

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 31/08/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - IBB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)

Efeitos do grau trófico e distância espacial entre sub-bacias alteram a distribuição de rotíferos em um grande rio?

Bárbara Araújo Martins

Botucatu

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - IBB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)

Efeitos do grau trófico e distância espacial entre sub-bacias alteram a distribuição de rotíferos em um grande rio?

Bárbara Araújo Martins

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) como pré-requisito para a obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Gilmar Perbiche Neves

Co-orientador: Prof. Marcos Gomes Nogueira

Botucatu

2021

M386e

Martins, Bárbara Araújo

Efeitos do grau trófico e distância espacial entre sub-bacias alteram a distribuição de rotíferos em um grande rio? / Bárbara Araújo Martins. -- Botucatu, 2021

109 p. : il., tabs., fotos, mapas Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Botucatu

Orientador: Gilmar Perbiche Neves

Coorientador: Marcos Gomes Nogueira

1. Ecologia. 2. Indicadores biológicos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Apresentação

Esta tese de doutorado analisou os rotíferos coletados na Bacia do rio da Prata, América do Sul, em trechos lóticos e reservatórios. Estão contidos em três capítulos: inventário de espécies, novas ocorrências no Brasil e na Argentina, utilização de espécies como bioindicadoras e atributos ecológicos e determinantes da diversidade beta. A tese está apresentada em artigos científicos visando facilitar a publicação, já na língua inglesa e formatados de acordo com as normas das revistas *Biota Neotropica* (capítulo 1), *Hydrobiologia* (capítulo 2) e *Science of the Total Environment* (capítulo 3).

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

As coletas do presente trabalho foram realizadas com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

Ao meu orientador Dr. Gilmar Perbiche Neves, que se manteve sempre presente e atencioso, com a sensibilidade de entender as minhas limitações pessoais e sempre disposto a ensinar. Obrigada por toda a paciência.

Ao meu co-orientador Dr. Marcos Gomes Nogueira, por dar todo suporte de laboratório, equipamentos e amostras, além de todo conhecimento compartilhado na escrita da Tese.

À UNESP por toda infraestrutura disponibilizada.

A todos os colegas de laboratório e departamento de Botucatu.

A todos os colegas do NUPELIA, UEM, em especial do laboratório de Zooplâncton, que auxiliaram desde a identificação das espécies até as análises estatísticas finais e foram fundamentais para a realização desta pesquisa e para meu crescimento profissional, sempre os levarei com muito carinho, respeito e admiração. Especialmente a Profa. Claudinha, Prof. Fábio, Louzi, Tati, Leidi, João Vitor, Fernando, Diogo, Jonathan e Dani.

À minha família por confiar em mim e me apoiar nesse árduo caminho da vida acadêmica.

À Isabelle por aguentar todos os momentos de estresse e nervosismo, sempre ajudando a tornar o dia a dia mais leve e sendo fonte de incentivo sempre, tanto pessoal como profissional, além de ser a pessoa responsável pela abertura de novos caminhos profissionais em minha vida.

À minha família de santo, Adérito, Francine, Marley, Mara e Lucas, por serem sempre abrigo quando necessário.

À minha psicóloga, que me ajudou a me manter sã em meio a tantas dificuldades, incluindo uma pandemia, e me ajudou a não desistir nas inúmeras vezes em que isso se tornou uma possibilidade.

A mim mesma, por insistir, persistir e não desistir. O caminho não é fácil e sem o autoconhecimento não é possível chegar longe, preciso reconhecer minha força de ter chegado até aqui.

À Olorum e toda espiritualidade, sem essa força eu nada seria!

A todos, meu muito obrigada!

