



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Tuane Ribeiro Teixeira

**ANÁLISE DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM DIFERENTES  
HABITATS E ESTUDO COMPARATIVO DA RIQUEZA E RARIDADE DE ESPÉCIES**

Florianópolis

2019

Tuane Ribeiro Teixeira

**ANÁLISE DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM DIFERENTES  
HABITATS E ESTUDO COMPARATIVO DA RIQUEZA E RARIDADE DE ESPÉCIES**

Dissertação submetida ao Programa de Pós  
Grauação em Ecologia da Universidade Federal  
de Santa Catarina para a obtenção do título de  
Mestre em Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio

Coorientadora: Dra. Aurea Luiza Lemes da  
Silva

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Teixeira, Tuane Ribeiro  
Análise da comunidade de macroinvertebrados aquáticos  
em diferentes habitats e estudo comparativo da riqueza e  
raridade de espécies / Tuane Ribeiro Teixeira ;  
orientador, Mauricio Mello Petrucio, coorientador, Aurea  
Luiza Lemos da Silva, 2019.  
73 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós  
Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Ecologia. 2. Diversidade. 3. Comunidade aquática. 4.  
Habitat. I. Petrucio, Mauricio Mello. II. Lemos da Silva,  
Aurea Luiza. III. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia. IV. Título.

Tuane Ribeiro Teixeira

**ANÁLISE DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM DIFERENTES  
HABITATS E ESTUDO COMPARATIVO DA RIQUEZA E RARIDADE DE ESPÉCIES**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca  
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Thiago Cesar Lima Silveira  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Dr.(a)  
Ana Emília Siegloch  
UNIPLAC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi  
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ecologia.

---

Prof.(a) Dr.(a) Andrea Santarosa Freire  
Coordenadora do Programa

---

Prof. Dr, Mauricio Mello Petrucio  
Orientador

Florianópolis, 2019

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por todo apoio e amor incondicional que sempre me deram, por confiarem nas minhas escolhas e por sempre me incentivarem a realizar meus sonhos.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Ecologia de águas Continentais, Michelle, Lorena, Cleiton, Jessica e Rafa por toda ajuda, pelo apoio nas horas difíceis e por todo incentivo para que eu conseguisse concluir esta dissertação. Vocês foram essenciais para que eu chegasse até o final, sou grata por cada conselho e cada ombro amigo nas horas difíceis.

Ao meu orientador Mauricio Melo Petrucio por todas as conversas e apoio nas horas difíceis, por me entender e se preocupar com meu bem estar, poucos orientadores tem o coração tão grande assim.

A minha co-orientadora Aurea Lemes, por ter sido incrível, por todos os ensinamentos, pela paciência e apoio que foram fundamentais para que eu conseguisse, sem ela eu não teria conseguido realizar metade desse trabalho.

A Karla Scherer por ter sido tão paciente e por toda a ajuda imprescindível para a realização das minhas coletas, e a todos os professores do curso de pós graduação em Ecologia da UFSC pelos valiosos ensinamentos.

Aos membros da Banca, Dr Thiago e Dra Ana Emília por aceitarem contribuir para que esse trabalho se tornasse ainda melhor.

Aos meus colegas de turma por todos os momentos bons, pelas risadas e pelo incentivo.

Aos meus amigos da UFC que mesmo distantes sempre me apoiaram e torciam para que tudo desse certo

A dona Elizabeth que torceu e me incentivou durante todo o mestrado.

Agradeço também a Dona Eli por todos os conselhos, ensinamentos e pela sua torcida.

Agradeço também a CAPES pelo financiamento para essa pesquisa.

## RESUMO

Visando entender a estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos presente em uma lagoa costeira subtropical, foi desenvolvido um estudo com o objetivo de determinar quais descritores ambientais estão atuando diretamente sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos da bacia hidrográfica da lagoa do Peri. O segundo objetivo foi determinar se a riqueza observada na bacia hidrográfica da lagoa do Peri é semelhante a esperada pelos estimadores de riqueza e o quanto o número de espécies raras pode influenciar a riqueza estimada de espécies para a área. Para a realização deste estudo, cinco regiões da bacia hidrográfica com diferentes características foram amostradas. Foram coletados 5683 espécimes de macroinvertebrados aquáticos, distribuídos em 35 táxons e 10 classes. O táxon de maior abundância ( $n > 100$ ) foi Chironominae (3685). Foi observada variação espacial na composição e diversidade de taxa de macroinvertebrados aquáticos na bacia hidrográfica da lagoa do Peri, com maior diversidade na região do riacho Cachoeira Grande, devido à complexidade do habitat e, a menor diversidade na região Central da lagoa caracterizada como uma região homogênea, com grandes profundidades e alto teor de matéria orgânica. Do total de grupos taxonômicos encontrados durante este estudo, nove tiveram apenas um único indivíduo coletado (*Singletons*) e três apenas dois indivíduos (*Doubletons*). A região do CG foi a que apresentou o maior número de *Singletos* (11) e *Doubletons* (4). Os métodos de *Jacknife 2* e *Chao 2* apresentaram as maiores estimativas, enquanto o *Bootstrap* e o *Ace* as menores. As curvas da acumulação de espécies de acordo com os estimadores foram mais elevadas nas regiões CG e RG. De acordo com os estimadores utilizados é esperado que com o aumento do esforço amostral ainda seja possível encontrar novas espécies na bacia hidrográfica do Peri.

**Palavras-chave:** Diversidade. Comunidade Aquática. Habitat.

## ABSTRACT

In order to understand the structure of aquatic macroinvertebrate community present in a subtropical coastal lagoon, a study was developed to determine which environmental descriptors are acting directly on the structure of the aquatic macroinvertebrate community of the Peri lagoon watershed. The second objective aimed to discover whether the richness observed in the catchment area of the Peri pond is similar to what the wealth estimators expected and how much the number of rare species may influence the species richness of a certain area. For this study, five regions of the basin with different characteristics were sampled. In general, 5683 specimens of aquatic macroinvertebrates were collected, distributed in 35 taxa and 10 classes. The highest abundance rates ( $n > 100$ ) were Chironominae (3685). A spatial variation was observed in the composition and diversity of aquatic macroinvertebrate species present in the Peri lagoon basin. The greatest diversity of these species was found in the Cachoeira Grande creek region due to the greater complexity of habitat. In the other hand, the lowest diversity was found in the central region of the lagoon that is characterized as a more homogeneous region, with great depths and high content of organic matter. Of the total taxonomic groups found during this study, nine had a single one individual collected (Singletons) as well as three that had only two individuals (Doubletons). The CG region presented the largest number of Singletons (11) and Doubletons (4). The methods Jackknife 2 and Chao 2 presented the highest estimates values while Bootstrap and Ace presented the smallest. The species accumulation curves according to the estimators were higher in the CG and RG regions. According to the employed estimators, it is expected that with the increase of the sampling effort it is still possible to find new species in the Peri watershed.

**Keywords:** Diversity. Aquatic Community. Habitat.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri, Florianópolis - Santa Catarina (Brasil), .....	24
Figura 2 - Localização e nomenclatura dos 12 pontos amostrais na bacia hidrográfica da lagoa do Peri. ....	25
Figura 3 - Valores médios das variáveis Temperatura e Condutividade analisadas nas cinco diferentes regiões da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri. ....	28
Figura 4- Valores médios das variáveis Oxigênio dissolvido, pH, Temperatura, Condutividade, Matéria orgânica e Profundidade analisados nas cinco diferentes regiões da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri. ....	29
Figura 5 - Análise de componentes principais em relação às variáveis abióticas. OD= Oxigênio dissolvido; MO= Matéria orgânica, PROF=Profundidade; TEMP=Temperatura da água e COND=Condutividade. CG1, CG2 e CG3=Pontos de coleta da região CG; C1, C2 e C3= pontos de coleta da região MA; N=Ponto de coleta da região Norte; RG1, RG2 e RG3= Pontos de coleta da região RG.....	30
Figura 6 - Precipitação acumulada (mm) e abundância de macroinvertebrados aquáticos de acordo com o período de cada coleta.....	31
Figura 7 - Boxplots da Densidade total (ind.m <sup>2</sup> ), de abundância e de riqueza de macroinvertebrados aquáticos nas cinco diferentes regiões mostrando os valores médios (as linhas horizontais dentro das caixas) e os percentis 25 e 75% (o topo e o fundo das caixas)..	34
Figura 8 - Análise de rarefação comparando a riqueza taxonômica de macroinvertebrados aquáticos por amostras e por indivíduos encontrados em cada região. ...	35
Figura 9 - Diagrama de Veen para as cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa..	35
Figura 10 - Boxplots da distribuição média dos taxa mais abundantes nas cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa do Peri.....	36
Figura 11 - Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) entre as cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa do Peri.....	38
Figura 12 - Análise de Correspondência Canônica entre os dados bióticos e abióticos das cinco regiões estudadas na bacia hidrográfica da lagoa do Peri, onde: COND= condutividade, TEMP= Temperatura, PROF=Profundidade, MO=Matéria Orgânica, OD=Oxigênio Dissolvido. CG1, CG2 e CG3=Pontos de coleta da região CG; C1, C2 e C3=	

pontos de coleta da região CT; CL e SL= Pontos de coleta da região MA; N=Ponto de coleta da região Norte; RG1, RG2 e RG3= Pontos de coleta da região RG ..... 39

## Capítulo 2

Figura 1 - Curva de acumulação de *taxa* da bacia hidrográfica da lagoa do Peri levando em consideração as cinco regiões estudadas ..... 58

Figura 2 - Demonstrativo de riqueza e abundância das espécies raras e comuns ..... 59

Figura 3 - Curva da acumulação de espécies comparando a riqueza taxonômica encontrada nas cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa do Peri ..... 60

Figura 4 - Estimativas de riqueza de espécies das cinco regiões de acordo com os índices Jackknife 1, Jackknife 2 ..... 60

Figura 5 - Estimativas de riqueza de espécies das cinco regiões de acordo com os índices Ace, Ice, Chao1 e Chao 2 e Bootstrep..... 61

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1- Número de indivíduos de macroinvertebrados aquáticos encontrados em cada região da bacia hidrográfica. (CG= Cachoeira Grande; CT= Central; MA= Margem; N= Norte; RG= Ribeirão Grande). .....	32
--	----

### Capítulo 2

Tabela 1 - Estimativas, número e percentual de espécies (singletons, doubletons, raras e comuns) encontradas nas diferentes regiões amostradas .....	58
Tabela 2 - Índice de similaridade de Jaccard para as cinco regiões amostradas .....	63
Tabela 3 - Índice de similaridade de distância Euclidiana .....	63



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANOVA - Análise de Variância

CAP - Análise Canônica de Coordenadas Principais

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CCA- Análise de Correspondência Canônica

EPAGRI-CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

PCA - Análise de Componentes Principais

PMLP - Parque Municipal da Lagoa do Peri

SIMPER- Similarity Percentage Technique

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERÊNCIAS GERAIS .....</b>	<b>17</b>

### Capítulo 1

<b>O efeito do habitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos da bacia hidrográfica da lagoa do peri .....</b>	<b>20</b>
--	-----------

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>22</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	22
2.2 Objetivos específicos .....	22
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Área de Estudo.....	23
3.2 Amostragem.....	25
3.3 Análise de dados .....	26
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
4.1 Dados abióticos.....	28
4.2 Dados bióticos .....	31
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

### Capítulo 2

<b>O efeito de táxons raros na diversidade da comunidade de macroinvertebrados aquáticos da bacia hidrográfica da lagoa do peri.....</b>	<b>51</b>
--	-----------

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>52</b>
---------------------------	-----------

1.1	Objetivos.....	53
1.1.1	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>53</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>53</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>54</b>
2.1	Área de estudo .....	54
2.2	Amostragem.....	54
2.3	Análises estatísticas .....	55
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>57</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, vários estudos vêm buscando compreender os padrões de distribuição das comunidades aquáticas em uma escala espacial e temporal, com o objetivo de identificar a diversidade biológica existente, procurando responder de que forma os fatores ambientais influenciam a ocorrência e persistência de determinadas espécies em hábitat locais (LEMES-SILVA, 2010; BATISTA, 2017). Alguns estudos têm demonstrado que fatores como a presença de vegetação natural, características do substrato, variação da temperatura da água e profundidade e velocidade de corrente em riachos exerceram uma forte influência no padrão de distribuição dessas espécies (COLLING, 2007; RONDON SUAREZ, 2008; BATISTA, 2010; FARIAS, 2014).

Nos ecossistemas aquáticos, a fauna aquática desempenha um papel consideravelmente importante: são fundamentais para a saúde dos corpos d'água, atuam no processamento de matéria, fluxo de energia e dinâmica de nutrientes (COSTA, 2006). Como exemplo, o revolvimento da superfície do sedimento e a fragmentação da matéria vegetal oriundos da vegetação ripária são processos importantes realizados pela comunidade aquática contribuindo para a manutenção da saúde e a qualidade de um corpo d'água (MARQUES et al., 1999).

Dentre as comunidades aquáticas, os macroinvertebrados aquáticos tem se destacado como importantes indicadores ambientais (BARBOSA, 2003; GUERESCHI, 2004; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008; OLIVEIRA, 2015). Por exemplo, temos o trabalho de Taniwaki e Smith (2011) que observaram uma maior diversidade de espécies em áreas mais afastadas das atividades urbanas e da poluição, nas quais a qualidade da água foi considerada própria para o uso. A estrutura da comunidade de macroinvertebrados e sua sucessão são alteradas por matéria orgânica dissolvida, nitrogênio e fósforo em excesso, assim como substâncias tóxicas, todos resultantes de poluição e consequente eutrofização (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Em uma comunidade de macroinvertebrados aquáticos, existe uma diversidade de organismos adaptados as diferentes condições ambientais que dependem das características ambientais dominantes, principalmente quanto à corrente, substrato, disponibilidade de alimento, abrigo contra predação e estabilidade do ambiente (GONÇALVES; ARANHA, 2004; SILVEIRA; QUEIROZ, 2006).

Dentre os vários fatores que justificam a utilização dos macroinvertebrados aquáticos como indicadores ambientais, podemos citar: ciclo de vida relativamente longo; são organismos

grandes (maiores que 125 ou 250  $\mu\text{m}$ ), sésseis ou de pouca mobilidade; elevada diversidade taxonômica e de identificação relativamente fácil (ao nível de família e alguns gêneros); organismos sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio, fornecendo ampla faixa de respostas frente a diferentes níveis de contaminação ambiental; facilidade na obtenção de amostras com a utilização de equipamentos simples (ROSENBERG; RESH, 1993; CALLISTO et al., 2001). Estas características os colocam entre os melhores indicadores da qualidade de água em ambientes lóticos (MONTEIRO, 2008).

Em estudos ecológicos, são conhecidas as dificuldades para se estimar e comparar a riqueza de espécies a partir de amostras coletadas uma vez que a riqueza de espécies pode variar com o número de indivíduos encontrados ou tamanho da área amostrada (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Além dos clássicos índices de diversidade como Shannon e Simpson existem várias formas de efetuar cálculos de diversidade e de riqueza para o mesmo conjunto de dados (MAGURRAN, 2011). Há uma tendência de se estimar somente a riqueza de animais ou vegetais em determinada área, porém é importante observar a quantidade de espécies que pode ser potencialmente descoberta e, portanto, preservada (SANTOS, 2003).

Estimar como a diversidade biológica varia ao longo do tempo, considerando o grau de diversidade, possibilita um melhor entendimento de sua variação e dos processos biológicos que essas comunidades regulam (SCHLUTER; RICKLEFS, 1993; MELO et al., 2011).

Neste contexto, as análises ecológicas sobre as comunidades aquáticas são importantes para o conhecimento da composição da biodiversidade local, no intuito da preservação destes ecossistemas. Contribuem também para a determinação de áreas protegidas, bem como, tem importância em relação ao potencial bioindicador de muitos organismos (AGOSTINHO; THOMAS; GOMES, 2005).

Lagos costeiros são corpos d'água que se encontram localizados em território continental, separados do oceano por uma barreira ou conectados a este por um ou mais canais ou pequenas baías (KJERFVE, 1994). São ambientes de grande importância ecológica constituindo interfaces entre áreas costeiras, águas interiores e águas marinhas, abrigando elevada biodiversidade. Apresentam grande heterogeneidade em relação às características morfológicas, geológicas e hidrológicas (MEDINA-GÓMEZ; HERRERA-SILVEIRA, 2006; TONETTA, 2012). Esses ecossistemas aquáticos possuem uma forte interação entre o meio bentônico e a coluna d'água, sendo um berçário para várias espécies (ALMEIDA et al., 2008).

A lagoa do Peri é considerada o principal manancial de água doce da Ilha de Santa Catarina e desde o ano 2000 vem sendo utilizada para abastecimento de água de parte da

população. Ela se encontra inserida em um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica da ilha, apresentando um espelho d'água de 5,7 km<sup>2</sup>, sendo rodeada por morros cobertos por vegetação de Mata Atlântica e uma restinga típica de vegetação litorânea. A lagoa e seu entorno estão inseridos dentro de uma área ambientalmente protegida, o Parque Municipal da Lagoa do Peri, criado pela Lei Municipal nº 1.828/81.

Os resultados deste trabalho, juntamente a outros que vem sendo realizados na bacia hidrográfica da lagoa do Peri, fornecerão um banco de dados que servirá como base para o manejo dos recursos naturais da lagoa visando, sobretudo, o seu uso sustentável e a conservação da biodiversidade. Esta dissertação está dividida em dois capítulos, sendo o objetivo do capítulo 1 identificar a comunidade de macroinvertebrados aquáticos com base na composição, abundância e riqueza; avaliar qual é o efeito das variáveis ambientais locais na distribuição espacial da comunidade bentônica. No capítulo 2 é apresentado um estudo da eficiência de sete estimadores não paramétricos com o objetivo de determinar se a riqueza observada na bacia hidrográfica da lagoa do Peri é semelhante a riqueza esperada pelos estimadores e qual é o papel das espécies raras no número de espécies estimada.

## REFERÊNCIAS GERAIS

ALMEIDA, Cheila et al. Use of different intertidal habitats by faunal communities in a temperate coastal lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 80 (3): 357-364, 2008.

AGOSTINHO, Angelo.; THOMAZ, Sidnei Magela.; GOMES, Luís.C. Conservação da Biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p1-9, 2005.

BARBOSA, S. D. **Limnologia do rio Uberaba (MG) e a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais**. 2003. Dissertação (Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo EESC/USP, São Carlos, 2003.

BATISTA, Joana Darc et al. **Sazonalidade, impacto ambiental e o padrão de diversidade beta de Odonata em riachos tropicais no Brasil Central**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Voçosa. 2010.

BATISTA, Gilberto Nicacio. **Determinantes da estrutura de comunidades de insetos aquáticos em riachos na Amazônia: o papel do habitat e da escala espacial**. 2017. 158 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Instituto de Ciências Biológicas, Belém, 2017.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Artmed Editora, 2009.

CALLISTO, M.; MORETTI, M. & GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revta. Bras. Rec. Hid.** 6 (1): 71-82, 2011.

