



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS GRADUAÇÃO  
NÚCLEO DE REFERÊNCIA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS DO TRÓPICO  
ECOTONAL DO NORDESTE  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (MDMA)**

**NATANAEL JOSÉ DA SILVA**

**PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS PLANCTÔNICAS  
(Cladocera, Copepoda, Rotifera e Oomycota) E PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA  
POLUIÇÃO EM DOIS RIOS URBANOS**

**TERESINA-PI  
2019**

**NATANAEL JOSÉ DA SILVA**

**PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS PLANCTÔNICAS  
(Cladocera, Copepoda, Rotifera e Oomycota) E PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA  
POLUIÇÃO EM DOIS RIOS URBANOS**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Utilização Sustentável dos Recursos Naturais.

**Orientador:** Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha

**Coorientador:** Prof. Dr. Paulo César Lima Sales

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Serviço de Processamento Técnico

S586p Silva, Natanael José da.  
Padrões de diversidade beta em assembleias planctônicas  
(Cladocera, Copepoda, Rotifera e Oomycota) e percepção  
ambiental da poluição em dois rios urbanos / Natanael José da  
Silva. – 2019.  
111 f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, 2019.  
“Orientação: Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha”.  
“Coorientador: Prof. Dr. Paulo César Lima Sales”.

1. Eutrofização. 2. Conservação. 3. Substituição de espécies.  
4. Rio Parnaíba. 5. Rio Poti I. Título.

CDD 581.76

NATANAEL JOSÉ DA SILVA

**PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS PLANCTÔNICAS  
(Cladocera, Copepoda, Rotifera e Oomycota) E PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA  
POLUIÇÃO EM DOIS RIOS URBANOS**

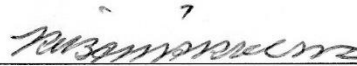
Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Utilização Sustentável dos Recursos Naturais.

**Orientador:** Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha

**Coorientador:** Prof. Dr. Paulo César Lima Sales

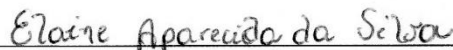
Aprovada em: 27 / 02 / 2019

**BANCA EXAMINADORA**



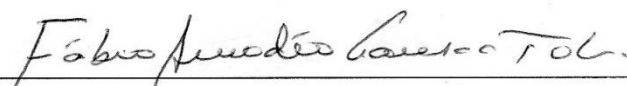
---

Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha  
Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI)  
(Orientador)



---

Profª Drª Elaine Aparecida da Silva  
Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI)  
(Membro Interno)



---

Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha  
Universidade Estadual de Maringá (UEM/PR)  
(Membro Externo)

Dedico este trabalho aos meus pais e às minhas irmãs pelo apoio, incentivo e compreensão em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por esta oportunidade.

À Virgem Maria, pelos cuidados dedicados a mim e pelas graças alcançadas pela sua intercessão durante esta caminhada. Obrigado, Mãe, por guardar-me como coisa e propriedade vossas!

À CAPES, pela concessão de bolsa ao autor.

À UFPI pela disponibilidade dos recursos necessários à realização desta pesquisa.

Ao meu Orientador, Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha, pelo apoio, incentivo, pelas conversas, pelo auxílio na taxonomia dos Oomicetos, e pela dedicação e paciência em orientar-me durante estes dois anos.

Ao meu coorientador, Dr. Paulo César Lima Sales, pelo auxílio nas coletas, análises de água, análises estatísticas e incentivo acadêmico.

Aos professores do PRODEMA/UFPI, pelos ensinamentos e incentivo.

Ao professor Fábio Amodêo Lansac Toha (UEM/PR) pelo auxílio na taxonomia do Zooplâncton e pela disponibilidade em participar desta banca de mestrado.

Aos professores Leonardo Leoncio Ribeiro (UESPI), Lourdes Maria Abdu El-moor Loureiro (UCB/DF) e Gilmar Perbiche-Neves (UFSCar) que também prestaram grande auxílio na taxonomia do zooplâncton.

À minha família: meus pais (Justiniano e Joana) e minhas irmãs (Joselane, Jucilene, Heldia e Jorgiane) pelo apoio e cuidados dedicados a mim nestes dois anos.

À minha namorada, Maria Lucianny Lima, pelo carinho, apoio, conselhos e partilhas.

A Hosana Tenório e Andréia Carvalho, com as quais dividi apartamento, pelas alegrias, partilhas e apoio durante esta caminhada.

Aos colegas de turma, pelas partilhas e pelos bons momentos e apoio nas dificuldades.

Aos amigos Karen Rodrigues, Eduardo Sousa, Douglas Henrique, Givanilso Leal e Nádia Narcisa pela revisão do texto.

Ao Corpo de Bombeiros de Teresina e ao Seu Jaime pelo auxílio nas coletas e ao Esdras Rafael, pelo auxílio nas coletas e análises de água.

A todos os demais, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

## RESUMO

A eutrofização é um fenômeno associado ao enriquecimento de nutrientes em ambientes aquáticos, decorrente, em grande parte, da ação antrópica. Esse processo causa vários efeitos sobre a biodiversidade aquática, estendendo-se até as populações humanas. Considerando-se este fenômeno como uma interface entre o Homem e o meio ambiente, esta pesquisa objetivou: descrever os padrões de diversidade beta para assembleias de cladóceros, copépodes, rotíferos e oomicetos nos rios Parnaíba e Poti; testar as diferenças entre esses padrões; testar as relações da diversidade beta com as variáveis ambientais e o potencial bioindicador das espécies e verificar a percepção ambiental da poluição nos rios Parnaíba e Poti noticiada na mídia eletrônica. Para o estudo da diversidade beta foi empregada a abordagem SDR-Simplex, utilizando-se os índices de dissimilaridade de Jaccard e Sørensen (presença/ausência) para oomicetos e Ruzika (abundância) para o zooplâncton. Em relação às assembleias de oomicetos, a diversidade beta espacial e temporal apresentou altas taxas, obtendo maior contribuição da substituição de espécies. Apenas o padrão de diferença de riqueza diferiu entre os rios. A dbRDA mostrou relação significativa entre os componentes da diversidade beta e as variáveis ambientais. Para as assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos, houve alta diversidade beta, dominada pela diferença de abundância. Os padrões de substituição e diferença de abundância diferiram entre os rios e foi observada correlação significativa das variáveis ambientais com a diversidade beta e a diferença de abundância. O IndVal identificou 23 espécies como indicadoras, destacando-se as espécies *Brachionus caudatus*, *Filinia terminalis* e *B. angularis*. Para o estudo da percepção ambiental foi utilizada a técnica Análise de Conteúdo. Foram considerados quatro segmentos sociais: jornalistas, autoridades, especialistas e populares. Das notícias, 73% se referiram ao rio Poti, onde a eutrofização é acentuada. O segmento jornalístico teve maior participação (90%); o de populares, a menor (23%). A análise gerou três categorias – “percepção sobre a eutrofização”, “impactos da eutrofização” e “saneamento”. As palavras-chave mais frequentes foram “aguapé” (31,8%), “poluição” (17%) e “esgoto” (14,3%). Dos impactos, a proliferação de aguapés e o surgimento de doenças se destacaram. Das soluções, foi destacada a ampliação da rede de esgotos, em todos os segmentos considerados. A pesquisa revela que as condições ambientais em que se encontram os rios influenciam a distribuição e diversidade beta dos grupos de organismos estudados. As espécies indicadoras refletem os impactos da ação antrópica sobre estes ambientes. As formas de percepção sobre a eutrofização nos rios restringem-se aos impactos visíveis, como a presença dos aguapés, cuja retirada é a principal solução apontada pelos grupos para o problema. Assim, tanto a diversidade beta como a percepção social são ferramentas importantes no estudo de ambientes impactados pela ação antrópica, fornecendo um entendimento ampliado do problema.

**Palavras-Chave:** Substituição de espécies. Aninhamento. Rios Parnaíba e Poti. Eutrofização. Conservação.

## ABSTRACT

Eutrophication is a phenomenon associated with nutrient enrichment in aquatic environments, resulting in large part from human activities. This process has several effects on aquatic biodiversity, extending to human populations. Considering this phenomenon as an interface between man and the environment, this research aimed to describe the beta diversity patterns for cladocerans, copepods, rotifers and oomycetes assemblages in the Parnaíba and Poti rivers; to test the differences between these patterns; to test beta diversity relationships with environmental variables and the bioindicator potential of the species and verify the environmental perception of pollution in the rivers Parnaíba and Poti reported in the electronic media. In order to study beta diversity the SDR-Simplex approach was used, by using Jaccard and Sørensen (presence/absence) dissimilarity indexes for oomycetes and Ruzika (abundance) for zooplankton. Regarding oomycetes assemblages, the spatial and temporal diversity beta showed high rates getting higher contribution of replacement species. Only the richness difference pattern differed between rivers. DbRDA showed a significant relationship between the components of beta diversity and environmental variables. For cladocerans, copepods and rotifers, there was high beta diversity, dominated by the difference in abundance. The replacement and abundance difference patterns differed among the rivers and a significant correlation of the environmental variables with the beta diversity and abundance difference was observed. IndVal identified 23 species as indicators, with the most notable being *Brachionus caudatus*, *Filinia terminalis* and *B. angularis*. For the study of the environmental perception was used the technique of Content Analysis. Four social segments were considered: journalists, authorities, specialists and population. Among the news analysed, 73% referred to the Poti river, where eutrophication is accentuated. The journalistic segment (90%) had the greatest participation and the population, the lowest (23%). The analysis resulted in three categories – "eutrophication perception", "eutrophication impacts" and "sanitation". The most frequent keywords were "water hyacinth" (31.8%), "pollution" (17%) and "sewage" (14.3%). Amid the impacts, the proliferation of water hyacinth and the emergence of diseases stood out. Related to the solutions, expansion of the sewage network was highlighted in all the segments considered. The research reveals that the environmental conditions in the rivers influence the distribution and beta diversity of the groups of organisms studied. The indicator species reflect the impacts of anthropic action on these environments. The forms of perception of eutrophication in the rivers are restricted to the visible impacts, such as the presence of the water hyacinth, whose withdrawal is the main solution pointed out by the groups to the problem. Thus, both beta diversity and social perception are important tools in the study of environments impacted by anthropic action, providing a broader understanding of the problem.

**Keywords:** Species replacement. Nestedness. Parnaíba and Poti rivers. Eutrophication. Conservation



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### ARTIGO 1

- Figura 1** – Localização dos pontos de amostragem nos rios Parnaíba e Poti. .... 30
- Figura 2** – Riqueza total e relativa (%) de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba (ParPré e ParPós) e Poti para os meses de agosto e novembro de 2017 e fevereiro e maio de 2018.. .... 33
- Figura 3** – Diversidade de Simpson em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti durante o período de agosto de 2017 a maio de 2018. .... 34
- Figura 4** – Análise de Redundância (RDA – Scaling 1) sobre a matriz de densidade de espécies em relação a matriz de variáveis ambientais... .... 35
- Figura 5** – Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre os sítios amostrados em cada ambiente (rios Parnaíba (Pré e Pós) e Poti) durante todo o período de estudo, mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta.. .... 36
- Figura 6** – Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba (Pré e Pós) e Poti durante os meses de agosto/17, novembro/17, fevereiro/18 e maio/18 mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta... .... 38

### ARTIGO 2

- Figura 1** – Localização dos pontos de coleta nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina-PI. .... 53
- Figura 2** – Gráfico SDR-simplex da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba e Poti durante o período de estudo, mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta.. .... 57
- Figura 3** – Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba e Poti durante os meses de agosto/17 (a), novembro/17 (b), fevereiro/18 (c) e maio/18 (d), mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta: substituição de espécies e diferença de riqueza. Valores baseados na matriz de dissimilaridade de Jaccard para dados binários. .... 60
- Figura 4** – Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba e Poti durante os meses de agosto/17, novembro/17, fevereiro/18 e maio/18, mostrando os valores para a similaridade, substituição de espécies e diferença de riqueza. O ponto vermelho no centro do gráfico representa o centroide dos pontos. Valores baseados na matriz de dissimilaridade de Sørensen para dados binários... .... 61
- Figura 5** – Análise de Redundância baseada em distância (dbRDA – Scaling 1) sobre a matriz de substituição em relação a matriz de variáveis ambientais. .... 63
- Figura 6** – Análise de Redundância baseada em distância (dbRDA – Scaling 1) sobre a matriz de diferença de riqueza em relação a matriz de variáveis ambientais ..... 64

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 7</b> – Análise de Redundância baseada em distância (dbRDA – Scaling 1) sobre a matriz de dissimilaridade em relação a matriz de variáveis ambientais ..... | 65 |
|---|----|

### ARTIGO 3

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Distribuição das notícias nos portais A, B e C e precipitação trimestral na cidade de Teresina-PI para o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017 ..... | 79 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 2</b> – Percentual de matérias jornalísticas dos portais de notícia A, B e C, relacionadas à eutrofização no rio Poti, no rio Parnaíba e em ambos os rios, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017..... | 80 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 3</b> – Percentual de notícias com percepção ambiental dos jornalistas, autoridades, especialistas e populares nas notícias para cada um dos portais A, B e C, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017..... | 81 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 4</b> – Percentual de notícias com a percepção ambiental dos jornalistas, autoridades, especialistas e populares presentes nas notícias, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017 ..... | 81 |
|---|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 5</b> – Nuvem de palavras com palavras-chave quantificadas durante a análise das notícias dos portais A, B e C, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017..... | 82 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 6</b> – Frequência das formas de percepção ambiental da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti nas notícias por jornalistas, autoridades, especialistas e populares ..... | 82 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 7</b> – Impactos da eutrofização para os rios, apresentados por jornalistas, autoridades, especialistas e populares nas notícias levantadas nos portais A, B e C..... | 83 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 8</b> – Impactos da poluição aos seres humanos, apresentados por jornalistas, autoridades, especialistas e populares nas notícias levantadas nos portais A, B e C..... | 84 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 9</b> – Soluções apresentadas por jornalistas, autoridades, especialistas e populares nos portais pesquisados para o problema da eutrofização dos rios Parnaíba e Poti..... | 85 |
|---|----|

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

**Quadro 1** – Classificação das águas doces do Brasil segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes..... 17

### ARTIGO 1

**Tabela 1** – Abundância de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba (Pré e Pós encontro) e Poti para os meses de agosto e novembro de 2017 e fevereiro e maio de 2018 ... 33

**Tabela 2** – Partição da diversidade gama ( $\gamma$ ) em seus componentes aditivos para os rios Parnaíba e Poti durante o período de estudo..... 37

**Tabela 3** – Teste de Tukey para verificar quais ambientes diferem entre si quanto ao percentual de substituição e diferença de abundância..... 37

**Tabela 4** – Teste de Tukey para verificar quais períodos diferem entre si quanto ao percentual de substituição de espécies entre os rios Parnaíba e Poti. .... 38

**Tabela 5** – Teste de Mantel entre a matriz de dados ambientais e as matrizes de similaridade, substituição, diferença de abundância e diversidade beta para os rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina..... 39

**Tabela 6** – Índices de espécies indicadoras (IndVal) para os rios Poti e Parnaíba (Pré e Pós encontro) no perímetro urbano de Teresina-PI..... 39

### ARTIGO 2

**Tabela 1** – Lista de táxons de oomicetos dos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina-PI. .... 56

**Tabela 2** – Estimadores de riqueza para dados de presença/ausência de espécies de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti ..... 56

**Tabela 3** – Parcionamento da diversidade gama ( $\gamma$ ) em seus componentes aditivos para os rios Parnaíba e Poti durante o período de estudo..... 58

**Tabela 4** – Resultado do teste de Homogeneidade de dispersões multivariadas para verificar se há diferenças significativas nos padrões de similaridade, diversidade beta e seus componentes entre os rios Parnaíba e Poti durante o período estudado... .. 59

**Tabela 5** – Significância das relações da diversidade beta e seus componentes com as variáveis ambientais, a partir do teste de permutação, sendo consideradas 999 permutações ..... 62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                 |   |
|-----------------|---|
| ANA             | Agência Nacional de Águas                                   |
| APHA            | American Public Health Association                          |
| CAPES           | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CETESB          | Companhia Ambiental do Estado de São Paulo                  |
| CONAMA          | Conselho Nacional do Meio Ambiente                          |
| Cond            | Condutividade   |
| Cloro           | Clorofila <i>a</i>  |
| DifA            | Diferença de Abundância                                     |
| DifR            | Diferença de Riqueza  |
| IBGE            | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística             |
| INMET           | Instituto Nacional de Meteorologia                          |
| K               | Coefficiente de atenuação vertical da radiação              |
| MMA             | Ministério do Meio Ambiente                                 |
| NH <sub>3</sub> | Amônia  |
| NO <sub>2</sub> | Nitrito   |
| OMS             | Organização Mundial da Saúde                                |
| O <sub>2</sub>  | Oxigênio  |
| pH              | Potencial Hidrogeniônico                                    |
| PO <sub>4</sub> | Fosfato   |
| Prec            | Precipitação  |
| PT              | Fósforo Total   |
| Sim             | Similaridade  |
| Sub             | Substituição  |
| STD             | Sólidos Totais Dissolvidos                                  |
| Temp            | Temperatura   |
| TIC             | Tecnologia da Informação e Comunicação                      |
| UFPI            | Universidade Federal do Piauí                               |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 12        |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....  | 15        |
| 2.1 Eutrofização.....  | 15        |
| 2.2 A Degradação dos Rios Parnaíba e Poti na cidade de Teresina-PI .....   | 15        |
| 2.3 Zooplâncton: características gerais e classificação .....  | 19        |
| 2.4 Oomycota: características gerais e classificação .....   | 19        |
| 2.5 Diversidade beta .....   | 20        |
| 2.6 A mídia como reflexo da percepção ambiental sobre a poluição nos rios Parnaíba e Poti  | 21        |
| REFERÊNCIAS .....  | 23        |
| <u>3 ARTIGO 1. PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS ZOOPLANCTÔNICAS (Cladocera, Copepoda e Rotifera) DE AMBIENTES LÓTICOS NO NORDESTE BRASILEIRO.....</u>                      | <u>26</u> |
| <u>4 ARTIGO 2. PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS DE OOMICETOS (OOMYCOTA) EM DOIS AMBIENTES LÓTICOS NO NORDESTE BRASILEIRO .....</u>   | <u>48</u> |
| <u>5 ARTIGO 3. PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE A POLUIÇÃO EM DOIS RIOS URBANOS NOTICIADA NA MÍDIA ELETRÔNICA .....</u>   | <u>74</u> |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 90        |
| APÊNDICE 1: FORMULÁRIO REFERENTE À PESQUISA DE PERCEPÇÃO.....  | 92        |
| APÊNDICE 2: Lista de táxons de zooplâncton dos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina-PI.....   | 93        |
| APÊNDICE 3: Variáveis ambientais $\pm$ desvio padrão dos rios Parnaíba (antes e após o encontro dos rios) e Poti no perímetro urbano de Teresina durante os períodos de estudo ..... | 96        |
| ANEXO 1: NORMAS DA REVISTA BIOTA NEOTROPICA.....   | 97        |
| ANEXO 2: NORMAS DA REVISTA GAIA SCIENTIA .....   | 103       |
| ANEXO 3: NORMAS DA REVISTA PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL .....  | 108       |

## 1 INTRODUÇÃO

A eutrofização consiste em um fenômeno associado ao aumento da disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, seguido do aumento da produtividade primária. O avanço deste fenômeno pode provocar uma série de alterações ecológicas indesejáveis que incluem florações de algas nocivas à biota aquática, proliferação e predomínio de produtores primários suspensos na coluna de água, diminuição da penetração de luminosidade na coluna de água, diminuição da concentração de oxigênio dissolvido e muitas outras (ESTEVES; MEIRELLES-PAREIRA, 2011; ESTEVES; SUZUKI, 2011). Esse estresse ambiental causa prejuízos para o abastecimento de água e a saúde da população em geral, podendo também levar o ecossistema aquático ao colapso (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

Entre os diversos grupos de organismos afetados por esse fenômeno estão o zooplâncton e os oomicetos (Oomycota). O primeiro consiste em um grupo de organismos heterotróficos, tanto pertencentes aos protistas (protozoários) como aos metazoários (rotíferos, cladóceros, copépodes, larvas de dípteros, entre outros) tendo como característica comum a coluna de água como seu habitat (ESTEVES; BOZELLI; BRANCO, 2011). O segundo é um grupo de organismos zoospóricos heterotróficos, pertencente ao reino Straminipila, fisiologicamente e morfologicamente semelhantes aos fungos (BEAKES; HONDA; THINES, 2014).

Esses dois grupos de organismos possuem um papel importante na ciclagem de nutrientes do ecossistema aquático (ESTEVES; BOZELLI; BRANCO, 2011; DICK, 2001). O zooplâncton atua, ainda, como bioindicador da qualidade de água pela sua sensibilidade frente às mudanças ambientais podendo responder rapidamente aos mais diversos tipos de impactos. Por outro lado, os oomicetos, além de desempenharem um importante papel na decomposição de matéria orgânica, atuam também como parasitas nos diversos ecossistemas aquáticos e terrestres (BEAKES; GLOCKLING; SEKIMOTO, 2012).

As respostas dos diversos grupos de organismos vivos afetados pelos impactos ambientais podem se manifestar tanto através da alteração na composição e diversidade, como no aumento ou diminuição da densidade da comunidade (DANTAS-SILVA; DANTAS, 2013). De acordo com Magurran (2004), a diversidade consiste na variedade e abundância de espécies em uma área de estudo definida, sendo dividida em dois componentes: (a) riqueza de espécies, e (b) uniformidade, sendo esta a variabilidade das abundâncias das espécies. Para esta mesma autora, a descrição da diversidade permite o conhecimento da estrutura das comunidades biológicas.

Dessa forma, tendo em vista a influência do processo de eutrofização sobre os ecossistemas aquáticos, bem como na saúde da população, direta ou indiretamente, os rios Parnaíba e Poti constituem ambientes propícios para a realização deste estudo, o qual aborda aspectos importantes da diversidade e mudanças estruturais nas comunidades zooplancônicas e de oomicetos como resposta aos processos de eutrofização na zona urbana de Teresina-PI. Tais informações serão relevantes para o conhecimento da biodiversidade do Meio-Norte brasileiro. Além disso, com este estudo serão obtidas informações acerca do estado trófico dos rios e de como a sociedade percebe a degradação ambiental em que se encontram os rios Parnaíba e Poti.

Neste contexto, considerando-se que a eutrofização é um problema que representa uma interface entre o Homem e o ambiente à sua volta, este trabalho levantou os seguintes questionamentos: a) Como ocorre a variação na composição de espécies (diversidade beta) em assembleias de cladóceros, copépodes, rotíferos e oomicetos presentes nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina? b) Os padrões de diversidade beta diferem ao longo do tempo e do espaço? c) Essa diversidade beta é afetada pelas condições ambientais em que se encontram os rios? d) as espécies estudadas refletem os distúrbios antropogênicos causados nestes ambientes? e) Qual a percepção ambiental de segmentos sociais acerca da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti noticiada na mídia eletrônica em Teresina-PI?

As seguintes hipóteses foram levantadas: (i) os padrões de diversidade beta espacial e temporal em assembleias de cladóceros, copépodes, rotíferos e oomicetos nos rios Parnaíba e Poti diferem entre si; (ii) a variação na composição de espécies de cladóceros, copépodes, rotíferos e oomicetos sofre influência das condições ambientais nos rios Parnaíba e Poti; (iii) há espécies com alto potencial bioindicador de poluição entre o conjunto de espécies que compõem as assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti.

A pesquisa teve como objetivo geral verificar os padrões de diversidade beta em assembleias planctônicas (Cladocera, Copepoda, Rotifera e Oomycota) e a percepção ambiental de segmentos da sociedade acerca do processo de eutrofização dos rios Parnaíba e Poti na cidade de Teresina. Como objetivos específicos o estudo visou: (a) descrever os padrões de diversidade beta de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI; (b) testar se há diferenças nos padrões de diversidade beta entre os rios Parnaíba e Poti e ao longo do período estudado; (c) testar se as variáveis ambientais exercem influência sobre a composição de espécies de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI; d) testar se há espécies com potencial bioindicador nas assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos dos rios Parnaíba

e Poti; e e) verificar a percepção ambiental de quatro segmentos sociais – jornalistas, autoridades, especialistas e populares – acerca da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti noticiada na mídia eletrônica em Teresina-PI.

Esta dissertação é composta de três artigos. O primeiro artigo tratou do estudo dos padrões de diversidade beta em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos e de como esses padrões foram afetados pelas variáveis ambientais nos rios Parnaíba e Poti. Além disso, testou-se o potencial bioindicador de estado trófico das espécies de cladóceros, copépodes e rotíferos nos ambientes estudados. O segundo artigo descreveu os padrões de diversidade beta em assembleias de oomicetos e testou o efeito da variação ambiental sobre a diversidade beta. O terceiro artigo, por sua vez, abordou o aspecto da percepção de segmentos sociais expressa na mídia eletrônica acerca da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti.



## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Eutrofização**

A eutrofização tem causado um impacto ambiental de ordem global, sendo um dos mais graves problemas relacionados à conservação da água (SMITH; SCHINDLER, 2009). O processo nas águas interiores ocorre, principalmente, em lagos e reservatórios, que são ambientes lênticos. Nos rios, ambientes lóticos, as condições ambientais como turbidez e velocidades elevadas resultam em menor ocorrência de eutrofização (TRINDADE; MENDONÇA, 2014).

De acordo com Esteves e Meirelles-Pereira (2011), a eutrofização pode ser de dois tipos: natural ou artificial. No primeiro tipo, o ambiente aquático é enriquecido de forma lenta e contínua pelo transporte de nutrientes carregados pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. Já no segundo tipo, o processo é desencadeado por ação antrópica, como lançamentos de esgotos domésticos ou industriais não tratados e/ou pelo uso de produtos químicos decorrentes de práticas agrícolas.

Dada a extensão generalizada de degradação da qualidade da água associada com o enriquecimento de nutrientes, a eutrofização tem e continua a representar uma séria ameaça às fontes de água potável, pesca e corpos de água recreativas. As mudanças climáticas previstas e o crescimento da população humana tem o potencial para degradar ainda mais a qualidade e quantidade da água, aumentando a necessidade imediata por parte dos gestores de recursos hídricos para compreender como minimizar a intensidade e frequência da proliferação de algas e cianobactérias (CHISLOCK et al., 2013).

No Brasil, a qualidade da água é afetada, principalmente, por deficiências no saneamento básico. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) mais da metade dos municípios brasileiros não possuem plano de saneamento básico. No Piauí, o município de Teresina conta com uma rede de esgotos que cobre apenas cerca de 23,49% do serviço de esgotamento sanitário (OLIVEIRA; SCAZUFCA; PIRES, 2018), sendo grande parte dos esgotos lançada nos rios Parnaíba e Poti.

### **2.2 A Degradação dos Rios Parnaíba e Poti na cidade de Teresina-PI**

Os rios Parnaíba e Poti cortam a cidade de Teresina e desempenham um papel fundamental para os teresinenses, desde a pesca, o lazer, as plantações e, principalmente, o abastecimento de água para a população urbana, no caso do Parnaíba. O rio Parnaíba constitui

um ambiente com boa qualidade e quantidade de água para o abastecimento da população, porém a crescente ocupação habitacional, o lançamento de esgotos e a ausência de um sistema de saneamento adequado, entre outros fatores, são ameaças à qualidade da água deste manancial (LIMA et al., 2015). O rio Poti, por sua vez, de acordo com as pesquisas sobre a qualidade de suas águas, não apresenta condições para o consumo pela população urbana em função da alta poluição dessas águas (OLIVEIRA; SILVA, 2014; SILVA; AQUINO, 2015).

Em relação ao uso das águas do rio Poti para atividades de lazer, Oliveira e Silva (2014), através de uma pesquisa de monitoramento desse ecossistema, constataram que as águas do rio Poti apresentam baixa qualidade na zona urbana de Teresina, em função do lançamento de esgotos sem tratamento, o que as torna impróprias para o consumo primário. Nesse sentido, faz-se necessário um manejo sustentável da água e do solo na cidade, bem como um sistema de monitoramento e fiscalização ambiental para assegurar a qualidade da água e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população.

Do mesmo modo, em uma nova pesquisa sobre a qualidade da água nesse corpo hídrico, na zona urbana de Teresina, realizada por Silva e Aquino (2015), foi constatado, de acordo com o teste do Índice de Qualidade da Água (IQI), que a variável “coliformes termotolerantes” encontra-se fora dos níveis de potabilidade estabelecido pela legislação 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005). De acordo com os autores da pesquisa, esse resultado pode ser explicado pelo mau uso do solo, através das construções de fossas sépticas inadequadas, e pelas más condições de saneamento básico na cidade (SILVA; AQUINO, 2015).

De acordo com o CONAMA, o enquadramento de um rio em determinada classe ocorre conforme o uso que se pode fazer da água. Assim, a classificação de um determinado rio requer um conhecimento de suas condições físicas, químicas e biológicas. No entanto, tendo em vista a carência de informações referentes as características físicas e químicas de muitos ambientes aquáticos no Brasil, a Resolução estabelece que na ausência desses dados o rio deva ser enquadrado na classe 2, como forma de garantir as condições de qualidades frente aos usos mais exigentes (Quadro 1) (BRASIL, 2005).

**Quadro 1** – Classificação das águas doces do Brasil segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes

| CLASSE          | DESTINO   |
|-----------------|---|
| Classe especial | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>b) Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>c) Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</li> </ul>  |
| Classe 1        | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>b) Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>c) Recreação de contato primário, tais como natação, esqui-aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;</li> <li>d) Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>e) Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.</li> </ul> |
| Classe 2        | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>b) Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>c) Recreação de contato primário, tais como natação, esqui-aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;</li> <li>d) Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>e) Aquicultura e a atividade de pesca.</li> </ul>                    |
| Classe 3        | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>b) Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>c) Pesca amadora;</li> <li>d) Recreação de contato secundário;</li> <li>e) Dessedentação de animais.</li> </ul>   |
| Classe 4        | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Navegação;</li> <li>b) Harmonia paisagística</li> </ul>   |

Fonte: Brasil (2005)

Nesse sentido, de acordo com a resolução 357/05 do CONAMA, os rios Parnaíba e Poti se enquadram na classe 2. Uma pesquisa sobre a qualidade da água no rio Parnaíba mostrou que a qualidade de suas águas varia entre as categorias “regular” e “boa” de acordo com o CONAMA (BRASIL,2005), apresentado, em alguns momentos, valores divergentes daqueles estabelecidos na resolução para as variáveis coliformes termotolerantes, fósforo total e turbidez (ROCHA, 2016). Já para o rio Poti, a pesquisa da qualidade de suas águas realizada por Silva e Aquino (2015) mostrou que, no núcleo urbano de Teresina, o rio não se enquadra na classe 2 do CONAMA, em função do alto valor da variável coliformes termotolerantes.

Outro ponto importante em relação à poluição no rio Poti é a presença de enormes tapetes de macrófitas aquáticas em seu leito urbano, como uma consequência da poluição causada, sobretudo, pelo lançamento de efluentes domésticos no ambiente aquático. Esses

efluentes são ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, provocando a eutrofização desse ecossistema. As macrófitas são plantas herbáceas que crescem em ambientes aquáticos e/ou úmidos (CANCIAN, 2007) e apresentam uma forte capacidade de filtração dos nutrientes presentes na água.

Essa característica faz dessas plantas verdadeiros “biofiltros” da matéria orgânica presente na água e, conseqüentemente, um bioindicador de poluição (DIAS; NASCIMENTO; MENESES, 2016). O surgimento de enormes populações de macrófitas no rio Poti, em primeiro lugar, reflete um ambiente eutrofizado, ou seja, com águas poluídas; em segundo lugar, uma condição favorável para o crescimento e reprodução dessas espécies vegetais em função da abundância de nutrientes, e em terceiro lugar uma forma de redução da poluição, visto que esses organismos absorvem as substâncias poluentes presentes na água.

Em um estudo realizado por Dias, Nascimento e Meneses (2016), as macrófitas aquáticas foram utilizadas como uma ferramenta para o tratamento de efluentes domésticos, mostrando mais uma vez a sua eficácia na redução da poluição. Foi observado que as macrófitas foram eficazes em no tratamento do esgoto, sendo os melhores resultados obtidos para o aguapé. Corroborando com essa pesquisa, os enormes tapetes vegetais encontrados no rio Poti são constituídos quase totalmente pelo aguapé, a espécie que se mostrou mais eficiente no tratamento dos efluentes domésticos.

O uso de análises físicas e químicas no monitoramento da qualidade das águas tem se mostrado eficiente, porém apresenta como desvantagem o fato de realizar apenas um “registro fotográfico” da situação em que se encontram esses ecossistemas. Por outro lado, o uso de bioindicadores mostra a integridade ecológica total do ecossistema, levando em consideração os parâmetros químicos, físicos e biológicos. Dessa forma, há uma variedade de métodos para o monitoramento biológico, envolvendo um levantamento e variações na riqueza e composição de espécies, índices de diversidade, medidas de abundância, produtividades primária e secundária, entre outros (BARBOUR et al., 1999). Além das macrófitas aquáticas, existem outros grupos com alto potencial bioindicador, como os macroinvertebrados bentônicos, o fitoplâncton e o zooplâncton.

Diante das fortes agressões ambientais nesses ecossistemas, causadas pelo crescimento urbano desenfreado e irregular, o desafio atual é conciliar o crescimento urbano e econômico com o equilíbrio do meio ambiente. É certo que a natureza possui uma capacidade de resiliência, isto é, uma capacidade de se reestabelecer após a degradação causada pela exploração dos recursos e por outras agressões, no entanto, essa resiliência tem limites. Além disso, esse

processo demanda tempo, o que não é respeitado pelo homem. Dessa forma, as agressões ao ambiente são maiores do que a sua capacidade de resiliência (MUELLER, 2007).

Nesse sentido, faz-se necessária uma aplicação eficaz da legislação ambiental de acordo com o que determina as esferas federal, estadual e municipal, no tocante à gestão desses recursos hídricos. Outro ponto importante é a adoção de um sistema efetivo de monitoramento da qualidade das águas capaz de identificar os impactos humanos causados em ambos os rios em questão, quer pelas análises físico-químicas em laboratório, quer pelo uso de bioindicadores.

### **2.3 Zooplâncton: características gerais e classificação**

A comunidade zooplancônica apresenta diferentes estratégias de desenvolvimento, relacionadas à reprodução e alimentação, possibilitando a colonização de ambientes com distintas características físicas e químicas. Os organismos zooplancônicos apresentam tamanhos de poucos micrômetros até alguns milímetros, fato este, que contribui para a diversidade estrutural do ambiente (BOZELLI; HUSZAR, 2003).

O zooplâncton possui um papel central na dinâmica de um ecossistema aquático, especialmente na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (ESTEVES; BOZELLI; BRANCO, 2011). Na cadeia trófica, é o principal responsável pela transferência de matéria e energia produzida pelas microalgas (fitoplâncton) servindo de alimento para diversos organismos, desde pequenos invertebrados, peixes (muitos de valor comercial) até grandes mamíferos, como as baleias; possui relevância como “indicador pesqueiro”, pois regiões com alta abundância zooplancônica (sobretudo crustáceos copépodes, alimento preferencial da maioria dos peixes) são bons locais para a pesca (DUARTE; SILVA, 2008).

De acordo com Santos, Moreira e Rocha (2013), o conhecimento das espécies zooplancônicas tem sido um poderoso instrumento para avaliar modificações causadas nos ecossistemas aquáticos por várias atividades impactantes, como introdução de espécies exóticas, assoreamento e contaminação por esgotos domésticos e industriais, desmatamento entre outras, mostrando o importante papel desses organismos como bioindicadores. Em relação à sua classificação, de acordo com Esteves, Bozelli e Branco (2011), esses organismos pertencem a diferentes categorias sistemáticas, incluindo protistas (Protozoa) e metazoários (Rotifera, Cladocera, Copepoda, larvas de dípteros, entre outros).

### **2.4 Oomycota: características gerais e classificação**

Estes organismos possuem alta plasticidade morfológica, apresentando talo holocárpico (unicelular) ou eucárpico (micelial); hifas cenocíticas com septos para delimitação das estruturas reprodutivas; reprodução assexuada normalmente por meio de zoósporos

biflagelados (liso e mastigonemático) produzidos dentro de zoosporângios; e a sexuada alcançada pelo contato de gametângios femininos (oogônios) e masculinos (anterídios), por copulação de gametângios (onde todo o talo se comporta como um gametângio) ou por partenogênese (onde o gametângio feminino é fecundado sem a presença do gametângio masculino) (ALEXOPOULOS; MIMS; BLACKWELL, 1996).

Apesar dos oomicetos dependerem de condições úmidas para dispersão de seus zoósporos, seus membros são cosmopolitas e presentes mesmo em ambientes terrestres. Em espécies adaptadas a ambientes mais secos, os esporângios germinam diretamente e a dispersão de zoósporos é usada apenas como um método alternativo na presença de umidade. Ocorrem em águas continentais ou marinhas, no solo e em órgãos de plantas hospedeiras dentro ou acima do solo. Alguns parasitam peixes e seus ovos, algas, crustáceos, larvas de mosquito, nematoides, rotíferos, outros fungos, plantas e mamíferos. A maioria são aeróbios obrigatórios, embora alguns tolerarem condições anaeróbicas (BEAKES; GLOCKLING; SEKIMOTO, 2012; MIRANDA, 2007; WEBSTER; WEBER, 2007).

Com o avanço das técnicas em microscopia e o advento da biologia molecular, a partir da década de 50, a posição taxonômica de Oomycota passou por várias alterações. De acordo com algumas propostas de classificação, Oomycota já foi locado nos reinos Chromista, Heteroconta, Protoctista e Stramenopila (JESUS, 2015).

Recentemente, Beakes Honda e Thines (2014) em uma revisão filogenética e taxonômica, utilizando principalmente dados de sequências moleculares e analisando a biologia juntamente com a história evolutiva do Reino Straminipila, propuseram uma nova classificação para os representantes do filo Oomycota. Esta classificação divide o filo em três classes: Peronosporomycetes com as ordens Albuginales, Peronosporales *sensu lato* e Rhipidiales; Saprolegniomycetes com Atkinsiellales, Leptomitales e Saprolegniales; e uma considerada *Incertae sedis* composta por organismos basais das ordens Eurychasmiales, Haptoglossales, Olpidiopsidales, Haliphthorales, e uma ordem *Incertae sedis* com os gêneros *Pseudosphaerita* e *Rozellopsis*.

## 2.5 Diversidade beta

Whittaker (1960) foi pioneiro na comparação de comunidades pela diferenciação da composição de espécies entre elas, ao observar modificações na diversidade entre amostras ao longo de um transecto ou gradientes ambientais, denominando como ‘diversidade beta ( $\beta$ )’ a medida dessas modificações (MAGURRAN, 2013).

