

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UNIRIO)

VICTOR DE BRITO

ESPÉCIES DE PEIXES COMO INDICADORES DA QUALIDADE DE ÁGUA EM RIOS  
DE CABECEIRA DA BACIA DO RIO PIRAÍ

Rio de Janeiro

2015

VICTOR DE BRITO

ESPÉCIES DE PEIXES COMO INDICADORES DA QUALIDADE DE ÁGUA EM RIOS  
DE CABECEIRA DA BACIA DO RIO PIRAÍ

Monografia apresentada ao Instituto de  
Biociências da Universidade Federal do  
Estado do Rio de Janeiro como requisito  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Daniel Fernando de Almeida (Doutor em Ciências Biológicas) – Museu  
Nacional/UFRJ

Prof. Christina Wyss Castelo Branco (Doutora em Ciências Biológicas) – UNIRIO

Prof. Paulo Andreas Buckup (Doutor em Ciências Biológicas) – Museu Nacional/UFRJ  
(Orientador)

Prof. Ricardo Campos da Paz (Doutor em Ciências Biológicas) - UNIRIO  
(Co-orientador)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, seus professores e funcionários, por me proporcionar um ambiente propício ao aprendizado e à minha formação como Biólogo.

Ao professor e orientador Dr. Paulo Andreas Buckup, pela orientação, suas correções e incentivos.

Ao professor e co-orientador Dr. Ricardo Campos da Paz, pelo seu apoio na elaboração deste trabalho.

Aos pesquisadores Décio Ferreira de Moraes Jr, Leandro Villa Verde da Silva e Gabriel de Barros Moreira Beltrão, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), seus professores, pesquisadores e funcionários, por me proporcionar a estrutura necessária ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e à Associação Amigos do Museu Nacional (SAMN) pelo financiamento da pesquisa, através de projetos coordenados por P.A.Buckup.

À professora Christina Wyss Castelo Branco e ao Dr. Daniel Fernando de Almeida, por fazerem parte do processo de avaliação deste trabalho.

Ao professor Hernán López-Fernández, pela orientação, acolhimento e amizade.

À todos os companheiros de pesquisa, no Brasil e no Canadá, que me ajudaram nessa caminhada acadêmica.

À University of Toronto e Royal Ontario Museum, seus professores, pesquisadores e funcionários, por me proporcionar uma experiência única de educação e pesquisa durante o programa Ciências Sem Fronteiras financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Agradeço à minha mãe, Cecília Inez da Silva de Brito, e minha família que me apoiou incondicionalmente em todas as horas, desde o início da minha graduação, superando a distância e a saudade.

Aos meus amigos, pelos momentos de alegria após estressantes dias de trabalho e estudo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

O estudo da ictiofauna de um rio pode ser utilizado no monitoramento ambiental, uma vez que peixes refletem o estado de conservação de seus habitats. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água em rios de cabeceira da bacia do Rio Pirai, que abastece a região metropolitana do Rio de Janeiro, através do levantamento da ictiofauna presente nestes ambientes. Foram realizadas seis coletas de peixes e dados ambientais nos trechos alto, médio e baixo dos rios Parado e Passa Quatro, localizados em Lídice, distrito de Rio Claro, RJ. Visando quantificar a tolerância aos impactos ambientais negativos de origem antrópica, as espécies coletadas foram ranqueadas numa escala de -1 a 10. Espécies indicadoras de ambientes aquáticos degradados receberam valores baixos, já espécies normalmente presentes em ambientes preservados receberam valores altos. A partir desse ranking foram calculados dois índices de qualidade de água baseados na ictiofauna. O Índice 1 representa o valor médio do ranking das espécies coletadas em cada ponto, já o Índice 2 é igual ao somatório do produto entre a abundância relativa e o ranking de cada espécie. Foram capturados 2.516 exemplares de 21 espécies, sendo 1.771 indivíduos representantes de espécies indicadoras de impacto ambiental negativo de origem antrópica. Nos ambientes amostrados, os resultados de ambos os índices foram menores no ponto alto do rio Parado e maiores no ponto médio do mesmo rio, porém nenhum resultado foi maior que 5, indicando baixa qualidade de água em todos os pontos estudados. A diferença entre a qualidade dos pontos foi mais evidente no Índice 2 do que no Índice 1, o que reflete a grande abundância relativa de espécies mais tolerantes a ambientes degradados nos pontos com índices mais baixos. Esses resultados demonstram baixa à média qualidade de água dos rios estudados, evidenciando o impacto negativo da ocupação humana nesses ambientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ictiologia, Bacia do Rio Pirai, Bioindicadores, Conservação.

## **ABSTRACT**

The study of a river local ichthyofauna can be used for its environmental monitoring, because fishes reflect the conservation state of their habitats. The goal of the present study was to evaluate the water quality of headwater rivers from the Pirai river basin, which supplies the Rio de Janeiro metropolitan region, through a survey of fish species that inhabit those rivers. Six samplings were made on the high, medium and low sections of the Parado and Passa Quatro rivers, which are located on the Lídice, district of Rio Claro, RJ. Aiming to quantify the tolerance to negative environmental impacts of human origin, the species were ranked in a scale from -1 to 10. Species that indicate degraded water environments received low values, while species normally present in preserved habitats received high values. From this ranking, two water quality index were calculated based on the ichthyofauna. The Index 1 represents the mean value of the rank of species collected in each sampling site, and Index 2 is equal to the sum of the results of the multiplication between the relative abundance and the rank of each species. Fish sampling resulted in 2,516 specimens captured from 21 species, including 1,771 individuals representing species that indicate negative environmental impacts of human origin. The results for both indexes are lower on the high section of the Parado river e higher on the medium section of the same river, although, none of the results was above 5, indicating low water quality of the studied sites. Variation of quality indicators among the sites was more evident on Index 2 than on Index 1, reflecting the great relative abundance of species tolerant to degraded environments on the sites with low index values. The low to medium water quality values highlight the negative impact of human occupation on the studied rivers basins.

**KEY WORDS:** Ichthyology, Pirai River Basin, Bioindicaton, Conservation.

## SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO .....	1
2.0 OBJETIVOS .....	4
2.1 Objetivo Geral .....	4
2.2 Objetivos Específicos .....	4
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS .....	5
3.1 Área de Estudo .....	5
3.2 Pontos de Coleta .....	6
3.3 Metodologia de Coleta .....	9
3.4 Cálculo dos Índices de Integridade Biótica .....	10
3.5 Revisão Bibliográfica das Espécies Coletadas .....	12
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Variáveis Físicas de Qualidade de Água .....	34
4.2 Riqueza e Abundância .....	35
4.3 Índices de Integridade Biótica .....	38
5.0 CONCLUSÃO .....	43
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

## INTRODUÇÃO

A bacia do Rio Pirai é fundamental para o abastecimento de água na região metropolitana do Rio de Janeiro e habitat de diversas espécies de peixes, sendo algumas delas ameaçadas de extinção (Buckup *et al.*, 2007; Mazzoni *et al.*, 2000). Visando garantir a qualidade da água dessa região é importante conservar e monitorar suas nascentes (Buckup *et al.*, 2014). A análise de organismos vivos como indicadores da qualidade da água tem sido usada em diferentes países ao redor do mundo (e.g. Furse *et al.*, 2006; Yagow *et al.*, 2006; Marchant *et al.*, 2006; Borja *et al.*, 2008). Inicialmente proposto por Karr (1981), Índices de Integridade Biótica (IIB) baseados na ictiofauna vem sendo amplamente aplicados para monitorar sistemas aquáticos (Roset *et al.*, 2007). Nos Estados Unidos, IIBs têm sido adotados por agências de gestão de recursos hídricos como principal meio para avaliar o estado biológico de rios e lagos (Karr and Chu, 1999; USEPA, 2002). Na Europa, o monitoramento biológico se tornou obrigatório a partir da implementação da “Water Framework Directive” (European Commission, 2000), e IIBs constituem-se em uma ferramenta útil para guiar ações de restauração e manejo de sistemas aquáticos (Hering *et al.*, 2006; Pont *et al.*, 2006). Contudo, em países em desenvolvimento, como o Brasil, o uso de IIBs ainda não é adotado na maioria dos programas de monitoramento ambiental, apesar de diversos estudos realizados nessa área nos últimos anos (e.g. Buckup, 2010; Oliveira *et al.*, 2011; Terra & Araújo, 2011; Terra *et al.*, 2013).

A medição de variáveis físicas e químicas da água é uma estratégia amplamente utilizada para analisar sua qualidade, porém essa técnica possui desvantagens. Normas e limites para contaminantes específicos baseados em testes de toxidez aguda não levam em consideração a variação geoquímica natural que ocorre em contaminantes, como metais (Thurston *et al.*, 1979). Além disso, esse tipo de análise não considera o efeito sinérgico de diversos contaminantes ou os efeitos subletais em aspectos biológicos das espécies, como reprodução ou crescimento. O monitoramento de variáveis de qualidade da água, como matéria orgânica dissolvida, temperatura, pesticidas e metais pesados, geralmente falha em detectar eventos pontuais, de curta duração, que podem ser fundamentais para a medição de impactos biológicos (Karr,



1981). Finalmente, é impossível medir todos os fatores que impactam a integridade biótica, sendo questionável grande parte da literatura sobre poluentes químicos que define padrões de qualidade para organismos aquáticos (Araújo, 1998). Consequentemente, não é possível medir diversas alterações ambientais induzidas pelo ser humano. Por exemplo, o impacto causado por alterações no curso de rios, degradação ou perda de habitats, a criação de barreiras artificiais e a utilização da água para geração de energia não podem ser detectados em análises físico-químicas, não refletindo o estado dos organismos que habitam rios e lagos.

Apesar dessas dificuldades para medir e interpretar fatores físicos e químicos, a qualidade de um sistema aquático pode ser avaliada pelo grau em que a água deste meio pode ser utilizada para fins benéficos para o ser humano, como consumo e recreação. Neste contexto, a capacidade desse ambiente em sustentar uma comunidade biológica saudável é um dos melhores indicadores de qualidade da água (Karr, 1981). Comunidades biológicas podem refletir o estado de conservação de um ambiente, uma vez que elas são sensíveis a diversos tipos de mudanças em seus habitats (Buckup *et al.*, 2014). Diversos grupos taxonômicos têm sido propostos como indicadores de qualidade ambiental, porém existem diversas vantagens para o uso de peixes como base de IIBs (Araújo, 1998; Dias *et al.*, 2005). Um dos principais benefícios é a existência de dados sobre o ciclo de vida de várias espécies de diferentes níveis tróficos (omnívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros, carnívoros), representando uma dieta tanto de origem aquática quanto terrestre. Peixes também ocupam o topo da cadeia alimentar em diversos ambientes aquáticos, fato esse que permite uma análise integrada do seu ambiente, o que não ocorre com outras espécies que podem ser usadas como indicadores ambientais, como diatomáceas e invertebrados. Por fim, trabalhos taxonômicos e guias de identificação de espécies permitem a fácil identificação da maioria das espécies coletadas nos corpos d'água estudados, e situações críticas, como mortalidade de peixes, podem ser comunicadas pelo público em geral, o que pode chamar a atenção para alterações nas condições de qualidade de água dos ambientes.

A partir dessa base teórica foi criado o projeto “Monitoramento de Qualidade de Água na Bacia do Rio das Pedras com Base em Espécies de Peixes Indicadores” (Buckup, 2010), que tem como um dos seus objetivos o monitoramento de qualidade da água da bacia do rio das Pedras, um dos principais formadores da bacia do Rio Pirai, através do levantamento da ictiofauna que habita essa bacia. Nesse projeto foram usados dois índices de integridade biótica como indicadores de qualidade ambiental e os resultados obtidos suportam a validação da metodologia usada, porém o constante monitoramento dos rios da região é necessário. A presente monografia baseia-se na metodologia para a realização de coletas e a aplicação de IIBs desenvolvidos por Buckup (2010) para avaliar a qualidade da água dos rios Parado e Passa Quatro, que fazem parte da região de cabeceiras da bacia do Rio Pirai. Além de avaliar o uso de IIBs, o estudo contribui para a identificação taxonômica dos peixes que ocorrem na área, visto que a identificação de algumas espécies ainda não está completamente elucidada ou é historicamente difícil (Buckup, 2010; Melo, 2001; Viana, 2004; Pinna & Wosiacki, 2003; Říčan & Kullander, 2006).

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Monitorar a qualidade de água dos rios Parado e Passa Quatro, na região de cabeceiras da bacia do Rio Pirai, a partir de dois índices de integridade biótica criados no projeto “Inventário Ictiofaunístico e definição de espécies indicadoras de qualidade de água na bacia do Rio das Pedras” que se baseiam na ictiofauna presente na região.

### Objetivos Específicos

1. Estudar a identificação taxonômica e o potencial de bioindicação dos peixes da região de cabeceiras da bacia do Rio Pirai.
2. Realizar coletas, triar e identificar o material coletado, e depositá-lo na Coleção Ictiológica do Departamento de Vertebrados do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
3. Calcular os índices de integridade biótica em pontos dos rios Parado e Passa Quatro.
4. Analisar a qualidade da água dos rios Parado e Passa Quatro a partir dos resultados dos índices de integridade biótica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Os rios Parado e Passa Quatro são dois afluentes da bacia do Rio Pirai, e são localizados no distrito de Lídice, no Município de Rio Claro, RJ (Figura 1). O Rio Pirai originalmente era um tributário do médio rio Paraíba do Sul, porém seu curso foi desviado para fazer parte da bacia do rio Guandu, situada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Formalmente, considera-se que o Rio Pirai é formado pela confluência do rio das Pedras e do rio Papudos, situada nas coordenadas 22°51'48" S 44°12'14" O, embora algumas pessoas considerem que o rio das Pedras inclui parte de leito do Rio Pirai, e outras considerem que o Rio Pirai incluía o trecho inferior do rio Papudos (Buckup *et al.*, 2014). As fozes dos rios Parado e Passa Quatro estão localizadas a jusante da confluência do rio das Pedras e do rio Papudos, fazendo parte da cabeceira da bacia do Rio Pirai.