COSTA, Shirley Silva. **Análise comparativa da comunidade de macroinvertebrados aquáticos em diferentes micro-habitats e estudo da riqueza e raridade de espécies.** 2006. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ecologia e Evolução, Biologia Geral, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2006.

COLLING, Leonir André. **Influência dos fatores abióticos na variabilidade espaço-temporal dos macroinvertebrados bentônicos em uma enseada rasa estuarina da Lagoa dos Patos, RS-Brasil.** RS-Brasil .2007. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Oceanografia Biológica da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 2007.

OLIVEIRA, Marco Antonio de et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Ceres**, v. 61, n. 7, 2015.

FARIAS, Roberto Nascimento de. **Influência das atividades antrópicas, em escala de bacia hidrográfica, sobre a condição do hábitat, em escala de trecho de riacho, em uma bacia hidrográfica sob intensa pressão antrópica.** 2014. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

GUERESCHI, Renata Maria et al. Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP: subsídios para monitoramento ambiental. 2004.

GONÇALVES, Fabio Bertolini; ARANHA, José Marcelo Rocha. Ocupação espaço-temporal pelos macroinvertebrados bentônicos na bacia do rio Ribeirão, Paranaguá, PR (Brasil). **Acta Biológica Paranaense**, v. 33, 2004.

KJERFVE, Björn. Coastal lagoons. In: Elsevier oceanography series. **Elsevier**, 1994.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica.** Tradução: Vianna D.M. Curitiba: Ed. da UFPR. 261p, 2011.

MARQUES, M. G. S. M. et al. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas carioca e da barra, parque estadual do rio doce, MG. **Revista Brasileira de Biologia**, p. 204. 1999.

MEDINA-GÓMEZ, Israel; HERRERA-SILVEIRA, Jorge A. Primary production dynamics in a pristine groundwater influenced coastal lagoon of the Yucatan Peninsula. **Continental Shelf Research**, v. 26, n. 8, p. 971-986, 2006.

SCHNECK, Fabiana.; HEPP, Luís.; SIMÕES, Nadson. R.; SIQUEIRA, Tadeu.; BINI, Luis Mauricio. Focusing on variation: methods and applications of the concept of beta diversity in aquatic ecosystems. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 3 p. 318-331, 2011.

MONTEIRO, T. R.; OLIVEIRA, L. G. & GODOY, B. S. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico, 2008.

RONDON SÚAREZ, Yzel. Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, 2008.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. **Chappman & Hall, New York**, 485p. 1993

SANTOS, A.J. Estimativas de riqueza em espécies. In: CULLEN Jr., L. et al. (Org.). Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: Ed. UFPR e **Fundação O Boticário de Proteção à Natureza**, cap. 1, p. 19-41, 2003.

SCHLUTER, Dolph; RICKLEFS, Robert E. Species diversity: an introduction to the problem. **Species diversity in ecological communities**, p. 1-10, 1993.

LEMES da SILVA, Aurea Luiza et al. **Diversidade e variação espaço temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa costeira subtropical no sul do Brasil**. 2010. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

SILVEIRA, M. P.; DE QUEIROZ, J. F. Uso de coletores com substrato artificial para monitoramento biológico de qualidade de água. Embrapa Meio Ambiente. **Comunicado Técnico**, 2006.

TANIWAKI, R. H.; SMITH, W. S. Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil. **J Health Sci Inst.**, v. 29, n. 1, p. 7-10, 2011.

TONETTA, Denise. **Produção primária e respiração pelágica em um lago costeiro subtropical (Lagoa do Peri, Brasil): variações vertical, temporal e suas relações com a comunidade fitoplanctônica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 84 p, 2012.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ABE, D. S. The ecological dynamics of Barra Bonita (Tietê River, SP, Brazil) reservoir: implications for its biodiversity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 1079-1098, 2008.

## **CAPÍTULO 1**

# **O EFEITO DO HABITAT NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DO PERI**

**Tuane Ribeiro Teixeira, Aurea Luiza Lemes da Silva & Mauricio Mello  
Petruccio**

## **RESUMO**

Neste trabalho, identificou-se a comunidade de macroinvertebrados aquáticos presentes em uma bacia hidrográfica subtropical e, avaliou-se a influência dos fatores abióticos na distribuição e diversidade desta comunidade. Amostras de sedimento para análise da comunidade bentônica e da composição granulométrica foram coletadas em cinco regiões diferentes da bacia hidrográfica da lagoa do Peri com diferentes características espaciais, usando uma draga Ekman-Birge (15 x 15 cm) para um dos riachos e para a lagoa e um Surber para o outro riacho. As coletas foram realizadas no período de junho de 2015 a abril de 2016, a cada dois meses totalizando 216 amostras. Foram encontradas diferenças significativas entre as regiões amostradas, onde a maior riqueza de espécies foi encontrada na região do riacho Cachoeira Grande devido a maior complexidade de habitat e a menor na região Central da lagoa que caracteriza-se como uma região mais homogênea. Os resultados obtidos neste estudo foram relacionados às características do habitat e as variáveis físicas e químicas da água.

## **INTRODUÇÃO**

Lagos costeiros são corpos d'água localizados dentro do território continental, separados do oceano por uma barreira ou conectados a este por um ou mais canais ou pequenas baías. Esses lagos podem ou não estar sujeitos ao regime de marés, e a salinidade pode variar de água doce até uma condição hipersalina, dependendo do balanço hidrológico (KJERFVE, 1994). São ambientes de grande importância ecológica por constituírem interfaces entre áreas costeiras, águas interiores e águas marinhas, abrigando elevada biodiversidade. Apresentam grande

heterogeneidade em relação às características morfológicas, geológicas e hidrológicas (MEDINA-GÓMEZ; HERRERA-SILVEIRA, 2006).

Em todos os continentes, os lagos costeiros são utilizados para fins comerciais, através da exploração de seus recursos, abastecimento público, área de lazer, local de despejo de efluentes, entre outros. Sua utilização os torna vulneráveis aos processos antrópicos, como a eutrofização, que altera a dinâmica dos lagos, tais como a presença de habitats para a comunidade, a qualidade da água e seu valor ecológico (TONETTA, 2012).

As características do habitat influenciam nos processos de estruturação e composição das comunidades biológicas em ambientes lóticos ou lênticos (TATE; HEINY, 1995). Estudos têm demonstrado uma relação entre a disponibilidade de habitat e a diversidade de espécies aquática (GALDEAN et al., 2000; RODRIGUES et al., 2010; MOLOZZI et al., 2011). A distribuição dos organismos aquáticos é o resultado das interações biológicas e das condições físicas (correnteza e substrato) que caracterizam o habitat, sendo amplamente reconhecidas por afetar a composição, abundância e distribuição de macroinvertebrados aquáticos (ALLAN; CASTILHO, 2007; DAVIS et al., 2015).

Macroinvertebrados aquáticos são os organismos que habitam o fundo dos ecossistemas aquáticos durante pelo menos uma parte do seu ciclo de vida associados aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos quanto inorgânicos (SILVEIRA, 2004; ABÍLIO et al., 2007). Situam-se numa posição intermediária na cadeia alimentar, tendo como principal alimentação algas, microorganismos e pequenos invertebrados, sendo os peixes e outros vertebrados seus principais predadores (SILVEIRA, 2004; ABÍLIO et al., 2007). Compostos principalmente por insetos, moluscos, crustáceos, anelídeos, entre outros, os macroinvertebrados aquáticos são considerados um importante componente do sedimento de rios e lagos, pois contribuem para a dinâmica de nutrientes, a transformação de matéria e o fluxo de energia (CALLISTO; ESTEVES, 1995). Por serem bioindicadores ambientais, diversos estudos têm sido desenvolvidos com comunidades de macroinvertebrados aquáticos (ABÍLIO et al., 2007; Lemes-Silva, 2010; BAGATINI et al., 2012). Quanto à distribuição, são influenciadas por fatores físicos, químicos e biológicos, tais como tipo de substrato, as alterações no nível da água, profundidade, concentração de oxigênio dissolvido e a competição entre diferentes populações (ESTEVES, 1988; HEINO, 2009).

Das variáveis relacionadas a distribuição dos macroinvertebrados, a composição do substrato destaca-se por ser essencial na estruturação das comunidades (BEISEL et al., 1998). O substrato oferece abrigo contra os predadores, os protege da força do fluxo da água e contribui

para maior disponibilidade de alimento através do acúmulo de material orgânico autóctone e alóctone (OLIVEIRA; CALLISTO, 2010). Allan e Castilho (2007) sugerem que a maior estabilidade do substrato e a presença de detritos orgânicos permitem um aumento na riqueza e abundância de uma grande diversidade de macroinvertebrados aquáticos.

Em Florianópolis-SC, a Lagoa do Peri, uma lagoa costeira, é considerada o principal manancial de água doce da cidade e, vem sendo utilizada desde o ano de 2000 para abastecimento de parte da população local. Vários estudos vêm sendo realizados nos últimos anos com o intuito de avaliar a qualidade da água e quais fatores são determinam a distribuição das espécies aquáticas (LISBOA, 2009; LEMES-SILVA, 2010; TONETTA, 2012, LEMES-SILVA et al., 2016).

Partindo do pressuposto que a disponibilidade de hábitat é importante para a estruturação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, a hipótese deste estudo é que a estrutura da comunidade de macroinvertebrados presente na bacia hidrográfica da lagoa do Peri varia espacialmente em função de fatores ambientais locais da bacia hidrográfica (tributários, tipo de sedimento, e teor de matéria orgânica, profundidade local e presença da vegetação aquática).

## **OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal deste capítulo foi determinar quais descritores ambientais estão atuando diretamente sobre estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos da bacia hidrográfica da lagoa do Peri.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a riqueza, abundância, composição de macroinvertebrados aquáticos da bacia hidrográfica da lagoa do Peri;
- Verificar nos diferentes tipos de habitat a estrutura da comunidade de macroinvertebrados;
- Verificar a influência dos parâmetros físico-químicos da água e do sedimento e diversidade de habitat na composição dos macroinvertebrados;

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 1.3 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica da lagoa do Peri (Figura 1) está situada na região sul da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas 27°43'S e 48°32'W e abrange uma área total de 20,3Km<sup>2</sup>, sendo que, destes, 5,2Km<sup>2</sup> correspondem ao espelho d'água. A lagoa do Peri tem como principais tributários os riachos Ribeirão Grande e Cachoeira Grande, que juntos drenam uma área total de 8,64km<sup>2</sup>, representando mais de 50% da área da bacia, não incluindo o corpo lacunar, podendo ocorrer ainda alguns córregos temporários durante períodos prolongados de chuva (TEIVE, 2008).

O riacho Cachoeira Grande possui uma extensão de 1,7 km, nasce a uma altitude de 280 m e apresenta uma declividade média de 20 cm/m, drenando uma área de 1,66 km<sup>2</sup>. O riacho Ribeirão Grande, por sua vez, nasce a 285 m de altitude, possui uma extensão de 4,6 km e declividade média de 12 cm/m e drena uma área de 6,98 km<sup>2</sup>.

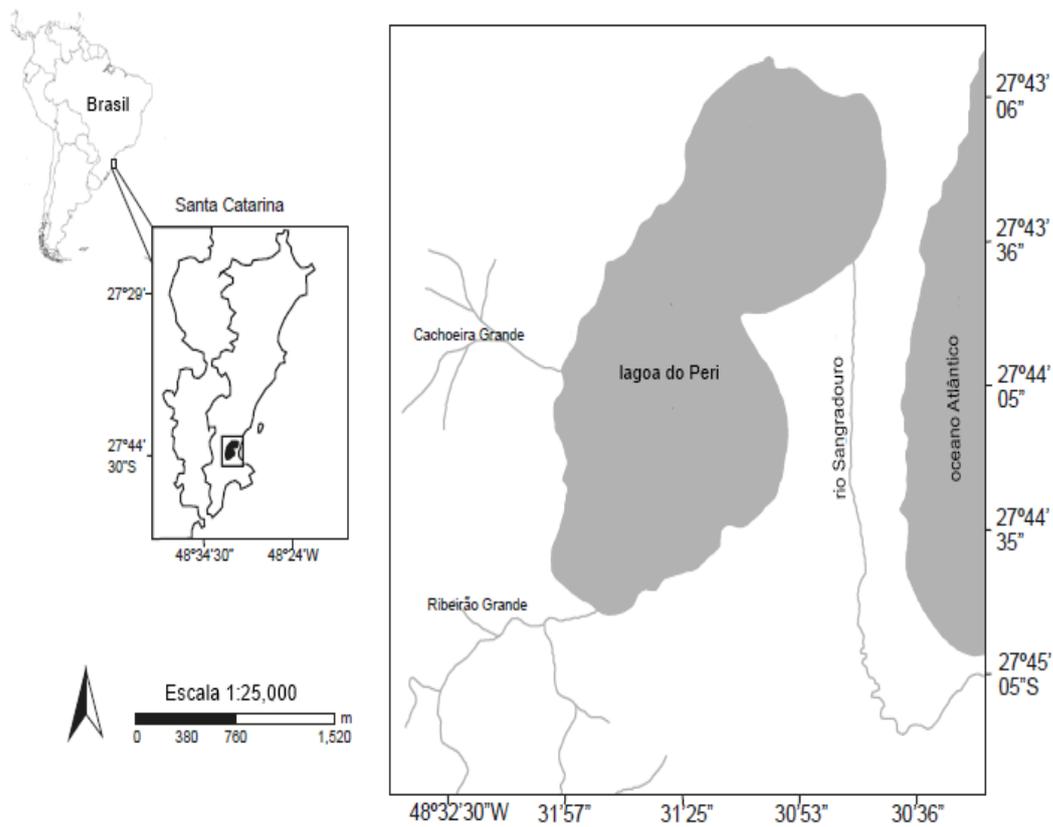
A lagoa possui conexão com o mar através de um canal de sentido único lagoa→mar (Canal Sangradouro), a retificação do rio Sangradouro, em 1975, acarretou no rebaixamento do nível da água na lagoa em cerca de dois metros, ao passo que a construção de uma barragem na entrada do canal da lagoa em 1988, elevou o nível da água em cerca de um metro. A construção da estação de tratamento da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) levou a uma nova elevação de quase um metro no final da década de 1990, dessa forma a lagoa não sofre oscilações da maré, pois está cerca de 3 metros acima do nível do mar (LAPOLLI et al., 1990). Com isso, é considerado o maior corpo de água doce do litoral catarinense e maior manancial de água potável da Ilha de Santa Catarina (CECCA, 1997).

A lagoa está situada entre morros cobertos por Floresta Ombrófila Densa - um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica da ilha - e uma restinga típica de vegetação litorânea, encontrando-se sob influência de ações antrópicas devido à ocupação do entorno. A topografia da região é acidentada nas porções sul, oeste e norte, com altitudes inferiores a 500 metros, com uma faixa estreita e plana a separando do oceano na porção leste (PENTEADO, 2002).

A lagoa e seu entorno estão inseridos dentro de uma área ambientalmente protegida, o Parque Municipal da Lagoa do Peri (PMLP), que foi criado em 1981, regulamentado pela Lei Municipal 1.828/81, decretado pela Lei nº 091/82, com o intuito de preservar a natureza a fim

de conciliar a proteção do ecossistema com práticas educacionais, científicas e recreativas, sendo proibida qualquer atividade de exploração dos recursos naturais (LEMES-SILVA, 2010). O Parque Municipal da Lagoa do Peri é uma das oito áreas de proteção ambiental da ilha de Santa Catarina e compreende um dos últimos remanescentes de mata Atlântica deste local. Desde o ano 2000, a lagoa do Peri vem sendo utilizada pela CASAN, como fonte para abastecimento de água potável para a população local.

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri, Florianópolis - Santa Catarina (Brasil).



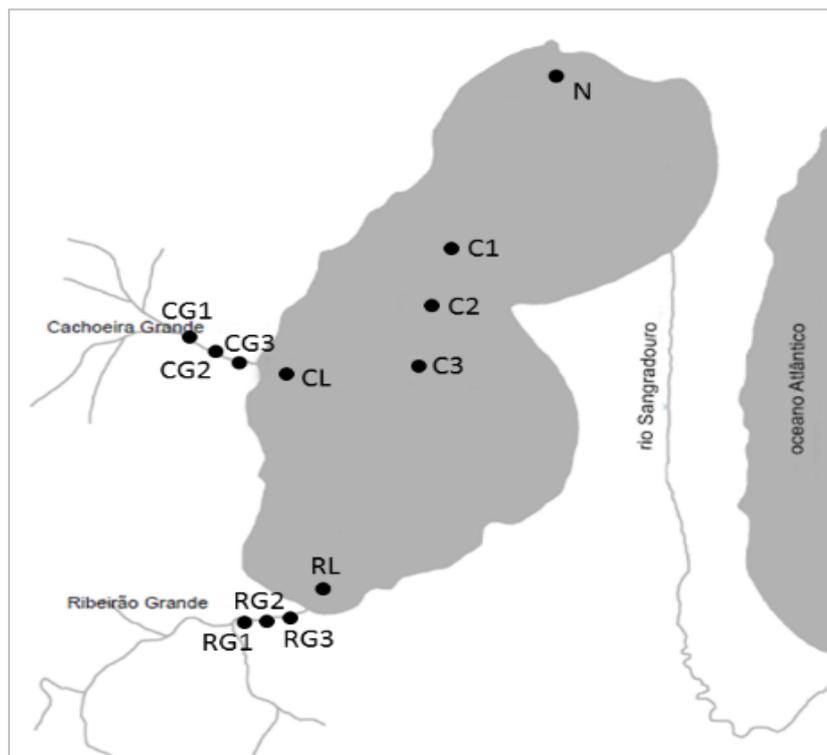
Fonte: Adaptado de Lemes-Silva et al (2016)

#### 1.4 AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas bimensalmente, de junho de 2015 a abril de 2016, totalizando 6 coletas em 5 diferentes regiões na bacia hidrográfica da lagoa do Peri. A escolha dos pontos referentes à lagoa, foi baseada no estudo de Lemes-Silva, et al, 2010 que caracterizou as diferentes áreas presentes nesse ambiente de acordo com o tipo de sedimento, porcentagem de matéria orgânica, presença de vegetação e profundidade local.

Em cada riacho foram selecionados 3 pontos de coleta e na lagoa foram selecionados 6 pontos, totalizando 12 pontos de amostragem na bacia hidrográfica (Figura 2). Em cada ponto selecionado, foram coletadas 3 amostras de sedimentos para análise da comunidade de macroinvertebrados e quantificação do teor de matéria orgânica, totalizando 216 amostras (12 pontos x 3 amostras x 6 coletas).

Figura 2: Localização e nomenclatura dos 12 pontos amostrais na bacia hidrográfica da lagoa do Peri.



Fonte: Adaptado de Lemes-Silva et al (2016)

Devido às diferenças de profundidade entre os pontos amostrados, o método de amostragem diferiu entre lagoa e um dos tributários. As coletas na lagoa e no riacho Ribeirão Grande foram realizadas com o auxílio de uma draga de Eckman-Birge (15 x 15 cm), já no Cachoeira Grande, devido à pouca profundidade o método de coleta utilizado foi o amostrador de Surber (30 x 30 cm). Para análise dos dados, os valores obtidos foram padronizados posteriormente de acordo com a área de cada amostrador. Simultaneamente, foram coletadas *in situ* as seguintes variáveis abióticas: pH, temperatura da água (°C), condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) em cada ponto de coleta através de uma sonda multi-parâmetros (WTW-Multi350ii). A profundidade local foi aferida através de um profundímetro. Os valores de precipitação foram obtidos através do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM).