Para diferenciar diversidade beta de outras medidas de diversidade, Whittaker (1972) denominou a composição de espécies dentro de uma amostra, ou habitat, de diversidade alfa ( $\alpha$ ) e a composição de espécies em um conjunto de habitats de diversidade gama ( $\gamma$ ). Diante disso, medidas de dissimilaridade têm sido usadas para acessar a diversidade beta entre unidades amostrais e vários autores têm proposto diversos modos para parcionar índices de dissimilaridade nos estudos da diversidade beta (LEGENDRE, 2014). Várias dessas medidas de dissimilaridade tem se mostrado redundantes em seus resultados, tanto para dados de presença-ausência de espécies (KOLEFF; GASTON; LENNON, 2003), quanto para dados de abundância (BARWELL; ISAAC; KUNIN, 2015).

Anderson et al. (2011) distinguem a diversidade  $\beta$  em: (a) diversidade de *turnover* e (b) diversidade de variação. A diversidade de *turnover* corresponde a medida de mudança na estrutura da comunidade de uma amostra para outra ao longo de um gradiente espacial, temporal ou ambiental. A diversidade de variação se refere a variação na estrutura da comunidade entre um conjunto de unidades amostrais dentro de uma extensão espacial ou temporal, ou dentro de uma categoria ou fator. Os autores ressaltam que mudança na estrutura da comunidade significa uma mudança na identidade das espécies, sua abundância relativa, biomassa ou cobertura.

A diversidade beta pode ser mensurada a partir de uma série de métodos (KOLEFF, GASTON; LENNON, 2003; MAGURRAN, 2013). Podani e Schemera (2011) e Podani, Ricotta e Schemera (2013) desenvolveram uma abordagem conceitual para avaliar a importância relativa da diversidade beta, denominada de SDR-simplex, fornecendo uma ferramenta para o cálculo, visualização e interpretação da similaridade (Sim) de espécies entre dois ambientes, da substituição de espécies (Sub), da diferença de riqueza/abundância (DifR/DifA), da diversidade beta ( $D = \text{Sub} + \text{DifR}$ ), do aninhamento ( $A = \text{Sim} + \text{DifR}$ ) e da concordância de espécies ( $C = \text{Sim} + \text{Sub}$ ).

Todos os componentes são facilmente visualizados em um gráfico triangular. Os componentes da diversidade beta permitem avaliar como a substituição de espécies ocorre em um gradiente temporal, podendo ser aplicados a alterações da composição de espécies na comunidade no tempo (ANDERSON et al., 2011).

## **2.6 A mídia como reflexo da percepção ambiental sobre a poluição nos rios Parnaíba e Poti**

A mídia exerce grande influência no meio social constituindo-se como parte da existência, experiência e comportamento humanos. Através da comunicação, os diversos membros de uma sociedade compartilham suas experiências e conhecimentos, compreendendo

uns aos outros e gerando uma sabedoria coletiva (DORJI, 2007). Com o avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) houve uma revolução da digitalização e transmissão das informações que passa a ocorrer de forma bastante veloz (LIMA JUNIOR, 2009).

Considerando a problemática ambiental, de acordo com Keinonen et al. (2014), muitas das informações relacionadas aos problemas ambientais são, de fato, oriundas da mídia. O grande espaço sobre as questões ambientais na mídia começou a ser conquistado após a realização em 1992, no Estado do Rio de Janeiro, da Conferência Mundial da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável que ficou conhecida como Rio-Eco 92 (FERREIRA, 2009).

Nesse sentido, a temática da degradação ambiental nos rios Parnaíba e Poti, na cidade de Teresina-PI, tem ganhado atenção nos meios de comunicações locais, sobretudo em mídias eletrônicas (internet, TV, rádio), por meio de reportagens com a população, com representantes de entidades governamentais e especialistas da área ambiental, as quais denunciam a poluição desses ambientes pelo homem e alertam para as possíveis consequências que tal processo pode causar a esses ecossistemas.

Dessa forma, a mídia desempenha um papel fundamental no processo de formação da consciência ambiental no público, devendo despertar seu senso crítico. Os meios de comunicação podem estimular novas atitudes e comportamentos pessoais em relação ao meio ambiente (MOTTA-HOTH; MARCUZZO, 2010). Considerando, portanto, a velocidade das informações divulgadas na mídia é possível perceber rapidamente os problemas ambientais enfrentados no momento pela comunidade teresinense e buscar soluções adequadas para tais questões.



## REFERÊNCIAS

- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. M. **Introductory Mycology**. 4. ed. New York: Wiley & Sons, 1996.
- ANDERSON, M. J. et al. Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: a roadmap for the practicing ecologist. **Ecology Letters**, v. 14, n. 1, p. 19–28, 2011.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish**, 2ª ed. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 1999.
- BARWELL, L. J.; ISAAC, N. J. B.; KUNIN, W. E. Measuring  $\beta$  - diversity with species abundance data. **Journal of Animal Ecology**, v. 84, n. 4, p. 1112–1122, 2015.
- BEAKES, G. W.; GLOCKLING, S. L.; SEKIMOTO, S. The evolutionary phylogeny of the oomycete “fungi”. **Protoplasma**, v. 249, n. 1, p. 3–19, 2012.
- BEAKES, G. W.; HONDA, D.; THINES, M. Systematics of the Straminipila: Labyrinthulomycota, Hyphochytriomycota, and Oomycota. In: MCLAUGHLIN, D. J.; SPATAFORA, J. W. (Eds.). **The Mycota VIII Part A**. Berlin: Springer-Verlag, 2014. p. 39–97.
- BOZELLI, R. L.; HUSZAR, V. L. M. **Comunidades fito e zooplanctônicas continentais em tempo de avaliação**. Sociedade Brasileira de Limnologia, 2003.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de mar. de 2005.
- CANCIAN, L. F. **Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes Pistia estratiotes e Salvinia molesta em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo**. 66f. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Aquicultura. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- CHISLOCK, M. F. et al. Eutrophication: Causes, Consequences, and Controls in Aquatic Ecosystems. **Nature Education Knowledge**, v. 4, n. 4, p. 10, 2013.
- DANTAS-SILVA, L. T.; DANTAS, Ê. W. Zooplankton (rotifera, cladocera and copepoda) and the eutrophication in reservoirs from northeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 243–248, 2013.
- DIAS, F. S.; NASCIMENTO, J. P. A.; MENESES, J. M. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. **Revista Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 106-115, 2016.
- DICK, M. W. **Straminipilous Fungi: systematics of the Peronosporomycetes including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids and similar organisms**. Holanda: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- DORJI, T. Attitude towards Mass Media and its role in promoting Environmental Consciousness: An Empirical Investigation. **Centre for Bhutan Studies**, p. 382–439, 2007.

DUARTE, A. K.; SILVA, A., R. Conhecendo o zooplâncton. **Revista eletrônica Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 3, n. 2, 2008.

ESTEVEVES, F. A.; BOZELLI, R. L.; BRANCO, C. W. C. Comunidade zooplanctônica. In: FERNANDES, V. O.; ESTEVES, F. A. (Eds.). . **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 523–580.

ESTEVEVES, F. A.; MEIRELLES-PEREIRA, F. Eutrofização artificial. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). . **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 625–656.

ESTEVEVES, F. A.; SUZUKI, M. S. Comunidade fitoplanctônica. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). . **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 375–446.

FERREIRA, N. D. **Telas “Verdes”: A Temática Ambiental na TV e no Cinema**. Encontro Nacional de História da Mídia: mídia alternativa e alternativas midiáticas. Anais do VII Encontro Nacional de História da Mídia, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Munic: mais da metade dos municípios brasileiros não tinha plano de saneamento básico em 2017**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22611-munic-mais-da-metade-dos-municipios-brasileiros-nao-tinha-plano-de-saneamento-basico-em-2017>. Acesso em: 11 de fev. 2019.

JESUS, A. L. **Diversidade de Oomycota em área do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC), Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil**. 108f. 2015. Dissertação (Mestrado). Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2015.

KEINONEN, T. et al. Environmental Issues in the Media – Students’ Perceptions in the Three Nordic-Baltic Countries. **Journal of Teacher Education for Sustainability**, v. 16, n. 1, 1 jan. 2014.

KOLEFF, P.; GASTON, K. J.; LENNON, J. J. Measuring beta diversity for presence-absence data. **Journal of Animal Ecology**, v. 72, n. 3, p. 367–382, 2003.

LEGENDRE, P. Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 11, p. 1324–1334, 2014.

LIMA, I. M. M. F.; OLIVEIRA, A. L. A., FÉ, C. A. M.; MENDES, M.G.M.; CARVALHO, J. H. **Diagnósticos e cenários: Meio Ambiente**. 2015. Disponível em: <http://www.teresina.pi.gov.br/portallpmt/orgao/SEMPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf>. Acesso em 11 de fev. 2019.

LIMA JUNIOR, W. T. Mídia social conectada: produção colaborativa de informação de relevância social em ambiente tecnológico digital. **Líbero**, v. 12, n. 24, p. 95–106, 2009.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Science, 2013.

MIRANDA, M. L. **Diversidade de oomycota do parque estadual da serra da cantareira, estado de São Paulo**. Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, 2007.

MOTTA-HOTH, D.; MARCUZZO, P. Ciência na mídia: análise crítica de gênero de notícias de popularização científica. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 10, n. 3, p. 511–538, 2010.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília. Editora UNB/FINATEC, 2007.

OLIVEIRA, G.; SCAZUFCA, P.; PIRES, R. C. **Ranking do saneamento: Instituto Trata Brasil**. São Paulo: GO Associados, 2018.

OLIVEIRA, L. N.; SILVA, C. E. Qualidade da água do rio Poti e suas implicações para atividade de lazer em Teresina-PI. **Revista Equador**, v. 3, n. 1, p. 128-147, 2014.

PODANI, J.; RICOTTA, C.; SCHEMERA, D. A general framework for analyzing beta diversity, nestedness and related community-level phenomena based on abundance data. **Ecological Complexity**, v. 15, p. 52–61, 2013.

PODANI, J.; SCHEMERA, D. A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence - absence data. **Oikos**, v. 120, n. 11, p. 1625–1638, 2011.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3539–3539, 2011.

ROCHA, A. I. **Avaliação da qualidade da água no Rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI usando os métodos IQA Clássico e Lógica Fuzzy**. 2016. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

SANTOS, R. M.; MOREIRA, R. A.; ROCHA, O. Composição e abundância do zooplâncton em um córrego urbano. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 3, 2013.

SILVA, F. R.; AQUINO, C. S. Análise da qualidade da água do rio Poti, entre a ponte da primavera e a ponte Leonel Brizola, Teresina, Piauí. **Okara: Geografia em debate**, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2015.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 4, p. 201–207, 2009.

TRINDADE, P. B. C. B.; MENDONÇA, A. S. F. Eutrofização em reservatórios—Estudo de caso: reservatório de Rio Bonito (ES). **Eng. sanit. ambient**, v. 19, n. 3, p. 275–282, 2014.

WEBSTER, J.; WEBER, R. W. S. **Introduction to Fungi**. New York: Cambridge University Press, 2007.

WHITTAKER, R. H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. **Ecological Monographs**, v. 30, n. 3, p. 279–338, 1960.

WHITTAKER, R. H. Evolution and Measurement of Species Diversity. **Taxon**, v. 21, n. 2/3, p. 213–251, 1972.

**Artigo 1**

---

**PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS ZOOPLANCTÔNICAS  
(Cladocera, Copepoda e Rotifera) DE AMBIENTES LÓTICOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

Artigo escrito de acordo com as normas da Revista Biota Neotropica (Qualis A2 em Ciências Ambientais)

**PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS ZOOPLANCTÔNICAS  
(Cladocera, Copepoda e Rotifera) DE AMBIENTES LÓTICOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

*Natanael José da Silva<sup>1</sup>, José de Ribamar de Sousa Rocha<sup>2</sup>, Paulo César Lima Sales<sup>3</sup>*

1 – Mestrando em Desenvolvimento e Meio ambiente – UFPI. Endereço para correspondência: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella– CCN, Dep. Biologia, Bairro Ininga, CEP 64.049-550, Teresina- PI, Brasil. Email: natanaelbiologo@gmail.com

2 – Professor do Departamento de Biologia e do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFPI. Endereço para correspondência: Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella – CCN, Dep. Biologia, Bairro Ininga, CEP 64.049-550, Teresina- PI, Brasil Email: ribamar10@hotmail.com

3 – Professor do departamento de Biologia – UFPI/ Campus Senador Helvídio Nunes de Barros

**Abstract**

This research aims to describe the patterns of beta diversity in cladocerans, copepods and rotifers in the Parnaíba and Poti rivers, in the urban perimeter of the city of Teresina-PI; test for differences in spatial and temporal patterns of beta diversity; to test whether the environmental variables exert influence on the species composition and whether there are taxa with bioindicator potential. The partitioning of beta diversity in its components was performed by the SDR-Simplex approach, from the Ruzicka matrix for abundance data. The abundance difference, nestedness and beta diversity were high. There was a significant correlation between the environmental variables and the composition and beta diversity of the species. The IndVal identified 23 species as indicators, with emphasis on *Brachionus caudatus*, *Filinia terminalis* and *B. angularis*. The results demonstrate that the rivers differ in their biotic and abiotic components. Environmental differences affect species composition and distribution. The bioindicator species suggest that the Poti river has a high trophic degree. It is recommended to use zooplankton as a bioindicator in the monitoring of these environments and to carry out new studies to better elucidate the processes that structure these assemblies and for effective planning aimed at preserving beta diversity in these impacted environments.

**Keywords:** Species replacement. Abundance difference. SDR-simplex. Conservation. Bioindicators

**Resumo**

Esta pesquisa teve como objetivos: descrever os padrões de diversidade beta em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI; testar se há diferenças nos padrões espaciais e temporais de diversidade beta; testar se as variáveis ambientais exercem influência sobre a composição das espécies e se há táxons com potencial bioindicador. A partição da diversidade beta em seus componentes foi realizada pela abordagem SDR-Simplex, a partir da matriz de Ruzicka para dados de abundância. A diferença de abundância, o aninhamento e a diversidade beta foram altos. Houve correlação significativa entre as variáveis ambientais e a composição e diversidade beta das espécies. O IndVal identificou 23 espécies como indicadoras, destacando-se as espécies *Brachionus caudatus*, *Filinia terminalis* e *B. angularis*. Os resultados demonstram que os rios diferem entre si em seus componentes bióticos e abióticos. As diferenças ambientais afetam a composição e distribuição das espécies. As espécies bioindicadoras sugerem que o rio Poti possui elevado grau de trofia. Recomenda-se o uso do zooplâncton como bioindicador no monitoramento desses ambientes e a realização de novos estudos para melhor elucidar os processos que estruturam essas assembleias e para um planejamento eficaz que vise preservar a diversidade beta nestes ambientes impactados.

**Palavras-chave:** Substituição de espécies. Diferença de abundância. SDR-Simplex. Conservação. Bioindicadores

## 1. Introdução

A ação antrópica sobre os ecossistemas aquáticos causa grandes alterações sobre a biodiversidade. O lançamento de efluentes de diversas origens sobre esses ambientes promove um enriquecimento de nutrientes, que por sua vez, provoca o crescimento excessivo dos produtores primários e uma série de efeitos subsequentes, atingindo toda a cadeia trófica aquática (Esteves & Meirelles-Pereira 2011, Marinho et al. 2017). Esse fenômeno, conhecido como eutrofização, é bem evidente em áreas urbanas, onde há maiores populações humanas e concentração de indústrias e outras fontes de poluição.

Entre os grupos afetados por esse fenômeno, destaca-se a comunidade zooplânctônica, que reúne um conjunto de organismos de diversas categorias taxonômicas com alta sensibilidade a mudanças ambientais, apresentando, portanto, um potencial bioindicador da qualidade das águas (Fernandes & Esteves, 2011). A comunidade zooplânctônica tem sido frequentemente utilizada em sistemas de monitoramento para verificar o estado trófico de vários tipos de ecossistemas aquáticos (Brito et al. 2011, Ejsmont-Karabin 2012, Gazonato Neto et al. 2014).

Os efeitos do enriquecimento de nutrientes provocam alterações na composição, densidade e diversidade das espécies zooplânctônicas (Brito et al. 2011, Dantas-Silva & Dantas 2013). Assim, o entendimento dessas variações nos atributos da comunidade possui um importante papel no monitoramento da qualidade das águas desses ecossistemas.

Nesse sentido, a diversidade beta, que consiste na variação da composição da comunidade entre dois locais (Tuomisto 2010, Melo et al. 2012), é uma ferramenta bastante útil no estudo de impactos ambientais sobre as comunidades aquáticas, resultando de dois processos importantes: a substituição de espécies e as diferenças de riqueza, ou aninhamento, entre os ambientes (Harrison et al. 1992, Williams 1996, Lennon et al. 2001, Borcard et al. 2018).

A substituição ocorre quando as espécies de um dado local são trocadas por espécies diferentes em outro local (Gaston & Blackburn 2000, Baselga 2010, Bishop et al. 2015), sendo causada por pressões ambientais, isto é, por um processo de filtragem ambiental de espécies ao longo de um gradiente (e.g. rio) (Baselga 2010), ou por fatores históricos, como distúrbios ambientais que deixam suas marcas na comunidade (Borcard et al. 2018).

Por outro lado, a diferença de riqueza consiste na mudança do número de espécies de um local para outro (Podani & Schemera 2011). Este fenômeno surge da perda ou ganho de espécies entre dois locais que, por sua vez, podem resultar de extinções seletivas, colonização ou limitação de dispersão (Carvalho et al. 2012). Quando tais diferenças de riqueza ocorrem de forma ordenada ao longo de um gradiente, assembleias menores tornam-se subconjuntos de outras maiores dando origem a um padrão de aninhamento. Assim, o aninhamento pode ser considerado um caso especial de um padrão ordenado de diferença na riqueza de espécies (Carvalho et al. 2012, Borcard et al. 2018).

Embora esses dois componentes da diversidade beta tenham sido definidos há muitos anos (Harrison et al. 1992, Williams 1996), somente recentemente foram desenvolvidas metodologias que permitem uma partição mais explícita da diversidade beta nestes dois componentes (Baselga 2010, Podani & Schemera 2011, Carvalho et al. 2012). Dessa forma, várias pesquisas têm empregado esses métodos no estudo dos padrões de diversidade beta nas comunidades aquáticas e terrestres (e.g. Bishop et al. 2015, Viana et al. 2016, Peláez et al. 2017).

Os estudos sobre diversidade beta em assembleias zooplanctônicas de ambientes impactados têm mostrado alterações de origem antrópica nos padrões de diversidade beta, uma vez que contribuem para uma maior variação ambiental (e.g. Xiong et al. 2017, Braghin et al. 2018, Gianuca et al. 2018).

Neste contexto, os rios Parnaíba e Poti têm sido alvo de intensa degradação de origem antrópica na cidade de Teresina-PI, causada, principalmente, pelo lançamento de esgotos em seus leitos. Assim, torna-se relevante o conhecimento dos impactos antrópicos sobre a comunidade zooplanctônica para que se possa buscar estratégias que visem a preservação desses ambientes. Para o estado do Piauí, registra-se o estudo de Picapedra et al. (2018) sobre diversidade beta de rotíferos e tecamebas no rio Parnaíba. No entanto, a presente estudo é o primeiro que visa estudar os padrões de diversidade beta de forma fracionada em seus componentes (substituição de espécies e diferença de riqueza) em assembleias zooplanctônicas no estado do Piauí.

Nesta perspectiva, partindo-se do pressuposto de que o estudo dos padrões de diversidade beta, bem como seus mecanismos subjacentes, são aspectos fundamentais para o entendimento da estrutura e conservação de ecossistemas aquáticos, a pesquisa se propõe a responder as seguintes perguntas: 1) Quais são os padrões de diversidade beta em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos presentes nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina?; 2) Há diferenças nos padrões de diversidade beta nas assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos entre e dentro dos rios Parnaíba e Poti?; 3) A variação na composição de espécies de cladóceros, copépodes e rotíferos está relacionada com as variáveis ambientais nos rios Parnaíba e Poti?; 4) Há espécies bioindicadoras entre aquelas que compõem as assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti?

O estudo partiu das hipóteses de que (i) os padrões de diversidade beta espacial e temporal em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti diferem entre si; (ii) a composição de espécies de cladóceros, copépodes e rotíferos está relacionada às variáveis físico-químicas nos rios Parnaíba e Poti; e (iii) há espécies com potencial bioindicador entre o conjunto de espécies que compõem as assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti.

Dessa forma, a pesquisa teve como objetivos: (a) descrever os padrões de diversidade beta de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI; (b) testar se há diferenças nos padrões de diversidade beta entre os rios Parnaíba e Poti e ao longo do período estudado; (c) testar se as variáveis ambientais exercem influência sobre a composição de espécies de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI; e d) testar se há espécies com potencial bioindicador nas assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos dos rios Parnaíba e Poti.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

A pesquisa foi realizada nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina-PI. A estimativa populacional do município, com base no último censo do IBGE (2010), é de 861.442 habitantes, com densidade demográfica de 584,94 hab/km<sup>2</sup>. O município está localizado na sub-região Meio Norte, na região Nordeste do Brasil. O Meio-Norte é uma área de transição entre a Amazônia e o Sertão nordestino. Apresenta “clima tropical com chuvas intensas no verão” e possui a Mata de Cocais como vegetação predominante, ocorrendo também áreas de Cerrado e Caatinga (Rocha et al. 2010).

Teresina é cortada pelos rios Parnaíba e Poti, sendo estes fundamentais para o desenvolvimento econômico da cidade. O Parnaíba nasce na Serra das Mangabeiras, nos limites do estado do Piauí com o Tocantins, percorrendo aproximadamente 1.400 km até desembocar no Oceano Atlântico, em forma de delta. O rio apresenta-se perene em todo o seu curso, por receber contribuições de vários grandes tributários e do lençol subterrâneo em todo o seu percurso, desde a nascente principal até próximo de sua foz (Lima et al. 2015, IBGE 2018).

Entre os principais afluentes do Parnaíba, destaca-se o Rio Poti, que nasce no Estado do Ceará, no Município Novo Oriente e adentra o estado do Piauí através do *canyon* que corta a Chapada da Ibiapaba, no Município de Castelo do Piauí. Após percorrer longo percurso, chega à capital do estado desembocando no rio Parnaíba. A maioria dos tributários do rio Poti tem suas nascentes no Semi-árido, apresentando, em geral, torrencialidade e intermitência. Essa torrencialidade está associada ao regime das chuvas e a eventual abundância com que caem. Assim como seus tributários, o rio Poti depende das chuvas, portanto ocorre um aumento em seu volume de água ao longo da estação chuvosa, sendo esta uma característica comum dos sistemas lóticos do Semi-árido (Brasil 2006).

## 2.2 Amostragem e análise laboratorial

Coletas de zooplâncton (Cladocera, Copepoda e Rotifera) foram realizadas trimestralmente do período de Agosto/2017 a Maio/2018. As amostras foram coletadas em 15 pontos da área de estudo, que corresponde à zona urbana de Teresina, sendo cinco pontos no rio Parnaíba após o encontro dos rios (designado como Parnaíba-Pós, P1 a P5), cinco pontos no Parnaíba antes do encontro dos rios (Parnaíba-Pré, P6 a P10) e cinco pontos localizados no rio Poti (P11 a P15) (Figura 1). A divisão do rio Parnaíba nos setores Parnaíba-Pré e Parnaíba-Pós foi realizada em função da influência que o rio Poti exerce sobre o Parnaíba-Pós, formando, assim, um ambiente distinto.

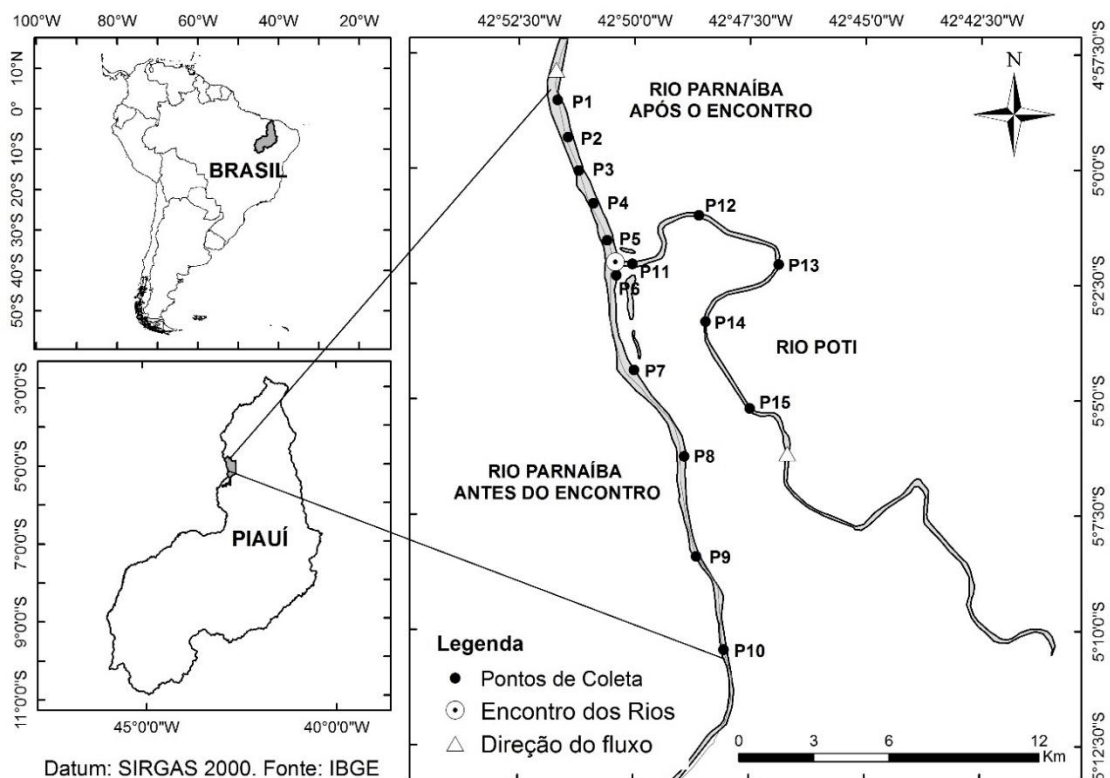


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem nos rios Parnaíba e Poti



Para cada ponto de amostragem, foram coletados 200 L de água da subsuperfície, na região central dos rios, com o auxílio de um balde de dez litros, sendo filtrados em rede de plâncton de malha 64 µm. O material coletado foi armazenado em garrafas de polietileno (100 ml) devidamente etiquetadas e preservado em solução de formaldeído 4% tamponada com bicarbonato de sódio (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB 2011).

A identificação dos táxons foi realizada com o auxílio do microscópio óptico a partir dos seguintes trabalhos: Reid (1985), Segers (1995), Elmoor-Loureiro (1997), Nogrady & Segers (2002), Perbiche-Neves (2011), Gazulha (2012), Błędzki & Rybak (2016). A contagem dos indivíduos foi realizada em câmara de Sedgewick-Rafter, sendo contados até 50 indivíduos de cada grupo (rotíferos, cladóceros e copépodes) por amostra ao microscópio estereoscópico e/ou óptico, em três sub-amostragens subsequentes obtidas com pipeta de Pasteur (1ml), seguindo-se a metodologia modificada de Bottrell et al. (1976), para determinação da riqueza e densidade total. As amostras com número reduzido de indivíduos foram contadas na íntegra ou com maior número de sub-amostras e os resultados foram apresentados em ind.m<sup>-3</sup>.

### 2.3 Variáveis ambientais e Clorofila *a*

Durante a amostragem, foram mensurados *in situ*: temperatura da água, oxigênio saturado e dissolvido, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos (com auxílio de aparelhos portáteis). e transparência da água por disco de Secchi. Alíquotas de um litro de água em duplicatas foram coletadas na subsuperfície da coluna de água para determinação dos nutrientes nitrogênio e fósforo total e suas formas dissolvidas (amônia, nitrito e fosfato). Os métodos utilizados para a análise dos nutrientes foram: o método do fenato para amônia, do ácido ascórbico para fosfato e fósforo total, e o método FIA para o nitrito, de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA 1998).

Para determinação da clorofila *a*, as alíquotas de água foram filtradas em filtros de fibra de vidro. Os filtros, contendo o material retido, foram macerados em almofariz com solvente acetona 90% e, em seguida, centrifugados a 3.000 rpm por 40 minutos. O sobrenadante foi lido em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 750 nm e 663 nm de absorbância, acidificados com solução HCl 0,1 N, e em seguida feita uma nova leitura a 750 nm e 663 nm de absorbância (Golterman et al. 1978).

### 2.4 Análise de Dados

A diversidade de espécies foi determinada pelo Índice de Simpson (1/D). Para verificar os padrões de diversidade beta em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti foi utilizada a abordagem SDR-simplex para dados de abundância (quantitativos) (Podani et al. 2013), que consiste em um método mais recente em relação a abordagem de Baselga (2010), a qual é mais comumente utilizada. O cálculo dos componentes da diversidade beta foi realizado a partir da matriz de dissimilaridade de Ruzicka (que corresponde ao índice quantitativo de Jaccard).

A SDR-simplex decompõe o coeficiente de dissimilaridade de Ruzicka em índices de Substituição (Sub), Diferença de abundância (DifA) e Similaridade (S), e partir destes obtém-se os seus complementares: Diversidade beta (D), Concordância (C) e Aninhamento (A). O método SDR-Simplex permite a visualização dos valores médios dos componentes da diversidade beta (substituição e diferença de abundância) e da similaridade em um

gráfico triangular, onde cada lado do triângulo representa um componente. A partição da diversidade beta em seus componentes foi realizada a partir da função *beta.div.comp* do pacote *adespatial* (Dray et al. 2018) no software livre R, versão 3.5.1 (R Development Core Team 2018).

Para testar se houve diferenças nos padrões de diversidade beta entre os rios Parnaíba e Poti e ao longo do período estudado, foi realizado o Teste de Homogeneidade de Dispersões Multivariadas (Anderson 2006) seguido do teste de Tukey-HSD para a diversidade beta e para cada um de seus componentes, bem como para a similaridade.

Para testar se as variáveis ambientais exerceram influência sobre a composição de espécies de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti foi executada uma Análise de Redundância (RDA), seguida de um teste de permutação para verificar a significância dos resultados da RDA. O teste foi realizado com 999 permutações sobre a matriz de abundância das espécies. Para testar, ainda, o efeito das variáveis ambientais sobre a diversidade beta e seus componentes, foi realizado o teste de Mantel sobre as matrizes de densidade das espécies e de dados ambientais. Esses testes, juntamente com a RDA, foram realizados utilizando-se o pacote *vegan* no software livre R (Oksanen et al. 2018).

Para testar o potencial bioindicador das espécies, foi calculado o índice de Valor Indicador (IndVal) nas assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos dos rios Parnaíba e Poti. O IndVal foi calculado a partir da seguinte fórmula:  $IndVal_{ij} = A_{ij} * B_{ij} * 100$ , onde  $A_{ij}$  é a especificidade da espécie  $i$  no grupo  $j$  e  $B_{ij}$  é a fidelidade da espécie  $i$  no grupo  $j$ . Uma alta fidelidade indica que as espécies estão presentes em todos os locais do grupo e uma alta especificidade significa que as espécies são exclusivas daquele grupo. As espécies indicadoras revelam características particulares de um determinado grupo, podendo apontar para um estado de eutrofização em ambientes aquáticos (Provete et al. 2011).

### 3. Resultados

O estudo permitiu a identificação de 53 táxons, distribuídos entre rotíferos, que apresentaram a maior riqueza (36 espécies), cladóceros (13) e copépodes (quatro táxons). Os rotíferos foram representados por dez famílias, sendo Brachionidae e Lecanidae as mais representativas, com 13 e 11 espécies, respectivamente. Já os cladóceros, foram distribuídos em oito famílias, destacando-se Chydoridae com quatro táxons. Os copépodes, por sua vez, foram representados pelas famílias Cyclopidae (com duas espécies) e Diaptomidae (duas espécies) (Apêndice 2).

Dos ambientes estudados, o rio Poti exibiu maior riqueza específica com 48 espécies, seguido do Parnaíba-Pós, com 34 e do Parnaíba-Pré com 32. Os maiores valores de riqueza foram observados no mês de fevereiro de 2018 para cladóceros, copépodes e rotíferos nos três ambientes, destacando-se o rio Poti com 40 espécies. Em todos os períodos, os rotíferos foram os que mais contribuíram para a riqueza de espécies, exceto no mês de maio para o Parnaíba-Pré (Figura 2).

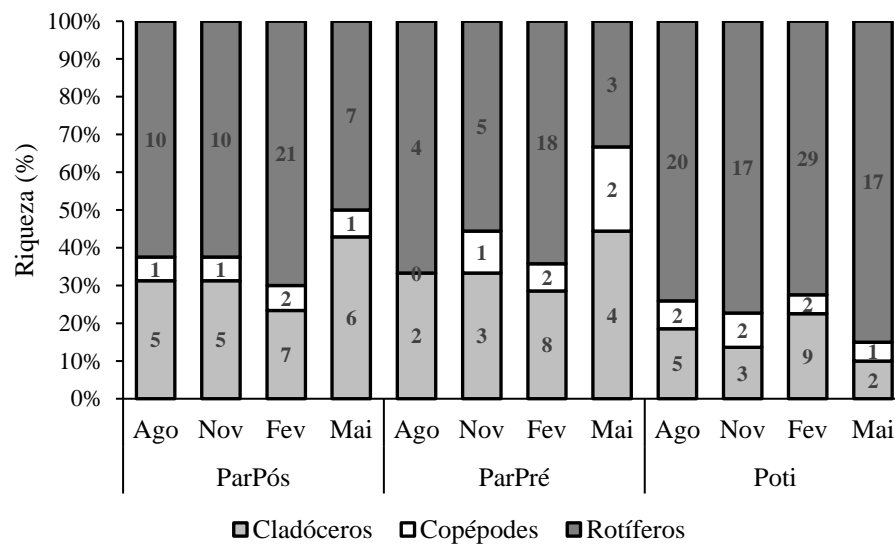


Figura 2. Riqueza total e relativa (%) de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba (Pré e Pós-encontro) e Poti para os meses de agosto e novembro de 2017 e fevereiro e maio de 2018

Em relação à abundância das espécies, os maiores valores foram observados em agosto/2017 no rio Poti para cladóceros (303.000 ind.m<sup>-3</sup>), copépodes (893.100 ind.m<sup>-3</sup>) e rotíferos (1.622.700 ind.m<sup>-3</sup>). Em contrapartida, os menores valores foram observados durante o período de novembro/2017 no Parnaíba-Pré: cladóceros (95 ind.m<sup>-3</sup>), copépodes (140 ind.m<sup>-3</sup>) e rotíferos (80 ind.m<sup>-3</sup>) (Tabela 1).

| Ambiente        | Período | Abundância (ind.m <sup>-3</sup> ) |           |           |
|-----------------|---------|-----------------------------------|-----------|-----------|
|                 |         | Cladóceros                        | Copépodes | Rotíferos |
| Parnaíba<br>Pós | Ago/17  | 10.125                            | 21.950    | 21.325    |
|                 | Nov/17  | 10.682                            | 140       | 24.874    |
|                 | Fev/18  | 20.910                            | 37.638    | 25.671    |
|                 | Mai/18  | 515                               | 865       | 25.671    |
| Parnaíba<br>Pré | Ago/17  | 205                               | 130       | 265       |
|                 | Nov/17  | 95                                | 140       | 80        |
|                 | Fev/18  | 3.568                             | 1.050     | 4.460     |
|                 | Mai/18  | 200                               | 1.050     | 40        |
| Poti            | Ago/17  | 303.000                           | 893.100   | 1.622.700 |
|                 | Nov/17  | 136.285                           | 481.381   | 573.521   |
|                 | Fev/18  | 6.237                             | 37.195    | 8.404     |
|                 | Mai/18  | 22.948                            | 42.700    | 181.079   |

Tabela 1. Abundância de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba (Pré e Pós encontro) e Poti para os meses de agosto e novembro de 2017 e fevereiro e maio de 2018

O índice de diversidade de Simpson revelou os maiores valores para o Parnaíba-Pré, durante o mês de fevereiro/18 (S = 9,62) e para o Parnaíba-Pós (S = 7,94) e Poti (S = 7,90) no mês de agosto/17. O Parnaíba-Pré apresentou maior variação na diversidade com valor mínimo de S = 4,09 em maio/2018, seguido do rio Poti com S = 3,7, em fevereiro/2018. Já o Parnaíba-Pós não apresentou grande variação na diversidade com valor mínimo

de  $S = 5,87$  em maio/2018. Dessa forma, o Parnaíba-Pré foi o ambiente com maior diversidade durante o mês de fevereiro enquanto o Poti foi o menos diverso neste mesmo período (Figura 3).

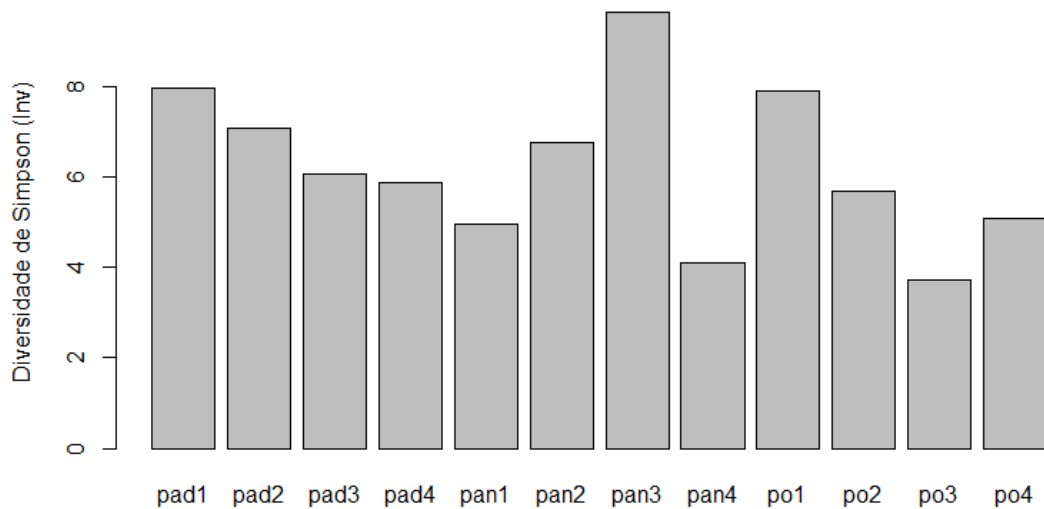


Figura 3. Diversidade de Simpson em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti durante o período de agosto de 2017 a maio de 2018. Pad = Parnaíba-Pós, Pan = Parnaíba-Pré e Po = Poti. Os números 1, 2, 3 e 4 referem-se à 1ª, 2ª, 3ª e 4ª coletas, respectivamente.

### 3.1 Composição de espécies e variáveis ambientais

A RDA revelou uma clara separação entre os rios em três setores distintos: Parnaíba-Pré, Parnaíba-Pós e Poti. O primeiro eixo da RDA representou 12,81% da proporção explicada da variância dos dados. Já o segundo eixo representou 8,61%, da proporção da variância. Os dois eixos juntos explicaram 21,41% da variação dos dados. O modelo global da RDA mostrou que as variáveis ambientais exerceram influência significativa sobre a composição de espécies nas assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti ( $F = 3,5034$  e  $p = 0,001$ ). Segundo o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) o total da variação na composição de espécies explicado pelas variáveis ambientais foi de 40,85% (Figura 4).

