



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro Biomédico  
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Maíra Moraes Pereira

**Composição elementar corporal, desbalanço alimentar e  
reciclagem de nutrientes em peixes de um riacho costeiro de Mata  
Atlântica**

Rio de Janeiro  
2014

Maíra Moraes Pereira

**Composição elementar corporal, desbalanço alimentar e reciclagem de nutrientes em peixes de um riacho costeiro de Mata Atlântica**



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia e Evolução.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosana Mazzoni

Coorientadores: Prof.<sup>a</sup> Dra. Eugenia Zandonà

Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla Ferreira Rezende

Prof. Dr. Alexander Flecker

Rio de Janeiro

2014

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

P436

Pereira, Maíra Moraes.

Composição elementar corporal, desbalanço alimentar e reciclagem de nutrientes em peixes de um riacho costeiro de Mata Atlântica / Maíra Moraes Pereira. – 2014.

112f. : il.

Orientadora: Rosana Mazzoni

Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Inclui bibliografia.

1. Peixe - Alimentação - Teses. 2. Peixe - Mata Atlântica - Teses. I. Mazzoni, Rosana. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 597

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Maíra Moraes Pereira

**Composição elementar corporal, desbalanço alimentar e reciclagem de nutrientes em peixes de um riacho costeiro de Mata Atlântica**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia e Evolução.

Aprovada em 6 de fevereiro de 2014.

Orientadora:

Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosana Mazzoni  
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes – UERJ

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Miriam Pilz Albrecht  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Jean Carlos Miranda  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Timothy Peter Moulton  
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

---

Prof. Dr. Vinicius Neres de Lima  
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Rio de Janeiro

2014

## DEDICATÓRIA

À minha mãe a pessoa mais importante da minha vida, que além de mãe é amiga, conselheira, ouvinte e a pessoa que sempre estará me apoiando, independente das minhas escolhas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Vera Lucia Martins de Moraes e meu irmão Kaio Moraes Pereira, por todo carinho, amor, paciência e incentivo em todos esses anos. Mãe, nunca teria sido capaz de chegar tão longe sem o seu apoio.

A meu irmão mais velho, cunhada e sobrinhos por todo o incentivo e carinho.

A minhas irmãs de coração Marcela Otranto, Vanessa Reis e Michelle Xavier, por todo o carinho e amor nesses anos. Muito obrigada amigas, sem o apoio de vocês durante todos esses anos não teria sido capaz de chegar tão longe. Amo muito vocês.

À Vanessa Reis. Gostaria de agradecer novamente a essa minha grande amiga, pois nessa fase final me ajudou imensamente, tanto na escrita como nas análises estatísticas.

À todos os integrantes do labeco peixes UERJ/UFRJ.

Aos amigos do CP2 por tantos anos de amizade, apoio e carinho.

Aos amigos integrantes ou ex-integrantes do laboratório de ecologia de peixes da UERJ: Dr. Jean Carlos Miranda, Dra. Carla Rezende, M. Sc. Luisa Manna, M. Sc. Piatã Marques, M. Sc. Raquel Costa, Michel Francis, Túlio Santos, M. Sc. Felipe Braz, Mayara Gomes, Leonardo Lobo, Raphael Motizuki. Muito obrigada por toda a ajuda amigos, sem vocês eu não teria conseguido realizar esse trabalho.

As amigas integrantes ou ex-integrantes do laboratório de ecologia de peixes da UFRJ Vanessa Reis, Mayara Correia, Juliana Pereira, Ellen Camara, Gisela Lefebvre, Danielle Beserra, Úrsula Jaramillo, Renata Bartolette, Daniela Rosa e Clarissa Brazil-Sousa. Muito obrigada por todo o carinho.

Aos os amigos que fiz na Universidade de Cornell integrantes do laboratório do Prof. Dr. Alexander Flecker: Christopher Dalton, Sarah Collins, Keeley MacNeill, Lily Twining, obrigada por tudo que aprendi com vocês. À Maria Monadu, Amanda Talaba, Christopher Dalton, Ana Longo, Alberto Torres e David Rodriguez, ... vocês fizeram com que esses 7 meses fossem muito especiais na minha vida.

A Michi e Tom Schulenberg, pessoas maravilhosas que conheci durante o período de doutorado sanduiche. Muito obrigada, esse tempo que passei com vocês foi maravilhoso.

A Flávia Guimarães Chaves, amiga com quem dividi apartamento durante os meses que morei nos Estados Unidos. Muito obrigada por ter insistido para ir, você sabe o quanto essa mudança de rumo foi importante para mim.

Aos amigos brasileiros que conheci nos Estados Unidos, Jussara, Bárbara, Ana Cecília (novinha), Priscilla, Paulo, Roberto, Brunna, Patrícia, Fabiana, Juliana, Gabriel, Renato, José Renato e Luciana. Vocês ajudaram a fazer com que esses meses fossem muito especiais para mim.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

A CAPES pela bolsa concedida para a realização do projeto de tese e pela bolsa de doutorado sanduiche.

A Prof.<sup>a</sup> Dra. Eugenia Zandonà por fazer a primeira revisão da tese.

A minha banca examinadora, Prof.<sup>a</sup> Dra. Miriam Pilz Albrecht, Prof. Dr. Jean Carlos Miranda, Prof. Dr. Timothy Peter Moulton, Prof. Dr. Vinicius Neres de Lima, Prof.<sup>a</sup> Dra. Eugenia Zandonà e Prof. Dr. Jean Carlos Miranda.

A Henrique Garcia e Sonia Regina Pereira, os melhores secretários do mundo. Muito obrigada por toda a ajuda.

A Caio Dias por sempre me ajudar na identificação dos insetos aquáticos.

Aos integrantes da Bio2003/2 e 2005/1 por todo o carinho nesse tempo.

Ao Prof. Dr. Vinicius Neres de Lima por toda a ajuda na parte estatística da versão final, desta tese.

E por último, mas não menos importante agradeço a minha orientadora a Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosana Mazzoni por todos esses anos de orientação e por nunca ter desistido de mim. A minha coorientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla Ferreira Rezende por todo o incentivo. A minha coorientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Eugenia Zandonà que me ajudou bastante com todo o seu conhecimento, sendo imprescindível para a conclusão desse trabalho. Ao meu coorientador Prof. Dr. Alexander Flecker que me recebeu de braços abertos no seu laboratório nos Estados Unidos. Muito obrigada, Alex, por sempre fazer questão de conversar comigo sobre o meu projeto, tentando me ajudar a compreender meus dados, sempre com muito carinho e profissionalismo.

## Lira do amor romântico

Atirei um limão n'água  
e fiquei vendo na margem.  
Os peixinhos responderam:  
Quem tem amor tem coragem.

Atirei um limão n'água  
e caiu enviesado.  
Ouvi um peixe dizer:  
Melhor é o beijo roubado.

Atirei um limão n'água,  
como faço todo ano.  
Senti que os peixes diziam:  
Todo amor vive de engano.

Atirei um limão n'água,  
como um vidro de perfume.  
Em coro os peixes disseram:  
Joga fora teu ciúme

Atirei um limão n'água  
mas perdi a direção.  
Os peixes, rindo, notaram:  
Quanto dói uma paixão.

Atirei um limão n'água,  
ele afundou um barquinho.  
Não se espantaram os peixes:  
faltava-me o teu carinho.

Atirei um limão n'água,  
o rio logo amargou.  
Os peixinhos repetiram:  
É dor de quem muito amou.

Atirei um limão n'água,  
o rio ficou vermelho  
e cada peixinho viu  
meu coração num espelho.

Atirei um limão n'água  
mas depois me arrependi.  
Cada peixinho assustado  
me lembra o que já sofri.

Atirei um limão n'água,  
antes não tivesse feito.  
Os peixinhos me acusaram  
de amar com falta de jeito.

Atirei um limão n'água,  
fez-se logo um burburinho.

Nenhum peixe me avisou  
da pedra no meu caminho.

Atirei um limão n'água,  
de tão baixo ele boiou.  
Comenta o peixe mais velho?  
Infeliz quem não amou.

Atirei um limão n'água,  
antes atirasse a vida.  
Iria viver com os peixes  
a minh'alma dolorida.

Atirei um limão n'água,  
pedindo à água que o arraste.  
Até os peixes choraram  
porque tu me abandonaste.

Atirei um limão n'água.  
foi tamanho o rebuliço  
que os peixinhos protestaram:  
Se é amor, deixa disso.

Atirei um limão n'água,  
não fez o menor ruído.  
Se os peixes nada disseram,  
tu terás me esquecido?

Atirei um limão n'água,  
caiu certo: zás-trás.  
Bem me avisou um peixinho:  
Fui passado pra trás.

Atirei um limão n'água,  
de clara ficou escura.  
Até os peixes já sabem:  
você não ama: tortura.

Atirei um limão n'água  
e caí n'água também,  
pois os peixes me avisaram,  
que lá estava meu bem.

Atirei um limão n'água,  
foi levado na corrente.  
Senti que os peixes diziam:  
Hás de amar eternamente.

*Carlos Drummond de Andrade*



## RESUMO

MORAES, M. *Composição elementar corporal, desbalanço alimentar e reciclagem de nutrientes em peixes de um riacho costeiro de Mata Atlântica*. 2014. 112f.:il. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

No presente estudo foi avaliada a variação na dieta e na composição elementar corporal (C:N:P) de oito espécies de peixes que coocorrem em dois trechos de um riacho. Além disso, foram investigadas as diferenças na demanda e excreção de nutrientes por duas espécies de Loricariidae, sendo uma nativa (*Hypostomus punctatus*) e a outra não nativa (*Parotocinclus maculicauda*). As coletas foram realizadas no rio Ubatiba, através de pesca elétrica em diferentes meses entre os anos de 2010 e 2012. A partir da análise alimentar, observamos que as espécies apresentaram variação na dieta entre as localidades, com exceção das duas espécies de *Characidium*. Apesar destas variações, o presente estudo corroborou a hipótese de homeostase estequiométrica corporal. A exceção foi a espécie *Hoplias malabaricus* que apresentou variação na concentração elementar corporal e alto desbalanço alimentar entre as localidades, sendo as diferenças mais acentuadas na área aberta. Analisando as diferenças na demanda nutricional dos Loricariidae verificamos uma maior concentração corporal de carbono e nitrogênio para a espécie nativa e maior de fósforo na espécie não nativa, sendo essa diferença confirmada por um maior consumo de fósforo pela espécie não nativa. A análise da excreção revelou que a espécie nativa excreta mais nitrogênio e fósforo que a não nativa. Sendo assim, os resultados sugerem que a espécie não nativa apresenta uma requisição de fósforo maior do que a nativa. Logo, ambientes com altas concentrações de nutrientes, tal como o riacho estudado, podem favorecer o estabelecimento desta espécie.

Palavras-chave: Estequiometria. Ecologia alimentar. Espécie não nativa.

## ABSTRACT

MORAES, M. *Body elemental composition, dietary imbalance and nutrient recycling in fishes of a coastal Atlantic Forest*. 2014. 112f.:il. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

In the present study I evaluated the variation in diet and body elemental composition (C:N:P) of eight fish species that co-occur in two stretches of a stream. In addition, I investigated the differences in demand and excretion of nutrients by two Loricariidae species, one native (*Hypostomus punctatus*) and the other non-native (*Parotocinclus maculicauda*). Samplings were performed in Ubatiba River by electrofishing in different months between the years 2010 and 2012. Based on feeding analysis, we observed that species showed variation in diet between sites, with exception of the two species of *Characidium*. Despite these variations, the present study supported the hypothesis of body stoichiometric homeostasis. The exception was the specie *Hoplias malabaricus*, which presented variation in body elemental concentration and high food imbalance between sites; differences were most marked in the open area. Analyzing the differences in nutrient demand of Loricariidae we found a higher body concentrations of carbon and nitrogen for the native species and higher phosphorus in the non-native species. This difference was confirmed by a higher consumption of phosphorus by non-native species. The analysis of excretion showed that the native species excrete more nitrogen and phosphorus than non-native. Thus, the results suggest that the non-native species has higher phosphorus demand than the native. Therefore, environments with high concentrations of nutrients, such as the stream studied, may favor the establishment of this species.

Keywords: Stoichiometry. Feeding ecology. Non-native species.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Fluxo dos nutrientes consumidos pelos organismos .....	18
Figura 2 -	Relação da estequiometria do consumidor com a estequiometria do alimento em situações de homeostase e não homeostase .....	19
Figura 3 -	Localização do sistema fluvial do rio Ubatiba, Maricá - RJ. Em destaque os pontos amostrais .....	22
Figura 4 -	Localidades de coleta no rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	23
Figura 5 -	Esquema representativo do procedimento utilizado na execução da pesca elétrica .....	25
Figura 6 -	Coleta de macroinvertebrados com “Surber” nos trechos do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	29
Figura 7 -	Coleta de macroinvertebrados da deriva nos trechos do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	29
Figura 8 -	Espécies de peixes analisadas no presente estudo .....	32
Figura 9 -	Macroinvertebrados consumidos em maior frequência pelas Espécies .....	35
Figura 10-	Volume percentual das categorias de itens consumidos pelas espécies .....	36
Figura 11-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Hoplias Malabaricus</i> nas localidades de estudo .....	37
Figura 12-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Characidium interruptum</i> nas localidades de estudo .....	38
Figura 13-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Characidium sp.</i> nas localidades de estudo .....	38
Figura 14-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Astyanax janeiroensis</i> nas localidades de estudo .....	39
Figura 15-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Astyanax hastatus</i> nas localidades de estudo .....	40
Figura 16-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Mimagoniates microlepis</i> nas localidades de estudo .....	40

Figura 17-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Pimelodella lateristriga</i> nas localidades de estudo .....	41
Figura 18-	Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de <i>Rhamdia quelen</i> nas localidades de estudo .....	42
Figura 19-	Relação entre o Dim1, tamanho dos indivíduos e localidade para quatro espécies de peixe do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	42
Figura 20-	Concentração elementar dos nutrientes (média ± SE) e das razões (média ± SE) encontradas no corpo dos peixes nas duas localidades .....	45
Figura 21-	Densidade percentual de macroinvertebrados nas localidades fechada e aberta do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	48
Figura 22-	Densidade total de macroinvertebrados e precipitação nas localidades fechada e aberta do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	48
Figura 23-	Desbalanço entre o C:P do peixe e da dieta nas localidades fechada e aberta .....	53
Figura 24-	Desbalanço entre o N:P do peixe e da dieta nas localidades fechada e aberta .....	54
Figura 25-	Desbalanço entre o C:N do peixe e da dieta nas localidades fechada e aberta .....	55
Figura 26-	Esquema da reciclagem de nutrientes mediada pelos consumidores .....	62
Figura 27-	Reciclagem dos nutrientes em relação a (A) suprimento nutricional e (B) demanda nutricional .....	63
Figura 28-	Predições para a reciclagem de nutrientes em relação a (A) conteúdo de P na dieta em relação a excreção de P, (B) conteúdo de P no corpo em relação a excreção de P e (C) conteúdo de P na dieta em relação ao conteúdo de P no corpo .....	66
Figura 29-	Localização do sistema fluvial do rio Ubatiba. Em destaque a localidade de coleta .....	68

Figura 30-	Localidade de amostragem dos peixes herbívoros no rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	69
Figura 31-	<i>Hypostomus punctatus</i> e <i>Parotocinclus maculicauda</i> , respectivamente. Espécies de Loricariidae do rio Ubatiba, Maricá – RJ, analisadas no presente estudo .....	69
Figura 32-	Equipamento utilizado na análise do carbono e nitrogênio .....	71
Figura 33-	Equipamento utilizado na análise do fósforo .....	71
Figura 34-	Concentração elementar corporal das espécies (média ± SE) .....	75
Figura 35-	Relação entre o conteúdo ingerido (1º terço do intestino) e egestado (restante do intestino) por <i>H. punctatus</i> .....	76
Figura 36-	Porcentagem dos elementos (média ± SE) consumidos pelas espécies e o perífiton .....	78
Figura 37-	Relação entre o log da taxa de excreção de nutrientes e o log do tamanho das espécies .....	80
Figura 38-	Concentração de nutrientes (média ± SE) presentes na água nos meses analisados .....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios das variáveis categóricas e contínuas durante os meses de coleta nas localidades de estudo do rio Ubatiba, Maricá - RJ. ....	24
Tabela 2 - Ordem, família, abreviação e número de exemplares das espécies coletadas nas duas localidades do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	31
Tabela 3 - Resultado da Análise de Covariância (ANCOVA) entre o comprimento padrão das espécies e as localidades de estudo .....	43
Tabela 4 - Guildas alimentares das espécies analisadas nas duas localidades do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	44
Tabela 5 - Número de exemplares utilizados para análise estequiométrica corporal .....	45
Tabela 6 - Concentração elementar dos nutrientes (média $\pm$ SE) e das razões (média $\pm$ SE) encontradas no corpo de <i>C. interruptum</i> e <i>A. janeiroensis</i> .....	47
Tabela 7 - Concentração elementar dos nutrientes (média $\pm$ SE) encontrados nas presas disponíveis nas duas localidades .....	50
Tabela 8 - Resultado da Análise de Covariância (ANCOVA) com a concentração elementar corporal das espécies .....	75
Tabela 9 - Percentagem dos elementos (média $\pm$ SE) consumidos e egestados pelas espécies .....	77
Tabela 10- Resultado da Análise de Covariância (ANCOVA) com o log dos nutrientes excretados e o log do tamanho das espécies analisadas .....	79

## SUMÁRIO

	<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	15
1	<b>VARIAÇÃO NA DIETA E COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DE OITO ESPÉCIES DE PEIXES EM DOIS TRECHOS DE UM RIACHO DE MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE DO BRASIL</b> .....	16
1.1	<b>Introdução</b> .....	16
1.2	<b>Objetivo geral</b> .....	20
1.3	<b>Objetivos específicos</b> .....	20
1.4	<b>Área de estudo</b> .....	21
1.5	<b>Material e Métodos</b> .....	25
1.5.1	<u>Dieta</u> .....	25
1.5.2	<u>Guildas alimentares</u> .....	26
1.5.3	<u>Composição elementar dos peixes</u> .....	27
1.5.4	<u>Disponibilidade de recursos</u> .....	28
1.5.5	<u>Composição elementar das presas e desbalanço alimentar</u> .....	30
1.6	<b>Resultados</b> .....	31
1.6.1	<u>Dieta</u> .....	31
1.6.2	<u>Guildas alimentares</u> .....	44
1.6.3	<u>Estequiometria corporal dos peixes</u> .....	44
1.6.4	<u>Disponibilidade de recursos</u> .....	47
1.6.5	<u>Composição elementar das presas e desbalanço alimentar</u> .....	49
1.7	<b>Discussão</b> .....	55
1.8	<b>Conclusões</b> .....	59
1.9	<b>Considerações finais e perspectivas futuras</b> .....	59
2	<b>RECICLAGEM DE NUTRIENTES E ESTEQUIOMETRIA DE DOIS PEIXES HERBÍVOROS: DIFERENÇAS ENTRE ESPÉCIE NATIVA E NÃO NATIVA</b> .....	61
2.1	<b>Introdução</b> .....	61
2.2	<b>Objetivo geral</b> .....	66
2.3	<b>Objetivos específicos</b> .....	66

2.4	<b>Área de estudo</b> .....	67
2.5	<b>Material e Métodos</b> .....	70
2.5.1	<u>Composição corporal, ingestão e egestão</u> .....	70
2.5.2	<u>Perifíton</u> .....	72
2.5.3	<u>Nutrientes excretados e presentes na água</u> .....	73
2.6	<b>Resultados</b> .....	74
2.6.1	<u>Corpo</u> .....	74
2.6.2	<u>Dieta e fezes</u> .....	76
2.6.3	<u>Dieta e perifíton</u> .....	77
2.6.4	<u>Nutrientes excretados e presentes na água</u> .....	79
2.7	<b>Discussão</b> .....	81
2.8	<b>Conclusões</b> .....	85
2.9	<b>Considerações finais e perspectivas futuras</b> .....	86
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	87
	<b>APÊNDICE A</b> - Lista dos itens alimentares consumidos com o volume de ocorrência (VO%) e frequência de ocorrência (FO%) para as oito espécies na localidade fechada do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	100
	<b>APÊNDICE B</b> - Lista dos itens alimentares consumidos com o volume de ocorrência (VO%) e a frequência ocorrência (FO%) para as oito espécies na localidade aberta do rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	104
	<b>APÊNDICE C</b> – Densidades totais e percentuais dos organismos do bentos, da deriva e dos capturados com peneira da localidade fechada no rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	107
	<b>APÊNDICE D</b> - Densidades totais e percentuais dos organismos do bentos, da deriva e dos capturados com peneira da localidade aberta no rio Ubatiba, Maricá – RJ .....	109



## APRESENTAÇÃO

A presente tese tem como objetivo analisar diversos aspectos da estequiometria ecológica (i.e. homeostase, desbalanço elementar) de espécies que coocorrem em dois trechos distintos de um riacho na Serra do Mar no Estado do Rio de Janeiro, assim como verificar possíveis diferenças na reciclagem de nutrientes por duas espécies de Loricariidae, sendo uma nativa e outra não-nativa.

Essa pesquisa foi desenvolvida no laboratório de ecologia de Peixes da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em parceria com o laboratório do professor Alexander Flecker do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade de Cornell, no Estado de Nova Iorque, Estados Unidos.

# 1 VARIAÇÃO NA DIETA E COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DE OITO ESPÉCIES DE PEIXES EM DOIS TRECHOS DE UM RIACHO DE MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE DO BRASIL

## 1.1 Introdução

Nas comunidades aquáticas, os peixes exercem um importante papel na estrutura das teias alimentares (MOTTA e UIEDA, 2004), tanto por efeito direto de predação quanto por efeito indireto sobre a distribuição e abundância de recursos (FLECKER, 1992). A dieta dos peixes pode variar por fatores relacionados ao período de atividade (SABINO e CASTRO, 1989; REZENDE, 2009), à sazonalidade (DEUS e PETRERE-JUNIOR, 2003), ao espaço (SABINO e CASTRO, 1989; MANNA, 2011), à ontogenia (MAZZONI e COSTA, 2007; MORAES, 2010), a disponibilidade de recursos tróficos (ADAMS et al., 1982), entre outros.

A análise da quantidade e qualidade dos recursos disponíveis no ambiente é importante para compreender as escolhas alimentares dos peixes (DEUS e PETRERE-JUNIOR, 2003) e assim poder inferir sobre a seletividade e preferência alimentar (EMLEN, 1968; MENGE, 1972; MANLY et al., 2002; PINTO e UIEDA, 2007; ZANDONÀ et al., 2011). Essa seleção muitas vezes é influenciada por características da presa, como sua disponibilidade (IVLEV, 1961; REZENDE e MAZZONI, 2006), variação sazonal e espacial (PINTO e UIEDA, 2007), tamanho (GREGORY et al., 2007), motilidade e comportamento (SCRIMGEOUR et al., 1994), quantidade energética (EMLEN, 1968; MENGE, 1972; ZANDONÀ et al., 2011), assim como por características do predador como seu grau de saciedade (MIKHEEV e WANZENBOCK, 1999) ou ontogenia (REZENDE e MAZZONI, 2006).

A disponibilidade das presas é fortemente influenciada pelas condições do entorno dos riachos (GOMIERO e BRAGA, 2005), já que a vegetação marginal é uma importante via de entrada de matéria orgânica para a alimentação de macroinvertebrados aquáticos e peixes detritívoros (ESTEVES e ARANHA, 1999). Essa mudança na vegetação ao longo dos riachos influenciando a composição dos organismos é explicada pelo Conceito do Contínuo de Rio (VANNOTE et al., 1980). Segundo esse modelo, os itens alimentares mais importantes para as cadeias

tróficas vão mudando da cabeceira à foz do rio, evidenciando mudanças progressivas nos atributos estruturais e funcionais das comunidades lólicas. Em rios de pequeno porte (cabeceira), onde a vegetação é mais preservada o material orgânico particulado grosso, fino e ultrafino são recursos importantes, o que é refletido nos grupos funcionais de insetos mais dominantes (cortadores e coletores). Em rios de médio porte ocorre uma redução na importância do material orgânico terrestre e um aumento na importância da produção algal, o que também é refletido nos insetos dominantes (pastadores e coletores). Já os rios de grande porte (foz) recebem uma grande quantidade de material orgânico processado ao longo do rio, o que aumenta sua turbidez, diminuindo assim a produção algal e alterando o grupo funcional dominante (coletores), apesar da incidência luminosa.