Após a coleta, os organismos amostrados foram condicionados em sacos plásticos devidamente identificados e transportados ao Laboratório de Ecologia de Águas Continentais da UFSC para posterior identificação e análises. No laboratório, os indivíduos foram lavados em peneira de 250 $\mu\text{m}$  de abertura de malha, triados sob lupa e transferidos para álcool 70% sendo acondicionados em frascos com tampa e etiqueta de identificação. Após esse processo, realizou-se a identificação ao menor nível taxonômico possível utilizando-se chaves de identificação disponíveis na literatura, tais como Mugnai et al., 2010 e Hamada et al., 2014.

As determinações dos teores de matéria orgânica no sedimento foram obtidas através do método da perda por ignição. As alíquotas (7g de sedimento) foram pesadas, calcinadas a 550°C por quatro horas e pesadas novamente (DEAN, 1974). A diferença entre o peso inicial da amostra e o peso após a calcinação foi indicativo dos teores de matéria orgânica no sedimento.

## 1.5 ANÁLISE DE DADOS

Para a análise de dados, a área de estudo foi dividida em cinco regiões, conforme apresentado na figura 2: região Central (CT) da Lagoa com os pontos C1, C2 e C3, região Norte (N) da Lagoa com o ponto N, região de Margem (MA) da Lagoa com os pontos RL e CL, região Cachoeira Grande (CG) com os 3 pontos pertencentes a esse riacho, região Ribeirão Grande (RG) com os 3 pontos pertencentes esse riacho.

Para avaliar o padrão de distribuição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos de acordo com as variáveis abióticas, foi realizada uma análise de componentes Principais (PCA), baseado em distância euclidiana. Para essa análise foram utilizados os dados de temperatura, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, profundidade local e teor de matéria orgânica.

Para descrever a fauna de macroinvertebrados foram utilizados os valores de densidade total (ind m<sup>-2</sup>) e a riqueza taxonômica encontrada em cada região, através de curvas de rarefação utilizando o método *random*.

Para verificar se as variáveis abióticas, densidade total, abundância e riqueza taxonômica diferiram entre as cinco regiões estudadas aplicadas análises de variância (One - way ANOVA). Quando o resultado da ANOVA foi significativo, foi realizado o teste de Tukey de múltipla comparação.

Para sumarizar os dados bióticos e abióticos foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), uma análise multivariada de ordenação realizada para verificar a ordenação das amostras entre as regiões e identificar os fatores que mais influenciam o padrão de distribuição da fauna nas cinco áreas.

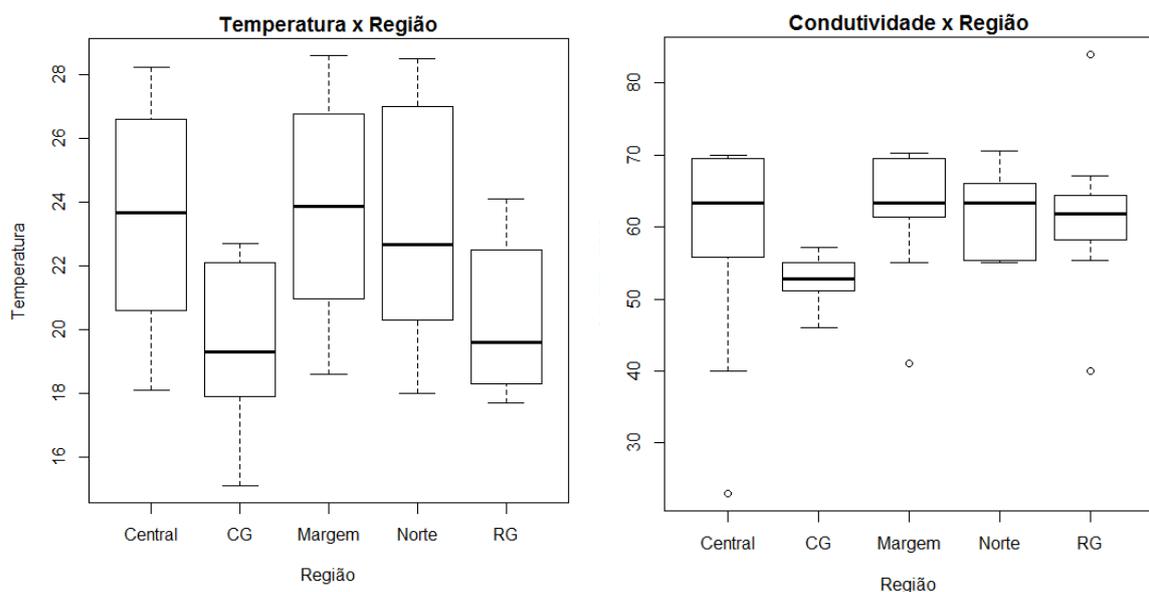
Uma Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) foi utilizada para discriminar regiões significativamente diferentes no espaço multivariado, com uma função discriminante gerada a partir de matrizes de dissimilaridade ( $\log(x+1)$ , índice de Bray-Curtis). Um diagrama de *Veen* foi elaborado para demonstrar visualmente a distribuição dos *taxa* entre as diferentes regiões e observar se havia sobreposição de *taxas* entre as regiões. A análise SIMPER (*Similarity Percentage Technique*) foi realizada para determinar qual foi a contribuição relativa de cada *taxa* na comunidade em cada região da bacia hidrográfica. Os dados da região RG foram padronizados de acordo com a área do amostrador utilizado. A análise de variância ANOVA, diagrama de *Veen*, CCA e PCA foram realizados através do programa R. As análises SIMPER e a CAP foram realizadas com o auxílio do programa Primer 6 (CLARKE; GORLEY, 2006).

## RESULTADOS

### 1.6 DADOS ABIÓTICOS

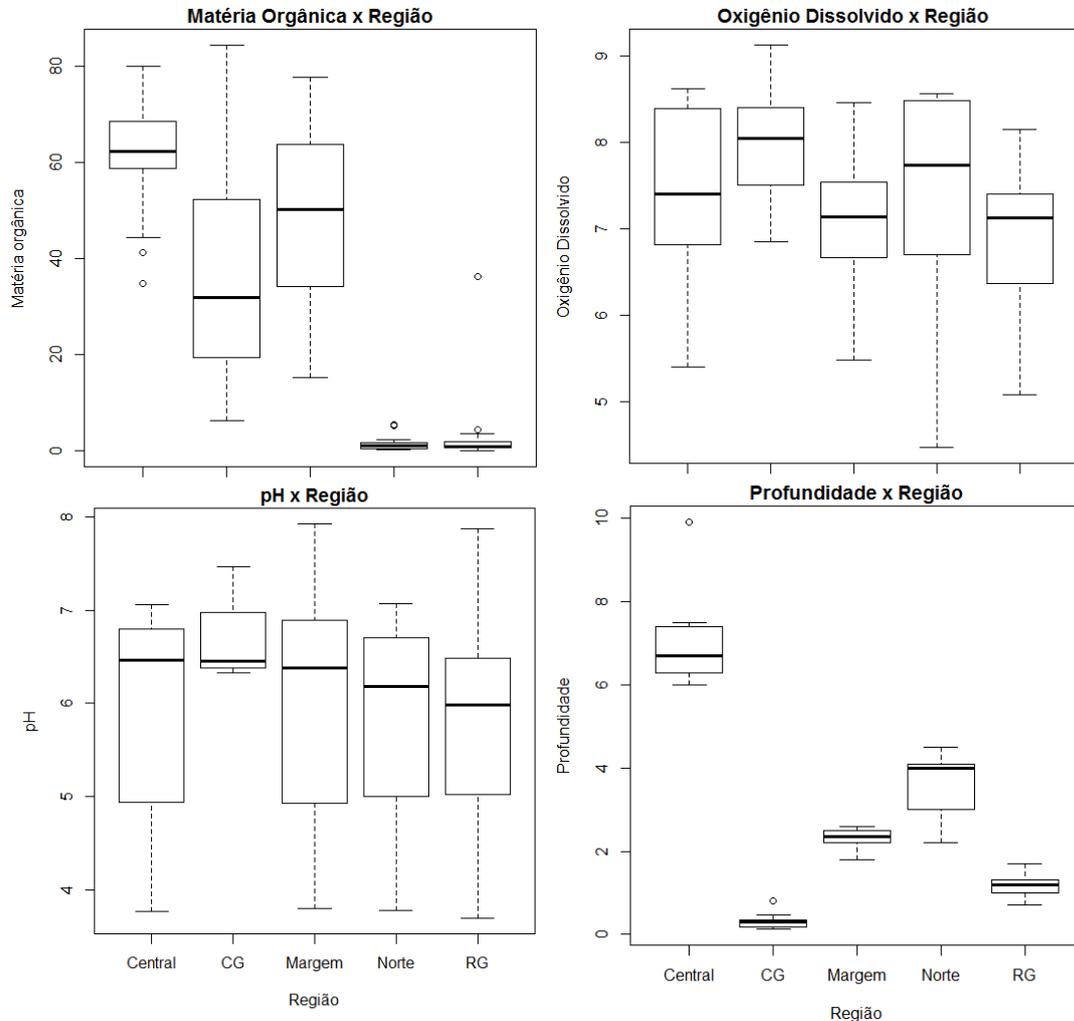
Os valores médios de temperatura da água ( $F_{4,67}=6.33$ ,  $p < 0,05$ ), condutividade ( $F_{4,67}=3.88$ ,  $p < 0,05$ ), oxigênio dissolvido ( $F_{4,65}= 3.97$ ,  $p < 0,05$ ), profundidade local ( $F_{4,67}=407.4$ ,  $p < 0,05$ ) e teor de matéria orgânica ( $F_{4,206}=156.4$ ,  $p < 0,05$ ) variaram significativamente entre as cinco regiões estudadas (Figuras 3 e 4). Apenas o pH não apresentou diferença significativa entre os locais estudados ( $F_{4,61}= 2.109$ ,  $p= 0.0905$ ). A maior temperatura foi observada na região Central (CT) da lagoa, enquanto a menor foi observada na região do riacho Cachoeira Grande (CG). O maior valor de condutividade elétrica foi registrado na região próxima as margens da lagoa (MA), já o menor valor foi registrado no riacho CG. A menor concentração de oxigênio dissolvido na água foi observada na região do Ribeirão Grande (RG) e o maior na região do riacho Cachoeira Grande. A profundidade local variou de 23 centímetros no Cachoeira Grande até 7,3 metros na região central da lagoa. O teor médio de matéria orgânica também apresentou uma grande variação, o valor mínimo observado foi de 0,69% no Ribeirão Grande e o valor máximo de 63,2% na região Central da lagoa

Figura 3 - Valores médios das variáveis Temperatura e Condutividade analisadas nas cinco diferentes regiões da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri.



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Figura 4- Valores médios das variáveis Oxigênio dissolvido, pH, Temperatura, Condutividade, Matéria orgânica e Profundidade analisados nas cinco diferentes regiões da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri.

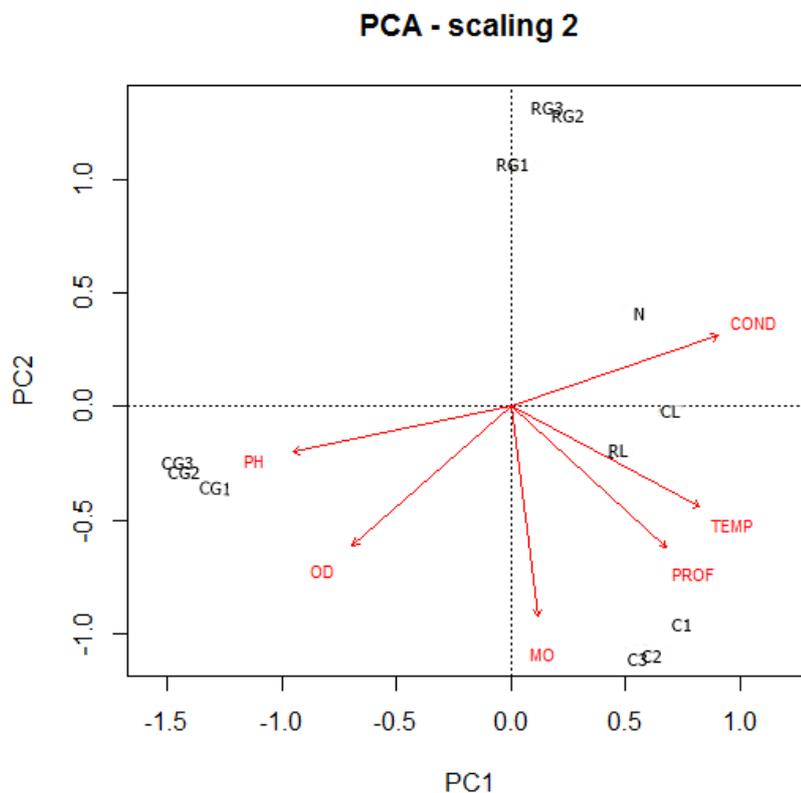


Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

O resultado da análise de componentes principais (PCA) (Figura 5) mostrou que os dois primeiros eixos da análise explicaram juntos 81,7% da variação total dos dados. O primeiro eixo explicou 57,4% da variância dos dados e o segundo eixo 24,3%. O primeiro eixo da análise apresentou correlação negativa com as variáveis pH e profundidade, ocorrendo uma maior associação com os pontos pertencentes à região CG e correlação positiva com as demais variáveis. Matéria orgânica, profundidade e temperatura apresentam maior associação com os pontos pertencentes à região CT, de acordo com o primeiro eixo. O segundo eixo da PCA

apresentou uma correlação positiva apenas com a condutividade. Os pontos pertencentes do RG apresentam uma correlação negativa com a matéria orgânica.

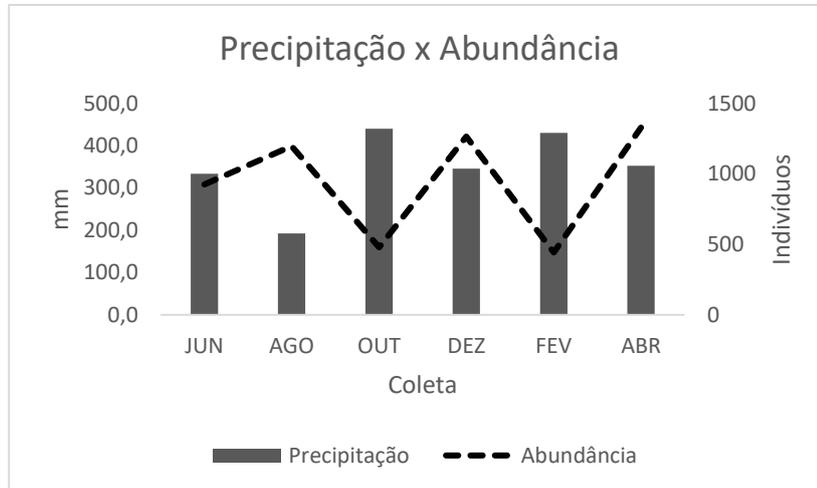
Figura 5 - Análise de componentes principais em relação às variáveis abióticas. OD= Oxigênio dissolvido; MO= Matéria orgânica, PROF=Profundidade; TEMP=Temperatura da água e COND=Condutividade. CG1, CG2 e CG3=Pontos de coleta da região CG; C1, C2 e C3= pontos de coleta da região MA; N=Ponto de coleta da região Norte; RG1, RG2 e RG3= Pontos de coleta da região RG.



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Em relação à precipitação acumulada entre as coletas, foi possível observar que no período das coletas de agosto, dezembro e abril houve uma menor concentração de chuvas, conseqüentemente uma maior abundância de organismos aquáticos. O oposto foi observado nas coletas 1, 3 e 5. No entanto, não houve correlação significativa entre quantidade de chuva acumulada e a abundância de indivíduos (Figura 6).

Figura 6 - Precipitação acumulada (mm) e abundância de macroinvertebrados aquáticos de acordo com o período de cada coleta.



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

## 1.7 DADOS BIÓTICOS

Foram coletados 5683 espécimes de macroinvertebrados aquáticos, distribuídos em 35 táxons e 10 classes. Nos riachos foram amostrados 2393 indivíduos e na lagoa foram amostrados 3290 indivíduos. Na lagoa, a região com maior abundância de indivíduos foi a Central (1164) e a região com a menor abundância foi a Margem (442). Os *taxa* de maior abundância ( $n > 100$ ) foram Chironominae (3685), Tanypodinae (993), Oligochaeta (242), Elmidae (200), Hidracarina (133) e Helycopschidae (102). A maior riqueza taxonômica foi encontrada no riacho Cachoeira Grande (31 *taxa*) e a menor riqueza taxonômica foi observada na região central da lagoa (5 *taxa*) (Tabela 1).

Tabela 1- Número de indivíduos de macroinvertebrados aquáticos encontrados em cada região da bacia hidrográfica. (CG= Cachoeira Grande; CT= Central; MA= Margem; N= Norte; RG= Ribeirão Grande).