O rio Poti apresentou altos valores de nitrito ( $\text{NO}_2$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), fosfato ( $\text{PO}_4$ ), fósforo total (PT), condutividade, TDS e clorofila *a*. Por outro lado, o oxigênio dissolvido apresentou altos valores no rio Parnaíba, sendo este ambiente negativamente relacionado aos nutrientes fosforo e nitrogênio, à clorofila *a*, condutividade e temperatura. Além disso, foi observado que o setor Parnaíba-Pós sofreu influência do Poti. A RDA ilustra as variáveis que mais contribuíram na ordenação dos dados: nitrito, condutividade, oxigênio dissolvido, fosfato, clorofila *a* e amônia (Figura 4).

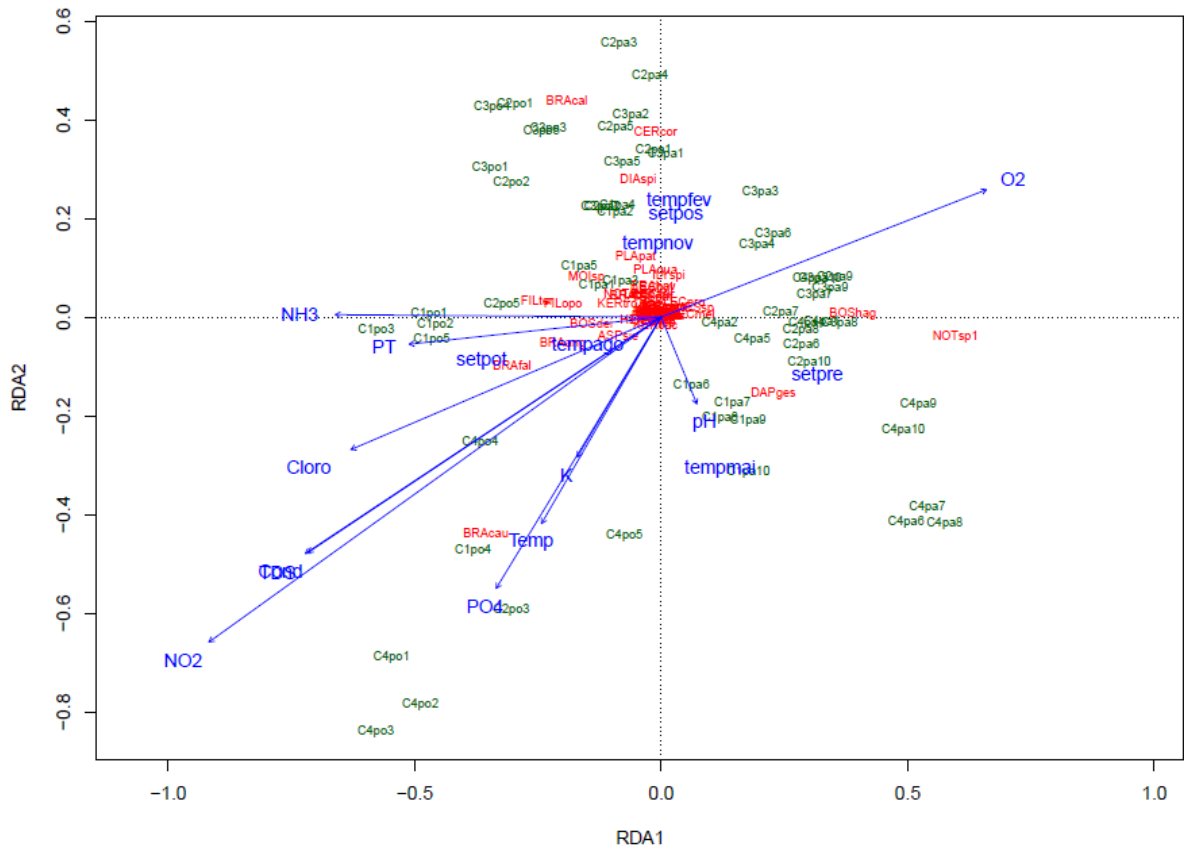


Figura 4. Análise de Redundância (RDA – Scaling 1) sobre a matriz de densidade de espécies em relação a matriz de variáveis ambientais. Amônia ( $NH_3$ ), nitrato ( $NO_2$ ), fósforo total (PT), fosfato ( $PO_4$ ), oxigênio dissolvido ( $O_2$ ), totais de sólidos dissolvidos (TDS), condutividade (Cond), coeficiente de atenuação vertical da radiação ( $k$ ), clorofila (Cloro), temperatura (Temp) pH. Teste global do resultado da RDA com 999 permutações: ( $F= 3,5034$   $p=0,001$  e  $R^2_{aj}=0,4085$ ). Os códigos vermelhos representam as espécies e os verdes os locais.

A distribuição das espécies no rio Poti esteve relacionada principalmente com as variáveis amônia, fósforo total, fosfato e temperatura da água, destacando-se as espécies *Brachionus caudatus*, *B. falcatus*, *B. angularis*, *B. calyciflorus*, *Asplanchna sieboldii*, *Filinia opolienses*, *F. terminalis* e *Bosminopsis deitersi*. Para o setor Parnaíba-Pré, observou-se a presença de *Notodiptomus sp1*, *Daphnia gessneri* e *Bosmina hagmani*, as quais estiveram associadas positivamente com as variáveis oxigênio dissolvido e pH e, negativamente, com nitrogênio, fósforo, clorofila *a* e condutividade. O setor Parnaíba-Pós, por sua vez, apresentou uma composição de espécies comuns ao Parnaíba-Pré e, principalmente, ao Poti, mostrando que o rio Poti exerce influência sobre esse setor. As espécies mais associadas com este setor foram *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma spinulosum* e *B. Calyciflorus* (Figura 4).

### 3.2 Diversidade beta nos ambientes (temporal)

A análise temporal da diversidade beta, a partir da matriz de dissimilaridade de Ruzicka, revelou altas taxas relativas para o componente Diferença de Abundância em todos os ambientes considerados. A maior taxa de DifA foi observada no Parnaíba-Pós (74,0%, Figura 5a), seguido do conjunto Parnaíba-Pré-Pós (73,8%, Figura 5d) e do Poti (71,9%, Figura 5c). Já o percentual de substituição foi baixo em todos os ambientes, atingindo valor máximo de 27,2% no Parnaíba-Pré. Logo, a diversidade beta temporal nas assembleias de cladóceros, copépodes

e rotíferos dos rios Parnaíba (Pré e Pós) e Poti foi determinada majoritariamente pelo componente Diferença de Abundância (Figura 5).

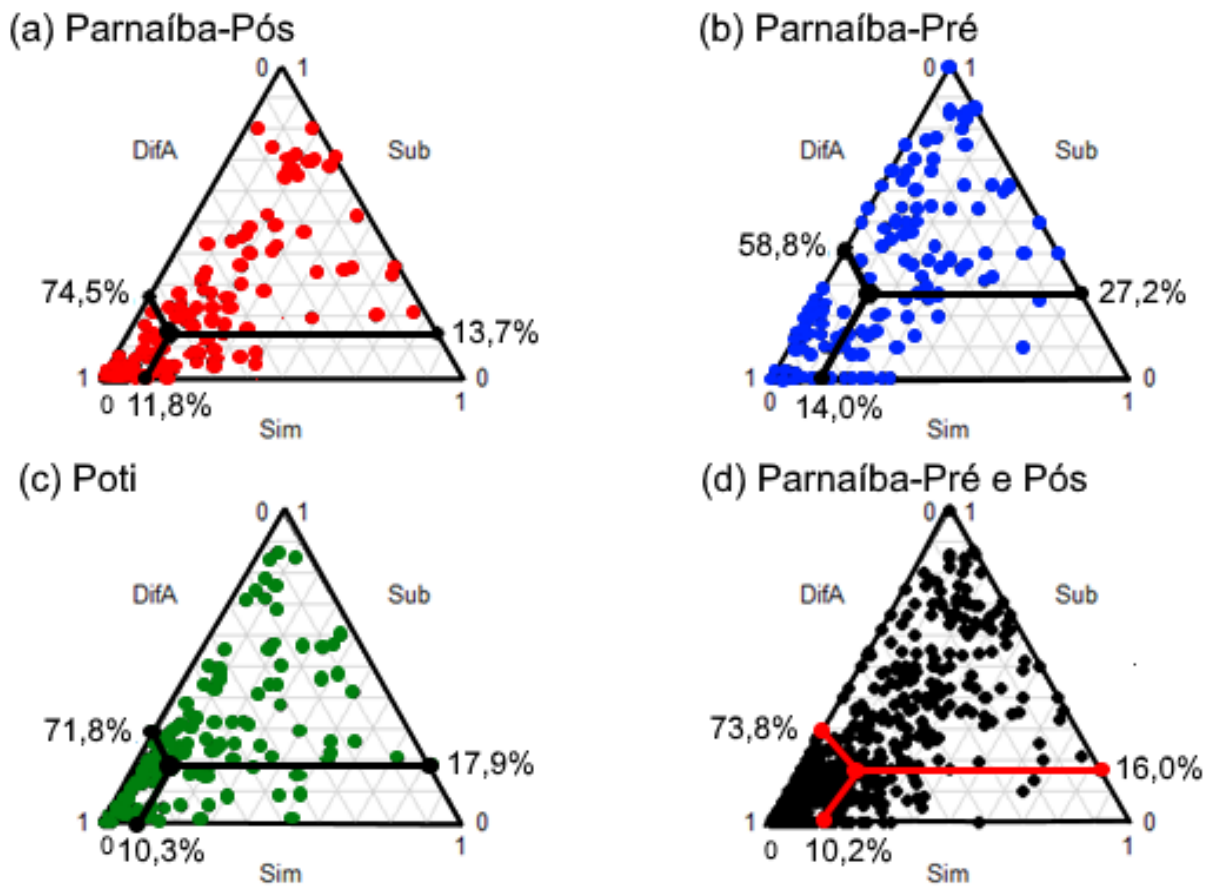


Figura 5. Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre sítios amostrados em cada ambiente (rios Parnaíba (Pré e Pós) e Poti) durante todo o período de estudo, mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta. O ponto preto no centro do gráfico representa o centroide dos pontos. Cada ponto colorido representa um par de locais, cuja posição é determinada pelos valores da similaridade (Sim), substituição (Sub) e diferença de abundância (DifA). Os pontos pretos nas arestas representam o percentual de cada componente. Valores de Sim, Sub e DifA baseados na matriz de dissimilaridade de Ruzicka.

As baixas taxas de substituição refletiram em altas taxas de aninhamento (componente complementar da substituição), que variaram de 72,8% no Parnaíba-Pré a 86,3% no Parnaíba-Pós (Tabela 2). Dessa forma, grande parte da composição de espécies das assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos encontram-se aninhadas em ambos os rios.

Como resultado dos altos valores de diferença de abundância e aninhamento, foram observadas altas taxas para a diversidade beta temporal, variando entre 86,0 e 89,8%, no Parnaíba-Pré e Poti, respectivamente. Por outro lado, a similaridade, componente complementar da diversidade beta, apresentou baixa importância relativa, variando entre 10,3 para o Poti e 14,0% para o Parnaíba-Pré (Figura 5 e Tabela 2).

| Setor/Período  | Sim  | Sub  | DifA | Beta<br>(DifR+Sub) | Aninhamento<br>(Sim+DifA) | Concordância<br>(Sim+Sub) |
|----------------|------|------|------|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Parnaíba-Pré   | 14,0 | 27,2 | 58,8 | 86,0               | 72,8                      | 41,2                      |
| Parnaíba-Pós   | 11,8 | 13,7 | 74,5 | 88,2               | 86,3                      | 25,5                      |
| Pós e Pré      | 10,2 | 16,0 | 73,8 | 89,8               | 84,0                      | 26,2                      |
| Poti           | 10,3 | 17,9 | 71,8 | 89,8               | 82,2                      | 28,2                      |
| Agosto/2017    | 6,6  | 5,3  | 88,0 | 93,3               | 94,6                      | 12,1                      |
| Novembro/2017  | 6,8  | 10,4 | 82,8 | 93,2               | 89,6                      | 17,2                      |
| Fevereiro/2018 | 14,9 | 15,6 | 69,5 | 85,1               | 84,4                      | 30,5                      |
| Mai/2018       | 12,2 | 15,2 | 72,5 | 87,7               | 84,7                      | 27,4                      |

Tabela 2. *Parcionamento da diversidade gama ( $\gamma$ ) em seus componentes aditivos para os rios Parnaíba e Poti durante o período de estudo. Valores obtidos a partir das matrizes de dissimilaridade de Jaccard e Sorensen para dados binários. Similaridade (Sim), Substituição (Sub), Diferença de Abundância (DifA), Beta (Diversidade beta).*

O teste de Homogeneidade de Dispersões Multivariadas mostrou diferença significativa para os padrões de Substituição ( $F = 8,180$  e  $p = 0,001$ ) e Diferença de Abundância ( $F = 5,243$  e  $p = 0,007$ ) entre os ambientes. O teste de Tukey, aplicado para verificar quais ambientes diferiram entre si, revelou que, em relação ao padrão de substituição, o Parnaíba-Pré diferiu de forma significativa do Parnaíba-Pós ( $p = 0,0014$ ) e do Poti ( $p = 0,0056$ ). Do mesmo modo, para a diferença de abundância, novamente o Parnaíba-Pré diferiu significativamente do Parnaíba-Pós ( $p = 0,011$ ) e do Poti ( $p = 0,036$ ).

| Componente              | Ambientes     | Valor P  |
|-------------------------|---------------|----------|
| Substituição            | Poti-ParPós   | 0,9097   |
|                         | ParPré-ParPós | 0,0014** |
|                         | ParPré-Poti   | 0,0056** |
| Diferença de Abundância | Poti-ParPós   | 0,9111   |
|                         | ParPré-ParPós | 0,0112*  |
|                         | ParPré-Poti   | 0,0359*  |

Tabela 3. *Teste de Tukey para verificar a quais ambientes diferem entre si quanto ao percentual de substituição e diferença de abundância.*

### 3.3 Diversidade beta entre os ambientes (espacial)

Assim como na análise temporal, a espacial mostrou baixas taxas de substituição de espécies e altas taxas de diferença de abundância. Para o primeiro componente, o seu menor percentual ocorreu no mês de agosto (5,3%) e atingiu seu valor máximo em fevereiro/18 (15,6%) (Figura 6). Dessa forma, a análise espacial da diversidade beta revelou alto aninhamento (84,4 a 94,6%) entre as assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos entre os ambientes. Foi observado, ainda, que as maiores taxas de diferenças de abundância e aninhamento ocorreram no período seco, referente aos meses de agosto e novembro/17 (Tabela 2).

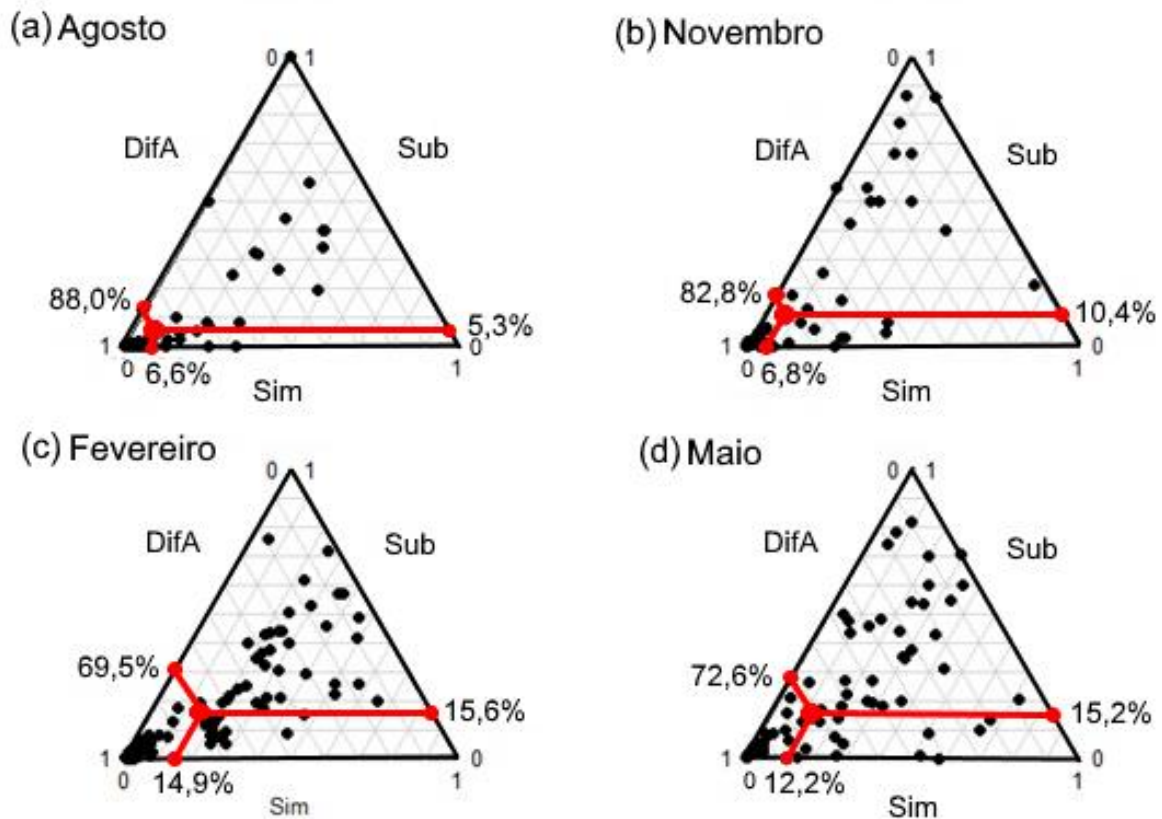


Figura 6. Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba (Pré e Pós) e Poti durante os meses de agosto/17, novembro/17, fevereiro/18 e maio/18 mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta. Cada ponto preto representa um par de locais e resulta de três valores (Sim, Sub e DifA) que juntos somam 1. O ponto vermelho no centro do gráfico representa o centroide dos pontos e os pontos vermelhos nas arestas representam os percentuais de cada componente. Os valores são baseados nas matrizes de dissimilaridade de Ruzicka.

A diversidade beta espacial apresentou altos percentuais, sendo maior nos períodos de agosto/17 (93,2%) e novembro/17 (93,2%), isto é, no período seco. Como consequência, a similaridade apresentou valores muito baixos, variando de 6,6%, em agosto/17, a 14,9%, em fevereiro/18.

O Teste de Homogeneidade de Dispersões Multivariadas apresentou diferença significativa para o padrão de substituição de espécies entre os períodos ( $F = 4,714$  e  $p = 0,009$ ). O teste de Tukey evidenciou que o mês de agosto/17 diferiu significativamente dos meses de novembro/17 ( $p = 0,005$ ) e maio/18 ( $p = 0,023$ ) (Tabela 4).

| Ambientes | Valor P  |
|-----------|----------|
| Fev-Ago   | 0,1919   |
| Mai-Ago   | 0,0239*  |
| Nov-Ago   | 0,0053** |
| Mai-Fev   | 0,7951   |
| Nov-Fev   | 0,4517   |
| Nov-Mai   | 0,9361   |

Tabela 4 – Teste de Tukey para verificar quais períodos diferem entre si quanto ao percentual de substituição de espécies entre os rios Parnaíba e Poti.

O teste de Mantel mostrou forte correlação entre a matriz ambiental e a diferença de abundância ( $r = 0,2337$  e  $P < 0,001$ ) entre os rios. Do mesmo modo, a diversidade  $\beta$  também foi fortemente correlacionada com as variáveis ambientais ( $r = 0,2962$  e  $P < 0,001$ ) (Tabela 5).



| Componente              | r       | Valor P |
|-------------------------|---------|---------|
| Similaridade            | -0,2962 | 1       |
| Substituição            | -0,1505 | 1       |
| Diferença de Abundância | 0,2337  | <0,001  |
| Diversidade beta        | 0,2962  | <0,001  |

Tabela 5. Teste de Mantel entre a matriz de dados ambientais e as matrizes de similaridade, substituição, diferença de abundância e diversidade beta para os rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina. Teste realizado a partir do coeficiente de Ruzicka com 999 permutações.

### 3.4 Índice de espécies indicadoras (IndVal)

O Índice de espécies indicadoras apontou 23 táxons com valores significativos para indicação, sendo 16 táxons de rotíferos, 4 de cladóceros e 3 de copépodes. Foram encontradas 16 espécies indicadoras apenas para o Poti, 6 para os ambientes Parnaíba-Pós e Poti, e 1 para os ambientes Parnaíba-Pós e Pré. Considerando-se o rio Poti, a maioria das espécies indicadores foram do grupo dos rotíferos, destacando-se *Brachionus caudatus*, *Filinia terminalis* e *B. falcatus*. Considerando-se os ambientes Parnaíba-Pós e Poti, os maiores índices foram observados para os táxons *Moina* sp. e *B. calyciflorus*. Já para os setores Parnaíba-Pré e Pós, apenas *Notodiptomus* sp1 apresentou IndVal significativo (Tabela 6).

| Táxon                          | Ambiente     | A      | B      | IndVal | I.C.        | Valor P |
|--------------------------------|--------------|--------|--------|--------|-------------|---------|
| <i>Brachionus caudatus</i>     |              | 0,9987 | 0,9474 | 0,973  | 0,907-1,000 | 0,001   |
| <i>Filinia terminalis</i>      |              | 0,9748 | 0,9474 | 0,961  | 0,865-0,999 | 0,001   |
| <i>Brachionus falcatus</i>     |              | 0,9817 | 0,8421 | 0,909  | 0,787-0,985 | 0,001   |
| <i>Brachionus angularis</i>    |              | 0,9822 | 0,7895 | 0,881  | 0,759-0,968 | 0,001   |
| <i>Asplanchna sieboldii</i>    |              | 0,9886 | 0,7368 | 0,853  | 0,703-0,949 | 0,001   |
| <i>Keratella tropica</i>       |              | 0,9884 | 0,6316 | 0,790  | 0,635-0,912 | 0,001   |
| <i>Filinia opolienses</i>      |              | 0,9841 | 0,6316 | 0,788  | 0,589-0,907 | 0,001   |
| <i>Brachionus dolabratus</i>   | Poti         | 0,9412 | 0,5789 | 0,738  | 0,536-0,884 | 0,001   |
| <i>Mesocyclops</i> sp.         |              | 0,9812 | 0,5263 | 0,719  | 0,518-0,857 | 0,003   |
| <i>Notodiptomus</i> sp2        |              | 1,0000 | 0,4211 | 0,649  | 0,447-0,798 | 0,001   |
| <i>Keratella cochlearis</i>    |              | 0,9804 | 0,3684 | 0,601  | 0,363-0,767 | 0,001   |
| <i>Polyarthra dolicoptera</i>  |              | 0,9994 | 0,2105 | 0,459  | 0,212-0,649 | 0,014   |
| <i>Filinia saltator</i>        |              | 0,9853 | 0,2105 | 0,455  | 0,000-0,632 | 0,025   |
| <i>Hexarthra</i> sp1           |              | 0,9567 | 0,2105 | 0,449  | 0,154-0,627 | 0,032   |
| <i>Brachionus bidentata</i>    |              | 1,0000 | 0,1579 | 0,397  | 0,000-0,577 | 0,027   |
| <i>Hexarthra</i> sp2           |              | 1,0000 | 0,1579 | 0,397  | 0,000-0,577 | 0,036   |
| <i>Moina</i> sp.               |              | 0,9953 | 0,9231 | 0,959  | 0,880-0,990 | 0,001   |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> |              | 0,9990 | 0,8462 | 0,919  | 0,709-0,961 | 0,001   |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i>    | Parnaíba-Pós | 0,9592 | 0,6923 | 0,815  | 0,301-0,798 | 0,001   |
| <i>Diaphanosoma spinulosum</i> | e Poti       | 0,9974 | 0,5897 | 0,767  | 0,330-0,871 | 0,025   |
| <i>Plationus patulus</i>       |              | 0,9669 | 0,4359 | 0,649  | 0,255-0,750 | 0,011   |
| <i>Bosminopsis deitersi</i>    |              | 0,9999 | 0,2821 | 0,531  | 0,264-0,685 | 0,046   |
| <i>Notodiptomus</i> sp1        | Pós e Pré    | 0,992  | 0,725  | 0,848  | 0,720-0,930 | 0,001   |

Tabela 6. Índices de espécies indicadoras (IndVal) para os rios Poti e Parnaíba (Pré e Pós encontro) no perímetro urbano de Teresina-PI. Intervalos de confiança obtidos por meio de reamostragem bootstrap (999 permutações). A = Especificidade, B = Fidelidade, I.C. = Intervalo de Confiança. A tabela mostra apenas valores significativos para o IndVal.

#### 4. Discussão

Os rios Parnaíba e Poti apresentam características distintas em relação aos seus componentes abióticos. Os maiores valores para as variáveis ambientais no Poti decorrem da maior carga de esgotos lançada neste ambiente a partir de diversas fontes na cidade de Teresina. Este ambiente tem seu fluxo barrado pelo rio Parnaíba no encontro dos rios. Consequentemente, há um acúmulo de nutrientes, em toda a extensão urbana do rio Poti, que por sua vez, promove o aumento da produtividade primária, interferindo diretamente na distribuição das espécies.

Por outro lado, o rio Parnaíba apresenta maior volume de água levando toda a carga de nutrientes lançada em seu leito. Além disso, o fluxo dinâmico de suas águas aumenta a concentração de oxigênio dissolvido que, juntamente com a sua turbidez decorrente do sedimento arenoso, interferem na penetração de luz e, consequentemente, na produção primária, criando-se, assim, um ambiente distinto do rio Poti.

Entre os grupos estudados, Rotifera foi o que exibiu maior riqueza específica em todos os setores (Figura 2). Este fato foi, também, observado em vários outros estudos com a comunidade zooplancônica em ambientes aquáticos do semiárido (Melo et al. 2014, Lucena et al. 2015, Picapedra et al. 2016). Isto acontece por que este grupo possui, em geral, organismos oportunistas com hábito alimentar diversificado, que se adaptam facilmente aos mais diversos tipos de ambientes, além de apresentarem rápida colonização e ocuparem uma ampla variedade de nichos ecológicos (Pourriot et al. 1997, Lucena et al. 2015).

As famílias mais representativas entre os rotíferos foram Brachionidae e Lecanidae. A dominância dessas duas famílias pode ser resultado da sua plasticidade em relação às características ambientais e da disponibilidade de alimento (Picapedra et al. 2016). Brachionidae é um dos táxons mais importantes de rotíferos e a maioria de suas espécies pertence ao plâncton (Almeida et al. 2006). Já Lecanidae consiste de organismos bentônicos e/ou perifíticos, que ocasionalmente migram para o plâncton.

Em relação à abundância, os maiores valores foram registrados no rio Poti durante o período seco para os três grupos, especialmente para os rotíferos. Isto pode ser explicado, mais uma vez, pela alta concentração de nutrientes que promove a disponibilidade de recursos alimentares (Esteves & Sendacz 1988, Brito et al. 2011, Picapedra et al. 2016) presente no ambiente nesta época do ano. Do contrário, os menores valores registrados no Parnaíba-Pré resultam de uma menor concentração de nutrientes, e consequentemente, de uma menor produção primária, que limita o crescimento das populações zooplancônicas. Já no período chuvoso, a homogeneização ambiental, reduz as diferenças nas variáveis ambientais, provocando uma redução nas abundâncias do Poti e o aumento das abundâncias para os setores do rio Parnaíba.

Esteves & Sendacz (1988) e Brito et al. (2011) afirmam que o aumento da biomassa do zooplâncton, junto às mudanças em sua composição e densidade, está relacionado geralmente ao grau de trofia da água, isto é, à concentração de nutrientes, e sugere que o avanço do grau de eutrofização pode levar a uma maior disponibilidade de recursos alimentares.

Em relação a diversidade de Simpson, o setor Parnaíba-Pós apresentou menores variações, devido a riqueza e abundância equilibradas. A maior diversidade do Parnaíba-Pré em fevereiro resulta de um aumento na riqueza e da equitatividade na distribuição das abundâncias das espécies (Magurran 2013).

As altas taxas observadas tanto para a diversidade beta quanto para a diferença de abundância e para o aninhamento resultam da variação ambiental entre os sítios que compõem o gradiente. As condições ambientais são determinantes no estabelecimento das espécies em cada sítio, favorecendo ou limitando a sua distribuição

(Heino et al. 2015), o que interfere diretamente em suas densidades populacionais e, conseqüentemente, originam as diferenças de abundância (Dantas-Silva & Dantas 2013).

Os altos valores de diversidade beta no período seco são decorrentes da heterogeneidade de fatores ambientais e bióticos nos rios. Nesta época do ano, o baixo volume de água nos rios Parnaíba e Poti contribui para o surgimento de coroas de areia, no primeiro, e afloramentos rochosos, no segundo, que promovem o surgimento de áreas de retenção de água, criando ambientes distintos e isolados no interior dos rios. Este conjunto de habitats diferenciados contribuem, portanto, para uma alta heterogeneidade ambiental e biótica no período seco, resultando, assim, no aumento da diversidade beta. De modo contrário, no período chuvoso, o aumento do volume de águas promove a conectividade entre os diversos habitats anteriormente isolados, tornando as condições bióticas e abióticas homogêneas nos rios, levando à redução da diversidade beta.

Este fenômeno de redução da diversidade beta em períodos de cheia foi observado várias vezes em rios com sistema de planície de inundação (Bonecker et al. 2005, Thomaz et al. 2007, Bozelli et al. 2015). Levando-se em consideração que os rios Parnaíba e Poti não apresentam sistemas de planície de inundação, sugere-se que o surgimento de habitats isolados dentro do próprio canal dos rios tenha sido o responsável pela variação da diversidade beta entre o período seco e chuvoso nestes ambientes.

O teste de homogeneidade de dispersões multivariadas apresentou diferenças significativas entre os setores Poti e Parnaíba-Pré e entre Parnaíba-Pós e Pré no tocante aos padrões temporais de substituição e diferença de abundância. Isto pode ser explicado pela variação ambiental presente nesses ecossistemas ao longo do período estudado (Heino et al. 2015).

A diferença no padrão desses componentes entre o Parnaíba-Pós e Pré pode ser explicada pela influência que o Poti exerce no Parnaíba-Pós devido o encontro dos rios. Dessa forma, o Parnaíba-Pós torna-se mais semelhante ao Poti do que a sua porção anterior ao encontro dos rios ocasionado diferença nos padrões entre Parnaíba-Pós e Pré.

O teste de homogeneidade de dispersões multivariadas mostrou, ainda, que os meses de novembro e maio/18 diferiram significativamente do mês de agosto/17 em relação ao padrão de substituição (Tabela 4). As diferenças entre novembro e agosto podem ser resultantes da intensidade da escassez de chuvas em novembro, que pode ter favorecido a substituição. Já o mês de maio difere de agosto por apresentar alto volume de água nos rios em função das chuvas, condição bastante diferente da encontrada em agosto.

No tocante à relação da diversidade beta e de seus componentes com as variáveis ambientais, o teste de mantel apresentou correlações significativas apenas para a diferença de abundância e para a diversidade beta (Tabela 5). Além disso, a RDA mostrou que 40,85% da composição das espécies sofre influência das variáveis ambientais. A RDA revelou que o fósforo, o nitrogênio, a clorofila e a condutividade elétrica foram importantes em determinar a composição das espécies de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti. Assim, a variação na composição das espécies nos rios Parnaíba e Poti sofre o efeito do filtro ambiental, mecanismo conhecido como alocação de espécies (*species sorting*).

Esse mecanismo assume que a distribuição das espécies entre os vários sítios que compõem a metacomunidade é determinada pela variação ambiental (Leibold et al. 2004, Melo et al. 2012, Heino et al. 2015). Nesse processo, as taxas de dispersão são equilibradas, sendo suficientes apenas para que as espécies colonizem os ambientes aos quais estão bem adaptadas, não sendo suficientes para mascarar a ação do filtro ambiental (Leibold et al. 2004, Melo et al. 2012, Heino et al. 2015, Braga et al. 2017).

A alocação de espécies e a dispersão são fenômenos importantes, que competem entre si, na estruturação das comunidades, variando de acordo com a escala espacial (Heino et al. 2015, Xiong et al. 2017). Um modelo proposto por Heino et al. (2015) sugere que para sistemas lóticos a alocação de espécies é predominante em estruturar comunidades em escalas intermediárias (e.g. bacias hidrográficas), onde as taxas de dispersão não são tão altas nem tão baixas, permitindo às espécies seguirem o filtro ambiental. Por outro lado, em menor escala geográfica (e.g. rios), espera-se que a dispersão tenha um efeito predominante na estruturação das comunidades, uma vez que tende a ser mais alta nestes ambientes, mascarando a ação do filtro ambiental e causando, assim, uma homogeneização na comunidade.

Dessa forma, esperava-se que a dispersão fosse predominante em determinar a estrutura das assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti, mascarando a ação das variáveis ambientais. No entanto, a alta carga de nutrientes nestes ambientes, decorrente de distúrbios antropogênicos, pode ter fortalecido o efeito da filtragem ambiental (alocação de espécies). Além disso, as ilhas de areia e afloramentos rochosos dentro do canal dos rios podem ter limitado a dispersão das espécies, uma vez que reduzem a conexão entre os vários habitats no interior dos rios.

Esse resultado está de acordo com Xiong et al. (2017) que, testando o efeito da dispersão e da alocação de espécies zooplancônicas em um rio do norte da China, observaram que a alocação de espécies causada pela poluição foi o mecanismo predominante na determinação da estrutura da comunidade zooplancônica.

O índice de espécies indicadoras (IndVal) identificou 16 espécies indicadoras para o rio Poti. Estas espécies apresentaram altas especificidades (A), isto é, foram espécies características deste ambiente. Os táxons apresentados como indicadores são em sua maioria rotíferos e apontam para um ambiente com alto grau de trofia, o que é confirmado pelas altas concentrações de fósforo, nitrogênio, clorofila *a*, turbidez biogênica e elevada condutividade neste ambiente durante todos os períodos estudados.

De modo geral, os rotíferos são animais bem adaptados a altos graus de poluição, apresentando alta diversidade e abundância neste tipo de ambiente (Almeida et al. 2012). As espécies do gênero *Brachionus* e o táxon *Keratella tropica*, por exemplo, tem sido mencionados como bons indicadores de ambientes eutróficos (Ejsmont-Karabin 2012, Almeida et al. 2012, Oliveira et al. 2015). No presente estudo, quatro espécies do gênero *Brachionus* e o táxon *Keratella tropica*, entre outros, foram identificados como indicadores no rio Poti.

Considerando o grupo Parnaíba-Pós e Poti, foram observadas a presença de algumas espécies de cladóceros como indicadores de estado trófico (*Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma spinulosum*, *Moina* sp. e *Bosminopsis deitersi*). Um estudo realizado por Vieira et al. (2011) mostrou que *Ceriodaphnia cornuta*, por exemplo, desenvolve-se bem em ambientes com condições tróficas moderadas. *Diaphanosoma spinulosum* desenvolveu-se melhor em baixas concentrações de nutrientes (Vieira et al. 2011). Já o gênero *Moina* tem preferência por ambientes eutróficos (Paranaguá et al. 2005, Vieira et al. 2011). *Bosminopsis deitersi*, por sua vez, é comumente presente em ambientes oligotróficos a mesotróficos (Sampaio et al. 2002, Pedrozo & Rocha 2005).

De modo geral, as espécies indicadoras revelam que o rio Poti possui elevado grau de trofia, ao contrário do setor Parnaíba-Pré, que apresenta menor grau de trofia. O setor Parnaíba-Pós parece ter grau de trofia intermediário entre o Poti e o Parnaíba-Pré, o que é confirmado pela semelhança biótica e abiótica que este setor possui com o rio Poti. Desse modo, a presença de espécies indicadoras no grupo Parnaíba-Pós/Poti indicam que, apesar de suas preferências tróficas, elas podem habitar desde ambientes com grau de trofia moderado (setor Parnaíba-Pós) até ambientes eutróficos (setor Poti).

Com base nos resultados observados, o estudo dos padrões de diversidade beta em assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina permitiu as seguintes conclusões:

a) os rios Parnaíba e Poti diferem quanto as variáveis ambientais e quanto à distribuição das espécies. No entanto, o rio Poti exerce forte influência sobre o setor Parnaíba-Pós, tornando-o mais semelhante ao Poti do que ao Parnaíba-Pré em termos de composição de espécies.

b) As variáveis ambientais exercem forte influência sobre a diversidade beta e sobre a composição das espécies no rio Parnaíba e Poti, sendo esse efeito potencializado pela alta carga de poluição lançada nesses ambientes.

c) A heterogeneidade ambiental aumenta a diversidade beta no período seco. Por outro lado, no período chuvoso a homogeneização ambiental e biótica nos rios, causada pelo aumento do nível das águas, reduz a diversidade beta. A diferença de abundância é o componente mais importante na determinação da diversidade beta, enquanto a substituição de espécies é baixa, refletindo, assim, um alto padrão de aninhamento entre as assembleias zooplanctônicas.

d) O índice de valor indicador das espécies sugere que o rio Poti apresenta elevado grau de trofia, sendo, portanto, um ambiente eutrofizado. Já o rio Parnaíba possui baixo grau de trofia antes do encontro dos rios, sendo este grau mais elevado no setor pós-encontro, em virtude da influência que sofre pelo rio Poti.

Este é o primeiro estudo sobre o parcelamento da diversidade beta em assembleias zooplanctônicas para os rios Parnaíba e Poti, fornecendo um entendimento inicial desses padrões e dos mecanismos que estruturam as assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos nestes ambientes. O alto número de espécies indicadoras aponta para uma condição de degradação ambiental e para a necessidade de se adotar estratégias de preservação que contribuam para a manutenção da alta diversidade encontrada nestes ecossistemas. Uma estratégia importante seria a utilização dessas espécies bioindicadoras como uma ferramenta no biomonitoramento dos rios Parnaíba e Poti, detectando-se áreas que requerem maior atenção quanto ao lançamento de esgotos nesses ambientes, o que contribui para uma melhoria no saneamento na cidade de Teresina.

## **AGRADECIMENTOS**

À Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa ao primeiro autor. Aos professores Me. Leonardo Leoncio Ribeiro (UESPI), Dr. Fábio Amodêo Lansac Toha (UEM/PR), Dr<sup>a</sup>. Lourdes Maria Abdu El-moor Loureiro (UCB/DF) e Dr. Gilmar Perbiche-Neves (UFSCar) pelo auxílio na identificação das espécies.