“Eu não estou aceitando as coisas que eu não posso mudar, estou mudando as coisas que eu não posso aceitar”

Angela Davis

Sumário

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
CAPÍTULO 1	14
COMPOSITION AND RICHNESS OF MONOGONONT ROTIFERS FROM LA PLATA RIVER BASIN, SOUTH AMERICA	14
ABSTRACT	14
RESUMO.....	16
INTRODUCTION	17
MATERIAL AND METHODS	19
1. Study area.....	19
2. Sampling.....	19
RESULTS	22
DISCUSSION	27
ACKNOWLEDGMENTS	31
REFERENCES	31
CAPÍTULO 2.....	39
ROTIFERS COMMUNITY STRUCTURE CONTROLLED BY NITROGEN, PHOSPHORUS AND CHLOROPHYLL-A IN RESERVOIRS FROM A LARGE RIVER BASIN	39
ABSTRACT	39
RESUMO.....	40
INTRODUCTION	41
MATERIAL AND METHODS.....	44
1. Study area.....	44
2. Sampling.....	45
3. Data analysis	49
RESULTS	49
DISCUSSION	55
ACKNOWLEDGEMENTS.....	59
REFERENCES	59
CAPÍTULO 3.....	68
DRIVERS OF BETA DIVERSITY OF ROTIFERS FROM LA PLATA RIVER BASIN (SOUTH AMERICA).....	68
ABSTRACT	68
RESUMO.....	69
INTRODUCTION	70

MATERIAL AND METHODS	73
1. Study area	73
2. Sampling.....	74
3. Predictor variables.....	75
4. Data analysis	75
RESULTS	76
1. Environmental Heterogeneity	76
2. Beta diversity.....	78
3. Contribution of environmental, spatial, and temporal variables for Rotifera dissimilarity.....	79
DISCUSSION	85
ACKNOWLEDGEMENTS.....	88
REFERENCES	89
MATERIAL SUPPLEMENTAR	98

Resumo

Foram estudados os rotíferos coletados na Bacia do Rio da Prata, a segunda maior da América do Sul, em janeiro (verão) e julho (inverno) de 2010, em 43 pontos, em trechos lóticos e reservatórios (zona de montante e próximo às barragens). As amostras foram realizadas por meio de arrasto vertical na coluna d'água com rede planctônica de malha de 50 µm. Os resultados foram divididos em três capítulos: 1. Composição e riqueza de rotíferos da Bacia do rio da Prata, 2. Influência do gradiente de nitrogênio, fósforo e clorofila-a na estrutura da comunidade de rotíferos em reservatórios da bacia do rio da Prata e 3. Determinantes da diversidade beta em rotíferos da Bacia do Rio da Prata. No capítulo 1 é apresentada a lista de espécies e a riqueza nas sub-bacias amostradas, assim como a diferença na riqueza entre os períodos amostrados. Neste capítulo foram registradas 106 espécies, e novas ocorrências foram encontradas no Brasil (Estado de São Paulo) e na Argentina. A sub bacia com maior riqueza foi do Baixo rio Paraná. No capítulo 2 foram utilizados apenas os pontos em 15 reservatórios da Bacia do Rio da Prata. Foi utilizada a análise TITAN com o objetivo de: i) avaliar qual é o limiar de concentração de variáveis relacionadas à eutrofização que alteram a estrutura da comunidade para rotíferos, ii) compreender quais espécies de Rotifera estão relacionadas positiva ou negativamente ao aumento dessas variáveis tendo sido encontradas 71 espécies e dessas 06 foram consideradas bioindicadoras, reforçando que rotíferos respondem às variáveis ambientais relacionadas diretamente com o nível trófico de ambientes aquáticos, especialmente em reservatórios. E no capítulo 3 a heterogeneidade, a diversidade beta e a influência de variáveis ambientais de rotíferos foi estudada em rios e reservatórios. Foram utilizadas as análises db-RDA, PERMANOVA, o coeficiente de dissimilaridade de Sorensen, ANOVA e a diversidade beta foi separada nos componentes substituição e diferenças na riqueza/abundância. Testamos as hipóteses: (i) os principais determinantes da diversidade beta dos rotíferos são variáveis ambientais relacionadas à eutrofização; (ii) devido à sua ampla distribuição geográfica em geral, o fator espacial não será importante; (iii) devido a heterogeneidade ambiental entre as sub-bacias, a substituição de espécies será mais importante do que a perda/ganho de espécies. Os resultados indicaram que a substituição de espécies explicou a maior porcentagem da dissimilaridade entre as sub-bacias, sendo as variáveis ambientais o principal fator determinante.