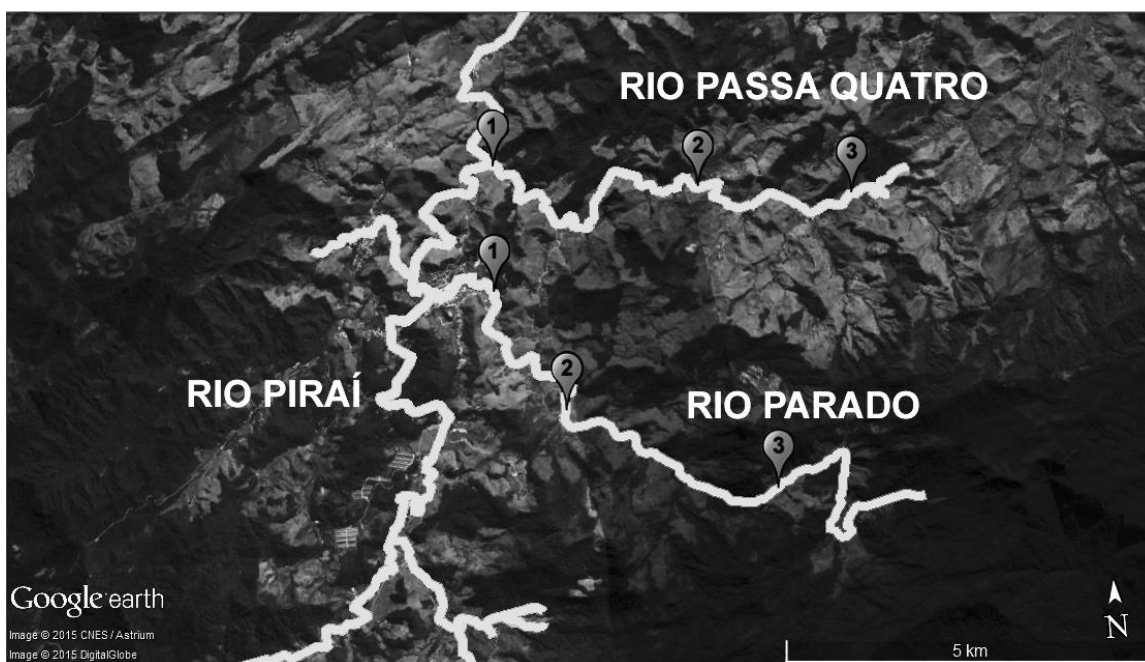


Figura 1 - Rios Parado e Passa Quatro e a localização dos pontos de coleta. Fonte: Google Earth.

Em geral, há ocupação humana ao longo da margem dos dois rios estudados, sendo predominante a presença de pastos para atividade pecuária. É possível observar ao longo das margens construções para moradia, pequenas hortas e vias de

transporte, como pontes e estradas que, em alguns casos, cortam o rio. Também é comum observar o despejo direto de esgoto doméstico e matéria orgânica proveniente da pecuária nas águas dos rios Parado e Passa Quatro. A deterioração da paisagem dos locais estudados diminui à medida que a altitude aumenta e o relevo vai se tornando mais íngreme, porém mesmo em locais de difícil acesso, ainda é possível observar pequenas propriedades rurais. Em diversos trechos, a calha dos rios está impactada pelo processo de erosão das margens e assoreamento, os quais são facilitados pela ausência de mata ciliar.

O rio Parado tem sua região de cabeceira localizada a mais de 900 m de altitude em relação ao nível do mar, sendo de difícil acesso através da estrada que leva o mesmo nome do rio. Sua calha principal é marcada por quedas d'água, como a cachoeira do Parado, e pela presença de rochas que diminuem de tamanho ao longo do curso do rio em direção à foz. Já o rio Passa Quatro é formado por pequenos afluentes, alguns deles com trechos subterrâneos, que se unem à calha principal em altitude aproximada de 700 m em relação ao nível do mar. Na área de baixada desse rio foi observada a presença de grande quantidade de organismos, provavelmente, alga marrom, da qual a presença resulta de aporte de matéria orgânica despejado por propriedades rurais que ocupam suas margens.

### **Pontos de Coleta**

Os pontos de coleta de dados ambientais e peixes localizam-se em diferentes altitudes da calha dos rios, possibilitando a observação das condições ambientais ao longo dos corpos d'água. Em cada rio foram estabelecidos três pontos de coleta: o primeiro foi estabelecido próximo à sua foz, o seguinte foi localizado em seu curso médio e o último foi estabelecido no curso alto de cada rio (Fig. 1). Em todos os pontos a localização e altitude foram aferidas através de um receptor GPS. Todos os pontos de amostragem apresentaram água transparente e estavam inseridos em um ambiente com atividade pecuária. Abaixo seguem informações sobre os pontos de coleta deste trabalho (Tabelas 1 e 2):

Tabela 1 - Pontos de coleta no rio Parado

	Rio Parado 1	Rio Parado 2	Rio Parado 3
Localização	rio Parado a jusante da ponte da captação de água da CEDAE	rio Parado, onde a estrada do Parado cruza o rio (sem ponte)	rio Parado, a montante de antigo acesso de pedras cimentadas a moradias
Nº de campo	PAB2015070302	PAB2015070301	PAB2015070102
Coordenadas	22° 50' 03,5" S 44° 11' 17,4" O	22° 50' 58,8" S 44° 10' 46,5" O	22° 51' 41" S 44° 09' 07,1" O
Altitude	545 m	561 m	976 m
Data e horário de amostragem	03.7.2015, 11h 30min	03.07.2015, 08h 58min	01.07.2015, 15h 50min
Quantidade de vegetação marginal	moderada	moderada	pouca
Atividades antrópicas	Pecuária, semi-urbano	Pecuária	Pecuária
Características	Trecho com fundo de cascalho e areia, correnteza rápida.	Trecho de correnteza rápida com substrato de rochas, cascalho e pouca areia.	Trecho de correnteza rápida com substrato de rochas, pedras e cascalho. Presença de mata de galeria, com paisagem sendo composta por 70% de floresta secundária e 30% de pasto.
Observações	Placa indicando "Área de Preservação Permanente (APP)", porém a região possui extensa ocupação humana. Existência de uma barragem para captação de água.	Tempo nublado com pouca garoa. Couro de boi encontrado no leito do rio. Estrada do Parado corta o rio.	Trecho atravessado por caminho de pedras cimentadas para acesso a moradia. Dificil acesso por estrada de terra mal conservada.

Tabela 2 - Pontos de coleta no rio Passa Quatro

	<b>Passa Quatro 1</b>	<b>Passa Quatro 2</b>	<b>Passa Quatro 3</b>
Localização	rio Passa Quatro, próximo à ponte da antiga pinguela a montante da RJ 155 (Rodovia Saturnino Brito), interior da Fazenda Santana de Sobradinho	rio Passa Quatro junto a ponte de concreto	trecho alto do rio Passa Quatro em Itaoca
Nº de campo	PAB2015070203	PAB2015070202	PAB2015070201
Coordenadas	22° 49' 04,9" S 44° 11' 12,9" O	22° 49' 22,4" S 44° 09' 31,7" O	22° 49' 30,6" S 44° 08' 16" O
Altitude	513 m	622 m	712 m
Data e horário de amostragem	02.07.2015, 14h 48min	02.07.2015, 12h 40min	02.07.2015, 10h 20min
Quantidade de vegetação marginal	moderada	moderada	pouca
Atividades antrópicas	Agropecuária	Agropecuária	Pecuária
Características	Trecho próximo à calha do Rio Piraí com correnteza rápida e substrato de cascalho e areia. Paisagem coberta por pastagem.	Trecho de correnteza rápida com substrato de cascalho e areia.	Trecho de correnteza rápida com substrato de pedras e cascalho. Paisagem coberta por pastagem.
Observações	Tempo nublado o dia todo. Presença abundante de alga marrom. Despejo de esgoto doméstico direto no rio.	Trecho com grande poço abaixo de ponte de concreto que cruza o rio. Estradas de chão nas duas margens	Tempo nublado. Riachos a montante interrompidos por trechos subterrâneos.

## **Metodologia de Coleta**

A metodologia de coleta foi padronizada em uma hora de exploração exaustiva de cada ponto estudado por uma equipe formada por cinco pesquisadores. Variadas artes de coleta foram utilizadas, visando minimizar a o efeito da seletividade do equipamento na estimativa da composição ictiofauna local. Foram utilizadas redes de arrasto (picarés) de pequeno porte (2 m, 3 m e 5 m), puçás de 40 cm X 90 cm equipados com tela tipo mosquiteiro de polietileno de alta resistência e cabo de ferro, e tarrafa de malha de 12 mm entre nós adjacentes em monofilamento de nylon dotada de rufos. Os ambientes disponíveis foram explorados com técnicas comuns de coleta de peixes de riachos, como a realização de arrastos com picaré junto às margens, arrastos de meia-água com picaré em poças e remansos, uso de puçás junto a vegetação marginal, rolagem de pedras com puçás e picarés instalados a jusante do ponto de rolagem, bloqueio de corredeiras com agitação da água e do fundo a montante do ponto de bloqueio, raspagem do substrato com puçás e uso de tarrafa em poções e canais com profundidade superior a 50 cm. Também foi utilizado um amplificador acústico de sinais elétricos visando detectar a presença de espécies da ordem Gymnotiformes.

Em todos os pontos foram obtidas medições de pH através de um medidor de pH digital portátil, condutividade através de um condutímetro digital portátil e profundidade máxima da amostragem. Também foram registradas observações qualitativas em relação à correnteza, transparência da água, tipo e quantidade de vegetação, substrato e tipo de paisagem em cada área. Todas as informações foram registradas em fichas de campo padronizadas do Setor de Ictiologia do Museu Nacional/UFRJ. O material coletado foi fixado em formalina 10%, embalado em bolsas plásticas rotuladas com a numeração de campo correspondente à ficha de campo, e posteriormente triado e identificado no laboratório do Setor de Ictiologia de Museu Nacional/UFRJ, onde foi depositado na Coleção Ictiológica. Subamostras foram fixadas em etanol anidro, com o objetivo de realizar futuros estudos de cunho molecular. Pelo menos um indivíduo de cada espécie coletada foi fotografado para registro nessa monografia. As fotos apresentadas (Figuras 2 a 34) tiveram seu brilho e contraste



alterados para melhor detalhamento das imagens e estão disponíveis online em alta resolução através do endereço eletrônico <https://goo.gl/dss01A>.

### **Cálculo dos Índices de Integridade Biótica**

Visando quantificar a tolerância aos impactos ambientais negativos de origem antrópica nos rios Parado e Passa Quatro, as espécies coletadas foram ranqueadas numa escala de -1 e 10 de acordo com seu potencial de bioindicação (Tabela 3). Valores baixos foram atribuídos a espécies com ampla distribuição e comumente tolerantes às condições de ambiente aquático degradado. Valores médios são associados a espécies com expectativa de serem encontradas no ambiente amostrado e cujas exigências de qualidade da água não são necessariamente ligadas a ambientes degradados. Já valores altos foram dados a espécies com baixa tolerância a degradação ambiental, cuja ocorrência geralmente depende de ambientes de nascentes e águas cristalinas. O valor máximo, 10, foi atribuído a espécie *Pareiorhina rudolphi*, que ocorre na região de cabeceiras do Rio Pirai, mas não foi encontrada nos locais de amostragem. Espécies exóticas receberam valor negativo. O conhecimento teórico utilizado para se chegar ao potencial de bioindicação de cada espécie se encontra sumarizado na sessão de revisão bibliográfica.

A partir do ranking de bioindicação das espécies de peixes foram calculados dois IIBs, Índice 1 e Índice 2. O Índice 1 é calculado através da soma dos valores do ranking de cada espécie presente dividida pelos valores de riqueza de espécies no local. Ele representa o valor médio do ranking de bioindicação da comunidade de peixes presente em cada localidade amostrada. Valores superiores a 5 são indicativos da existência de condições favoráveis à manutenção de mananciais aquáticos, enquanto valores abaixo de 5 correlacionam-se com a presença de espécies indicadoras de impactos negativos sobre a qualidade do ambiente aquático. Já o Índice 2 é calculado através do somatório do produto entre a abundância relativa e o ranking de cada espécie. Este IIB equivale à média dos valores do ranking de bioindicação ponderados pela abundância relativa de cada espécie.

**Tabela 3 – Ranking de espécies quanto ao seu potencial de bioindicação de qualidade de água nos rios Parado e Passa Quatro. Foram ranqueadas apenas espécies capturadas no atual estudo, não sendo analisadas espécies presentes em outros rios da região de cabeceira do rio Piraí, mas não encontradas nos locais de coleta.**

<b>Espécie</b>	<b>Ranking</b>
<i>Characidium lauroi</i> Travassos, 1949	9
<i>Australoheros</i> sp.	7
<i>Neoplecostomus microps</i> Steindachner, 1976	7
<i>Characidium vidali</i> Travassos, 1967	7
<i>Rineloricaria</i> sp.	6
<i>Imparfinis minutus</i> Lütken, 1875	6
<i>Gymnotus patherinus</i> Steindachner, 1908	6
<i>Crenicichla lepidota</i> Heckel, 1840	6
<i>Hoplias malabaricus</i> Bloch, 1794	6
<i>Oligosarcus hepsetus</i> Cuvier, 1829	5
<i>Harttia loricariformis</i> Steidachner, 1877	5
<i>Harttia carvalhoi</i> Miranda Ribeiro, 1939	5
<i>Astyanax intermedius</i> Eigenmann, 1908	5
<i>Trichomycterus macrophthalmus</i> Barbosa & Costa, 1912	4
<i>Trichomycterus nigroauratus</i> Barbosa & Costa, 2008	4
<i>Hypostomus affinis</i> Steindachner, 1877	4
<i>Rhamdia</i> cf. <i>quelen</i> Quoy & Gaimard, 1824	3
<i>Pimelodella lateristriga</i> Lichtenstein, 1823	3
<i>Geophagus brasiliensis</i> Quoy & Gaimard, 1824	2
<i>Phalloceros harpagos</i> Lucinda, 2008	1
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	-1

## Revisão Bibliográfica das Espécies Coletadas

A fundamentação teórica utilizada para a identificação das espécies capturadas neste estudo e para a caracterização das mesmas quanto à tolerância a distúrbios em ambientes aquáticos se encontra a seguir, em conjunto com o número de catálogo do material testemunho.