## **REFERÊNCIAS**

- ANDERSON, M. J. 2006. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62: 245–253.
- ALMEIDA, V.L.S., LARRAZÁBAL, M.E.L. de, MOURA, A. do N. & MELO JÚNIOR, M. de. 2006. Rotifera das zonas limnética e litorânea do reservatório de Tapacurá, Pernambuco, Brasil. *Iheringia. Série Zool.* 96(4):445–451.
- ALMEIDA, V.L.S., MELÃO, M. da G.G. & MOURA, A.N. 2012. Plankton diversity and limnological characterization in two shallow tropical urban reservoirs of Pernambuco State, Brazil. *An. Acad. Bras.*

- Cienc. 84(2):537–550.
- APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation. 20 ed. Washington, DC.
- BASELGA, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 19(1):134–143.
- BISHOP, T.R., ROBERTSON, M.P., VAN RENSBURG, B.J. & PARR, C.L. 2015. Contrasting species and functional beta diversity in montane ant assemblages. *J. Biogeogr.* 42(9):1776–1786.
- BŁĘDZKI, L.A. & RYBAK, J.I. 2016. Freshwater crustacean zooplankton of Europe: Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) Key to species identification. Springer International Publishing, Switzerland.
- BONECKER, C.C., COSTA, C.L. Da, VELHO, L.F.M. & LANSAC-TÔHA, F.A. 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.
- BORCARD, D., GILLET, F. & LEGENDRE, P. 2018. Numerical Ecology with R. Springer International Publishing, Cham.
- BOTTRELL, H.H., DUNCAN, A., GLIWICZ, Z.M., GRYGIEREK, E., HERZIG, A., HILLBRICHT-ILKOWSKA, A., KUROSAWA, H., LARSSON, P. & WEGLENSKA, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norway Journal Zoology* 24: 419-456.
- BOZELLI, R.L., THOMAZ, S.M., PADIAL, A.A., LOPES, P.M. & BINI, L.M. 2015. Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. *Hydrobiologia* 753(1):233–241.
- BRAGA, C., OLIVEIRA, J.A. de & CERQUEIRA, R. 2017. Metacomunidades: uma introdução aos termos e conceitos. *Oecologia Aust.* 21(2):108–118.
- BRAGHIN, L. de S.M., ALMEIDA, B. de A., AMARAL, D.C., CANELLA, T.F., GIMENEZ, B.C.G. & BONECKER, C.C. 2018. Effects of dams decrease zooplankton functional  $\beta$ -diversity in river-associated lakes. *Freshw. Biol.* 63(7):721–730.
- BRASIL. MMA-Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. 2006. Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba. Brasília: MMA. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/161/\\_publicacao/161\\_publicacao03032011023605.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023605.pdf). Acesso em: 11 de Fev. 2019.
- BRITO, S.L., MAIA-BARBOSA, P.M. & PINTO-COELHO, R.M. 2011. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. *Lakes Reserv. Res. Manag.* 16(4):253–264.
- CARVALHO, J.C., CARDOSO, P. & GOMES, P. 2012. Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 21(7):760–771.
- CETESB, C.A. do E. de S.P. 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. CETESB, São Paulo.
- DANTAS-SILVA, L.T. & DANTAS, Ê.W. 2013. Zooplankton (rotifera, cladocera and copepoda) and the eutrophication in reservoirs from northeastern Brazil. *Oecologia Aust.* 17(2):243–248.
- DRAY, S., BAUMAN, D., BLANCHET, G., BORCARD, D., CLAPPE, S., GUENARD, G., JOMBART, T., LAROCQUE, G., LEGENDRE, P., MADI, N. & WAGNER, H.H. 2018. adespatial: Multivariate Multiscale Spatial Analysis. R package version 0.3-2. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=adespatial>.

- EJSMONT-KARABIN, J. 2012. The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: Rotifer trophic state index. *Polish J. Ecol.* 60(2):339–350.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 1997. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Editora Universa, Universidade Católica de Brasília.
- ESTEVES, F.A. & MEIRELLES-PAREIRA, F. 2011. Eutrofização artificial. In *Fundamentos de Limnologia* (F. de A. ESTEVES, ed.) Interciência, Rio de Janeiro, p.625–656.
- ESTEVES, K.E. & SENDACZ, S. 1988. Relações entre a biomassa do zooplâncton e o estado trófico de reservatórios do Estado de São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia. Acta Limnol. Bras.* 11587–604.
- FERNANDES, V.O. & ESTEVES, F.A. 2011. Comunidade perifítica. In *Fundamentos de Limnologia* (F. A. FERNANDES, V.O.; ESTEVES, ed.) Interciência, Rio de Janeiro, p.447–460.
- GASTON, K.J. & BLACKBURN, T.M., eds. 2000. *Pattern and Process in Macroecology*. Blackwell Science Ltd, Malden, MA, USA.
- GAZONATO NETO, A.J., SILVA, L.C. da, SAGGIO, A.A. & ROCHA, O. 2014. Zooplankton communities as eutrophication bioindicators in tropical reservoirs. *Biota Neotrop.* 14(4):.
- GAZULHA, V. 2012. *Zooplâncton Límnico: manual ilustrado*. 1 ed. Technical Books.
- GIANUCA, A.T., ENGELEN, J., BRANS, K.I., HANASHIRO, F.T.T., VANHAMEL, M., VAN DEN BERG, E.M., SOUFFREAU, C. & MEESTER, L. De. 2018. Taxonomic, functional and phylogenetic metacommunity ecology of cladoceran zooplankton along urbanization gradients. *Ecography (Cop.)*. 41(1):183–194.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. 1978. *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Water*. Blackwell Scientific Publications., Oxford.
- HARRISON, S., ROSS, S.J. & LAWTON, J.H. 1992. Beta Diversity on Geographic Gradients in Britain. *J. Anim. Ecol.* 61(1):151.
- HEINO, J., MELO, A.S. & BINI, L.M. 2015. Reconceptualising the beta diversity-environmental heterogeneity relationship in running water systems. *Freshw. Biol.* 60(2):223–235.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Teresina: panorama. Disponível em: 619 <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>. Acesso em: 9 de Fev. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Acervo dos municípios brasileiros. 621 Disponível em: < <http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=441903> >. 622 Acesso em: 09 de Fev. de 2019.
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106(1):110–127.
- LEIBOLD, M.A., HOLYOAK, M., MOUQUET, N., AMARASEKARE, P., CHASE, J.M., HOOPES, M.F., HOLT, R.D., SHURIN, J.B., LAW, R., TILMAN, D., LOREAU, M. & GONZALEZ, A. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecol. Lett.* 7(7):601–613.
- LENNON, J.J., KOLEFF, P., GREENWOOD, J.J.D. & GASTON, K.J. 2001. The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale. *J. Anim. Ecol.* 70(6):966–979.
- LIMA, I.M. de M.F., OLIVEIRA, A.L.A. de, FÉ, C.A. de M., MENDES, M.G.M. & CARVALHO, J.H. de. 2015. Diagnósticos e cenários: Meio Ambiente. 28p. <http://www.teresina.pi.gov.br/portalmpt/orgao/SEMPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf> > Acesso em 11 de Fev. 2019.
- LUCENA, L.C.A., MELO, T.X. de & MEDEIROS, E.S.F. 2015. Zooplankton community of Parnaíba River,

- Northeastern Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 27(1):118–129.
- MAGURRAN, A.E. 2013. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Oxford.
- MARINHO, C.C., FONSECA, A.L.D.S. & ESTEVES, F.D.A. 2017. Impactos antrópicos nas lagoas costeiras do norte do estado do Rio de Janeiro: uma revisão sobre a eutrofização artificial e gases de efeito estufa. *Rev. Bras. Pós-Graduação* 13(32):.
- MELO, A.S., SCHNECK, F., HEPP, L.U., SIMÕES, N.R., SIQUEIRA, T. & BINI, L.M. 2012. Focusing on variation: methods and applications of the concept of beta diversity in aquatic ecosystems. *Acta Limnol. Bras.* 23(3):318–331.
- MELO, T.X. de, LOURENÇO, L. de J.S. & MEDEIROS, E.S.F. 2014. Checklist of zooplankton from the upper Ipanema River (Pernambuco), an intermittent river in semi-arid Brazil. *Check List* 10(3):524–528.
- NOGRADY, T. & SEGERS, H. 2002. The Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodinidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae. *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*. Backhuys Publishers, Leiden.
- OKSANEN J., BLANCHET, F.G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H. & SZOECES, E., WAGNER, H. 2018. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-3. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- OLIVEIRA, T.B., SILVA, T.A. & TERRA NOVA, L.S. 2015. Rotíferos como indicadores da qualidade de água em cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) com utilização de águas salobras. *Acta Fish. Aquat. Resour.* 3(1):65–76.
- PARANAGUÁ, M.N., NEUMANN-LEITÃO, S., NOGUEIRA-PARANHOS, J.D., SILVA, T.A. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2005. Cladocerans (Branchiopoda) of a tropical estuary in Brazil. *Brazilian J. Biol.* 65(1):107–115.
- PEDROZO, C.S. & ROCHA, O. 2005. Zooplankton and water quality of lakes of the Northern Coast of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 17(4):445–459.
- PELÁEZ, O.E., AZEVEDO, F.M. & PAVANELLI, C.S. 2017. Environmental heterogeneity explains species turnover but not nestedness in fish assemblages of a Neotropical basin. *Acta Limnol. Bras.* 29.
- PENHA, J., LANDEIRO, V.L., ORTEGA, J.C.G. & MATEUS, L. 2017. Interchange between flooding and drying, and spatial connectivity control the fish metacommunity structure in lakes of the Pantanal wetland. *Hydrobiologia* 797(1):115–126.
- PERBICHE-NEVES, G. 2011. Copépodes planctônicos (Crustacea, Calanoida e Cyclopoida) em reservatórios e trechos lóticos da bacia do Rio da Prata (Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai) : taxonomia, distribuição geográfica e alguns atributos ecológicos. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu.
- PICAPEDRA, P.H.S., FERNANDES, C. & LANSAC-TÔHA, F.A. 2016. Zooplankton community in the Upper Parnaíba River (Northeastern, Brazil). *Brazilian J. Biol.* 77(2):402–412.
- PODANI, J., RICOTTA, C. & SCHEMERA, D. 2013. A general framework for analyzing beta diversity, nestedness and related community-level phenomena based on abundance data. *Ecol. Complex.* 15:52–61.
- PODANI, J. & SCHEMERA, D. 2011. A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence - absence data. *Oikos* 120(11):1625– 1638.
- POURRIOT, R., ROUGIER, C. & MIQUELIS, A. 1997. Origin and development of river zooplankton: example of the Marne. *Hydrobiologia* 345(2/3):143–148.
- PROVETE, D.B., SILVA, F.R. & SOUZA, T.G. 2011. *Estatística aplicada à ecologia usando o R*. 122.



- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REID, J.W. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bol. Zool.* 9(9):17–143.
- ROCHA, A.P.B., DANTAS, E.M., MORAIS, I.R.D. & OLIVEIRA, M.S. 2010. Geografia do Nordeste. 2 ed. EDUFRN, Natal.
- SAMPAIO, E. V., ROCHA, O., MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G. 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazilian J. Biol.* 62(3):525–545.
- SEGERS, H. 1995. Rotifera 2: The Lecanidae Monogononta (Guides to the Identification of Microinvertebrates of the Continental Waters of the World Series ; Vol 6). Balogh Scientific Books.
- 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.
- TUOMISTO, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography (Cop.)*. 33(1):2–22.
- VIANA, D.S., FIGUEROLA, J., SCHWENK, K., MANCA, M., HOBAEK, A., MJELDE, M., PRESTON, C.D., GORNALL, R.J., CROFT, J.M., KING, R.A., GREEN, A.J. & SANTAMARÍA, L. 2016. Assembly mechanisms determining high species turnover in aquatic communities over regional and continental scales. *Ecography (Cop.)*. 39(3):281–288.
- VIEIRA, A.C.B., MEDEIROS, A.M.A., RIBEIRO, L.L. & CRISPIM, M.C. 2011. Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967) (Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. *Acta Limnol. Bras.* 23(1):48–56.
- WILLIAMS, P. 1996. Mapping variations in the strength and breadth of biogeographic transition zones using species turnover. *Proc. R. Soc. London. Ser. B Biol. Sci.* 263(1370):579–588.
- XIONG, W., NI, P., CHEN, Y., GAO, Y., SHAN, B. & ZHAN, A. 2017. Zooplankton community structure along a pollution gradient at fine geographical scales in river ecosystems: The importance of species sorting over dispersal. *Mol. Ecol.* 26(16):4351–4360.

**Artigo 2**

---

**PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS DE OOMICETOS (OOMYCOTA) EM DOIS AMBIENTES LÓTICOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

O artigo será submetido à revista Gaia Scientia (Qualis B1 em Ciências Ambientais).

## **PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA EM ASSEMBLEIAS DE OOMICETOS (OOMYCOTA) EM DOIS AMBIENTES LÓTICOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

NATANAEL JOSÉ DA SILVA<sup>1</sup>; JOSÉ DE RIBAMAR DE SOUSA ROCHA<sup>2</sup> & PAULO CÉSAR  
LIMA SALES<sup>3</sup>

1 – Mestrando em Desenvolvimento e Meio ambiente – UFPI. Email: natanaelbiologo@gmail.com; 2 – Professor do Departamento de Biologia e Mestrado de Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFPI. Email: ribamar10@hotmail.com; 3 – Professor do departamento de Biologia – UFPI/ *Campus* Senador Helvídio Nunes de Barros

### **Resumo**

O estudo dos padrões de diversidade beta e de seus mecanismos subjacentes são aspectos fundamentais para o entendimento da estrutura e conservação de ecossistemas aquáticos. No entanto, estes padrões em assembleias de oomicetos ainda são pouco conhecidos. Dessa forma, esta pesquisa visou descrever os padrões de diversidade beta nos rios Parnaíba e Poti, testar se há diferença nestes padrões entre estes ambientes e testar as relações da diversidade beta com as variáveis ambientais. A partição da diversidade beta foi realizada a partir da abordagem SDR-Simplex, utilizando-se os índices de dissimilaridade de Jaccard e Sørensen. A diversidade beta espacial e temporal foi alta, obtendo maior contribuição da substituição de espécies. A análise temporal revelou maior diversidade beta para o rio Poti, e a espacial para o período seco. Apenas o padrão de diferença de riqueza diferiu entre os rios. Os componentes da diversidade beta estiveram relacionados às variáveis ambientais. Os resultados obtidos mostram que a diversidade beta nesses ambientes é afetada pelas condições ambientais, sendo maior no período seco devido a heterogeneidade ambiental. A substituição é o componente dominante nas assembleias de oomicetos nos rios estudados. Novos estudos são necessários para melhor elucidação dos mecanismos que estruturam a comunidade de oomicetos e para um melhor planejamento de estratégias de preservação.

**Palavras-chave:** Substituição de espécies. Diferença de riqueza. Rio Parnaíba. Rio Poti. Conservação

### **Abstract**

The study of the patterns of beta diversity and its underlying mechanisms are fundamental aspects for the understanding of the structure and conservation of aquatic ecosystems. However, these patterns in oomycetes assemblages are still poorly understood. Thus, this research aimed to describe the beta diversity patterns in the rivers Parnaíba and Poti, test if there is difference in these patterns between these environments and test the relations of the beta diversity with the environmental variables. The beta diversity partition was performed using the SDR-Simplex approach, using the dissimilarity indices of Jaccard and Sørensen. The spatial and temporal beta diversity was high, obtaining greater contribution of the species replacement. The temporal analysis revealed higher beta diversity for the Poti river, and spatial for the dry period. Only the pattern of richness difference differed between rivers. The components of beta diversity were related to environmental variables. The results show that the beta diversity in these environments is affected by the environmental conditions, being higher in the dry period due to environmental heterogeneity. Species replacement is the dominant component in the assemblages of oomycetes in the studied rivers. New studies are needed to better elucidate the mechanisms that structure the oomycete community and to better plan preservation strategies.

**Keywords:** Turnover. Richness Difference. Parnaíba River. Poti River. Conservation

## Resumen

El estudio de los patrones de diversidad beta y de sus mecanismos subyacentes son aspectos fundamentales para el entendimiento de la estructura y conservación de ecosistemas acuáticos. Sin embargo, estos patrones en asambleas de oomicetos todavía son poco conocidos. De esta forma, esta investigación pretendió describir los patrones de diversidad beta en los ríos Parnaíba y Poti, probar si hay diferencia en estos patrones entre estos ambientes y probar las relaciones de la diversidad beta con las variables ambientales. La partición de la diversidad beta fue realizada a partir del abordaje SDR-Simplex, utilizando los índices de disimilitud de Jaccard y Sørensen. La diversidad beta espacial y temporal fue alta, obteniendo mayor contribución de la sustitución de especies. El análisis temporal reveló mayor diversidad beta para el río Poti, y la espacial para el período seco. Sólo el patrón de diferencia de riqueza difería entre los ríos. Los componentes de la diversidad beta estuvieron relacionados con las variables ambientales. Los resultados obtenidos muestran que la diversidad beta en estos ambientes se ve afectada por las condiciones ambientales, siendo mayor en el período seco debido a la heterogeneidad ambiental. La sustitución es el componente dominante en las asambleas de oomicetos en los ríos estudiados. Los nuevos estudios son necesarios para mejor elucidación de los mecanismos que estructuran la comunidad de los oomicetos y para una mejor planificación de estrategias de preservación.

**Palabras-Clave:** Sustitución de especies. Diferencia de riqueza. Río Parnaíba. Río Poti. Conservación

## Introdução

A Diversidade beta ( $\beta$ ) apresenta várias definições na literatura ecológica. O termo foi definido originalmente como a variação na composição de espécies entre duas amostras, ou habitats, dentro de uma área geográfica de floresta (Whittaker 1960). Além da diversidade beta, há, ainda, as diversidades alfa ( $\alpha$ ) e gama ( $\gamma$ ). A primeira consiste na composição de espécies dentro de uma amostra, enquanto a segunda corresponde ao conjunto da composição de espécies de várias amostras de uma dada região (Whittaker 1972).

As diferenças na identidade das espécies (diversidade beta) entre comunidades ecológicas resultam de dois processos importantes: a substituição de espécies e a diferença de riqueza (Harrison et al. 1992; Williams 1996; Lennon et al. 2001). A substituição ocorre quando espécies existentes em um habitat são trocadas por novas espécies em outros habitats (Gaston e Blackburn 2000; Bishop et al. 2015). Este processo é causado por pressões ambientais, competição, ou eventos históricos, como distúrbios ambientais, por exemplo, causando impactos na comunidade (Borcard et al. 2018).

Já a diferença de riqueza pode ser causada pela perda de espécies, diferenças nas condições abióticas levando ao surgimento de diferentes nichos ecológicos, ou outros processos ecológicos que levam as comunidades a terem menor ou maior número de espécies (Borcard et al. 2018).

Os métodos de medição da diversidade beta são variados, incluindo métricas clássicas, cujo cálculo é baseado nas medidas de diversidade gama e alfa, e métricas multivariadas, as quais são obtidas a partir da similaridade, dissimilaridade ou distância entre pares de unidades amostrais (Koleff 2003; Anderson et al. 2011; Magurran 2013; Legendre 2014; Borcard et al. 2018).

Com os avanços no estudo da diversidade beta, foram desenvolvidos métodos alternativos em que é possível realizar a partição da diversidade em seus componentes (Baselga 2010; Podani e Schemera 2011). O método de Baselga (2010) considera a substituição (*turnover*) e o aninhamento (*nestedness*) como componentes da diversidade beta. Por outro lado, o método de Podani e Schemera (2011) permite a partição da diversidade gama ( $\gamma$ ) em seus componentes aditivos (similaridade, diferença de riqueza, substituição, diversidade beta, concordância de riqueza e aninhamento) e a sua visualização em um gráfico triangular (Podani e Schemera 2011). Neste método, os autores consideram a substituição e a diferença de riqueza como componentes da diversidade beta.

A grande variedade de métodos de medição da diversidade beta (Magurran 2013; Legendre 2014) pode ser uma ferramenta bastante útil no estudo da variação na composição de espécies em ambientes impactados pela ação antropogênica, que sofrem grandes alterações em sua biota. Neste contexto, os rios Parnaíba e Poti vem sofrendo constantes agressões antrópicas em seu perímetro urbano em Teresina-PI, pelo despejo de lixo em seus leitos, desmatamento de suas matas ciliares, lançamento de efluentes de diversas fontes urbanas, entre outras.

Os impactos de tais ações sobre a biodiversidade aquática se estendem desde os produtores até os níveis superiores da cadeia trófica (Esteves e Meirelles-Pereira 2011). Entre os diversos grupos afetados estão os organismos zoospóricos, dos quais fazem parte os oomicetos (filo Oomycota).

O filo Oomycota consiste em um grupo de organismos semelhantes a fungos, morfológica e ecologicamente, sapróbios ou parasitas, habitando ambientes aquáticos e terrestres e desempenhando um importante papel na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Marano et al. 2011; Beakes et al. 2014). Alguns parasitam peixes e seus ovos, algas, crustáceos, larvas de mosquito, nematoides, rotíferos, outros fungos, plantas e mamíferos. A maioria é aeróbia obrigatória, embora alguns tolerarem condições anaeróbicas (Miranda 2007; Webster e Weber 2007; Beakes 2012).

A maioria das pesquisas ecológicas com oomicetos tem abordado apenas medidas de diversidade local ( $\alpha$ ), sendo os estudos sobre diversidade beta em assembleias de oomicetos ainda bastante escassos na literatura (e.g. Miura e Urabe 2015; Rojas et al. 2017). Estudos sobre os padrões de diversidade beta em ecossistemas aquáticos foram documentados para várias comunidades aquáticas, incluindo algas (Issa et al. 2014), zooplâncton e macrófitas aquáticas (Viana et al. 2016) e peixes (Peláez 2017).

No Brasil, os estudos com oomicetos caracterizam-se, principalmente, como trabalhos descritivos, incluindo novos registros, ocorrência, distribuição e diversidade (Nascimento et al. 2011; Nascimento et al. 2012; Jesus 2015; Rocha et al. 2016), envolvendo também estudos moleculares recentes (Sandoval-Sierra et al. 2014; Jerônimo et al. 2017; Rocha et al. 2018). A maioria desses estudos concentram-se no estado de São Paulo.

No Piauí, vem sendo desenvolvidos vários estudos sobre novos registros para o Estado e/ou para o país (Pereira e Rocha 2008; Trindade-Junior e Rocha 2013; Rocha et al. 2017; Silva e Rocha 2017) e aspectos ecológicos básicos (Macêdo e Rocha 2017; Trindade-Junior e Rocha 2018), porém os padrões de diversidade beta desses organismos em ecossistemas aquáticos continuam praticamente desconhecidos no Brasil.

Nesta perspectiva, partindo-se do pressuposto de que o estudo dos padrões de diversidade beta, bem como seus mecanismos subjacentes, são aspectos fundamentais para o entendimento da estrutura e conservação de ecossistemas aquáticos, esta pesquisa visa responder às seguintes perguntas: 1) quais são os padrões de diversidade beta em assembleias de oomicetos presentes nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina? 2) há diferenças nos padrões de diversidade beta nas assembleias de oomicetos entre e dentro dos rios Parnaíba e Poti? e 3) a variação na composição de espécies de oomicetos está relacionada com as variáveis ambientais nos rios Parnaíba e Poti?

O estudo partiu das hipóteses de que (i) os padrões de diversidade beta espacial e temporal em assembleias de oomicetos dos rios Parnaíba e Poti diferem entre si e (ii) os componentes da diversidade beta nas comunidades de oomicetos estão relacionados às variáveis físicas e químicas nos rios Parnaíba e Poti. Dessa forma, a pesquisa teve como objetivos (a) descrever os padrões de diversidade beta de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI; (b) testar se há diferenças nos padrões de diversidade beta entre os rios Parnaíba e Poti e ao longo do período estudado e (c) testar se as variáveis ambientais exercem influência sobre a diversidade beta nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano da cidade de Teresina-PI.

## **Material e Métodos**

### *Área de Estudo*

A pesquisa foi realizada nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina-PI. A população estimada do município com base no último censo do IBGE (2010) é de 814.230 habitantes, com densidade demográfica de 584,94 hab/km<sup>2</sup>. O município está localizado na sub-região Meio Norte, na região Nordeste do Brasil. O Meio-Norte é uma área de transição entre a Amazônia e o Sertão nordestino. Apresenta “clima tropical com chuvas intensas no verão” e possui a Mata de Cocais como vegetação predominante, ocorrendo também áreas de Cerrado e Caatinga (Rocha et al. 2010).

Em seu perímetro urbano, Teresina é cortada pelos rios Parnaíba e Poti. O Parnaíba tem suas origens na Serra das Mangabeiras, nos limites do estado do Piauí com o Tocantins, percorrendo 1.337 km até desembocar no Oceano Atlântico, em forma de Delta. O rio apresenta-se perene em todo o

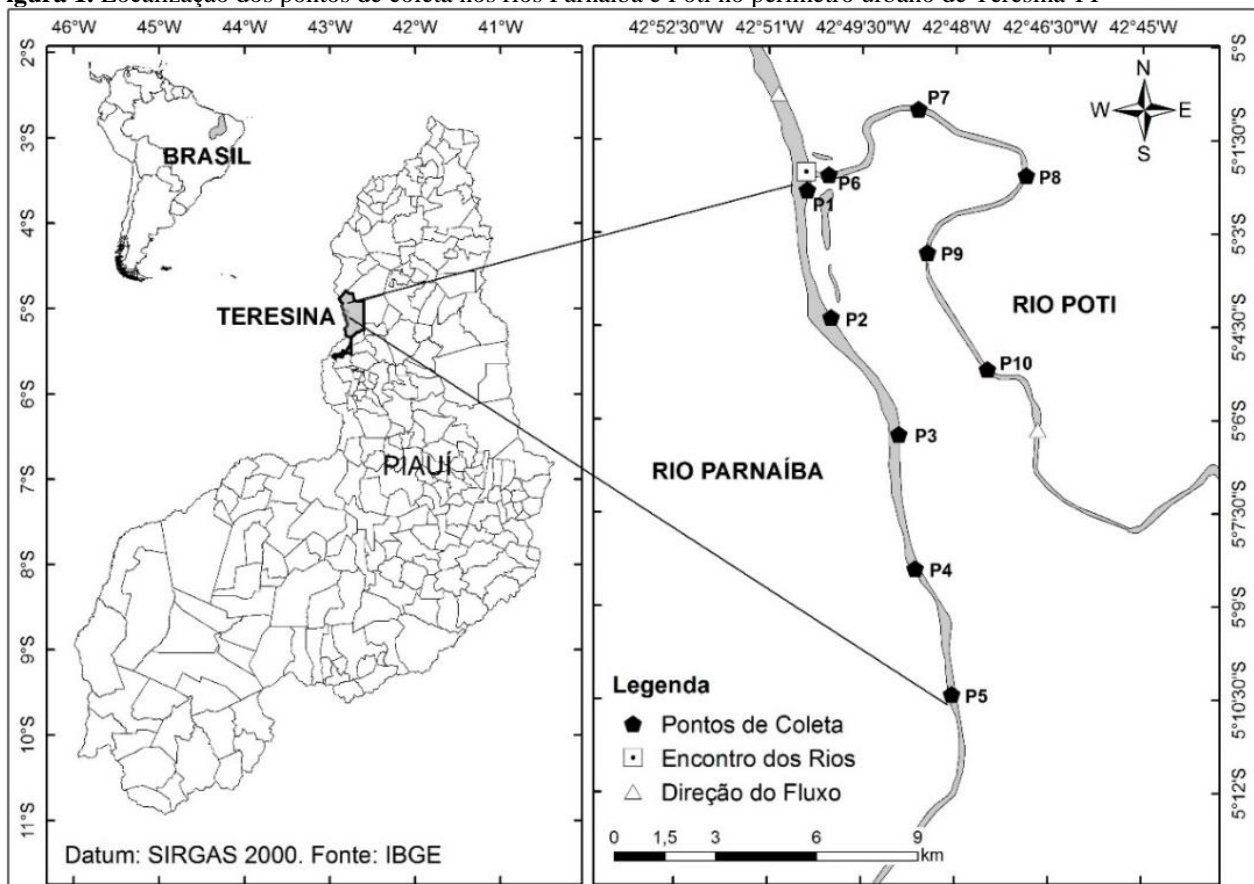
seu curso, por receber contribuições de vários grandes tributários e do lençol subterrâneo em todo o seu percurso, desde a nascente principal até próximo de sua foz (IBGE 2018; Lima et al. 2015).

O Parnaíba recebe, na cidade de Teresina, um de seus principais afluentes, o rio Poti. Este nasce na Serra dos Cariris Novos, a cerca de 600 metros de altitude na divisa dos Estados do Piauí e Ceará, penetra no Piauí formando um grande *canyon* nessa costa, descendo até Teresina onde desenha vários meandros, acompanhado de muitas lagoas, indo desaguar no Parnaíba na zona norte da cidade no bairro Poti Velho (Lima et al. 2015).

#### *Amostragem e análise laboratorial*

Amostras de água foram coletadas trimestralmente em dez pontos da área de estudo, da subsuperfície na região central dos rios, no período de agosto de 2017 a maio de 2018, sendo cinco pontos no rio Parnaíba ( $5^{\circ}06'11.5''S$ ,  $42^{\circ}49'02.4''W$ ) e cinco pontos no rio Poti ( $5^{\circ}01'41.8''S$ ,  $42^{\circ}47'00.7''W$ ) (Figura 1). As amostras foram levadas ao Laboratório de Fungos zoospóricos da Universidade Federal do Piauí em garrafas de polietileno de 200 ml.

**Figura 1.** Localização dos pontos de coleta nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina-PI



Fonte: elaborado pelo primeiro autor.

Durante a amostragem, foram mensurados *in situ*: temperatura da água, oxigênio saturado e dissolvido, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos (com o auxílio de aparelhos portáteis) e

transparência da água por disco de Secchi. Alíquotas de um litro (1 L) de água em duplicatas foram coletadas na subsuperfície da coluna de água para determinação dos nutrientes nitrogênio e fósforo total e suas formas dissolvidas (amônia, nitrito e fosfato).

A análise dos nutrientes foi realizada a partir dos seguintes métodos: o método do fenato para amônia, do ácido ascórbico para fosfato e fósforo total, e o método FIA para o nitrato, nitrito e nitrogênio total, de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA 1998).

Para determinação da clorofila *a*, as alíquotas de água foram filtradas em filtros de fibra de vidro. Os filtros, contendo o material retido, foram macerados em almofariz com solvente acetona 90% e, em seguida, centrifugados a 3.000 rpm por 40 minutos. O sobrenadante foi lido em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 750 nm e 663 nm de absorbância, acidificados com solução HCl 0,1 N, e em seguida feita uma nova leitura a 750 nm e 663 nm de absorbância (Golterman et al. 1978).

O isolamento dos oomicetos foi realizado a partir da técnica de iscagem múltipla de substratos orgânicos (Milanez 1989). As amostras de água (200ml) foram transferidas para placas de petri juntamente com substratos celulósicos (semente de sorgo, palha de milho, papel filtro, papel celofane, capim), quitinosos (asa de cupim) e queratinosos (ecdise e cobra, cabelo, escama de peixe), onde permaneceram incubadas por cerca de cinco a dez dias. As placas foram identificadas com informações sobre os pontos de coleta, data e nome do coletor. Passado o período de incubação, os substratos foram observados ao microscópio óptico. Os substratos colonizados por oomicetos foram transferidos para novas placas contendo água destilada, adicionando-se mais iscas para crescimento e multiplicação dos isolados.

Posteriormente, as espécies foram identificadas e descritas com o auxílio das seguintes obras: Sparrow Jr (1960), Plaats-Nitterink (1981) e Johnson Jr et al. (2002). Foram montadas lâminas semipermanentes para serem armazenadas na coleção de cultura de fungos zoospóricos da UFPI.

### *Análises Estatísticas*

Para o cálculo das estimativas de riqueza foram utilizados os estimadores Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap. Para descrever os padrões de diversidade beta espacial e temporal em assembleias de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti, foi utilizada a abordagem SDR-simplex (Podani e Schemera 2011). Este método permite a partição da diversidade gama ( $\gamma$ ) em seus componentes aditivos: substituição (Sub), diferença de riqueza (DifR), similaridade (S), aninhamento (A), concordância de riqueza (C) e diversidade beta (D) (Podani e Schemera 2011).

Podani e Schemera (2011) notaram que  $Sub + DifR = D$  e que a similaridade  $S = (1 - D)$ , o que implica que  $Sub + DifR + S = 1$  (Legendre 2014). Os autores propuseram, então, representar esses três



componentes (Sub, DifR e S) em um gráfico triangular, onde cada lado do triângulo representa um componente. Assim, a abordagem SDR-simplex decompõe os coeficientes de dissimilaridade em índices de substituição, diferença de riqueza e similaridade, bem como seus respectivos complementares: concordância de riqueza (C) e aninhamento (A) e diversidade beta (D) (Legendre 2014; Podani e Schemera 2011). Neste estudo, o cálculo desses componentes foi realizado a partir de matrizes de dissimilaridade de Jaccard e Sørensen para dados de presença e ausência.

Para testar se houve diferenças nos padrões de diversidade beta e similaridade dentro e entre os rios Parnaíba e Poti ao longo do período estudado, foi realizado o Teste de Homogeneidade de Dispersões Multivariadas (Anderson 2006) para a diversidade beta, juntamente com seus componentes (substituição e diferença de riqueza) e para a similaridade (Borcard et al. 2018).

Para verificar as relações da substituição de espécies, diferença de riqueza e diversidade beta com as variáveis ambientais, foi realizada uma Análise de Redundância baseada em distância (dbRDA) para cada componente (Legendre e Anderson 1999; Borcard et al. 2018)). Este método consiste nos seguintes passos: primeiro, uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) é realizada a partir das matrizes de dissimilaridade; em seguida, as coordenadas principais são usadas para produzir uma RDA da matriz de espécies em relação a uma matriz de dados ambientais (Legendre 2014). Foi realizada sobre as dbRDAs um teste de permutação (999 permutações) para verificar a significância das relações entre os componentes da diversidade beta e as variáveis ambientais. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software livre R (R Development Core Team 2018) a partir do pacote *vegan* (Oksanen et al. 2018).

## **Resultados**

### *Diversidade de oomicetos*

O estudo permitiu a identificação de 17 espécies, das quais 16 apresentaram registro para o rio Parnaíba e 12 para o rio Poti, distribuídas em quatro famílias e seis gêneros (Tabela 1). No Parnaíba, a maior riqueza de espécies foi registrada nos meses de novembro/2017 e fevereiro/2018 (ambos com dez espécies) e a menor nos meses de agosto/2017 e maio/2018 (ambos com cinco), com variação de cinco espécies. Para o rio Poti, a maior riqueza ocorreu em fevereiro/2018 (dez espécies) e a menor em maio (três espécies) com variação de sete espécies (Tabela 2). Os estimadores de riqueza seguiram o mesmo padrão de variação da riqueza registrada e apresentaram maiores valores, em geral, do que aqueles observados.

**Tabela 1.** Lista de táxons de oomicetos dos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina-PI.

| Família/ Espécie  | Rio Parnaíba |           |          |          |          | Rio Poti |          |          |          |          |
|---|--------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | P1           | P2        | P3       | P4       | P5       | P6       | P7       | P8       | P9       | P10      |
| <b>ACHLYACEAE</b>   |              |           |          |          |          |          |          |          |          |          |
| <i>Achlya flagellata</i> Coker  | -            | -         | -        | -        | -        | +        | +        | -        | -        | -        |
| <i>Achlya klebsiana</i> Pieters   | -            | +         | -        | -        | +        | +        | -        | -        | -        | -        |
| <i>Achlya aff. dubia</i> Coker  | -            | +         | +        | +        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| <i>Achlya proliferoides</i> Coker   | -            | +         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| <i>Achlya</i> sp.   | +            | -         | -        | +        | +        | +        | -        | -        | +        | +        |
| <b>VERRUCALVACEAE</b>   |              |           |          |          |          |          |          |          |          |          |
| <i>Aphanomyces euteiches</i> Drechsler  | -            | +         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| <i>Aphanomyces keratinophilus</i> (M. Ôkubo & Kobayasi) R. L. Seym. & T. W. Johnson | -            | +         | -        | -        | -        | +        | +        | -        | +        | -        |
| <i>Aphanomyces</i> sp.  | +            | +         | +        | +        | +        | +        | -        | -        | +        | +        |
| <i>Plectospora agama</i> Drechsler  | -            | -         | -        | +        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| <b>SAPROLEGNIACEAE</b>  |              |           |          |          |          |          |          |          |          |          |
| <i>Dictyuchus monosporus</i> Leitg  | -            | -         | +        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| <i>Dictyuchus pseudodictyon</i> Coker   | +            | +         | +        | -        | -        | -        | +        | +        | -        | +        |
| <i>Dictyuchus</i> sp.   | +            | +         | +        | -        | -        | +        | +        | -        | +        | +        |
| <b>PYTHIOGETONACEAE</b>   |              |           |          |          |          |          |          |          |          |          |
| <i>Pythiogeton dichotomum</i> Tokun   | -            | -         | +        | -        | -        | +        | -        | -        | +        | +        |
| <i>Pythiogeton ramosum</i> Minden   | -            | -         | +        | -        | +        | +        | +        | +        | -        | +        |
| <i>Pythiogeton utriforme</i> Minden   | +            | +         | -        | -        | -        | -        | +        | +        | -        | +        |
| <i>Pythiogeton uniforme</i> A. Lund   | +            | +         | +        | -        | +        | -        | +        | +        | +        | +        |
| <i>Pythium</i> sp.  | -            | +         | -        | -        | -        | -        | +        | -        | -        | -        |
| <b>TOTAL:</b>   | <b>6</b>     | <b>11</b> | <b>8</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>4</b> | <b>6</b> | <b>8</b> |

Em geral, os gêneros que exibiram maior riqueza específica foram *Achlya* (cinco espécies), *Pythiogeton* (quatro táxons), *Aphanomyces* e *Dictyuchus*, ambos com três espécies. *Achlya flagellata* esteve presente apenas no rio Poti. Por outro lado, cinco táxons apresentaram registro apenas para o rio Parnaíba: *A. dubia*, *A. proliferoides*, *A. euteiches*, *D. monosporus* e *P. agama*. Onze espécies foram encontradas em ambos os ambientes (Tabela 1).