Continua

Taxa	Locais de coleta				
	CT	MA	N	RG	CG
<b>INSECTA</b>	-	-	-	-	-
<b>ODONATA</b>	-	-	-	-	-
Aeshnidae	0	0	0	0	2
Gomphidae	2	1	0	0	0
Libellulidae	0	0	1	0	2
Calopterygidae	0	0	0	0	6
Megapodagrionidae	0	0	0	0	4
<b>TRICHOPTERA</b>	-	-	-	-	-
Calamoceratidae	0	0	0	0	7
Helicopsychidae	0	1	0	1	100
Leptoceridae	0	0	0	0	79
Hydroptilidae	0	0	0	1	0
Hydroptilidae (Alisotrichia)	0	0	0	0	1
Hydropsychidae (Macronema)	0	0	0	0	3
<b>DIPTERA</b>	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	0	0	0	4	4
Chaoboridae	40	3	18	0	1
Empididae	0	0	0	0	1
Stratiomyidae	0	0	0	0	1
Tabanidae	0	2	0	0	2
Tipulidae	0	0	0	0	28
Psychodidae	0	0	0	0	2
<b>CHIRONOMIDAE</b>	-	-	-	-	-
Tanypodinae	536	42	14	235	166
Chironominae	1795	377	414	838	261
Orthocladinae	2	0	9	15	1
<b>COLEOPTERA</b>	-	-	-	-	-
Dytiscidae	0	0	0	0	1
Elmidae	0	0	0	3	197
Elmidae (Phanocerus)	0	0	0	0	9
Elmidae (Macrelmis)	0	0	0	0	1

Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

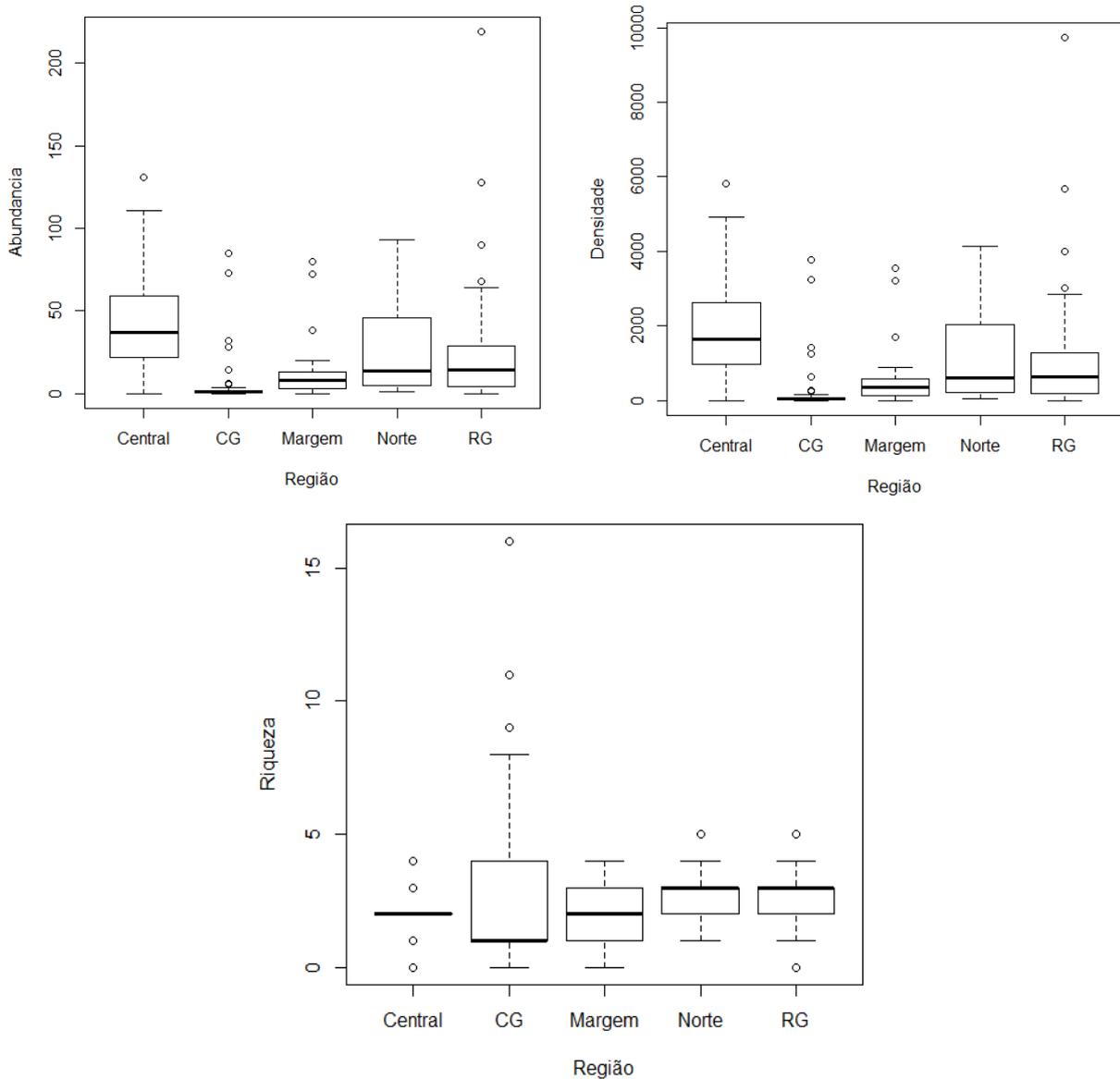
Tabela 1 - Número de indivíduos de macroinvertebrados aquáticos encontrados em cada região da bacia hidrográfica. (CG= Cachoeira Grande; CT= Central; MA= Margem; N= Norte; RG= Ribeirão Grande)

Taxa	Locais de coleta					Conclusão
	CT	MA	N	RG	CG	
<b>PLECOPTERA</b>	-	-	-	-	-	-
Perlidae	0	0	0	0	1	
<b>EPHEMEROPTERA</b>	-	-	-	-	-	-
Caenidae	0	0	0	1	0	
Leptophlebiidae	0	0	0	1	23	
<b>COLLEMBOLA</b>	0	0	0	0	1	
<b>ACARI</b>	-	-	-	-	-	-
Hidracarina	0	7	3	108	15	
<b>NEMATODEA</b>	0	0	13	1	0	
<b>OLIGOCHAETA</b>	0	3	0	19	220	
<b>GASTROPODA</b>	-	-	-	-	-	-
Hydrobiidae	0	1	0	1	23	
<b>CRUSTACEA</b>	-	-	-	-	-	-
Tanaidacea	0	5	0	1	1	
Ostracoda	0	0	1	0	1	
<b>Abundância</b>	<b>2375</b>	<b>442</b>	<b>473</b>	<b>1229</b>	<b>1164</b>	
<b>Riqueza</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>31</b>	

Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Através da Análise de variância (One-way Anova) observou-se diferenças significativas na abundância média, na densidade média e na riqueza média de indivíduos entre as cinco regiões (Figura 7). Ao comparar a riqueza estimada pelo método da rarefação entre as diferentes regiões estudadas, a maior riqueza de taxa foi registrada na região CG e a menor riqueza e a única a apresentar estabilização da curva foi a região CT (Fig. 8).

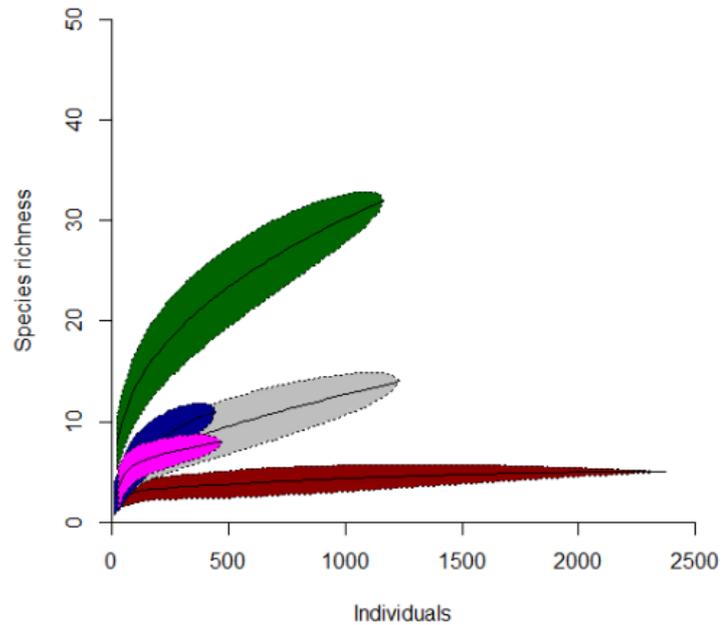
Figura 7 - Boxplots da Densidade total (ind.m<sup>2</sup>), de abundância e de riqueza de macroinvertebrados aquáticos nas cinco diferentes regiões mostrando os valores médios (as linhas horizontais dentro das caixas) e os percentis 25 e 75% (o topo e o fundo das caixas).



Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

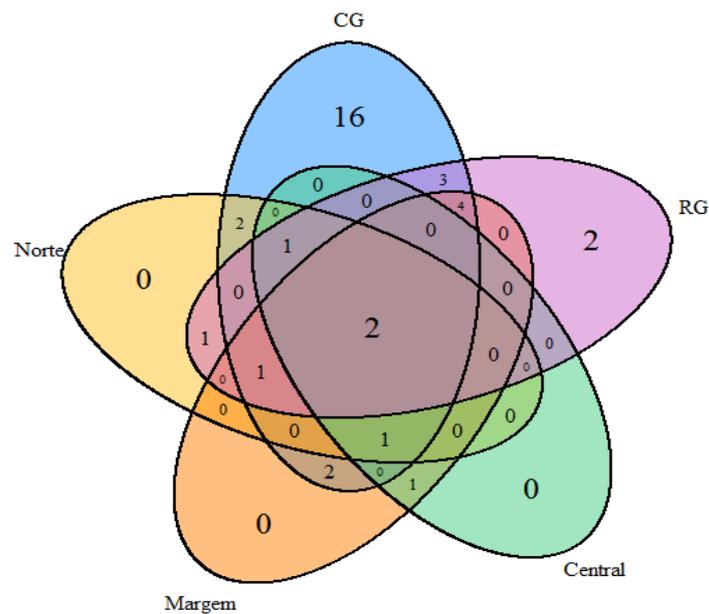
O diagrama de *Veen* (Fig. 9), demonstrou que apenas 2 táxons (*Chironominae* e *Tanypodinae*) estiveram presentes em todas as regiões. Além disso, as regiões Norte, Margem e Central não apresentam táxons exclusivos. Entretanto, a região do riacho Ribeirão Grande apresenta duas famílias (*Hydroptilidae* e *Caenidae*), e o riacho Cachoeira Grande possui 16 *taxa* que não foram encontrados nas outras regiões.

Figura 8 - Análise de rarefação comparando a riqueza taxonômica de macroinvertebrados aquáticos por amostras e por indivíduos encontrados em cada região.



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

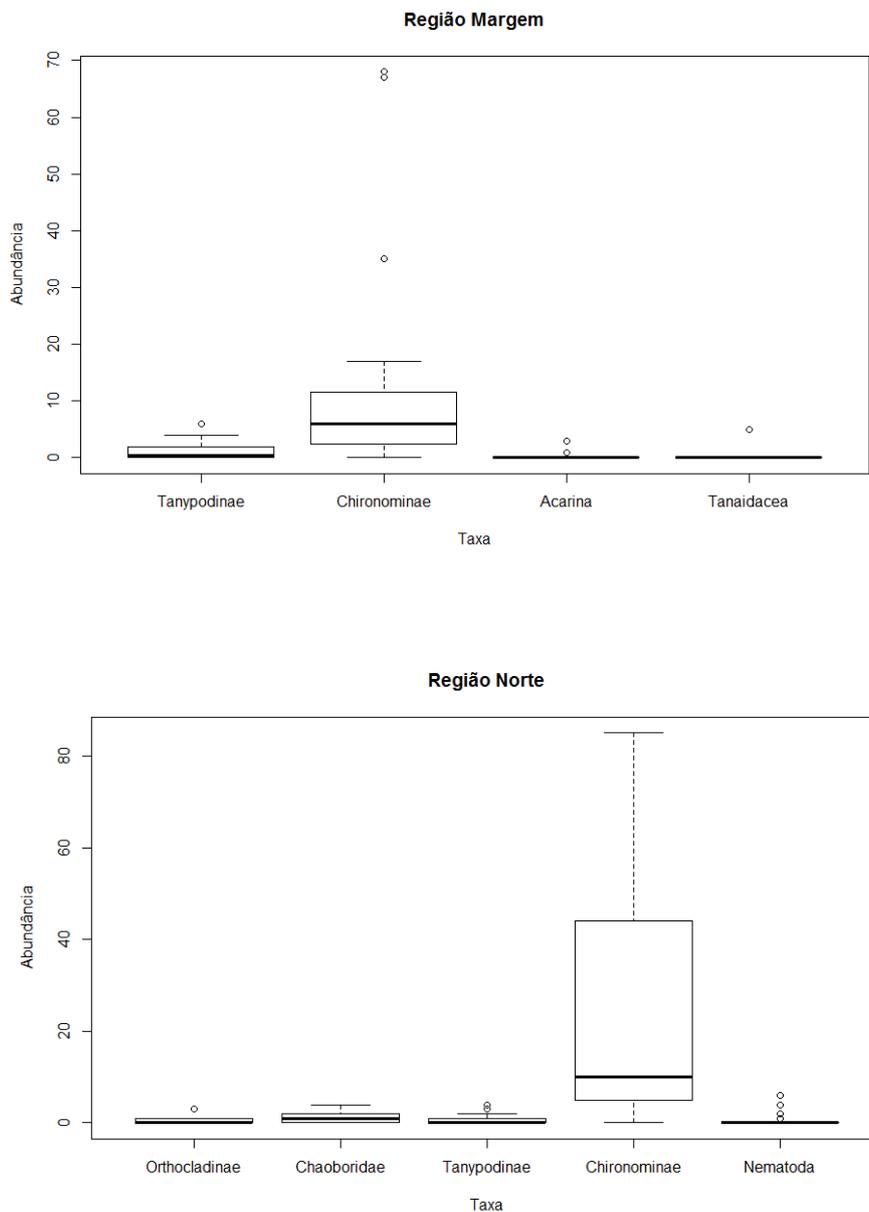
Figura 9 - Diagrama de Veen para as cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa

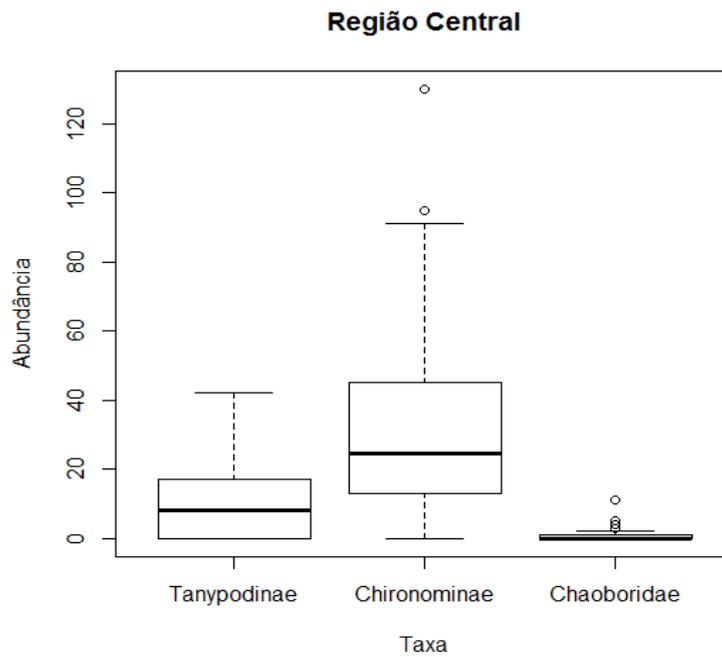
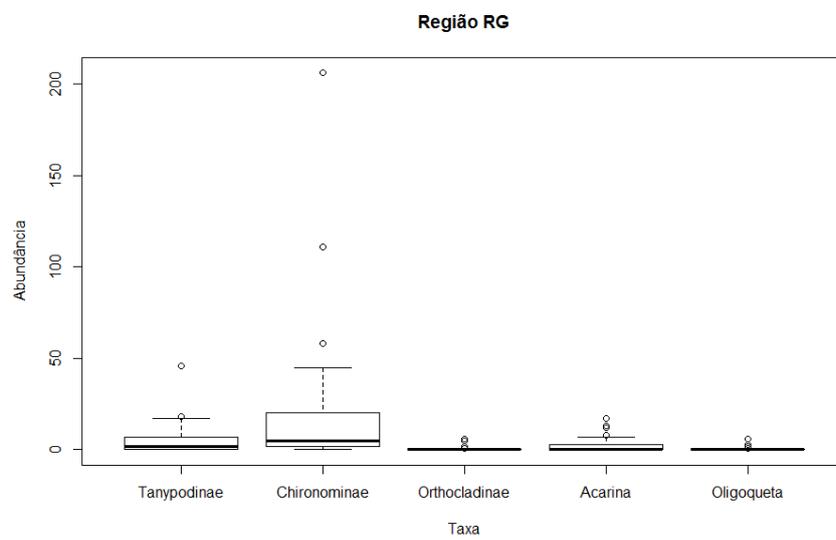
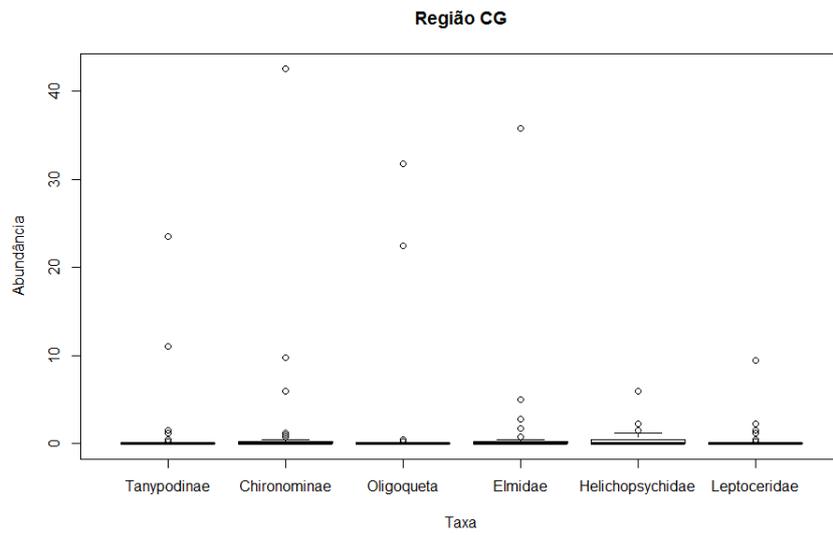


Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

A distribuição dos grupos mais abundantes por região está representada na figura 10. Para esse estudo, considerou-se como abundantes os *taxa* que apresentaram mais de 100 indivíduos no total entre as cinco regiões. Os táxons mais abundantes foram: Chironominae (3685), Tanypodinae (993), Oligochaeta (242), Elmidae (200), Hidracarina (133) e Helicopsychidae 102). Juntos, os grupos mais abundantes representam 94,24% do total de indivíduos.

Figura 10 - Boxplots da distribuição média dos taxa mais abundantes nas cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa do Peri

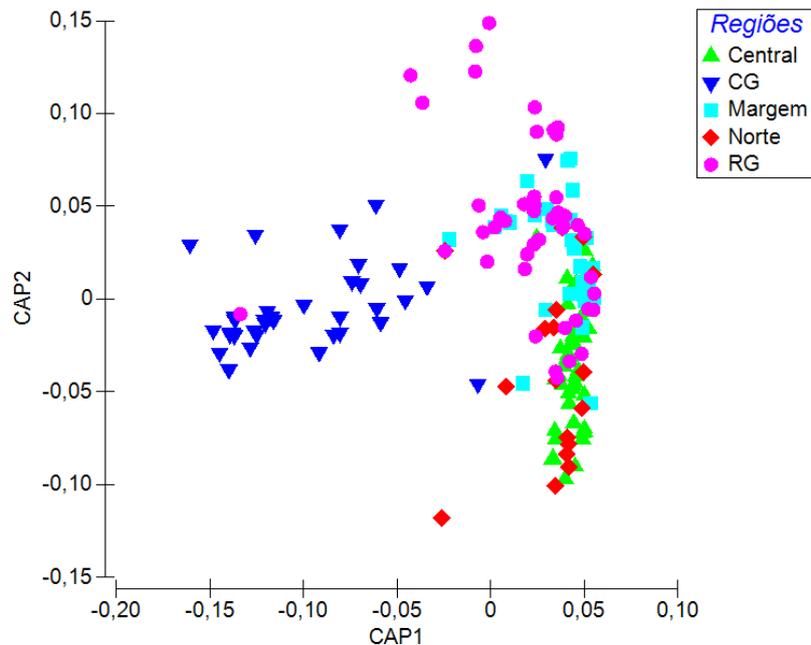




Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

O resultado da SIMPER indicou que o taxa Chironominae contribuiu com mais 65% para a similaridade entre as regiões, com exceção da região CG, onde o taxa Helicopsychidae contribuiu com 67,49% e Elmidae com 12,75%. A CAP (Figura 11), realizada para demonstrar as diferenças entre as regiões estudadas evidenciou que os pontos pertencentes à região CG e RG se agrupam de forma diferenciada dos outros. Os pontos da lagoa situados na Margem, Norte e Central se encontram agrupados, evidenciando uma maior similaridade entre essas regiões.

