register of Marine Species [Internet]. [cited 2021 Mai 15]. Available: <http://www.marbef.org/data/index.php>
56. Snell TW, Persoone G. Acute toxicity bioassays using rotifers. I. A test for brackish and marine environments with *Brachionus plicatilis*. *Aquatic Toxicology*, 1989 14 (1), 65–80.
57. Gallardo WG, Hagiwara A, Tomita Y, Soyano K., Snell TW. Effect of some vertebrate and invertebrate hormones on the population growth, mictic female production, and body size of the marine rotifer *Brachionus plicatilis* Müller. *Hydrobiologia*, 1997 358: 113–120.

58. Han J, Lee J-S, Park JC, Hagiwara A, Lee K-W, Lee J-S. Effects of temperature changes on life parameters, oxidative stress, and antioxidant defense system in the monogonont marine rotifer *Brachionus plicatilis*. Marine Pollution Bulletin, 2020 155.

8. Conclusões Gerais

1. Observou-se que Rotifera é um grupo abundante e taxonomicamente diverso nas lagoas em ambiente de restinga, devendo-se ampliar as pesquisas em outros ecossistemas costeiros.
2. Os resultados apresentados nos capítulos II a V mostram que o conhecimento desses organismos na área de estudo ainda é incipiente, como também indica a necessidade de estudos adicionais, incluindo a avaliação de outros parâmetros ambientais (abióticos e bióticos), para um entendimento mais robusto sobre a diversidade e distribuição desses organismos.
3. O primeiro capítulo apresenta uma revisão de diversos aspectos importantes da taxonomia, sistemática e ecologia de Rotifera, expondo também os mecanismos chaves para o sucesso evolutivo do grupo, com ênfase à biodiversidade desses organismos em ecossistemas límnicos. Adicionalmente, avanços e lacunas nos estudos de Rotifera são destacados, indicando os caminhos para futuras pesquisas.
4. O segundo capítulo mostra que a riqueza obtida de táxons foi superior aos estudos similares em outras regiões tropicais, deste modo, contribuído para os primeiros registros de Rotifera em lagoas costeiras da Bahia, e 49 novos registros em ecossistemas límnicos para o estado.
5. Foi registrado a terceira ocorrência da espécie *Lecane boettigeri* em território brasileiro, e a potencialidade da descrição de uma nova espécie. Foi verificada que a diversidade (H') de Rotifera possui heterogeneidade espacial e sazonal, o mesmo não acontecendo com a riqueza, abundância e biomassa.
6. Variáveis abióticas tiveram influência local sobre a estrutura das assembleias de Rotifera. A concentração de nutrientes, particularmente nitrato e nitrito (nitrogênio inorgânico dissolvido) e fosfato (fósforo inorgânico dissolvido), aparentemente foi determinante para os resultados obtidos. Ou seja, quanto maior a quantidade de nutrientes, maiores, provavelmente, serão as abundâncias de rotíferos.

7. Os rotíferos são organismos filtradores que atuam ecologicamente na manutenção da qualidade da água. Neste estudo, foi observado uma especificidade na atuação de alguns táxons em águas eutrofizadas, *e. g.*, *Filinia opoliensis*.
8. No terceiro capítulo é apresentada descrição morfológica de uma nova espécie de *Lecane*. Última espécie do gênero foi descrita em 1995 – sendo este um longo intervalo sem incremento à biodiversidade do grupo no Brasil. Com a atual descrição, reforça-se a importância dos estudos taxonômicos.
9. No quarto capítulo, dados inéditos desenvolvidos com fauna hipolêntica sustentam uma estratificação nas abundâncias e riqueza dos rotíferos em lagoa do Sistema Abaeté. Sendo a profundidade de 30 cm mais favorável à distribuição vertical desses organismos dentro do sedimento.
10. Foi observado também que as variáveis pH, temperatura, condutividade elétrica, amônia, nitrogênio inorgânico dissolvido e clorofila – *a* influenciaram a estrutura dos rotíferos intersticiais da zona hipolêntica. Os resultados reforçam a necessidade de pesquisas adicionais com o acréscimo da avaliação de outras variáveis (*e.g.* sazonalidade, granulometria do sedimento, disponibilidade de oxigênio).
11. As interações e influência de outros grupos taxonômicos podem revelar ação de componentes bióticos sobre a diversidade e ecologia das assembleias de Rotifera na área de estudo.
12. É sugerida a elaboração de ações de mitigação e conservação de todo setor do Sistema Abaeté (extenso processo de urbanização no entorno das lagoas pode refletir em impacto negativo sobre a composição faunística nesse ambiente).
13. No quinto capítulo foi constatada que a biodiversidade dos rotíferos marinhos em comunidades coralíneas é relativamente baixa quando comparada aos estudos em ambiente límnico. Entretanto, os dados representam o primeiro relato de rotíferos brasileiros associados a comunidades coralíneas na costa nordeste, incluindo três novas ocorrências de rotíferos para o Brasil e duas novas ocorrências de

Bdelloidea para o Oceano Atlântico. De fato, mais estudos taxonômicos são necessários para consolidação do inventário de Rotifera no Atlântico.

14. O estudo forneceu um novo panorama da biodiversidade de Rotifera em ecossistemas costeiros, tanto para sistema lagunar quanto em comunidades coralíneas. Observa-se uma subestimativa da diversidade e lacunas no conhecimento geral do grupo – particularmente, não há dados sobre interações ecológicas envolvendo rotíferos e efeitos na manutenção da estrutura e processos sistêmicos.
15. Por fim, é sugerida uma ampla revisão dos protocolos de identificação de Bdelloidea, evitando-se assim possíveis artefatos de métodos.

9. Anexos

Normas de formatação para submissão de manuscritos aos periódicos estão disponíveis em:

Capítulo I: Pan-American Journal of Aquatic Sciences

<https://panamjas.org/instructions.htm>

Capítulo II: Aquatic Sciences

<https://www.springer.com/journal/27/submission-guidelines>

Capítulo III: Zootaxa

<https://www.mapress.com/zt/about/submissions>

Capítulo IV: Aquatic Sciences

<https://www.springer.com/journal/27/submission-guidelines>

Capítulo V: Scientia Plena

<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/about/submissions>