**Tabela 2.** Estimadores de riqueza para dados de presença/ausência de espécies de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti. Intervalo de confiança ( $\pm$ ) mostrados para Chao2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap

| Ambiente     | Período | Riqueza | Chao2           | Jackknife1     | Jackknife2 | Bootstrap      |
|--------------|---------|---------|-----------------|----------------|------------|----------------|
| Rio Parnaíba | Ago/17  | 5       | 11,7 $\pm$ 6,8  | 8,3 $\pm$ 2,2  | 10,0       | 6,5 $\pm$ 1,0  |
|              | Nov/17  | 10      | 17,2 $\pm$ 8,2  | 14,8 $\pm$ 3,7 | 17,5       | 12,1 $\pm$ 2,0 |
|              | Fev/18  | 10      | 22,0 $\pm$ 10,9 | 14,8 $\pm$ 3,7 | 18,4       | 12,0 $\pm$ 1,9 |
|              | Mai/18  | 5       | 5,8 $\pm$ 1,5   | 6,6 $\pm$ 1,1  | 6,9        | 5,8 $\pm$ 0,7  |
| Rio Poti     | Ago/17  | 7       | 8,1 $\pm$ 1,8   | 9,2 $\pm$ 1,8  | 9,7        | 8,1 $\pm$ 1,3  |
|              | Nov/17  | 7       | 20,6 $\pm$ 17,8 | 11,5 $\pm$ 3,0 | 14,2       | 9,0 $\pm$ 1,5  |
|              | Fev/18  | 10      | 10,7 $\pm$ 1,2  | 12,4 $\pm$ 1,9 | 12,0       | 11,4 $\pm$ 1,3 |
|              | Mai/18  | 3       | 3,2 $\pm$ 0,59  | 3,7 $\pm$ 0,7  | 3,6        | 3,4 $\pm$ 0,6  |

Fonte: dados da pesquisa

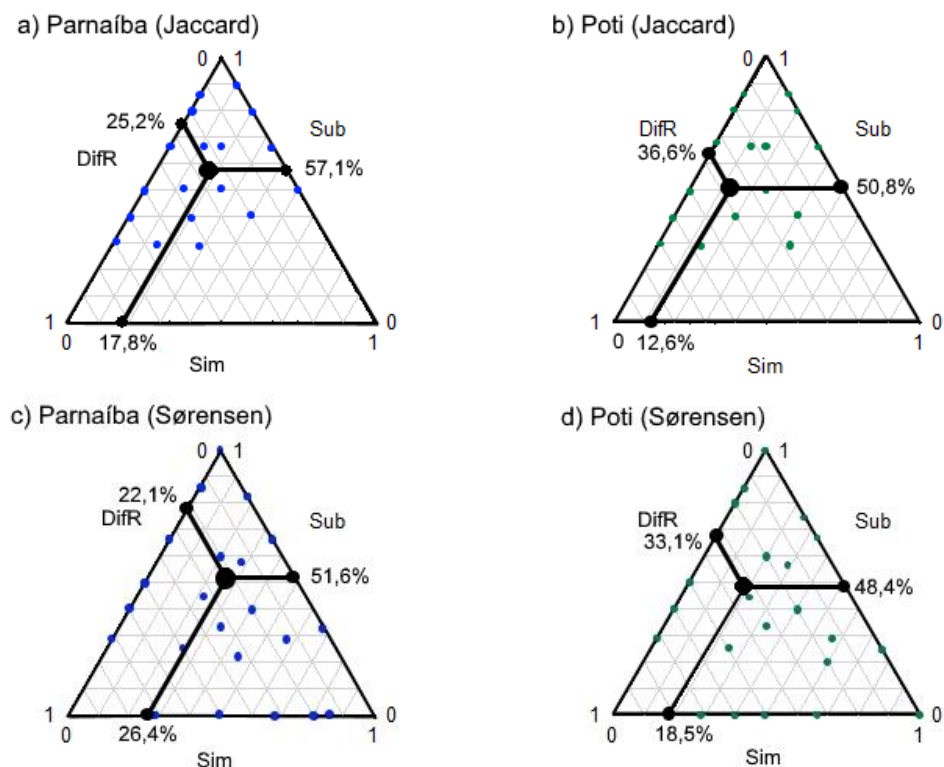
### Variáveis ambientais

Em relação às variáveis ambientais, durante todo o período de estudo, o rio Poti apresentou os maiores valores de amônia ( $\text{NH}_3$ ), fósforo total (PT), fosfato ( $\text{PO}_4$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ), clorofila *a*, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica, especialmente, durante o mês de novembro de 2017, que corresponde ao período de seca. Por outro lado, o rio Parnaíba apresentou os maiores valores para o oxigênio e coeficiente vertical de atenuação da radiação (*k*) (APÊNDICE 2). A maior precipitação (299,9 mm) foi observada no mês de maio de 2018 e o pH não apresentou grande variação, atingindo valores entre 6,5 e 7,8 durante todo o período de estudo.

### Diversidade beta nos rios

A análise temporal da diversidade beta revelou altos valores para a substituição tanto no rio Parnaíba ( $\text{Sub}_J=57,1\%$  e  $\text{Sub}_S=51,6\%$ ) quanto no rio Poti ( $\text{Sub}_J=50,8$  e  $\text{Sub}_S=48,4$ ), considerando-se os índices de Jaccard e Sørensen (Figura 2).

**Figura 2.** Gráfico SDR-simplex da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba e Poti durante o período de estudo, mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta. O Ponto preto no centro do gráfico representa o centroide dos pontos. Cada ponto colorido representa um par de locais, cuja posição é determinada pelos valores da similaridade (Sim), substituição (Sub) e diferença de riqueza (DifR). Os pontos pretos nas arestas representam o percentual de cada componente (Sim, Sub e DifR). Valores de Sim, Sub e DifR são baseados nas matrizes de dissimilaridade de Jaccard (a e b) e Sørensen (c e d) para dados de presença/ausência.



Fonte: dados da pesquisa

Essas taxas de substituição, juntamente com as taxas de diferença de riqueza, contribuiram para os altos valores da diversidade beta tanto para o rio Parnaíba ( $\beta_J=82,2\%$  e  $\beta_S=73,6\%$ ) quanto para o Poti ( $\beta_J=87,4\%$  e  $\beta_S=81,5\%$ ), (Tabela 3).

**Tabela 3.** Partição da diversidade gama ( $\gamma$ ) em seus componentes aditivos para os rios Parnaíba e Poti durante o período de estudo. Valores obtidos a partir das matrizes de dissimilaridade de Jaccard e Sørensen para dados binários. Similaridade (Sim), Substituição (Sub), Diferença de Riqueza (DifR), Beta (Diversidade beta).

| <b>Matriz</b> | <b>Rio/Período</b> | <b>Sim</b> | <b>Sub</b> | <b>DifR</b> | <b>Beta<br/>(DifR+Sub)</b> | <b>Aninhamento<br/>(Sim+DifR)</b> | <b>Concordância<br/>(Sim+Sub)</b> |
|---------------|--------------------|------------|------------|-------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Jaccard       | Parnaíba           | 17,8       | 57,1       | 25,2        | 82,2                       | 42,9                              | 74,8                              |
|               | Poti               | 12,6       | 50,8       | 36,6        | 87,4                       | 49,2                              | 63,4                              |
|               | Ambos os rios      | 15,5       | 52,5       | 28,4        | 84,5                       | 47,5                              | 71,6                              |
|               | Agosto/2017        | 11,1       | 52,6       | 36,3        | 88,9                       | 47,4                              | 63,7                              |
|               | Novembro/2017      | 13,8       | 49,5       | 36,7        | 86,2                       | 50,5                              | 63,3                              |
|               | Fevereiro/2018     | 19,8       | 62,3       | 17,9        | 80,2                       | 37,7                              | 82,1                              |
|               | Mai/2018           | 29,2       | 49,1       | 21,8        | 70,8                       | 50,9                              | 78,2                              |
| Sørensen      | Parnaíba           | 26,4       | 51,6       | 22,1        | 73,6                       | 48,4                              | 77,9                              |
|               | Poti               | 18,5       | 48,4       | 33,1        | 81,5                       | 51,6                              | 66,9                              |
|               | Ambos os rios      | 22,6       | 49,0       | 28,4        | 77,4                       | 51,0                              | 71,6                              |
|               | Agosto/2017        | 16,5       | 50,8       | 32,7        | 83,5                       | 49,2                              | 67,3                              |
|               | Novembro/2017      | 21,0       | 45,8       | 33,2        | 79,0                       | 54,5                              | 66,8                              |
|               | Fevereiro/2018     | 29,1       | 55,5       | 15,4        | 70,9                       | 44,5                              | 84,6                              |
|               | Mai/2018           | 38,4       | 44,9       | 16,7        | 61,6                       | 55,1                              | 83,3                              |

Fonte: dados da pesquisa

Foi observado, ainda, que a diversidade beta apresentou maior valor para o rio Poti quando este foi comparado com o rio Parnaíba. Consequentemente, a Similaridade, componente complementar da Diversidade Beta, apresentou baixos valores em ambos os rios (Figura 2).

A pesquisa testou se há diferenças nos padrões de diversidade beta e similaridade dentro dos rios Parnaíba e Poti ao longo do período estudado. O teste de homogeneidade de dispersões multivariadas, realizado a partir das matrizes de dissimilaridade de Jaccard e Sørensen, apresentou diferença significativa apenas para o padrão de diferença de riqueza (DifR) entre os dois rios durante o período estudado ( $F_J=4,98$ ,  $p=0,034<0,05$  e  $F_S=4,99$ ,  $p=0,035<0,05$ ) (Tabela 4). Dessa forma, os rios Parnaíba e Poti apresentaram os mesmos padrões de substituição e similaridade, diferindo apenas no padrão de diferença de riqueza.

**Tabela 4.** Resultado do teste de homogeneidade de dispersões multivariadas para verificar se há diferenças significativas nos padrões de similaridade, diversidade beta e seus componentes entre os rios Parnaíba e Poti durante o período estudado. \* indica valor de  $p < 0,05$ .

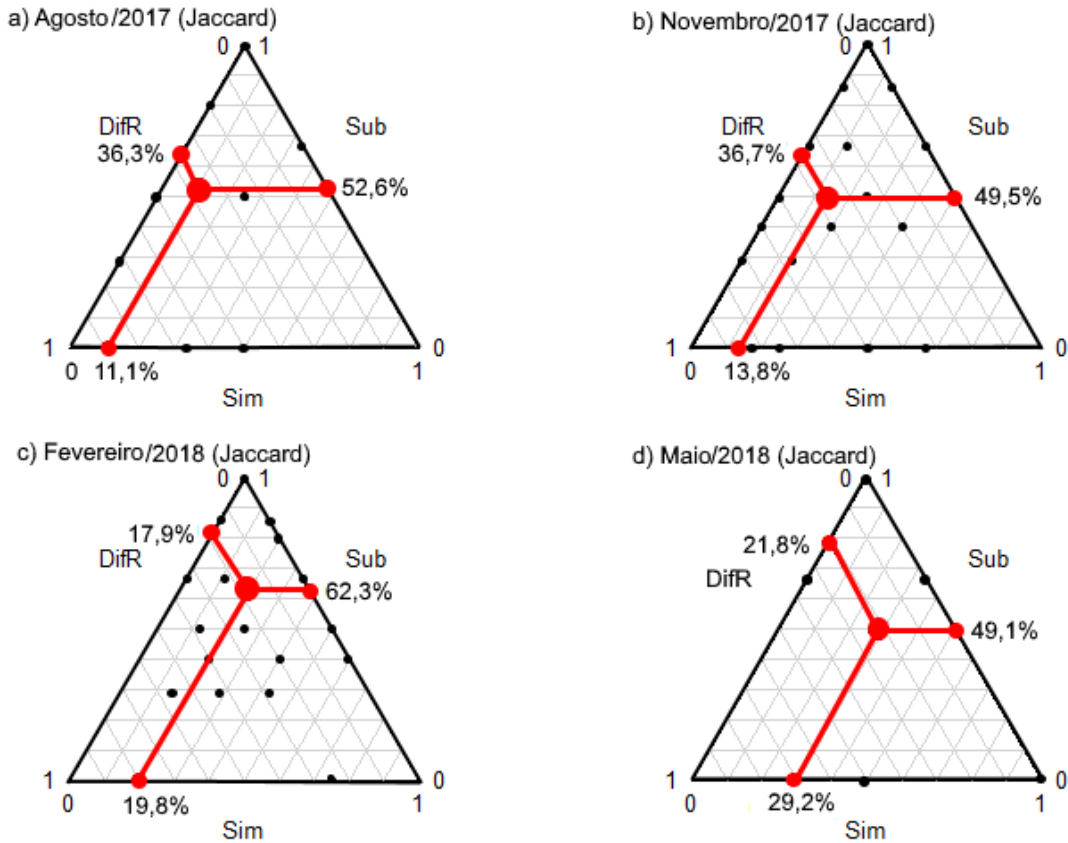
| <b>Matriz</b> | <b>Componente</b>    | <b>Valor F</b> | <b>Valor p</b> |
|---------------|----------------------|----------------|----------------|
| Jaccard       | Similaridade         | 1,1297         | 0.281          |
|               | Substituição         | 0.0618         | 0.792          |
|               | Diferença de riqueza | 4.9777         | 0.037*         |
|               | Diversidade beta     | 1.1297         | 0.312          |
| Sørensen      | Similaridade         | 4.5932         | 0.042*         |
|               | Substituição         | 0.268          | 0.633          |
|               | Diferença de riqueza | 4.9853         | 0.033*         |
|               | Diversidade beta     | 1.4121         | 0.269          |

Fonte: dados da pesquisa

#### *Diversidade beta entre os rios*

A SDR-simplex revelou baixas taxas de similaridade em todos os períodos considerados, com valores crescentes do mês de agosto de 2017 até o mês de maio de 2018, variando de 11,1% a 29,2% e 16,5% a 38,4%, para Jaccard e Sørensen, respectivamente (Figura 3). Por outro lado, o seu componente complementar (a diversidade beta) apresentou altos valores durante os quatro períodos considerados, decrescendo ao longo do tempo, com variação de 88,9 a 70,8% (Jaccard) e 83,6 a 61,6% (Sørensen) (Tabela 3). Os maiores valores para a diversidade beta foram registrados para os meses de agosto e novembro de 2017, que correspondem ao período seco. Por outro lado, os menores valores foram observados no período chuvoso (fevereiro e maio de 2010) (Tabela 3).

**Figura 3.** Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba e Poti durante os meses de agosto/17 (a), novembro/17 (b), fevereiro/18 (c) e maio/18 (d), mostrando os valores para a similaridade e para os componentes da diversidade beta: substituição de espécies e diferença de riqueza. Ponto vermelho no centro do gráfico representa o centroide dos pontos. Cada ponto preto no interior ou nas bordas do gráfico representam um par de locais, cuja posição é determinada a partir dos valores da similaridade (Sim), substituição (Sub) e diferença de riqueza (DifR). Valores baseados na matriz de dissimilaridade de Jaccard para dados binários.



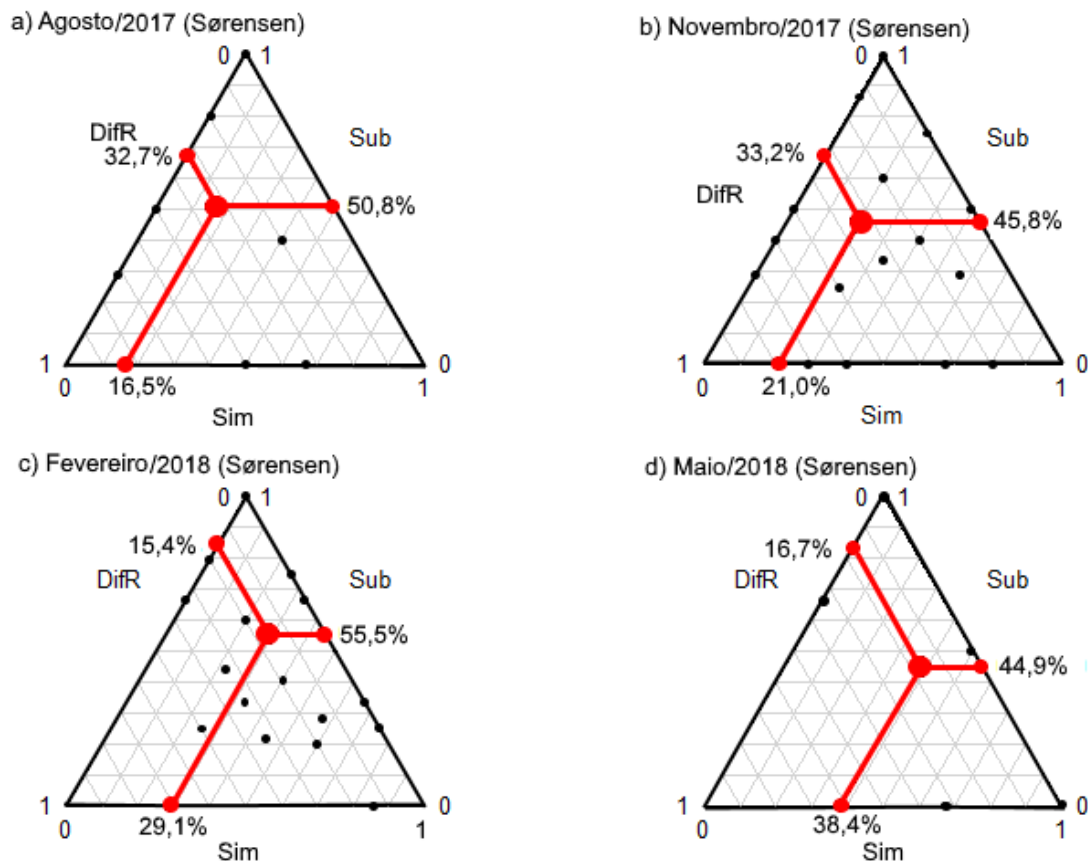
Fonte: dados da pesquisa

A substituição apresentou altas taxas, quando comparada com a similaridade e diferença de riqueza, variando de 49,1% a 62,3% e 44,9% a 55,5%, considerando-se Jaccard e Sørensen, respectivamente (Figuras 3 e 4). Dessa forma, a substituição obteve maior contribuição do que a diferença de riqueza para a diversidade beta, levando-se em consideração que ambos são componentes da diversidade beta. A substituição apresentou, ainda, valores semelhantes ao aninhamento, que é o seu componente complementar (Tabela 3). Assim, as assembleias de oomicetos apresentaram taxas balanceadas de substituição e aninhamento.

A diferença de riqueza, por sua vez, manteve-se estável do mês de agosto ( $DifR_J = 36,3\%$  e  $DifR_S = 32,7\%$ ) para o mês de novembro/2017 ( $DifR_J = 36,7\%$  e  $DifR_S = 33,2\%$ ) decrescendo no mês de fevereiro/2018 ( $DifR_J = 17,9\%$  e  $DifR_S = 15,4\%$ ) e obtendo um pequeno aumento no mês de maio/2018 ( $DifR_J = 21,8\%$ ,  $DifR_S = 16,7\%$ ) (Tabela 3). Em contrapartida, foi observada alta concordância de riqueza entre as assembleias de oomicetos dos rios Parnaíba e Poti durante os períodos considerados (Tabela 3). As maiores taxas relativas para a diferença de riqueza foram

observadas nos meses de agosto e novembro, o quer dizer que este componente obteve maior contribuição para a diversidade beta no período seco em relação ao chuvoso.

**Figura 4.** Gráfico SDR-simplex gerado a partir da comparação par-a-par entre sítios amostrados nos rios Parnaíba e Poti durante os meses de agosto/17 (a), novembro/17 (b), fevereiro/18 (c) e maio/18 (d), mostrando os valores para a similaridade, substituição de espécies e diferença de riqueza. O ponto vermelho no centro do gráfico representa o centroide dos pontos. Cada ponto preto no interior ou nas bordas do gráfico representam um par de locais, cuja posição é determinada a partir dos valores da similaridade (Sim), substituição (Sub) e diferença de riqueza (DifR). Os pontos vermelhos nas bordas representam o percentual de cada componente. Valores baseados na matriz de dissimilaridade de Sørensen para dados binários.



Fonte: dados da pesquisa

O teste de homogeneidade de dispersões multivariadas não mostrou diferença significativa nos padrões dos componentes da diversidade beta entre os meses de agosto/2017, novembro/2017, fevereiro/2018 e maio/2018, considerando-se as matrizes de Jaccard e Sørensen.

#### *Substituição, Diferença de Riqueza e suas relações com as variáveis ambientais*

A pesquisa testou se as variáveis ambientais exercem influência sobre a diversidade beta nas assembleias de oomicetos. O teste de permutação realizado a partir dos dados da dbRDA mostrou relação significativa entre a diversidade beta, substituição, diferença de riqueza e as variáveis ambientais, considerando-se ambas as matrizes de Jaccard e Sørensen (Tabela 5). As maiores relações

com as variáveis ambientais ocorreram para a diferença de riqueza de Sørensen ( $F=2,2805$ ,  $p=0,004$  e  $R^2_{aj}=0.467$ ) e de Jaccard ( $F=2,084$ ,  $p=0,008$  e  $R^2_{aj}=0,324$ ), respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Significância das relações da diversidade beta e seus componentes com as variáveis ambientais, a partir do teste de permutação, sendo consideradas 999 permutações. \*\* indica valor  $p<0,01$  e \*  $p<0,05$ . As matrizes de substituição de Jaccard e Sørensen e Diferença de Riqueza de Jaccard foram transformadas em raiz quadrada para se tornarem euclidianas.

| <b>Matriz</b> | <b>Componente</b>    | <b>Valor F</b> | <b>Valor p</b> | <b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b> |
|---------------|----------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|
| Jaccard       | Substituição         | 1,526          | 0.016 *        | 0,188                             |
|               | Diferença de Riqueza | 2.084          | 0.008 **       | 0.324                             |
|               | Diversidade beta     | 1.258          | 0.021 *        | 0,102                             |
| Sørensen      | Substituição         | 1.428          | 0.045 *        | 0,159                             |
|               | Diferença de Riqueza | 2,281          | 0,004**        | 0,467                             |
|               | Diversidade beta     | 1.547          | 0.027*         | 0.194                             |

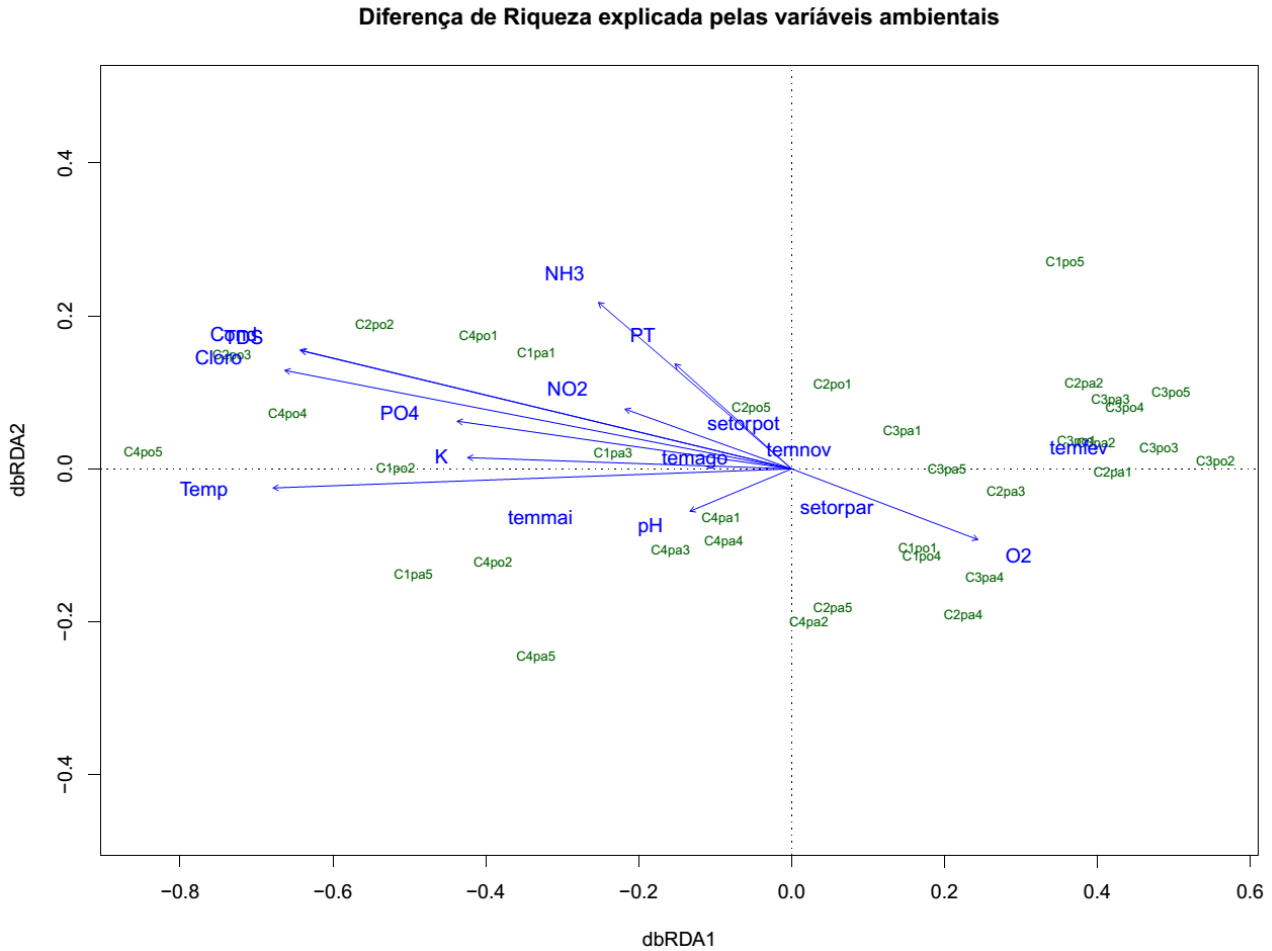
Fonte: dados da pesquisa

Em relação à influência das variáveis ambientais sobre a substituição de espécies, de acordo com a dbRDA, o período de fevereiro (temfev) foi associado positivamente ao eixo 1 (figura 5). A variável temperatura também esteve associada ao eixo 1, porém apresentando correlação negativa. O eixo 1 representa uma parcela significativa de 7,2% da proporção da variância dos dados ( $F= 8.72$  e  $p=0,016$ ). A proporção da variância explicada pelo eixo 2 (4,2%) não foi significativa, de acordo com o teste de permutação realizado para cada eixo da dbRDA ( $F= 5.09$  e  $p=0,587$ ). Os dois eixos da dbRDA somam juntos 11,4% da proporção acumulada explicada dos dados.





**Figura 6.** Análise de Redundância baseada em distância (dbRDA – Scaling 1) sobre a matriz de diferença de riqueza em relação a matriz de variáveis ambientais. Amônia (NH<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), fósforo total (PT), fosfato (PO<sub>4</sub>), oxigênio dissolvido (O<sub>2</sub>), totais de sólidos dissolvidos (TDS), condutividade (Cond), coeficiente de atenuação vertical da radiação (k), clorofila (Cloro), temperatura (Temp) pH. Teste global do resultado da dbRDA com 1000 permutações: F=2,2805, p=0,004. R<sup>2</sup><sub>aj</sub>=0.467. Valores de diferença de riqueza baseados na matriz de Sørensen (DifR<sub>s</sub>). Os códigos verdes representam os locais.

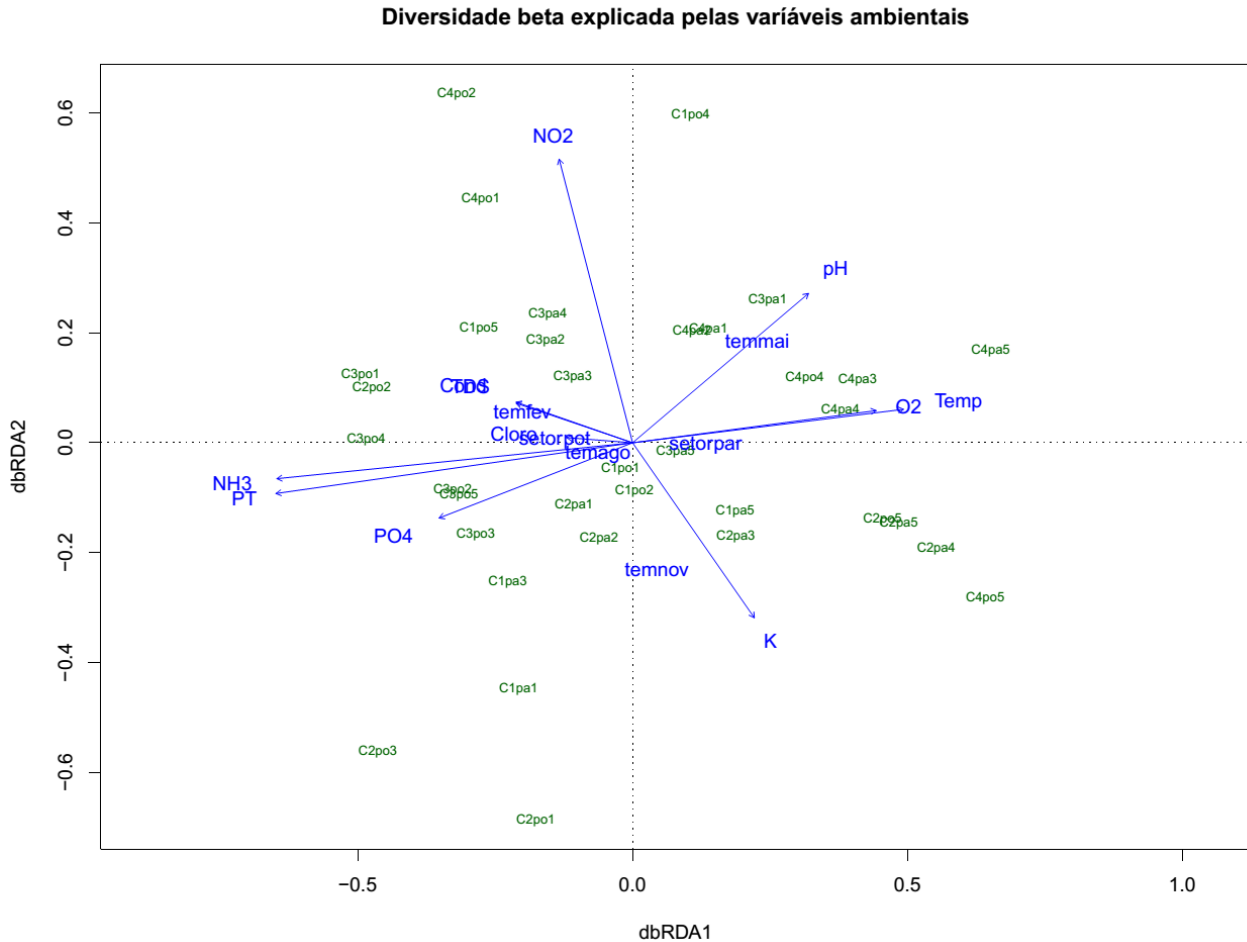


Fonte: Dados da Pesquisa

As unidades amostrais posicionadas nos quadrantes esquerdos do biplot apresentaram os menores valores de riqueza, com número de espécies igual a uma ou duas (Figura 6). Estes pontos estão mais associados positivamente às concentrações de amônia (NH<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), fósforo total (PT), clorofila *a*, totais de sólidos dissolvidos e condutividade. Em contrapartida, nos quadrantes direitos do biplot estão localizados os pontos com maiores riquezas específicas (variando de duas a seis espécies), sendo estes pontos correlacionados negativamente com as variáveis supracitadas (Figura 6).

Considerando a relação entre diversidade beta e variáveis ambientais, o eixo 1 (que explica 6,9% da proporção acumulada da variação dos dados) esteve relacionado principalmente às variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, amônia e fósforo total (Figura 7).

**Figura 7.** Análise de Redundância baseada em distância (dbRDA – Scaling 1) sobre a matriz de dissimilaridade em relação a matriz de variáveis ambientais. Amônia (NH<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), fósforo total (PT), fosfato (PO<sub>4</sub>), oxigênio dissolvido (O<sub>2</sub>), totais de sólidos dissolvidos (TDS), condutividade (Cond), coeficiente de atenuação vertical da radiação (k), clorofila (Cloro), temperatura (Temp), pH. Teste global do resultado da dbRDA com 1000 permutações: (F=1,547, p=0,027 e R<sup>2</sup><sub>aj</sub>=0,194). Valores de diversidade beta baseados na matriz de Sørensen (β<sub>s</sub>). Os códigos verdes representam os locais.



Fonte: Dados da Pesquisa

Os dois primeiros eixos da dbRDA explicam juntos 11,8% da variância total dos dados. A variância total explicada, representada pelo valor de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> equivale a 0,194. Portanto, apenas 19,4% da diversidade beta é explicada pelas variáveis ambientais.

## Discussão

A riqueza total de espécies registrada nos rios Parnaíba e Poti está de acordo com outros trabalhos com oomicetos em ecossistemas piauienses (Macêdo e Rocha 2017; Sousa e Rocha 2017), que encontraram 15 e 20 espécies, respectivamente. Os estimadores de riqueza, em geral, apontam para números maiores de riqueza do que os registrados nos diferentes períodos. Isto pode estar relacionado ao esforço amostral que não foi grande o suficiente para registrar maior número de espécies (Magurran 2013). Em termos gerais, considerando-se todo o período estudado, a composição

de espécies apresentou muitos táxons comuns (11) aos dois ambientes, o que mostra alta similaridade biótica entre eles.

Por outro lado, os rios Parnaíba e Poti apresentaram grandes diferenças em relação às suas características abióticas. O oxigênio dissolvido e a turbidez ( $k$ ) exerceram grande influência na distinção entre estes dois ambientes. As altas taxas de oxigênio nas águas do rio Parnaíba resultam de seu fluxo dinâmico. Já o alto valor de turbidez é decorrente do revolvimento do seu sedimento arenoso pela dinâmica da água. Assim, enquanto neste rio essas variáveis resultam do efeito de características físicas, no rio Poti as taxas de oxigênio e a turbidez têm origem biogênica, a partir dos produtores primários.

O rio Poti diferiu do Parnaíba em relação às concentrações de nutrientes, que foram as maiores durante todo o estudo. Estes valores elevados ocorrem, em primeiro lugar, porque o rio Poti sofre um efeito de barramento pelo rio Parnaíba, que possui maior volume e fluxo de água. Este efeito reduz o fluxo da água no Poti, causando um acúmulo de nutrientes em seu leito. O rio Poti sofre, ainda, o impacto do lançamento de efluentes de diversas fontes urbanas, o que contribui para o aumento dos nutrientes.

Estes, por sua vez, elevaram as taxas de produtividade primária, expressa através dos altos valores de clorofila  $a$ , principalmente no período seco, quando os nutrientes estão mais concentrados, aumentando a turbidez pela coloração esverdeada da água (Apêndice 2).

Em relação aos padrões de diversidade beta e de seus componentes (substituição de espécies e diferença de riqueza) em assembleias de oomicetos dos rios Parnaíba e Poti, a substituição de espécies apresentou maior contribuição, sendo, portanto, o componente mais importante, para a determinação da diversidade beta espacial e temporal quando comparada com a diferença de riqueza. Assim, o número de trocas (substituição) de espécies entre os diversos habitats foi maior do que o número de perdas ou ganhos (diferença de riqueza). A substituição de espécies também apresentou maior contribuição para a diversidade beta em estudos com outras comunidades, como algas (Issa et al. 2014), cladóceros e plantas aquáticas (Viana et al. 2016), peixes (Peláez et al. 2017) e insetos (Bishop et al. 2015).

Observou-se que a diversidade beta espacial foi maior no período seco (agosto e novembro de 2017) do que no período chuvoso (fevereiro e maio de 2018). Durante o período seco, o rio Poti tem seu fluxo barrado pelas águas do Parnaíba, contribuindo para o surgimento de diferenças ambientais entre os rios. Além disso, ilhas de areia e afloramentos rochosos são comuns nos canais dos rios Parnaíba e Poti, em suas extensões longitudinais, respectivamente. Estas estruturas são responsáveis pelo surgimento de áreas de retenção de água, criando habitats diferenciados dos demais, contribuindo, assim, para uma maior heterogeneidade ambiental neste período.

Por outro lado, durante o período chuvoso, o aumento do volume e do fluxo das águas nos dois rios promove uma mistura no conteúdo desses dois ambientes e submergem as estruturas de retenção de água, conectando áreas isoladas com as demais partes dos rios em sua extensão longitudinal. Como consequência, esses ambientes tornam-se mais homogêneos, reduzindo a diversidade beta nas assembleias de oomicetos.

A influência da dinâmica temporal sobre a diversidade beta foi bem estudada em grandes rios com sistema de planície inundação. Nestes ambientes, o pulso de inundação é o principal fator que exerce influência sobre a estrutura biótica e abiótica (Junk et al. 1989). O aumento do nível do rio conecta lagos isolados aos rios principais na planície de inundação tornando-os homogêneos. Já no período seco, quando as águas recuam, aumentam as variáveis abióticas, contribuindo, assim, para a heterogeneidade ambiental (Thomaz et al. 2007; Bozelli et al. 2015; Braghin et al. 2018). Dessa forma, as cheias promovem uma mistura nas biotas aquáticas, com consequente redução da diversidade beta. Em contrapartida, durante o período seco, o isolamento dos lagos entre si e em relação ao rio principal, acarretam um aumento na diversidade beta (Thomaz et al. 2007; Bozelli et al. 2015; Penha et al. 2017).

Em rios sem sistemas de planícies de inundação, como é o caso dos rios Parnaíba e Poti, e outros rios da Caatinga e Cerrado, conexões longitudinais entre ambientes isolados parecem exercer um importante papel na distribuição e manutenção da biodiversidade (Lucena et al. 2015; Picapedra et al. 2016).

Foi observado, ainda, que a diversidade beta apresentou maior valor para o Poti, quando os seus pontos foram comparados entre si temporalmente, o que pode ser resultado de uma maior variação ambiental neste ecossistema, em relação ao Parnaíba. Os valores médios das variáveis ambientais tornam evidentes essa grande variação no rio Poti, especialmente do período de novembro/2017 para fevereiro de 2018 (Apêndice 2). A precipitação teve um papel fundamental nessas alterações, pois o alto valor desta variável em fevereiro indica que há um aumento do nível das águas do Poti desfazendo o efeito de barragem que este ambiente sofria pelo rio Parnaíba durante a seca. Consequentemente, há uma diluição e carregamento dos nutrientes pelas águas no rio.

A diferença no padrão de riqueza entre os dois rios pode estar relacionada, entre outros fatores, à dispersão das espécies em função do fluxo da água nestes ambientes. Supõe-se que o fluxo dinâmico das águas do Parnaíba facilita a dispersão das espécies, o que pode ter gerado a menor diferença de riqueza para este rio. Em contrapartida, o baixo fluxo das águas do Poti possui menor contribuição para as taxas de dispersão e, consequentemente, ocasionou o aumento da diferença de riqueza neste rio.

As diferenças de riqueza derivam de perdas ou ganhos de espécies entre sítios, resultando, entre outros mecanismos (e.g. extinção seletiva, colonização), da limitação de dispersão. Assim,

quando a dispersão é limitada há um o aumento da diferença de riqueza de espécies entre os sítios. Por outro lado, se a dispersão é elevada a diferença de riqueza tende a sofrer reduções (Carvalho 2012).

As proporções da dissimilaridade (beta) e de seus componentes explicadas pelas variáveis ambientais para as assembleias de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti resultam do mecanismo de alocação de espécies (*species sorting*). Neste processo, as variáveis ambientais funcionam como um filtro, selecionando as espécies que se adequam às condições ambientais de cada local no gradiente (Heino et al. 2015).