Figura 11 - Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) entre as cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa do Peri.

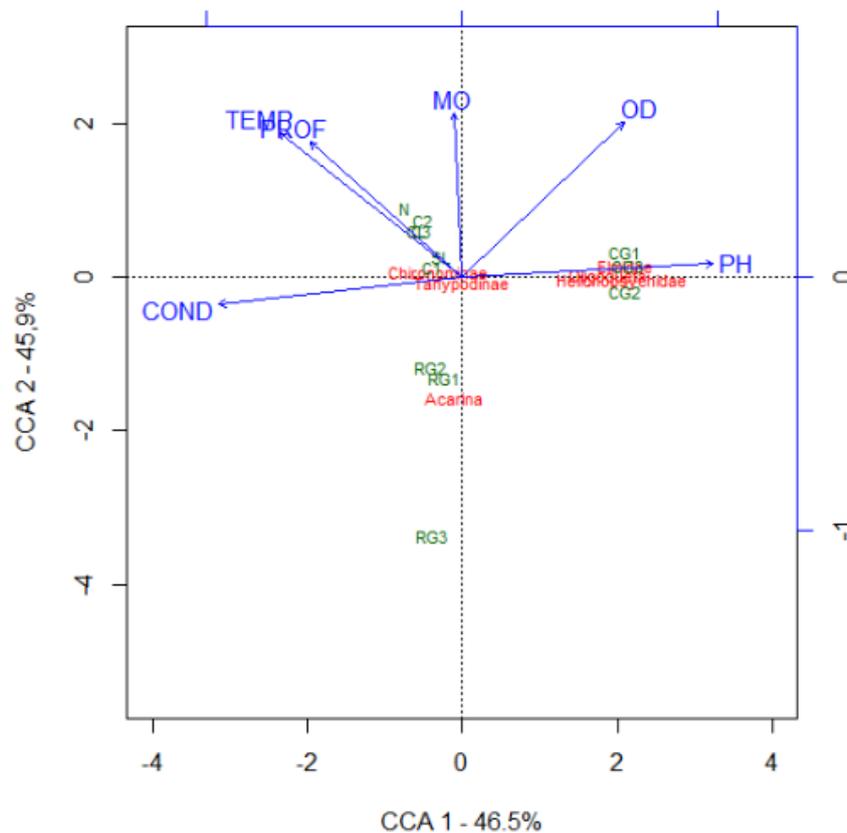


Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Para a análise de CCA (Figura 12) foram utilizados apenas os taxa mais abundantes. O primeiro eixo (CCA1,  $F= 6.44$  e  $p=0,003$ ) explicou 46,5% do total de variância e foi associado positivamente ao oxigênio dissolvido e ao pH. Já o segundo eixo (CCA2,  $F= 0.9209$  e  $p= 0.331$ ) explicou 0,06% da variância total e com exceção da Condutividade todas as variáveis foram correlacionadas positivamente. Além disso, foi possível observar a associação direta da

comunidade presente na região CG ao pH, além disso, foi possível observar também que a comunidade presente na região RG foi correlacionada negativamente com a matéria orgânica.

Figura 12 - Análise de Correspondência Canônica entre os dados bióticos e abióticos das cinco regiões estudadas na bacia hidrográfica da lagoa do Peri, onde: COND= condutividade, TEMP= Temperatura, PROF=Profundidade, MO=Matéria Orgânica, OD=Oxigênio Dissolvido. CG1, CG2 e CG3=Pontos de coleta da região CG; C1, C2 e C3= pontos de coleta da região CT; CL e SL= Pontos de coleta da região MA; N=Ponto de coleta da região Norte; RG1, RG2 e RG3= Pontos de coleta da região RG



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

## DISCUSSÃO

Neste estudo foi possível observar que a estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos variou entre as cinco regiões estudadas. As regiões de riachos, juntamente com as regiões marginais da lagoa, apresentaram maior diversidade quando comparada a região central da lagoa que apresentou uma diversidade mais baixa. Os resultados observados podem ser explicados pela heterogeneidade ambiental encontrada na bacia hidrográfica, como foi descrito anteriormente por Lemes-Silva (2010). As diferenças podem ainda ser em parte explicadas pelas diferenças nos valores de temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na água. As flutuações destas variáveis ao longo do ano são fatores que podem influenciar a abundância e riqueza das espécies de macroinvertebrados aquáticos (ILIOPOULOU-GEORGUDAKI et al., 2003).

A maior abundância e menor riqueza da região central foram explicadas pelas variáveis abióticas que se mostraram relacionadas com essa região, de acordo com a PCA e a CCA, foram profundidade, temperatura e a matéria orgânica estas regiões são mais homogêneas, com abundância elevada de poucas espécies, pois de acordo com Oliveira (2009) existe pouca variação anual de temperatura e de diversidade de cadeias alimentares.

A profundidade afetou significativamente as densidades de macroinvertebrados no estudo de Fulan et al. (2009) e de acordo com Baker e Feltmate (1989), a seleção de microhabitats pelos odonatos é baseada na disponibilidade de alimento e em uma baixa profundidade dos corpos de água, sendo assim o efeito da profundidade sobre as larvas de Odonata pode não ser direto, mas estar relacionado com o substrato onde estão presentes, como as macrófitas. Segundo Mandaville (2002) e Pamplin et al. (2006), frequentemente as regiões mais rasas abrigam comunidades mais diversificadas de invertebrados que as regiões mais profundas.

No riacho Cachoeira Grande observou-se alta abundância e a maior diversidade entre as regiões. O pH e o oxigênio dissolvido foram as variáveis que mais influenciaram na estruturação da comunidade nessa região. Os riachos apresentam uma grande complexidade de habitats devido ao efeito diferencial da velocidade da água e do substrato. Essa região se destacou por apresentar 16 *taxa* encontrados exclusivamente nessa região. A composição e o número de taxa encontrado no riacho Cachoeira Grande foi similar a de outros estudos realizados anteriormente no local como, por exemplo, Schmitt et al. (2016) que fez um levantamento da comunidade de EPT no local.

A região do riacho Ribeirão Grande apresentou a segunda maior riqueza entre as regiões, embora tenha apenas metade do número de taxa do primeiro riacho. Segundo Sbroglia e Beltrame (2012) na região há a criação de suínos e bovinos nas proximidades da área de estudo além de atividade com uso de agrotóxico e outros produtos químicos, desmatamento e queimadas. Por esse motivo era esperado menor riqueza no riacho, associado ao uso do solo na região e de atividades antrópicas nas proximidades.

Era esperada uma maior riqueza na região de margem, por se tratar da região de desembocadura dos riachos e pela presença de macrófitas na região. A diversidade e a riqueza dos grupos que habitam as regiões mais rasas (litorânea e sublitorânea) são frequentemente elevadas, principalmente devido à influência da mata ripária, e a presença de macrófitas aquáticas nas suas margens que pode determinar a maior abundância de microhabitats (MANDAVILLE, 2002).

Os resultados obtidos nos pontos amostrados na região da lagoa, diferiram dos resultados obtidos por Lemes-Silva et al. 2016, que amostrou uma riqueza de táxons muito superior a encontrada nesse estudo. Tal resultado pode ser explicado em parte pela diferença em relação à amostragem, já que o trabalho anterior fez coletas mensais, além de fatores já mencionados como as flutuações das variáveis abióticas.

O oxigênio disponível na água é um importante fator limitante para as comunidades de macroinvertebrados. Gêneros de Coleoptera, principalmente da família Elmidae, foram associados com valores altos de saturação de oxigênio. Connolly et al. (2004) manipularam a saturação de oxigênio de forma experimental em riachos artificiais e observaram altas densidades de Elmidae em saturação que variou de 20 a 35% e acreditam que o resultado é devido a agregação dos indivíduos em corredeiras para compensar tratamentos com baixas concentrações de oxigênio.

A temperatura da água e o oxigênio são de extrema importância para os macroinvertebrados. Cada organismo aquático tem uma faixa preferida de temperatura para se desenvolver e além disso temperaturas muito altas limitam a disponibilidade de oxigênio (CARDOSO; NOVAES, 2013). Estudos anteriores mostraram que a redução da temperatura da água foi diretamente responsável pelas reduções da riqueza e densidade de larvas de Odonata, uma vez que temperaturas mais baixas não são propícias para a reprodução das larvas (CORBET, 1999; FULAN; HENRY, 2006).

Chironomidae foi a família dominante em todas as regiões. Este grupo parece ser menos afetado por mudanças ambientais podendo rapidamente recolonizar o ambiente após períodos

de secas e cheias de grande intensidade (PIRES, 2000). Isto foi demonstrado também em outros estudos que apontaram que este táxon é tanto resiliente como persistente em relação a distúrbios hidrológicos (TOWNSEND et al., 1997; LAKE, 2000; BOIX et al., 2001).

A capacidade de adaptação a diversos ambientes destes organismos, segundo Miller & Golladay (1996) e Lake (2000), é devido às suas características que incluem pequeno tamanho do corpo, ciclo de vida curto, alta capacidade de dispersão do adulto, além de serem generalistas quanto ao tipo de habitat. Segundo DI Giovanni et al. (1996), este táxon, muitas vezes apresenta-se como dominante, tanto em ambientes lânticos ou lóticos devido à tolerância de certas espécies a situações extremas como hipóxia.

Para Bubinas e Jagminiené (2001), determinados gêneros de Chironomidae, podem ser classificados como organismos resistentes à poluição, pois são capazes de colonizar ambientes com baixa concentração de oxigênio. Sendo assim, altas densidades destes gêneros podem evidenciar elevado teor de matéria orgânica no ambiente (MARQUES et al., 1999). A família Chironomidae (Diptera) apresentou ampla distribuição e abundância numérica nas duas metodologias. As três subfamílias: Chironominae, Tanypodinae e Orthocladinae, na maioria dos pontos amostrais constituíam juntas as maiores abundâncias de espécimes coletadas. Estes resultados também foram encontrados por Callisto et al. (2004) ao avaliarem a diversidade de macroinvertebrados bentônicos ao longo de um gradiente longitudinal na Serra do Cipó no Brasil. A maior abundância desta família de Diptera, encontrada na bacia hidrográfica da lagoa do Peri, é semelhante ao observado em outros estudos realizados em diferentes regiões do Brasil (CALLISTO et al., 2004; ABÍLIO et al., 2005; LEMES-SILVA, 2010; TANIWAKI; SMITH, 2011; ROCHA, 2010).

Em relação à aparente relação entre o acumulado de chuvas e a abundância de indivíduos, trata-se de um resultado esperado. A pluviosidade é um dos fatores ambientais que interfere na distribuição dos organismos aquáticos. Esta variável contribui com o aumento da velocidade de correnteza, vazão das águas, processos que provocam a ocorrência do fenômeno de drift que é responsável pelo carreamento dos macroinvertebrados, resultando em um decréscimo na abundância e diversidade da fauna dos locais (OLIVEIRA et al., 1997; KIKUCHI et al., 1998; BUSS et al., 2002).

Tanto o tipo de substrato, como a profundidade e heterogeneidade do habitat, são fatores importantes na distribuição dos organismos, influenciando tanto na distribuição quanto na composição das comunidades locais (HILDREW et al., 2004; HIEBER et al., 2005). Neste estudo, estas variáveis foram importantes para promover uma maior diversificação espacial da

fauna entre as regiões amostradas, assim como, as variáveis abióticas, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água que influenciaram sazonalmente na distribuição e composição da fauna bentônica presente.

## CONCLUSÃO

Existe uma variação espacial na composição e diversidade de macroinvertebrados aquáticos presentes na bacia hidrográfica da lagoa do Peri, onde a maior diversidade de espécies se encontra na região do riacho Cachoeira Grande, devido a maior complexidade de habitat e, a menor diversidade encontra-se na região Central da lagoa que caracteriza-se como uma região mais homogênea, com grande profundidade e alto teor de matéria orgânica. Pode-se dizer que composição e distribuição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos estão relacionadas às características do habitat, tais como: profundidade, teor de matéria orgânica e também pelas variáveis físicas e químicas da água (oxigênio dissolvido, pH e temperatura).

## REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F. J. P., de Melo Rufo, T. L., de Souza, A. H. F. F., da Silva Florentino, H., de Oliveira Junior, E. T., Meireles, B. N., & Santana, A. C. D. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 397-409, 2007.

ABÍLIO, F. J. P.; FONSECA-GESSNER, A. A.; WATANABE, T.; LEITE, R. Fauna de Chironomidae e outros insetos aquáticos de açudes do semi-árido paraibano, Brasil. **Entomol. Vect.** 12 (2): 255-264, 2005.

ALLAN, J. David; CASTILLO, María M. Stream ecology: structure and function of running waters. **Springer Science & Business Media**, 2007.

BAGATINI, Yara Moretto; DELARIVA, Rosilene Luciana; HIGUTI, Janet. Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 1, p. 307-317, 2012.

BAKER, R. L. & FELTMATE, B. W. Depth selection by larval *Ischnura verticalis* (Odonata: Coenagrionidae): effects of temperature and food. **Freshwater Biology**, 22(2): 169-175, 1989.

BEISEL, J. N., Usseglio-Polatera, P., Thomas, S., & Moreteau, J. C.. Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. **Hydrobiologia**, v. 389, n. 1-3, p. 73-88, 1998.

BOIX, D.; SALA, J.; MORENO-AMICH, R. The faunal composition of Espolla pond (NE Iberian peninsula): the neglected biodiversity of temporary waters. **Wetlands** 21: 577-582, 2001.

BUBINAS, Algis; JAGMINIENĖ, Irena. Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. **Acta Zoologica Lituanica**, v. 11, n. 1, p. 90-96, 2001.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F.; SILVEIRA, M. P. The influence of Water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrates assemblages in a river basin in Southeastern Brazil. **Hydrobiologia**, 2002.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita–Lago Batata (Pará, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 335-348, 1995

CALLISTO, M.; GOULART, M.; MEDEIROS, A. O.; MORENO, P.; ROSA, C. . Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. **Braz. J. Biol.**, 64(4): 743-755, 2004.

CARDOSO, R. DOS S.; NOVAES, C. P. Variáveis limnológicas e macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 01, n. 05, pp. 16-35, 2013.

CECCA. Centro de Estudos Cultura e Cidadania. **Uma cidade numa ilha**. Relatório sobre os problemas sócio-ambientais da Ilha de Santa Catarina. 2ª ed. Insular, Florianópolis, Brasil, 1997.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. Primer. **Primer-E, Plymouth**, 2006.

CONNOLLY, N. M., Crossland, M. R. & Pearson, R. G. Effect of low dissolved oxygen on survival, emergence, and drift of tropical stream macroinvertebrates. **Journal of the North American Benthological Society**, 23, 251-270, 2004.

CORBET, P.S. Dragonflies: Behavior and Ecology. New York: Cornell University Press. 829 p, 1999.

DAVIS, A. M.; PEARSON, R. G.; KNEIPP, I. J.; BENSON, L. J.; FERNANDES, L. Spatiotemporal variability and environmental determinants of invertebrate assemblage structure in an Australian dry-tropical river. **Freshwater Science**, v. 34, n. 2, p. 634-647, 2015.

DEAN, W. E. Jr. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. **J. Sed. Petrol.** 44: 242–248, 1974.

DI GIOVANNI, M. V.; GORETTI, E. & TAMANTI, V. Macrobenthos in Montedoglio Reservoir, central Italy. **Hydrobiologia** 321:17-28, 1996.

ESTEVEZ, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. In: Fundamentos de limnologia. Interciência/Finep, 1988.

FULAN, J. A.; HENRY, R. The Odonata(Insecta) assemblage on Eichhornia azurea(Sw.) Kunth(Pontederiaceae) stands in Camargo Lake, a lateral lake on the Paranapanema River(state of Sao Paulo, Brazil), after an extreme inundation episode. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 4, p. 423-431, 2006.

FULAN, J.A., DAVANSO, R.C.S. & HENRY, R. A variação nictemeral das variáveis físicas e químicas da água influencia a abundância dos macroinvertebrados aquáticos? **Revista Brasileira de Biociências**, 7(2):150-154, 2009.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F. A. R. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 3, n. 4, p. 545-552, 2000.

HAMADA, N.; Nessimian, J. L. & Querino, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia Brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus, INPA. 724p. 2014.

HEINO, J. Biodiversity of aquatic insects: spatial gradients and environmental correlates of assemblage-level measures at large scales. **Freshwater Reviews** 2(1):1-29, 2009.

HIEBER, Maeggi et al. A comparison of benthic macroinvertebrate assemblages among different types of alpine streams. **Freshwater Biology**, v. 50, n. 12, p. 2087-2100, 2005.

HILDREW, Alan G. et al. Strong density dependence in a predatory insect: large-scale experiments in a stream. **Journal of Animal Ecology**, v. 73, n. 3, p. 448-458, 2004.

ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J. et al. An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). **Ecological indicators**, v. 2, n. 4, p. 345-360, 2003.

KIKUCHI, R. M. et al. **Ecologia de insetos aquáticos**. Ecologia de insetos aquáticos, v. 5, 1998.

KJERFVE, Björn. Coastal lagoons. In: Elsevier oceanography series. **Elsevier**, 1994.

LAKE P.S. Disturbance, patchiness, and diversity in streams. **Journal of the North American Benthological Society**, 19, 573–592, 2000.

LAPOLLI, Edis Mafra; MOREIRA, Jose Carlos; ZARDO, Soraia Marinon. **Carta dos elementos do meio ambiente: parque da Lagoa do Peri**. In: Carta dos elementos do meio ambiente: Parque da Lagoa do Peri. LARS, 1990.

MANDAVILLE, S. M. Benthic macroinvertebrates in freshwaters: taxa tolerance values, metrics, and protocols. Nova Scotia: **Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax**, 2002.

MARQUES, M.G.M., R.L. Ferreira e F.A.R. Barbosa. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das Lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. **Revista Brasileira de Biologia** 59:203-210, 1999.

MEDINA-GÓMEZ, Israel; HERRERA-SILVEIRA, Jorge A. Primary production dynamics in a pristine groundwater influenced coastal lagoon of the Yucatan Peninsula. **Continental Shelf Research**, v. 26, n. 8, p. 971-986, 2006.

MILLER, A. Maria; GOLLADAY, Stephen W. Effects of spates and drying on macroinvertebrate assemblages of an intermittent and a perennial prairie stream. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 15, n. 4, p. 670-689, 1996.