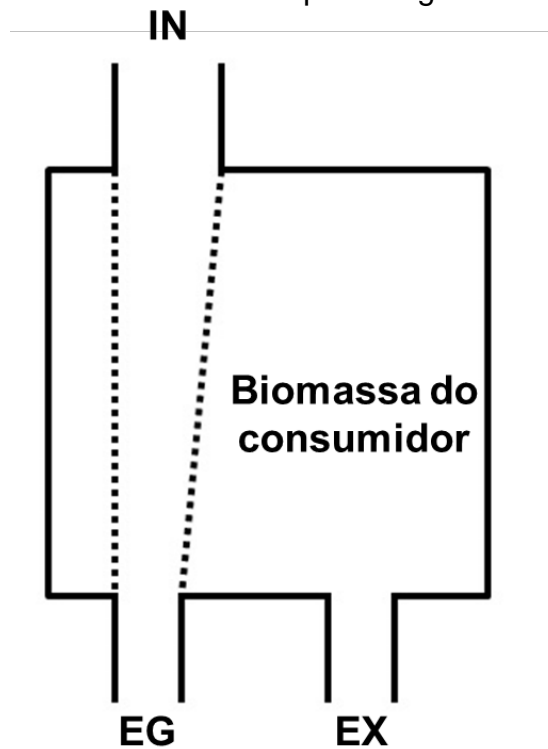
Em muitos riachos essa mudança estrutural que deveria ser lenta e gradual acaba sendo abrupta pela derrubada da vegetação ripária. As ações antrópicas de retirada dessa vegetação constituem um dos principais fatores na redução dos recursos disponíveis nos riachos (ESTEVEZ e ARANHA, 1999). Estas mudanças possuem efeito direto sobre a preferência e hábitos alimentares dos organismos aquáticos (EMLEN, 1966; ABUJANRA et al., 1999). Sendo assim, variações na disponibilidade de recursos podem gerar uma plasticidade alimentar nos peixes (LOWE-MCCONNELL, 1987), podendo as espécies apresentar dieta variada dependendo do local, da época do ano e da idade (LOLIS e ANDRIAN, 1996).

As características das presas são fatores importantes na tomada de decisão dos peixes, pois segundo a teoria do “forrageamento ótimo” eles devem sempre escolher presas que lhes conferem maior benefício energético (MACARTHUR e PIANKA, 1966; WOOTTON, 1998). Estas serão as presas de melhor balanço entre sua energia (i.e. valor nutricional) e o tempo de manipulação gasto pelo predador (SCHOENER, 1971), pois gastos relativos à localização, manipulação e ingestão podem reduzir seu benefício como fonte de energia (GILL, 2003), afetando assim sua seleção (EMLEN, 1966). A preferência alimentar ou seletividade ocorre quando a utilização de um recurso alimentar é desproporcional a sua disponibilidade no ambiente, sugerindo que este recurso é de alta qualidade para o peixe (MANLY et al., 2002; PINTO e UIEDA, 2007).

A qualidade dos organismos pode ser avaliada através da percentagem (%Carbono, %Nitrogênio, %Fósforo) e razão (C:N, C:P, N:P) dos nutrientes encontrados nos tecidos (MCINTYRE e FLECKER, 2010). Presas que podem ser

consideradas como alimentos de boa qualidade tem um alto teor de nitrogênio e, portanto, baixos valores de relação C:N (ZANDONÀ et al., 2011). Os nutrientes contidos nas presas serão ingeridos pelos consumidores, que irão assimilá-los para utilizar em sua composição corporal, sendo uma parte excretada e os nutrientes que não forem assimilados serão liberados para o meio através da egestão (Figura 1) (STERNER e ELSER, 2002).

Figura 1 - Fluxo dos nutrientes consumidos pelos organismos.

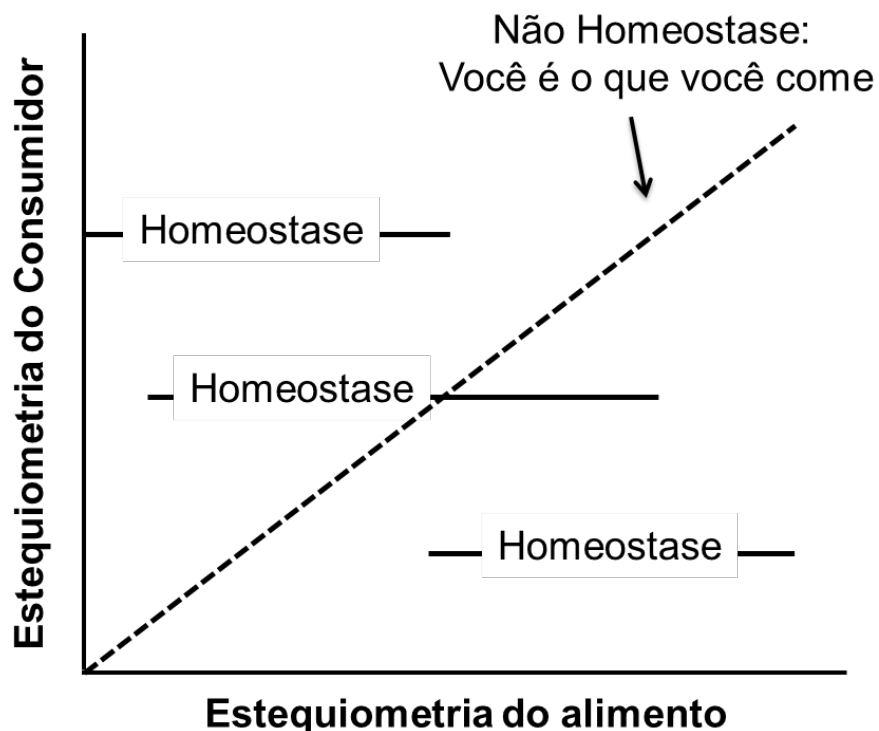


Legenda: (IN) – ingestão; (EG) – egestão; (EX) - excreção.  
 Fonte: Modificado de STERNER e ELSER, 2002.

A teoria da estequiometria ecológica mostra o balanço existente nos elementos químicos do ambiente como resultado de interações e processos ecológicos. A disponibilidade dos elementos no ambiente irá definir quais restringem ou não a dinâmica ecológica, já que as espécies possuem diferentes requisições energéticas (STERNER e ELSER, 2002; MCINTYRE e FLECKER, 2010). Sendo assim, o uso e liberação dos nutrientes estarão relacionados com a estequiometria corporal e dos alimentos consumidos pelas espécies. Essas diferenças em requisições energéticas entre os organismos geram uma variação na composição elementar dos mesmos, porém dentro de cada espécie a variação não é grande, devido a homeostase corporal (Figura 2). Na estequiometria ecológica, a

homeostase é a baixa variação na quantidade de nutrientes corporais dos organismos em comparação aos recursos consumidos (STERNER, 1990; STERNER e ELSER, 2002; HOOD et al., 2005).

Figura 2 - Relação da estequiometria do consumidor com a estequiometria do alimento em situações de homeostase e não homeostase.



Fonte: Modificado de STERNER e ELSER, 2002.

As espécies, na maioria das vezes, se alimentam de recursos com menos nutrientes do que os necessários e essa variação é o desbalanço elementar (STERNER e ELSER, 2002). Esse desbalanço é regulado pelas taxas de assimilação, excreção e egestão, já que as espécies tendem a manter a homeostase corporal. Em riachos, os peixes são o grupo mais rico em nutrientes, o que torna muito interessante o estudo, pelas diferenças nutricionais dos predadores em relação as suas presas. É nesse sentido que, no presente estudo, buscamos confirmar a homeostase corporal das espécies de peixes a partir da análise da estequiometria corporal e da dieta das espécies que coocorrem em duas localidades distintas de um riacho costeiro da região sudeste do Brasil.

Variações espaciais ao longo dos riachos são comuns e determinam diferenças na estrutura física (substrato, velocidade da água, etc.), influência da cobertura vegetal e disponibilidade de recursos. As alterações nessas características refletem diferenças na composição da comunidade de peixes e de macroinvertebrados (VANNOTE et al., 1980). Sendo assim nossa hipótese é que mesmo que exista variação na composição numérica e/ou estequiométrica das presas em duas localidades, que se diferenciem em suas características físicas, as espécies de peixes que coocorrem tenderão a manter a composição corporal (C:N:P) obedecendo a teoria estequiométrica de homeostase corporal (*sensu* STERNER e ELSER, 2002).

## 1.2 Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi entender diversos aspectos da alimentação (guildas, composição dos peixes e das presas, desbalanço alimentar) de oito espécies de peixes em duas localidades distintas do rio Ubatiba, Maricá – Rio de Janeiro, utilizando como ferramentas a análise de conteúdo estomacal e a estequiometria ecológica.

## 1.3 Objetivos específicos

- A) Descrever a composição da dieta dos peixes em localidades e verificar a diferença entre elas;
- B) Agrupar as espécies em guildas tróficas e verificar as diferenças entre as localidades;
- C) Determinar se existe diferença na composição elementar (C:N:P) corporal das espécies entre as localidades;
- D) Determinar a composição e abundância dos recursos tróficos disponíveis nas localidades;
- E) Verificar o desbalanço alimentar das espécies nas localidades.

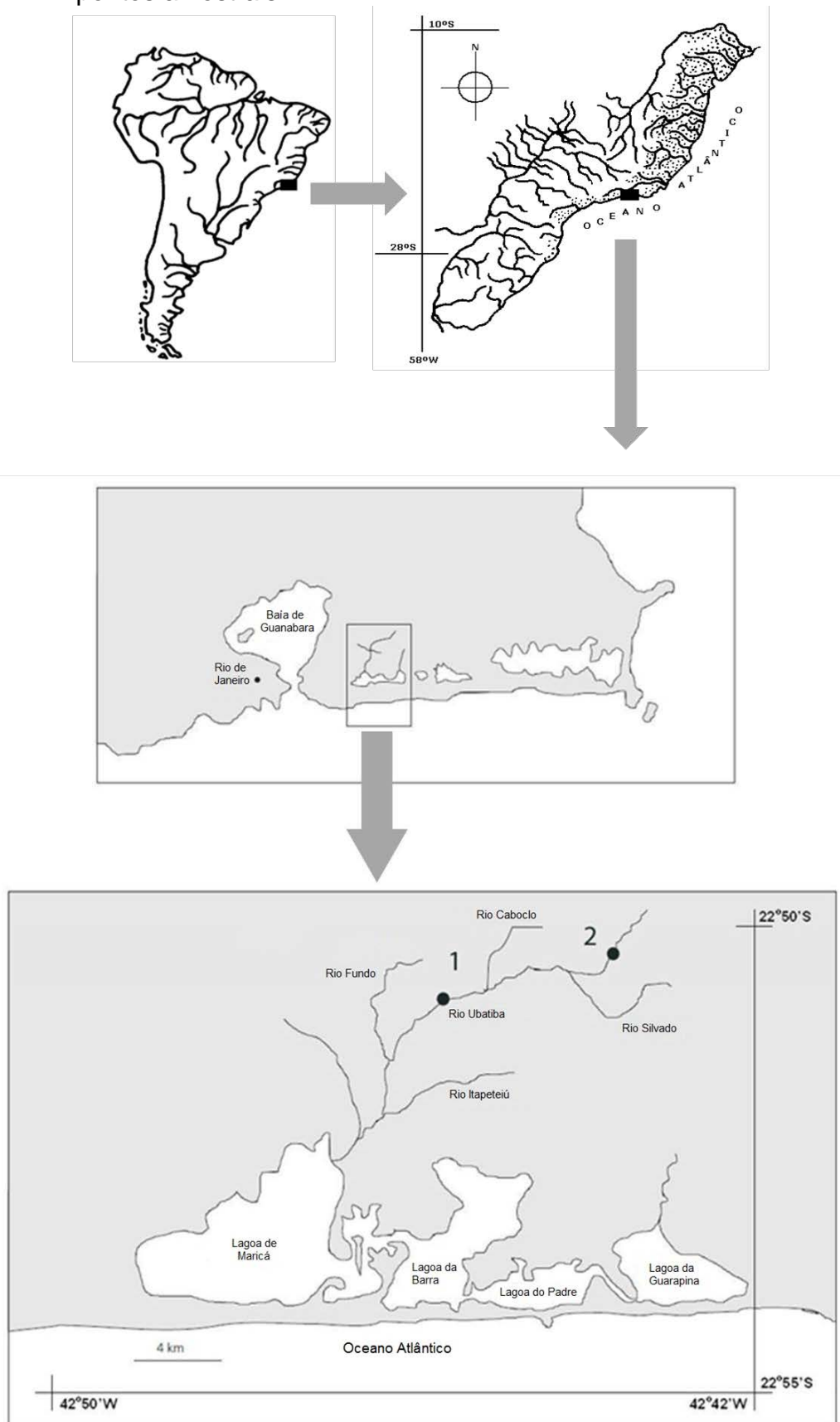
#### 1.4 Área de estudo

O sistema fluvial do rio Ubatiba (22°60'S e 42°48'W) está localizado na Serra do Mar, no município de Maricá a aproximadamente 70 Km da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. Esta bacia é composta pelo rio Ubatiba e seus afluentes: os rios Silvado, Caboclo, Fundo, Itapeteiú e Ludigério (MAZZONI et al., 2002). Segundo MAZZONI (1998) o regime hídrico local indica uma ausência de sazonalidade, porém esse fato não deve ser confundido com existência de estabilidade, pois esta área está sujeita a enchentes repentinas causando, um estresse ambiental (MAZZONI, 1998, MAZZONI et al., 2002).

O rio Ubatiba (Figura 3) nasce na Serra do Espraiado, a aproximadamente 540 metros acima do nível do mar, e percorre um trajeto de 18 quilômetros antes de desembocar no sistema lagunar de Maricá. Nos trechos médio e inferior o entorno do rio é bastante alterado principalmente pela atividade agropastoril, o que acarreta em uma vegetação marginal composta predominantemente por gramíneas. Porém no trecho superior ainda é possível observar remanescentes de Mata Atlântica (ALMEIDA-SILVA, 2007). Apesar de seu pequeno porte, há mais de dez anos o rio Ubatiba vem sendo utilizado como a principal fonte de abastecimento de água da cidade de Maricá pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (ASSIS et al., 2004).

No presente estudo, as localidades (Figura 4A e B) foram escolhidas pelos seus distintos graus de conservação da vegetação ripária. Na parte superior, amostramos um trecho de 100 metros, que foi denominado “localidade fechada” (1ª ordem) e na parte inferior, outro trecho de 100 metros, que foi denominado “localidade aberta” (2ª ordem).

Figura 3 - Localização do sistema fluvial do rio Ubatiba, Maricá - RJ. Em destaque os pontos amostrais.



Legenda: (1) - localidade aberta; (2) - localidade fechada.

Fonte: Adaptado de MAZZONI e LOBÓN-CERVIÁ, 2000 e MAZZONI e IGLESIAS-RIOS, 2002.



Figura 4 - Localidades de coleta no rio Ubatiba, Maricá – RJ.



Legenda: (A) - Localidade fechada; (B) - Localidade aberta.  
Fonte: Foto de Luisa Manna.

Para a caracterização estrutural das localidades de estudo foram realizadas medidas de variáveis categóricas de mesohabitat e substrato através da avaliação visual de suas proporções em cada um dos locais aferidos (1 em cada margem e 3 no canal) e variáveis contínuas (profundidade, largura do trecho e velocidade média da correnteza), utilizando-se transectos a cada 10 metros (Tabela 1). A profundidade foi medida utilizando-se uma régua batimétrica e a largura através de uma trena que era estendida de uma margem a outra do riacho. A velocidade da correnteza foi medida através de um fluxômetro digital (Global Water FP 1010).

Tabela 1 – Valores médios das variáveis categóricas e contínuas durante os meses de coleta nas localidades de estudo do rio Ubatiba, Maricá - RJ.

Mês			Junho		Agosto		Dezembro		Fevereiro	
Localidade			Loc. F	Loc. A	Loc. F	Loc. A	Loc. F	Loc. A	Loc. F	Loc. A
Variáveis Categóricas	Mesohabitat (%)	Remanso	60,61	47,06	40,48	6,06	69,23	18,18	100	66,67
		Rápido	36,36	35,29	45,24	75,76	20,51	81,82	0	33,33
		Corredeira	3,03	17,65	14,28	18,18	10,26	0	0	0
	Substrato (%)	Pedra	12,12	12,08	31,79	9,21	18,36	0	10,61	4,71
		Areia	71,61	57,44	39,4	37,61	49,55	38,48	35	22,16
		Folhiço	4,91	2,06	5,6	0,3	4,75	0	28,33	0
		Casc. Grosso	2,87	8,54	11,43	34,14	6,03	21,82	4,39	7,48
		Casc. Fino	3,03	8,98	8,33	15,71	19,77	18,48	19,55	6,09
		Matação	1,82	0	0	0	0	0	0	0
		Raiz	3,64	9,72	0,24	1,81	1,28	15,45	0,76	37,12
Silte	0	1,18	3,21	1,22	0,26	5,77	1,36	22,44		
Variáveis Contínuas	Largura (m)		1,6 - 4,8	1,5 - 3,61	1,1 - 3,65	0,96 - 2	0,88 - 2,59	0,96 - 1,65	0,72 - 2,73	1,07 - 2,47
	Profundidade (cm)	Min - Máx	2 - 33	2 - 35	2,5 - 28	5 - 32	2 - 36,5	1 - 50	2 - 29	2 - 44
	Velocidade da água (m/s)		0 - 1,5	0 - 3	0 - 1,45	0 - 2,81	0 - 0,4	0 - 0,71	0 - 0,15	0 - 0,58

Legenda: (Loc. F.) - Localidade fechada; (Loc. A.) - Localidade aberta.

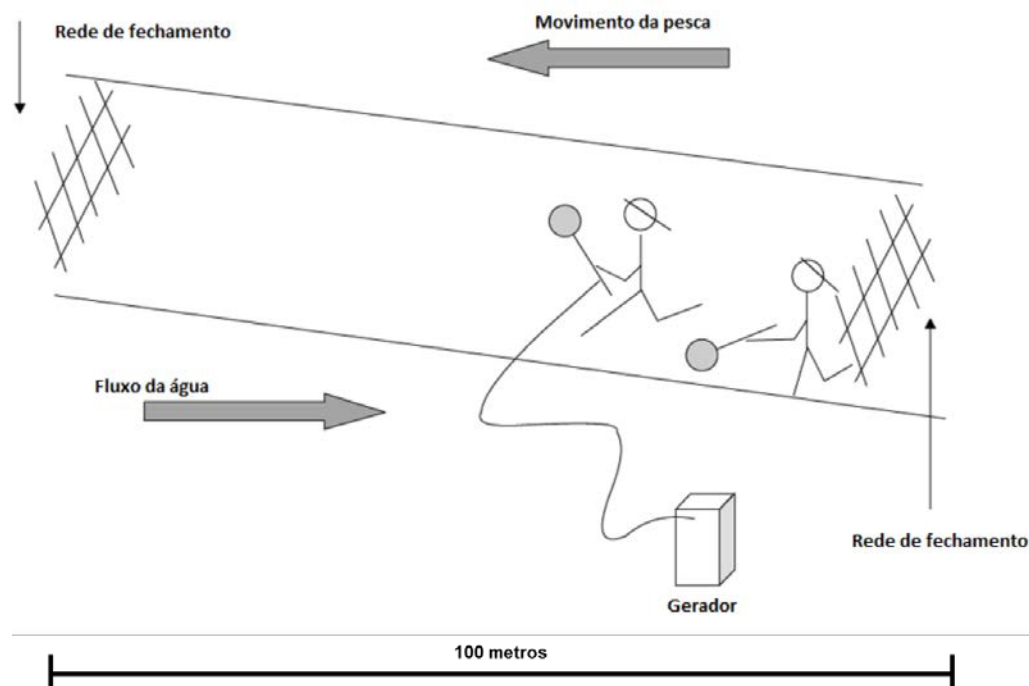
## 1.5 Material e Métodos

### 1.5.1 Dieta

As coletas de peixes foram realizadas em junho, agosto, dezembro de 2010 e fevereiro de 2011, através de pesca elétrica (MAZZONI et al., 2000) (Figura 5). Os exemplares coletados foram mantidos em gelo e transportados ao laboratório, onde foram aferidos: comprimento padrão (cm), peso total (g), peso do estômago (g) e comprimento do intestino (cm). Os estômagos foram fixados em formol 5% e posteriormente conservados em álcool 70% para análise.

A análise do conteúdo estomacal foi realizada em microscópio estereoscópio através dos métodos Volumétrico (Vo) e de Frequência de Ocorrência (Fo) (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980). As presas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível com auxílio de bibliografia especializada (SALLES et al., 2004; BORROR e DELONG, 2005; PES et al., 2005; PASSOS et al., 2007; MUGNAI et al., 2010) e mensuradas com papel milimetrado.

Figura 5 - Esquema representativo do procedimento utilizado na execução da pesca elétrica.



Fonte: Adaptado de MAZZONI (1998).

A fim de evitar o efeito de muitos zeros, em todas as análises o volume de ocorrência percentual dos itens consumidos foi agrupado em sete categorias: vegetal alóctone, inseto autóctone, inseto alóctone, alga, decapoda, peixe e outros (i.e. demais itens).

Para verificar possíveis variações na dieta de cada espécie entre as localidades realizamos uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com o objetivo de diminuir a dimensionalidade dos dados (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Nesta análise a localidade (aberta x fechada) foi utilizada como informação externa para a interpretação dos dados de dieta do presente trabalho. Os escores dos eixos gerados por essa análise foram utilizados em uma Análise de Covariância (ANCOVA) como o sumário da dieta, o tamanho foi utilizado como covariada e a localidade como variável explicativa, para tentar corrigir as diferenças no tamanho das espécies.

### 1.5.2 Guildas alimentares

Os métodos Volumétrico e de Frequência de Ocorrência foram utilizados para o cálculo do Índice Alimentar (1), proposto por KAWAKAMI e VAZZOLER (1980), conforme o modelo a seguir:

$$IA_i = \left( \frac{Fi \times Vi}{\sum_{x=1}^n (Fi \times Vi)} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$IA_i$  = Índice Alimentar

$i = 1, 2, \dots, n$  tipos de itens alimentares

$Fi$  = Frequência de ocorrência percentual do item

$Vi$  = Volume percentual do item

A categoria trófica das espécies foi determinada com base nos valores percentuais do Índice Alimentar. Deste modo, as espécies foram classificadas como

herbívoras ( $\geq 60\%$  da dieta foi composta por estruturas vegetais de fanerógamas), onívoras (quando nenhum tipo de recurso, de origem animal ou vegetal, atingiu sozinho  $\geq 60\%$  da dieta), insetívoras ( $\geq 60\%$  da dieta foi composta por insetos aquáticos e terrestres), carnívoras ( $\geq 60\%$  do IA foi composto por diversos tipos de recursos de origem animal como invertebrados e vertebrados) e piscívoras ( $\geq 60\%$  da dieta foi composta por peixes, larvas de peixes ou nadadeiras e escamas) (ROPKE, 2008).

### 1.5.3 Composição elementar dos peixes

Para determinar os nutrientes presentes no corpo de cada espécie um novo conjunto de peixes foi coletado nos meses de julho, agosto e novembro de 2012. Isso foi realizado, pois dos peixes coletados inicialmente retiramos apenas uma pequena amostra de tecido, já que a princípio faríamos análise de calorimetria, logo como trocamos para análise estequiométrica tivemos que coletar novos exemplares. Todos os indivíduos coletados para análise eram adultos para não incluir efeitos ontogenéticos.

Após coletados, os organismos foram secos até peso constante e macerados até a obtenção de um pó fino e homogêneo para a análise da quantidade de nutrientes contida. A quantidade de pó utilizada variou, tendo sido utilizada  $\pm 2\text{mg}$  para análise de carbono e nitrogênio e  $\geq 10\text{mg}$  para análise de fósforo. A análise foi realizada no laboratório do professor Alexander Flecker do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade de Cornell, tendo sido a concentração de C e N medida no analisador elementar "Elementar Vario EL III" e a concentração de P determinada por incineração, digestão por HCl, seguida de reação colorimétrica e posterior análise do fósforo solúvel reativo em espectrofotômetro.

Uma representação gráfica foi realizada a fim de verificar possíveis diferenças no percentual de nutrientes (C:N:P) e nas razões (C:P, C:N e N:P) de nutrientes no corpo das espécies entre localidades.

#### 1.5.4 Disponibilidade de recursos

A coleta da disponibilidade foi realizada um pouco antes da coleta dos peixes para que o substrato não fosse pisoteado, espantando assim os organismos presentes. A amostragem foi realizada com um “Surber” (10 x 10 cm, malha de 250  $\mu$ m) (Figura 6) e em cada localidade foram coletadas 15 amostras sendo 5 de cada tipo de substrato (pedra, areia e folhiço), a fim de amostrar a maior variedade de microhabitats (REZENDE, 2009). No final das quatro campanhas obtivemos 60 amostras de cada localidade. Também foram realizadas amostragens com uma peneira (60 cm comprimento por 40 cm de altura) na vegetação marginal próxima a água durante 30 minutos nos primeiros 50 metros e depois por mais 30 nos 50 metros restantes, para tentar capturar macroinvertebrados que são mal coletados com o “surber”, tais como os Ephemeropteras.