Em outras palavras, esse mecanismo assume que as distribuições das espécies são controladas pela variação ambiental (Melo et al. 2012). As taxas de dispersão devem ser adequadas, isto é, nem muito baixas nem muito altas, pois no primeiro caso impediriam as espécies de alcançarem locais com características adequadas e, no segundo caso, mascarariam o efeito das variáveis ambientais em filtrar as espécies de um local para outro (Leibold et al. 2004; Melo et al. 2012; Heino et al. 2015).

Por outro lado, as proporções da substituição, diferença de riqueza e dissimilaridade não explicadas pelas variáveis ambientais podem estar associadas com outros fatores, que estão fora do escopo desta pesquisa, como as taxas de dispersão das espécies, ou outras variáveis ambientais e espaciais não mensuradas aqui. Além disso, a extensão espacial do gradiente pode ter exercido um importante papel na determinação desses padrões (Heino et al. 2015).

Rojas et al. (2017) desenvolveram um estudo visando examinar a diversidade beta e distribuição de espécies de oomicetos em sistemas de produção de soja nos Estados Unidos e testar as relações de fatores ambientais e edáficos com a comunidade de oomicetos que habita mudas de soja. Os autores encontraram baixa dissimilaridade (beta) dentro das unidades da federação e alta dissimilaridade entre as mesmas. Apenas 13% da variação na composição de espécies de oomicetos esteve relacionada com as variáveis ambientais. Entre estas, as que apresentaram maior contribuição para a variabilidade foram latitude, longitude e precipitação sazonal. Fatores edáficos como conteúdo de argila e condutividade elétrica do solo também afetaram a distribuição das espécies.

Em suma, apesar da importância dos oomicetos para os ecossistemas onde habitam, a investigação sobre os padrões de diversidade nessas assembleias ainda é bastante reduzida, permanecendo praticamente desconhecidos em ecossistemas brasileiros. Frequentemente, a substituição de espécies e as diferenças de riqueza são observadas ao longo de gradientes gerando padrões complexos de diversidade beta. Conhecer a contribuição de cada um desses componentes para os padrões de diversidade beta é essencial para entender como as comunidades respondem às mudanças espaciais e temporais (Carvalho et al. 2012). Assim, o conhecimento desses padrões nos rios Parnaíba e Poti, representam avanço importante no entendimento da estrutura dessas comunidades e para o planejamento de estratégias de conservação desses ecossistemas.

## Conclusão

O estudo dos padrões de diversidade beta e similaridade nos rios Parnaíba e Poti permitiu as seguintes conclusões:

- (i) A substituição e a diferença de riqueza geram padrões complexos de diversidade beta em gradientes ambientais.
- (ii) As variáveis ambientais exercem forte influência sobre a diversidade beta e sobre seus componentes nos rios Parnaíba e Poti.
- (iii) O período chuvoso aumenta a conectividade entre os ambientes, causando homogeneização ambiental e, conseqüentemente, reduz a diversidade beta.
- (iv) Os rios Parnaíba e Poti possuem alta diversidade beta para assembleias de oomicetos, com predominância da substituição de espécies.
- (v) A abordagem SDR-Simplex mostrou-se uma ferramenta eficaz na representação dos componentes da diversidade beta, bem como na visualização de seus padrões para as assembleias de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti.

Os estudos ecológicos com assembleias de oomicetos ainda são escassos em todo o mundo. A pesquisa fornece um entendimento inicial dos padrões de diversidade beta nesses ecossistemas, apontando para a necessidade de novos estudos para melhor elucidação dos mecanismos que estruturam a comunidade de oomicetos, e conseqüentemente, para um planejamento de estratégias de preservação da alta diversidade registrada nesses ecossistemas, que tem experimentado os impactos da ação antrópica.

## Agradecimentos

À Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa ao primeiro autor. À Universidade Federal do Piauí, por disponibilizar os recursos necessários à realização da pesquisa.

## Referências

- Anderson MJ. 2006. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. **Biometrics** 62: 245–253.
- Anderson MJ, Crist OT, Chase JM, Vellend M. 2011. Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: a roadmap for the practicing ecologist. **Ecol. Lett.** 14(1):19–28.
- APHA. 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation. 20 ed. Washington, DC.

- Baselga A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Glob. Ecol. Biogeogr.**, 19(1):134–143.
- Beakes GW, Glockling SL, Sekimoto S. 2012. The evolutionary phylogeny of the oomycete “fungi. **Protoplasma**, 249(1):3–19.
- Beakes GW, Honda D, Thines M. 2014. Systematics of the Straminipila: Labyrinthulomycota, Hyphochytriomycota, and Oomycota. In: **The Mycota VIII Part A**. (McLaughlin DJ, Spatafora, JW eds) Springer-Verlag, Berlin, p.39–97.
- Bishop TR, Robertson MP, Van Rensburg BJ, Parr CL. 2015. Contrasting species and functional beta diversity in montane ant assemblages. **J. Biogeogr.**, 42(9):1776–1786.
- Borcard D, Gillet F, Legendre P. 2018. **Numerical Ecology with R**. Springer International Publishing, Cham.
- Bozelli RL, Thomaz SM, Padial AA, Lopes PM, Bini LM. 2015. Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. **Hydrobiologia.**, 753(1):233–241.
- Braghin LSM, Almeida BA, Amaral DC, Canella TF, Gimenez BCG, Bonecker CC. 2018. Effects of dams decrease zooplankton functional  $\beta$ -diversity in river-associated lakes. **Freshw. Biol.** 63(7):721–730.
- Carvalho JC, Cardoso P, Gomes P. 2012. Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. **Glob. Ecol. Biogeogr.**, 21(7):760–771.
- Esteves FA, Meirelles-Pereira F. 2011. Eutrofização artificial. In: **Fundamentos de Limnologia** (Esteves FA, ed.) Interciência, Rio de Janeiro, p.625–656.
- Gaston KJ, Blackburn TM. 2000. **Pattern and Process in Macroecology**. Blackwell Science Ltd, Malden, MA, USA.
- Golterman HL, Clymo RS, Ohnstad MAM. 1978. **Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Water**. Blackwell Scientific Publications., Oxford.
- Harrison S, Ross SJ, Lawton JH. 1992. Beta Diversity on Geographic Gradients in Britain. **J. Anim. Ecol.**, 61(1):151.
- Heino J, Melo AS, Bini LM. 2015. Reconceptualising the beta diversity-environmental heterogeneity relationship in running water systems. **Freshw. Biol.**, 60(2):223–235.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Teresina: panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>. Acesso em: 9 de Fev. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Acervo dos municípios brasileiros**. Disponível em: < <http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=441903> >. Acesso em: 09 de Fev. de 2019.
- Issa AA, Hifney AF, Abdel-Gawad KM, Gomaa M. 2014. Spatio temporal and environmental factors influencing macroalgal  $\beta$  diversity in the Red Sea, Egypt. **Bot. Mar.**, 57(2):99-110.
- Jerônimo GH, Jesus AL, Rocha SCO, Gonçalves DR, Pires-Zottarelli CLA. 2017. New insights



into *Plectospora* genus (Oomycetes, Straminipila): morphological and molecular analyses. **Phytotaxa**, 307(3):191-198.

Jesus AL. 2015. **Diversidade de Oomycota em área do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC), Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo.

Johnson Jr TW, Seymour RL, Padgett DE. 2002. **Biology and systematics of the Saprolegniaceae**. Disponível em:  
<http://dl.uncw.edu/digilib/biology/fungi/taxonomy%20and%20systematics/padgett%20book/>

Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.**, 106(1):110–127.

Koleff P, Gaston KJ, Lennon JJ. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. **J. Anim. Ecol.**, 72(3):367–382.

Legendre P, Anderson MJ. 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. **Ecological monographs**, 69(1):1-24.

Legendre P. 2014. Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. **Glob. Ecol. Biogeogr.**, 23(11):1324–1334.

Leibold MA, Holyoak M, Mouquet N, Amarasekare P, Chase JM, Hoopes MF, Holt RD, Shurin JB, Law R, Tilman D, Loreau M, Gonzalez A. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecol. Lett.**, 7(7):601–613.

Lennon JJ, Koleff P, Greenwood JJD, Gaston KJ. 2001. The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale. **J. Anim. Ecol.**, 70(6):966–979.

Lima IMMF, Oliveira ALA, Fé CAM, Mendes MGM, Carvalho JH. 2015. **Diagnósticos e cenários: Meio Ambiente**. 28p. Disponível em:  
<http://www.teresina.pi.gov.br/portallpmt/orgao/SEMPPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf> > Acesso em 11 Fev. 2019.

Lucena LCA, Melo TX, Medeiros ESF. 2015. Zooplankton community of Parnaíba River, Northeastern Brazil. **Acta Limnol. Bras.**, 27(1):118–129.

Macêdo MAM, Rocha JRS. 2017. Dinâmica da comunidade de oomicetos(oomycota) do riacho mutum, Demerval lobão, Piauí, Brasil. **Gaia Sci.**, 11(2):162–176.

Magurran AE. 2013. **Measuring biological diversity**. Blackwell Science, Oxford.

Marano AV, Barrera MD, Steciow MM, Gleason FH, Pires-Zottarelli CLA, Donadelli JL. 2011. Diversity of zoosporic true fungi and heterotrophic straminipiles in Las Cañas stream (Buenos Aires, Argentina): assemblages colonizing baits. **Fundam. Appl. Limnol. / Arch. für Hydrobiol.**, 178(3):203–218.

Melo AS, Schneck F, Hepp LU, Simões NR, Siqueira T, Bini LM. 2012. Focusing on variation: methods and applications of the concept of beta diversity in aquatic ecosystems. **Acta Limnol. Bras.**, 23(3):318–331.

Milanez, A.I. 1989. Fungos de águas continentais. In: **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico** (Fidalgo O, Bononi VLR, eds) Instituto de Botânica, São

Paulo, p.17–20.

Miranda ML. 2007. **Diversidade de oomycota do parque estadual da serra da cantareira, estado de São Paulo. Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente.** 115f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente). Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

Miura A, Urabe J. 2015. Spatial and seasonal changes in species diversity of epilithic fungi along environmental gradients of a river. **Freshw. Biol.**, 60(4):673–685.

Nascimento CA, Gomes EPC, Pires-Zottarelli CLA. 2011. Occurrence and distribution of zoosporic organisms in water bodies from Brazilian Cerrado. **Mycologia**, 103(2):261–272.

Nascimento CA, Gomes EPC, Souza JI, Pires-Zottarelli CLA. 2012. Zoosporic true fungi and heterotrophic straminipiles assemblages from soil of Brazilian Cerrado areas. **Fungal Ecol.**, 5(2):114–123.

Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlenn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H. 2018. **Vegan: Community Ecology Package.** R package version 2.5-3. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Peláez OE, Azevedo FM, Pavanelli CS. 2017. Environmental heterogeneity explains species turnover but not nestedness in fish assemblages of a Neotropical basin. **Acta Limnol. Bras.**, 29.

Penha J, Landeiro VL, Ortega JCG, Mateus L. 2017. Interchange between flooding and drying, and spatial connectivity control the fish metacommunity structure in lakes of the Pantanal wetland. **Hydrobiologia**, 797(1):115–126.

Pereira AL, Rocha JRS. 2008. Pythium (Pythiaceae): três novos registros para o Nordeste do Brasil. **Acta Bot. Malacit.**, 30.

Picapedra PHS, Fernandes C, Lansac-Tôha FA. 2016. Zooplankton community in the Upper Parnaíba River (Northeastern, Brazil). **Brazilian J. Biol.**, 77(2):402–412.

Plaats-Niterink AJ. 1981. Monograph of genus Pythium. **Studies in Mycology**, 21-242.

Podani J, Schemera D. 2011. A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence - absence data. **Oikos**, 120(11):1625–1638.

R Development Core Team. 2018. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rocha APB, Dantas EM, Morais IRD, Oliveira MS. 2010. **Geografia do Nordeste.** 2 ed. EDUFRRN, Natal.

Rocha JRS, Rocha FP, Machado JL. 2017. O gênero Myzocytiopsis (Oomycota) no estado do Piauí: **Gaia Sci.**, 11(1):.

Rocha SCO, Jerônimo GH, Marano AV, Souza JI, Jesus AL, Pires-Zottarelli CLA. 2016. Oomycota from “Parque Estadual da Ilha do Cardoso” (PEIC): First Records for São Paulo State and Brazil. **Cryptogam. Mycol.**, 37(2):177–191.

Rocha SCO, Lopez-Lastra CC, Marano AV, Souza JI, Rueda-Páramo ME, Pires-Zottarelli CLA. 2018. New phylogenetic insights into Saprolegniales (Oomycota, Straminipila) based upon studies

of specimens isolated from Brazil and Argentina. **Mycol. Prog.**, 17(6):691–700.

Rojas JA, Jacobs JL, Napieralski S, Karaj B, Bradley CA, Chase T, Esker PD, Giesler LJ, Jardine DJ, Malvick DK, Markell SG, Nelson BD, Robertson AE, Rupe JC, Smith DL, Sweets LE, Tenuta AU, Wise KA, Chilvers MI. 2017. Oomycete Species Associated with Soybean Seedlings in North America—Part II: Diversity and Ecology in Relation to Environmental and Edaphic Factors. **Phytopathology**, 107(3):293–304.

Sandoval-Sierra JV, Martín MP, Diéguez-Uribeondo J. 2014. Species identification in the genus *Saprolegnia* (Oomycetes): Defining DNA-based molecular operational taxonomic units. **Fungal Biol.**, 118(7):559–578.

Silva JB, Rocha JRS. 2017. Oomycetes (Oomycota) from Maranhão State, Brazil. **Hoehnea**, 44(3):394–406.

Sousa NDC, Rocha JRS. 2017. Oomicetos (stramenipila) no rio Poti, perímetro urbano de Teresina, Piauí. **Pesqui. Botânica**, 113–131.

Sparrow Jr FK. 1960. **Aquatic Phycomycetes**. Univ. Michigan Press.

Thomaz SM, Bini LM, Bozelli RL. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. **Hydrobiologia**, 579(1):1–13.

Trindade-Junior OC, Rocha JRS. 2013. *Brevilegnia linearis* Coker (Saprolegniales, Oomycota, Fungi): um novo registro para o Brasil. **Pesqui. Botânica**, 64341–345.

Trindade-Junior OC, Rocha JRS. 2018. Diversidade, abundância e frequência de oomycota, blastocladiomycota e chytridiomycota em lagoas de Teresina, Piauí. **Gaia Sci.**, 12(2):.

Viana DS, Figuerola J, Schwenk K, Manca M, Hobaek A, Mjelde M, Preston CD, Gornall RJ, Croft JM, King RA, Green AJ, Santamaría L. 2016. Assembly mechanisms determining high species turnover in aquatic communities over regional and continental scales. **Ecography (Cop.)**, 39(3):281–288.

Webster J, Weber RWS. 2007. **Introduction to Fungi**. Cambridge University Press, New York.

Whittaker RH. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. **Ecol. Monogr.**, 30(3):279–338.

Whittaker RH. 1972. Evolution and Measurement of Species Diversity. **Taxon**, 21(2/3):213–251.

Williams P. 1996. Mapping variations in the strength and breadth of biogeographic transition zones using species turnover. **Proc. R. Soc. London. Ser. B: Biol. Sci.**, 263(1370):579–588.

**Artigo 3**

---

**PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE A POLUIÇÃO EM DOIS RIOS URBANOS  
NOTICIADA NA MÍDIA ELETRÔNICA**

Artigo submetido à Revista Pesquisa em Educação Ambiental (Qualis A2 em Ciências Ambientais)

## PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE A POLUIÇÃO EM DOIS RIOS URBANOS NOTICIADA NA MÍDIA ELETRÔNICA

### ENVIRONMENTAL PERCEPTION ON POLLUTION IN TWO URBAN RIVERS REPORTED IN THE ELECTRONIC MEDIA

### PERCEPCIÓN AMBIENTAL SOBRE LA CONTAMINACIÓN EN DOS RIOS URBANOS REPORTADA EN LA MEDIA ELECTRÓNICA

Natanael José da Silva<sup>1</sup>; José de Ribamar de Sousa Rocha<sup>2</sup>

1 – Mestrando em Desenvolvimento e Meio ambiente – UFPI. Email: natanaelbiologo@gmail.com; 2 – Professor do Departamento de Biologia e Mestrado de Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFPI. Email: ribamar10@hotmail.com

#### Resumo

A percepção ambiental da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti noticiada na mídia eletrônica em Teresina-PI foi verificada em três portais de notícia, utilizando a Análise de Conteúdo. Foram considerados quatro segmentos sociais: jornalistas, autoridades, especialistas e populares. Das notícias, 73% se referiram ao rio Poti, onde a eutrofização é acentuada. O segmento jornalístico teve maior participação (90%); o de populares, a menor (23%). A análise gerou três categorias – *percepção sobre a eutrofização*, *impactos da eutrofização* e *saneamento*. As palavras-chave mais frequentes foram *aguapé* (31,8%), *poluição* (17%) e *esgoto* (14,3%). Dos impactos, a *proliferação de aguapés* e o *surgimento de doenças* se destacaram. Das soluções, foi destacada a *ampliação da rede de esgotos*, em todos os segmentos considerados. A pesquisa abre caminhos para novos estudos na utilização da mídia eletrônica como fonte de registro da percepção ambiental, e esta como instrumento do entendimento do ambiente.

**Palavras-Chave:** Eutrofização. Esgoto. Saneamento. Meio Ambiente.

#### Abstract

The environmental perception of eutrophication in the rivers Parnaíba and Poti reported in electronic media in Teresina-PI was verified in three news portals, using Content Analysis. Four social segments were considered: journalists, authorities, specialists and popular. Among the news analyzed, 73% referred to the Poti river, where eutrophication is accentuated. The journalistic segment had the greatest participation (90%) and the population, the lowest (23%). The analysis resulted in three categories – *perception about eutrophication*, *eutrophication impacts* and *sanitation*. The most frequent keywords were *water hyacinth* (31.8%), *pollution* (17%) and *sewage* (14.3%). Amid the impacts, the *proliferation of water hyacinth* and the *emergence of diseases* stood out. Related to the solutions, *expansion of the sewage network* was highlighted in all the segments considered. The research opens the way to new studies in the use of electronic media as a source of record of environmental perception, and this as an instrument of understanding the environment.

**Keywords:** Eutrophication. Sewage. Sanitation. Environment.

#### Resumen

La percepción ambiental de la eutrofización en los ríos Parnaíba y Poti reportada en la media electrónica en Teresina-PI fue verificada en tres portales de noticia, utilizando el Análisis de Contenido. Se consideraron cuatro segmentos sociales: periodistas, autoridades, especialistas y populares. De las noticias, el 73% se refirió al río Poti, donde la eutrofización es acentuada. El segmento periodístico tuvo mayor participación (90%); el de la población, la menor (23%). El análisis generó tres categorías - *percepción de la eutrofización*, *impactos de la eutrofización* y *saneamiento*. Las palabras clave más frecuentes fueron *aguapé* (31,8%), *contaminación* (17%) y *alcantarillado* (14,3%). De los impactos, la *proliferación de aguapés* y el *surgimiento de enfermedades* se destacaron. De las soluciones, se destacó la *ampliación de la red de alcantarillas*, en todos los segmentos considerados. La

investigación abre caminos para nuevos estudios en la utilización de la media electrónica como fuente de registro de la percepción ambiental, y ésta como instrumento del entendimiento del ambiente.

**Palabras Clave:** Eutrofización. Aguas residuales. Saneamiento. Medio ambiente.

## 1. INTRODUÇÃO

A humanidade tem enfrentado neste novo século uma crise hídrica global, marcada pela escassez de água doce (SRINIVASAN et al., 2012; KUMMU et al., 2016), a qual tem causado sérias preocupações quanto à manutenção desse recurso fundamental para a vida no planeta. Um estudo realizado por Mekonnen e Hoekstra (2016) revelou que dois terços da população mundial (o que corresponde a quatro bilhões de pessoas) vivem sob condições severas de escassez de água em pelo menos um mês ao longo do ano. Os autores destacam, ainda, que, aproximadamente, metade dessas pessoas vive na Índia e na China.

Os altos níveis de escassez de água ocorrem, principalmente, em áreas com alta densidade populacional e/ou onde é desenvolvida a agricultura de irrigação (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016) ocorrendo também em locais com baixa disponibilidade de água, como na região do Mediterrâneo, algumas nações africanas e em áreas de deserto (ORLOWSKY et al., 2014).

Nesse sentido, o Brasil é privilegiado, pois apresenta 12% de toda a água doce do mundo (MMA, 2018). No entanto, a distribuição desse recurso não ocorre de forma igualitária no país, sendo a maior parte da água doce localizada na região amazônica, que apresenta uma pequena parcela da população em relação às demais regiões brasileiras (ANA, 2010; LIMA, CANO; NASCIMENTO, 2016). Dessa forma, o Brasil tem experimentado os reflexos da crise hídrica global, caracterizada, em grande parte por falhas na gestão deste recurso (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

O crescimento populacional, a globalização, mudanças climáticas e aumentos na demanda por água nos setores agrícola e industrial estão entre as principais causas do estresse hídrico, exigindo do homem contemporâneo uma atitude em relação aos diversos usos da água e à forma como ela é administrada globalmente (SRINIVASAN et al., 2012; KUMMU et al., 2016).

Entre as principais preocupações em relação aos recursos hídricos está a poluição dos estoques de água doce em todo o mundo, representados pelos reservatórios subterrâneos e pelos corpos d'água superficiais (SMITH, 2003). O lançamento de efluentes a partir de diversas fontes, entre elas, agrícola, industrial e doméstica, tem afetado drasticamente a qualidade da água, acarretando sérios problemas à população mundial e aos ecossistemas aquáticos (SMITH, 2003; CHISLOCK et al., 2013; ZHANG et al., 2017).

A poluição das águas a partir do lançamento de efluentes de fontes antropogênicas é denominada eutrofização artificial, a qual consiste em um enriquecimento de nutrientes acompanhado de uma série de reações em cascata nos corpos aquáticos (ESTEVES; MEIRELLES-PEREIRA, 2011). O fenômeno ocorre, sobretudo, em áreas urbanas, em decorrência de falhas no saneamento básico das cidades.

Neste contexto, os rios Parnaíba e Poti, que banham a cidade de Teresina, capital do estado do Piauí, vêm sofrendo uma intensa atividade de degradação, em função do lançamento de esgotos sem tratamento em seus leitos que, por sua vez, é decorrente da carência de saneamento básico na cidade, cuja rede de esgotos contempla apenas 24,92% da população (OLIVEIRA; SCAZUFCA; PIRES, 2018). O problema tem ganhado visibilidade através dos veículos de comunicação, que mostram as deficiências do saneamento básico e a ineficiência no cumprimento das leis de proteção ambiental. Ainda por meio da mídia, a sociedade expressa a sua percepção em relação à degradação ambiental dos rios Parnaíba e Poti.

De acordo com Tonet e Melo (2014), a mídia exerce um importante papel como veículo de transmissão de informação e de formação de opinião tornando-se cada vez mais presente em nosso cotidiano. Assim, a mídia atua, ainda, como fonte de registro da percepção ambiental. Um estudo realizado por Brandalise et al. (2009), em questionário aplicado a universitários, mostrou que a maioria (78%) obtém informações sobre as questões ambientais por meio da mídia, seja por meio de televisão, rádio, jornais, revistas e outros meios de comunicação.

A percepção ambiental, por sua vez, apresenta a compreensão e as diversas formas de interpretação do meio ambiente pela sociedade. Dessa forma, a percepção ambiental possui grande relevância no entendimento das relações entre o Homem e o meio ambiente, considerando as particularidades de cada indivíduo, como valores, expectativas, julgamentos e condutas. Cada indivíduo possui, portanto, uma forma particular de interpretar, agir e responder às questões ambientais a partir de seus próprios processos cognitivos, juízos de valores e expectativas (PACHECO; SILVA, 2007).

Sousa e Rocha (2014) realizaram um estudo das notícias relacionadas à poluição no rio Poti no perímetro urbano de Teresina em três sítios eletrônicos, do período de dezembro de 2012 a dezembro de 2013. Os autores avaliaram como a informação ambiental se expressava na mídia eletrônica e constataram que a poluição no rio Poti possui representatividade razoável, porém com informações fragilizadas carentes de fundamentação teórica sobre o tema em questão.

Nesta perspectiva, tendo em vista a crise global da água, bem como os diversos impactos causados pelo homem aos ambientes aquáticos e os seus reflexos na mídia, foi verificada a percepção ambiental de quatro segmentos sociais – jornalistas, autoridades, especialistas e populares – acerca da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti noticiada na mídia eletrônica em Teresina-PI.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em três portais de notícia da mídia eletrônica na cidade de Teresina-PI, designados por A, B e C, selecionados de acordo com o número de acessos, sendo estes os portais mais acessados no estado do Piauí (RANKING, 2018). Nos três portais eletrônicos, foram pesquisadas notícias relacionadas ao tema da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017.

Para o levantamento das matérias, foram utilizadas as seguintes expressões nos buscadores de cada um dos portais de notícia e no buscador geral Google: *eutrofização no rio Poti e Parnaíba, aguapés e esgotos no rio Poti, poluição nos rios Poti e Parnaíba, esgoto nos rios Poti e Parnaíba, poluição e esgotos em Teresina, rios de Teresina, saneamento em Teresina, esgotamento sanitário em Teresina, aguapés e eutrofização em Teresina, bocas de esgoto em Teresina/ ou nos rios Poti e Parnaíba*. Além destas expressões, as palavras aguapé, esgoto, poluição, e eutrofização foram combinadas de diversas formas no mecanismo de busca das notícias nos portais estudados.

As notícias foram separadas para cada um dos três portais, armazenadas e quantificadas por mês e ano. Posteriormente, prosseguiu-se o seu estudo através da técnica Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), a qual consiste em três etapas fundamentais: 1) a pré-análise, 2) a exploração do material e 3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Durante a análise, foi considerada a percepção ambiental de quatro segmentos sociais em relação ao problema da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti, sendo eles: jornalistas (que elaboraram as notícias), autoridades (governamentais, políticas e institucionais), especialistas (incluindo profissionais da área ambiental e ambientalistas) e populares (representada por outras pessoas da população de Teresina).

Na primeira etapa da análise, foi realizada uma leitura flutuante dos textos, que consistiu em uma visualização geral do material coletado, a partir da qual foi realizada a escolha dos

documentos a serem submetidos à análise e a formulação dos objetivos da análise (BARDIN, 2011).

Na segunda etapa, foi realizada a identificação das unidades de registro (palavras, frases e parágrafos) dentro das notícias, sendo estas unidades agrupadas em três categorias formuladas a priori: *Percepção sobre a eutrofização*, *Impactos da eutrofização* e *Saneamento* (BARDIN, 2011).

Para auxiliar na categorização das unidades de registro, foi construído um formulário estruturado com questões relacionadas ao tema da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti. Outro instrumento utilizado nessa etapa da análise foi um banco de palavras, no qual foram armazenadas as palavras-chave referentes ao problema da eutrofização com suas respectivas frequências. Posteriormente, foi construída uma *nuvem de palavras*, apresentando os termos quantificados na análise das notícias, cujos tamanhos indicaram a proporção em que estiveram presentes nas matérias. Finalmente, na terceira etapa, foram realizados o tratamento e a interpretação dos dados (BARDIN, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa permitiu o levantamento de 48 notícias distribuídas entre os portais no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017. O portal A foi o que apresentou maior número de notícias, com 20 (41,7%), seguido pelo portal B, com 19 (39,6%) e pelo portal C, com 9 (18,7%).

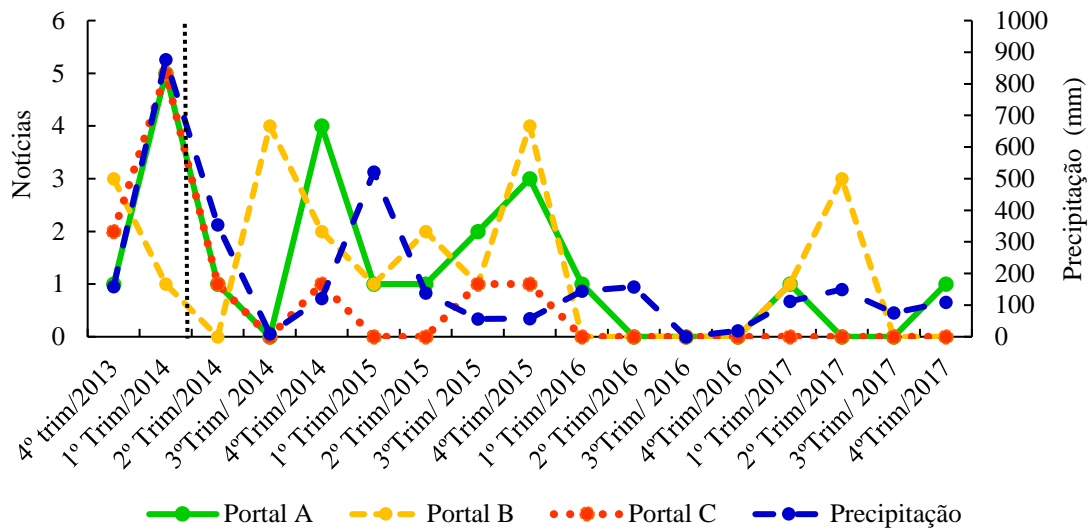
A distribuição das notícias nos três portais está relacionada ao regime climático local, sendo a maioria das notícias registradas nos períodos de estiagem quando cessam as chuvas e o nível da água sofre uma grande redução nos rios. Como consequência, os efluentes se tornam mais concentrados nos rios, contribuindo para o surgimento dos aguapés, os quais, como bioindicadores, revelam o problema. Nossos resultados estão de acordo com os de Sousa e Rocha (2014), que encontraram resultados semelhantes em relação à distribuição de notícias sobre a poluição do rio Poti, em três sítios eletrônicos no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2013.

O nível da eutrofização está, portanto, relacionado ao volume de água nos rios. Dessa forma, no período de chuvas, quando aumenta o volume de água, há uma diluição dos efluentes e conseqüente diminuição da eutrofização. Em contrapartida, no período de estiagem, quando o volume de água diminui, há concentração dos efluentes e aumento da eutrofização nesses ambientes.

De modo geral, as notícias concentraram-se nos dois primeiros anos pesquisados, 2014 e 2015, destacando-se o primeiro e quarto trimestres de 2014 e o quarto trimestre de 2015. Por outro lado, durante os anos de 2016 e 2017 houve grande redução do número de notícias, constando apenas uma matéria para todo o ano de 2016, registrada em seu primeiro trimestre no portal A (Figura 1).



**Figura 1** - Distribuição das notícias nos portais A, B e C e precipitação trimestral na cidade de Teresina-PI para o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017. Fonte: Precipitação – dados do INMET (2018).



Fonte: Dados da pesquisa.

Para o portal A, os picos das notícias ocorreram no primeiro e quarto trimestres de 2014 e no quarto trimestre de 2015, sendo cada um destes antecedido por baixas taxas de precipitação, que por sua vez, mostraram seus efeitos nos rios evidenciando o agravamento do problema da eutrofização. Nos anos seguintes também houve baixos valores de precipitação, porém não houve aumento do número de notícias no portal.

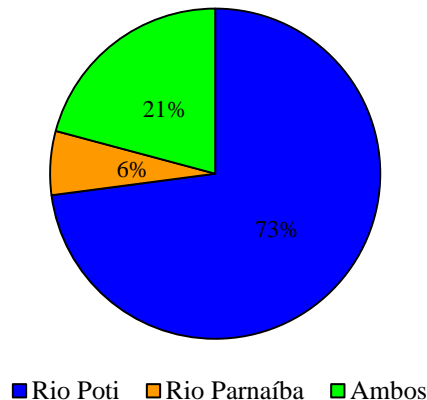
Para o portal B, as notícias se concentraram no terceiro trimestre de 2014 e no quarto trimestre de 2015, onde as precipitações encontravam-se reduzidas (10,3mm e 57,0mm, respectivamente) correspondendo ao período de estiagem. No ano 2016, não foi registrada nenhuma notícia para este portal, e em 2017, foram encontradas apenas três notícias, em seu segundo trimestre.

Para o portal C, durante os quatro anos considerados, as notícias se concentraram apenas no primeiro trimestre de 2014, havendo um decréscimo de notícias no ano de 2015 e nenhum registro para os anos de 2016 e 2017.

Podemos observar, ainda, que os portais A e C começaram com um pico de notícias durante o início do período de estudo. Dessa forma, foi realizado também o levantamento das notícias e precipitação do período anterior, que corresponde ao último trimestre de 2013, as quais não foram submetidas à análise de conteúdo, sendo utilizadas apenas para visualização do padrão de distribuição das notícias anteriores ao período estudado.

Em relação aos rios Parnaíba e Poti, a análise das matérias jornalísticas mostrou que a eutrofização ocorreu de forma mais intensa no rio Poti, uma vez que 73% das notícias referiram-se a este ambiente (Figura 2).

**Figura 2** - Percentual de matérias jornalísticas dos portais de notícia A, B e C, relacionadas à eutrofização no Rio Poti, no Rio Parnaíba e em ambos os rios, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017.



**Fonte:** Dados da pesquisa.

A razão disso é que o Rio Poti apresenta menor vazão em relação ao Parnaíba, concentrando, assim, os efluentes causadores da eutrofização e proporcionando o surgimento dos aguapés neste ambiente. Além disso, o rio Poti possui maior visibilidade em seu perímetro urbano por dividir a cidade de Teresina ao meio, tornando mais expostos os impactos da ação antrópica.

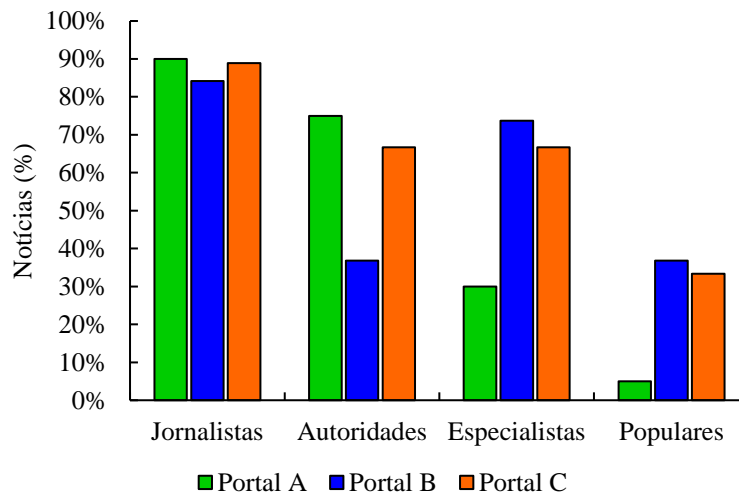
Nesse sentido, a repercussão da eutrofização dos rios Parnaíba e Poti na mídia se dá em função da proximidade e conflito desse fenômeno com a sociedade, sendo esta proximidade e conflito critérios de noticiabilidade que contribuem para a produção das notícias acerca da poluição nesses ambientes aquáticos. De acordo com Silva (2005), o método de criação das notícias pelos jornalistas envolve uma série de critérios de noticiabilidade, definida como “todo e qualquer fator potencialmente capaz de agir no processo da produção da notícia”.

Os critérios de noticiabilidade, segundo Silva (2005), podem ser divididos em três instâncias: 1) a origem dos fatos, que consiste na sua seleção primária e nos valores-notícia, envolvendo atributos como proximidade, conflito, curiosidade, entre outros; 2) o tratamento dos fatos, consistindo em sua seleção hierárquica e na produção da notícia, considerando a relação jornalista-fonte e jornalista-receptor, além das condições materiais e organizacionais; e 3) a visão dos fatos, abordando critérios como objetividade, verdade e interesse público.

A produção noticiosa se baseia fundamentalmente em tais critérios, de modo que o jornalista deve investigar a rede de critérios envolvidos nesse processo. Dessa maneira, a problemática da eutrofização noticiada na mídia em Teresina, leva em consideração entre outros critérios, a proximidade dos fatos, que são visíveis por todos.

O estudo revelou a percepção ambiental de quatro segmentos da sociedade de Teresina em relação ao fenômeno da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti: jornalistas, autoridades, especialistas e populares. Dos três portais pesquisados, o portal A apresentou maior participação dos jornalistas, presentes em 90% de suas notícias; seguida pelas autoridades (75%), pelos especialistas (30%) e por populares (5%) (Figura 3).

**Figura 3** - Percentual de notícias com percepção ambiental dos jornalistas, autoridades, especialistas e populares nas notícias para cada um dos portais A, B e C, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017.

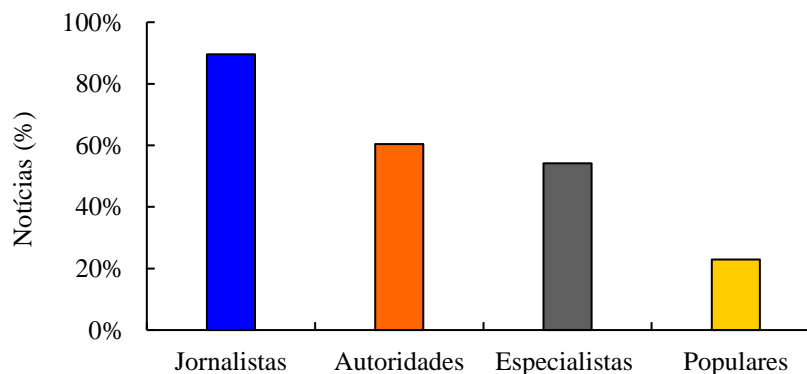


**Fonte:** Dados da pesquisa.

Para o portal B, as notícias mostraram novamente maior participação dos jornalistas (84%), seguidos pelos especialistas (74%), autoridades e populares, sendo ambas representadas por 37%. De maneira similar, no portal C, os jornalistas apresentaram maior participação nas notícias (89%), seguidos pelas autoridades (67%) e especialistas (67%) e por populares (33%) (Figura 3).

De modo geral, o segmento com maior representatividade nas notícias levantadas nos três portais foi o dos jornalistas (90%), seguido das autoridades (60%), e dos especialistas com 54%. Por outro lado, o segmento com menor participação foi o de populares, que expressou a sua percepção ambiental em apenas 23% de todas as notícias (Figura 4).

**Figura 4** - Percentual de notícias com a percepção ambiental dos jornalistas, autoridades, especialistas e populares presentes nas notícias, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017.



**Fonte:** Dados da pesquisa.

A maior representatividade dos jornalistas nas matérias pode ser explicada pelo fato de serem eles os construtores das notícias, onde geralmente expõem suas intencionalidades, apresentando assim elementos de percepção relacionados ao problema. Para agregarem veracidade à matéria, geralmente recorrem a fontes especializadas competentes no assunto, o que explica a significativa expressão desses segmentos nas matérias. Em menor proporção, os populares, apesar de possuir um contato maior com os ambientes em questão, e de expressar nos seus depoimentos os impactos desse fenômeno em sua vida cotidiana.

A percepção ambiental dos quatro segmentos considerados, em relação à eutrofização, foi associada com a presença das palavras aguapés, poluição e lançamento de esgotos nos rios. Esses termos são apresentados em uma nuvem de palavras, cujas dimensões indicam as suas frequências nas notícias. A palavra *aguapé* foi a mais citada nas notícias por todos os segmentos (31,8%), seguida da palavra *poluição* com (17%) e da palavra *esgoto* com (14,3%). Diversas outras palavras-chaves relacionadas à eutrofização nos rios Parnaíba e Poti foram quantificadas durante a análise das notícias (figura 5).