MOLOZZI, Joseline et al. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. **Iheringia Sér. Zool**, v. 101, p. 191-199, 2011.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados Aquáticos do estado do Rio de Janeiro**: Technical Books, 176 p. 2010.

OLIVEIRA, Augusto; CALLISTO, Marcos. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 100, n. 4, p. 291-300, 2010.

OLIVEIRA, L.G.; BISPO, P.C. & SÁ, N.C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do Parque Ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 14(4): 867-876, 1997.

OLIVEIRA, Paula Caroline dos Reis. **Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água e do sedimento das bacias hidrográficas dos Rios Lavapés, Capivara, Araquá e Pardo, Município de Botucatu (SP) e região**. 2009. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. 2009.

PAMPLIN, P. A. Z.; ALMEIDA, T. C. M.; ROCHA, O. Composition and distribution of benthic macroinvertebrates in Americana Reservoir(SP, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 2, p. 121-132, 2006.

PENTEADO, Adriana Nunes et al. **Subsídios para o plano de manejo do Parque Municipal da Lagoa do Peri-Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC**. 2002. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2002.

PIRES, A. M.; COWX, I. G.; COELHO, M. M. Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). **Hydrobiologia**. 435: 167–175, 2000.

ROCHA, Lucas Gomes. **Variação temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um riacho intermitente do semiárido brasileiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

SBROGLIA, Regiane Mara; DA VEIGA BELTRAME, Ângela. O zoneamento, conflitos e recategorização do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis/SC. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 5-18, 2012.

RODRIGUES, Aline Sueli de Lima; MALAFAIA, Guilherme; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v. 5, n. 1, p. 26-42, 2010.

SCHMITT, R., Siegloch, A. E., da Silva, A. L. L., Lisboa, L. K., & Petrucio, M. M. Temporal variation in the Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera community in response to environmental drivers in a subtropical stream. **Journal of Insect Biodiversity**, v. 4, n. 19, p. 1-12, 2016.

LEMES-SILVA, Aurea Luiza et al. **Diversidade e variação espaço-temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa costeira subtropical no sul do Brasil**. 2010. Dissertação de mestrado. 2010.

LEMES DA SILVA, AUREA LUIZA ; DA ROSA PIRES, JÉSSICA ; PAGLIOSA, PAULO R. ; PETRUCIO, MAURICIO M. . Distribution of aquatic macroinvertebrate assemblages in a subtropical coastal lake: Response to environmental parameters. **Fundamental and Applied Limnology** , v. 188, p. 113-127, 2016.

LISBOA, L.K. **Estrutura e Composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC**. Universidade de Santa Catarina. 2009. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina. 43p, 2009.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 2004.

TANIWAKI , Ricardo Hideo; SMITH, Welber Senteio. Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil. **Journal Health Science Institute** v.29, n.1, p.7-10, 2011.

TATE, C. M.; HEINY, J. S. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. **Freshwater Biology**, v. 33, n. 3, p. 439-454, 1995.

TEIVE, Leticia Frozza; LISBOA, Leonardo Kleba; PETRUCIO, Maurício Mello. Uma revisão da disponibilidade de dados ecológicos visando o direcionamento de novas pesquisas na Lagoa do Peri. **Biotemas**, v. 21, n. 2, p. 133-143, 2008.

TONETTA, Denise. **Produção primária e respiração pelágica em um lago costeiro subtropical (Lagoa do Peri, Brasil): variações vertical, temporal e suas relações com a comunidade fitoplanctônica.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 84 p, 2012.

TOWNSEND, C. R., M. R. SCARSBROOK, AND S. DOLE'DEC. Quantifying disturbance in streams: alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness. **J. N. Am. Benthol. Soc.** 16:531– 544, 1997.

## **CAPÍTULO 2**

### **O EFEITO DE TÁXONS RAROS NA DIVERSIDADE DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DO PERI.**

**Tuane Ribeiro Teixeira, Aurea Luiza Lemes da Silva & Mauricio Mello  
Petruccio**

#### **RESUMO**

A forma mais comum de se medir diversidade de determinado lugar é usar a riqueza de espécies, que consiste no levantamento do número de espécies que temos numa determinada comunidade ou área de interesse. Neste estudo avaliou-se a eficiência de 7 estimadores não paramétricos com o objetivo de determinar se a riqueza observada na bacia hidrográfica da lagoa do Peri é semelhante a riqueza esperada pelos estimadores e qual é o papel das espécies raras no número de espécies estimadas. Para isso, durante o período de junho de 2015 a abril de 2016, foram coletados, 5683 indivíduos em 5 regiões de estudo amostradas na da bacia hidrográfica da lagoa do Peri, distribuídos em 10 classes e 35 táxons. Destes, 22 foram consideradas espécies raras e 13 foram consideradas espécies comuns por apresentarem pelo menos 10 indivíduos. A comparação das cinco áreas mostrou uma diferença significativa entre as mesmas, sendo a região CG e a região Central as que mais diferem entre si. De modo geral os sete estimadores apresentaram valores próximos das riquezas encontradas na bacia hidrográfica, destacando-se o estimador Chao 2 que estimou os maiores valores, sugerindo que ainda seria necessário um número maior de amostras para se atingir o valor de riqueza real que a deve ser encontrado na bacia hidrográfica.

## INTRODUÇÃO

A forma mais utilizada para se medir diversidade é através de dados de riqueza de espécies, que consiste no número de espécies em uma determinada comunidade (WILSEY et al., 2005; MELO, 2008). Apesar de ser a forma mais popular e de mais fácil interpretação, sabe-se que, é muito difícil ou mesmo impossível, contabilizar todas as espécies numa determinada comunidade ou área. Além disto, as comunidades não são unidades fechadas, há fluxo de entrada e saída de migrantes. Dessa forma, mesmo após anos de estudos intensivos, alguns levantamentos revelam ainda a existência de espécies não encontradas anteriormente (LONGINO et al., 2002; MELO, 2004).

Dados de riqueza taxonômica, são uma métrica muito utilizada em estudos de biodiversidade, sendo considerada uma importante ferramenta para gestão de áreas protegidas (WILSEY et al., 2005; MELO, 2008). Uma das formas de estimar a riqueza de espécies é através da curva de acumulação de espécies, onde o número de espécies observadas é uma função do esforço amostral, medido geralmente em número ou densidade de indivíduos (MAGURRAN, 2011). As curvas de acumulação de espécies são consideradas um excelente procedimento para avaliar o quanto um inventário realizado se aproxima verdadeiramente de capturar todas as espécies de determinado local, e têm sido utilizadas por pesquisadores para realizar comparações quantitativas entre conjuntos de espécies (COLWELL; CODDINGTON, 1994; GOTELLI; COLWELL, 2001). Quando a curva de acúmulo de espécies atinge uma assíntota é porque, virtualmente, todas as espécies de uma área já foram coletadas (COLWELL; CODDINGTON, 1994; SANTOS, 2003).

Devido as dificuldades de mensurar todas as espécies presentes em uma determinada área, foram desenvolvidos estimadores não paramétricos, que são assim denominados por não serem baseados no parâmetro de um modelo de abundância de espécies previamente ajustado aos dados (SANTOS, 2003; MAGURRAN, 2011). Tais estimadores fornecem estimativas da riqueza de espécies de uma área mesmo possuindo poucas amostras, e, por não obedecerem a uma distribuição normal, são apontados como a solução mais indicada nos casos de dados onde existam diferentes distribuições de abundâncias (SANTOS, 2003; ERNESTO 2013).

Segundo Magurran (2011), os estimadores não paramétricos são intuitivamente fáceis de compreender e usar, e sua acessibilidade se tornou ainda maior devido ao programa EstimateS©, criado por Colwell (1997). Este programa calcula diversos índices de diversidade,

além de diversos estimadores de riqueza de espécies (nove no total) levando em consideração dados de abundância e incidência (ERNESTO, 2013).

Os índices de diversidade utilizam e combinam dois atributos de uma comunidade: riqueza de espécies e equabilidade (MARTINS; SANTOS, 1999; MELO, 2008). Alguns índices baseiam-se na riqueza das espécies raras compartilhadas entre grupos de amostras e utilizam-se de quatro variáveis: *singletons*, ou as espécies com somente um indivíduo, *doubletons*, ou as espécies com somente dois indivíduos, *uniques* ou as espécies que ocorrem em somente uma amostra e *duplicates*, ou as espécies que ocorrem em somente duas amostras (COLWELL, 2013).

Estimar o número de novas espécies a serem detectadas para um determinado esforço amostral, pode levar a um planejamento eficiente de protocolos de amostragem (COLWELL; CODDINGTON, 1994; MORENO; HALFFTER, 2000). A impossibilidade de medir toda a riqueza de um local torna necessário o uso de estimadores de riqueza para preencher as lacunas deixadas por inventários incompletos (WALTHER; MORAND, 1998). Dentre as formas de se obter estimativas da riqueza, os estimadores não paramétricos são amplamente utilizados (GOTELLI; COLWELL, 2010). A hipótese deste trabalho é que a riqueza observada na bacia hidrográfica da lagoa do Peri seja menor do que a esperada pelos estimadores, uma vez que coletas com número amostral reduzido podem comprometer o resultado não representando a diversidade real de determinado local.

## 1.8 OBJETIVOS

### 1.8.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é determinar se a riqueza observada na bacia hidrográfica da lagoa do Peri é semelhante a riqueza esperada pelos estimadores e o quanto o número de espécies raras pode influenciar na riqueza de espécies de determinada área.

### 1.8.2 Objetivos específicos

- Determinar o número de espécies raras e abundantes na bacia hidrográfica da lagoa do Peri.

- Determinar o número de espécies através de estimadores de riqueza para as regiões da bacia hidrográfica.
- Avaliar se o número de espécies raras influencia na riqueza de determinada para a área.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **1.9 ÁREA DE ESTUDO**

A bacia hidrográfica da lagoa do Peri está situada na região sul da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas 27°43'S e 48°32'W (PENTEADO, 2002) e abrange uma área total de 20,3Km<sup>2</sup>, sendo que, destes, 5,2Km<sup>2</sup> correspondem ao espelho d'água. A lagoa do Peri tem como principais tributários os riachos Ribeirão Grande e Cachoeira Grande, que juntos drenam uma área total de 8,64km<sup>2</sup>, representando mais de 50% da área da bacia, não incluindo o corpo lacunar, podendo ocorrer ainda alguns córregos temporários durante períodos prolongados de chuva (TEIVE, 2008).

A lagoa do Peri é uma lagoa costeira subtropical rodeada por montanhas cobertas por vegetação de Mata Atlântica bem preservada nas porções sul, oeste e partes do norte e; na porção leste, a lagoa é rodeada por uma faixa de restinga típica de vegetação litorânea, a qual mantém separado do oceano Atlântico (LEMES-SILVA, 2010). A lagoa e seu entorno estão dentro de uma área ambientalmente protegida, o Parque Municipal da Lagoa do Peri, com uma ocupação humana restrita desde 1981, regulamentado pela Lei Municipal 1.828/81, decretado pela Lei nº 091/82, com o intuito de preservar a natureza e de conciliar a proteção do ecossistema com práticas educacionais, científicas e recreativas, sendo proibida qualquer atividade de exploração dos recursos naturais (LEMES-SILVA, 2010).

### **1.10 AMOSTRAGEM**

Durante o período de junho de 2015 a abril de 2016, os macroinvertebrados aquáticos foram coletados bimestralmente em cinco diferentes regiões dentro da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri, sendo CG e RG, os riachos Cachoeira Grande e Ribeirão Grande e CT (região Central), MA (margens) e N (região norte) as regiões amostradas dentro da lagoa do Peri.

Devido às diferenças de profundidade nas regiões amostradas, diferentes amostradores foram utilizados. Para as coletas na lagoa e no riacho Ribeirão Grande foi utilizado uma draga de *Ekman-Birge*, e no riacho Cachoeira Grande foi utilizado um amostrador tipo Surber 30 x 30 cm.

Foram selecionados 12 pontos de coletas ao longo da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri: seis pontos foram amostrados nos tributários, sendo três pontos para cada tributário e 6 pontos na lagoa.

Em cada ponto selecionado foram coletadas 3 amostras de sedimentos para análise da comunidade de macroinvertebrados e análise do teor de matéria orgânica, totalizando 216 amostras (12 pontos x 3 réplicas x 6 coletas/ano).

## 1.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A riqueza de taxons e a similaridade entre os habitats foram calculados usando o número total de táxons presentes nas cinco áreas e também o número de táxons presentes em cada área isoladamente. Com base nos estudos de Colwell (2013) & Barbosa et al (2002) foram adotados os seguintes termos: *Singleton* = espécies com um único indivíduo; *Doubleton* = espécies com dois indivíduos; espécies “raras” = espécies com abundância de 1 - 9 indivíduos; espécies “comuns” = espécies com abundância acima de 10 indivíduos.

Para medir a riqueza de espécies, considerando-se a abundância por espécies nas áreas estudadas, curvas média de acumulação e rarefação foram construídas (HURLBERT, 1971; SIMBERLOFF, 1972). Para estimar a riqueza de espécies em cada região estudada, foram utilizados sete estimadores não paramétricos de riqueza de espécies: *Jackknife1*, *Jackknife2*, *Bootstrap*, *Chao1*, *Chao2*, *ACE* e *ICE*, utilizando o software EstimateS© 9.1.0 (COLWELL, 2013).

O estimador de riqueza de Jackknife 1ª ordem é uma função do número de espécies Uniques. Quanto maior o número de espécies que ocorrem em somente uma amostra, entre todas as amostras tomadas na comunidade estudada, maior será o valor da estimativa para o número total de espécies presentes nessa comunidade. A fórmula para *Jackknife* de primeira ordem:  $Jack1 = Sobs + L(n-1/n)$ , onde Sobs é o número de espécies observado nas amostras, L é o número de espécies representadas em somente uma amostra e n é o número de amostras (BURNHAM; OVERTON, 1979). O estimador de riqueza Jackknife 2ª ordem é uma função do número de espécies Uniques, bem como do número de espécies Duplicates (COLWELL;

CODDINGTON, 1994) e segue a seguinte fórmula:  $Jack\ 2 = Sobs + [L(2n-3)/n - M(n-2)^2/n(n-1)]$ , onde *Sobs* é o número de espécies observado nas amostras, *M* = número de espécies que ocorrem em exatamente duas amostras, *L* é o número de espécies representadas em somente uma amostra e *n* é o número de amostras.

Os estimadores Chao1 e Chao2 são estimadores simples do número absoluto de espécies em uma assembleia e são baseados no número de espécies raras (MAGURRAN, 2011). O estimador *Chao1* é baseado na abundância e utiliza a relação entre o número de *Singletons* e *Doubletons* (COLWELL, 2013). A fórmula para *Chao 1* é:  $Chao\ 1 = Sobs + (a^2/2b)$ , onde *Sobs* é o número de espécies observado nas amostras, *a* é o número de espécies representadas por apenas um espécime (*Singletons*), e *b* é o número de espécies representado por exatamente dois espécimes (*doubletons*). Já  $Chao\ 2 = Sobs + (L^2/2M)$ , onde *Sobs* é o número de espécies observado nas amostras, *L* é o número de espécies representadas em somente uma amostra, e *M* é o número de espécies representado em somente duas amostras.

O estimador ACE (Abundance-based Coverage Estimator) (LEE; CHAO, 1994) é baseado no conceito de abundância e utiliza para as estimativas de riqueza espécies com dez ou menos indivíduos por amostra, que não são *singletons*. O estimador *ICE* é baseado em incidência, utilizando espécies encontradas em 10 ou menos amostras que não são *uniques* (LEE; CHAO, 1994). Estimadores de cobertura, desenvolvidos por CHAO e LEE (1992) e revisados por Cowell e Coddington (1994), baseiam-se no reconhecimento de que espécies amplamente difundidas ou abundantes têm grande probabilidade de serem incluídas em qualquer amostra, e assim contêm pouca informação sobre o tamanho total da comunidade (CHAO et al., 2000). O estimador Bootstrap (SMITH; VAN BELLE, 1984) difere dos demais estimadores não paramétricos, por utilizar dados de todas as espécies coletadas para estimar a riqueza total, não se restringindo às espécies raras (SANTOS, 2003). Sua fórmula é:  $S_{boot} = Sobs + \sum (1-p_k)^m$ , em que: *Sobs* = número total de espécies observadas em todas as amostras agrupadas,  $p_k$  = proporção de amostras que contém a espécie *k*, *m* = número total de amostras.

Os índices de diversidade de espécies foram calculados pela função de Shannon-Wiener:  $H' = -\sum (f_i) \log (f_i)$ , onde *f<sub>i</sub>* é a proporção dos indivíduos pertencentes a *n*-ésima espécie e *ln* é o logaritmo neperiano (PIELOU, 1975). Para a medida de similaridade entre as áreas estudadas, no que diz respeito à composição de espécies, calculou-se o Índice de similaridade de Jaccard:  $S.J = a/a+b=c$ , onde *a* = Número de espécies que ocorrem nas amostras de A e B; *b* = Número de espécies que ocorrem na amostra de B e não em A e *c* = Número de espécies que ocorrem em A e não em B. Essa análise é baseada na presença/ausência das espécies.

Para verificar se existe diferenças estatísticas entre a abundância das espécies nas três áreas amostradas usou-se a Análise de Variância One way (ZAR, 1984).

A curva de rarefação foi feita no programa R utilizando o pacote iNEXT (HSIEH, 2016). Os índices de similaridade foram calculados no programa PAST e EstimateS (COLWELL, 2013).

Os resultados desse trabalho estão apresentados de duas formas, a primeira leva em consideração cada região da lagoa, logo os estimadores foram calculados para cada região utilizando os dados de comunidade de cada ambiente, também foram calculados estimadores para a bacia hidrográfica como um todo (dados parciais), os dados utilizados foram o somatório das comunidades das cinco regiões (dados totais).

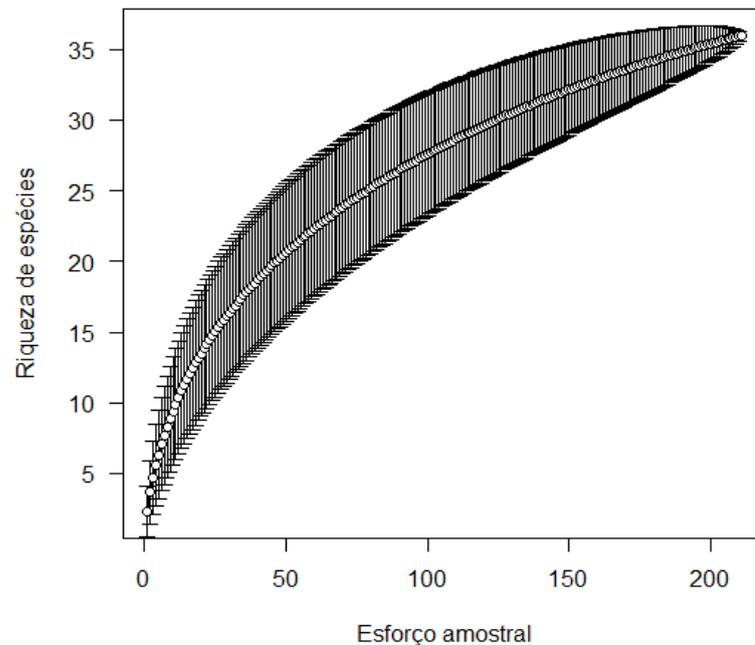
## RESULTADOS

Foram coletados 5683 indivíduos nas 5 regiões de estudo amostradas na bacia hidrográfica da lagoa do Peri, distribuídos em 10 classes e 35 táxons. Os táxons mais abundantes (abundância maior que 100 indivíduos) foram Chironominae (64,83%), Tanypodinae (17,47%), Oligochaeta (4,25%), Elmidae (3,51%), Hidracarina (2,34%) e Helycopschidae (1,79%), totalizando 94,19% dos indivíduos amostrados.