Para completar a amostragem dos invertebrados também utilizamos duas redes de deriva (20 x 20 cm, 70cm de comprimento, malha de 250  $\mu$ m com copo coletor de 250 ml) (Figura 7). As redes eram fixadas lado a lado, rente ao substrato, em um meso-habitat de corredeira ou rápido, por um período de 30 minutos a cada amostragem.

Durante as quatro campanhas foram coletadas 8 amostras utilizando peneira, 8 com redes de deriva e 60 com “Surber”, totalizando 76 amostras por localidade. Todas as amostras foram congeladas logo após a coleta para posterior identificação e análise da composição elementar (C:N:P) dos macroinvertebrados. A densidade da comunidade de bentos foi calculada através da fórmula de número de indivíduos por área do “Surber”, número de indivíduos por área da peneira, número de indivíduos por área da rede de deriva multiplicado pela velocidade da água. O tempo de 30 minutos foi padronizado em todas as amostragens.

Os recursos tróficos disponíveis no ambiente foram analisados em microscópio estereoscópio, identificados até a menor categoria possível com auxílio de bibliografia especializada (SALLES et al., 2004; BORROR e DELONG, 2005; PES et al., 2005; PASSOS et al., 2007; MUGNAI et al., 2010), contados e mensurados com papel milimetrado.

Figura 6 - Coleta de macroinvertebrados com “Surber” nos trechos do rio Ubatiba, Maricá – RJ.



Fonte: Foto do Arquivo do Laboratório de Ecologia de Peixes.

Figura 7 - Coleta de macroinvertebrados da deriva nos trechos do Rio Ubatiba, Maricá – RJ.



Fonte: Foto do Arquivo do Laboratório de Ecologia de Peixes.

### 1.5.5 Composição elementar das presas e desbalanço alimentar

Os macroinvertebrados foram agrupados a nível de família para obtenção do peso seco necessário para a análise de nutrientes. Os peixes encontrados na dieta também foram coletados para análise da composição elementar. Os organismos foram secos até peso constante e macerados até a obtenção de um pó fino e homogêneo para a análise da quantidade de nutrientes contida. Para análise de carbono e nitrogênio as quantidades foram:  $\pm 2\text{mg}$  para peixes,  $\pm 5\text{mg}$  para vegetais e  $> 1\text{mg}$  para macroinvertebrados, já para as análises de fósforo foram utilizadas  $\geq 10\text{mg}$  para peixes,  $\pm 5\text{mg}$  para vegetais e  $\pm 2\text{mg}$  para macroinvertebrados. A concentração de C e N foi medida no analisador elementar "Elementar Vario EL III" e a concentração de P foi determinada por incineração seguida de digestão por HCl e posterior análise do fósforo solúvel reativo em espectrofotômetro.

As presas foram consumidas em diferentes proporções. Por isso, para calcular o valor nutricional da dieta, primeiro calculamos o valor nutricional de cada presa, multiplicando o percentual de nutriente (C,N,P) de cada item pelo volume de ocorrência percentual deste item e esse valor foi dividido pelo volume de ocorrência percentual total. Em seguida, fizemos a média desses valores que foram utilizados como os valores nutricionais (C,N,P) para calcular as razões da dieta. Esses valores e a composição elementar dos peixes foram utilizados para verificar possíveis desbalanços (C:P, N:P e C:N) na dieta (2), sendo estimado como:

$$\text{Desbalanço}_{\text{nutriente}} = \text{Peixe}_{\text{nutriente}} - \text{Dieta}_{\text{nutriente}} \quad (2)$$

Esse resultado fornece uma estimativa quantitativa do desbalanço que pode ser um pouco superestimada, já que parte do carbono é perdido na respiração (STERNER e ELSER, 2002), porém esse fator não foi considerado importante, já que o objetivo era apenas verificar se este desbalanço se modifica nas espécies entre as localidades.

Nas duas localidades analisadas no presente capítulo não conseguimos coletar algas suficiente para análises de nutrientes, por isso utilizamos a quantidade elementar (C:N:P) do perifíton coletado no capítulo 2 como o valor de alga nas duas localidades para calcular o desbalanço alimentar.



Todas as análises foram realizadas utilizando o programa R versão 2.13.1 (R Development Core Team 2011) e os pacotes BiodiversityR (KINDT, 2011) e o vegan (OKSANEN et al., 2011) para fazer as análises estatísticas multivariadas.

## 1.6 Resultados

### 1.6.1 Dieta

Foram coletados 404 exemplares na localidade fechada e 187 na localidade aberta, pertencentes a oito espécies, quatro famílias e duas ordens (Tabela 2 e Figura 8).

Tabela 2 - Ordem, família, abreviação e número de exemplares das espécies coletadas nas duas localidades do rio Ubatiba, Maricá - RJ.

Ordem / Família	Espécie	Abreviação	LF	LA
<b>Characiformes</b>				
Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	H.m.	4	6
Crenuchidae	<i>Characidium interruptum</i> Pellegrin, 1909	C.i.	22	19
	<i>Characidium</i> sp.	C.sp.	13	7
Characidae	<i>Astyanax janeiroensis</i> Eigenmann, 1908	A.j.	78	21
	<i>Astyanax hastatus</i> Myers, 1928	A.h.	97	75
	<i>Mimagoniates microlepis</i> (Steindachner, 1877)	M.m.	91	3
<b>Siluriformes</b>				
Heptapteridae	<i>Pimelodella lateristriga</i> (Lichtenstein, 1823)	P.l.	96	54
	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	R.q.	3	2
<b>Total</b>			<b>404</b>	<b>187</b>

Legenda: (LF) - Localidade fechada; (LA) - Localidade aberta.

Figura 8 - Espécies de peixes analisadas no presente estudo.



Legenda: (A) - *Astyanax hastatus*; (B) - *Astyanax janeiroensis*; (C) - *Characidium interruptum*; (D) - *Characidium* sp.; (E) - *Mimagoniates microlepis*; (F) - *Rhamdia quelen*; (G) - *Pimelodella lateristriga*; (H) - *Hoplias malabaricus*.

Analisando a dieta, verificamos que na localidade fechada o número de tipos de itens consumidos (Figura 9, Apêndice A) variou entre as espécies, tendo *H. malabaricus* consumido o menor (8 itens) e *M. microlepis* o maior (40 itens) número de itens. A partir do volume (Figura 10) e da frequência percentual dos itens mais consumidos, verificamos que a dieta de *A. janeiroensis* e *M. microlepis* são baseadas em itens alóctones, sendo a primeira composta em grande parte por fragmento de vegetal terrestre, fragmento de inseto terrestre e Formicidae e a segunda de fragmento de inseto terrestre, Isoptera terrestre, Formicidae e fragmento de vegetal terrestre.

Nas demais espécies observamos uma maior contribuição de itens autóctones, com a dieta de *A. hastatus* sendo composta em grande parte por fragmentos de vegetal terrestre, fragmentos de insetos aquáticos, algas filamentosas e Simuliidae, a de *C. interruptum* por Simuliidae, Libellulidae, fragmento de inseto aquático e Chironomidae, a de *P. lateristriga* por fragmentos de vegetais terrestre e fragmentos de insetos aquáticos, tendo consumido também em baixos volumes porém em alta frequência larvas de Simuliidae e Chironomidae. A dieta de *Characidium sp.* foi composta principalmente por fragmentos de insetos aquáticos, larvas de Hydropsychidae, Chironomidae e Megapodagrionidae. Já a dieta de *H. malabaricus* e *R. quelen*, que são as duas espécies de topo de cadeia deste riacho, foram baseadas em itens maiores, sendo a primeira composta por peixes, Palaemonidae (camarão) e Formicidae, e a segunda por peixes, fragmentos de insetos terrestres e de vegetais terrestre. A espécie *P. lateristriga* foi a que consumiu em maior volume e frequência sedimento, o que indica o hábito da espécie de explorar o fundo para captura de alimento.

Na localidade aberta, o número de tipos de itens consumidos (Apêndice B) também variou entre as espécies, tendo *H. malabaricus* consumido o menor (3 itens) e *A. hastatus* o maior (32 itens) número de itens alimentares. Analisando o volume e a frequência dos itens mais consumidos, verificamos que a dieta de praticamente todas as espécies, com exceção de *H. malabaricus* foi baseada em itens autóctones. Esta diferença em relação a localidade fechada reflete o efeito da ausência de cobertura vegetal na dieta das espécies. A dieta de *A. janeiroensis* foi composta principalmente por Libellulidae, Gomphidae, fragmentos de insetos terrestres e Naucoridae, a de *M. microlepis* por fragmentos de insetos aquáticos, Chironomidae e Simuliidae. Já a dieta de *A. hastatus* foi bastante diferente do restante das

espécies pelo alto consumo de alga filamentosa e fragmentos de vegetais terrestres. A dieta de *C. interruptum* foi baseada em Simuliidae, Libellulidae, Baetidae, fragmentos de insetos aquáticos e Chironomidae, a de *P. lateristriga* em fragmentos de insetos aquáticos, Gomphidae, Chironomidae e Baetidae, a de *Characidium sp.* em Chironomidae, fragmentos de insetos aquáticos e Baetidae. Já a dieta de *H. malabaricus* foi composta principalmente por fragmentos de vegetais terrestre, peixes e fragmentos de insetos aquáticos e a de *R. quelen* por Gomphidae, Palaemonidae e peixes. Essa localidade apresenta apenas um pouco de gramíneas na margem do riacho, logo o fragmento vegetal encontrado na dieta de *H. malabaricus* é provavelmente de monocotiledônea.

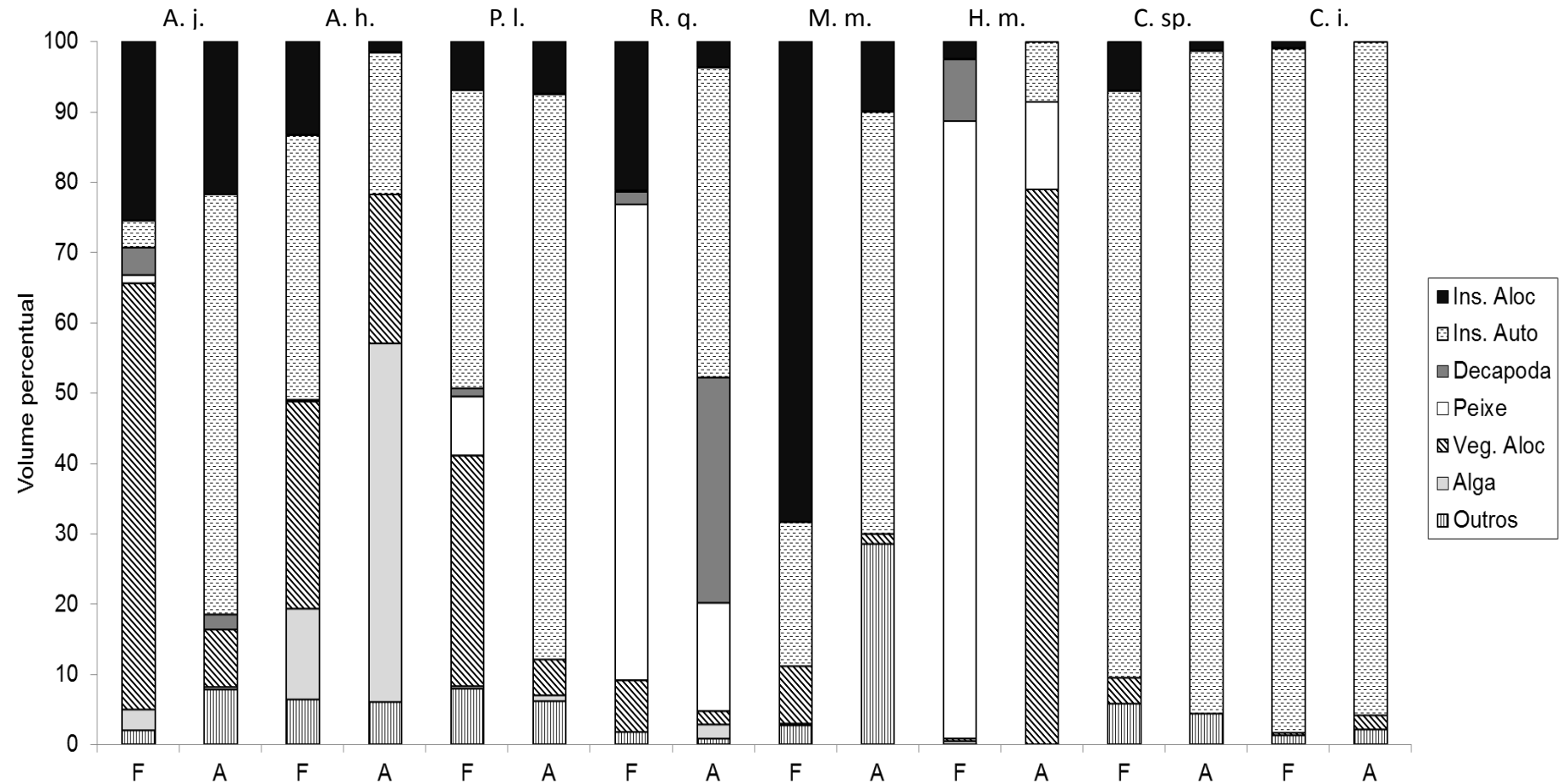
Figura 9 - Macroinvertebrados consumidos em maior frequência pelas espécies.



Legenda: (A) - Belastomatidae; (B) - Psephenidae; (C) - Paleomonidae; (D) - Simuliidae; (E) - Pupa chironomidae; (F) - Leptophlebiidae; (G) - Baetidae; (H) - Formicidae; (I) - Trichodactylidae; (J) - Libellulidae; (K) - Pyralidae; (L) - Melanoide; (M) - Elmidae adulto; (N) - Hydropsychidae; (O) - Chironomidae; (P) - Gomphidae; (Q) - Ceratopogonidae; (R) - Empididae.

Fonte: Fotos de Máira Moraes, 2012.

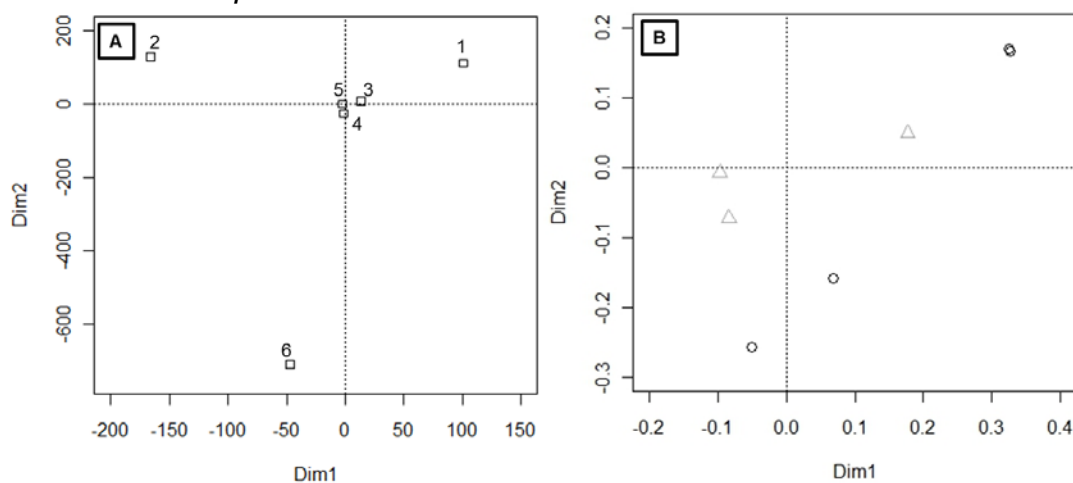
Figura 10 - Volume percentual das categorias de itens consumidos pelas espécies.



Legenda: (F) - localidade fechada; (A) - localidade aberta; (A. j.) - *Astyanax janeiroensis*; (A. h.) - *Astyanax hastatus*; (P. l.) - *Pimelodella lateristriga*; (R. q.) - *Rhamdia quelen*; (M. m.) - *Mimagoniates microlepis*; (H. m.) - *Hoplias malabaricus*; (C. sp.) - *Characidium* sp.; (C. i.) - *Characidium interruptum*; (Ins. Aloc) - Inseto Alóctone; (Ins. Auto) - Inseto Autóctone; (Veg. Aloc.) - Vegetal Alóctone.

Esses resultados são referentes aos dados das espécies agrupados. Quando analisamos os indivíduos de cada espécie, vemos que *Hoplias malabaricus* apresenta variação alimentar entre as localidades (Figura 11), pois os indivíduos da localidade aberta encontram-se praticamente todos na parte positiva do eixo 1 que é formado principalmente pelo item vegetal terrestre. A ANCOVA evidenciou também que não existe variação alimentar em relação tamanho da espécie entre as localidades (Tabela 3).

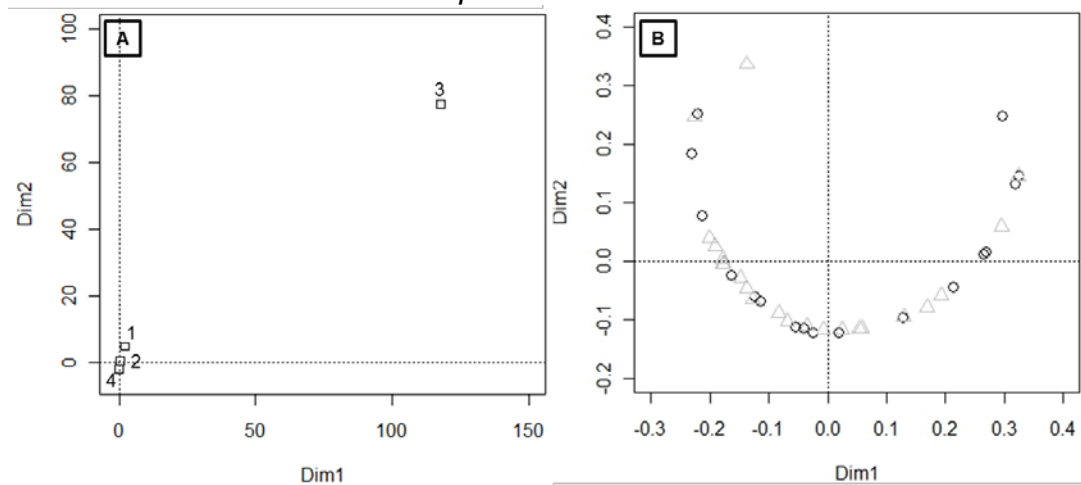
Figura 11 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Hoplias Malabaricus* nas localidades de estudo.



Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – alga; (5) – outros; (6) – decapoda; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

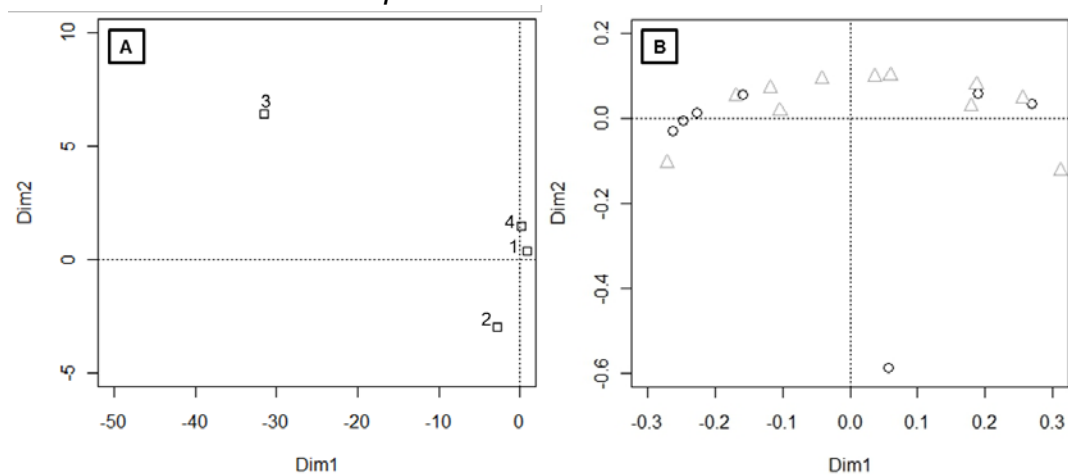
A análise dos indivíduos de *Characidium interruptum* mostrou que não existe variação alimentar entre as localidades (Figura 12) pela grande sobreposição dos dados, demonstrando assim a preferência pelos mesmos itens alimentares. O resultado da ANCOVA também evidenciou que não existe variação relacionada ao tamanho (Tabela 3). O mesmo resultado foi encontrado para *Characidium* sp. (Figura 13 e Tabela 3).

Figura 12 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Characidium interruptum* nas localidades de estudo.



Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – outros; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

Figura 13 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Characidium sp.* nas localidades de estudo.



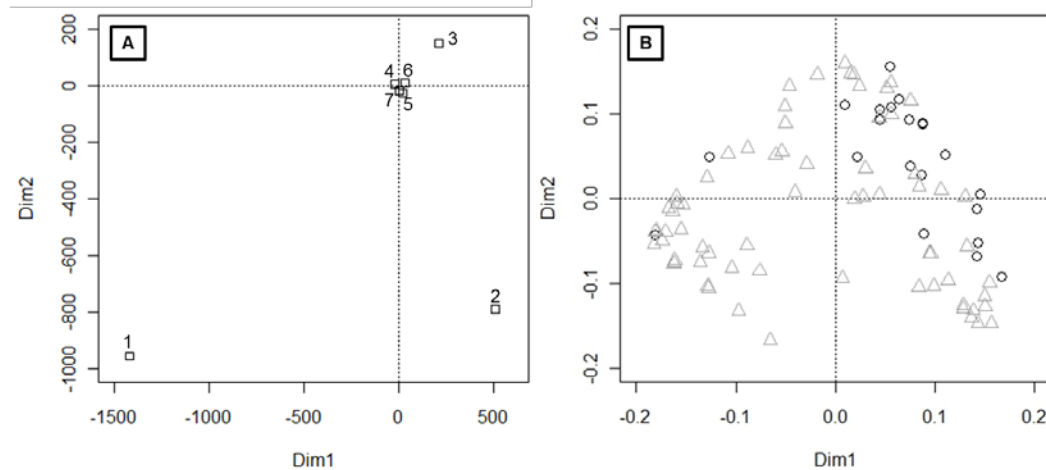
Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – outros; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

A análise dos indivíduos de *Astyanax jajeiroensis* evidenciou uma variação alimentar entre as localidades, já que os indivíduos da localidade aberta encontram-se quase que exclusivamente na parte positiva do eixo1 (Figura 14), que é baseada nos itens insetos aquáticos e terrestres. Já a espécie na localidade fechada pode ser encontrada na parte positiva e negativa dos dois, o que demonstra um maior espectro alimentar. O resultado da ANCOVA indica uma variação alimentar relacionada ao tamanho (Tabela 3). Essa relação negativa (Dim1 x C.P.) foi apenas na localidade



aberta, pois os itens mais importantes para esse eixo (i.e. vegetal terrestre e inseto terrestre) são pouco consumidos nesta localidade (Figura 19A).

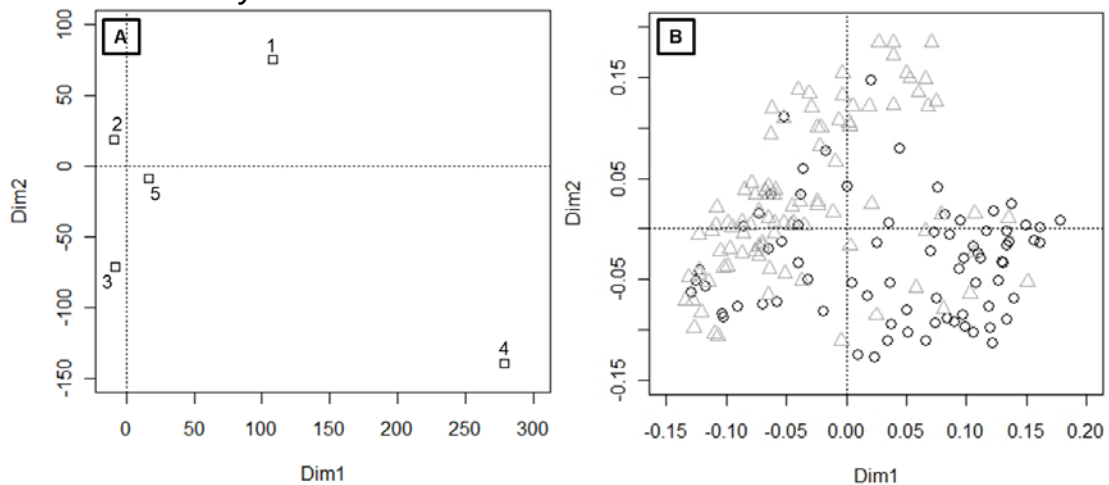
Figura 14 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Astyanax janeiroensis* nas localidades de estudo.



Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – alga; (5) – outros; (6) – decapoda; (7) – peixe; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

A espécie *Astyanax hastatus* também apresentou variação alimentar entre as localidades, com os indivíduos da localidade aberta em sua maioria na parte negativa do eixo 2 e positiva do eixo 1, que são baseados nos itens vegetal terrestre e algas (Figura 15). O resultado da ANCOVA (Tabela 3) também mostrou variação em relação ao tamanho, com a espécie nas duas localidades, consumindo mais alga (principalmente) e vegetal terrestre com o aumento do tamanho (Figura 19B).

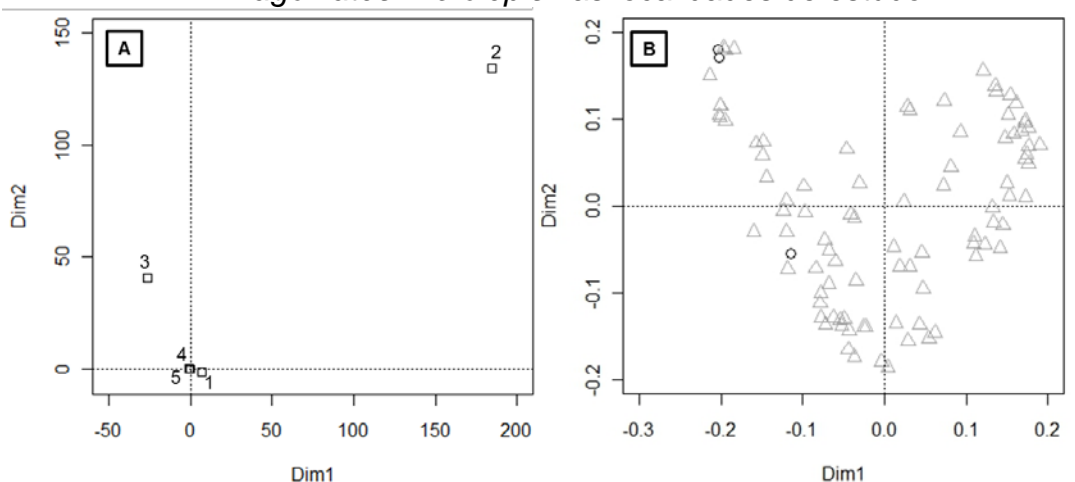
Figura 15 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Astyanax hastatus* nas localidades de estudo.



Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – alga; (5) – outros; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

A espécie *Mimagoniates microlepis* também apresentou variação alimentar entre as localidades, com os indivíduos da localidade aberta na parte negativa do eixo 1 e positiva do 2, devido ao consumo de insetos aquáticos, enquanto a espécie na localidade fechada tem um espectro alimentar bem maior (Figura 16). A ANCOVA indicou uma variação relacionada ao tamanho (Tabela 3), o que demonstra que quanto maior o indivíduo maior o consumo de insetos terrestre, que foi o item com maior contribuição para a formação deste eixo (Figura 19C).

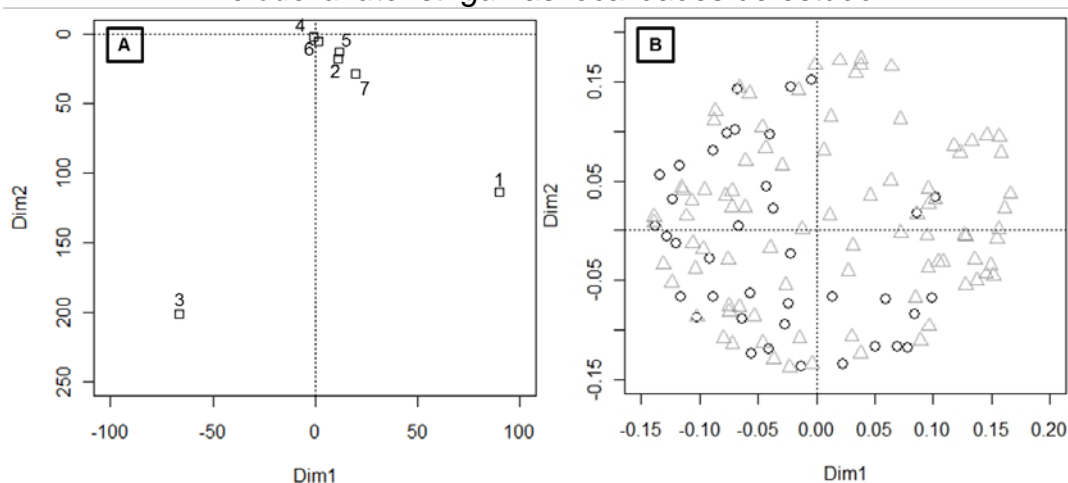
Figura 16 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Mimagoniates microlepis* nas localidades de estudo.



Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – alga; (5) – outros; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

A análise dos indivíduos de *Pimelodella lateristriga* evidenciou uma variação alimentar entre as localidades, pois na localidade aberta os indivíduos encontram-se mais na negativa dos eixos 1 e 2, pelo consumo de insetos aquáticos, enquanto na localidade fechada o espectro alimentar da espécie é muito maior (Figura 17). O resultado da ANCOVA indicou uma variação na alimentação relacionada ao tamanho (Tabela 3). Essa relação é mais visível na localidade aberta, apenas na parte negativa do eixo, pois a parte negativa é baseada no item inseto aquático enquanto a parte positiva em vegetal terrestre, que é pouco consumido nesta localidade (Figura 19D).

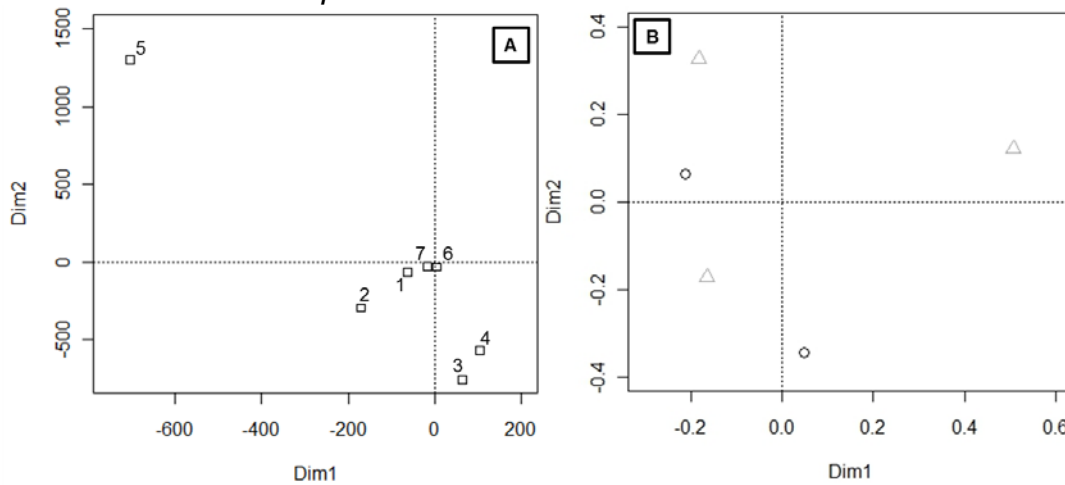
Figura 17 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Pimelodella lateristriga* nas localidades de estudo.



Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – alga; (5) – outros; (6) – decapoda; (7) – peixe; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

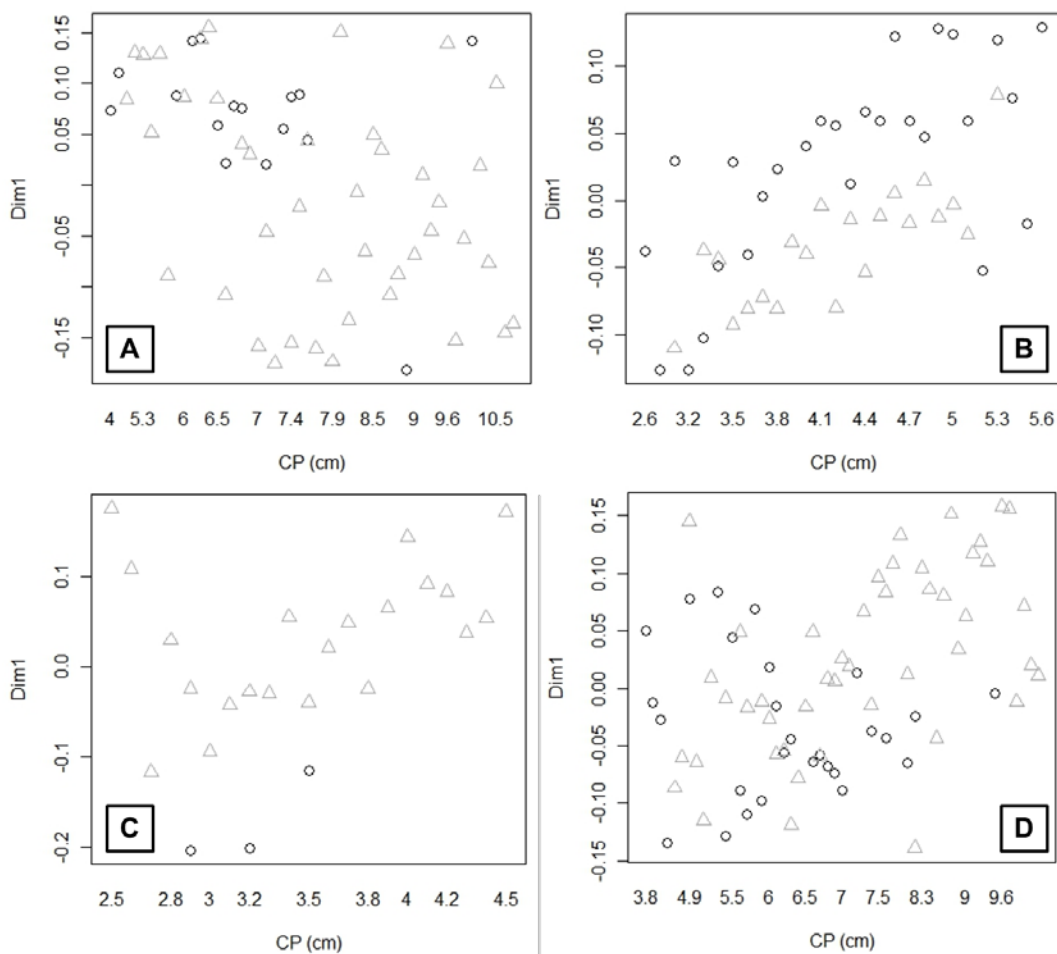
A espécie *Rhamdia quelen* não apresentou variação alimentar entre as localidades (Figura 18) e o resultado da ANCOVA também não demonstrou variação relacionada ao tamanho (Tabela 3), porém, devido ao baixo número de indivíduos, novas coletas devem ser realizadas para confirmar estes resultados.

Figura 18 – Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PcoA) da dieta de *Rhamdia quelen* nas localidades de estudo.



Legenda: (1) - vegetal terrestre; (2) - inseto terrestre; (3) - inseto aquático; (4) – decapoda; (5) – peixe; (6) – alga; (7) – outros; (A) - PcoA com os escores dos itens; (B) - PcoA com os escores individuais; círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

Figura 19: Relação entre o Dim1 (Dimensão), tamanho dos indivíduos e localidade para quatro espécies de peixe do rio Ubatiba, Maricá - RJ.



Legenda: (A) - *Astyanax janeiroensis*; (B) - *Astyanax hastatus*; (C) - *Mimagoniates microlepis*, (D) - *Pimelodella lateristriga*; (CP) - Comprimento padrão (cm); círculo preto - localidade aberta; triângulo cinza - localidade fechada.

Tabela 3 - Resultado da Análise de Covariância (ANCOVA) entre o comprimento padrão das espécies e as localidades de estudo.

	H.m.	C.i.	C.sp.	A.j.	A.h.	M.m.	P.l.	R.q.
C.P.	$F_{1,3} = 2,63$ $p = 0,20$	$F_{1,35} = 1,53$ $p = 0,22$	$F_{1,15} = 1,06$ $p = 0,32$	$F_{1,87} = 18,01$ $p < 0,001$	$F_{1,167} = 54,94$ $p < 0,001$	$F_{1,89} = 14,20$ $p < 0,001$	$F_{1,124} = 18,45$ $p < 0,001$	$F_{1,1} = 8,19$ $p = 0,21$
Localidade	$F_{1,3} = 13,58$ $p = 0,03$	$F_{1,35} = 1,72$ $p = 0,20$	$F_{1,15} = 0,57$ $p = 0,46$	$F_{1,87} = 4,07$ $p = 0,05$	$F_{1,167} = 45,87$ $p < 0,001$	$F_{1,89} = 5,86$ $p = 0,02$	$F_{1,124} = 4,74$ $p = 0,03$	$F_{1,1} = 11,65$ $p = 0,18$
C.P. x Localidade	$F_{1,3} = 7,14$ $p = 0,07$	$F_{1,35} = 7,24$ $p = 0,01$	$F_{1,15} = 0,08$ $p = 0,79$	$F_{1,87} = 0,22$ $p = 0,64$	$F_{1,167} = 1,64$ $p = 0,20$	$F_{1,89} = 0,05$ $p = 0,81$	$F_{1,124} = 8,51$ $p = 0,004$	$F_{1,1} = 297,35$ $p = 0,04$

Legenda: (C.P.) - Comprimento padrão (cm); (H. m.) - *Hoplias malabaricus*; (C. i.) - *Characidium interruptum*; (C. sp.) - *Characidium* sp.; (A. j.) - *Astyanax janeiroensis*; (A. h.) - *Astyanax hastatus*; (M. m.) - *Mimagoniates microlepis*; (P. l.) - *Pimelodella lateristriga*; (R. q.) - *Rhamdia quelen*.

### 1.6.2 Guildas alimentares

O cálculo do índice alimentar para verificar as guildas tróficas das espécies (Tabela 4) mostrou que apenas metade delas permanecem na mesma guilda independente da localidade. A espécie *M. microlepis* permaneceu na mesma guilda porém mudou o tipo de inseto preferencial de alóctone para autóctone entre as localidades. Verificamos também maior número de guildas na localidade fechada.

Tabela 4: Guildas alimentares das espécies analisadas nas duas localidades do rio Ubatiba, Maricá - RJ.

Espécie	Localidade	
	Fechada	Aberta
<i>Hoplias malabaricus</i>	Piscívoro	Herbívoro
<i>Characidium interruptum</i>	Insetívoro	Insetívoro
<i>Characidium</i> sp.	Insetívoro	Insetívoro
<i>Astyanax janeiroensis</i>	Onívoro	Insetívoro
<i>Astyanax hastatus</i>	Onívoro	Herbívoro
<i>Mimagoniates microlepis</i>	Insetívoro	Insetívoro
<i>Pimelodella lateristriga</i>	Onívoro	Insetívoro
<i>Rhamdia quelen</i>	Carnívoro	Carnívoro

### 1.6.3 Estequiometria corporal dos peixes

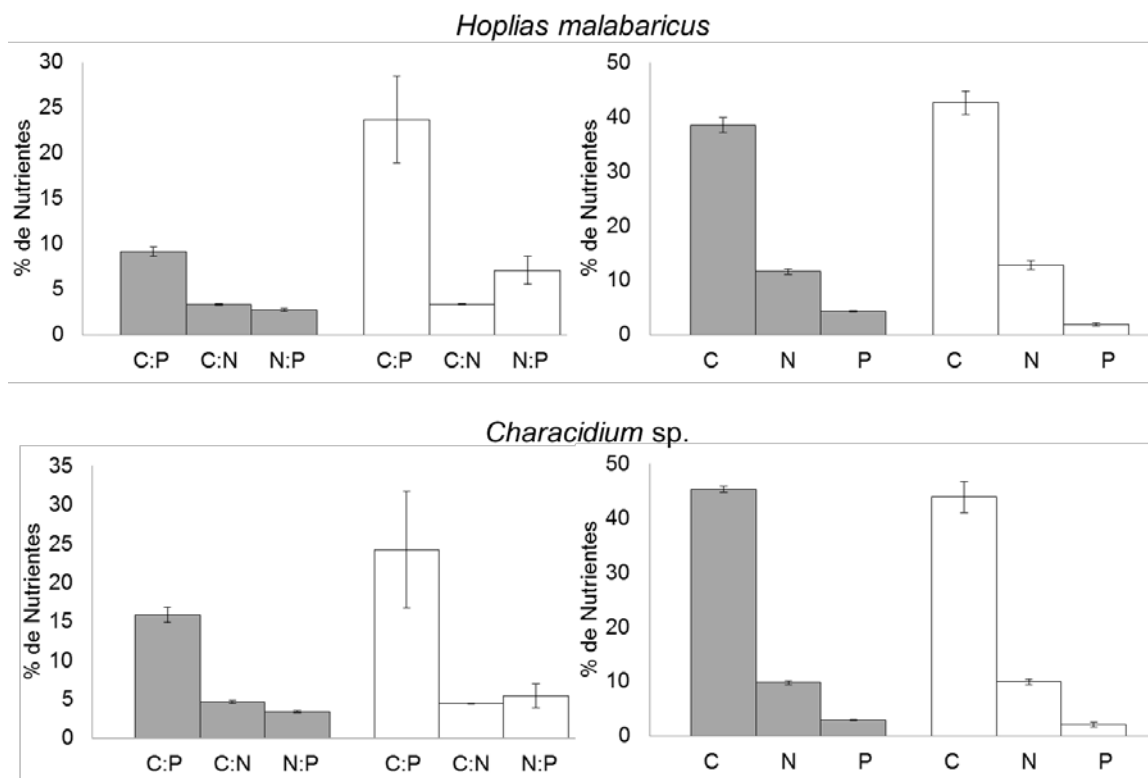
Analisamos a composição dos nutrientes corporais de 22 indivíduos na localidade fechada e 23 na localidade aberta (Tabela 5 e Figura 20). A partir das representações gráficas, podemos observar um padrão semelhante tanto nos nutrientes (C:N:P) quanto nas razões (C:P, C:N, N:P) para todas as espécies, com exceção de *H. malabaricus*, que apresentou mais fósforo corporal na localidade fechada. Esta representação não foi realizada para *C. interruptum* e *A. janeiroensis*, pois não conseguimos coletar exemplares dessas espécies nos pontos fechado e aberto, respectivamente, porém acreditamos que o padrão seja semelhante (Tabela 6).

Tabela 5 - Número de exemplares utilizados para análise estequiométrica corporal.

<b>Espécie</b>	<b>LF</b>	<b>LA</b>
<i>Hoplias malabaricus</i>	3	2
<i>Characidium interruptum</i>	0	2
<i>Characidium sp.</i>	3	3
<i>Astyanax janeiroensis</i>	5	0
<i>Astyanax hastatus</i>	1	5
<i>Mimagoniates microlepis</i>	5	5
<i>Pimelodella lateristriga</i>	4	5
<i>Rhamdia quelen</i>	1	1
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>23</b>

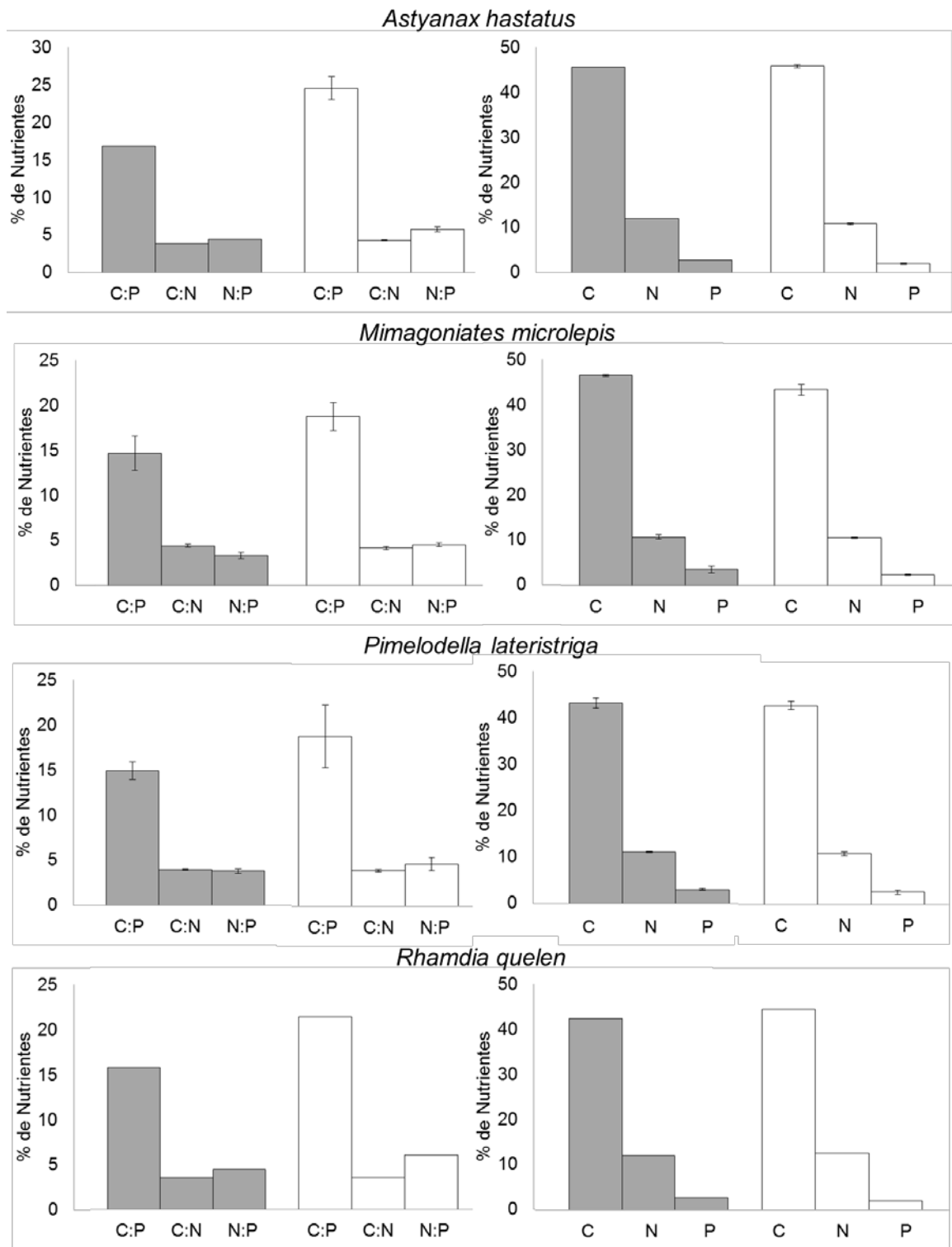
Legenda: (LF) - Localidade fechada; (LA) - Localidade aberta.

Figura 20 - Concentração elementar dos nutrientes (média  $\pm$  SE) e das razões (média  $\pm$  SE) encontradas no corpo dos peixes nas duas localidades (continua)



Legenda: Cinza - localidade fechada; branco - localidade aberta.

(conclusão)



Legenda: Cinza - localidade fechada; branco - localidade aberta.



Tabela 6 - Concentração elementar dos nutrientes (média  $\pm$  SE) e das razões (média  $\pm$  SE) encontradas no corpo de *C. interruptum* e *A. janeiroensis*.

Peixes	%P	%N	%C	C:N	C:P	N:P	Localidade
<i>C. interruptum</i>	3,1 (0,3)	12,2 (0,5)	43,4 (2,0)	3,6 (0,01)	14,0 (0,6)	3,9 (0,2)	Aberta
<i>A. janeiroensis</i>	3,4 (0,7)	11,7 (0,3)	47,2 (0,7)	4,0 (0,1)	15,6 (2,4)	3,9 (0,6)	Fechada

#### 1.6.4 Disponibilidade de recursos

Na localidade fechada foram coletados 47 grupos de invertebrados (família, classe ou subclasse) totalizando 2941 exemplares após as quatro campanhas. As famílias Chironomidae, Simuliidae, Veliidae, Baetidae e Thiaridae (Melanoide) foram os táxons mais encontrados, compondo  $\cong$  68% da densidade total da comunidade. No bentos foram coletadas 37 famílias (2231 exemplares), sendo Chironomidae, Thiaridae (Melanoide) e Baetidae as mais encontradas, totalizando  $\cong$  71% da densidade total. Na deriva foram coletadas 27 famílias (311 exemplares), sendo Simuliidae, Chironomidae e Formicidae as mais encontradas, totalizando  $\cong$  73% da densidade total. Utilizando a peneira foram coletadas 24 famílias (399 exemplares), sendo Veliidae, Palaemonidae, Baetidae e Gerridae as mais encontradas, totalizando  $\cong$  72% da densidade total (Apêndice C).