Palavras-chave: Bioindicador, Ecologia, Diversidade beta, Rotifera.

Abstract

Were studied the rotifers collected from La Plata River Basin, the second largest of South America, in January (Summer) and July (Winter) of 2010, in 43 sites, in lotic and reservoirs (upstream and dam stretches). Sampling were performed through vertical hauls of plankton net of 50 μm . The results were divided in three chapters: 1. Composition and richness of rotifers from La Plata River Basin; 2. Rotifers community structure controlled by nitrogen, phosphorus and chlorophyll-a in reservoirs from La Plata River Basin, and 3. Drivers of beta diversity of rotifers from La Plata River Basin. In the chapter 1 is presented the list of species and the richness in the sub basins sampled, as the difference in the richness among the periods sampled. In this chapter were registered 106 species, and new occurrences were found in Brazil (São Paulo State) and Argentina. The sub basin with the greatest richness was Lower Paraná Rivers. In the chapter 2 were used only the points of the 15 reservoirs of La Plata River Basin. The TITAN analysis were used with the objective: i) i) evaluate what is the concentration threshold of variables related to eutrophication that change the community structure of rotifers, ii) understand which Rotifera species are positively or negatively related to the increase in these variables. 71 species were found, and of these 06 were considered bioindicators, reinforcing that rotifers respond to environmental variables directly related to the trophic level of aquatic environments, especially in reservoirs. And in chapter 3 the heterogeneity, beta diversity and the influence of environmental variables of rotifers was studied in rivers and reservoirs. Were used the analysis db-RDA, PERMANOVA, Sorensen dissimilarity coefficient and ANOVA, and the beta diversity were divided in the components replacement and richness/abundance differences. We tested the hypothesis: i) the main determinants of the beta diversity of rotifers are environmental variables related to eutrophication; ii) due to its wide geographic distribution in general, the spatial factor will not be important; iii) due to environmental heterogeneity among sub-basins, species replacement will be more important than species loss/gain. The results indicated that species replacement explained the highest percentage of dissimilarity among the sub-basins, with environmental variables being the main determining factor.

Keywords: Bioindicator, Ecology, Beta diversity, Rotifera

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em 2010, no verão e inverno, foi realizada uma coleta extensa na Bacia do Rio da Prata, a segunda maior da América do Sul. As amostras oriundas dessa coleta já geraram quatro teses de doutorado e uma dissertação de mestrado, acerca dos grupos de microcrustáceos (copépodes e cladóceros) e larvas de moluscos.

O projeto foi idealizado pela necessidade de resolver vários problemas taxonômicos e ecológicos, principalmente preenchendo as lacunas nos padrões de distribuição de espécies e entendendo assim, as fronteiras geográficas das espécies planctônicas.

A Bacia do Rio da Prata foi amplamente estudada, porém de modo geral os estudos são pontuais, focando em locais específicos, diferente da proposta do presente estudo, onde foram amostrados 43 pontos ao longo da bacia no Brasil, Argentina, Paraguai, Uruguai e Bolívia. Por ser uma área de coleta muito extensa e a mesma ter sido realizada pelo mesmo grupo de pesquisadores (foram percorridos 28.000 km e gastos 90 dias consecutivos na coleta), foi possível a realização de apenas duas campanhas em cada ponto, contudo geraram resultados importantes acerca da distribuição do zooplâncton.