Na região Central foram identificados 5 táxons, sendo a subfamília Tanypodinae a mais abundante, com cerca de 75,57% do total de indivíduos coletados. Na região do CG foram identificados 31 táxons, dos quais os mais abundantes foram a subfamília Chironominae e Oligochaeta com 22,42% e 18,90% respectivamente. Na região Margem foram identificados 10 táxons sendo o mais abundante a subfamília Chironominae representando 85,29% dos indivíduos coletados e na região Norte foram identificados 8 táxons, sendo a subfamília Chironominae com 87,52% dos indivíduos coletados. A região RG apresentou 14 táxons com a subfamília Chironominae (68,18% dos indivíduos) sendo as mais abundantes.

Do total de grupos taxonômicos encontrados durante este estudo, nove tiveram apenas um único indivíduo coletado (*Singletons*) e três tiveram dois indivíduos (*Doubletons*). A região do CG foi a que apresentou o maior número de *Singletons* (11) e *Doubletons* (4) (Tabela1). Através da curva de acumulação das espécies, é possível observar que o número de indivíduos amostrados, durante o período de estudo não alcançou a estabilização (Figura 1).

Figura 1 - Curva de acumulação de taxa da bacia hidrográfica da lagoa do Peri levando em consideração as cinco regiões estudadas



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

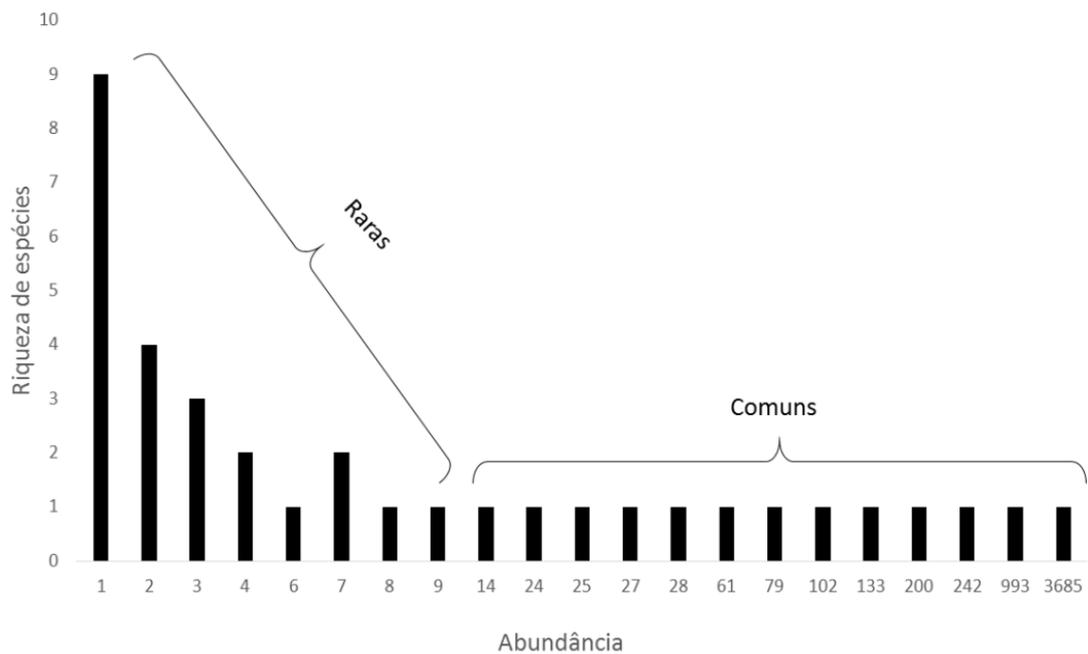
Tabela 1 - Estimativas, número e percentual de espécies (singletons, doubletons, raras e comuns) encontradas nas diferentes regiões amostradas

<b>Espécies</b>	<b>Central</b>	<b>CG</b>	<b>Margem</b>	<b>Norte</b>	<b>RG</b>	<b>Total</b>
Totais	5	31	10	8	14	35
"Singletons"	0 (0%)	11 (35,48%)	3 (30%)	2 (25%)	7 (50%)	9 (25,71%)
Doubletons	1 (20%)	4 (12,90%)	1 (10%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (8,57%)
Raras	2 (40%)	21 (67,74%)	8 (80%)	4 (50%)	9 (64,28%)	22 (62,85%)
Comuns	3 (60%)	10 (32,26%)	2 (20%)	4 (50%)	5 (35,72%)	13 (37,15%)
Shannon-Wiener	3,743	2,304	2,960	2,400	3,187	3,697
<b>Estimativas</b>						
Chao 1	4,46 ± (0,70)	31,96 ± (12,10)	8,73 ± (2,57)	7,29 ± (1,76)	19,07 ± (8,52)	36,88 ± (9,47)
Chao 2	4,47 ± (0,68)	32,80 ± (10,45)	9,81 ± (3,09)	8,04 ± (1,89)	18,93 ± (8,21)	38,18 ± (8,43)
Jackknife 1	4,99 ± (0,72)	30,82 ± (11,15)	10,12 ± (3,20)	8,04 ± (1,97)	14,00 ± (4,44)	33,57 ± (9,54)
Jackknife 2	4,86 ± (1,08)	36,73 ± (13,13)	11,96 ± (4,03)	8,72 ± (2,74)	17,14 ± (6,31)	38,27 ± (10,12)
ACE	4,81 ± (0,70)	36,54 ± (12,55)	10,66 ± (2,52)	8,01 ± (2,09)	20,31 ± (7,73)	34,21 ± (8,97)
ICE	5,16 ± (0,71)	40,76 ± (12,20)	13,49 ± (3,76)	8,88 ± (1,66)	17,58 ± (5,71)	36,91 ± (8,51)
Bootstrap	4,68 ± (0,73)	25,17 ± (9,27)	8,38 ± (2,63)	7,14 ± (1,73)	11,59 ± (3,45)	28,67 ± (8,53)

Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Com relação à distribuição da abundância dos táxons, a principal característica observada foi que 62,85% das espécies são raras (menos de 10 indivíduos amostrados) e apenas 37,15% apresentam abundância maior que 10 indivíduos amostrados e foram consideradas espécies comuns (Figura 2).

Figura 2 - Demonstrativo de riqueza e abundância das espécies raras e comuns



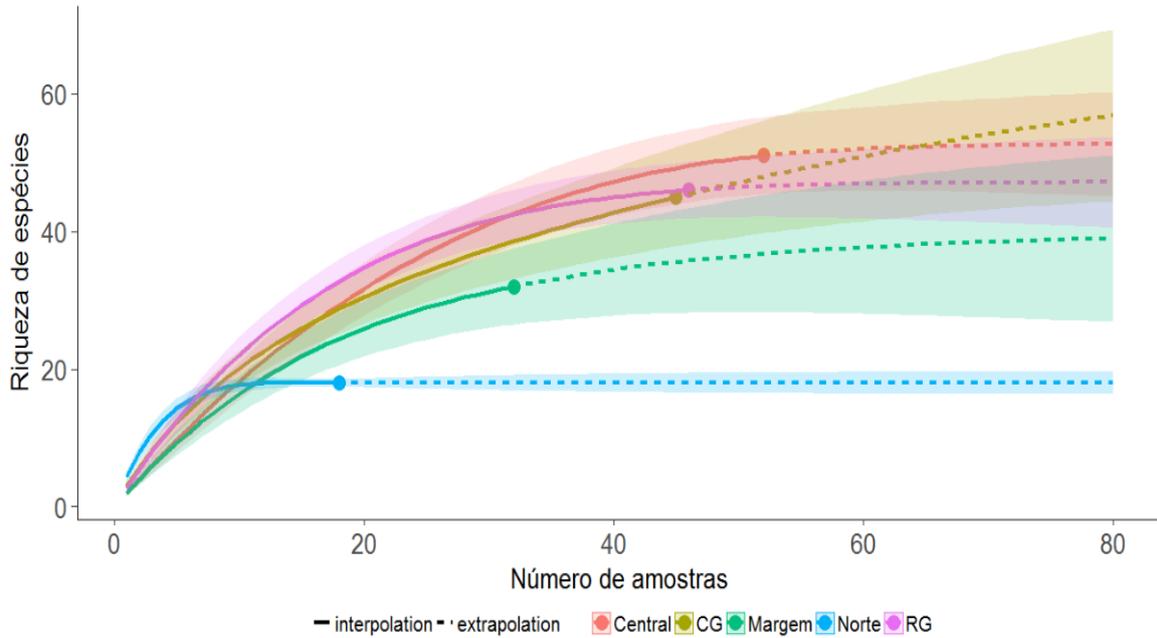
Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

O resultado da análise de variância indicou diferença significativa ( $p < 0,005$ ) na abundância dos táxons identificados entre as 5 regiões.

Através da curva de acumulação de espécies, gerada com os dados de riqueza de cada região, foi possível observar que, apenas na região norte a curva se estabilizou (Figura 3). Houve variação no percentual de espécies de acordo com as áreas amostradas. Registrou-se uma variação entre 0-50% para as espécies *Singletons*, entre 0-20% para as *Doubletons*, entre 40-80% para as raras e entre 20-60% para as espécies comuns, o que contribuiu para a diferença observada no padrão total (Tabela 1).

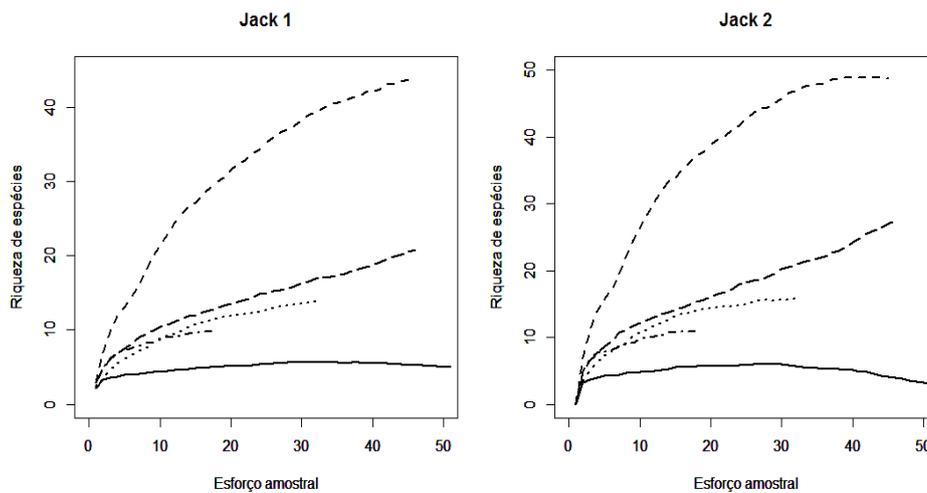
As regiões Central e Norte apresentaram a maior porcentagem de espécies comuns, enquanto o ponto Margem apresentou a menor porcentagem de espécies comuns. Os pontos CG e Margem apresentaram as maiores porcentagens de espécies raras.

Figura 3 - Curva da acumulação de espécies comparando a riqueza taxonômica encontrada nas cinco regiões da bacia hidrográfica da lagoa do Peri



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

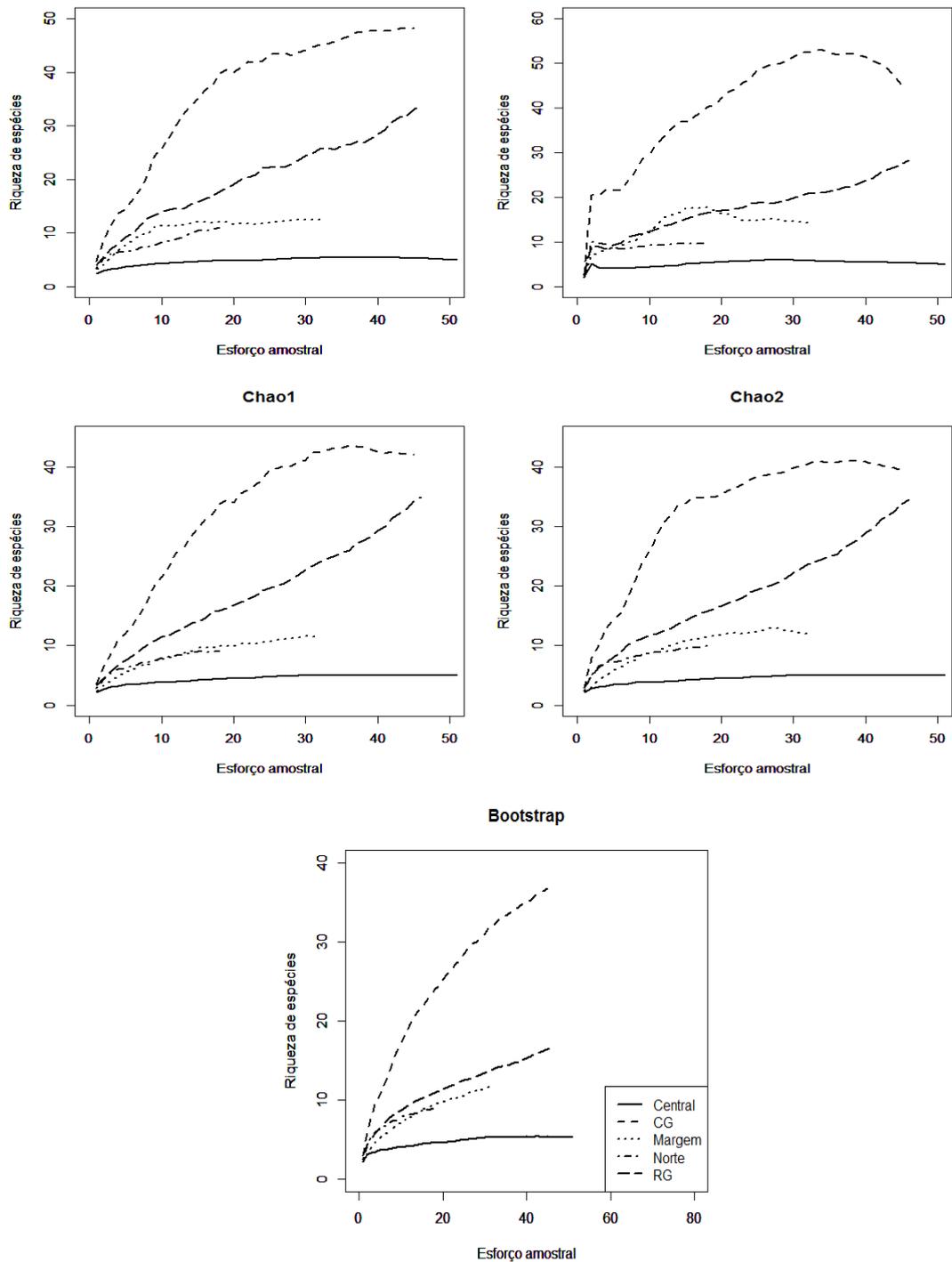
Figura 4 - Estimativas de riqueza de espécies das cinco regiões de acordo com os índices Jacknife 1, Jacknife 2



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Os métodos de *Jacknife 2* e *Chao 2* apresentaram as maiores estimativas enquanto o *Bootstrap* e o *Ace* as menores. As curvas da acumulação de espécies de acordo com os estimadores foram mais elevadas nas regiões CG e RG (Figuras 4 e 5).

Figura 5 - Estimativas de riqueza de espécies das cinco regiões de acordo com os índices Ace, Ice, Chao1 e Chao 2 e Bootstrap

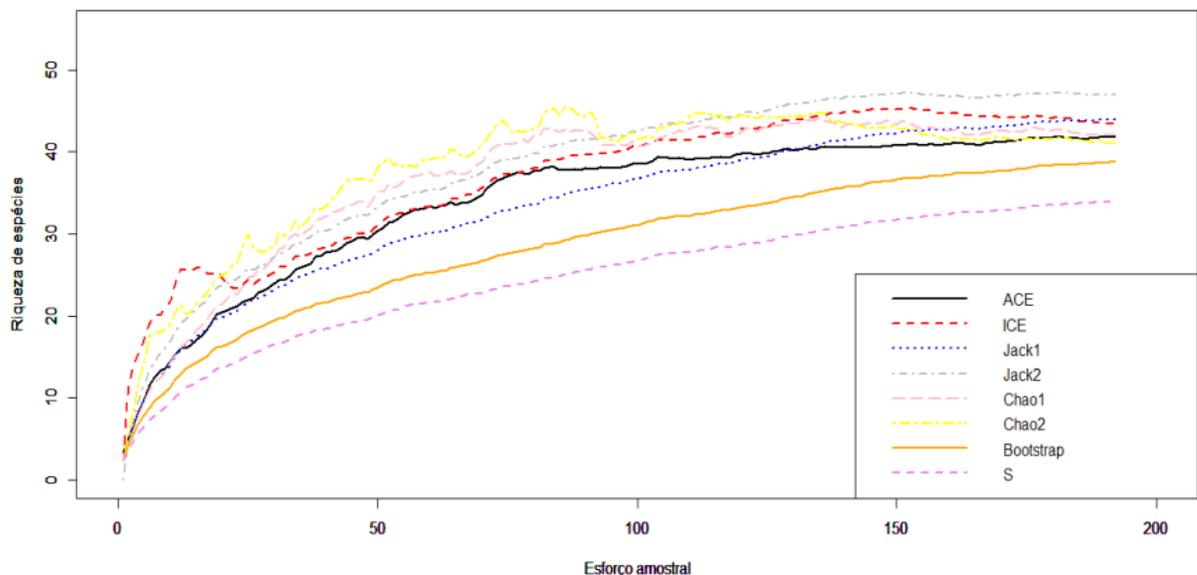


Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Na região Central as estimativas de riqueza variaram de 4,46 (*Chao1*) a 5,16 (*ICE*), no ponto CG de 25,17 (*Bootstrap*) a 40,73 espécies (*ICE*), no ponto Margem de 8,38 (*Bootstrap*) a 13,49 (*ICE*), no ponto Norte de 7,14 (*Bootstrap*) a 8,88 (*ICE*) e no ponto RG de 11,59 (*Bootstrap*) a 20,32 (*ACE*).

Levando-se em consideração o esforço amostral das cinco regiões e tendo como base a riqueza e abundância total Chao 2 e Jacknife 2 apresentaram as maiores estimativas e Bootstrap e Jacknife 1 as menores. As estimativas variaram de 28,67 (*Bootstrap*) a 38,27 (*jacknife 2*) (Figura 6). O índice de diversidade  $H' = 3,743$ , obtido para o ponto Central foi o maior encontrado enquanto menor foi o do ponto CG  $H' = 2,304$ .