**Figura 5** - Nuvem de palavras com palavras-chave quantificadas durante a análise das notícias dos portais A, B e C, do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017

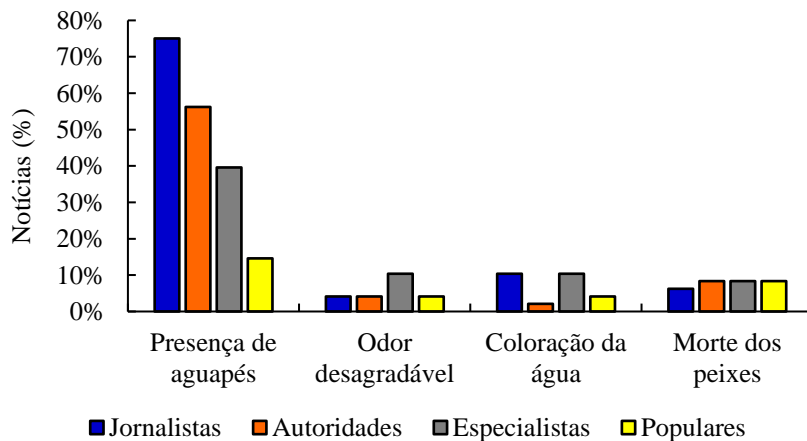


**Fonte:** Dados da pesquisa

Em relação às três categorias criadas durante a análise das notícias, a primeira delas – percepção sobre a eutrofização – teve como objetivo identificar as diversas formas pelas quais os quatro segmentos considerados na pesquisa percebem o problema da eutrofização. As formas de percepção representadas foram: morte dos peixes, coloração da água, odor desagradável e presença de aguapés (Figura 6). Embora, os segmentos não possuam um conhecimento especializado acerca do fenômeno da eutrofização, com exceção dos especialistas e algumas autoridades, eles percebem o problema pelas mudanças ocorridas em consequência dos impactos ambientais, como a alteração da cor e o cheiro da água.

De todas as formas de percepção, a *presença de aguapés* foi a mais frequente nas notícias para todos os segmentos considerados, destacando-se os jornalistas (75%) e as autoridades (56%). Esta forma de percepção foi bem evidenciada na nuvem de palavras, a qual apresentou o termo *aguapé* como o mais frequente. As demais formas de percepção apresentaram-se pouco frequentes nas matérias em geral (Figura 6).

**Figura 6** - Frequência das formas de percepção ambiental da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti nas notícias por jornalistas, autoridades, especialistas e populares.



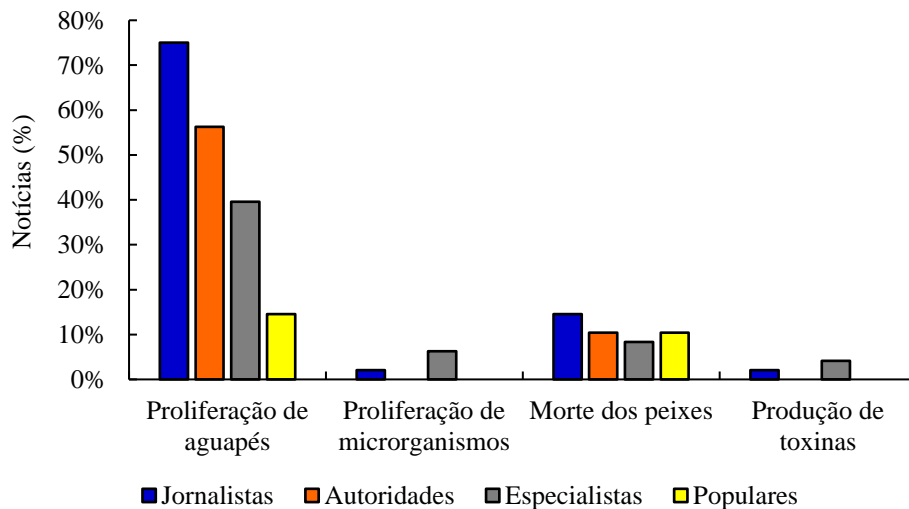
**Fonte:** Dados da pesquisa.

As formas de percepção *odor desagradável* e *coloração da água* foram registradas também em um estudo realizado por Antunes et al. (2014), os quais buscaram conhecer a percepção de moradores do entorno do rio Cahará (SC) acerca das condições desse rio, mudanças ocorridas com o processo de urbanização e qualidade de suas águas. De acordo com os entrevistados, o rio apresenta “mau cheiro” e é “muito sujo”.

As formas de percepção da poluição apresentadas nas notícias se referem às percepções a partir da experiência direta com os ambientes através dos sentidos, ou de informações indiretas obtidas por meio de outras fontes e pelos meios de comunicação, envolvendo, portanto, os sentidos e os processos cognitivos individuais (VALERA, 2018). Para este autor, a percepção ambiental depende da influência de variáveis como o entorno físico, variáveis pessoais (como idade, sexo, status socioeconômico) e culturais, apesar de ser considerado um processo psicológico global e unitário.

A segunda categoria de análise – impactos da eutrofização – buscou verificar a percepção acerca dos impactos da eutrofização para os rios Parnaíba e Poti. Dentre os impactos relatados, o mais frequente foi a *proliferação de aguapés* sendo apresentado em 75% das notícias pelos jornalistas, em 56% pelas autoridades, em 40% pelos especialistas e em 15% por populares (Figura 7). Em contrapartida, os impactos menos frequentes foram *proliferação de microrganismos* e *produção de toxinas*, relatados apenas pelos especialistas e pelos jornalistas, sendo o primeiro representado por 6% para especialistas e o segundo por 2% para jornalistas. É importante destacar que o impacto *morte dos peixes* foi relatado por todos os segmentos, revelando preocupação com os impactos socioambientais.

**Figura 7** - Impactos da eutrofização para os rios, apresentados por jornalistas, autoridades, especialistas e populares nas notícias levantadas nos portais A, B e C.



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Os relatos que seguem retratam a realidade dos rios, deixando evidente a percepção dos impactos socioambientais da eutrofização.

O rio esverdeado, sujo, de mau-cheiro, repleto de [...] aguapés demonstra que a carga poluidora do Poti chegou em nível alarmante. Jornalista, Jornal B, 14/10/2015.

Os rios estão mais secos e a água poluída, os peixes grandes estão sumindo, os que restam são aqueles menores que mal dá para o consumo, a situação está preocupante. Popular, Jornal B, 27/08/2014.

No primeiro relato, o problema no rio Poti é evidenciado pelos termos *rio esverdeado*, *mau cheiro*, e *aguapés* da categoria *impactos da eutrofização*. Já no segundo relato, é mostrada

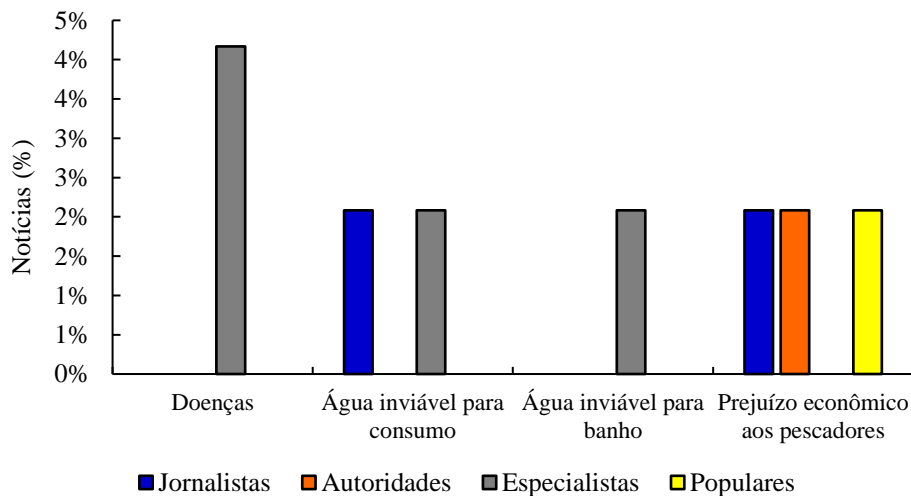
a preocupação socioambiental, pois a escassez ou morte dos peixes traz prejuízos àqueles que dependem da pesca para sobreviver.

De acordo com Esteves e Meirelles-Pereira (2011), o fenômeno da eutrofização ocorre de forma dinâmica provocando mudanças significativas em termos qualitativos e quantitativos sobre o ambiente aquático, incluindo alterações na biota aquática, e sobre o meio físico e químico, sendo, portanto, considerada uma forma de poluição. O acúmulo de nutrientes estimula a proliferação de plantas e a presença dos aguapés relatada nas notícias, é um indício da alta carga de poluição nos rios.

O aguapé possui importante papel bioindicador em ambientes aquáticos. Um estudo realizado por Dias, Nascimento e Meneses (2016), em que macrófitas aquáticas foram utilizadas como uma ferramenta para o tratamento de efluentes domésticos, mostrou a eficácia destes vegetais atuando como biofiltro na redução da poluição. No entanto, à medida que essas plantas se proliferam, ocupam todo o espaço e começam a causar outras consequências sobre o ambiente aquático (ESTEVES; MEIRELLES-PEREIRA, 2011).

Em relação aos seres humanos, os impactos da poluição apresentaram baixas frequências nas notícias, destacando-se as *doenças* com (4,2%) na percepção dos especialistas (Figura 8). Os impactos *água inviável para o consumo*, *água inviável para o banho* e *prejuízo econômico aos pescadores* apareceram apenas em 2% das notícias por jornalistas, autoridades e populares.

**Figura 8** - Impactos da poluição aos seres humanos, apresentados por jornalistas, autoridades, especialistas e populares nas notícias levantadas nos portais A, B e C.



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Ainda em relação ao impacto *doenças*, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), o contato com águas contaminadas pode levar ao surgimento de enfermidades como Hepatites, Giardíase, Cólera, Febre tifoide, Esquistossomose, entre outras, as quais são causadas por parasitas, vírus, bactérias ou toxinas presentes nas águas contaminadas.

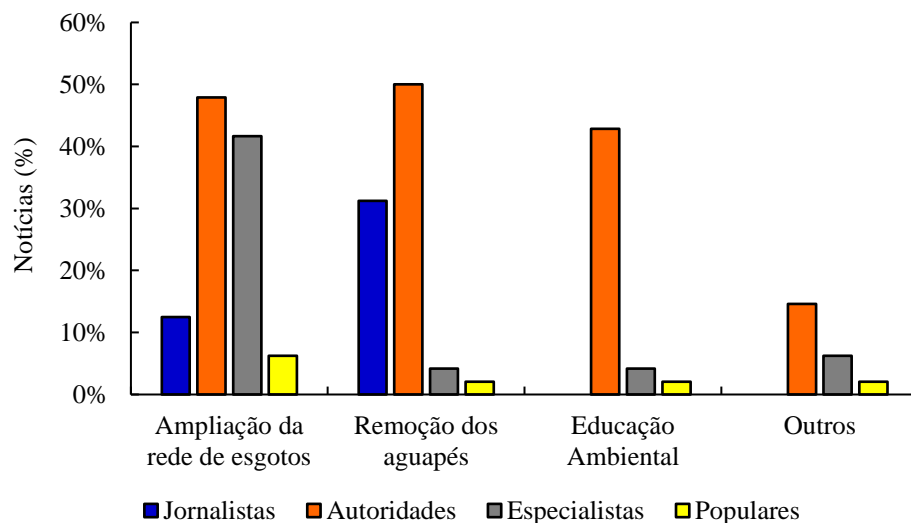
Com base nos relatos dos segmentos sociais é possível observar que não houve participação dos jornalistas, autoridades e populares no que diz respeito às doenças, o que mostra que esses segmentos possuem pouco conhecimento sobre as consequências da poluição dos rios na saúde humana. É fundamental, portanto, que os jornalistas, ao construírem as notícias, deixem mais evidentes os relatos dos especialistas sobre as implicações da poluição à saúde humana, a fim de informar a sociedade da gravidade do problema.

Finalmente, a terceira categoria de análise – saneamento – buscou identificar a percepção em relação às causas e soluções do problema da eutrofização nos ambientes

considerados na pesquisa. Nas notícias, a causa apresentada por todos os segmentos para o surgimento da eutrofização foi o lançamento de esgotos sem tratamento nos rios Parnaíba e Poti.

Para a solução ou atenuação do problema foram apresentadas algumas medidas por todos os segmentos. As que mais se destacaram nas notícias pelos jornalistas e autoridades foram a *remoção dos aguapés* com 31% e 50%, respectivamente, e a *ampliação da rede de esgotos* com 13% e 48% (Figura 9). Para os especialistas e para os *populares* a medida que mais se destacou foi a *ampliação da rede de esgotos*, com 42% e 6%, respectivamente.

**Figura 9** - Soluções apresentadas por jornalistas, autoridades, especialistas e populares nos portais pesquisados para o problema da eutrofização dos rios Parnaíba e Poti.



Fonte: Dados da pesquisa.

A cidade de Teresina conta com uma rede de tratamento de esgotos que atende apenas 24,92% da população, tendo, portanto, cerca de 75% de seus esgotos lançados sem tratamento no solo ou nos cursos d'água, como nos rios Parnaíba e Poti (OLIVEIRA; SCAZUFCA; PIRES, 2018). Isto justifica a preocupação de jornalistas, autoridades, especialistas e populares relatada nas notícias em relação ao problema, os quais são unânimes em apresentar a ampliação da rede de esgotos como a solução ideal para resolver o problema da eutrofização. No entanto, uma vez que essa meta leva longo prazo para ser alcançada, é sugerida a medida paliativa de se retirar os aguapés, no caso do rio Poti, enquanto a solução definitiva não é alcançada.

Estudos de percepção ambiental têm mostrado que a principal causa da poluição aquática é o lançamento de esgotos (ANTUNES, et al, 2014; BENEZ, KAUFFER MICHEL; GORDILLO, 2010; RONQUILLO; SOLÍS; BELTRÁN, 2016). Logo, a solução para o problema da poluição está relacionada à melhorias no saneamento básico, especialmente no que diz respeito à criação de sistemas de tratamento de esgotos nas cidades. Dessa forma, a sociedade conhece as causas e as soluções para a poluição, apesar de não estar ciente de todas as consequências que este fenômeno pode causar.

No entanto, a remoção dos aguapés não é uma medida recomendável para a solução do problema da eutrofização, em função do importante papel dessas plantas no auxílio da recuperação do ambiente aquático e, por outro lado, nos impactos negativos que elas podem causar nos locais para onde são transferidas, gerando assim acúmulo de lixo no ambiente terrestre.

Com base nas soluções apresentadas no presente estudo para a eutrofização é possível notar que os representantes da categoria populares possuem maior consciência do que

jornalistas e autoridades em relação à verdadeira solução da eutrofização. Se por um lado os populares relatam principalmente a ampliação da rede de esgotos da cidade, por outro, jornalistas e autoridades priorizam a remoção dos aguapés, que representa uma solução estética, mascarando o problema nos rios.

As constantes agressões antrópicas sobre esses importantes corpos de água podem superar a sua capacidade de resiliência, levando-os ao colapso. Como observado na percepção de jornalistas, autoridades, especialistas e populares, a eutrofização acarreta diversos impactos negativos aos ambientes aquáticos, gerando um desequilíbrio entre os processos de produção, consumo e decomposição desses ecossistemas, através de alterações severas na biota aquática e culminando na perda da biodiversidade local (ESTEVEVES; MEIRELLES-PEREIRA, 2011; MARINHO; FONSECA; ESTEVES, 2017).

Diante dos impactos causados pela eutrofização sobre a biota aquática, é importante destacar o papel dos aguapés em degradar substâncias poluentes, sendo assim considerados bioindicadores da eutrofização nos ambientes aquáticos. De modo similar, existem outros grupos de organismos que ocorrem em ambientes eutrofizados, como é o caso do zooplâncton e dos oomicetos, apresentando possivelmente, potencial de bioindicação de poluição nestes ambientes. Desse modo, torna-se importante a realização de novos estudos com grupos como esses, para verificar o seu potencial bioindicador e assim aplicá-los como ferramenta auxiliar na avaliação ambiental desses ecossistemas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das notícias nos três portais revelou que o problema da eutrofização dos rios é relatado na mídia eletrônica, refletindo a constância, e de certa forma, a intensidade com que ele ocorre nos rios de Teresina.

A principal forma de percepção sobre a eutrofização por todos os segmentos foi a presença de aguapés no rio Poti, que evidencia o problema apresentado nas notícias. Em relação aos impactos causados aos ambientes aquáticos, todos os segmentos destacaram, ainda, a proliferação dos aguapés no rio Poti. Entre os impactos causados ao ser humano, destacaram-se as *doenças* pelos especialistas. Como solução para o problema da eutrofização, as medidas que mais se destacaram foram a *remoção dos aguapés* do rio Poti, relatada pelos jornalistas e autoridades, e a *ampliação da rede de esgotos*, relatada por todos os segmentos.

Embora existam diferenças no nível de instrução entre as categorias consideradas, as formas de percepção são basicamente as mesmas. A maioria dos sujeitos percebe a eutrofização por meio dos impactos ambientais visíveis. A pesquisa revelou que a maioria dos participantes nas notícias só conseguem ver os efeitos imediatos; os efeitos indiretos, que irão ocorrer em longo prazo não são visíveis.

Esta pesquisa abre caminhos para que novos estudos sejam realizados no sentido de se utilizar a mídia eletrônica como fonte de registro da percepção ambiental, e esta como instrumento de entendimento do ambiente. É importante destacar os impactos da eutrofização para os ecossistemas aquáticos, afetando os diversos grupos de organismos que ali vivem, culminando assim, na perda da biodiversidade local. Nesse sentido, organismos como os aguapés, consolidados como bioindicadores de poluição, podem juntamente com outros grupos de seres vivos, serem utilizados como ferramentas no controle da qualidade de ecossistemas aquáticos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa ao primeiro autor.



## REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional*, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- ANTUNES, Camila Muniz Melo et al. Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 32, p. 75-87, 2014.
- BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: edições 70, 2011.
- BENEZ, Mara Cristina; KAUFFER MICHEL, Edith F.; GORDILLO, Guadalupe del Carmen Álvarez. Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. *Frontera norte*, v. 22, n. 43, p. 129-158, 2010.
- BICUDO, Carlos Eduardo; TUNDISI, José Galizia; SCHEUENSTUHL, Marcos Cortesão Barnsley (Orgs.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.
- BRANDALISE, Loreni Teresinha; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor; ROJO, Cláudio Antonio; LEZANA, Álvaro Guilherme Rojas; POSSAMAI, Osmar. A percepção e o comportamento ambiental dos universitários em relação ao grau de educação ambiental. *Revista Gestão & Produção*, v. 16, n. 2, p. 286-300, 2009.
- CHISLOCK, Michael F. et al. Eutrophication: causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. *Nature Education Knowledge*, v. 4, n. 4, p. 10, 2013.
- DIAS, Fernando Silva; NASCIMENTO, João Paulo Alves do; MENESES, Janaína Moreira de. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. *Revista Ambiental*, v. 2, n. 1, p. 106-115, 2016.
- ESTEVES, Francisco de Assis; MEIRELLES-PEREIRA, Frederico. Eutrofização artificial. In: ESTEVES, Francisco de Assis (Ed.). *Fundamentos de Limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 625–656.
- GRADIM, Anabela. *Manual de Jornalismo*. Universidade da Beira Interior/Livros Labcom, 2000.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. *BDMEP-Dados Históricos*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- KUMMU, Matti et al. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific Reports*, v. 6, p. 38495, 2016. doi: 10.1038/srep38495.
- LIMA, Eugênio Antônio de.; CANO, Helen; NASCIMENTO, José Antônio Sena do. Uma contribuição à geografia dos recursos hídricos. In: FIGUEIREDO, Adma Hamam de. (Ed.). *Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI*. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. p. 321-357.
- MARINHO, Claudio Cardoso; FONSECA, André Luís dos Santos; ESTEVES, Francisco de Assis. Impactos antrópicos nas lagoas costeiras do norte do estado do Rio de Janeiro: uma revisão sobre a eutrofização artificial e gases de efeito estufa. *Revista Brasileira de Pós-*

*Graduação*, v. 13, n. 32, p. 703-728, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.21713/2358-2332.2016.v13.986>.

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016. doi: 10.1126/sciadv.1500323.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Água*, 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua>. Acesso em: 20 ago. 2018.

OLIVEIRA, Gesner, SCAZUFCA, Pedro, PIRES, Rodrigo Cintra. *Ranking do saneamento*: Instituto Trata Brasil: São Paulo: GO Associados, 2018.

OMS – Organização Mundial da Saúde. 2018. *Guidelines on sanitation and health*. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/guidelines-on-sanitation-and-health/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/guidelines-on-sanitation-and-health/en/). Acesso em: 23 nov. 2018.

ORLOWSKY, Boris et al. Today's virtual water consumption and trade under future water scarcity. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 7, p. 074007, 2014. doi:10.1088/1748-9326/9/7/074007.

PACHECO, É; SILVA, Hilton Pereira. *Compromissos epistemológicos do conceito de percepção ambiental*. Rio de Janeiro: Departamento de Antropologia, Museu Nacional e Programa EICOS/UFRJ, 2007.

RANKING, *de sites*: resultados em primeiro lugar, 2018. Disponível em: <http://www.rankingdesites.com.br>. Acesso em: 2 jan. 2018.

RONQUILLO, Mario Fernandez; SOLÍS, Tania Fernández; BELTRÁN, Gloria de Lourdes Solís. Percepción de la población sobre los niveles de contaminación ambiental del Río Milagro y grado de conocimiento preventivo social sobre el efecto de su carga contaminante. *Revista Ciencia UNEMI*, v. 9, n. 21, p. 125-134, 2016.

SILVA, Gislene. Para pensar critérios de noticiabilidade. *Estudos em jornalismo e mídia*, 2(1), 95–107, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/jornalismo/article/download/2091/1830>. Acesso em: 20 abr 2018.

SMITH, Vall H. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 10, n. 2, p. 126-139, 2003. doi: 10.1065/espr2002.12.142.

SOUSA, Nayara Dannielle Costa de.; ROCHA, José de Ribamar de Sousa. A poluição do rio Poti relatada na mídia eletrônica em Teresina-PI. *Educação Ambiental em Ação*, v.50, 2014.

SRINIVASAN, Veena et al. The nature and causes of the global water crisis: Syndromes from a meta-analysis of coupled human-water studies. *Water Resources Research*, v. 48, n. 10, 2012. doi: <https://doi.org/10.1029/2011WR011087>.

TONET, Elaine Regina Costa; MELO, Aécio Rodrigues de. A globalização e a influência da mídia na sociedade. *Cadernos PDE*, 2014. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_uenp\\_ge\\_artigo\\_elaine\\_regina\\_costa.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uenp_ge_artigo_elaine_regina_costa.pdf). Acesso em: 23 de nov. 2018.

VALERA, Sergi. *Variables que influyen en la percepción ambiental*. Disponível em:

[http://www.ub.edu/psicologia\\_ambiental/unidad-2-tema-2-4](http://www.ub.edu/psicologia_ambiental/unidad-2-tema-2-4). Acesso em: 23 nov. 2018.

ZHANG, Guangliang. Heavy metal fractions and ecological risk assessment in sediments from urban, rural and reclamation-affected rivers of the Pearl River Estuary, China. *Chemosphere*, v. 184, p. 278-288, 2017. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.05.155.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições de degradação ambiental em que se encontram os rios Parnaíba e Poti foram as bases iniciais para o desenvolvimento desta pesquisa. Tendo em vista os impactos que a eutrofização (decorrente da ação antrópica) exerce sobre os ecossistemas aquáticos, sobretudo, na diversidade das comunidades aquáticas que ali vivem, e sobre a população que habita o entorno desses ambientes, o trabalho levantou os seguintes questionamentos: a) Como ocorre a variação na composição de espécies (diversidade beta) planctônicas – de cladóceros, copépodes, rotíferos e oomicetos presentes nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina? b) Os padrões de diversidade beta diferem ao longo do tempo e do espaço? c) Essa diversidade beta é afetada pelas condições ambientais em que se encontram os rios? d) as espécies estudadas refletem os distúrbios antropogênicos causados nestes ambientes? e e) Qual a percepção ambiental dos segmentos sociais (jornalistas, autoridades, especialistas e populares) acerca da eutrofização nos rios Parnaíba e Poti noticiada na mídia eletrônica em Teresina-PI?

Partindo-se da perspectiva de que a eutrofização é um problema que representa uma interface entre o Homem e o ambiente à sua volta, esta pesquisa se propôs a verificar os padrões de diversidade beta em assembleias de cladóceros, copépodes, rotíferos e oomicetos, (decorrentes, entre outros fatores, da poluição aquática) e a percepção ambiental de segmentos da sociedade acerca do processo de eutrofização dos rios Parnaíba e Poti na cidade de Teresina.

Em relação ao estudo da diversidade beta nas assembleias de cladóceros copépodes e oomicetos, as hipóteses propostas inicialmente foram confirmadas. De modo geral, o rio Parnaíba se distingue do rio Poti em suas características físico-químicas e bióticas, no entanto o setor Parnaíba-Pós, localizado após o encontro dos rios, possui forte influência do Poti, sendo mais parecido com este do que com a sua própria porção antes do encontro dos rios.

As condições ambientais afetam significativamente a composição e diversidade beta das espécies, sendo esse efeito potencializado pela alta concentração de nutrientes, sobretudo no rio Poti. Em outras, palavras, o principal mecanismo que atua na estruturação das assembleias estudadas é o da filtragem ambiental, onde a distribuição das espécies é determinada pelas condições ambientais. Assim, a heterogeneidade ambiental parece ser a responsável pela alta diversidade beta observada nos rios Parnaíba e Poti, apesar dos distúrbios antrópicos serem evidentes nestes ambientes.

Para as assembleias de oomicetos, o padrão dominante de diversidade beta nos rios Parnaíba e Poti é o da substituição de espécies, que resulta da heterogeneidade ambiental

pronunciada nestes ambientes. Por outro lado, as assembleias de cladóceros, copépodes e rotíferos apresentam alto padrão de aninhamento (em função da baixa substituição de espécies e da alta diferença nas abundâncias). Essas diferenças de abundância também são resultado das particularidades de cada habitat nos rios Parnaíba e Poti.

No tocante à percepção ambiental dos segmentos sociais em relação à eutrofização nos rios, a análise das notícias revela que a temática da eutrofização é frequente na mídia, mostrando a importância que essa questão representa para a sociedade teresinense. Apesar das diferenças no nível de instrução entre as categorias consideradas, as formas de percepção sobre a eutrofização nos rios restringem-se aos impactos visíveis, como a presença dos aguapés, cuja retirada é a principal solução apontada pelos grupos para o problema. A pesquisa aponta para necessidade de se tomar medidas mais efetivas para solucionar o problema da eutrofização nesses ambientes.

Nesta perspectiva, a partir desta pesquisa surgem novos questionamentos que poderão ser respondidos com novos estudos: a) Qual o papel da dispersão das espécies nesses ambientes e como ela é afetada pelos impactos antrópicos nestes ambientes? b) quais os efeitos da produtividade e da extensão espacial do gradiente sobre a diversidade beta nessas assembleias? c) qual a percepção da sociedade em relação ao surgimento de doenças decorrentes da eutrofização e de outros impactos ao ser humano, uma vez que nesta pesquisa esse aspecto foi pouco abordado?.

As respostas a esses questionamentos trarão uma grande contribuição para o entendimento dos efeitos que a ação antrópica pode causar sobre a biodiversidade nesses ambientes, e conseqüentemente, sobre a própria qualidade de vida humana. Além disso, recomenda-se, ainda, o uso da comunidade zooplancônica como ferramenta no monitoramento da qualidade das águas do rio Parnaíba e Poti, sendo este um serviço de baixo custo, que contribuirá para um melhor saneamento na cidade de Teresina e para a conservação desses ecossistemas.

## APÊNDICE 1: FORMULÁRIO REFERENTE À PESQUISA DE PERCEPÇÃO

SITE: (A) (B) (C)

DATA DA REPORTAGEM \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

1. A reportagem trata da poluição:

( ) No rio Poti apenas                      ( ) No Rio Parnaíba apenas                      ( ) Em ambos os rios

2. A reportagem apresenta participação de:

( ) especialista ambiental; ( ) autoridades; ( ) população; ( ) jornalista

3) Como o problema da eutrofização no(s) rio(s) é percebido pela população, especialistas, autoridades e pelo jornalista?

| Alternativas  | Esp | Pop | Aut | Jorn |
|---|-----|-----|-----|------|
| a) presença de aguapés, que cobrem o(s) rio(s)          |     |     |     |      |
| b) odor desagradável da água;                           |     |     |     |      |
| c) coloração da água, com aspecto esverdeado ou escuro; |     |     |     |      |
| d) morte dos peixes;                                    |     |     |     |      |
| e) Outros   |     |     |     |      |

4. Quais são as medidas tomadas para a minimização ou solução do problema?

| Alternativas                                  | pop | esp | aut | jorn |
|---|-----|-----|-----|------|
| a) Fim do lançamento de esgotos no rios       |     |     |     |      |
| b) Ampliação da rede de esgotos na cidade     |     |     |     |      |
| c) Retirada dos aguapés do leito do(s) rio(s) |     |     |     |      |
| d) Promover a Educação Ambiental              |     |     |     |      |
| e) Outros                                     |     |     |     |      |

5) Quais são os impactos decorrentes da eutrofização dos rios para o homem apresentados na reportagem pela população, especialistas, autoridades e pelo jornalista?

| Alternativas  | Esp | Pop | Aut | Jorn |
|---|-----|-----|-----|------|
| a) Possível Surgimento de doenças                     |     |     |     |      |
| c) inviabilidade da água para consumo                 |     |     |     |      |
| e) inviabilidade da água tomar banho                  |     |     |     |      |
| d) dificuldade ou impossibilidade de navegação no rio |     |     |     |      |
| e) Outros   |     |     |     |      |

6. Quais são os impactos da eutrofização para o rio apresentados na reportagem pela população, especialistas, autoridades e pelo jornalista?

| Alternativas                       | Esp | Pop | Aut | Jorn |
|------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| a) Proliferação de aguapés         |     |     |     |      |
| b) Perda de biodiversidade         |     |     |     |      |
| c) Proliferação de microorganismos |     |     |     |      |
| d) Odor desagradável               |     |     |     |      |
| e) Mudança na cor da água          |     |     |     |      |
| f) Produção de toxinas             |     |     |     |      |
| g) Outros                          |     |     |     |      |

**APÊNDICE 2: Lista de táxons de zooplâncton dos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina-PI.**

| Táxons  | Acrônimo | Rio Parnaíba |    |    |    |    |    |    |    |    |     | Rio Poti |     |     |     |     |
|---|----------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|
|   |          | P1           | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11      | P12 | P13 | P14 | P15 |
| <b>Cladocera</b>                                    |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <b>BOSMINIDAE</b>                                   |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Bosmina hagmanni</i> Stingelin, 1904             | BOShag   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <i>Bosminopsis deitersi</i> Richard                 | BOSdei   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <b>CHYDORIDAE</b>                                   |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Anthalona verrucosa</i> (Sars, 1901)             | ANTver   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | +        | -   | +   | -   | -   |
| <i>Dadaya</i> sp.                                   | DADsp    | +            | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | +   |
| <i>Euryalona brasiliensis</i> Brehm e Thomsen, 1936 | EURbra   | -            | -  | -  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | -   |
| <i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)               | NOTscu   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | +   | -   |
| <b>DAPHNIIDAE</b>                                   |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886              | CERcor   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | +  | -  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967                | DAPges   | +            | +  | -  | -  | -  | +  | +  | +  | +  | +   | -        | -   | -   | -   | -   |
| <b>ILYOCRYPTIDAE</b>                                |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882           | ILYspi   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | +  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <b>MACROTHRICIDAE</b>                               |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Macrothrix</i> sp.                               | MACsp    | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | +   | -   |
| <i>Grimaldina brazzai</i> Richard, 1892             | GRibra   | -            | -  | -  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | -   |
| <b>MOINIDAE</b>                                     |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Moina</i> sp.                                    | MOIsp    | +            | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <b>SIDIDAE</b>                                      |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Diaphanosoma spinulosum</i> Herbst, 1967         | DIAspi   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <b>Copepoda</b>                                     |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <b>CYCLOPYDAE</b>                                   |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Mesocyclops</i> sp.                              | MESsp    | +            | +  | -  | -  | -  | -  | +  | +  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <i>Paracyclops</i> sp.                              | PARsp    | +            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | -   |
| <b>DIAPTOMIDAE</b>                                  |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Notodiaptomus</i> sp1                            | NOTsp1   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | -        | -   | -   | -   | -   |
| <i>Notodiaptomus</i> sp2                            | NOTsp2   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |

## APÊNDICE 2. Continuação

| Táxons   | Acrônimo | Rio Parnaíba |    |    |    |    |    |    |    |    |     | Rio Poti |     |     |     |     |   |
|--|----------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|---|
|  |          | P1           | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11      | P12 | P13 | P14 | P15 |   |
| <b>Rotifera</b>                                  | ROTIF    | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | +  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <b>ASPLANCHNIDAE</b>                             |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |   |
| <i>Asplanchna sieboldii</i> (Leydig, 1854)       | ASPsie   | +            | +  | +  | +  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <b>BRACHIONIDAE</b>                              |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |   |
| <i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851          | BRAang   | -            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Brachionus bidentata</i> Anderson, 1889       | BRAbid   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | +        | -   | -   | +   | -   |   |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766      | BRAcac   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Brachionus caudatus</i> Barrois & Dadai, 1894 | BRAcac   | +            | +  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Brachionus dolabratus</i> Haring, 1914        | BRAdol   | +            | +  | -  | +  | -  | -  | -  | -  | +  | +   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898       | BRAfal   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | +  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Brachionus havanaensis</i> Rousset, 1911      | BRAhav   | -            | -  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | -   | -   | +   |   |
| <i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783   | BRAqua   | +            | -  | -  | -  | -  | +  | +  | -  | -  | -   | +        | -   | +   | -   | +   |   |
| <i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773        | BRAurc   | -            | -  | +  | -  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | -        | +   | +   | -   | +   |   |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)        | KERcoc   | -            | +  | +  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)         | KERtro   | +            | +  | -  | +  | +  | -  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)          | PLApat   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Platylabus quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832) | PLAqua   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <b>EUCHLANIDAE</b>                               |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |   |
| <i>Dipleuchlanis propatula</i> (Gosse, 1886)     | DIPpro   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | -   | + |
| <b>FILINIDAE</b>                                 |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |   |
| <i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)      | FILopo   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Filinia saltator</i> (Gosse, 1886)            | FILsal   | +            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | +   | -   | +   | +   |   |
| <i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)          | FILter   | +            | +  | +  | +  | +  | +  | +  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <b>HEXARTHRIIDAE</b>                             |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |   |
| <i>Hexarthra</i> sp1                             | HEXsp1   | -            | -  | -  | +  | +  | -  | -  | -  | -  | -   | +        | -   | +   | +   | +   |   |
| <i>Hexarthra</i> sp2                             | HEXsp2   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | +   | +   | -   | +   |   |
| <b>LECANIDAE</b>                                 |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |   |
| <i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)                | LECbul   | -            | +  | +  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |
| <i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)             | LECcor   | -            | -  | +  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | -   | -   | -   | +   |   |
| <i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)         | LECcur   | +            | +  | +  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |   |



## APÊNDICE 2. Continuação

| Táxons  | Acrônimo | Rio Parnaíba |    |    |    |    |    |    |    |    |     | Rio Poti |     |     |     |     |
|---|----------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|
|   |          | P1           | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11      | P12 | P13 | P14 | P15 |
| <i>Lecane elsa</i> Hauer, 1931                | LECels   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | +   |
| <i>Lecane leontina</i> (Turner, 1892)         | LECleo   | -            | -  | -  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | +   | -   | +   |
| <i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)             | LEClun   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | +   | +   |
| <i>Lecane melini</i> Thomasson, 1953          | LECmel   | +            | -  | +  | -  | -  | +  | +  | -  | -  | +   | -        | +   | -   | -   | -   |
| <i>Lecane papuana</i> (Murray, 1913)          | LECpap   | +            | +  | -  | -  | +  | +  | -  | -  | -  | -   | +        | +   | +   | +   | +   |
| <i>Lecane proiecta</i> Hauer, 1956            | LECpro   | +            | +  | -  | -  | +  | +  | +  | +  | -  | +   | -        | +   | -   | -   | +   |
| <i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830) | LECqua   | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | +   | +   |
| <i>Lecane</i> sp.                             | LECsp    | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | +   | -   |
| SCARIDIIDAE                                   |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Scaridium</i> sp.                          | SCAsp    | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | +   | -   | -   | -   |
| SYNCHAETIDAE                                  |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925  | POLdol   | -            | +  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | +   | -   | +   | +   |
| <i>Synchaeta</i> sp.                          | SYNsp    | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | +   |
| TESTUDINELLIDAE                               |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)    | TESpat   | -            | -  | -  | -  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | +   | +   | +   |
| TRICHOCERCIDAE                                |          |              |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |     |     |     |     |
| <i>Trichocerca</i> sp.                        | TRIs     | -            | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | -   | -   | +   |
| <b>Bdelloidea</b>                             | BIDELL   | -            | -  | -  | +  | -  | +  | -  | -  | -  | -   | -        | -   | +   | +   | -   |

**APÊNDICE 3: Variáveis ambientais  $\pm$  desvio padrão dos rios Parnaíba (antes e após o encontro dos rios) e Poti no perímetro urbano de Teresina durante os períodos de estudo.** Cloro = clorofila a, NH<sub>3</sub>=amônia, PO<sub>4</sub>=fosfato, PT= fósforo total, NO<sub>2</sub>=nitrito, K=coeficiente de atenuação da radiação, Temp=temperatura, TDS=totais de sólidos dissolvidos, O<sub>2</sub>=oxigênio, Prec=precipitação.