Dentro do zooplâncton os rotíferos também foram amplamente estudados, e foi através de uma ampla base na literatura (e.g. JOSÉ DE PAGGI, 1978, 1990, 1996, MODENUTTI, 1998, AOYAGUI & BONECKER, 2004, LUCINDA et al 2004, BONECKER et al 2005, MATSUMURA-TUNDISI & TUNDISI, 2005, FRUTOS et al 2006, ROCHA et al 2006, LANSAC-TÔHA et al 2009, SOUZA-SOARES et al 2011, GARRAFFONI & LOURENÇO 2012, FERRANDO & CLAPS, 2016, PERBICHE-NEVES et al 2016, BRANCO et al 2018, ARROYO-CASTRO et al 2019, BAZZURI et

al 2020, BRITO et al 2020) foi possível a discussão dos resultados encontrados. Todas essas referências e mais outras estão citadas no decorrer da tese.

Nesta tese foram analisados os organismos do filo Rotifera, especificamente da classe Monogononta, coletados em trechos lóticos e em reservatórios. No planejamento amostral não foram incluídos lagos ou lagoas marginais nos rios estudados. Para os reservatórios foram analisadas as regiões de montante e próximas às barragens, pois formam características distintas dos ambientes, podendo alterar a composição e abundância de rotíferos e dos demais organismos zooplanctônicos. Nos trechos lóticos foram analisados os trechos alto, médio e baixo, porém, para os trechos altos dos rios Paraná e Uruguai, somente os reservatórios foram amostrados. No rio Paraguai, em cujo canal central não há reservatórios, somente trechos lóticos foram amostrados.

Após as coletas, as amostras de zooplâncton foram triadas e identificadas em laboratório, com a utilização de microscópio ótico e literatura especializada. Detalhes da metodologia estão descritos nos capítulos.

A escolha de apresentar esta tese dividida em capítulos com artigos se dá pela praticidade e facilidade para a posterior publicação dos mesmos. Dessa forma, foi dividida em três capítulos, apresentados a seguir.

No capítulo 1 foi apresentada a composição das espécies em todos os pontos amostrados, gerando um inventário de espécies de rotíferos da Bacia do Rio da Prata. Além disso, foram utilizados dados de riqueza de espécies em cada sub-bacia e período amostrado. Uma análise de correlação de Spearman foi realizada, de modo a entender, de forma breve, a relação da riqueza com algumas variáveis ambientais. Por se tratar de um inventário, neste capítulo não foram utilizados os dados de abundância e nem análises ecológicas mais complexas. Os inventários nos dão um panorama da região amostrada, e

com uma escala espacial tão ampla, esperava-se encontrar novas ocorrências, pois inclusive, algumas regiões não possuem estudos sobre a distribuição desses organismos.

No capítulo 2 foi apresentada a utilização de espécies de rotíferos como indicadores da qualidade da água de reservatórios através da análise TITAN. Essa análise determina limiar de variáveis que alteram a estrutura da comunidade. Como o foco foi a utilização de espécies como bioindicadoras, foram selecionados os nutrientes (nitrogênio e fósforo) e clorofila-a como as variáveis a serem analisadas. A previsão de limiares traz benefícios aos serviços ecossistêmicos e a identificação de potenciais limiares é um aspecto importante para o manejo de sistemas ecológicos.

No capítulo 3 foi avaliado os determinantes da diversidade beta desses rotíferos. Variáveis preditoras foram preparadas para a análise de redundância baseada na distância (db-RDA), selecionando quais variáveis seriam testadas. A heterogeneidade ambiental foi calculada por uma PERMANOVA, para verificar se a composição e distribuição das espécies entre as sub-bacias foram diferentes. Através do particionamento da diversidade beta total (dissimilaridade entre os locais) nos componentes β -Repl (*replacement*, substituição de espécies/traços entre as comunidades), e β -Rich/AbDiff (*richness/abundance difference*, diferença de riqueza/abundância que pode ser por perda ou ganho de espécies) (Podani & Schmera, 2011; Carvalho, Cardoso & Gomes, 2012) é possível diferenciar quais processos ecológicos, gradientes biogeográficos ou históricos estão atuando para estruturar as comunidades. Levando isso em consideração testamos entre as variáveis ambientais, espacial e temporal qual explicava mais a dissimilaridade entre as sub-bacias, entendendo como a heterogeneidade ambiental pode estar relacionada com a diversidade Beta.