### Ordem Characiformes

#### Família Erythrinidae

A família Erythrinidae, popularmente conhecido como “traíra”, são caracterizados morfologicamente por um corpo cilíndrico, nadadeira caudal arredondada, nadadeira anal relativamente curta e ausência de nadadeira adiposa, e pela presa de dentes caniniformes nas maxilas e reduzidos no palato (Oyakawa, 2003).

#### *Hoplias malabaricus* Bloch, 1794

Todas as espécies do gênero *Hoplias* são predadores em seus respectivos habitats, podendo alcançar até um metro de comprimento (Oyakawa & Mattox, 2009). *Hoplias malabaricus* pode ser distinguido de outras espécies do gênero por apresentarem as bordas inferiores dos ossos dentários convergindo abruptamente em direção à sínfise mandibular, em formato de “V”, além da presença de pequenos dentes na língua em certas populações (Oyakawa, 1990; Oyakawa & Mattox, 2009).

Quanto a sua ecologia, *Hoplias malabaricus* é um peixe piscívoro (Hahn *et al.*, 1997) e sua reprodução está associada à presença de macrófitas aquáticas em seu habitat (Agostinho *et al.*, 1999). Por ser um predador de topo, populações dessa espécie apresentam bioacumulação de poluentes orgânicos persistentes, como pesticidas e compostos clorados, no fígado e nos músculos, afetando sua saúde (Miranda *et al.*, 2008). Estudos de bioacumulação de substâncias poluentes mostram a contaminação desses animais por mercúrio e DDT, provenientes respectivamente de atividade mineradora e agropecuária, em rios da bacia Amazônica (Mela *et al.*, 2007; Neto *et al.*, 2008). Quanto ao ranqueamento dessa espécie de acordo com o potencial de bioindicação, *Hoplias malabaricus* é uma espécie piscívora amplamente distribuída

na Região Neotropical, porém, tratando-se de um predador de topo na cadeia aquática, pode-se assumir que sua presença exija a existência de ecossistemas relativamente íntegros, recebendo valor 6.

Material testemunho: MNRJ 43830.



Figura 2 - *Hoplias malabaricus* Bloch, 1794, MNRJ 43830, 70 mm CP, vista lateral.

Família Characidae

A classificação taxonômica de espécies da família Characidae é complexa, com a definição da maioria dos gêneros baseada na combinação de diferentes status entre 17 caracteres morfológicos (Mirande, 2009).

*Astyanax intermedius* Eigenmann, 1908

*Astyanax intermedius* faz parte do complexo de espécies relacionadas a *A. scabripinnis* (Melo, 2001), e pode ser caracterizado por um corpo baixo (41% do CP), cabeça e região do corpo anterior a nadadeira dorsal relativamente volumosa, focinho curto e 14 a 26 raios na nadadeira anal (Bertaco & Lucena, 2006). Membros desta espécie podem ser distinguidos dos demais peixes do gênero *Astyanax* que ocorrem na bacia do Rio Pirai por possuir dentes do dentário reduzindo abruptamente em tamanho a partir do quinto dente (Melo, 2001).

Indivíduos de *Astyanax intermedius* ocupam trechos com águas claras, principalmente no curso médio superior destes ambientes (Bizerril & Primo, 2001), porém pouco é conhecido sobre sua ecologia (Menezes *et al.*, 2007). Sua dieta é composta principalmente por insetos, mas seu conteúdo estomacal também apresenta material de origem vegetal, sendo considerado uma espécie insetívora de hábito generalista (Miranda *et al.*, 2013). Com base nessas informações ecológicas *A. intermedius* recebeu valor 5 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43749, MNRJ 43755, MNRJ 43766, MNRJ 43805, MNRJ 43820.



Figura 3 - *Astyanax intermedius* Eigenmann, 1908, MNRJ 43805, CP = 77 mm, vista lateral.

*Oligosarcus hepsetus* Cuvier, 1819

Peixes do gênero *Oligosarcus* podem ser identificados pela presença de diversos dentes cônicos, corpo comprimido e focinho pontiagudo (Ribeiro & Menezes, 2015). Características diagnósticas de *Oligosarcus hepsetus* foram detalhadamente descritas por Menezes (1987), e a chave de identificação mais recente do gênero *Oligosarcus* pode ser encontrada na revisão taxonômica do grupo feita por Ribeiro & Menezes (2015).

Quanto à alimentação, a dieta de *O. hepsetus* é tipicamente carnívora, com predomínio de peixes ou insetos. A composição de sua dieta varia de acordo com a estação do ano e o estágio de maturação, indicando plasticidade característica de uma espécie oportunista (Araújo *et al.*, 2005). Portanto, apesar dessa espécie também se alimentar de peixes, a plasticidade de dieta apresentada por *O. hepsetus* indica que essa é uma espécie cuja exigência de qualidade da água não é necessariamente ligada a ambientes degradados, recebendo valor 5 na na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43812, MNRJ 43768.



Figura 4 - *Oligosarcus hepsetus* Cuvier, 1819, MNRJ 43812, CP = 63 mm, vista lateral.

#### Família Crenuchidae

Peixes da família Crenuchidae são caracterizados pela presença de forâmens pareados localizados nos ossos frontais, póstero-dorsalmente à orbita (Buckup, 1998). Diversas espécies da família Crenuchidae são ameaçadas de extinção no sudeste do Brasil, devido à exploração antrópica dos rios de montanha e lagoas onde ocorrem (Buckup *et al.*, 2000; Mazzoni *et al.*, 2000).

#### *Characidium lauroi* Travassos, 1949

Peixes do gênero *Characidium* são caracterizados pela presença de um ponto preto próximo a base dos raios médios da nadadeira caudal (Buckup, 1993a). *Characidium lauroi* pode ser diferenciada dos demais espécies de *Characidium* ocorrentes na bacia do rio Paraíba do Sul, pela presença de pequenas máculas de pigmentação densa abaixo da faixa lateral (Buckup *et al.*, 2014). Estas máculas são separadas das barras dorsais e possuem formas predominantemente arredondadas. Além disso, em comparação com *C. vidali*, espécie encontrada nos mesmos rios, as barras da nadadeira caudal são ausentes e menos evidentes (Buckup *et al.*, 2014).

Representantes de *Characidium lauroi* são invertívoros e ocupam a zona bentônica de rios em pontos de águas rápidas (Lujan *et al.*, 2013), ocorrendo em trechos elevados de riachos de montanhas do sudeste do Brasil (Buckup & Melo, 2005; Buckup *et al.*, 2014). Devido a baixa tolerância à degradação ambiental, e a ocorrência dessa espécie apenas em ambientes de cabeceira e águas cristalinas, foi atribuído valor 9 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43748, MNRJ 43759, MNRJ 43806.



Figura 5 - *Characidium lauroi* Travassos, 1949, MNRJ 43748, 57 mm CP, vista lateral.

*Characidium vidali* Travassos, 1967

Indivíduos da espécie *Characidium vidali* podem ser diferenciados de *C. lauroi* pelo padrão de manchas verticais formando poliedros presentes na porção média e inferior das regiões laterais do corpo (Buckup *et al.*, 2014). Em comparação com *C. alipioi*, que também ocorre na bacia do rio Paraíba do Sul, *C. vidali* se distingue por pela menor distância entre o ânus e a origem da nadadeira anal, que é preenchida por três a quatro escamas (vs. cinco ou seis, raramente quatro escamas em *C. alipioi*), e pela forma da segunda linha escura da nadadeira dorsal que é fina e atravessa todos os raios da nadadeira (vs. linha difusa iniciando no quarto raio em *C. alipioi*) (Buckup *et al.*, 2014).

Assim como outras espécies do mesmo gênero, *Characidium vidali* habita a região bentônica de rios em trechos de correnteza forte associados a substrato de rochas e cascalho (Buckup *et al.*, 2000; Buckup, 2003; Uieda & Pinto 2011). Hábitos deste peixe incluem a predação visual durante o dia no estilo “sit-and-wait” (Sazima, 1986; Azevedo, 2011; Rezende *et al.*, 2013). Como essa espécie possui baixa tolerância a degradação ambiental, porém está associada a habitats mais próximos à região de baixada de rios que *C. lauroi*, que geralmente são ambientes mais impactados negativamente, foi atribuído o valor 7 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43758, MNRJ 43767, MNRJ 43807, MNRJ 43821.



Figura 6 - *Characidium vidali* Travassos, 1967, MNRJ 43807, CP = 66 mm, vista lateral.

Ordem Siluriformes

Família Trichomycteridae

Peixes da família Trichomycteridae podem ser identificados pela região opercular modificada, apresentando, na maioria das espécies, odontóides nos ossos opercular e interopercular (de Pinna & Wosiacki, 2003). Outras características de tricomictérides incluem a presença de três pares de barbilhões, ausência de espinhos nas nadadeiras dorsal e peitorais, ausência de um mecanismo “spine-locking” na nadadeira dorsal, nadadeira dorsal localizada na extensão média ou posterior do comprimento padrão, e ausência de nadadeira adiposa (Pinna & Wosiacki, 2003).

*Trichomycterus macrophthalmus* Barbosa & Costa, 2012

A maior parte das espécies de *Trichomycterus* habita rios de cabeceiras e pequenos cursos d'água, caracterizados por águas correntes, claras e frias, e pela presença de substrato rochoso, arenoso ou de cascalho fino (de Pinna, 1998). Muitas espécies deste grupo possuem distribuição geográfica restrita e apresentam alto grau de endemismo, podendo ocorrer apenas em um único rio (de Pinna, 1992; Barbosa & Costa, 2003; Nogueira *et al.*, 2010; Ferrer & Malabarba, 2011).

*Trichomycterus macrophthalmus* é uma espécie endêmica do Rio Pirai e faz parte de um complexo de seis espécies, relacionadas a *T. travassosi* (Barbosa & Costa, 2012). Essas espécies são caracterizadas pelo padrão de coloração, com barras transversais escuras ao longo da região dorsal, além de possuírem nove costelas. *Trichomycterus macrophthalmus* difere das demais espécies desse grupo por possuir olhos que ocupam 13,2 - 14,6% do comprimento da cabeça (vs. 8,5 - 10,7%), e



as manchas na área dorsal e parte média da área lateral confluindo em barras transversais (vs. manchas laterais não se unindo a manchas dorsais). Quanto ao ranqueamento dessa espécie de acordo com o potencial de bioindicação, apesar de ser uma espécie endêmica da região de cabeceiras do Rio Pirai, populações de *T. macrophthalmus* são amplamente distribuídas na região de cabeceira do Rio Pirai, indicando que a exigências de qualidade da água não são necessariamente ligadas a ambientes degradados, portanto recebendo valor 4 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43750, MNRJ 43760, MNRJ 43772, MNRJ 43813, MNRJ 43832.



**Figura 7 - *Trichomycterus macrophthalmus* Barbosa & Costa, 2012, MNRJ 43760, 52 mm CP, vista lateral.**

*Trichomycterus nigroauratus* Barbosa & Costa, 2008

*Trichomycterus nigroauratus* tem sua localidade tipo situado no rio Barreiro, na cidade de São José do Barreiro, São Paulo, ao norte da Serra da Bocaina, porém também há registros desta espécie na bacia do Rio das Pedras, que compõe a drenagem do Rio Pirai (Barbosa & Costa, 2008; Buckup *et al.*, 2014). Essa espécie apresenta ampla variação na coloração, que aparentemente está relacionada à ontogenia (Buckup *et al.*, 2014). Os indivíduos mais jovens apresentam uma faixa escura larga longitudinal ao longo dos flancos, que pode ser interrompida ou contínua. Já os indivíduos maiores apresentam faixas com bordas irregulares e manchas escuras que podem recobrir todo o corpo em um padrão homogêneo.

*Trichomycterus nigroauratus* difere das demais espécies do gênero por possuir osso metapterigoide amplo (mais alto que comprido) e pela presença de uma mancha dourada no focinho (Barbosa & Costa, 2008). Esse peixe difere de *T. macrophthalmus*

por possuir menor diâmetro do olho (8,5 - 10,7% do comprimento da cabeça vs. 13,2 - 14,6%) e maior número de costelas (11 – 13 vs. 9) (Buckup *et al.*, 2014). Como possui características ecológicas semelhantes à *T. macrophthalmus*, *Trichomycterus nigroauratus* também recebeu o valor 4 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43719, MNRJ 43754, MNRJ 43814, MNRJ 43833.



**Figura 8 - *Trichomycterus nigroauratus* Barbosa & Costa, 2008, MNRJ 43719, CP = 76 mm, vista lateral.**

#### Família Loricariidae

Espécies da família Loricariidae podem ser identificadas pelo corpo recoberto por placas ósseas, presença abundante de odontóides e um disco oral na região ventral, o qual facilita a adesão do peixe ao substrato (Garg *et al.*, 2010; Geerinckx *et al.*, 2011; Lujan & Armbruster, 2012). Em relação ao hábito alimentar, loricarídeos se aderem ao substrato, consumindo detritos e algas (Buck & Sazima, 1995), porém diversas espécies possuem adaptações para o consumo madeira, sementes e macroinvertebrados (Lujan *et al.*, 2011).

#### *Harttia carvalhoi* Miranda Ribeiro, 1939

O gênero *Harttia* pode ser reconhecido pela ausência de quilhas nas placas ósseas laterais, focinho arredondado, largas placas circundando a região posterior ao ânus e estreitamento abrupto do pedúnculo caudal (Boeseman, 1971; Rapp Py-Daniel, 1997). *Harttia carvalhoi* diferencia-se das demais espécies congêneres que ocorrem na bacia do Rio Pirai por apresentar a região imediatamente anterior ao ânus nua, sem placas ósseas (Buckup *et al.*, 2014). Essa espécie pode habitar rios de correnteza rápida a moderada, com substrato arenoso e/ou com cascalhos (Buckup *et al.*, 2014). Como existe pouca informação sobre a ecologia dessa espécie, ela recebeu valor 5 quanto ao potencial de bioindicação, que é um valor relativamente neutro.

Material testemunho: MNRJ 43816, MNRJ 43823.