|   |        | Cloro<br>( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | NH <sub>3</sub><br>( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | PO <sub>4</sub><br>( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | PT<br>( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | NO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | K                  | pH               | Temp<br>(°C)      | Cond<br>uS.cm <sup>1</sup> | TDS<br>(ppm)        | O <sub>2</sub><br>(ppm) | O <sub>2</sub><br>(%) | Prec<br>(mm)       |
|---|--------|-----------------------------------|---|---|--------------------------------|---|--------------------|------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|
| RIO<br>PARNAÍBA<br>Após o<br>Encontro   | AGO/17 | 4,5 $\pm$<br>0,5                  | 49,8 $\pm$<br>20,3                          | 4,9 $\pm$<br>0,9                            | 8,0 $\pm$<br>4,5               | 9,6 $\pm$<br>12,8                           | 38,2 $\pm$<br>4,1  | 7,3 $\pm$<br>0,1 | 27,7 $\pm$<br>0,3 | 52,6 $\pm$<br>14,7         | 26,0 $\pm$<br>6,5   | 6,9 $\pm$<br>0,1        | 94,0 $\pm$<br>1,2     | 7,0 $\pm$<br>0,0   |
|   | NOV/17 | 7,0 $\pm$<br>2,6                  | 30,7 $\pm$<br>24,5                          | 3,5 $\pm$<br>3,9                            | 18,6 $\pm$<br>7,3              | 6,3 $\pm$<br>2,1                            | 68,0 $\pm$<br>8,4  | 7,3 $\pm$<br>0,3 | 29,8 $\pm$<br>0,1 | 39,8 $\pm$<br>5,3          | 20,0 $\pm$<br>2,8   | 6,2 $\pm$<br>0,3        | 88,8 $\pm$<br>4,1     | 0,5 $\pm$<br>0,0   |
|   | FEV/18 | 13,5 $\pm$<br>6,6                 | 122,6 $\pm$<br>124,8                        | 18,0 $\pm$<br>18,4                          | 104,9 $\pm$<br>48,6            | 16,1 $\pm$<br>10,4                          | 13,2 $\pm$<br>2,0  | 7,2 $\pm$<br>0,1 | 28,8 $\pm$<br>0,3 | 52,4 $\pm$<br>18,7         | 26,4 $\pm$<br>9,2   | 5,6 $\pm$<br>0,8        | 79,2 $\pm$<br>11,1    | 175,6 $\pm$<br>0,0 |
|   | MAI/18 | 3,8 $\pm$<br>3,2                  | 23,3 $\pm$<br>15,0                          | 23,3 $\pm$<br>3,4                           | 56,6 $\pm$<br>18,2             | 15,0 $\pm$<br>10,7                          | 27,6 $\pm$<br>2,3  | 7,9 $\pm$<br>0,1 | 29,3 $\pm$<br>0,4 | 176,0 $\pm$<br>148,8       | 87,4 $\pm$<br>73,3  | 6,4 $\pm$<br>0,0        | 92,7 $\pm$<br>0,0     | 299,9 $\pm$<br>0,0 |
| RIO<br>PARNAÍBA<br>Antes do<br>Encontro | AGO/17 | 4,1 $\pm$<br>1,2                  | 19,2 $\pm$<br>14,8                          | 5,6 $\pm$<br>1,3                            | 5,6 $\pm$<br>4,5               | 2,4 $\pm$<br>1,0                            | 42,2 $\pm$<br>2,2  | 6,5 $\pm$<br>0,3 | 27,6 $\pm$<br>0,4 | 42,6 $\pm$<br>0,5          | 21,0 $\pm$<br>0,0   | 6,9 $\pm$<br>0,2        | 94,2 $\pm$<br>3,9     | 7,0 $\pm$<br>0,0   |
|   | NOV/17 | 6,3 $\pm$<br>1,2                  | 17,0 $\pm$<br>9,5                           | 5,7 $\pm$<br>5,8                            | 15,1 $\pm$<br>7,3              | 1,9 $\pm$<br>1,2                            | 68,0 $\pm$<br>4,5  | 7,8 $\pm$<br>0,0 | 29,5 $\pm$<br>0,5 | 32,2 $\pm$<br>1,3          | 16,2 $\pm$<br>0,4   | 6,6 $\pm$<br>0,2        | 93,4 $\pm$<br>4,0     | 0,5 $\pm$<br>0,0   |
|   | FEV/18 | 5,0 $\pm$<br>6,1                  | 96,9 $\pm$<br>80,1                          | 12,6 $\pm$<br>3,9                           | 91,8 $\pm$<br>15,5             | 10,4 $\pm$<br>10,4                          | 13,6 $\pm$<br>2,9  | 6,5 $\pm$<br>0,2 | 28,2 $\pm$<br>0,3 | 42,4 $\pm$<br>3,2          | 21,2 $\pm$<br>1,6   | 6,0 $\pm$<br>0,8        | 83,6 $\pm$<br>7,8     | 175,6 $\pm$<br>0,0 |
|   | MAI/18 | 12,2 $\pm$<br>3,5                 | 14,7 $\pm$<br>17,8                          | 23,4 $\pm$<br>2,8                           | 58,0 $\pm$<br>12,6             | 5,7 $\pm$<br>3,6                            | 27,0 $\pm$<br>6,7  | 7,8 $\pm$<br>0,2 | 29,0 $\pm$<br>0,4 | 63,2 $\pm$<br>1,5          | 31,4 $\pm$<br>0,5   | 6,4 $\pm$<br>0,8        | 92,7 $\pm$<br>6,1     | 299,9 $\pm$<br>0,0 |
| RIO<br>POTI                             | AGO/17 | 29,8 $\pm$<br>16,0                | 234,4 $\pm$<br>432,0                        | 23,2 $\pm$<br>35,9                          | 81,4 $\pm$<br>74,8             | 164,8 $\pm$<br>70,5                         | 30,2 $\pm$<br>4,0  | 7,2 $\pm$<br>0,4 | 29,0 $\pm$<br>1,0 | 264,8 $\pm$<br>63,1        | 132,4 $\pm$<br>31,5 | 6,2 $\pm$<br>1,5        | 87,3 $\pm$<br>22,1    | 7,0 $\pm$          |
|   | NOV/17 | 71,1 $\pm$<br>42,9                | 247,7 $\pm$<br>192,8                        | 49,8 $\pm$<br>77,0                          | 208,7 $\pm$<br>164,6           | 59,7 $\pm$<br>45,4                          | 55,0 $\pm$<br>14,7 | 7,6 $\pm$<br>0,8 | 30,9 $\pm$<br>0,8 | 304,5 $\pm$<br>97,5        | 152,0 $\pm$<br>48,9 | 5,1 $\pm$<br>2,2        | 73,7 $\pm$<br>32,0    | 0,5 $\pm$<br>0,0   |
|   | FEV/18 | 1,8 $\pm$<br>1,1                  | 198,9 $\pm$<br>31,4                         | 23,4 $\pm$<br>11,2                          | 181,3 $\pm$<br>26,5            | 27,0 $\pm$<br>2,0                           | 9,4 $\pm$<br>1,1   | 7,3 $\pm$<br>0,2 | 27,3 $\pm$<br>0,1 | 63,6 $\pm$<br>1,1          | 31,6 $\pm$<br>0,5   | 5,1 $\pm$<br>0,1        | 68,1 $\pm$<br>1,7     | 175,6 $\pm$<br>0,0 |
|   | MAI/18 | 44,4 $\pm$<br>6,5                 | 167,2 $\pm$<br>61,0                         | 36,0 $\pm$<br>16,9                          | 101,1 $\pm$<br>25,8            | 186,2 $\pm$<br>103,4                        | 49,6 $\pm$<br>10,6 | 7,6 $\pm$<br>0,0 | 30,6 $\pm$<br>0,1 | 216,4 $\pm$<br>7,1         | 108,0 $\pm$<br>3,8  | 3,9 $\pm$<br>1,3        | 58,7 $\pm$<br>18,1    | 299,9 $\pm$<br>0,0 |

## **ANEXO 1: NORMAS DA REVISTA BIOTA NEOTROPICA**

### **Instruções aos Autores**

Duas cópias iguais do conjunto de arquivos, conforme especificados abaixo, contendo o trabalho devem ser enviados eletronicamente, em CD, zip-disk 100 ou disquete, ao endereço abaixo:

#### **revista BIOTA NEOTROPICA**

Av. Dr. Romeu Tórtima, 388 - Barão Geraldo  
CEP 13084-520  
Campinas, SP

**ou para o e-mail:** [biotaneotropica@cria.org.br](mailto:biotaneotropica@cria.org.br)

Os trabalhos que estejam de acordo com as normas serão enviados aos assessores científicos, indicados pela Comissão Editorial. Em cada caso, o parecer será transmitido anonimamente aos autores. Em caso de recomendação desfavorável por parte de um assessor, será usualmente pedida a opinião de um outro. A aceitação dos trabalhos depende da decisão da Comissão Editorial. Ao submeter o manuscrito, defina em que categoria (Artigo, Short Communication, etc...) deseja publicá-lo. O trabalho somente receberá data definitiva de aceitação após aprovação pela Comissão Editorial, quanto ao mérito científico e conformidade com as normas aqui estabelecidas.

Essas normas valem para trabalhos em todas as categorias, exceto quando explicitamente informado.

Os trabalhos deverão ser enviados em arquivos em formato DOC (MS-Word for Windows versão 6.0 ou superior) ou, preferencialmente, em formato RTF (Rich Text Format). Os trabalhos poderão conter os links eletrônicos que o autor julgar apropriados. A inclusão de links eletrônicos é encorajada pelos editores por tornar o trabalho mais rico. Os links devem ser incluídos usando-se os recursos disponíveis no MS-Word para tal. Todos os trabalhos terão sua formatação gráfica refeita, de acordo com padrões pré-estabelecidos pela Comissão Editorial para cada categoria, antes de serem publicados. As imagens e tabelas pertencentes ao trabalho serão inseridas no texto final, a critério dos Editores, de acordo com os padrões previamente estabelecidos. Os editores se reservam o direito de incluir links eletrônicos apenas às referências internas a figuras e tabelas citadas no texto, assim como a inclusão de um índice (table of contents), quando julgarem apropriado. O trabalho em sua formatação final será apresentado ao autor para que seja aprovado para publicação. Fica reservado ainda aos editores, o direito de utilização das imagens do documento para a composição gráfica do site.

## **Editorial**

Para cada volume da BIOTA NEOTROPICA, o Editor Chefe convidará um(a) pesquisador(a) para escrever um Editorial abordando tópicos relevantes, tanto do ponto de vista científico, como do ponto de vista de formulação de políticas de conservação e uso sustentável da biodiversidade. O Editorial, com no máximo 3000 palavras, deverá ser escrito em português ou espanhol e em inglês. As opiniões nele expressas são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

## **Pontos de Vista**

Esta seção servirá de fórum para a discussão acadêmica do tema de capa do respectivo volume. A convite do Editor Chefe um(a) pesquisador(a) escreverá um artigo curto, expressando de uma forma provocativa o(s) seu(s) ponto(s) de vista sobre o tema em questão. A critério da Comissão Editorial a revista poderá publicar respostas ou considerações de outros pesquisadores(as) estimulando a discussão sobre o tema. As opiniões expressas no Ponto de Vista e na(s) respectiva(s) resposta(s) são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

## **Resumos de Teses e Dissertações**

Deverão ser enviados para a Comissão Editorial:

- Nomes completos do autor e orientador com filiação, endereço e e-mail;
- Cópia do resumo da tese/dissertação em inglês e em português ou espanhol exatamente como aprovado para a versão final da mesma;
- Títulos em inglês e em português ou espanhol;
- Palavras-chave em inglês e em português ou espanhol;
- Cópia da Ficha Catalográfica como publicada na versão final da tese/dissertação;
- Poderão ser indicadas as referências bibliográficas de artigos resultantes da tese/dissertação.

## **Para a publicação de trabalhos nas demais categorias:**

Os trabalhos submetidos à revista BIOTA NEOTROPICA devem, obrigatoriamente, ser subdivididos em um conjunto específico de arquivos, com os nomes abaixo especificados, de acordo com seus conteúdos. Os nomes dos arquivos deverão ter a extensão apropriada para o tipo de formato utilizado, ou seja, .rtf, para arquivos em RichText Format, .doc para MS-Word, .gif para imagens em GIF, .jpg para imagens em jpeg etc, devem ser escritos em letras minúsculas e não devem apresentar hífens, espaços ou qualquer caracter extra.

Em todos os textos deve ser utilizada, como fonte básica, Times New Roman, tamanho 10. Nos títulos e subtítulos podem ser utilizados tamanhos 11 ou 12, conforme o caso. Podem ser utilizados negritos, itálicos, sublinhados, subscritos e superscritos, quando pertinente. Evite, porém, o uso excessivo desses recursos. Em casos especiais, podem ser utilizadas as seguintes fontes: Courier New, Symbol e Wingdings. A utilização dessas fontes deverá ser feita apenas em casos especiais. (ver ítem fórmulas abaixo)

Apenas dois níveis de subtítulos serão permitidos, abaixo do título de cada seção. Apenas um nível de numeração será permitido em parágrafos, assim como, será permitido apenas um nível de itemização. Os títulos e sub-títulos deverão ser numerados em algarismos arábicos seguidos de um ponto para auxiliar na identificação de sua hierarquia quando da formatação final do trabalho. Ex. 1. Introdução; 1.1 sub-título; 1.1.1 sub-sub-título).

## **Documento principal**

O corpo principal do trabalho, os títulos, resumos e palavras-chave em português ou espanhol e inglês, e referências bibliográficas, devem estar contidos em um único arquivo chamado principal.rtf ou principal.doc. Esse arquivo não deve conter tabelas ou figuras, que deverão estar em arquivos separados, conforme descrito a seguir. O manuscrito deverá seguir o seguinte formato:

1. Título e Autores
  - Título conciso e informativo;
  - Título resumido
  - nome completo dos autores; filiações e endereços completos com links eletrônicos para as instituições, indicando o autor para correspondência e respectivo email.
2. Resumos
3. Os resumos devem conter, no máximo, 1500 palavras.
  - Título em inglês
  - Resumo em inglês
  - Palavras-chave em inglês
  - Título em português ou espanhol
  - Resumo em português ou espanhol
  - Palavras-chave em português ou espanhol
4. Corpo do Trabalho

No caso do trabalho estar nas categorias "Artigo Científico", "Short Communications", "Inventários" e "Chaves de Identificação" deverá ter a seguinte estrutura:

- Introdução
- Material e Métodos
- Resultados
- Discussão
- Agradecimentos
- Referências bibliográficas.

A critério do autor, os itens Resultados e Discussão podem ser fundidos.

No caso da categoria "Inventários" a listagem de espécies, ambientes, descrições, fotos etc, devem ser enviadas separadamente para que possam ser organizadas conforme formatações específicas.

No caso da categoria "Chaves de Identificação" a chave em si deve ser enviada separadamente para que possa ser formatada adequadamente.

No caso de referência a material coletado é obrigatória a citação das coordenadas geográficas do local de coleta. A citação deve ser feita em graus, minutos e segundos. Ex. 24N 32'75". Nos casos de referências a espécies ameaçadas, deve-se especificar apenas graus e minutos.

Colocar as citações bibliográficas de acordo com o seguinte padrão: Silva (1960) ou (Silva 1960); Silva (1960, 1973); Silva (1960a, b); Silva & Pereira (1979) ou (Silva & Pereira 1979); Silva et al. (1990) ou (Silva et al. 1990); (Silva 1989, Pereira & Carvalho 1993, Araujo et al. 1996, Lima 1997). Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (A.E. Silva, dados não publicados). Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações do material examinado, conforme as regras específicas para o tipo de organismo estudado.

Citar números e unidades da seguinte forma: escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades. Utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos escritos em inglês (10.5 m). Utilizar o Sistema Internacional de Unidades, separando as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens, graus, minutos e segundos); utilizar abreviações sempre que possível. Não inserir espaços para mudar de linha caso a unidade não caiba na mesma linha.

Não use notas de rodapé, inclua a informação diretamente no texto, pois torna a leitura mais fácil e reduz o número de links eletrônicos do manuscrito.

## 5. Referências bibliográficas

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos:

1. SMITH, P.M. 1976. The chemotaxonomy of plants. Edward Arnold, London.
2. SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1980. Statistical Methods. 7 ed. Iowa State University Press, Ames.
3. SUNDERLAND, N. 1973. Pollen and anther culture. In Plant tissue and cell culture (H.F. Street, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.205-239.
4. BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. In Flora Brasiliensis (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.
5. MANTOVANI, W., ROSSI, L., ROMANIUC NETO, S., ASSAD-LUDEWIGS, I.Y., WANDERLEY, M.G.L., MELO, M.M.R.F. & TOLEDO, C.B. 1989. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP,

Brasil. In Simpósio sobre mata ciliar (L.M. Barbosa, coord.). Fundação Cargil, Campinas, p.235-267.

6. FERGUSON, I.B. & BOLLARD, E.G. 1976. The movement of calcium in woody stems. *Ann. Bot.* 40:1057-1065.
7. STRUFFALDI-DE VUONO, Y. 1985. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica de São Paulo, SP. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Abreviar títulos dos periódicos de acordo com o "World List of Scientific Periodicals".

6. Para citação dos trabalhos publicados na *Biota Neotropica* Exemplo: PORTELA, R.C.Q. & SANTOS, F.A. M. 2003. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. *Biota Neotropica* 3(2):<http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?article+BN03104022004>

Todos os trabalhos publicados na *Biota Neotropica* têm um endereço eletrônico individual, que aparece imediatamente abaixo do(s) nome(s) do(s) autor(es) no PDF do trabalho. Este código individual é composto pelo número que o manuscrito recebe quando submetido (005 no exemplo acima), o número do volume (03), o número do fascículo (02) e o ano (2003).

### **Tabelas**

Cada tabela deve ser enviada em arquivo separado. Cada arquivo deve ser denominado como tabelaN.EXT, onde N é o número da tabela e EXT é a extensão, de acordo com o formato utilizado, ou seja, doc para tabelas produzidas em formato MS-Word, rtf para as produzidas em Rich Text Format, ou xls, para as produzidas em MS-Excel. Esses são os três únicos formatos aceitos. Assim, o arquivo contendo a tabela 1, que esteja em formato MS-Excel, deve se chamar tabela1.xls. Evitar abreviações, exceto para unidades. Cada tabela deve ter seu título anexado em sua parte superior.

### **Figuras**

Cada figura deve ser enviada em arquivo separado. Cada arquivo deve ser denominado como figuraN.EXT, onde N é o número da figura e EXT é a extensão, de acordo com o formato da figura, ou seja, jpg para imagens em JPEG, gif para imagens em formato gif, tif para imagens em formato TIFF, bmp para imagens em formato BMP. Assim, o arquivo contendo a figura 1, cujo formato é tif, deve se chamar figura1.tif. Aconselha-se o uso de formatos JPEG e TIFF para fotografias e GIF ou BMP para gráficos. Outros formatos de imagens poderão também ser aceitos, sob consulta prévia. As imagens devem ser enviadas na melhor resolução possível. Imagens com resolução menor que 300 dpi podem comprometer a qualidade final do trabalho, quando impresso pelo usuário final. O tamanho da imagem deve, sempre que possível, ter uma proporção de 3x2 ou 2x3 entre a largura e altura. Os textos inseridos nas figuras devem utilizar fontes

sans-serif, como Arial ou Helvética, para maior legibilidade. Figuras compostas por várias outras devem ser enviadas, cada parte, em arquivos separados identificados por letras. Ex. figura1a.gif, figura2a.gif etc. Utilize escala de barras para indicar tamanho. As figuras não devem conter legendas, estas deverão ser especificadas em arquivo próprio (veja abaixo). É imprescindível que o autor abra os arquivos que preparou para submissão e verifique, cuidadosamente, se as figuras, gráficos ou tabelas estão, efetivamente, no formato desejado.

### **Fórmulas**

Fórmulas que puderem ser escritas em uma única linha, mesmo que exijam a utilização de fontes especiais (Symbol, Courier New e Wingdings), poderão fazer parte do texto. Ex.  $a = pr^2$  ou  $Na_2HPO_4$ , etc. Qualquer outro tipo de fórmula ou equação deverá ser considerada uma figura e, portanto, seguir as regras estabelecidas para figuras.

### **Legendas**

Deve ser enviado um arquivo chamado legenda.doc ou legenda.rtf, dependendo do formato utilizado, contendo as legendas de todas as figuras. Cada legenda deve estar contida em um único parágrafo e deve ser identificada, iniciando-se o parágrafo por Figura N, onde N é o número da figura. Figuras compostas podem ou não ter legendas independentes. Caso uma tabela tenha uma legenda, essa deve ser incluída nesse arquivo, contida em um único parágrafo, sendo identificada iniciando-se o parágrafo por Tabela N, onde N é o número da tabela.

### **Arquivo de conteúdo**

Juntamente com os arquivos que compõem o artigo, descritos acima, deve ser enviado um arquivo denominado indice.doc ou indice.rtf, que contém a relação dos nomes de todos os arquivos que fazem parte do documento, especificado um por linha.

### **Para citação dos trabalhos publicados na Biota Neotropica**

Exemplo: PORTELA, R.C.Q. & SANTOS, F.A. M. 2003. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. Biota Neotropica 3(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/abstract?article+BN00503022003>.



## **ANEXO 2: NORMAS DA REVISTA GAIA SCIENTIA**

### **2.6.1 Diretrizes para Autores**

A Revista GAIA SCIENTIA é uma revista online, editada pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal da Paraíba, desde 2007 e destina-se à divulgação de artigos técnico-científicos originais e inéditos, resultados de pesquisas ou artigos de revisão significativos para a área, nos diferentes ramos das Ciências Ambientais. A GAIA SCIENTIA é uma revista de publicação trimestral e recebe artigos para avaliação durante todo o ano. A autoria dos manuscritos deve ser limitada aqueles que contribuíram substancialmente à elaboração do trabalho. Todos os autores devem estar em concordância com a inclusão de seus nomes no trabalho e a submissão é de inteira responsabilidade dos autores.

Considerando os processos avaliativos pelos quais a revista está submetida e os critérios das plataformas de indexação, a GAIA SCIENTIA limita a publicação de artigos de autores vinculados à UFPB e à Rede ProdeMA (UFPB, UFPI, UFRN, UFS, UFPI, UFC, UESC) a 20% dos artigos publicados anualmente.

### **TIPOS DE TRABALHOS**

**Revisões.** Revisões são publicadas somente com consulta prévia ao Editor-Chefe do periódico.

**Artigos.** Os artigos devem ser subdivididos nas seguintes partes:

- a) Folha de rosto;
- b) Resumo, Abstract e Resumen (iniciado com o título do trabalho e com até 200 palavras), com suas respectivas palavras-chave, keywords e palabras clave. O resumo e o título são OBRIGATÓRIOS nos 3 idiomas;
- c) Introdução;
- d) Material e Métodos;
- e) Resultados e Discussão (o autor pode optar por separar ou unir estes itens);
- f) Conclusão;
- g) Referências.

As sessões não devem ser numeradas. Apenas as primeiras letras das sessões devem ser escritas em caixa alta. Caso sejam necessárias subdivisões nas sessões, elas não devem ser numeradas.

Trabalhos que envolvam seres humanos devem apresentar a autorização do Comitê de Ética. Trabalhos que envolvam manipulação animal devem apresentar a autorização do Comitê de Ética Animal.

Os autores devem enviar seus artigos somente em versão eletrônica e pela plataforma da revista.

## FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS

**Folha de rosto** Deve conter o título do trabalho, os nomes dos autores, suas filiações e o(s) cadastro(s) ORCID. Deve ser informado o autor para correspondência e especificada a participação de cada autor no desenvolvimento do artigo. Todos os autores do trabalho devem estar cadastrados no sistema da revista na hora da submissão, assim como suas filiações completas. Não será permitida a inclusão de autores após a submissão do manuscrito. Deve ser informado um título curto. Os agradecimentos devem vir nessa página. Indicar, pelo menos, três possíveis revisores. No caso de haver conflito de interesses, este deve ser informado.

**Corpo do texto** Os artigos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol, mas a revista recomenda a publicação em inglês. Os textos devem ser preparados em espaço 1,5, fonte Times News Roman, tamanho 12, com folha A4 (210 x 297 mm), obedecendo todas as margens com 2,0 cm. As páginas devem estar numeradas a partir da primeira página. As linhas devem estar numeradas sequencialmente. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas sequencialmente. No momento da submissão, não deve haver nenhuma identificação dos autores no corpo do artigo e nem na opção Propriedades no Word (exigência para garantir a avaliação cega). Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>) deverão estar ativos e prontos para clicar.

**Tamanho dos artigos.** Os artigos devem ter no máximo 25 laudas. Artigos sucintos e cuidadosamente preparados têm preferência tanto em termos de impacto, quando na sua facilidade de leitura.

**Tabelas e ilustrações.** Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Figuras e tabelas devem servir para complementar o texto, não sendo aceitos quando apresentam informações duplicadas com o texto. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos, mapas e fotografias. As figuras e tabelas devem vir ao longo do texto e com legendas. Todas as Figuras e Tabelas devem ser chamadas ao longo do texto. Tabelas e quadros são diferenciados pela presença de linhas verticais e horizontais. Tabelas apresentam linhas apenas nas partes superior e inferior. Nem Tabelas, nem quadros devem ter células coloridas.

As figuras devem ser formatadas de acordo com as seguintes especificações:

1. Desenhos e ilustrações devem ser em formato .JPG ou .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw);
2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .JPG ou .TIF ou .PNG;
3. As figuras devem ter formatações que permitam que cada dimensão linear das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução.
4. Figuras que não sejam de autoria do próprio autor ou, quando do autor, que já tiverem sido previamente publicadas só serão aceitas com a carta de anuência do autor original ou da revista onde a figura foi publicada.

5. Durante o processo de edição de artigos aceitos, os autores podem ser solicitados para o envio de figuras de melhor qualidade, caso seja necessário.

Artigos que contenham símbolos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-Tex ou Latex;

Artigos sem fórmulas matemáticas devem ser enviados em WORD para Windows.

**Agradecimentos (opcional).** Devem ser inseridos na folha de rosto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos às instituições ou agências. Agradecimentos a auxílios ou bolsas (com os números de processos), assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.

**Abreviaturas.** As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

**Referências.** Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Evitar a citação de teses e dissertações. Referências abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas), artigos em preparo ou submetidos, mas ainda não aceitos em definitivo, NÃO podem ser citados no texto e não devem ser incluídos na lista de referências. Incluir o DOI ao final da referência sempre que possível.

As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005), no caso de texto em inglês ou (Smith e Wesson 2005), no caso de texto em português, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras. No caso de citar vários autores em um mesmo ponto do texto, as referências devem ser organizadas em ordem cronológica e separadas por ponto e vírgula (Silva 1999; Colen 2003; Menezes 2010; Anuda 2015).

As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais.

## ARTIGOS

García-Moreno J, Clay R, Ríos-Munoz CA. 2007. The importance of birds for conservation in the neotropical region. **Journal of Ornithology**, 148(2):321-326.

Pinto ID, Sanguinetti YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. **Anais Academia Brasileira Ciências**, 56:207-215.

Posey DA. 1983. **O conhecimento entomológico Kayapó: etnometodologia e sistema cultural** *Anuário Antropológico*, 81:109-121.

## LIVROS E CAPÍTULOS DE LIVROS

Davies M. 1947. **An outline of the development of Science**, Athinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

Prehn RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: **National Cancer Conference, 5**, Philadelphia Proceedings ..., Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.

Uytenbogaardt W and Burke EAJ. 1971. **Tables for microscopic identification of minerals**, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

Woody RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: Blouts ER et al. (Eds), **Peptides, polypeptides and proteins**, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

## OUTRAS PUBLICAÇÕES

**International Kimberlite Conference, 5**, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 495 p.

Siatycki J. 1985. **Dynamics of Classical Fields**. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 55 p. Preprint n. 600.

## Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. - Os manuscritos devem ser apresentados na seguinte sequência: página de rosto, resumos em português, espanhol e inglês, palavras chaves, palabras clave e keywords, texto, referências bibliográficas.
  - A Pagina de rosto contém a identificação dos autores e a indicações de três possíveis revisores.
  - Todos os autores e suas filiações estão cadastrados no sistema e possuem ORCID.
  - A carta de anuência foi assinada por todos os autores e anexada no sistema.
2. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, justificar em "Comentários ao Editor".
3. Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>) estão ativos e prontos para clicar.
4. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em [Diretrizes para Autores](#), na seção Sobre a Revista.

5. A identificação de autoria deste trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em [Assegurando a Avaliação por Pares Cega](#).

### **Política de Privacidade**

Os manuscritos publicados são de propriedade da Revista **GAIA SCIENTIA**, vedada tanto a reprodução, mesmo que parcial em outros periódicos, como a tradução para outro idioma sem a autorização por escrito do Conselho Editorial.

## ANEXO 3: NORMAS DA REVISTA PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

### Foco e Escopo

A revista, de periodicidade semestral, publica artigos originais, de autores brasileiros e estrangeiros, resultantes de pesquisa empírica ou estudo teórico no campo da Educação Ambiental. O objetivo é disseminar a produção científica sobre Educação Ambiental, visando contribuir para a consolidação do campo de investigação sobre o tema. O público-alvo são pesquisadores, educadores e demais interessados nessa temática.

### Processo de Avaliação pelos Pares

A submissão de artigos é analisada, inicialmente, pelos editores coordenadores do número, que verificam a sua pertinência ao escopo da revista bem como a originalidade dos mesmos (usando *software* específico para tal). Em caso positivo, o artigo é encaminhado a dois pareceristas externos. Em caso de não concordância de pareceres, os editores associados da revista poderão arbitrar sobre inserção do artigo, tendo como referência a natureza do periódico e suas normas. Nesse processo, cada autor recebe os pareceres na íntegra, podendo fazer as correções propostas pelos pareceristas.

### Breve Histórico

O primeiro número da revista **Pesquisa em Educação Ambiental** foi publicado no segundo semestre de 2006. As edições mantiveram o formato impresso (ISSN 1980-1165) até 2012, quando foi inserida no sistema SEER e assumiu o formato eletrônico (ISSN 2177-580X), disponibilizado *online*.

A revista **Pesquisa em Educação Ambiental** surgiu da iniciativa de pesquisadores sobre Educação Ambiental, participantes de grupos de pesquisa e de programas de pós-graduação vinculados a três instituições públicas de ensino superior do Estado de São Paulo: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Rio Claro; Universidade Federal de São Carlos – UFSCar e Universidade de São Paulo – USP/Ribeirão Preto, com pesquisadores da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. O grupo de pesquisadores que idealizou a revista **Pesquisa em Educação Ambiental** desenvolve atividades científicas em comum, de forma organizada e sistemática, desde 2001, ano em que tiveram início os Encontros de Pesquisa em Educação Ambiental (EPEA), em cujo esteio nasceu a publicação.

A história da revista **Pesquisa em Educação Ambiental** alinhava-se à própria história da constituição da área de investigação sobre Educação Ambiental no Brasil, à qual vem oferecendo uma significativa contribuição. Do ponto de vista histórico-cronológico, a construção da área de Educação Ambiental é recente, localizando-se, de forma mais consistente, no final do século XX. Tal construção tem como alicerce o desenvolvimento continuado de pesquisas que relacionam os processos educativos e a temática ambiental e a discussão de tais pesquisas em eventos científicos, bem como a divulgação das mesmas em periódicos de mesma natureza.

A revista **Pesquisa em Educação Ambiental** tem periodicidade semestral e compila artigos resultantes de pesquisas realizadas ou ensaios teóricos. O material é submetido pelos autores, por meio de demanda espontânea, e encaminhado para análise e seleção por um corpo de *referees* formado por pesquisadores da área. Eventualmente, publica textos encomendados,

produzidos por conferencistas e palestrantes (especialistas reconhecidos por seus pares), convidados para os referidos Encontros de Pesquisa em Educação Ambiental.

Hoje, não é fatível falar em Pesquisa em Educação Ambiental, no Brasil, sem referir-se à revista **Pesquisa em Educação Ambiental**, periódico que, certamente, tem contribuído para a consolidação da área de Educação Ambiental no país.

### **Submissões**

**Taxa de Submissão e processamento dos artigos:** não há cobrança de taxas.

### **Diretrizes para autores:**

Os artigos submetidos não devem estar sendo avaliados para publicação em outros periódicos. São aceitos artigos redigidos nos idiomas português, espanhol, inglês ou francês. Cada autor ou grupo de autores pode submeter até dois artigos por ano, nos formatos Microsoft Word, OpenOffice ou RTF (desde que não ultrapassem 2MB). Uma folha de rosto deve ser enviada separadamente, como documento suplementar, contendo: i) título do trabalho no idioma em que ele foi escrito; ii) nome(s) do(s) autor(es); titulação atual do(s) autor(es). iii) cargo/função atual e instituição onde o exerce; iv) endereço postal completo; v) endereço eletrônico. O primeiro autor citado deve ser o autor para correspondência, suas informações devem conter um telefone de contato. Em todos os arquivos eletrônicos deve-se apagar as informações que possibilitem identificar o(s) autor(es) do referido artigo (Obs.: No programa Word for Windows acessar o comando propriedades/resumo e apagar as informações).

**Observações Importantes:** 1) os artigos devem obedecer as prescrições sobre ética na pesquisa quando há o envolvimento de seres humanos, sendo necessário esclarecer que a metodologia adotada acata, rigorosamente, os procedimentos éticos exigidos para a pesquisa científica em Ciências Humanas; 2) caso exista qualquer dúvida que implique em possíveis conflitos de interesse relativos à pesquisa ou publicação do artigo, o(s) autor(es) devem declarar que não houve omissão quanto aos órgãos e/ou instituições financiadores; 3) o não cumprimento das exigências listadas para submissão implicará na recusa do artigo.

**Período de Submissão:** fluxo contínuo

### **Avaliação:**

I) Inicialmente, os artigos submetidos são analisados pelos editores, coordenadores do número em questão, os quais verificam a adequação dos mesmos ao escopo da revista.

II) Caso aprovados, os artigos são encaminhados a dois pareceristas externos, cujas análises obedecerão aos critérios definidos no escopo da revista. Se houver discordância nos pareceres, os editores associados da revista poderão arbitrar sobre a inserção do artigo, tendo como referência a natureza do periódico e suas normas.

III) Além da pertinência e originalidade da abordagem teórico-metodológica do texto, a clareza e a correção da linguagem, bem como a adequação de estilo e coesão textual também se incluem entre os quesitos avaliativos.

IV) A avaliação dos pareceristas pode resultar em quatro situações: 1) aprovação – publicação conforme apresentado; 2) aprovação com pequenas modificações; 3) nova submissão após grandes modificações (reinicia-se o processo avaliativo); 4) reprovação para publicação.

V) Os autores são comunicados, pelos Editores, sobre a recepção do original. Em seguida, são novamente contatados após a avaliação dos pareceristas. Se houver necessidade de pequenas modificações, o contato entre autores/editores/revisores se manterá até que a versão final do artigo satisfaça todas as exigências da Revista. No final do processo, os autores são notificados sobre a edição (número e volume) em que seus artigos serão publicados.

### **Direitos Autorais:**

Ao submeterem seus artigos, os autores assumem a total responsabilidade quanto à originalidade da pesquisa e da redação. A publicação do trabalho implica a cessão integral dos direitos autorais à revista **Pesquisa em Educação Ambiental**. Conceitos, ideias e afirmações contidos nos artigos são de responsabilidade dos autores, não coincidindo, necessariamente, com o ponto de vista dos Editores ou do Conselho Editorial da revista.

### **Normas de Publicação:**

A redação dos artigos deve obedecer às seguintes normas, em acordo com prescrições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e definições específicas da Revista:

- Utilizar formato compatível com o *Word for Windows*.
- Formato do papel: A4, orientação “retrato”, sem quebras de página e apenas uma coluna de texto.
- Fonte, espaçamento e paragrafação: Times New Roman, corpo 12, espaço simples; não adicionar espaço entre parágrafos do mesmo estilo; recuo do parágrafo de 1,25 cm; alinhamento na opção “justificado”.
- Margens: 3 cm à esquerda e superior; 2 cm à direita e inferior.
- Não utilizar aspas, sublinhado ou negrito para destaques no texto, apenas itálico.
- Citações diretas com mais de três linhas devem observar recuo de 4cm e ser grafadas em corpo 10. Citações diretas no corpo do texto devem utilizar aspas.
- Cada artigo deve conter no mínimo 35.000 e no máximo 70.000 caracteres (com espaços, incluindo referências bibliográficas, notas de rodapé e tabelas)

### **Informações complementares:**

- Primeira página:** i) Na primeira página do texto, com a opção “centralizado”, deve constar o título completo do artigo, com no máximo 20 palavras, utilizando fonte times New Roman, corpo 12, letras maiúsculas e minúsculas. Deve estar no idioma original (português, espanhol, inglês ou francês); abaixo do título no idioma original, deve vir o título em inglês e espanhol,



obedecendo à mesma formatação; ii) em seguida, inserir resumo de até 250 palavras, acompanhado de três a cinco palavras-chave. Inserir traduções do resumo e das palavras-chave nos idiomas inglês (*abstract*) e espanhol (*resumen*). Se o idioma original for o inglês, deverá ser traduzido para o espanhol e português. Os verbetes – Resumo, Abstract e Resumen – devem ser grafados centralizados na página, em negrito, corpo 12, utilizando maiúsculas e minúsculas. O corpo do resumo deve ser grafado em corpo 10, opção “justificado” e sem parágrafos. O *abstract* e o *resumen* obedecem à mesma regra. As palavras-chave devem iniciar com letra maiúscula e ser separadas entre si por ponto final (.); iii) no caso de pesquisas empíricas, o resumo deve apresentar brevemente e de forma clara os objetivos, a metodologia e os resultados mais importantes. O resumo não deve incluir referências bibliográficas. Deve conter de 100 a 250 palavras e no máximo 1000 caracteres (com espaço). As palavras-chave devem refletir, da melhor maneira possível, a temática do estudo. O artigo deve conter de 3 a 5 palavras-chave.

2) **Inserção de Ilustrações:** as normas atendem prescrições da ABNT e abrangem figuras, fotos, gráficos, tabelas e quadros. As ilustrações devem constar do texto e, também, ser enviadas separadamente, em arquivos anexos com a identificação dos mesmos (Ex: figura 01, tabela 02, ou quadro 01). A ABNT distingue tabela e quadro. Tabela é a “forma não discursiva de apresentação de informações, representadas por dados numéricos e codificações, dispostos em uma ordem determinada, segundo as variáveis analisadas de um fenômeno”. Na apresentação gráfica, não deve ser fechada nas laterais e o título aparece acima, em corpo 10. Quadros trazem informações discursivas, e devem ser fechados. Os títulos ficam acima, em corpo 10. Negrito apenas na designação, e não no título. Ex. **Tabela 1** – Título.

3) **Citações e Referências:** as citações no texto e as referências devem seguir rigorosamente a última versão das normas da ABNT. As normas escolhidas devem ser uniformes ao longo de todo o texto. Nos casos indicados abaixo, em que a ABNT oferece opções, o trabalho deverá adotar as orientações que se seguem: i) as citações devem ser indicadas no texto pelo sistema de chamada autor-data. Exemplo: segundo Sobrenome (2012); ii) as referências devem aparecer em “Referências” e só devem apresentar aquelas que foram citadas no transcorrer do texto; iii) o recurso tipográfico *itálico* deve ser utilizado para destacar o elemento título das obras, de acordo com a norma; iv) as notas devem ser colocadas no rodapé da página.

4) **Como citar os artigos:** ao citar os artigos publicados na Revista Pesquisa em Educação Ambiental, deve-se obedecer às prescrições da ABNT. Ex. PRIMEIRA AUTORIA, Iniciais; SEGUNDA AUTORIA, Iniciais. Título do artigo. Pesquisa em Educação Ambiental, cidade de publicação, v., n., p.xx-xx, mês abreviado. Ano.

### **Política de Privacidade**

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou para terceiros.