Na localidade aberta foram coletados 55 grupos de invertebrados (família, classe ou subclasse) totalizando 3650 exemplares após as quatro campanhas. Chironomidae, Baetidae, Simuliidae, Thiaridae (Melanoide) e Ostracoda foram os táxons mais encontrados, compondo  $\cong$  63% da densidade total da comunidade. No bentos foram coletadas 33 famílias (2811 exemplares), sendo Chironomidae, Ostracoda, Simuliidae, larva de Elmidae e Thiaridae (Melanoide) as mais encontradas, totalizando  $\cong$  74% da densidade total. Na deriva foram coletadas 21 famílias (208 exemplares), sendo Chironomidae, Simuliidae, pupa de Chironomidae e Formicidae as mais encontradas, totalizando  $\cong$  71% da densidade total. Utilizando a peneira foram coletadas 34 famílias (631 exemplares), sendo Baetidae, Thiaridae (Melanoide), Veliidae e Calopterigidae as mais encontradas, totalizando  $\cong$  67% da densidade total (Apêndice D).

Na totalidade foram coletados 6591 invertebrados, tendo sido um pouco mais da metade e o maior número de famílias na localidade aberta. Agrupando os

macroinvertebrados em categorias maiores (Figura 21) continuamos encontrando maiores densidades na localidade aberta para a maioria das categorias. Quando agrupamos todos os macroinvertebrados nos meses de coletas (Figura 22) verificamos que na localidade fechada houve uma diminuição nos macroinvertebrados com o tempo, já na localidade aberta eles se mantêm em grande quantidade, com exceção do mês de dezembro.

Figura 21 - Densidade percentual de macroinvertebrados nas localidades fechada e aberta do rio Ubatiba, Maricá – RJ.

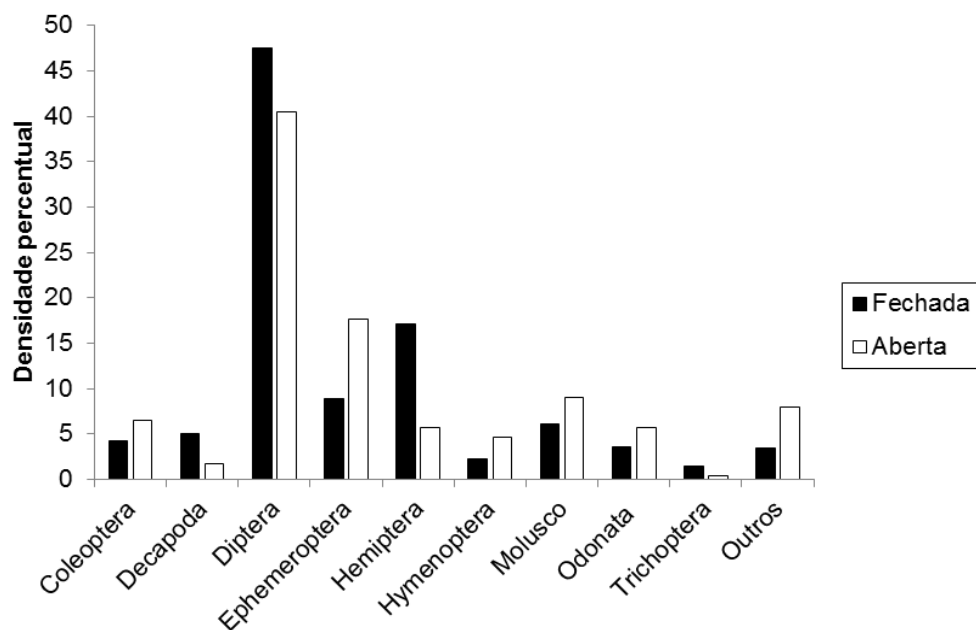
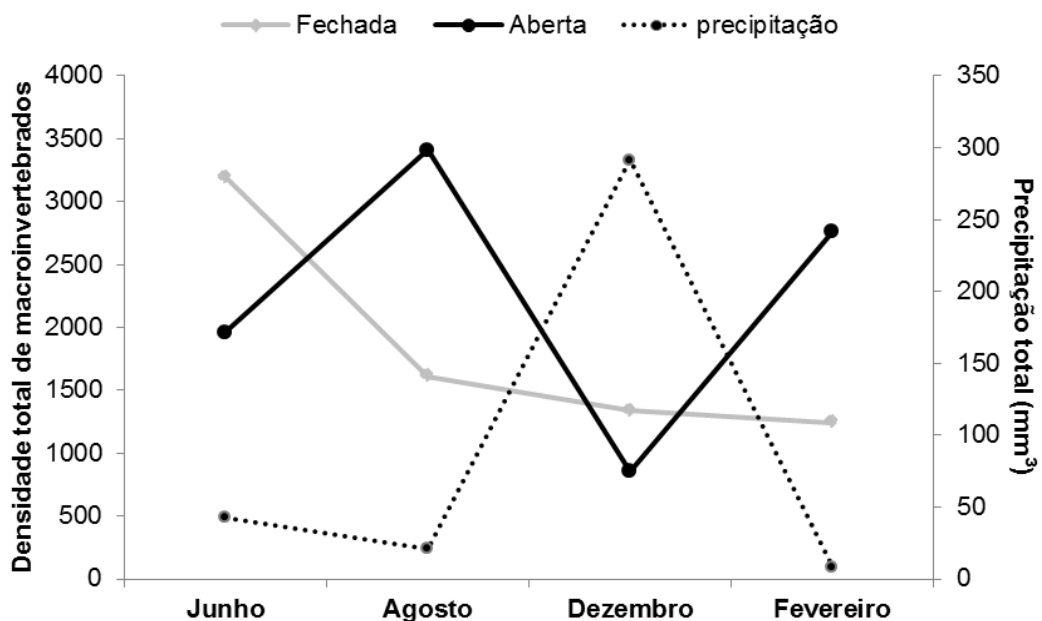


Figura 22 - Densidade total de macroinvertebrados e precipitação nas localidades fechada e aberta do rio Ubatiba, Maricá – RJ.



#### 1.6.5 Composição elementar das presas e desbalanço alimentar

Ao analisar a composição elementar das presas consumidas (Tabela 7) observamos que tanto na localidade fechada quanto na aberta o grupo dos peixes e dos Decapodas são os que apresentam maior porcentagem de fósforo, dos peixes e dos Hemipteras de nitrogênio e dos Coleopteras e Hemipteras de carbono. O grupo dos vegetais foi o que apresentou as menores porcentagens de fósforo e nitrogênio nas duas localidades. O nutriente carbono apresentou uma pequena variação, pois na localidade fechada as menores concentrações foram encontradas no grupo dos moluscos e dos peixes, enquanto na localidade aberta foram nos moluscos e vegetais. Esta análise não foi realizada para todas as presas, pois de algumas não foi obtido material suficiente para análise (> 1mg).

Tabela 7 - Concentração elementar dos nutrientes (média ± SE) encontrados nas presas disponíveis nas duas localidades.

Presas	Localidade						Localidade					
	Fechada						Aberta					
	%P	%N	%C	C:N	C:P	N:P	%P	%N	%C	C:N	C:P	N:P
<b>Coleoptera</b>												
Elmidae larva	0,3	9,8	48,5	4,9	178,2	36,0	0,3 (0,05)	8,4 (0,2)	48,9 (0,9)	5,8 (0,2)	152,9 (27,3)	26,2 (3,7)
Psephenidae larva	0,2	9,3 (0,5)	50,2 (0,1)	5,4 (0,3)	197,4	34,7	-	-	-	-	-	-
Elmidae adulto	0,1	-	-	-	-	-	0,2 (0,1)	9,7 (0,2)	48,2 (0,5)	5,0 (0,1)	230,0 (52,8)	46,7 (11,7)
Terrestre ñ ident.	0,6	9,0	51,6	5,8	88,1	15,3	-	-	-	-	-	-
<b>Decapoda</b>												
Paleomonidae	2,0 (0,2)	8,6 (0,6)	40,4 (0,6)	4,8 (0,3)	20,9 (1,7)	4,5 (0,6)	2,3 (0,1)	8,9 (0,6)	39,8 (0,9)	4,6 (0,3)	17,2 (1,3)	3,9 (0,5)
Trichodactylidae	1,7 (0,2)	4,9 (0,2)	26,7 (1,01)	5,4 (0,2)	17,4 (2,1)	3,2 (0,5)	1,6	5,2	26,4	5,1	16,3	3,2
<b>Diptera</b>												
Chironomidae	0,9 (0,2)	9,4 (0,4)	43,2 (0,7)	4,6 (0,2)	58,2 (14,8)	12,3 (2,7)	0,36	8,5 (0,5)	45,8 (0,1)	5,4 (0,3)	127,6	22,5
Empididae	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pupa chironomidae	0,4	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-	-	-
Pupa simulidae	-	-	-	-	-	-	1,5	8,4	42,1	5,0	28,8	5,8
Simuliidae	0,8 (0,1)	7,4 (0,6)	33,6 (1,7)	4,6 (0,2)	43,1 (1,4)	9,4 (0,5)	0,8 (0,3)	9,1 (0,5)	40,9 (0,4)	4,5 (0,3)	37,5 (6,3)	8,2 (0,8)
<b>Ephemeroptera</b>												
Baetidae	0,5	9,8	47,8	4,9	94,6	19,4	0,6 (0,1)	8,2	45,2	5,5	86,0	15,6
Leptophlebiidae	0,3	5,7	51,5	9,0	172,1	19,1	0,5	5,7	46,3	8,1	98,5	12,2
<b>Hemiptera</b>												
Belastomatidae	-	-	-	-	-	-	1,2 (0,1)	11,1 (0,4)	43,4 (0,3)	3,9 (0,1)	37,02 (3,8)	9,5 (0,7)
Naucoridae	0,3 (0,04)	11,1 (0,2)	48,6 (0,4)	4,4 (0,1)	152,3 (19,7)	34,7 (4,1)	0,2 (0,03)	10,2 (0,2)	50,03 (0,5)	4,9 (0,1)	297,0 (58,4)	61,2 (12,6)
Veliidae	0,2 (0,01)	10,9 (0,1)	51,0 (0,4)	4,7 (0,05)	328,7 (26,0)	70,5 (6,1)	0,41 (0,1)	10,87 (0,2)	49,73 (0,2)	4,58 (0,1)	145,65 (49,3)	31,32 (9,8)
<b>Hymenoptera</b>												
Formicidae	0,7 (0,2)	12,1 (0,1)	47,3 (0,2)	3,9 (0,05)	66,7 (8,3)	17,1 (1,9)	0,5 (0,1)	9,5 (1,03)	48,0 (0,2)	4,7 (0,1)	181,6 (83,3)	32,9 (13,9)

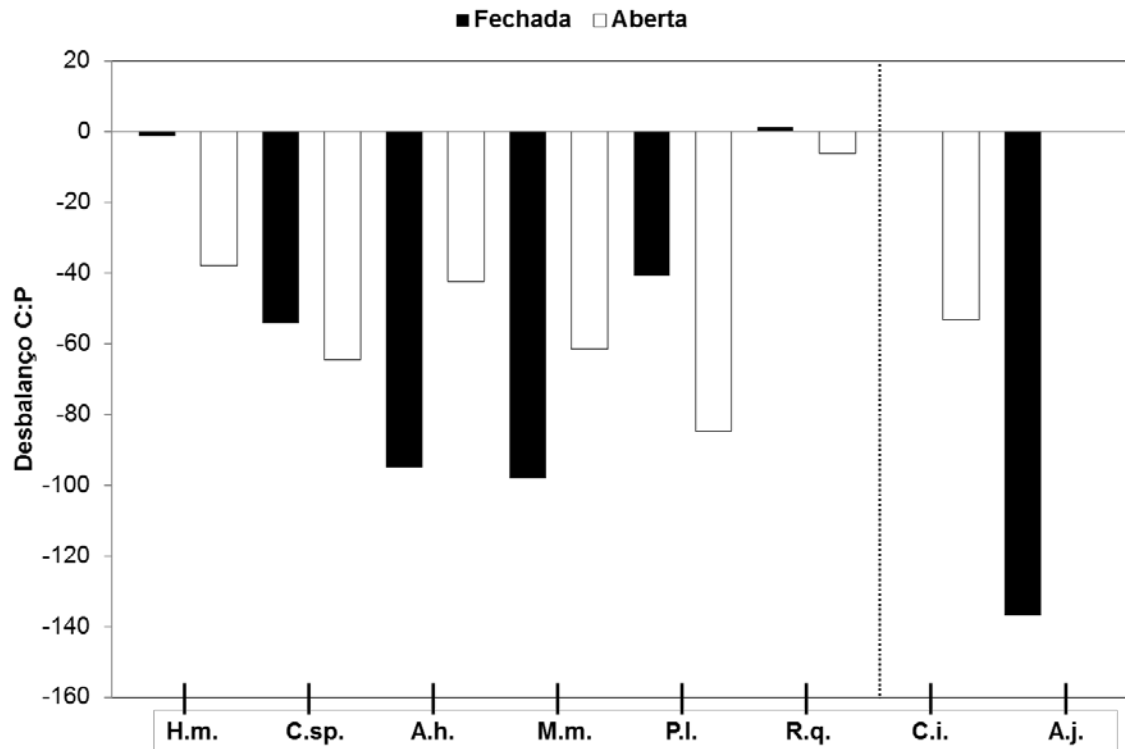
Tabela 7 - Continuação

Presas	%P	%N	%C	C:N	C:P	N:P	%P	%N	%C	C:N	C:P	N:P
<b>Lepdoptera</b>												
Pyrilidae	0,2	-	-	-	-	-	0,8	9,6	44,6	4,7	57,1	12,2
<b>Molusco</b>												
Melanoide	0,8 (0,04)	5,1 (0,3)	29,5 (0,7)	5,9 (0,3)	67,4 (2,3)	6,5 (0,6)	0,8 (0,2)	5,8 (1,5)	31,5 (3,8)	5,9 (1,0)	42,7 (6,3)	7,2 (0,2)
<b>Odonata</b>												
Calopterigidae	0,3 (0,1)	8,1 (0,4)	46,0 (3,2)	5,7 (0,2)	200,1 (61,2)	34,7 (9,4)	0,2 (0,02)	8,8 (0,1)	48,1 (1,4)	5,5 (0,2)	196,9 (17,2)	36,0 (3,5)
Gomphidae	0,5 (0,1)	9,5 (0,6)	43,8 (0,7)	4,7 (0,4)	144,9 (54,7)	29,6 (10,4)	0,3 (0,1)	9,8 (0,5)	45,2 (1,2)	4,6 (0,3)	186,6 (38,2)	40,0 (7,9)
Libellulidae	0,5 (0,1)	10,3 (0,5)	45,2 (0,6)	4,4 (0,3)	123,6 (47,1)	25,8 (8,0)	0,4 (0,1)	8,5 (0,5)	44,9 (0,5)	5,4 (0,4)	121,3 (25,9)	22,0 (3,6)
Megapodagrionidae	0,6 (0,3)	10,6 (1,4)	49,0 (2,6)	4,7 (0,9)	114,8 (61,4)	22,6 (8,8)	-	-	-	-	-	-
<b>Peixes</b>												
<i>A. tajasica</i>	3,7	11,6	39,8	3,4	10,9	3,2	2,4 (0,1)	11,5 (0,4)	42,6 (1,4)	3,7 (0,1)	17,6 (0,8)	4,8 (0,3)
<i>H. malabaricus</i>	4,2 (0,1)	11,6 (0,5)	38,5 (1,3)	3,3 (0,05)	9,1 (0,5)	2,7 (0,1)	1,8 (0,3)	12,7 (0,9)	42,6 (2,2)	3,3 (0,1)	23,7 (4,8)	7,1 (1,5)
<i>P. maculicauda</i>	7,1 (0,2)	6,9 (0,1)	27,8 (1,9)	4,0 (0,2)	3,9 (0,3)	1,0 (0,03)	7,2 (0,4)	6,9 (0,3)	26,2 (1,1)	3,8 (0,2)	3,7 (0,3)	1,0 (0,1)
<i>P. caudimaculatus</i>	3,3 (0,1)	11,0 (0,1)	40,3 (0,5)	3,7 (0,1)	12,4 (0,6)	3,4 (0,2)	-	-	-	-	-	-
<i>P. vivipara</i>	-	-	-	-	-	-	3,3 (0,3)	10,6 (0,3)	40,3 (1,3)	3,8 (0,1)	12,4 (1,1)	3,2 (0,2)
<b>Trichoptera</b>												
Hydropsychidae	-	-	-	-	-	-	0,5 (0,1)	9,1 (0,2)	46,8 (1,7)	5,1 (0,3)	98,2 (19,0)	18,9 (2,8)
Helicopsychidae	0,2	6,9	52,9	7,6	246,2	32,20	-	-	-	-	-	-
<b>Vegetal</b>												
Alga	0,3 (0,05)	1 (0,01)	10,2(1,6)	8,0(1,4)	27,9 (4,6)	2,7 (0,4)	0,3 (0,05)	1 (0,01)	10,2(1,6)	8,0(1,4)	27,9 (4,6)	2,7 (0,4)
Dicotiledonea	0,1 (0,02)	2,4(0,3)	48,3 (0,6)	20,4 (2,8)	409,0 (92,7)	21,3 (6,1)	0,1	0,9	37,0	42,9	261,6	6,1
Monocotiledonea	0,1 (0,02)	1,0 (0,1)	38,1 (1,2)	40,0 (5,2)	551,2 (118,7)	13,4 (1,3)	0,1	4,8	21,9	4,6	178,9	39,0
<b>Outros</b>												
Aranea	0,2	11,4	51,9	4,5	284,0	62,4	0,4 (0,1)	11,0 (0,4)	50,1 (0,9)	4,5 (0,2)	145,2 (37,9)	31,7 (7,7)
Ostracoda	-	-	-	-	-	-	0,2	3,1	23,4	7,6	98,6	13,0

Em relação ao desbalanço de C:P (Figura 23) a espécie *H. malabaricus* apresentou maior desbalanço na localidade aberta pois consumiu em grandes quantidades alimentos com baixa concentração de fósforo (fragmentos vegetais e algas) gerando assim altos valores de C:P, enquanto na localidade fechada, pelo alto consumo de itens com maior concentração de fósforo (peixes e Decapoda) esse desbalanço foi bem pequeno. A espécie *Characidium* sp. apresentou um desbalanço parecido entre as localidades, porém um pouco maior na localidade aberta. Isso ocorreu pois a espécie na localidade aberta apresentam um maior C:P corporal, já que os nutrientes da dieta são quase iguais entre as localidades. A espécie *A. hastatus* apresentou maior desbalanço na localidade fechada, fato que não era esperado, já que é na localidade aberta que ela consome itens com baixos nutrientes (C e N = alga e vegetal terrestre) em grande quantidade. Analisando melhor os dados podemos observar que isso ocorreu, pois na localidade fechada essa espécie apresenta uma maior concentração de fósforo corporal (%2,7) em relação a aberta (%1,9) gerando um menor C:P na localidade fechada. Logo, mesmo que esta espécie consuma mais nutrientes na localidade fechada, o desbalanço acaba sendo maior pela maior requisição de fósforo pela espécie nesta localidade.

A espécie *M. microlepis* apresentou maior desbalanço na localidade fechada, que foi gerado pelo consumo de itens com baixa concentração de fósforo, já que os nutrientes corporais foram bem semelhantes. A espécie *P. lateristriga* apresentou maior desbalanço na localidade aberta pelo consumo de itens com quase o dobro de concentração de carbono gerando um alto C:P na dieta, já que a concentração de fósforo dos itens não diferiu entre as localidades. Um outro fato que explica esse menor desbalanço na localidade fechada foi o consumo de peixes, que é um item alimentar com uma alta concentração de nutrientes. A espécie *R. quelen* apresentou um maior desbalanço na localidade aberta, pois consumiu mais insetos que são itens com uma menor concentração de fósforo gerando um maior C:P. Essa alimentação pode ter sido refletida na composição elementar da espécie, já que na localidade aberta o C:P corporal é maior do que na localidade fechada.

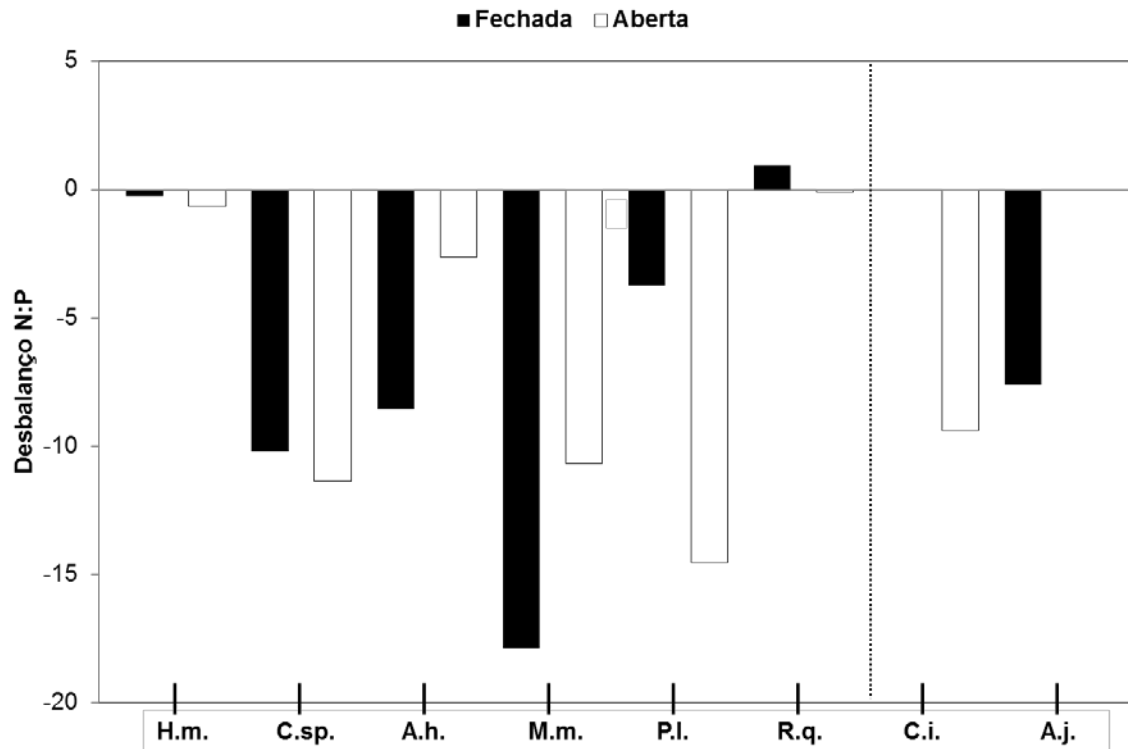
Figura 23 - Desbalanço entre o C:P do peixe e da dieta nas localidades fechada e aberta.



Legenda: (H. m.) - *Hoplias malabaricus*; (C. sp.) - *Characidium* sp.; (A. h.) - *Astyanax hastatus*; (M. m.) - *Mimagoniates microlepis*; (P. l.) - *Pimelodella lateristriga*; (R. q.) - *Rhamdia quelen*; (C. i.) - *Characidium interruptum*; (A. j.) - *Astyanax janae*.

Em relação ao desbalanço de N:P (Figura 24) encontramos o mesmo padrão visto no desbalanço de C:P para todas as espécies. Isso pode ser explicado pelo fato de a maioria dos desbalanços estarem relacionados com o fósforo das presas ou dos peixes. A única espécie em que o desbalanço não estava relacionado ao fósforo foi *P. lateristriga* que apresentou um maior N:P na localidade aberta por consumir presas com quase o dobro de concentração de nitrogênio, gerando um alto N:P.

Figura 24 - Desbalanço entre o N:P do peixe e da dieta nas localidades fechada e aberta.

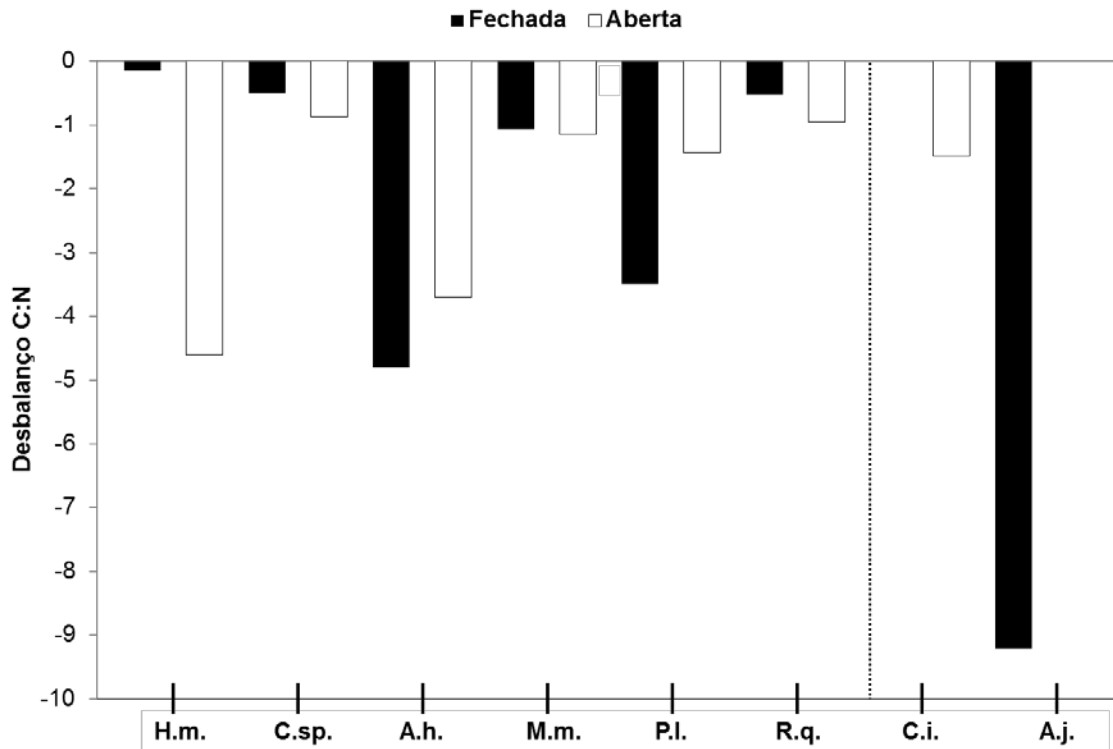


Legenda: (H. m.) - *Hoplias malabaricus*; (C. sp.) - *Characidium* sp.; (A. h.) - *Astyanax hastatus*; (M. m.) - *Mimagoniates microlepis*; (P. l.) - *Pimelodella lateristriga*; (R. q.) - *Rhamdia quelen*; (C. i.) - *Characidium interruptum*; (A. j.) - *Astyanax janae*.