Figura 1: Estimativas de riqueza utilizando os dados totais das cinco regiões



Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Não houve sobreposição total de espécies em nenhuma das regiões. Quatro das cinco espécies amostradas no ponto Central foram encontradas no ponto Norte, proporcionando o maior índice de similaridade de Jaccard entre as regiões (I.S. = 0,44) já o menor foi encontrado entre os pontos CG e Central (I.S= 0,125) (Tabela 2).

Tabela 2 - Índice de similaridade de Jaccard para as cinco regiões amostradas

	<b>RG</b>	<b>Central</b>	<b>Margem</b>	<b>Norte</b>	<b>CG</b>
RG	1	0,187	0,411	0,294	0,323
Central	0,187	1	0,363	0,444	0,125
Margem	0,411	0,363	1	0,285	0,281
Norte	0,294	0,444	0,285	1	0,218
CG	0,323	0,125	0,281	0,218	1

Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

A análise quantitativa da distância euclidiana agrupou com maior similaridade as espécies que ocuparam os pontos Norte e Central (I.S= 0,86), a menor foi também entre os pontos central e CG (I.S=0,08) (Tabela3).

Tabela 3 - Índice de similaridade de distância Euclidiana

	<b>RG</b>	<b>Central</b>	<b>Margem</b>	<b>Norte</b>	<b>CG</b>
RG	1	0,596	0,517	0,518	0,180
Central	0,596	1	0,300	0,314	0,080
Margem	0,517	0,300	1	0,867	0,317
Norte	0,518	0,314	0,867	1	0,218
CG	0,180	0,080	0,317	0,218	1

Fonte: Dados elaborados pela autora deste trabalho (2019)

Dos 35 táxons, 16 (45,71%) foram coletados exclusivamente na região CG e 2 (5,71%) na região RG. De suas 14 espécies, a região RG apresenta 11 (78,57%) em comum com a região CG, 7 (50%) com a região Margem e 5 (35,71%) com a região Norte. De suas 5 espécies, a região Central possui 4 (80%) em comum com as regiões CG, Margem e Norte.

## DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que todos os estimadores de riqueza utilizados neste estudo apresentaram resultados diferentes variando com relação as suas estimativas. Este fato provavelmente deve-se ao tamanho reduzido das amostras. A riqueza e diversidade de espécies encontrada pode ser considerada baixa, visto que a curva de acumulação de espécies não alcançou a assíntota. De acordo com Keating e Quinn (1998), a riqueza total das espécies presente em uma área, é totalmente amostrada quando a curva de acumulação do número de espécies observadas atinge a estabilização. Tal fato pode ser alcançado quando se aumenta o tamanho da amostragem. Porém Longino et al. (2002) apontam que quando as comunidades de insetos possuem alto número de espécies raras, por exemplo, metade de proporção das espécies coletadas, as curvas podem alcançar um platô. Portanto é possível que um maior tempo de amostragem (mensal, por exemplo) levasse ao encontro de um maior número de espécies (DIAS, 2004).

Neste estudo todos os estimadores alcançaram a assíntota quando observamos a bacia hidrográfica na sua totalidade. O desempenho observado nas curvas da região CG (elevado aumento do número de espécies nas primeiras amostras) ocorre devido ao grande número de espécies raras nas amostras (espécies *singletons*, *doubletons*, *uniques* e *duplicates*), as quais são bastante importantes nos cálculos dos estimadores não paramétricos de riqueza (COLWELL; CODDINGTON 1994; QUEIROZ DA COSTA et al, 2009). Esses resultados apontam para um acréscimo maior no número de espécies nesse ambiente à medida que novos esforços amostrais sejam realizados, uma vez que eles sugerem qual seria a riqueza esperada para uma determinada amostra com o intervalo de confiança. Os estimadores se tornam mais precisos com o aumento do número de coletas (COLWELL, 2004).

Quando analisado o percentual das espécies raras e comuns, é possível observar que as regiões RG, Margem e CG apresentaram o mesmo padrão, isto é, as espécies raras foram predominantes. Este resultado confirma os padrões encontrados em estudos da composição de comunidades de macroinvertebrados, onde o número de táxons representados por um único indivíduo é predominantemente alto, e os taxons representados por dois indivíduos é predominantemente baixo, assim como os taxons representados por mais de 20 indivíduos (BASSET; KITCHING, 1991; MAWDSLEY, 1994; NOVOTON; BASSET, 2000; BARBOSA et al., 2002).

A região central apresentou uma porcentagem maior de espécies comuns, enquanto na região Norte a porcentagem de espécies raras e comuns foi igual, resultados semelhantes aos encontrados por Lemes da Silva (2010) o que pode ser justificado pelo fato dessas regiões

apresentarem sedimento homogêneo com ausência de vegetação e grande profundidade, fatores que dificultam o desenvolvimento de determinadas espécies (ROSEMARY et al., 2006).

A riqueza pode ser calculada de diversas formas para um mesmo conjunto de dados, podendo ter métodos que se ajustem melhor do que outros (MAGURRAN, 2011; CARVALHO, 1997). Assim, um bom estimador deve chegar a uma assíntota com menos amostras do que as requeridas pela curva de acumulação de espécies para chegar a este mesmo ponto Toti et al. (2000). Neste estudo, o estimador que atingiu primeiramente o número da riqueza observada nas coletas de espécies nas duas áreas foi o Chao2, estabilizando a curva de acumulação de espécies a partir de um menor número de unidades amostrais.

As estimativas, de modo geral, refletiram a riqueza taxonômica encontrada nas áreas. Foi observado que os dados de estimativa de riqueza de espécies para a bacia hidrográfica com um todo, mostram que as curvas geradas pelos estimadores tendem a uma assíntota. Segundo Colwell e Coddington (1994), se o estimador atingir um platô estável, ainda que a curva seja ascendente devido às últimas coletas, o levantamento pode ter sido adequado e, com o aumento de coletas geralmente os estimadores tornam-se mais precisos (COLWELL, 2004).

Dessa forma, para a bacia hidrográfica, o levantamento foi adequado e o número de coletas parece suficiente para termos uma estimativa segura do número de espécies que ali ocorrem. Porém, quando avaliamos as regiões separadamente o resultado não é o mesmo, uma vez que as regiões diferem muito entre si, fato que sugere que a quantidade de amostras por região não foi suficiente.

Todos os estimadores tiveram uma grande ascensão nas primeiras amostras, enquanto que o *ICE* não apresentou o mesmo resultado, vindo a decair nas primeiras amostragens. O estimador de cobertura *ICE* foi desenvolvido com a finalidade de superestimar a riqueza de espécies das áreas, especialmente com pequenas amostras (COLWELL; CODDINGTON, 1994), sendo esta característica favorável em estudos de biodiversidade em pequena escala, como é o caso deste estudo.

Neste estudo, a região com a maior riqueza esperada foi a CG, pelo estimador *ICE*, com 40 espécies e Bootstrap resultou nos menores valores, com exceção do ponto central, cujo menor valor foi estimado por *Chao 1*.

Estimadores de riqueza, em geral, são altamente influenciados pelo número de espécies raras, fazendo com que a riqueza observada e estimada divirja consideravelmente se as proporções de *singletons* e *doubletons* forem grandes (BOSSART et al. 2006). O estimador *ICE*, que relevou maior estimativa de riqueza para a comunidade (49 espécies), baseia-se na

quantidade de espécies raras de uma amostra (SANTOS, 2003) e considera espécies raras aquelas que apresentam N inferior a 10 indivíduos. Porém, Bragagnolo e Pinto-da-Rocha (2003) defendem que o uso do ICE é pouco eficiente quando o número de amostras é pequeno. De qualquer forma a resposta final em todos os índices calculados foi unânime, maior riqueza de espécies foi observada e estimada na região CG, demonstrando que as áreas não possuem a mesma estimativa para a composição de espécies, sugerindo que há uma diferença entre elas na composição de espécies de macroinvertebrados aquáticos.

Segundo Colwell e Coddington (1994) *Chao 2* e *Jackknife 2* fornecem as estimativas com maior acuidade e menor viés para conjunto de dados com pequeno número de amostras. Um estimador deve alcançar ou aproximar-se da estabilidade com menos amostras do que a curva de acumulação de espécies observadas.

Dentre os métodos utilizados para calcular a estimativa de riqueza de espécies, o estimador Jack-knife 2 foi o que apresentou os maiores valores estimados, quando analisados todas as áreas juntas, mesmo resultado achado por Linzmeier et al. (2006). Neste trabalho o estimador Jack-knife 2, indicou a possibilidade de serem coletadas mais espécies tanto na bacia hidrográfica como um todo quanto nas regiões separadamente.

Sobre o estimador Chao 2, de maneira geral, ele apresentou estimativas bem próximas das encontradas nas coletas quando avaliamos as regiões separadamente. Como nos estudos de Walther e Martin (2001) e Ernesto (2013) o estimador Chao2 se mostrou menos tendencioso dentre os estimadores por eles utilizados, se aproximando bem do verdadeiro valor da riqueza real mais rapidamente.

Com base exclusivamente nos dados estimados o estimador Bootstrap estimou valores menores do que realmente foi coletado em todas as regiões. Segundo Palmer (1990), quando um estimador gera um valor menor que o observado, o mesmo pode ser considerado um estimador ruim.

O Bootstrap, diferentemente dos demais analisados, não utiliza em suas estimativas número de espécies raras, mas sim a frequências de todas as espécies observadas (MORETTO, 2012). Poulin (1998) destacou a ótima precisão do Bootstrap em relação aos estimadores Chao e Jackknife, ambos de primeira e segunda ordem, quando a assembleia continha muitas espécies raras, dessa forma, é possível acreditar que o Bootstrap pode ainda ser considerado um bom estimador para os dados aqui analisados.

O desempenho de estimadores não paramétricos leva em consideração vários fatores, dessa forma, é possível um estimador ser considerado o de melhor desempenho para

determinado táxon e mas não ser o estimador ideal para outro táxon ou para um outro método de coleta (MELO, 2004). O mais indicado é a avaliação para cada grupo e cada metodologia individualmente, já que é possível detectar as particularidades dos bancos de dados em cada caso (ERNESTO, 2013).

As estimativas geradas pelos estimadores de riqueza representam apenas valores mínimos esperados, e não previsões precisas do número real de espécies em uma comunidade (COLWELL et al. 2004). A diferença significativa em relação à abundância de espécies, entre os índices de diversidade e de estimativa da riqueza de espécies, e a baixa similaridade entre as áreas sugerem que as áreas são distintas em relação a composição de espécies e diversidade de espécies. Comparações com estudos anteriores podem trazer maiores esclarecimentos. De qualquer forma a resposta final em todos os índices calculados foi unânime, maior riqueza de espécies foi observada e estimada para a região CG, demonstrando que as áreas não possuem a mesma estimativa para a composição de espécies, sugerindo que há uma diferença entre elas na composição de espécies de macroinvertebrados aquáticos.

## CONCLUSÕES

O maior número de espécies ocorreu na região CG, assim com o também o maior número de *singletons* e *doubletons*. A única região que apresentou uma menor abundância de espécies raras comparado as comuns foi o ponto central.

O estimador *ICE 2* gerou os maiores valores na análise por regiões, enquanto o *Jackknife 2* apresentou o maior valor na análise da bacia hidrográfica como um todo. O estimador *Bootstrap* apresentou os menores valores estimados, alguns até mesmo inferiores do que o valor real encontrado quando não se leva em conta o desvio padrão, mas a literatura o apontou como um dos mais confiáveis. Segundo os estimadores é possível que ainda sejam encontradas por volta de 18 espécies na região CG. Já quando falamos da bacia hidrográfica no geral, o valor estimado foi de apenas 13. O valor de CG é maior porque essa é a região com o maior número de espécies raras. Portanto, é esperado que com o aumento do esforço amostral ainda seja possível encontrar novas espécies na bacia hidrográfica do Peri.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Maria das Graças Vale et al. Diversidade e similaridade entre habitats com base na fauna de Coleoptera de serapilheira de uma floresta de terra firme da Amazônia Central. **Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática**, p. 69-83, 2002.
- BASSET, Y; KITCHING, R. L. Species number, species abundance and body length of arboreal arthropods associated with an Australian rainforest tree. **Ecological Entomology**, v. 16, n. 4, p. 391-402, 1991.
- Bossart, J.L., E. Opuni-Frimpong, S. Kuudaar & E. Nkrumah. Richness, abundance, and complementarity of fruit-feeding butterfly species in relict sacred forests and forest reserves of Ghana. **Biodivers. Conserv.** 15: 333-359, 2006.
- BRAGAGNOLO, Cibele; PINTO-DA-ROCHA, Ricardo. Diversidade de opiliões do parque nacional da serra dos órgãos, Rio de Janeiro, Brasil (Arachnida: Opiliones). **Biota Neotropica**, v. 3, n. 1, p. 1-20, 2003.
- BURNHAM, Kenneth P.; OVERTON, W. Scott. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. **Ecology**, v. 60, n. 5, p. 927-936, 1979.
- CARVALHO, C.M. Anfíbios e Répteis: Perspectivas de estudos. **Publicações Avulsas do Centro Acadêmico de Biologia**, v.1, p. 53-60, 1997.
- CHAO A.; HWANG W.H.; CHEN Y.C.; KUO C.Y. Estimating the number of shared species in two communities. **Stat. Sinica** 10: 227-246, 2000.
- CHAO, Anne; LEE, Shen-Ming. Estimating the number of classes via sample coverage. **Journal of the American statistical Association**, v. 87, n. 417, p. 210-217, 1992.

COLWELL, R.K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 5. User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimateS>, 1997.

COLWELL, R.K.; Mao, C.X. & Chang, J. Interpolatin, extrapolatin, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** 85: 2717-27, 2004.

COLWELL RK. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. [Version 9]. User's Guide and application (2013). Available from: <http://purl.oclc.org/estimates>.

COLWELL, Robert K.; CODDINGTON, Jonathan A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B**, v. 345, n. 1311, p. 101-118, 1994.

QUEIROZ DA COSTA, Cristiane Maria et al. Diversidade de Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) coletados com armadilha de interceptação de vôo no Refúgio Ecológico Charles Darwin, Igarassu-PE, Brasil, **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 1, p. 88-94, 2009.

DIAS, S. C. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. **Acta Scientiarum Biological Sciences** 26: 373–379, 2004.

ERNESTO, Matilde Vasconcelos et al. **Térmitas de duas áreas de floresta atlântica brasileira: uma análise do desempenho de estimadores não paramétricos**. 2013. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. 2013.

GOTELLI, Nicholas J.; COLWELL, Robert K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology letters**, v. 4, n. 4, p. 379-391, 2001.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, Anne. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 12, p. 1451-1456, 2016.

HURLBERT, Stuart H. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology**, v. 52, n. 4, p. 577-586, 1971.

KEATING, Kim A.; QUINN, James F. Estimating species richness: the Michaelis-Menten model revisited. **Oikos**, p. 411-416, 1998.

LEE, Shen-Ming; CHAO, Anne. Estimating population size via sample coverage for closed capture recapture models. **Biometrics**, p. 88-97, 1994.

LINZMEIER, Adelita Maria; RIBEIRO-COSTA, Cibele Stramare; MARINONI, Renato Contin. Fauna de Altícini (Newman)(Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) em diferentes estágios sucessionais na Floresta com Araucária do Paraná, Brasil: diversidade e estimativa de riqueza de espécies. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 1, p. 101-109, 2006.

.

LONGINO, John T.; CODDINGTON, Jonathan; COLWELL, Robert K. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. **Ecology**, v. 83, n. 3, p. 689-702, 2002.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução: Vianna D.M. Curitiba: Ed. da UFPR. 261p, 2011.

MARTINS, Fernando Roberto; SANTOS, FAM dos. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Revista Holos**, v. 1, n. 1, p. 236-267, 1999.

MAWDSLEY, N. A. **Community structure of the Coleoptera Assemblage in a Bornean Tropical Forest**. Ph.D. Tese de doutorado. University of London 306 pp, 1994.

MELO, A.S. A critic of the use of jackknife and related non-parametric techniques to estimate species richness in assemblages. **Community Ecol.** 5(2):149-157, 2004.

MELO, A. S. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, 8, 21 – 27, 2008.

MORENO, Claudia E.; HALFFTER, Gonzalo. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. **Journal of Applied Ecology**, v. 37, n. 1, p. 149-158, 2000.

MORETTO, Rafael Alberto. **Diversidade de Hydropsychidae Curtis e Leptoceridae Leach (Insecta, Trichoptera) em riachos do Parque Estadual Intervales, Serra de Paranapiacaba, Estado de São Paulo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

NOVOTON, V. & Y. BASSET. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of “singleton”. **Oikos** 89: 564-572, 2000.

PALMER, M. W. Spatial scale and patterns of species-environment relationships in hardwood forest of the North Carolina piedmont. **Coenoses**, p. 79-87, 1990.

PENTEADO, Adriana Nunes et al. Subsídios para o plano de manejo do Parque Municipal da Lagoa do Peri-Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 2002. Dissertação de mestrado. mUniversidade Federal de Santa Catarina. 2002.

PIELOU, Evelyn C. **Ecological diversity**. 1975.

POULIN, R. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. **J. Parasitol.** 84: 485-490, 1998.

ROSEMARY, C., S. Davanso, R. Henry. A biodiversidade bentônica em lagoa marginal ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura, na represa de Jurumirim. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 28(4) 28: 347-357, 2006.

SANTOS, A.J. Estimativas de riqueza em espécies. In: CULLEN Jr., L. et al. (Org.). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, cap. 1, p. 19-41, 2003.

LEMES-SILVA, Aurea Luiza et al. Diversidade e variação espaço-temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa costeira subtropical no sul do Brasil. 2010. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2010.

SIMBERLOFF, Daniel. Properties of the rarefaction diversity measurement. **The American Naturalist**, v. 106, n. 949, p. 414-418, 1972.

SMITH, Eric P.; VAN BELLE, Gerald. Nonparametric estimation of species richness. **Biometrics**, p. 119-129, 1984.

TEIVE, L. **Influência do uso do solo sobre a comunidade de macroinvertebrados aquáticos em córregos da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC**. Trabalho de conclusão do curso de Ciências Biológicas, UFSC, 32p., 2008.

TOTI, Douglas S.; COYLE, Frederick A.; MILLER, Jeremy A. A structured inventory of Appalachian grass bald and heath bald spider assemblages and a test of species richness estimator performance. **Journal of Arachnology**, v. 28, n. 3, p. 329-345, 2000.

WALTHER, B. A.; MORAND, S. Comparative performance of species richness estimation methods. **Parasitology**, v. 116, n. 4, p. 395-405, 1998.

WALTHER, Bruno A.; MARTIN, JEAN-LOUIS. Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort?. **Ibis**, v. 143, n. 4, p. 413-419, 2001.

WILSEY, Brian J. et al. Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. **Ecology**, v. 86, n. 5, p. 1178-1184, 2005.

ZAR, Jerrold H. Biostatistical analysis. 2nd. **Prentice Hall USA**, v. 54, p. 55, 1984.