Figura 9 - *Harttia carvalhoi* Miranda Ribeiro, 1939, MNRJ 43816, 78 mm CP, vista lateral.



Figura 10 - *Harttia carvalhoi* Miranda Ribeiro, 1939, MNRJ 43816, 78 mm CP, vista dorsal.



Figura 11 - *Harttia carvalhoi* Miranda Ribeiro, 1939, MNRJ 43816, 78 mm CP, vista ventral.

*Harttia loricariformes* Steindachner, 1877

*Harttia loricariformes* difere de *H. carvalhoi*, também presente na bacia do Rio Pirai, por apresentar um par de placas na região imediatamente anterior ao ânus (Buckup *et al.*, 2014). Assim como *H. carvalhoi*, *Harttia loricariformes* ocorre em rios de correnteza rápida com substrato arenoso e/ou com cascalhos (Ghazzi & Oyakawa, 2007; Buckup *et al.*, 2014), porém, existe pouca informação sobre a ecologia desta espécie além das características comuns à família Loricariinae. Portanto, *Harttia loricariformes* recebeu valor 5 quanto ao seu potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43773.



Figura 12 - *Harttia loricariformes* Steindachner, 1877, MNRJ 43773, 42 mm CP, vista lateral.



Figura 13 - *Harttia loricariformes* Steindachner, 1877, MNRJ 43773, 42 mm CP, vista dorsal.



Figura 14 - *Harttia loricariformes* Steindachner, 1877, MNRJ 43773, 42 mm CP, vista ventral.

*Rineloricaria sp.*

O gênero *Rineloricaria* possui a maior diversidade de espécies da subfamília Loricariinae, porém os limites das espécies ainda não são adequadamente conhecidos, o que dificulta a identificação das espécies coletadas em bacias não abrangidas por revisões taxonômicas recentes (Fichberg & Chamon, 2008; Rapp Py-Daniel & Fichberg, 2008). Em comparação com o gênero *Harttia*, espécies deste taxon podem ser identificadas nos locais de coleta deste estudo pela presença de pequenas placas dérmicas recobrimdo a região ventral do corpo entre as nadadeiras peitorais e pélvicas, o comprimento do pedúnculo caudal maior que a metade do comprimento do corpo e a presença de um pequeno barbilhão na junção dos lábios (Buckup *et al.*, 2014).

Em relação aos aspectos ecológicos, esses peixes são caracterizados como iliófagos e podem ser encontrados em trechos de corredeiras com fundo arenoso e/ou pedregoso (Barbieri, 1995). Quanto ao ranqueamento de *Rineloricaria sp.* de acordo com o potencial de bioindicação, como são usualmente encontradas em ambientes de águas claras e correntes, com substrato de granulação fina, pode-se assumir que sua presença exija a existência de ecossistemas relativamente íntegros, recebendo o valor 6.

Material testemunho: MNRJ 43771, MNRJ 43817, MNRJ 43826.



Figura 15 - *Rineloricaria* sp., MNRJ 43826, 76 mm CP, vista lateral.

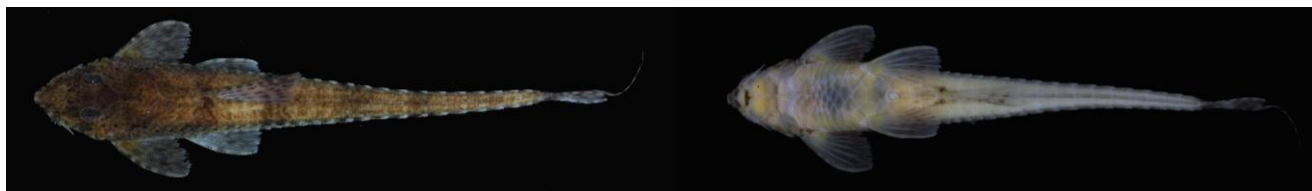


Figura 16 - *Rineloricaria* sp., MNRJ 43826, 76 mm CP, vista dorsal.

Figura 17 - *Rineloricaria* sp., MNRJ 43826, 76 mm CP, vista ventral.

*Neoplecostomus microps* Steindachner, 1877

Espécies do gênero *Neoplecostomus* caracterizado pela presença de duas ou três fileiras de papilas dispostas em posição posterior ao dentário no lábio inferior e por apresentarem a região ventral entre as nadadeiras peitorais e pélvicas coberta por um escudo de numerosas placas dérmicas com odontóides (Langeani, 1990). As 15 espécies deste gênero podem ser identificadas através da chave de identificação proposta por Andrade & Langeani (2014).

*Neoplecostomus microps* difere das espécies do mesmo gênero pelo menor número de dentes no dentário e de placas da linha lateral (Andrade & Langeani, 2014). *Neoplecostomus microps* habita cabeceiras de rios e riachos em áreas de correnteza rápida e substrato arenoso e/ou rochoso (Menezes *et al.*, 2007). A dieta da espécie é composta principalmente por larvas de Diptera, ninfas de Plecoptera e larvas de Coleoptera aquáticas, e seu período reprodutivo se estende entre outubro e fevereiro, coincidindo com o período das chuvas (Braga *et al.*, 2008). Como essa espécie possui baixa tolerância a degradação ambiental, e sua ocorrência geralmente depende de ambientes de cabeceira, foi atribuído valor 7 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43751, MNRJ 43761, MNRJ 43774, MNRJ 43808, MNRJ 43825.



Figura 18 - *Neoplecostomus microps* Steindachner, 1877, MNRJ 43808, 87 mm CP, vista lateral.



Figura 19 - *Neoplecostomus microps* Steindachner, 1877, MNRJ 43808, 87 mm CP, vista dorsal.

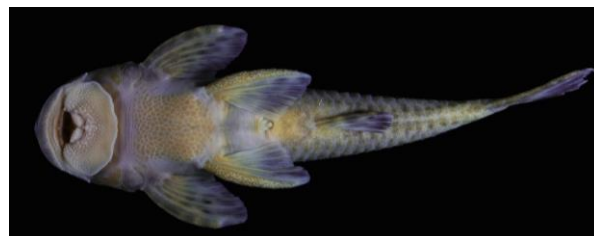


Figura 20 - *Neoplecostomus microps* Steindachner, 1877, MNRJ 43808, 87 mm CP, vista ventral.

#### *Hypostomus affinis* Steindachner, 1877

A espécie *Hypostomus affinis* pode ser diferenciada das demais representantes da família Loricariidae presentes nos rios coletados por apresentarem a região ventral entre as nadadeiras peitorais e pélvicas desprovida de placas ósseas, coberta somente por pele, as mandíbulas dispostas em um “V” aberto, um pequeno barbilhão na junção dos lábios, e o pedúnculo caudal com aspecto arredondado em corte transversal (Buckup *et al.*, 2014).

A maior parte dos dados ecológicos disponíveis para essa espécie são relacionados à aspectos reprodutivos (e.g., Duarte & Araújo, 2002; Gomes *et al.*, 2010; Duarte *et al.*, 2011), sendo demonstrado o potencial adaptativo de *Hypostomus affinis* em ambientes de reservatório com baixa complexidade de habitats (Duarte *et al.*, 2011), portanto recebeu valor 4 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43781, MNRJ 43824.



Figura 21 - *Hypostomus affinis* Steindachner, 1877, MNRJ 43824, 62 mm CP, vista lateral.



Figura 22 - *Hypostomus affinis* Steindachner, 1877, MNRJ 43824, 62 mm CP, vista dorsal.



Figura 23 - *Hypostomus affinis* Steindachner, 1877, MNRJ 43824, 62 mm CP, vista ventral.

#### Família Heptapteridae

Dentre os Siluriformes encontrados nos rios de cabeceira da bacia do Rio Pirai, Heptapteridae diferem de Trichomycteridae pela ausência de odontóides associados a região ventral da cabeça e pelo arranjo dos barbilhões (um maxilar, dorsal, e dois mentonianos, ventrais), e diferem de Loricariidae por apresentarem o corpo coberto apenas por pele (Buckup *et al.*, 2014).

Aspectos ecológicos de espécies da família Heptapteridae não variam muito dos demais Siluriformes, sendo adaptados a hábitos bentônicos em rios de pequeno a médio porte (Bockmann & Guazzelli, 2003). Eles habitam profundidades baixas a médias de rios com correnteza moderada, podendo ocupar fendas no fundo rochoso, vegetação marginal ou se enterrar em substrato arenoso, sendo mais ativos durante à noite (Casatti & Castro, 1998). Heptapterídeos são bons indicadores da qualidade do ambiente que ocupam, uma vez que é notável a presença e maior abundância de indivíduos em rios com boa qualidade de água e cobertura vegetal densa (Bockmann & Guazzelli, 2003).

*Imparfinis minutus* Lütken, 1875

*Imparfinis minutus* difere dos demais heptapterídeos presentes nos rios de cabeceira da bacia do Rio Pirai por apresentar barbilhão maxilar (dorsal) estendido somente até a base das nadadeiras pélvicas, a margem da órbita ocular pouco definida, com sulcos rasos em torno do olho, e por não possuir espinho perfurante nas nadadeiras peitoral e dorsal (Buckup *et al.*, 2014).

Espécies desse grupo se alimentam basicamente de larvas de artrópodes, obtendo seu alimento por meio da exploração do substrato arenoso através do uso de barbilhões e boca (Casatti & Castro, 1998). Por ser uma espécie com baixa tolerância a degradação ambiental e dependente de um ambiente relativamente íntegro para obter seu alimento, *Imparfinis minutus* recebeu valor 6 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43770, MNRJ 43822.



Figura 24 - *Imparfinis minutus* Lütken, 1875, MNRJ 43770, 83 mm CP, vista lateral.

*Pimelodella lateristriga* Lichtenstein, 1823

*Pimelodella lateristriga* pode ser identificada pela presença de nove ganchos antrorsos evidentes na margem posterior do espinho peitoral e pelo barbilhão maxilar (dorsal) estendido até pouco além da origem das nadadeiras pélvicas (Buckup *et al.*, 2014). A coloração do corpo castanho-claro esverdeado e amarelado, com uma faixa escura mediana ao longo do flanco, e a presença de acúleo pontiagudo nas nadadeiras peitorais e dorsal também diferenciam essa espécie dos demais Heptapteridae presentes nos rios de cabeceira da bacia do Rio Pirai (Buckup *et al.*, 2014).

Espécies desse gênero são onívoras/carnívoras e tendem a ser solitárias ou viver em grupos de no máximo 10 indivíduos, ocupando o fundo de rios com substrato



arenoso ou de cascalho (Bockmann & Guazzelli, 2003; Aranha *et al.*, 1998). Como essa espécie possui hábitos generalistas, ampla distribuição e é comumente tolerante às condições de ambiente aquático degradado, *Pimelodella lateristiga* recebeu valor 3 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43815, MNRJ 43831.



**Figura 25 - *Pimelodella lateristiga* Lichtenstein, 1823, MNRJ 43815, 39 mm CP, vista lateral.**

*Rhamdia* sp. cf. *R. quelen* Quoy & Gaimard, 1824

Muitas dessas espécies foram sinonimizadas com *Rhamdia quelen*, que teve sua localidade tipo alterada para o rio Samiria, no Peru (Silfvergrip, 1996), porém é improvável que a espécie encontrada na região de cabeceira da bacia do Rio Piraí seja a mesma presente na Amazônia Ocidental (Buckup *et al.*, 2014). Representantes desta espécie diferem dos demais heptapterídeos presentes nos rios coletados por apresentar a linha lateral estendida até a base dos raios caudais principais medianos, pela presença de acúleo pontiagudo somente nas nadadeiras peitorais, e pelo comprimento do barbilhão maxilar (dorsal) que se estende além de suas nadadeiras pélvicas, ultrapassando a nadadeira anal em exemplares pequenos (Buckup *et al.*, 2014).

Em relação à alimentação, *Rhamdia quelen* é uma espécie carnívora oportunista (Bichuette & Trajano, 2005). Populações dessa espécie são sensíveis a baixos níveis de poluentes, como herbicidas e bactericidas, presentes na água, podendo ser indicadores da contaminação do ambiente que habitam (e.g., Mela *et al.*, 2013a; 2013b; Loro *et al.*, 2015). No entanto, devido à ampla distribuição dessa espécie oportunista e a presença em ambientes perturbados negativamente, *Rhamdia* sp. cf. *R. quelen* recebeu valor 3 quanto ao potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43769.



Figura 26 – *Rhamdia* sp. cf. *R. quelen* Quoy & Gaimard, 1824, MNRJ 43769, 98 mm CP, vista lateral.

Ordem Gymnotiformes

Família Gymnotidae

Gymnotiformes são caracterizados pelo corpo anguilliforme, que remete à forma de uma faca, pela ausência de nadadeiras dorsal, adiposa e pélvica, e a capacidade de produzir e detectar campos eletromagnéticos (Albert, 2001). As características dos pulsos eletromagnéticos, que são usados para localização e comunicação, são específicas de cada espécie e estão relacionadas à hábitos crípticos e noturnos (Lissman 1958, Stoddard 2002a, 2002b, Albert *et al.* 2004, Lovejoy *et al.* 2010).

*Gymnotus pantherinus* Steindachner, 1908

*Gymnotus pantherinus* é considerado como um complexo de espécies, mas representantes desse táxon podem ser diferenciados de *Gymnotus carapo*, outro complexo de espécies também ocorrente no sudeste do Brasil, pelo padrão de coloração castanha com manchas marrons vermiculiformes (vs. bandas inclinadas escuras) (Buckup *et al.*, 2010). *Gymnotus pantherinus*, como os demais Gymnotiformes, tem sua sobrevivência condicionada à presença de vegetação marginal, uma vez que possuem hábitos crípticos junto a margem de rios, sendo sensível à distúrbios no ambiente (Costa, 1987). Quanto ao ranqueamento dessa espécie de acordo com o potencial de bioindicação, dois fatores foram levados em consideração. Primeiro, *G. pantherinus* é comum na região estudada, o que indicaria a atribuição de valor médio, porém os fatores ambientais que condicionam a

sobrevivência dessa espécie e limitam sua distribuição justificam a atribuição do valor 6 na escala de potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43777, MNRJ 43809, MNRJ 43827.