Em relação ao desbalanço de C:N (Figura 25) encontramos o mesmo padrão visto no desbalanço de C:P e N:P para quase todas as espécies, com exceção de *M. microlepis* e *P. lateristriga*. Em *M. microlepis* o desbalanço é um pouco maior na localidade aberta, porém os valores são quase iguais. Essa espécie apresenta uma variação alimentar entre as localidades e esta mudança acabou sendo melhor visualizada através do C:P e N:P, pois as presas consumidas apresentaram uma maior variação na concentração de fósforo. Em *P. lateristriga* o desbalanço de C:N foi bem maior na localidade fechada por consumir presas com quase metade da concentração de carbono e nitrogênio em relação as da localidade aberta, já que a concentração corporal de C:N é semelhante entre as espécies.



Figura 25 - Desbalanço entre o C:N do peixe e da dieta nas localidades fechada e aberta.



Legenda: (H. m.) - *Hoplias malabaricus*; (C. sp.) - *Characidium* sp.; (A. h.) - *Astyanax hastatus*; (M. m.) - *Mimagoniates microlepis*; (P. l.) - *Pimelodella lateristriga*; (R. q.) - *Rhamdia quelen*; (C. i.) - *Characidium interruptum*; (A. j.) - *Astyanax janae*.

Para as espécies *C. interruptum* e *A. janae* não pudemos calcular o desbalanço nutricional, pois não coletamos as espécies na localidade fechada e aberta, respectivamente. Porém acreditamos que não haveria diferença no desbalanço de *C. interruptum*, pela semelhança na dieta entre as localidades e que haveria na de *A. janae* pela grande participação de vegetal superior na dieta da espécie na localidade fechada.

## 1.7 Discussão

Nossos resultados evidenciaram uma variação espacial na dieta para a maioria das espécies, que coocorrem nas duas localidades do rio Ubatiba. As únicas espécies que não apresentaram variação foram as espécies de *Characidium*. As localidades em estudo diferiram principalmente pela cobertura vegetal, o que

proporcionou uma maior entrada de material alóctone, segundo o conceito do contínuo de rio (VANNOTE et al., 1980). Esse conceito prevê uma mudança de sistemas baseados na matéria alóctone, onde a vegetação ripária é de grande importância, para um sistema autotrófico (VANNOTE et al., 1980). No presente estudo podemos aplicar esse conceito, já que observamos que na localidade fechada a participação do material alóctone foi maior na dieta de todas as espécies em comparação a localidade aberta. Em quatro das espécies analisadas (*A. janeiroensis*, *M. microlepis*, *A. hastatus* e *P. lateristriga*) a matéria alóctone foi de grande importância, correspondendo a no mínimo 40% da dieta. Encontramos também um maior número de guildas na localidade fechada, o que é um reflexo de mais alimento disponível devido a maior diversidade de mesohabitats e tipos de substrato (Tabela 1).

A cobertura vegetal é um fator que pode influenciar a disponibilidade e/ou densidade dos recursos em riachos (PINTO e UIEDA, 2007), já que facilita a entrada de organismos alóctones, que em consequência serão mais consumidos pelas espécies de peixes, como foi encontrado para algumas espécies tropicais (RUSSO et al., 2002; REZENDE e MAZZONI, 2006; PINTO e UIEDA, 2007). No presente estudo também verificamos esse efeito, pois na localidade fechada encontramos um maior número de espécies consumindo itens alóctones. Apesar desse maior aporte de organismos alóctones na localidade fechada foi na localidade aberta que encontramos o maior número de invertebrados. Isto pode ter ocorrido pela baixa profundidade da localidade fechada (Tabela 1), o que muitas vezes dificultava a coleta, principalmente utilizando a peneira. Essa maior diversidade na localidade aberta pode também ser resultado das duas localidade serem de ordens diferentes, logo a localidade fechada por ser de menor ordem e de cabeceira tenderia a ter uma menor diversidade de macroinvertebrados segundo a teoria do rio contínuo (VANNOTE et al., 1980).

A análise da disponibilidade de recursos no ambiente juntamente com a análise da alimentação das espécies é importante para se entender a seleção alimentar (DEUS e PETRERE-JUNIOR, 2003; PINTO e UIEDA, 2007), pois algumas vezes a dieta pode não refletir a seletividade, como foi visto por PINTO e UIEDA (2007), onde a seleção ocorreu pelos grupos de insetos menos frequentes. A análise alimentar também é importante para se inferir padrões em relação ao uso e partilha de recursos pelas espécies. A partilha de recursos pode ocorrer a nível espacial,

temporal ou trófico (SCHOENER, 1974). Segundo ROSS (1986), para o grupo dos peixes, a dimensão trófica seria a mais importante para a segregação de recursos entre as espécies. Em nosso estudo observamos na localidade fechada uma maior partilha de recursos, pelo maior número de guildas tróficas e tipos de recursos (alóctone e autóctone) utilizados.

A mudança no hábito alimentar e/ou item preferencial entre localidades acaba comprovando a alta plasticidade trófica dos peixes de água doce, cuja alimentação pode ser influenciada por fatores ambientais e pela biologia das espécies (LOWE-MCCONNELL, 1999; ABELHA et al., 2001). Essa plasticidade trófica, que é a capacidade de um organismos tirar proveito da fonte alimentar mais vantajosa no momento (GERKING, 1994) ocorre bastante em riachos, porém não afetaria a composição elementar dos consumidores, já que segundo a teoria estequiométrica, os animais tendem a manter a homeostase corporal independente de variações no recurso consumido (STERNER e ELSER, 2002). Apesar das mudanças na dieta das espécies entre as localidades de estudo, nossos resultados mostraram que as espécies mantêm a homeostase corporal (Figura 20), pois a variação na composição elementar das espécies entre as localidades foi muito pequena. A exceção foi na concentração percentual de fósforo em *H. malabaricus*.

A concentração de fósforo nos indivíduos da espécie *H. malabaricus*, na localidade aberta foi 3 vezes menor do que na localidade fechada, mesmo não existindo variação de tamanho, nem de quociente intestinal (localidade aberta = 0,72 e localidade fechada = 0,77), nos indivíduos analisados. Lembrando que na localidade aberta essa espécie se alimenta principalmente de vegetais terrestres, que é o item com menor percentagem de nutrientes, pode-se pensar que essa variação corporal foi um reflexo da dieta. A baixa concentração de nutrientes nesta espécie, mostrando uma variação com o recurso consumido, é bastante interessante, pois na maioria dos trabalhos ela é considerada o predador de topo, sendo este fato confirmado pela alta concentração de nutrientes (DANTAS e ATTAYDE, 2007). Inclusive, em trabalhos anteriores realizados neste riacho em diferentes localidades, esta espécie sempre foi considerada como piscívora (MAZZONI e LOBÓN-CERVIÁ, 2000).

Apesar destas pequenas variações, para a maioria das espécies encontramos homeostase nos elementos, como visto por STERNER e GEORGE (2000) para a família Cyprinidae. Logo, mesmo que os menores níveis da cadeia

trófica (consumidores primários) se alimentem de recursos com poucos nutrientes (alto C:P e C:N) isso não afeta a cadeia trófica, já que os organismos tenderão a manter a concentração de nutrientes corporais (BRETT, 1993; BOERSMA et al., 2008). A homeostase elementar é controlada por fatores fisiológicos que irão regular a absorção, incorporação e liberação (i.e. excreção e egestão) dos elementos (FROST et al., 2005). Sendo assim, descrever a composição elementar dos recursos e dos consumidores é importante para se entender as variações e desbalanços estequiométricos nas interações tróficas (CROSS et al., 2005).

O desbalanço elementar é uma medida de dissimilaridade entre um organismo e o recurso consumido por ele (STERNER e ELSER, 2002). EL-SABAAWI et al. (2012a) encontraram grandes diferenças no desbalanço de C:P de *Poecilia reticulata* entre localidades com alta e baixa predação. HIGGINS et al. (2006) em um lago em Ohio encontraram desbalanço na dieta de *Dorosoma cepedianum*, sendo esse desbalanço contornado pelo consumo de itens com mais nutrientes (alimentação seletiva) e excreção dos nutrientes em altas razões (C:P e C:N). Logo, as taxas de excreção podem refletir os desbalanços, as dissimilaridades, entre o corpo e a dieta. VANNI et al. (2002) analisando 28 espécies de vertebrados, verificaram que espécies com dietas semelhante mas composição corporal diferente tendem a reciclar os nutrientes de maneira diferente (VANNI et al., 2002). HOOD et al. (2005) também encontraram essa relação entre composição corporal e excreção, onde espécies com alta concentração de fósforo corporal, excretavam este elemento em baixa quantidade.

No presente estudo podemos observar que a maioria das espécies apresentou um menor desbalanço alimentar na localidade fechada, o que nos leva a pensar que o aporte de nutrientes gerado pela excreção das espécies seria maior nessa localidade. Esse maior aporte de nutrientes, poderia gerar um “pool” nutricional na localidade fechada como visto por MCINTYRE et al. (2008) na Venezuela e CAPPS e FLECKER (2013a) no México, porém dados relativos a excreção seriam necessários para confirmar se está predição está correta.

## 1.8 Conclusões

- A) Os itens mais consumidos variaram entre as localidades para a maioria das espécies, com exceção das duas espécies de *Characidium*.
- B) Apenas metade das espécies não mantiveram a guilda alimentar nas diferentes localidades.
- C) A análise da concentração elementar dos peixes mostrou que a espécie que apresenta a maior variação é *H. malabaricus*.
- D) A disponibilidade evidenciou uma maior densidade de organismos na localidade aberta e uma alta semelhança nos grupos de macroinvertebrados encontrados nas duas localidades.
- E) O desbalanço alimentar foi maior na localidade aberta para a maioria das espécies.
- F) Os resultados do presente estudo corroboram a hipótese de que as espécies mantêm a homeostase corporal (C:N:P) apesar de variações na dieta.

## 1.9 Considerações finais e perspectivas futuras

O presente estudo mostrou que apesar de existir variação alimentar entre as espécies que coocorrem nas duas localidades, a composição corporal não se alterou, sendo mais um estudo que corroborou a teoria da homeostase corporal (STERNER e ELSER, 2002). Outros trabalhos, porém, mostraram que existe uma variação espacial, intraespecífica (EL-SABAAWI et al., 2012a,b) e taxonômica (STERNER e GEORGE, 2000; VANNI et al., 2002, HENDRIXSON et al., 2007) na composição elementar das espécies. Segundo PERSSON et al. (2010) espécies de autótrofos e heterótrofos apresentaram desvios da homeostase estequiométrica, que podem estar relacionados a fatores externos (ambiental) e internos (e.g. fisiologia e crescimento). Sendo assim, esse autor sugere cautela no uso dos dados de homeostase, já que diversos fatores podem afetá-la. Logo, apesar do presente estudo ajudar a compreender alguns padrões estequiométricos em peixes de água doce, trabalhos futuros com um maior número de réplicas de localidades (aberta x

fechada), indivíduos de diferentes tamanhos (variação ontogenética) e sexo, além das taxas de reciclagem (i.e. excreção e egestão) dos nutrientes, seriam de grande importância para o estabelecimento de padrões na ecologia estequiométrica, sobretudo para riachos Costeiros de Mata Atlântica.

## 2 RECICLAGEM DE NUTRIENTES E ESTEQUIOMETRIA DE DOIS PEIXES HERBÍVOROS: DIFERENÇA ENTRE ESPÉCIE NATIVA E NÃO NATIVA

### 2.1 Introdução

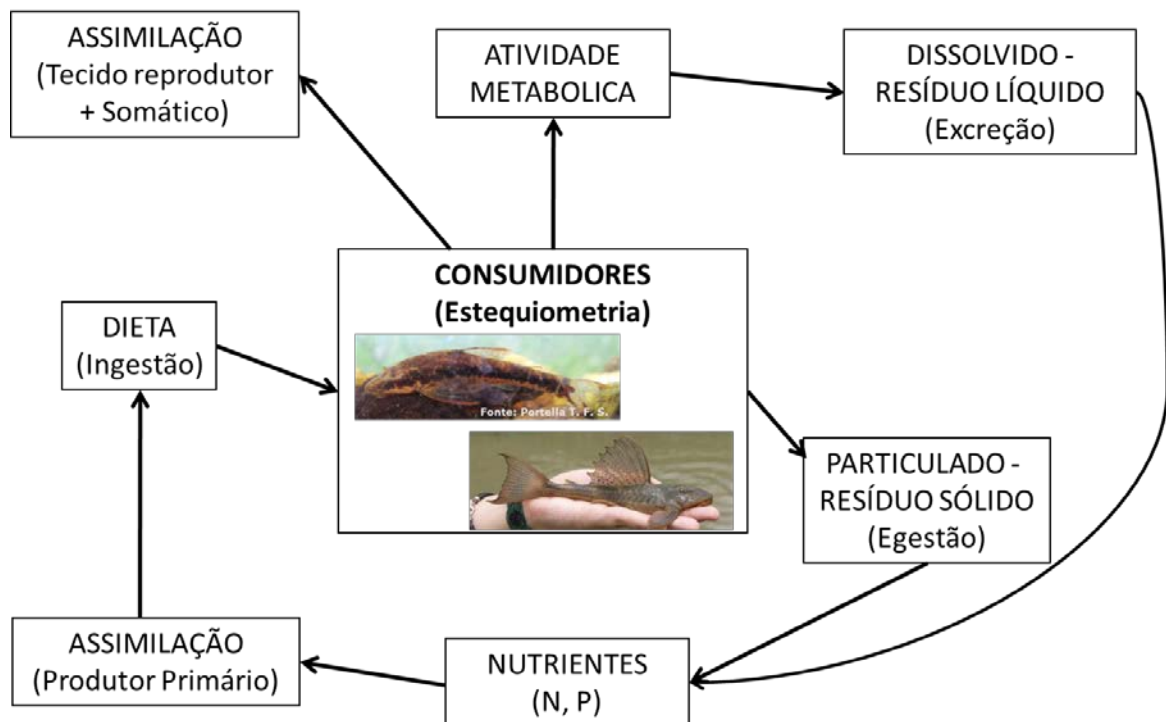
Os nutrientes podem ser utilizados nas suas formas inorgânicas, por seres autótrofos, e na sua forma orgânica por seres heterótrofos, sendo esses nutrientes absorvidos, assimilados e parte remineralizada (i.e. excreção, respiração ou fermentação) ou egestada (remineralização + egestão = reciclagem) (DODDS, 2002; MCINTYRE e FLECKER, 2010). A egestão compreende a diferença entre os nutrientes ingeridos e assimilados, sendo uma fonte de matéria orgânica particulada no ambiente (KOOIJMAN, 2000, 2010). Quando os organismos se alimentam eles assimilam nutrientes que podem ser utilizados no crescimento e/ou reprodução, sendo o restante excretado no ambiente ou eles não assimilam os nutrientes, sendo estes egestados no ambiente (DANTAS e ATTAYDE, 2007). O balanço entre a absorção e remineralização pelos organismos é o que faz com que muitas vezes a concentração dos nutrientes seja estável em ambientes aquáticos (DODDS, 1993, 2002).

Os processos de remineralização e egestão estão altamente relacionados com a estequiometria corporal dos organismos (ELSER et al., 1996), que compreende a razão (C:P, C:N, N:P) e porcentagem (%C, %N, %P) dos nutrientes, sendo carbono, nitrogênio e fósforo os mais estudados (DODDS, 2002; STERNER e ELSER, 2002). Cada organismo possuirá uma demanda nutricional, que pode variar em relação ao estado fisiológico (e.g. sexo, tamanho, estágio de maturidade) ou ao grupo a que pertence, logo a estequiometria ecológica é de grande importância para compreender as limitações e demandas dos organismos (DODDS, 2002; HAUER e LAMBERTI, 2006). A estequiometria ecológica também ajudará no entendimento das cadeias tróficas de diversos ambientes, já que a quantidade de nutrientes acaba refletindo a posição dos organismos nela (HILLEBRAND e KAHLENT, 2001; FROST et al., 2002; STELZER e LAMBERTI, 2002).

Em ambientes aquáticos a excreção dos peixes é de grande relevância para o ciclo do nitrogênio e do fósforo pelo aporte de fosfato ( $\text{PO}_4$ ) e amônio ( $\text{NH}_4$ ) gerado

(e.g. SCHAUS et al., 1997; MEHNER et al., 2005; POST e WALTERS, 2009), porém essa contribuição pode variar bastante entre espécies (VANNI et al., 2002; TORRES e VANNI, 2007; MCINTYRE et al., 2008) e até mesmo dentro da mesma espécie, entre indivíduos de diferentes tamanhos, que podem ter taxas de excreção diferentes (VANNI, 2002) ou em diferentes localidades (EL-SABAawi et al., 2012a). A reciclagem dos nutrientes (Figura 26) deve ser diretamente proporcional ao consumo e inversamente proporcional a demanda (Figura 27) para que a razão C:N:P corporal dos organismos seja mantida (KOOIJMAN, 2000, 2010; HAUER e LAMBERTI, 2006). Sendo assim, dietas com poucos nutrientes resultarão em uma excreção com poucos nutrientes (SERPA et al., 2013) podendo os organismos aumentar a absorção de nutrientes com o aumento destes no ambiente (HAUER e LAMBERTI, 2006). A excreção também está relacionada com a demanda nutricional de cada espécie, logo quanto maior a demanda por um nutriente, menor será sua a excreção.

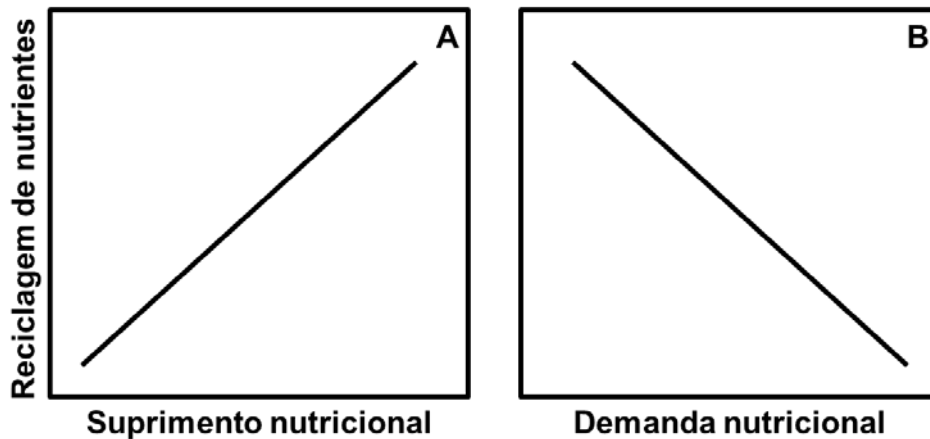
Figura 26 - Esquema da reciclagem de nutrientes mediada pelos consumidores.



Fonte: Modificado de Eugenia Zandonà.



Figura 27 - Reciclagem dos nutrientes em relação a (A) suprimento nutricional e (B) demanda nutricional.



Fonte: Modificado de STERNER e ELSER, 2002.

A excreção dos peixes em alguns casos pode gerar “hotspots” nutricionais, estimulando o aumento da produção primária o que, em consequência, aumenta a disponibilidade de recursos para os consumidores primários (PERSSON, 1997; MCINTYRE et al., 2008). Esses consumidores (e.g. peixes raspadores) através da remineralização dos nutrientes acabam influenciando a produtividade e biomassa do perifíton (EVANS-WHITE e LAMBERTI, 2006; LIESS E HILLEBRAND, 2006; MCINTYRE et al., 2006; KNOLL et al., 2009) desempenhando assim um importante papel na dinâmica de nutrientes nos ambientes de água doce (VANDER ZANDEN e VADEBONCOEUR, 2002; VANNI et al., 2002; MCINTYRE et al., 2008; CAPPS e FLECKER, 2013a).

Os peixes são importantes nos ambientes aquáticos, pois podem atuar como um “poço de nutrientes”, pelos contidos em seus tecidos ou como fonte de nutrientes pelos liberados por sua excreção e egestão (MCINTYRE e FLECKER, 2010) (Figura 27). Com isso eles acabam influenciando na ciclagem de nutrientes dos ambientes aquáticos (VANNI, 2002), pois podem afetar a biomassa, a composição e a produção dos produtores através de sua liberação de nitrogênio e fósforo no ambiente (HOOD et al., 2005). Algumas espécies de peixes (e.g. raspadores) podem afetar os produtores de maneira direta (consumo) e/ou indireta (excreção - nutrientes) (KNOLL et al., 2009). A teoria estequiométrica considera que o uso e a liberação desses nutrientes precisa ser balanceada e estão relacionados com a composição estequiométrica dos alimentos e do corpo do consumidor, já que os animais tendem a manter sua homeostase corporal (STERNER, 1990; STERNER e

ELSER, 2002; HOOD et al.; 2005). Com isso, a excreção de um determinado nutriente irá diminuir com o aumento deste na composição corporal do consumidor (STERNER, 1990), sendo suas taxas de excreção um reflexo do desbalanço entre os nutrientes do corpo e da dieta (ELSER e URABE, 1999; VANNI, 2002).

A composição da ictiofauna do rio Ubatiba tem sido estudada desde o início dos anos 80 (COSTA, 1984; MAZZONI e LOBÓN-CERVIÁ, 2000; MAZZONI et al., 2006) e por muitos anos o Loricariidae *Hypostomus punctatus* Valenciennes, 1840 foi considerado uma das espécies com maior constância, abundância e densidade neste riacho (MENEZES e CARAMASCHI, 2000; MAZZONI e LOBÓN-CERVIÁ, 2000; MAZZONI et al., 2006). No entanto, no final dos anos 90 uma outra espécie de Loricariidae, *Parotocinclus maculidauda* (Steindachner, 1877) foi introduzida e, desde então, a espécie nativa *H. punctatus* vem diminuindo em densidade ao longo do rio, enquanto a não nativa vem crescendo (COSTA, 2013). Segundo COSTA 2013 a introdução desta espécie ocorreu provavelmente através da soltura por aquarofilistas. Espécies invasoras são uma grande preocupação para a conservação e manejo dos ambientes de água doce (MOONEY e HOBBS, 2000), já que podem causar uma diminuição da biodiversidade e alterar os ecossistemas, podendo levar a extinção de espécies nativas (CLAVERO e GARCIA-BERTHOU, 2005), logo trabalhos com essas espécies são de grande relevância.