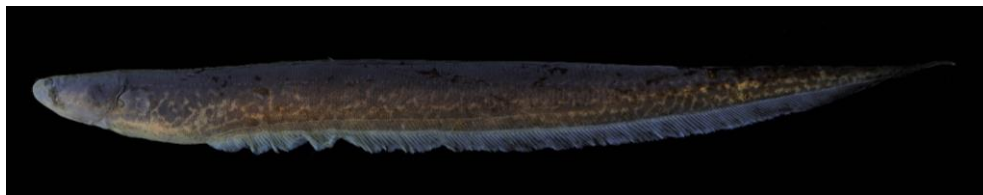


Figura 27 - *Gymnotus pantherinus* Steindachner, 1908, MNRJ 43827, 122 CP, vista lateral.

Ordem Cyprinodontiformes

Família Poeciliidae

Animais pertencentes à família Poeciliidae são caracterizados por apresentarem nadadeira peitoral com inserção alta, migração em direção a região anterior do corpo das nadadeiras pélvicas durante o desenvolvimento e presença de poros supraorbitais, assim como uma série de sinapomorfias internas (Lucinda, 2003).

*Phalloceros harpagos* Lucinda, 2008

O gênero *Phalloceros* foi amplamente revisado por Lucinda (2008) e a análise dos caracteres sexuais de machos e fêmeas é o principal meio de identificação de suas espécies. Os machos apresentam a extremidade do gonopódio bifurcada, podendo apresentar abas de pele e ganchos, enquanto as fêmeas adultas possuem papilas genitais que podem variar em tamanho e direção da inclinação. Populações desse gênero possuem grande resiliência a poluição, ocupando rios altamente impactados negativamente por atividade humana, podendo se alimentar da matéria orgânica presente na água (Araújo *et al.*, 2009). Portanto, devido a alta tolerância a ambientes aquáticos degradados e a fácil adaptação, *Phalloceros harpagos* recebeu valor 1 na escala de potencial de bioindicação.

*Phalloceros harpagos* pode ser diferenciado de demais *Phalloceros* que ocorrem no sudeste do Brasil pela posição da papila genital feminina, que é longitudinalmente alinhada ao eixo médio-ventral, podendo apresentar um prolongamento distal curvado

para a direita ou esquerda do corpo em fêmeas maduras (Lucinda, 2008). As fêmeas de outras espécies deste gênero apresentam a base da papila genital voltada para um dos lados do corpo. Apesar de ocorrer variação intraespecífica entre populações de *Phalloceros harpagos*, como padrão de coloração e tamanho do gonopódio, não há evidências que comprovem a existência de diferentes espécies dentre essas populações (Lucinda, 2008).

Material testemunho: MNRJ 43722, MNRJ 43752, MNRJ 43762, MNRJ 43775, MNRJ 43811, MNRJ 43828.



Figura 28 - *Phalloceros harpagos* Lucinda, 2008, MNRJ 43828, 34 mm CP, fêmea, vista lateral.



Figura 29 - *Phalloceros harpagos* Lucinda, 2008, MNRJ 43828, 25 mm CP, macho, vista lateral.

#### *Poecilia reticulata* Peters, 1859

*Poecilia reticulata* tem sua localidade tipo situada no rio Guaire, na Venezuela, porém esta espécie foi amplamente introduzida em diversos pontos das Américas, devido à baixa exigência de oxigênio dissolvido na água para sua sobrevivência e sua associação ao combate de larvas de mosquitos vetores de diversas doenças (Santos, 1958). Os indivíduos desta espécie podem ser diferenciados dos demais poecilídeos pela presença de canais preorbitais parcialmente fechados, formato triangular da extremidade anterior do basipterígio de machos adultos e primeira gonapófise formando um ângulo de 5 a 15 graus relativos à coluna vertebral, dentre outros caracteres (Lucinda & Reis, 2005). Assim como espécies de *Phalloceros*, populações de *P. reticulata* são generalistas e podem ocupar rios altamente degradados por atividade antrópica (Araújo *et al.*, 2009). Além disso, essa espécie é exótica, portanto recebeu o menor valor quanto ao potencial de bioindicação, -1.

Material testemunho: MNRJ 43763, MNRJ 43446.



**Figura 30 - *Poecilia reticulata* Peters, 1859, MNRJ 43763, 36 mm CP, fêmea, vista lateral.**



**Figura 31 - *Poecilia reticulata* Peters, 1859, MNRJ 43763, 19 mm CP, macho, vista lateral.**

## Ordem Perciformes

### Família Cichlidae

Ciclídeos podem ser diferenciados das outras espécies que ocorrem nos rios de cabeceira da bacia do Rio Pirai pela presença de diversos raios duros na porção anterior da nadadeira dorsal, que se estende ao longo da maior parte da região dorsal do animal (Buckup *et al.*, 2014).

#### *Australoheros* sp.

O gênero *Australoheros* se diferencia dos demais da família Cichlidae por apresentar baixa contagem de escamas nas séries laterais (menos que 25), tamanho de escamas na região peitoral similar ao das escamas no flanco, baixo número de vértebras (13 + 13-14), coloração com interrupção das barras abdominais na região média-dorsal durante período reprodutivo e juvenis apresentando xantóforos na base da nadadeira caudal (Říčan & Kullander, 2006). Não há uma revisão das espécies de *Australoheros* que habitam rios costeiros do Brasil, e a maioria das descrições taxonômicas baseia-se em comparações limitadas de características internas sem adequada avaliação de seu valor taxonômico, o que dificulta a identificação das espécies deste grupo.

Quanto a alimentação, *Australoheros* apresenta grande variedade de itens em seu conteúdo estomacal, indicando hábito alimentar onívoro e bentônico (Ottoni *et al.*, 2011). O tipo do habitat desse gênero e seus hábitos alimentares indicam que exigências de qualidade da água não são necessariamente ligadas a ambientes

degradados, portanto, *Australoheros sp.* recebeu valor 5 quanto ao seu potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43780.



**Figura 32 - *Australoheros sp.*, MNRJ 43780, CP = 50 mm, vista lateral.**

*Crenicichla lepidota* Heckel, 1840

Peixes do gênero *Crenicichla* diferem de outras espécies de ciclídeos que ocorrem na região de cabeceira do Rio Pirai por apresentarem corpo alongado. Os exemplares desse gênero coletados no rio Passa Quatro pertencem à espécie *Crenicichla lepidota*, que difere de *Crenicichla lacustris*, outra espécie que ocorre em bacias do estado do Rio de Janeiro, por apresentar mancha humeral (vs. ausência de mancha humeral em *C. lacustris*) e ausência de pontos escuros ao redor da cabeça e ao longo do corpo (vs. presença de pontos escuros).

*Crenicichla lepidota* tem seu habitat associado a lagoas e rios de água lenta, característica observada no ponto onde essa espécie foi coletada no rio Passa Quatro (ponto Passa Quatro 1). Indivíduos dessa espécie, assim como em todo o gênero *Crenicichla*, são piscívoros, apresentando estrutura corporal adaptada a predação ativa (López-Fernández *et al.*, 2012). Quanto ao ranqueamento dessa espécie de acordo com o potencial de bioindicação, como se trata de um predador piscívoro, pode-se assumir que sua presença exija a existência de ecossistemas relativamente íntegros, recebendo valor 6.

Material testemunho: MNRJ 43779.



**Figura 33 - *Crenicichla lepidota* Heckel, 1840, MNRJ 43779, 85 mm CP, vista lateral.**

*Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard 1824

Espécies do gênero *Geophagus* diferem de outros ciclídeos por apresentarem bexiga natatória alongada na região posterior do corpo, acompanhada por uma série de costelas pleurais na região caudal, podendo alcançar da 9<sup>a</sup> à 16<sup>a</sup> hemapófise (Kullander, 1998). *Geophagus brasiliensis* difere das espécies de tilápia introduzidas na região de cabeceiras do Rio Pirai por apresentar uma listra negra escura estendendo-se em arco entre a região pré-dorsal e o ângulo pósterio-inferior do pré-opérculo, atravessando o olho, e pela ausência de uma mancha preta na extremidade posterior do opérculo (Buckup *et al.*, 2014). Além disso, *G. brasiliensis* possui um lóbulo carnoso e franjado na face anterior da porção superior do primeiro arco faringiano. A taxonomia desta espécie é confusa, uma vez que não há uma revisão taxonômica deste gênero, as populações de *Geophagus* do sul e sudeste do Brasil são geralmente classificadas como *Geophagus brasiliensis* (Buckup *et al.*, 2014).

Quanto aos hábitos alimentares, indivíduos de *Geophagus brasiliensis* são detritívoros, também podendo se alimentar de insetos bentônicos (López-Fernández *et al.*, 2012). Devido à ampla distribuição dessa espécie generalista e a ampla presença em ambientes perturbados negativamente, *Geophagus brasiliensis* recebeu valor 2 quanto ao potencial de bioindicação.

Material testemunho: MNRJ 43753, MNRJ 43764, MNRJ 43778, MNRJ 43810, MNRJ 43829.



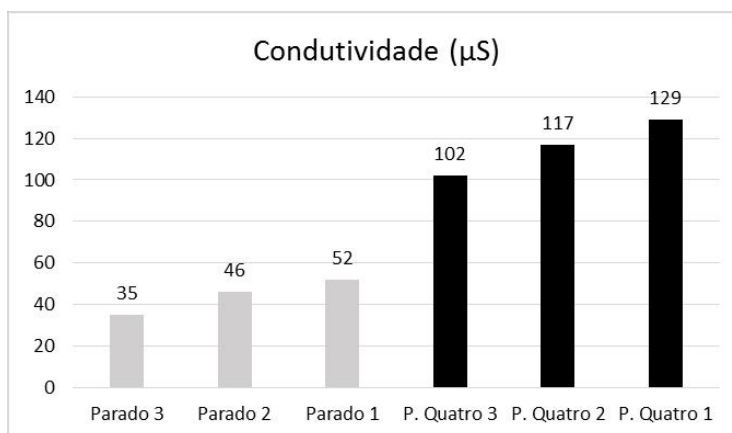
Figura 34 - *Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard 1824, MNRJ 43778, 64 mm CP, vista lateral.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Variáveis Físicas de Qualidade de Água

A condutividade da água no momento da amostragem variou entre 35 e 129  $\mu\text{S}$ , sendo o maior valor registrado na foz do rio Passa Quatro e o menor valor registrado na cabeceira do rio Parado (Figura 35). Valores de condutividade registrados no rio Passa Quatro foram muito mais elevados que no rio Parado. Tal disparidade nos níveis de condutividade entre os dois rios pode ocorrer devido ao maior grau de ocupação humana observado no rio Passa Quatro, que implica em maiores quantidades de esgoto doméstico não tratado despejado nas águas do rio. A diferença no tipo de solo entre os dois rios também pode influenciar na condutividade, uma vez que no rio Parado predominavam rochas graníticas e areia, enquanto no rio Passa Quatro o solo aparentava ser mais argiloso. Nos dois rios foi observado o padrão de aumento progressivo da condutividade a partir da região de cabeceira em direção a foz. Esse padrão pode ser explicado pelo acúmulo de eletrólitos dissolvidos na água ao longo dos rios, que resulta em regiões de baixada com maior concentração de substâncias que aumentam a condutividade elétrica da água.



**Figura 35 - Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ) nos pontos amostrados.**

O potencial de hidrogênio (pH) da água nas localidades amostradas variou entre 7,4 e 7,8, com exceção do ponto Passa Quatro 3, onde foi registrado o valor 6,9 (Figura 36). Os valores de pH obtidos no rio Parado foram constantes ao longo de seu curso, variando apenas 0,05 no ponto 2. Todos os valores medidos indicam que a água

desses rios é levemente alcalina, exceto no ponto Passa Quatro 3, onde registrou-se o valor 6,9.

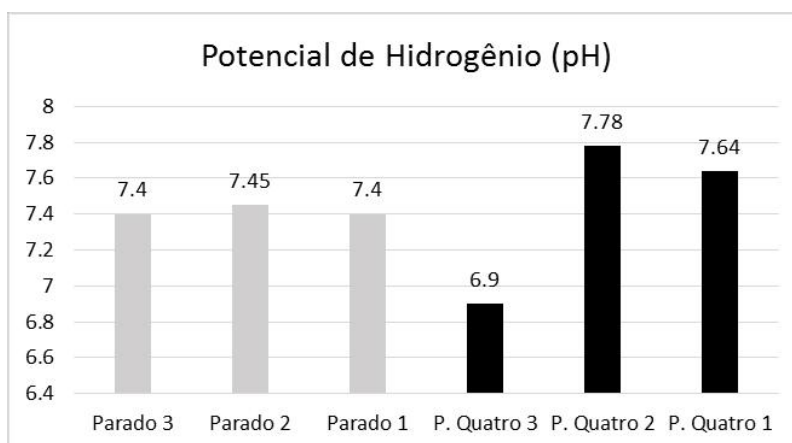


Figura 36 - Potencial de hidrogênio (pH) dos pontos amostrados.

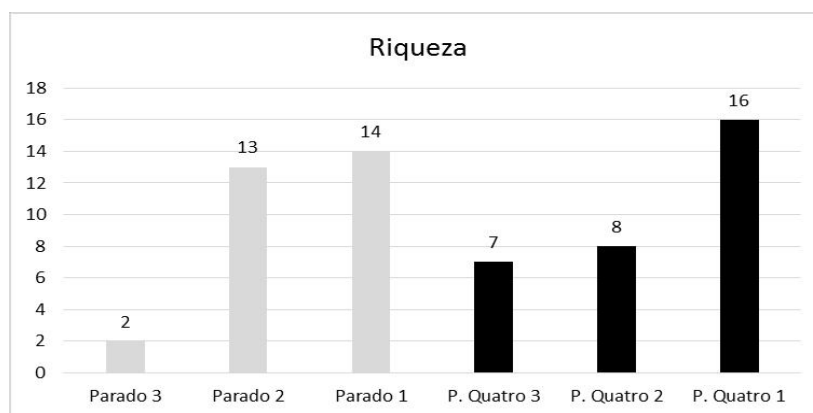
### Riqueza e Abundância

Foram coletados 2.516 exemplares de peixes nos seis pontos de amostragem. Aproximadamente metade destes indivíduos, 1.263 no total, são representantes da espécie *Phalloceros harpagos*. Esta foi a única espécie capturada em todos os pontos de coleta. Em contraste, as espécies *Australoheros sp.* e *Hoplias malabaricus* tiveram apenas um indivíduo coletado em toda a expedição. A captura média por localidade foi de 419,3 indivíduos, sendo coletadas 21 espécies de peixes, das quais três (*Australoheros sp.*, *Crenicichla lepidota*, *Poecilia reticulata*) não haviam sido capturadas em coletas anteriores na bacia do Rio das Pedras, adjacente aos rios Parado e Passa Quatro (Buckup *et al.*, 2014). Das 21 espécies coletadas, 13 foram capturadas em ambos os rios, três ocorreram apenas no rio Parado e cinco foram capturadas exclusivamente no rio Passa Quatro.

A riqueza média foi de 10,0 espécies por localidade amostrada, variando entre 2 e 16 espécies por localidade (Figura 37). Os menores valores de riqueza de espécies foram registrados nos pontos da cabeceira dos rios Parado e Passa Quatro, fato esse esperado em rios e riachos em geral, conforme a teoria do rio contínuo (Vannote *et al.*, 1980). A quantidade de espécies, geralmente tem relação positiva com a qualidade do ambiente aquático, porém também há uma relação negativa entre proximidade da

nascente e região de cabeceira com a riqueza, ocorrendo uma variação natural ao longo do curso d'água. Além disso, a riqueza em trechos impactados pode aumentar graças a presença de espécies generalistas e de grande tolerância a poluição aquática.

A menor riqueza de espécies no ponto Parado 3 era esperada, já que foi o local coletado com maior altitude, na região de cabeceira, apresentando água fria e marcado por diversas quedas d'água. Contudo, a captura de apenas duas espécies nesse ponto foi inesperada e pode ter sido resultado de erro na aplicação da metodologia de coleta, visto que esta amostragem foi realizada com pouco treinamento conjunto da equipe de trabalho. A maior riqueza de espécies amostradas no ponto Passa Quatro 1 pode ser estar associada a grande proximidade com a calha principal do Rio Piraí, que pode influenciar no recrutamento de indivíduos da ictiofauna desse rio, bem como pelo aporte de matéria orgânica existente no local.



**Figura 37 - Riqueza de espécies nos pontos de coleta nos rios Parado e Passa Quatro.**

A abundância média de indivíduos por espécie foi de 41,3 por localidade amostrada (Tabela 4). Diferentemente dos valores de riqueza registrados ao longo dos rios estudados, não foi observado um padrão claro de variação no número de indivíduos coletados ao longo dos rios. O maior número de exemplares coletados foi observado no ponto Passa Quatro 2, devido à grande quantidade de representantes das espécies *Phalloceros harpagos* e *Poecilia reticulata* capturados no local (Figura 38). Esse ponto, aliás, foi o único que apresentou uma congregação de *Poecilia reticulata*, que representa uma espécie exótica, amplamente utilizada em aquaríofolia e controle de mosquitos. Já o ponto Parado 2 teve a menor abundância de indivíduos,

apesar de ser a localidade amostrada com o terceiro maior valor de riqueza de espécies.

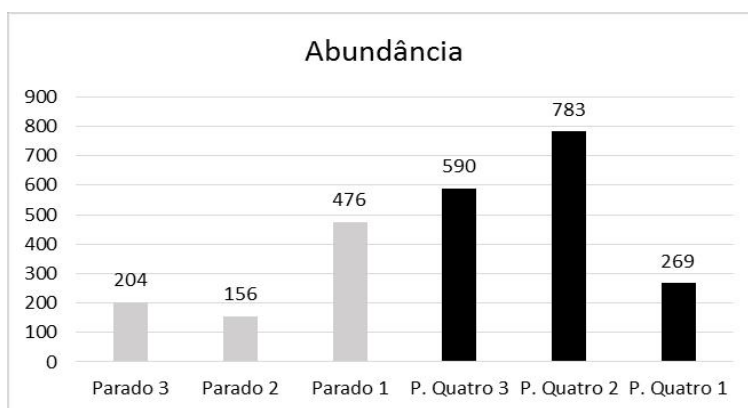


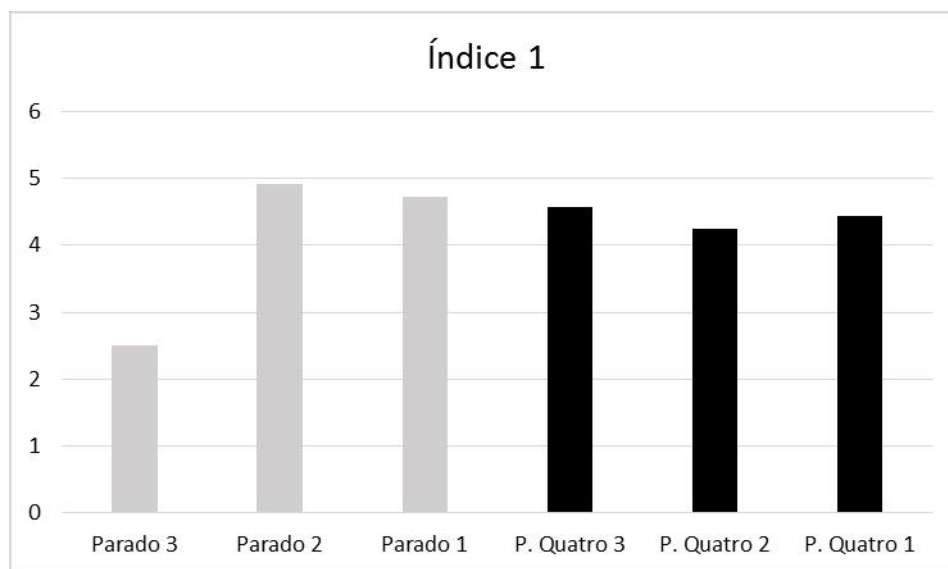
Figura 38 - Abundância de indivíduos nas coletas realizadas nos rios Parado e Passa Quatro.

Tabela 4 - Número de indivíduos capturados por espécie em cada ponto de coleta.

Espécies	Rio Parado			Rio Passa Quatro			Total
	3	2	1	3	2	1	
<i>Astyanax intermedius</i>		16	15	79	58	74	242
<i>Australoheros sp.</i>						1	1
<i>Characidium lauroi</i>		18		39	5		62
<i>Characidium vidali</i>		7	3		37	1	48
<i>Crenicichla lepidota</i>						5	5
<i>Geophagus brasiliensis</i>		17	57	11	53	20	158
<i>Gymnotus pantherinus</i>		11	4			2	17
<i>Harttia carvalhoi</i>		2	4				6
<i>Harttia loricariformes</i>						4	4
<i>Hoplias malabaricus</i>			1				1
<i>Hypostomus affinis</i>			3			1	4
<i>Imparfinis minutus</i>			3			5	8
<i>Neoplecostomus microps</i>		38	118	21	43	10	230
<i>Oligosarcus hepsetus</i>		6				6	12
<i>Phalloceros harpagos</i>	199	34	241	417	294	40	1263
<i>Pimelodella lateristiga</i>		1	1				2
<i>Poecilia reticulata</i>					266	1	267
<i>Rhamdia cf. quelen</i>						2	2
<i>Rineloricaria sp.</i>		2	23			84	109
<i>Trichomycterus macrophthalmus</i>		2	1	22	27	13	65
<i>Trichomycterus nigroauratus</i>	5	2	2	1			10
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>156</b>	<b>476</b>	<b>590</b>	<b>783</b>	<b>269</b>	<b>2516</b>

## Índices de Integridade Biótica

Os valores de ambos os Índices de Integridade Biótica foram menores no ponto alto do rio Parado e maiores no ponto médio do mesmo rio, porém nenhum resultado foi maior que 5, indicando baixa qualidade média do ambiente aquático em todos os pontos estudados (Figura 39). O Índice 1 variou entre o mínimo de 2,5 no ponto Parado 3, na região de cabeceira, e o máximo de 4,92 no ponto Parado 2, no curso médio. O baixo valor do Índice 1 no ponto Parado 3 reflete o fato de apenas duas espécies de peixes comumente tolerantes à ambientes aquáticos degradados terem sido capturadas nesse local. Já no ponto Parado 2, o valor de 4,92 pode correlaciona-se com a presença de espécies que estão associadas a ambientes com boa qualidade de água, como *Characidium lauroi*, *Characidium vidali* e *Neoplecostomus microps*. Entretanto, a maioria dos indivíduos capturados nesse ponto representam táxons associados a ambientes de qualidade média ou ruim, como *Geophagus brasiliensis* e *Phalloceros harpagos*. Na parte baixa do rio Parado, o valor do índice foi de 4,72, refletindo a semelhança da ictiofauna à do ponto anterior, sendo que 10 de 14 espécies coletadas ocorreram em ambos os trechos.



**Figura 39 – Índice 1 de Integridade Biótica dos ambientes aquáticos dos rios Parado e Passa Quatro baseada no ranking médio de bioindicação das espécies coletadas.**

Apesar da maior quantidade de espécies no trecho de baixada do rio Passa Quatro, não houve variação significativa no resultado do Índice 1, em relação aos outros pontos do mesmo rio. Os valores do Índice 1 foram 4,57 no trecho alto, ponto Passa Quatro 3, 4,25 no trecho médio, Passa Quatro 2, e 4,44 no trecho baixo, Passa Quatro 1.

O índice 2, no rio Parado, variou entre o mínimo de 1,07 no ponto Parado 3, no trecho alto do rio Parado, e o máximo de 4,88 no ponto Parado 2, no trecho médio do mesmo rio (Figura 40). No caso do Índice 2, houve maior variação entre os valores obtidos para cada ambiente amostrado, o que demonstra a grande diferença de abundância entre espécies indicadoras de diferentes condições ambientais nos pontos amostrados. Por exemplo, nos pontos Parado 2 e Parado 1 há grande semelhança na composição da ictiofauna que habita esses trechos, porém a maior abundância de espécies indicadoras de impactos ambientais no trecho de baixada faz com que o Índice 2 seja menor no ponto 1. Assim como ocorreu no Índice 1, o baixo valor obtido no Parado 3 é resultado da captura de apenas duas espécies tolerantes a ambientes aquáticos degradados, destacando-se a grande abundância de indivíduos de *Phalloceros harpagos*, uma espécie com grande tolerância a ambientes com baixa oxigenação da água e elevada temperatura.

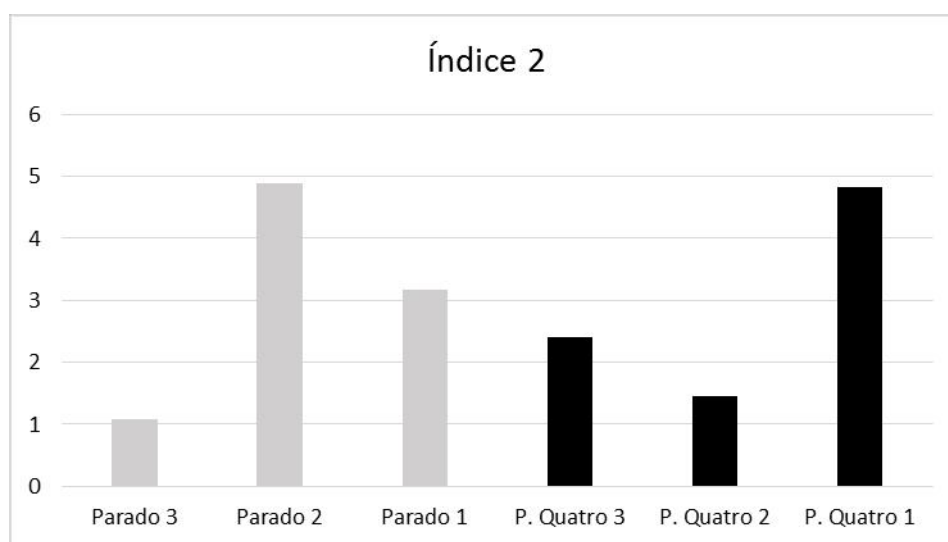


Figura 40 - Índice 2 de Integridade Biótica nos ambientes amostrados.

No rio Passa Quatro o valor do Índice 2 foi menor no curso médio, 1,45, resultado, principalmente, da grande abundância da espécie *Poecilia reticulata*, que é uma espécie exótica e se adapta facilmente a ambientes impactados negativamente por ações antrópicas. No trecho alto do mesmo rio, o valor do Índice 2 foi de 2,41, devido ao grande número de indivíduos da espécie *Phalloceros harpagos*, que representou aproximadamente 70% dos exemplares capturados nesse trecho do rio. Já no ponto Passa Quatro 1, o valor do Índice 2 foi 4,82, o maior deste rio. Nesse trecho, houve maior riqueza de espécies que indicam um ambiente com qualidade média a boa de água.

A diferença entre a qualidade dos pontos foi mais evidente no Índice 2 do que no Índice 1, o que reflete a grande abundância relativa de espécies mais tolerantes a ambientes degradados nos pontos com valores de IIBs mais baixos. Esses resultados evidenciam o impacto negativo da ocupação humana nas áreas adjacentes da bacia hidrográfica, e a forma como a degradação desses habitats tem interferido na composição ictiofaunística. Por exemplo, a destruição da mata ciliar para construção de vias de transporte e casas e estabelecimento de pasto e plantações acelera o processo de erosão da margem e assoreamento do rio (Ferreira & Dias, 2004), causando a diminuição da complexidade de habitats em certos trechos, inviabilizando a ocupação daquele ambiente por certas espécies.

O despejo de esgoto doméstico e resíduos gerados pela atividade agropecuária pode resultar na eliminação de algumas espécies pela contaminação direta, ou causar a eutrofização da água, devido ao aumento de quantidade de matéria orgânica, que tem efeitos ecológicos negativos (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010). Além desse tipo de contaminação, o rio Passa Quatro, principalmente no trecho baixo (Ponto Passa Quatro 1), sofre impacto ambiental negativo pela ocupação de suas margens com grandes propriedades rurais. Nesse rio, represas privadas afetam o fluxo natural de populações de peixes ao longo do curso d'água, e tanques de piscicultura, que são responsáveis pelo despejo de grande quantidade de matéria orgânica na calha principal e possível introdução de espécies exóticas, utilizadas para fins comerciais, que desestabilizam a composição da ictiofauna nativa.