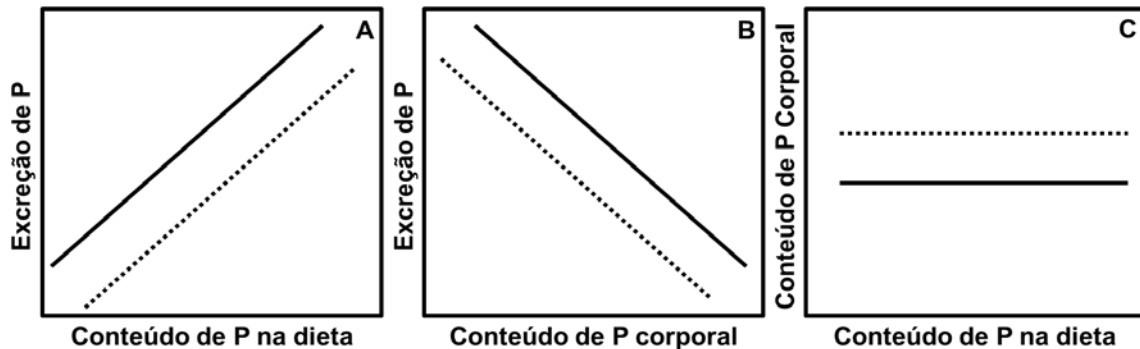
As espécies *H. punctatus* e *P. maculidauda* fazem parte da maior família de cascudos neotropicais, com mais de 650 espécies (REIS et al., 2003), sendo também a maior família no grupo dos siluriformes de água doce no Brasil (BUCKUP et al., 2007). A família Loricariidae é composta por peixes que possuem uma carapaça óssea, o que demonstra sua grande demanda por fósforo, apesar de sua dieta ser composta por itens que podem ter uma baixa concentração deste nutriente (i.e. perifíton) (STERNER e ELSER, 2002; HOOD et al., 2005). Isso ocorre, pois o perifíton em alguns casos é composto em grande parte por algas, que são organismos que podem apresentar uma variação na composição elementar em relação a quantidade de nutrientes no ambiente (ELSER et al., 1990; DOWNING e MCCAULEY, 1992; VERHOEVEN et al., 1996) e a variações na intensidade luminosa (HEALEY, 1985; TETT et al., 1985; GOLDMAN, 1986), além de existir uma variação interespecífica (HEALY e HENDZEL, 1979; STERNER e ELSER, 2002).

Segundo a estequiometria ecológica os herbívoros alimentam-se de itens com baixos valores nutricionais (i.e. algas e folhas) e esse desbalanço pode afetar seu

crescimento, reprodução e a taxa com que reciclam os nutrientes (STERNER e ELSER, 2002). Este fato torna esse grupo interessante e importante para estudos relacionados a excreção, demanda de nutrientes e composição alimentar. Além disso, apesar dos herbívoros serem um grupo comum em rios e lagos (GERKING, 1994; MATTHEWS, 1998) ainda são poucos os trabalhos que tentam relacionar a fisiologia da excreção de nutrientes e o papel deste grupo na reciclagem de nutrientes (FLECKER et al., 2002; VANNI et al., 2002; HOOD et al., 2005; CAPPS e FLECKER, 2013a,b). É nesse sentido que o presente capítulo busca entender as diferenças entre as duas espécies (nativa x não nativa) a partir da estequiometria corporal, do conteúdo do trato gastrointestinal (ingestão e egestão) e da excreção de nutrientes.

A demanda estrutural e a taxa de crescimento são fatores importantes para determinar a composição nutricional dos organismos (MCINTYRE e FLECKER, 2010). Assumindo que não há diferença na dieta destas espécies, nossa hipótese é que *P. maculicauda* (entre 2-5 cm), sendo muito menor do que *H. punctatus* (mais de 5 cm), tem uma maior razão área:volume levando a uma maior concentração percentual de P e uma menor relação N:P (e.g. MCINTYRE e FLECKER, 2010). Considerando a reprodução destas espécies e sabendo que *P. maculicauda* tem um menor tamanho de primeira maturação que *H. punctatus* (LIMA, 2012), também podemos supor que a primeira espécie teria uma maior concentração P e um menor N:P (e.g. ELSER et al., 1996; ELSER et al., 2000) já que esta espécie chega a fase adulta em menor idade. As previsões para a reciclagem de nutrientes (Figura 28) são que, devido a demanda estrutural e taxa de crescimento, a espécie não-nativa deve ter uma maior demanda por fósforo o que resultaria em uma menor excreção deste nutriente, em relação a espécie nativa.

Figura 28 - Predições para a reciclagem de nutrientes em relação a (A) conteúdo de P na dieta em relação a excreção de P, (B) conteúdo de P no corpo em relação a excreção de P e (C) conteúdo de P na dieta em relação ao conteúdo de P no corpo.



Legenda: Linha contínua a espécie nativa e a linha pontilhada a espécie não nativa

## 2.2 Objetivo geral

O objetivo deste estudo é investigar as diferenças existentes entre a demanda e excreção de nutrientes pelas duas espécies de Loricariidae do rio Ubatiba, Maricá – Rio de Janeiro, sendo uma espécie nativa e a outra não nativa.

## 2.3 Objetivos específicos

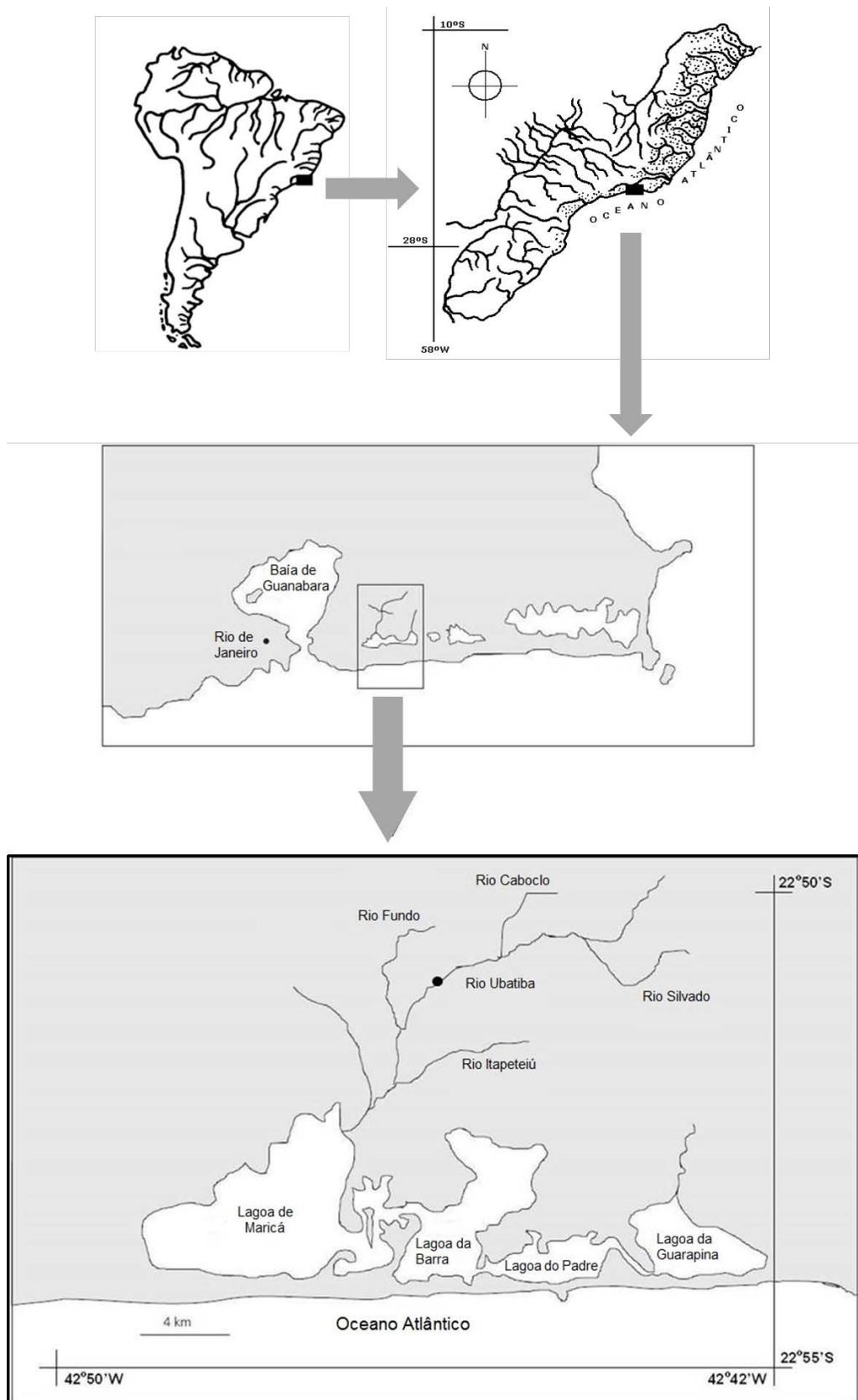
- Determinar se existe diferença na composição elementar (%C,%N,%P) e nas razões (C:P, C:N, N:P) corporais das espécies;
- Descrever diferenças do alimento ingerido e egestado pelas espécies;
- Verificar diferenças entre composição elementar (%C,%N,%P) da dieta (intestino anterior) e do alimento consumido (perífíton) pelas espécies;
- Verificar diferenças entre a excreção de nutrientes pelas espécies.

## 2.4 Área de estudo

Para essa parte do trabalho selecionamos uma nova localidade de coleta (21°52'47.7"S e 42°45'28.4"O) (Figura 29 e 30), na qual as duas espécies de Loricariidae, a nativa e a não nativa (*H. punctatus* e *P. maculicauda*, respectivamente) coocorrem em maior quantidade (Figura 31). Nesta localidade o rio passa por dentro de uma fazenda que possui áreas de plantação e de criação de animais.

As coletas foram realizadas em julho, agosto, novembro e dezembro de 2012, sendo os peixes coletados através de pesca elétrica (MAZZONI et al., 2000) durante a noite. Dado que os siluriformes possuem uma maior atividade noturna (SABINO e CASTRO, 1989; MAZZONI et al., 2010) realizamos as amostragens neste horário, para aumentar nossas chances de capturar os peixes com o trato intestinal cheio, ideal para nossas análises da composição elementar da dieta.

Figura 29 - Localização do sistema fluvial do rio Ubatiba. Em destaque a localidade de coleta

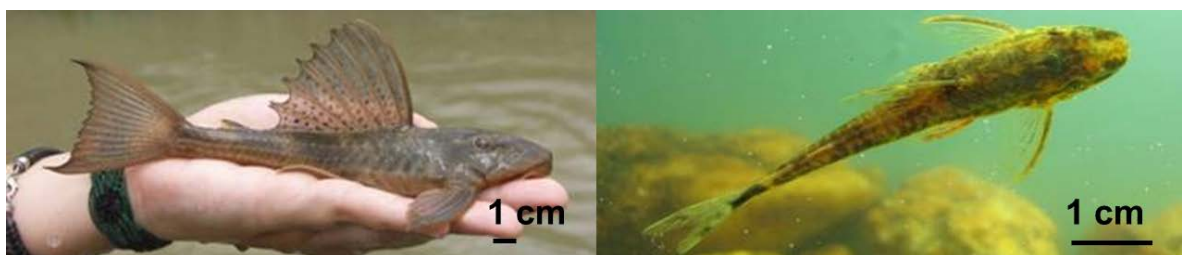


Fonte: Adaptado de MAZZONI e LOBÓN-CERVIÁ, 2000 e MAZZONI e IGLESIAS-RIOS, 2002.

Figura 30 - Localidade de amostragem dos peixes herbívoros no rio Ubatiba, Maricá – RJ.



Figura 31 - *Hypostomus punctatus* e *Parotocinclus maculicauda*, respectivamente. Espécies de Loricariidae do rio Ubatiba, Maricá – RJ, analisadas no presente estudo.



## 2.5 Material e Métodos

### 2.5.1 Composição corporal, ingestão e egestão

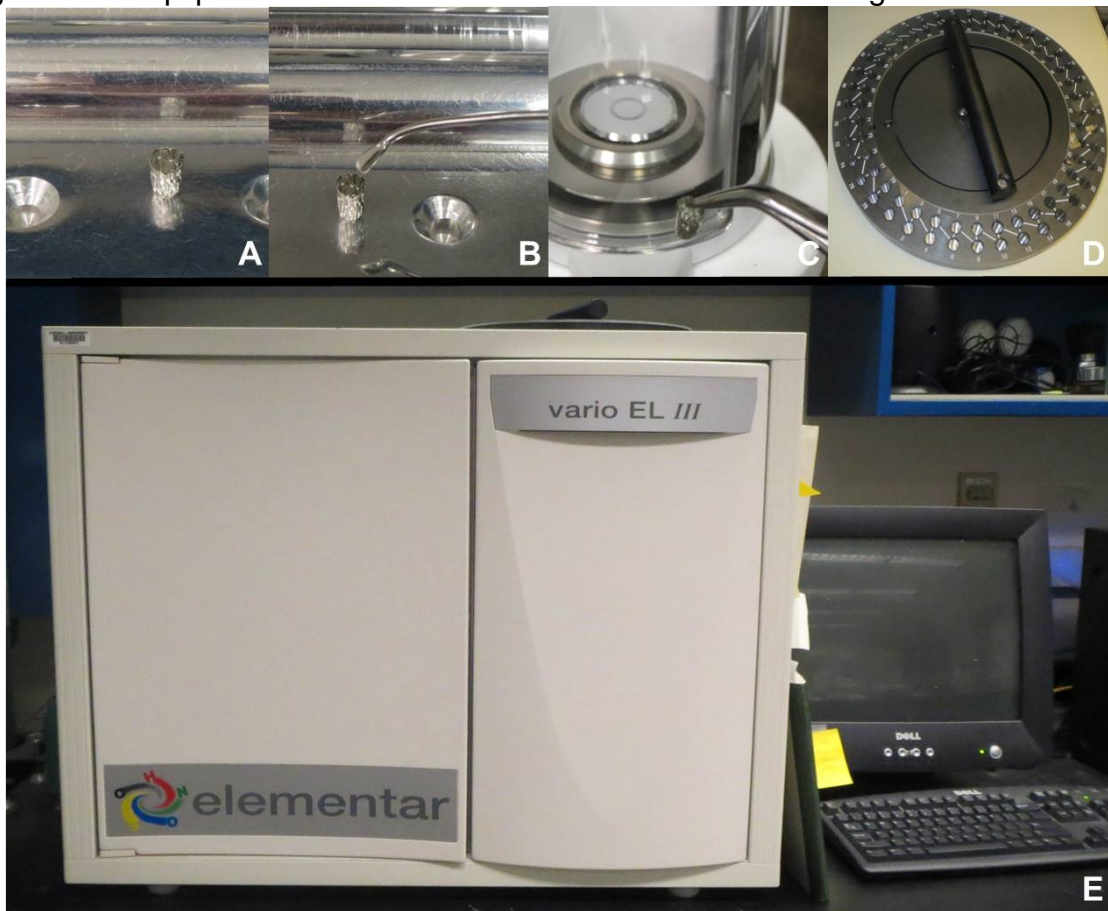
Dado que nem *H. punctatus* nem *P. maculicauda* possuem estômago verdadeiro utilizamos o conteúdo intestinal para análise da composição elementar da dieta, sendo o 1º terço definido como intestino anterior e o restante como intestino posterior. Assumindo que a assimilação de nutrientes ocorre na região inicial e que na posterior os nutrientes já foram todos absorvidos, consideramos a parte anterior como a dieta das espécies e a parte posterior como as fezes, seguindo HOOD et al. 2005.

Para determinar os nutrientes presentes no corpo e nas duas regiões do intestino, as espécies foram coletadas (20 exemplares de *P. maculicauda* e 10 de *H. punctatus*) e congeladas imediatamente. Ao chegar no laboratório cada exemplar teve o tamanho (comprimento padrão - cm) e o comprimento do intestino (cm) aferidos. Em seguida cada região do intestino foi separada e as partículas alimentares de cada parte foram colocadas em estufa a 50°C para secar, assim como o corpo dos animais.

Após secos, tanto o conteúdo intestinal como o corpo dos peixes, foram macerados até a obtenção de um pó fino e homogêneo para a análise da quantidade de nutrientes contida. Essa análise foi realizada no laboratório do professor Alexander Flecker do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade de Cornell. A concentração de Carbono e Nitrogênio foi medida no analisador elementar "Elementar Vario EL III" (Figura 32) e a concentração de Fósforo foi determinada por incineração, digestão por HCl, seguida de reação colorimétrica e posterior análise do fósforo solúvel reativo em espectrofotômetro (Figura 33).



Figura 32 – Equipamento utilizado na análise do carbono e nitrogênio.



Legenda: (A) e (B) - tinas utilizadas para pesar o material; (C) - pesagem do material; (D) e (E) - Elementar Vario EL III.

Figura 33: Equipamento utilizado na análise do fósforo.



Legenda: (A) - espectrofotômetro utilizado para as análises; (B) e (C) - detalhe do interior do equipamento onde as amostras foram colocadas.

A fim de comparar a quantidade de nutrientes (C, N, P e C:P, C:N, N:P) presentes no corpo de cada espécie (nativa x não nativa) e levando em consideração a grande diferença de tamanho entre elas, realizamos uma Análise de Covariância (ANCOVA). A relação entre a quantidade de nutrientes (%C, %N e %P) presentes em cada região do intestino (anterior e posterior) foi verificada através de análises de regressão linear. Esta análise foi realizada apenas com *H. punctatus*, pois o conteúdo encontrado nas duas regiões do intestino de *P. maculicauda* não foi suficiente para realizar amostras individuais.

### 2.5.2 Perifíton

O perifíton foi coletado no rio Ubatiba para comparação com a dieta dos peixes. As amostras foram coletadas em corredeiras durante o dia nos mesmos locais onde os peixes eram coletados durante a noite. O perifíton foi retirado de pedras com uma escova em uma bandeja de plástico, onde foram raspadas e lavadas. As amostras foram imediatamente congeladas e transportadas para o laboratório onde foram colocadas em estufa a 50°C para secar. Após secas a quantidade de nutrientes (C, N e P) foi analisada como descrito anteriormente. A comparação entre os nutrientes presentes no alimento (perifíton) e na dieta (intestino anterior) de cada espécie foi realizada através de uma ANOVA one-way com teste *Post-hoc* de Tukey, utilizando como variável dependente os três níveis representados pelos conteúdos intestinais de *P. maculidauda*, *H. punctatus* e o perifíton.

A partir das medidas do comprimento padrão e do comprimento do intestino calculamos o quociente intestinal, que foi utilizado como acessório para a caracterização do hábito alimentar da espécie (ANGELESCU e GNERI, 1949; BARBIERI et al., 1994), conforme a fórmula a seguir (3):

$$\text{Q.I.} = \text{CI/CP} \quad (3)$$

Onde:

Q.I. = Quociente intestinal (cm)

CI = Comprimento do intestino (cm)

CP = Comprimento padrão (cm)

### 2.5.3 Nutrientes excretados e presentes na água

Para quantificar a reciclagem de nutrientes pelas espécies um novo conjunto de peixes, no mesmo evento amostral, foi coletado (20 exemplares de *P. maculicauda* e 10 de *H. punctatus*), durante a noite. Cada peixe coletado foi colocado imediatamente em um saco “ziploc” por 1 hora com água do rio previamente filtrada com peneira de malha 250 µm para remover partículas. O volume de água (250ml a 600ml) foi escolhido dependendo do tamanho do peixe. Os indivíduos incubados foram colocados em ambientes calmos, dentro do próprio riacho, para tentar reduzir a condição de stress. Após 1 hora a água de cada saco foi retirada, filtrada (GF/F Whatman) para a remoção de fezes e outras partículas, colocada em potes para análise e congelada para posteriores análises de fosfato e amônio.

Para verificar a quantidade de nutrientes basais presentes na água, a cada coleta 5 amostras de água do riacho sem peixe foram incubadas da mesma maneira e congeladas para análise. Essas amostras são importantes para poder inferir a taxa de excreção de cada espécie, que foi calculada a partir da subtração dos valores de nutrientes basais (controle) dos valores de nutrientes na água após a excreção dos peixes. Para calcular a taxa de excreção, primeiramente convertemos a unidade dos nutrientes da água (controle) e da água com os peixes de µM para µg. Depois utilizamos esses valores para calcular a quantidade de nutrientes excretados por cada peixe, conforme a fórmula a seguir (4):

$$\text{Taxa de excreção} = (A_P - C_A) \times (A_{ml}/1000)/\text{tempo} \quad (4)$$

Onde:

Taxa de excreção = nutrientes excretados no tempo ( $\mu\text{g/hr}$ )

$A_p$  = quantidade de nutrientes encontrados na água com os peixes ( $\mu\text{g/L}$ )

$C_A$  = quantidade de nutrientes encontrados na água controle ( $\mu\text{g/L}$ )

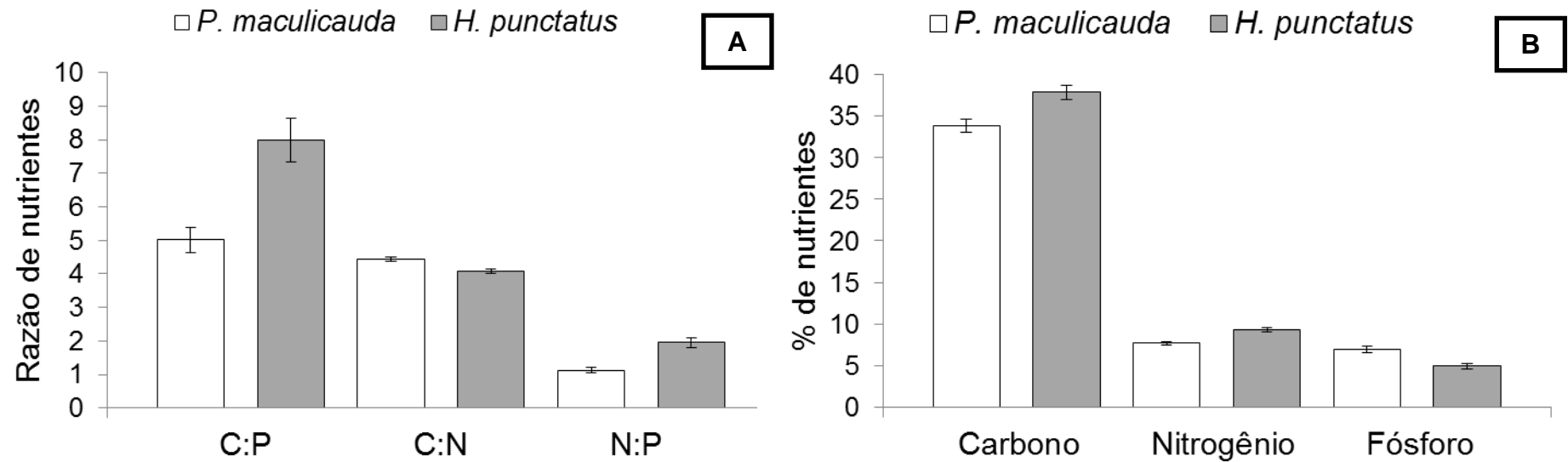
$A_{ml}$  = volume de água colocada no saco com os peixes

A análise da água foi realizada no laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sendo o fosfato (SRP: fósforo solúvel reativo) analisado pelo método fosfomolibídico (GRASSHOFF et al., 1999) e o amônio ( $\text{NH}_4$ ) pelo método do azul de indofenol (PARSONS et al., 1984). O método colorimétrico foi executado em espectrofotômetro UV-Vis Perkin-Elmer Lambda 20, com duplo feixe ótico e em cubetas de 10 cm de percurso ótico. Diferença entre a excreção das espécies levando em consideração o tamanho dos indivíduos foi realizada através da Análise de Covariância (ANCOVA), utilizando o log dos nutrientes excretados (SRP e  $\text{NH}_4$ ) e o log do tamanho como covariada, pois os dados não passaram no teste de normalidade. Utilizamos apenas indivíduos do mesmo tamanho para esta análise.

## 2.6 Resultados

### 2.6.1 Corpo

Os peixes coletados para essa análise possuíam comprimento padrão médio de 3,3 cm (*P. maculicauda*) e 7,4 cm (*H. punctatus*). Analisando a composição elementar corporal das espécies (Figura 34) observamos uma maior concentração de carbono e nitrogênio em *H. punctatus*, porém uma maior concentração de fósforo em *P. maculicauda*. Esse padrão foi refletido nas razões corporais, sendo o C:N de *H. punctatus* maior enquanto o C:P e o N:P de *P. maculicauda* foram maiores. A variação corporal entre as espécies foi confirmada, pois encontramos diferença significativa entre todos os elementos (%C, %N, %P) e todas as razões (C:P, C:N, N:P)(Tabela8).

Figura 34 - Concentração elementar corporal das espécies (média  $\pm$  SE).

Legenda: (A) - razões corporais dos nutrientes; (B) - porcentagens corporais dos nutrientes.