Em relação à baixa abundância e riqueza de peixes observada no trecho alto do rio Parado (Ponto Parado 3), alguns fatores podem ter influenciado nesse resultado. Primeiro, o local de coleta está localizado a 976 m de altitude e apresentava rápida correnteza de águas frias, o que pode indicar que, por não ser época de reprodução, ocorreu migração natural dos peixes para a parte baixa do rio. Segundo, o local pode ter sido severamente impactado negativamente por atividades antrópicas, como a construção de vias de concreto que cortam o rio para passagem de pessoas e animais que ocupam propriedades rurais ao longo das margens. Terceiro, a metodologia de coleta pode ter influenciado no resultado, não sendo adequada para local amostrado ou havendo falhas na execução.

Já no trecho baixo do rio Parado (Ponto Parado 1) foi observado o alto grau de assoreamento, provavelmente provocado pela eliminação da mata ciliar ao longo da margem. O assoreamento propicia a formação de substrato arenoso na área de baixado do rio, e esse tipo de solo pode ser ocupado por espécies do gênero *Rineloricaria*, como ocorreu nas partes baixas do rio Parado e Passa Quatro. Porém, indivíduos desse gênero geralmente são indicadores de ambientes relativamente íntegros, sendo atribuído o valor 6 no raqueamento das espécies de acordo com o potencial de bioindicação. Essa situação contrastante indica a dificuldade para o estabelecimento de índices de bioindicação para *Rineloricaria*.

A distribuição das espécies nos locais de coleta também pode ter sido influenciada pelas condições climáticas observadas no ano de 2015. Anteriormente à coleta, houve um forte período de seca que diminuiu consideravelmente o nível de rios e reservatórios na região Sudeste do Brasil. Essa seca também afetou os rios da região de cabeceira do Rio Piraí, o que pode ter influenciado a distribuição de peixes ao longo dos rios estudados, diminuindo a abundância e riqueza de espécies. No rio Passa Quatro essa seca pode ter causado o acúmulo de espécies na parte alta (Ponto Passa Quatro 3), impossibilitando migração para parte baixa, já que esse rio é interrompido por trechos subterrâneos.

Finalmente, os resultados dos IIBs demonstram baixa à média qualidade da água dos rios estudados, mesmo em trechos que próximos à nascente, que



constumam apresentar boa qualidade ambiental. Nos rios Parado e Passa Quatro, os Índices de Integridade Biótica utilizados neste estudo parecem refletir eficientemente a qualidade de água. As tendências observadas coincidiram com as expectativas de alteração do rio provocadas pelo despejo de poluentes, modificação da margem e leito, e perturbação da ictiofauna dos rios estudados. O ranqueamento das espécies de acordo com o potencial de bioindicação utilizado neste estudo também pareceu ser adequado, uma vez que informações sobre aspectos ecológicos das espécies foram levantadas para justificar o valor atribuído a cada uma. Entretanto, algumas espécies não tiveram seus aspectos ecológicos abordados devido a falta de literatura, portanto, o ranking deve ser atualizado de acordo com a disponibilidade de novos estudos.

## CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo possibilitaram a avaliação da qualidade de água nos rios Parado e Passa Quatro a partir do levantamento da ictiofauna local e indicaram média a baixa qualidade da água da região, uma vez que nenhum dos valores dos Índice de Integridade Biológica ficou acima de 5, valor que indica qualidade mediana da água. Nem mesmo nos pontos altos de coleta, mais próximos as nascentes, onde se espera a presença de espécies com baixa tolerância a degradação ambiental, foram obtidos resultados indicativos da presença de espécies indicadores de boa qualidade ambiental. A presença de espécies de peixes indicadores de impactos ambientais, exóticas e o baixo número de populações de peixes que necessitam de ambientes conservados para se estabelecer demonstram que os rios Parado e Passa Quatro são impactados negativamente pela ocupação humana que ocorre ao longo dos cursos d'água. Talvez esses impactos ambientais negativos não sejam detectados nos exames físico-químicos da qualidade de água, já que há captação da água do rio Parado para consumo humano.

Além do cálculo dos IIBs nos locais de coleta, este estudo realizou o primeiro levantamento da ictiofauna dos rios Parado e Passa Quatro, ampliando o conhecimento sobre as espécies de peixe que ocorrem na região e sua relação com o estado de conservação ambiental dos rios que habitam. Foi constatada a heterogeneidade espacial da distribuição das espécies de peixes, a qual se reflete na distribuição de valores dos IIBs. Os resultados dos índices nesses dois rios podem ser comparados com estudos anteriores realizados na bacia do Rio das Pedras (Buckup, 2010; Buckup et al., 2014), drenagem que também faz parte da região de cabeceira da bacia do Rio Pirai. Em conjunto, esses estudos descrevem o perfil de conservação ambiental dos rios da região baseados na ictiofauna.

A realização do inventário da ictiofauna local e o levantamento bibliográfico do histórico taxonômico e dados ecológicos das espécies coletadas são fundamentais para a identificação dos peixes da região e aplicação do Índice de Integridade Biótica. Como esse material foi depositado na Coleção Ictiológica do Departamento de Vertebrados do Museu Nacional/ UFRJ e há material genético disponível, os

exemplares coletados para esse estudo poderão ser aproveitados em futuras pesquisas de cunho taxonômico e molecular.

Por fim, recomenda-se futuras coletas no rio Parado e Passa Quatro em diferentes períodos do ano para comparar a abundância e riqueza de espécies nos pontos estudados. Essa comparação serviria para verificar se os resultados obtidos nesse estudo se mantêm ao longo do ano ou variam de acordo com a alteração da distribuição de espécies no período de cheias e reprodução. Além disso, a aplicação dos Índices de Integridade Biótica em outros pontos do Rio Pirai, seguindo a metodologia padronizada descrita nesse estudo, ampliaria o conhecimento sobre o potencial de bioindicação de espécies de peixes dessa bacia e o estado de conservação desses ambientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, A. A. *et al.* Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.; STRAŠKRABA, M. (ed.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: IIE, 1999.
- ALBERT, J. S. Species diversity and phylogenetic systematics of american knifefishes (Gymnotiformes, Teleostei). **Miscellaneous Publications, Museu of Zoology, University of Michigan**, p. 1–140, 2001.
- ANDRADE, B. N.; LANGEANI, F. A new species of *Neoplecostomus* Eigenmann & Eigenmann, 1888 (Siluriformes: Loricariidae: Neoplecostominae) from the upper rio Paraná basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 4, p. 675–681, 2014.
- ARANHA, J. M. R.; TAKEUTI, D. F.; YOSHIMURA, T. M. Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 46, n. 4, p. 951–959, 1998.
- ARAÚJO, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, p. 547-558, 1998.
- ARAÚJO, F. G. *et al.* Distribution of guppies *Poecilia reticulata* (Peters, 1860) and *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) along a polluted stretch of the Paraíba do Sul River, Brazil. **Revista brasileira de biologia**, v. 69, n. 1, p. 41–48, 2009.
- ARAÚJO, F. G. *et al.* Spatial and seasonal changes in the diet of *Oligosarcus hepsetus* (Characiformes, Characidae) in a Brazilian reservoir. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 65, n. 1, p. 1–8, 2005.
- AZEVEDO, R. S. **Ecologia alimentar de *Characidium vidali* Travassos, 1967 no Rio Macaé (RJ) revelada através de quatro ferramentas complementares**. Tese de Monografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2011.
- BARBIERI, G. Estrutura populacional do cascudo, *Rineloricaria latirostris* Boulenger, 1899 (Siluriformes, Loricariidae) do rio Passa Cinco, Ipeúna, Estado de São Paulo. **Revista Ceres**, v. 42, n. 240, p. 167–176, 1995.
- BARBOSA, M. A.; COSTA, W. J. E. M. *Trichomycterus potschi* (Siluriformes: Loricarioidei): a new trichomycterid catfish from coastal streams of southeastern Brazil. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 14, p. 281 – 287, 2003.

- BARBOSA, M. A.; COSTA, W. J. E. M. Description of a new species of catfish from the upper Rio Paraíba do Sul basin, southeastern Brazil (Teleostei: Siluriformes: Trichomycteridae) and redescription of *Trichomycterus itatiayae*. **Aqua: International Journal of Ichthyology**, v. 14, p. 175 - 186, 2008.
- BARBOSA, M. A.; COSTA, W. J. E. M. *Trichomycterus macrophthalmus* (Teleostei: Siluriformes: Trichomycteridae), a new species of catfish from the Paraíba do Sul river basin, southeastern Brazil. **Vertebrate Zoology**, v. 62, n. 1, p. 79–82, 2012.
- BERTACO, V. A.; DE LUCENA, C. A. S. Two new species of *Astyanax* (Ostariophysi: Characiformes: Characidae) from eastern Brazil, with a synopsis of the *Astyanax scabripinnis* species complex. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 1, p. 53–60, 2006.
- BICHUETTE, M. E.; TRAJANO, E. A new cave species of *Rhamdia* (Siluriformes: Heptapteridae) from Serra do Ramalho, northeastern Brazil, with notes on ecology and behavior. **Neotropical Ichthyology**, v. 3, n. 4, p. 587–595, 2005.
- BIZERRIL, C.; PRIMO, P. B. **Peixes de águas interiores do Estado do Rio de Janeiro**. FEMAR – SEMADS, Cooperação técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUA, Rio de Janeiro, 2001.
- BOESEMAN, M. The “combtoothed” Loricariinae of Surinam, with reflections on the phylogenetic tendencies within the family Loricariidae (Siluriformes, Siluroidei). **Zoologische Verhandelingen**, v. 116, p. 1-56, 1971.
- BOCKMANN, F. A. Família Heptapteridae. In: BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Série Livros 23, 195 p., 2007.
- BOCKMANN, F. A., & GUAZZELLI, G. M. Family Heptapteridae (Heptapterids). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR, C. J. (eds.), **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**, Edipucrs, Rio Grande do Sul, 2003.
- BORJA, A. *et al.* Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 9, p. 1519–1537, 2008.
- BRAGA, F. M. S.; GOMIERO, L. M.; SOUZA, U. P. Aspectos da reprodução e alimentação de *Neoplecostomus microps* (Loricariidae, Neoplecostominae) na microbacia do Ribeirão

- Grande, serra da Mantiqueira oriental (Estado de São Paulo). **Acta Scientiarum, Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 455–463, 2008.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco**. Câmara dos Deputados/CODEVASF, Brasília, 1984.
- BUCK, S.; SAZIMA, I. An assemblage of mailed catfishes (Loricariidae) in southeastern Brazil: distribution, activity, and feeding. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 6, p. 325–332, 1995.
- BUCKUP, P. A. Review of the characidiin fishes (Teleostei: Characiformes), with descriptions of four new genera and ten new species. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 4, n. 2, p. 97-154, 1993a.
- BUCKUP, P. A. Phylogenetic interrelationships and reductive evolution in Neotropical characidiin fishes (Characiformes, Ostariophysi). **Cladistics**, v. 9, n. 3, p. 305-341, 1993b.
- BUCKUP, P. A. *Characidium lagosantense* Travassos, 1947. p.483-485. In: MACHADO, A.B.M.; FONSECA, G.A.B.; MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S.; LINS, L.V. (eds.) **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas, Minas Gerais, 1998.
- BUCKUP, P. A. Family Crenuchidae (South American darters). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR, C. J. (eds.), **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**, Edipucrs, Rio Grande do Sul, 2003.
- BUCKUP, P. A. Família Loricariidae: Neoplecostominae. In: BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Museu Nacional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Série Livros 23, 195 p., 2007.
- BUCKUP, P. A. **Monitoramento de Qualidade de Água na Bacia do Rio das Pedras com Base em Espécies de Peixes Indicadores**. Segundo Relatório. The Nature Conservancy, Rio de Janeiro, 2010.

- BUCKUP, P. A. *et al.* Waterfall climbing in *Characidium* (Crenuchidae: Characidiinae) from eastern Brazil. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 11, n. 3, p. 273-278, 2000.
- BUCKUP, P. A.; MELO, M. R. S. Phylogeny and distribution of fishes of the *Characidium lauroi* group as indicators of climate change in southeastern Brazil. P. 193-195, In: LOVEJOY, T. E.; HANNAH, L. (eds.). **Climate Change and Biodiversity**, Yale University Press, Connecticut, 2005.
- BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. (Eds.) **Catálogo das Espécies de Peixes de Água Doce do Brasil**. Museu Nacional – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- BUCKUP, P. A. *et al.* **Guia de Identificação de Espécies de Peixes da Bacia do Rio das Pedras: Município de Rio Claro, RJ**. The Nature Conservancy, Rio de Janeiro, 2014.
- CASATTI, L.; CASTRO, R. M. C. A Fish Community of the São Francisco River Headwaters Riffles, Southeastern Brazil. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 9, p. 229-242, 1998.
- COSTA, W. J. E. Feeding habits of a fish community in a tropical coastal stream, Rio Mato Grosso, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 22, n. 3, p. 145–153, 1987.
- CRAMPTON, W. G. R. Effects of anoxia on the distribution, respiratory strategies and electric signal diversity of gymnotiform fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 53, p. 307–330, 1998.
- CRAMPTON, W. G. R. Gymnotiform fish : an important component of Amazonian floodplain fish communities. **Journal of Fish Biology**, v. 48, p. 298–301, 1996.
- DE PINNA, M. C. C. A new subfamily of Trichomycteridae (Teleostei, Siluriformes), lower loricarioid relationships and a discussion on the impact of additional taxa for phylogenetic analysis. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 106, n. 3, p. 175–229, 1992.
- DE PINNA, M. C. C. Phylogenetic relationships of Neotropical Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi): historical overview and synthesis of hypotheses. P. 279-330. In: MALABARBA, L.R.; REIS, R.E.; VARI, R.P.; LUCENA, Z.M.; LUCENA, C.A.S. (Eds.)

- Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes**, Edipucrs, Rio Grande do Sul, 1998.
- DE PINNA, M. C. C.; WOSIACKI, W. Family Trichomycteridae (Pencil or parasitic catfishes). P. 270-290, in: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR, C. J. (eds.), **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**, Edipucrs, Rio Grande do Sul, 2003.
- DIAS, A. C. M. I.; BRANCO, C. W. C.; LOPES, V. G. Estudo da dieta natural de peixes no reservatório de Ribeirão das Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 27, n. 4, p. 355-364, 2005.
- DUARTE, S.; ARAÚJO, F. G. Fecundity of the *Hypostomus affinis* (Siluriformes, Loricariidae) in the Lajes Reservoir, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 50, n. 1, p. 193–197, 2002.
- DUARTE, S.; ARAÚJO, F. G.; BAZZOLI, N. Reproductive plasticity of *Hypostomus affinis* (Siluriformes: Loricariidae) as a mechanism to adapt to a reservoir with poor habitat complexity. **Zoologia (Curitiba)**, v. 28, n. 5, p. 577–586, 2011.
- EUROPEAN COMMISSION. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. **Official Journal of the European Parliament**, v. L327, p. 1–82, 2000.
- FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 617-623, 2004.
- FERRER, J.; MALABARBA, L. R. A new *Trichomycterus* lacking pelvic fins and pelvic girdle with a very restricted range in southern Brazil (Siluriformes: Trichomycteridae). **Zootaxa**, v. 2912, p. 59-67, 2011.
- FICHBERG, I.; CHAMON, C. C. *Rineloricaria osvaldoi* (Siluriformes: Loricariidae): A new species of armored catfish from rio Vermelho, Araguaia basin, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 3, p. 347–354, 2008.
- FURSE, M.T, *et al.* The ecological status of European rivers: evaluation and intercalibration of assessment methods. **Hydrobiologia**, v. 566, p. 1–2, 2006.



- GARG, T. K. *et al.* Histochemistry and functional organization of the dorsal skin of *Ancistrus dolichopterus* (Siluriformes: Loricariidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 4, p. 877–884, 2010.
- GEERINCKX, T.; HERREL, A.; ADRIAENS, D. Suckermouth armored catfish resolve the paradox of simultaneous respiration and suction attachment: a kinematic study of *Pterygoplichthys disjunctivus*. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology**, v. 315 A, n. 3, p. 121–131, 2011.
- GHAZZI, M. S.; OYAKAWA, O. T. Família Loricariidae: Loricariinae. In: BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Museu Nacional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Série Livros 23, 195 p., 2007.
- GOMES, A. D.; CORREIA, T. G.; MOREIRA, R. G. Fatty acids as trophic biomarkers in vitellogenic females in an impounded tropical river. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 36, n. 3, p. 699–718, 2010.
- HAHN, N.S. *et al.* Dieta e atividade alimentar de peixes do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Ed.). **Reservatório de Segredo – Bases Ecológicas para o Manejo**. Copel/ Eduem/ Nupélia, Maringá, 1997.
- HERING, D., *et al.* Cook book for the development of a multimetric index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. **Hydrobiologia**, v. 566, p. 311–342, 2006.
- KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21–27, 1981.
- KARR, J. R.; CHU, E. W. **Restoring Life in Running Waters: Better Biological Monitoring**. Island Press, Washington, DC., 1999.
- KULLANDER, S.O. A phylogeny and classification of the Neotropical Cichlidae (Teleostei: Perciformes), p. 461–498. In: MALABARBA, L.R.; REIS, R.E.; VARI, R.P.; LUCENA, Z.M.; LUCENA, C.A.S. (Eds.) **Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes**, Rio Edipucrs, Grande do Sul, 1998.
- LANGANI, F. Revisão do gênero *Neoplecostomus* Eigenmann & Eigenmann, 1888, com a descrição de quatro novas espécies do sudeste brasileiro (Ostariophysi, Siluriformes,

- Loricariidae). **Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS: série Zoologia**, v. 3, p. 3–31, 1990.
- LISSMANN, H. W. On the Function and Evolution of Electric Organs in Fish. **Journal of Experimental Biology**, v. 35, p. 156–191, 1958.
- LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H. *et al.* Diet-morphology correlations in the radiation of South American Geophagine cichlids (Perciformes: Cichlidae: Cichlinae). **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, 2012.
- LORO, V. L., *et al.* Glyphosate-based herbicide affects biochemical parameters in *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824 and) *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1837). **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 1, p. 229–236, 2015.
- LOVEJOY, N. R. *et al.* Phylogeny, biogeography, and electric signal evolution of Neotropical knifefishes of the genus *Gymnotus* (Osteichthyes: Gymnotidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 54, n. 1, p. 278–290, 2010.
- LUCINDA, P. H. F. Family Poeciliidae. P. 555–581, in: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**, Edipucrs, Rio Grande do Sul, 2003.
- LUCINDA, P. H. F. Systematics and biogeography of the genus *Phalloceros* Eigenmann, 1907 (Cyprinodontiformes: Poeciliidae: Poeciliinae), with the description of twenty-one new species. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 2, p. 113–158, 2008.
- LUCINDA, P. H. F.; REIS, R. E. Systematics of the subfamily Poeciliinae Bonaparte (Cyprinodontiformes: Poeciliidae), with an emphasis on the tribe Cnesterodontini Hubbs. **Neotropical Ichthyology**, v. 3, n. 1, p. 1–60, 2005.
- LUJAN, N. K.; GERMAN, D. P.; WINEMILLER, K. O. Do wood-grazing fishes partition their niche?: Morphological and isotopic evidence for trophic segregation in Neotropical Loricariidae. **Functional Ecology**, v. 25, n. 6, p. 1327–1338, 2011.
- LUJAN, N. K.; ARMBRUSTER, J. W. Morphological and functional diversity of the mandible in suckermouth armored catfishes (Siluriformes: Loricariidae). **Journal of Morphology**, v. 273, n. 1, p. 24–39, 2012.
- LUJAN, N. K. *et al.* Description of a New, Narrowly Endemic South American Darter (Characiformes: Crenuchidae) from the Central Guiana Shield Highlands of Guyana. **Copeia**, v. 2013, n. 3, p. 454–463, 2013.

- MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.
- MARCHANT, R., NORRIS, R.H., MILLIGAN, A. Evaluation and application of methods for biological assessment of streams: summary of papers. **Hydrobiologia**, v. 572, p. 1–7, 2006.
- MAZZONI, R. *et al.* **Peixes**. p. 63-73. In: BERGALLO, HG *et al.* A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro. Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2000.
- MELA, M. *et al.* Effects of dietary methylmercury on liver and kidney histology in the neotropical fish *Hoplias malabaricus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 68, n. 3, p. 426–435, 2007.
- MELA, M. *et al.* Effects of the herbicide atrazine in neotropical catfish (*Rhamdia quelen*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 93, p. 13-21, 2013a.
- MELA, M. *et al.* Risks of waterborne copper exposure to a cultivated freshwater Neotropical catfish (*Rhamdia quelen*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 88, p. 108-116, 2013b.
- MELO, F. A. G. Revisão taxonômica das espécies do gênero *Astyanax* Baird & Girard, 1854 (Teleostei: Characiformes: Characidae) da região da serra dos Órgãos. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 59, p. 1-46, 2001.
- MELO, M. R. S. **Sistemática, filogenia e biogeografia do grupo *Characidium lauroi* Travassos, 1949 (Characiformes, Crenuchidae)**. Dissertação de Mestrado, Museu Nacional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- MENEZES, N. A. Três espécies novas de *Oligosarcus* Günther, 1864 e redefinição taxonômica das demais espécies do gênero (Osteichthyes, Teleostei, Characidae). **Boletim de Zoologia, São Paulo**, v. 11, p. 1–39, 1987.
- MENEZES, N. A. *et al.* **Peixes de água doce de Mata Atlântica: lista preliminar das espécies e comentários sobre a conservação de peixes de água doce neotropicais**. Museu de Zoologia – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

- MIRANDA, A. L. *et al.* Bioaccumulation of chlorinated pesticides and PCBs in the tropical freshwater fish *Hoplias malabaricus*: Histopathological, physiological, and immunological findings. **Environment International**, v. 34, n. 7, p. 939–949, 2008.
- MIRANDA, J. C.; FERREIRA, C. G. W.; ANDRADE, D. C. Estrutura da Comunidade de Peixes na Área de Influência Direta da Pequena Central Hidrelétrica Braço, RJ/SP. **Holos**, v. 5, p. 293–304, 2013.
- MIRANDE, J. M. Weighted parsimony phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes). **Cladistics**, v. 25, n. 6, p. 574–613, 2009.
- NETO, F. *et al.* Toxic effects of DDT and methyl mercury on the hepatocytes from *Hoplias malabaricus*. **Toxicology in vitro**, v. 22, n. 7, p. 1705–1713, 2008.
- NOGUEIRA, C. *et al.* Restricted-range fishes and the conservation of Brazilian freshwaters. **PLoS ONE**, v. 5, n. 6, 2010.
- OLIVEIRA, C. *et al.* Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. **BMC Evolutionary Biology**, v. 11, n. 1, p. 275, 2011.
- OLIVEIRA, R. B. S. *et al.* Towards rapid bioassessment of wadeable streams in Brazil: Development of the Guapiau-Macau Multimetric Index (GMMI) based on benthic macroinvertebrates. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 6, p. 1584–1593, 2011.
- OTTONI, F. P. *et al.* *Australoheros perdi*, new species (Teleostei: Labroidei: Cichlidae) from the lacustrine region of the Doce River Valley, southeastern Brazil, with biological information. **Vertebrate Zoology**, v. 61, n. 1, p. 137–145, 2011.
- OYAKAWA, O. T. Erythrinidae (Trahiras). P. 238–240, in: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**, Edipucrs, Rio Grande do Sul, 2003.
- OYAKAWA, O. T. **Revisão sistemática das espécies do gênero *Hoplias* (grupo *lacerdae*) da Amazônia brasileira e região leste do Brasil (Teleostei: Erythrinidae)**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- OYAKAWA, O. T.; MATTOX, G. M. T. Revision of the Neotropical trahiras of the *Hoplias lacerdae* species-group (Ostariophysi: Characiformes: Erythrinidae) with descriptions of two new species. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 2, p. 117–140, 2009.

- PONT, D. *et al.* A Predictive Index of Biotic Integrity Model for Aquatic-Vertebrate Assemblages of Western U.S. Streams. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 138, n. 2, p. 292–305, 2009.
- RAPP PY-DANIEL, L. H. Phylogeny of the Neotropical armored catfishes of the subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariinae). Dissertação de PhD., University of Arizona, Arizona, 280p, 1997.
- RAPP PY-DANIEL, L. H.; FICHBERG, I. A new species of *Rineloricaria* (Siluriformes: Loricariidae: Loricariinae) from rio Daraá, rio Negro basin, Amazon, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 3, p. 339–346, 2008.
- REZENDE, C. F. *et al.* Trophic ecology of two benthivorous fishes in relation to drift and benthos composition in a pristine Serra do Mar stream (Rio de Janeiro, Brazil). **Fundamental and Applied Limnology**, v. 183, n. 2, p. 163–175, 2013.
- RIBEIRO, A. C.; MENEZES, N. A. Phylogenetic relationships of the species and biogeography of the characid genus *Oligosarcus Günther, 1864* (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). **Zootaxa**, v. 3949, n. 1, p. 41–81, 2015.
- ŘÍČAN, O.; KULLANDER, S. O. Character- and tree-based delimitation of species in the “*Cichlasoma*” *facetum* group (Teleostei, Cichlidae) with the description of a new genus. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 44, n. 2, p. 136–152, 2006.
- ROSET, N. *et al.* A review of existing fish assemblage indicators and methodologies. **Fisheries Management and Ecology**, v. 14, n. 6, p. 393–405, 2007.
- SANTOS, E.O. **Peixes de água doce**: vida e costumes dos peixes do Brasil. Editora Itatiaia, Belo Horizonte, v. 2, 1958.
- SAZIMA, I. Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. **Journal of Fish Biology**, v. 29, p. 53–65, 1986.
- SILFVERGRIP, A. M. C. **A systematic revision of the neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae)**. Swedish Museum of Natural History, Stockholm, 1996.
- STODDARD, P. K. Electric Signals: Predation, Sex, and Environmental Constraints. **Advances in the Study of Behavior**, v. 31, p. 201–242, 2002a.

- STODDARD, P. K. The evolutionary origins of electric signal complexity. **Journal of Physiology Paris**, v. 96, n. 5-6, p. 485–491, 2002b.
- TEIXEIRA, T. P. *et al.* Distribuição da ictiofauna em locais impactados no Rio Paraíba do Sul. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, v. 24, n. 2, p. 167-174, 2004.
- TERRA, B. D. F.; ARAÚJO, F. G. A preliminary fish assemblage index for a transitional river-reservoir system in southeastern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 3, p. 874–881, 2011.
- TERRA, B. D. F. *et al.* Assessment of biotic condition of atlantic rain forest streams: A fish-based multimetric approach. **Ecological Indicators**, v. 34, p. 136–148, 2013.
- THURSTON, R. V. *et al.* (eds.) **A review of the EP Red Book**. Quality criteria for water. American Fisheries Society, Bethesda, 1979.
- UIEDA, V. S.; PINTO, T. L. F. Feeding selectivity of ichthyofauna in a tropical stream: space-time variations in trophic plasticity. **Community Ecology**, v. 2, n. 1, p. 31-39, 2011.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). **Summary of Biological Assessment Programs and Biocriteria Development for States, Tribes, Territories, and Interstate Commissions: Streams and Wadeable Rivers**. Office of Environmental Information and Office of Water, Washington, 2002.
- VANNOTE, R. L. *et al.* The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.
- VIANNA, M. A. B. S. **Revisão Sistemática do gênero *Trichomycterus* Valenciennes do Sudeste do Brasil (Siluriformes: Loricarioidea: Trichomycteridae)**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2004.
- YAGOW, G. *et al.* Use of Biological Indicators in TMDL Assessment and Implementation. **Transactions of the ASABE**, v. 49, n. 4, p. 1023–1032, 2006.