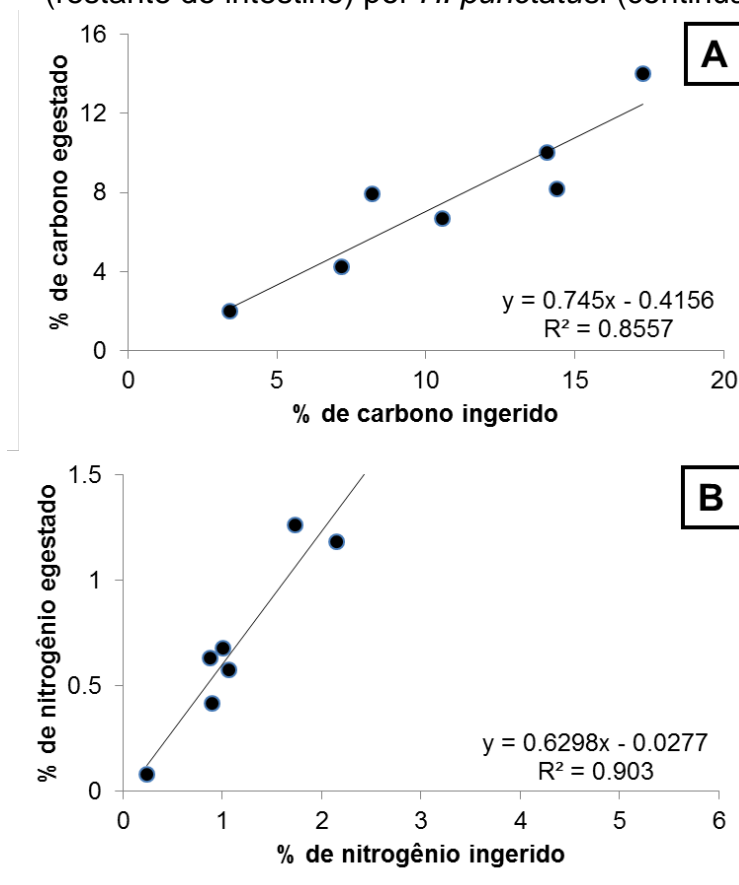
Tabela 8 - Resultado da Análise de Covariância (ANCOVA) com a concentração elementar corporal das espécies.

	C	N	P	C:P	C:N	N:P
espécie	$F_{1,14} = 11,92$ $p = 0,003$	$F_{1,14} = 30,95$ $p < 0,001$	$F_{1,13} = 18,24$ $p = 0,0009$	$F_{1,13} = 23,99$ $p = 0,0002$	$F_{1,14} = 8,23$ $p = 0,02$	$F_{1,13} = 36,11$ $p < 0,001$
tamanho	$F_{1,14} = 1,18$ $p = 0,30$	$F_{1,14} = 7,37$ $p = 0,02$	$F_{1,13} = 1,26$ $p = 0,28$	$F_{1,13} = 0,50$ $p = 0,49$	$F_{1,14} = 5,05$ $p = 0,04$	$F_{1,13} = 1,48$ $p = 0,24$
espécie x tamanho	$F_{1,14} = 1,90$ $p = 0,18$	$F_{1,14} = 3,44$ $p = 0,08$	$F_{1,13} = 0,11$ $p = 0,74$	$F_{1,13} = 0,22$ $p = 0,65$	$F_{1,14} = 0,67$ $p = 0,42$	$F_{1,13} = 0,29$ $p = 0,60$

### 2.6.2 Dieta e fezes

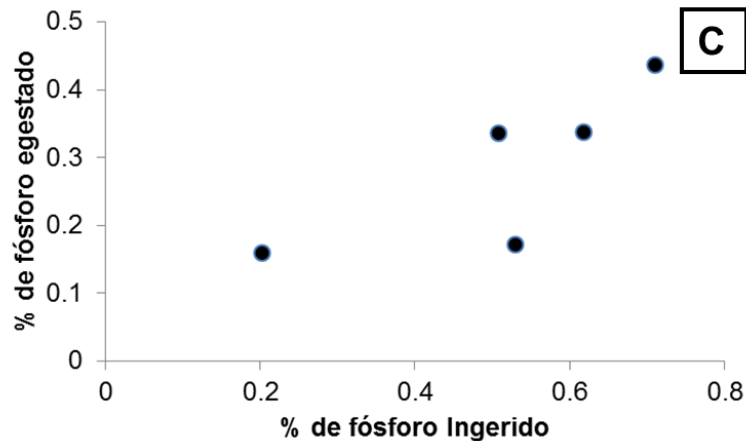
Os peixes utilizados para esta análise apresentaram comprimento do intestino médio de 15,1 cm (*P. maculicauda*) e 122,8 cm (*H. punctatus*). Analisando os nutrientes ingeridos (1º terço) e egestados (restante do intestino) por *H. punctatus* (Figura 35 e Tabela 9), verificamos que existe uma relação entre o carbono ( $F = 29,65$ ;  $R^2 = 0,85$ ;  $p = 0,003$ ) e o nitrogênio ( $F = 46,52$ ;  $R^2 = 0,90$ ;  $p = 0,001$ ) ingerido e egestado, porém essa relação não foi encontrada para o fósforo ( $F = 4,96$ ;  $R^2 = 0,62$ ;  $p = 0,11$ ). Essa análise não foi realizada para o *P. maculicauda*, pois devido ao pequeno tamanho do intestino (em comparação ao de *H. punctatus*) tivemos que juntar o conteúdo, dos 1<sup>os</sup> terços e da parte restante dos intestinos, de cada mês de coleta.

Figura 35 - Relação entre o conteúdo ingerido (1º terço do intestino) e egestado (restante do intestino) por *H. punctatus*. (continua)



Legenda: (A) – carbono; (B) – nitrogênio; (C) - fósforo.

(conclusão)



Legenda: (A) – carbono; (B) – nitrogênio; (C) - fósforo.

Tabela 9 - Percentagem dos elementos (média  $\pm$  SE) consumidos e egestados pelas espécies.

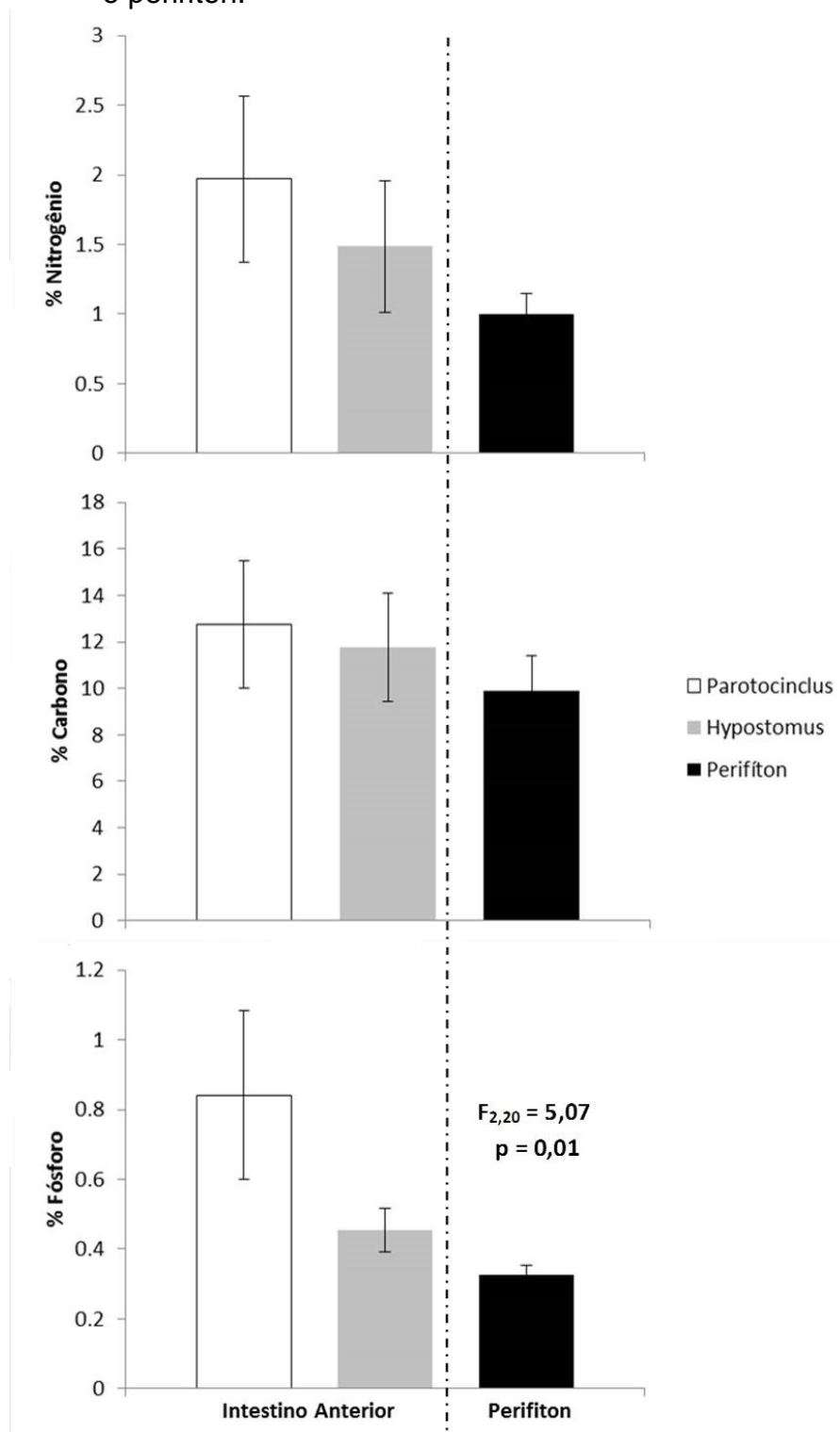
<b>Nutrientes</b>	<b><i>P. maculicauda</i></b>	<b><i>H. punctatus</i></b>
%C ingerido	12,75 (2,73)	10,73 (1,71)
%C egestado	9,49 (1,42)	7,58 (1,38)
%N ingerido	1,97 (0,60)	1,61 (0,52)
%N egestado	1,18 (0,15)	0,69 (0,15)
%P ingerido	0,84 (0,24)	0,51 (0,08)
%P egestado	0,72 (0,08)	0,32 (0,05)

### 2.6.3 Dieta e perifíton

A dieta das espécies (1º terço do intestino) e o perifíton (Figura 36) possuem percentagens semelhantes de carbono ( $F_{2,18} = 0,35$ ;  $p = 0,71$ ) e de nitrogênio ( $F_{2,18} = 0,95$ ;  $p = 0,40$ ), porém a percentagem de fósforo diferiu ( $F_{2,20} = 5,07$ ;  $p = 0,01$ ), sendo a concentração na dieta de *P. maculicauda* quase o dobro da de *H. punctatus* e do perifíton. Testes a posteriori demonstraram que essa diferença é significativa entre *P. maculicauda* e o perifíton ( $p = 0,01$ ), marginalmente significativa entre as espécies ( $p = 0,09$ ), porém não foi encontrada diferença entre *H. punctatus* e o perifíton ( $p = 0,37$ ). Essa variação na concentração de fósforo mostra que apesar de as duas espécies serem raspadoras, estão provavelmente se alimentando de itens

diferentes, porém os altos valores de Quociente intestinal (*P. maculicauda* = 4,09 e *H. punctatus* = 15,39) enquadram essas espécies no mesmo grupo trófico (i.e. herbívoro/detrítivo).

Figura 36 - Percentagem dos elementos (média  $\pm$  SE) consumidos pelas espécies e o perifíton.





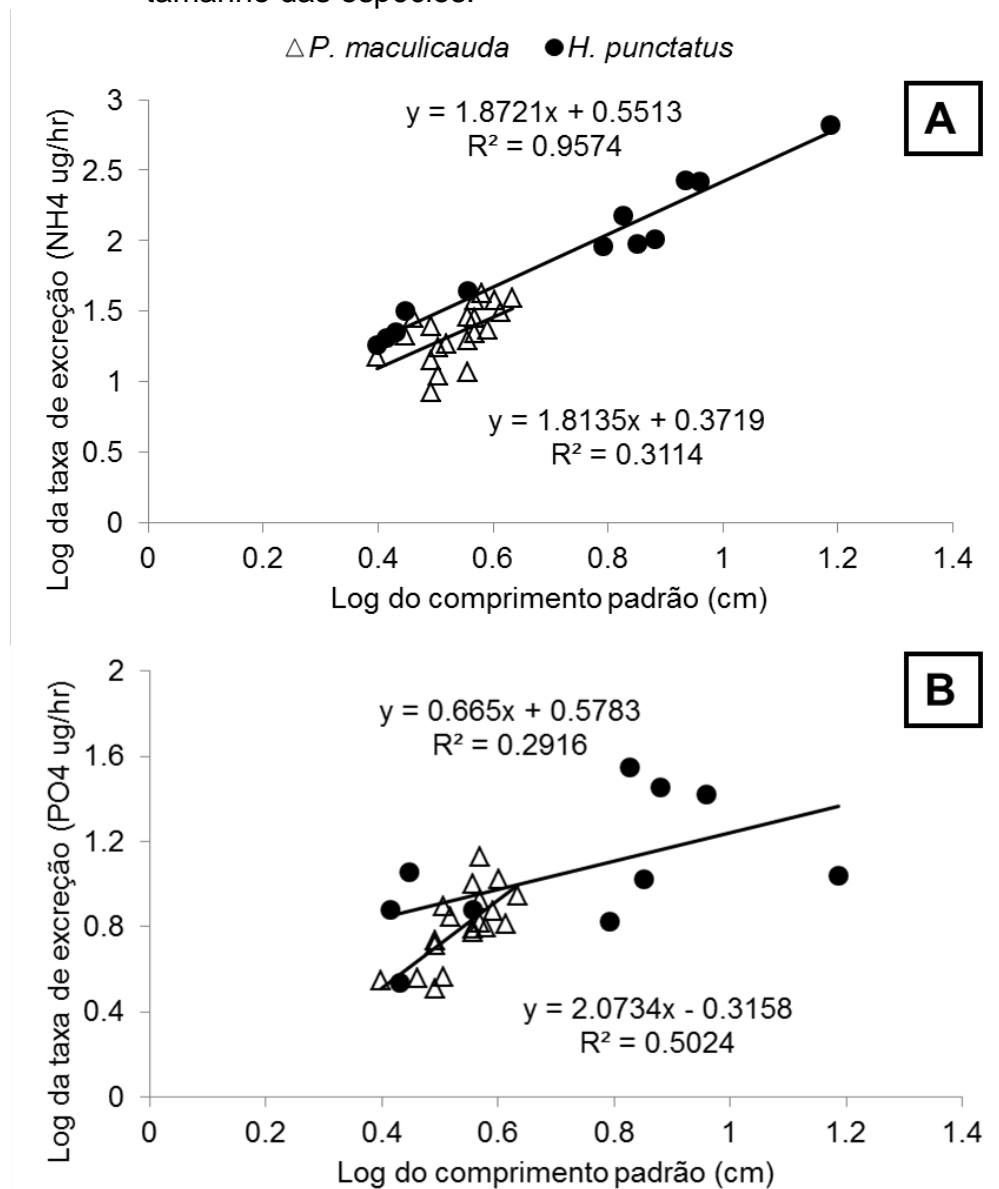
#### 2.6.4 Nutrientes excretados e presentes na água

A Análise de Covariância (ANCOVA) evidenciou que não existe diferença nas inclinações das retas tanto na análise de nitrogênio, quanto na análise de fósforo, pois o valor de  $p$  da interação dos dois fatores (espécie x tamanho) foi maior que 0,05 (Tabela 10). Analisando a excreção dos nutrientes verificamos que existe uma diferença em relação a excreção de nitrogênio ( $F_{1,20} = 6,31$ ;  $p = 0,02$ ) e de fósforo ( $F_{1,19} = 3,89$ ;  $p = 0,06$ ), com *H. punctatus* excretando mais que *P. maculicauda*. Além disso podemos observar na figura 37, com os indivíduos de todos os tamanhos, que para as duas espécies existe uma tendência de aumento na excreção, tanto de nitrogênio ( $\text{NH}_4$  ug/hr) quanto de fósforo ( $\text{PO}_4$  ug/hr), com o aumento do tamanho.

Tabela 10 - Resultado da Análise de Covariância (ANCOVA) com o log dos nutrientes excretados e o log do tamanho das espécies analisadas.

	Nitrogênio	Fósforo
espécie	$F_{1,20} = 6,31$ $p = 0,02$	$F_{1,19} = 3,89$ $p = 0,06$
tamanho	$F_{1,20} = 5,83$ $p = 0,025$	$F_{1,19} = 8,11$ $p = 0,01$
espécie x tamanho	$F_{1,20} = 0,18$ $p = 0,67$	$F_{1,19} = 0,97$ $p = 0,34$

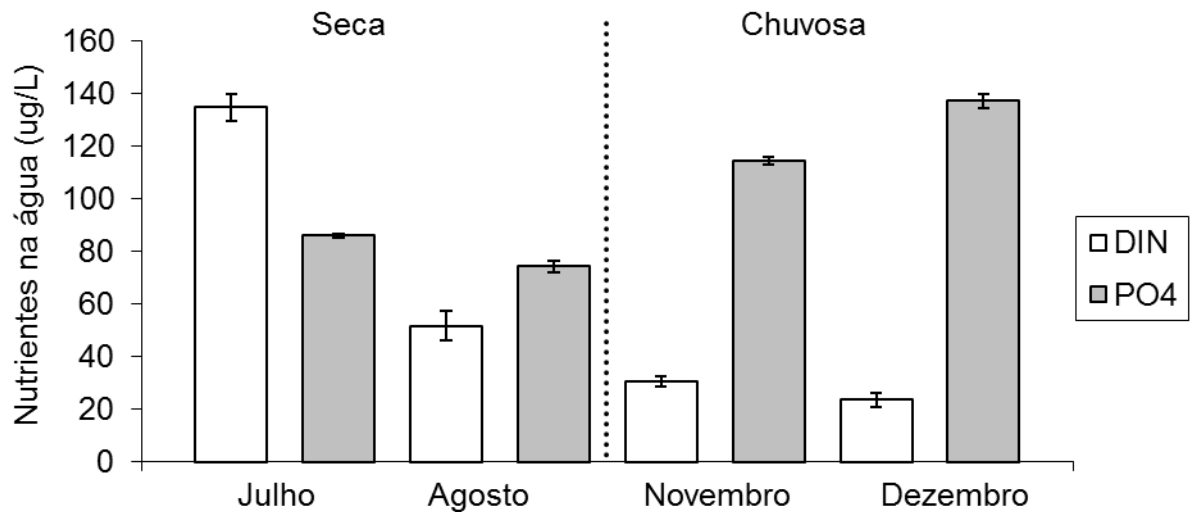
Figura 37 - Relação entre o log da taxa de excreção de nutrientes e o log do tamanho das espécies.



Legenda: (A) - excreção de nitrogênio; (B) - excreção de fósforo.

A análise dos nutrientes presentes na água (nitrogênio inorgânico dissolvido = DIN e fosfato = PO<sub>4</sub>) (Figura 38) evidenciou uma maior concentração de nitrogênio no mês de julho, porém nos demais meses a concentração de nitrogênio diminuiu enquanto a de fósforo aumentou. Apesar desses aumentos e diminuições as taxas são bastante elevadas sendo a mínima de nitrogênio de 23,6 ug/L e máxima de 134,7 ug/L enquanto a mínima de fósforo foi 74,4 ug/L e máxima de 137,3 ug/L.

Figura 38 – Concentração de nutrientes (média  $\pm$  SE) presentes na água nos meses analisados



Legenda: (DIN) - nitrogênio inorgânico dissolvido; (PO4) - Fósforo.

## 2.7 Discussão

A análise da composição corporal das espécies revelou uma diferença em relação a todos os nutrientes (%C, %N, %P), tendo sido encontrada maior percentagem de carbono e nitrogênio em *H. punctatus* (nativa), porém a percentagem de fósforo foi maior em *P. maculicauda* (não nativa). Apesar da diferença, as duas espécies apresentaram uma alta porcentagem corporal de fósforo se comparada às demais espécies de peixe deste riacho, analisadas no capítulo 1. Esse fato pode ser explicado pela alta demanda de fósforo dos Loricariidae devido à sua carapaça óssea, logo peixes cascudos tendem a possuir mais fósforo, devido à sua estrutura, que as demais espécies (STERNER e ELSER, 2002, VANNI et al., 2002, HOOD et al., 2005, SCOTT et al., 2012). Os dois fatores mais importantes para determinar a proporção de nutrientes corporais são a demanda estrutural e a taxa de crescimento (MCINTYRE e FLECKER, 2010). A demanda estrutural está intimamente relacionada com o conteúdo de fósforo do corpo, que está vinculado à estrutura óssea (HENDRIXSON et al., 2007; PILATI e VANNI, 2007). A relação entre área:volume prevê que os peixes com valores elevados terão uma maior concentração de fósforo e um menor N:P, em consequência do investimento na

estrutura óssea (MCINTYRE e FLECKER, 2010). Organismos com baixa razão N:P possuem um alto requerimento de fósforo para crescer (STERNER, 1993, VANNI et al., 2002). Esse alto requerimento pode ter implicação nas cadeias alimentares e na função dos ecossistemas, já que esses processos estão relacionados a estequiometria dos organismos (ELSER et al., 1996; DODDS, 2002). Outro fator que afeta o fósforo é a taxa de crescimento, a qual está relacionada com o fósforo contido no RNA ribossomal. Assim, organismos com crescimento rápido terão maior demanda de fósforo e menor razão C:P e N:P para suportar essa necessidade associada a síntese de proteínas (ELSER et al., 1996; ELSER et al., 2000). Esses fatores, demanda estrutural e taxa de crescimento, explicam porque a espécie não-nativa, que tem uma maior relação área-volume e uma maior taxa de crescimento, possui mais fósforo que a nativa.

Analisando a ingestão e egestão de nutrientes pela espécie nativa verificamos que existe relação entre o carbono e nitrogênio, porém não encontramos relação para o fósforo (Figura 35). HOOD et al. (2005) analisando duas espécies de cascudos encontraram correlação positiva apenas entre o carbono e o fósforo, ingerido e egestado. STERNER e GEORGE (2000) também encontraram uma correlação positiva no nitrogênio ingerido e egestado por quatro espécies de Cyprinidae no Canadá. HOOD et al. (2005) também verificaram que as espécies assimilavam preferencialmente o carbono quando a razão C:P era alta e preferencialmente o fósforo quando a razão era baixa, demonstrando assim que as espécies assimilavam mais os nutrientes que se encontravam em maior quantidade. Verificaram que a egestão pode diferir entre os nutrientes e entre espécies, o que torna difícil qualquer tipo de predição. Já que a relação entre os nutrientes ingeridos e assimilados pode variar entre táxons (STERNER e GEORGE, 2000; GALHOLT e VANNI, 2005)

As duas espécies de Loricariidae analisadas no presente estudo consumiram alimentos que apresentaram diferenças na composição elementar, principalmente em relação ao fósforo e nitrogênio (Figura 36). Ao analisarmos a razão dos nutrientes ingeridos (intestino anterior) verificamos que o C:P e o N:P são três e duas vezes, respectivamente, maiores que as razões corporais, o que deixa claro a limitação por fósforo dessas espécies. Essa limitação ocorre quando as espécies se alimentam de itens com altas razões de elementos (N:P e C:P) em relação as razões corporais (STERNER e ELSER, 2002) e esse desbalanço alimentar pode ser

compensado pela baixa liberação de fósforo (ELSER e URABE, 1999; CAPPS e FLECKER 2013a). Dieta desbalanceada e com deficiência em fósforo também foi encontrada por HOOD et al. 2005, em duas espécies de cascudos (*Ancistrus triradiatus* e *Chaetostoma miles*) no Rio Las Marías na Venezuela.

Ao analisarmos a percentagem dos nutrientes ingeridos (intestino anterior) e o perifíton, sem levar em consideração as razões, encontramos diferença apenas em relação a concentração de fósforo e Testes a posteriori demonstraram diferença entre *P. maculicauda* e o Perifíton e entre *P. maculicauda* e *H. punctatus*. Esse resultado demonstra uma possível variação alimentar entre as espécies, o que também pode ser esperado pela grande diferença no tamanho total do intestino, com a espécie nativa tendo um tamanho médio de 122,8 cm e a não nativa 15,1 cm. O comprimento do intestino está relacionado com a qualidade do alimento ingerido, sendo mais curto em onívoros e carnívoros, que se alimentam de itens com uma maior quantidade de nutrientes e mais longo em herbívoros e detritívoros (BARBIERI et al., 1994; WOOTTON, 1998; FUGI et al., 2001). Já que o tamanho do intestino está diretamente relacionado a dieta e a digestibilidade do alimento (BOWEN, 1983; STURMBAUER et al., 1992; LOBÓN-CERVIÁ e RINCÓN, 1994). Até mesmo dentro dos grupos, como no caso dos detritívoros, que possuem um longo intestino, o tamanho pode variar pela quantidade de detrito na dieta (BOWEN, 1983; JUNGER et al., 1989; DELARIVA e AGOSTINHO, 2001).

Apesar da variação no tamanho intestinal das espécies, quando analisamos o quociente intestinal (nativa Q.I. = 15,39 e não nativa Q.I. = 4,09), verificamos que as duas são enquadradas no mesmo grupo (i.e. herbívoro/detritívoro), sendo assim análises do conteúdo são importantes para confirmar essa variação. COSTA em 1987, analisou a dieta de *H. punctatus* e *P. maculicauda* no rio Mato Grosso, área próxima ao presente estudo e verificou que a dieta das duas espécies era composta por 100% de algas, sendo elas classificadas como algívoras. Já em 2010, MAZZONI e colaboradores analisaram a dieta de *H. punctatus* neste mesmo rio e a classificaram como detritívora. A espécie *P. maculicauda* foi visualizada alimentando-se de perifíton no centro do canal (LEITÃO et al., 2007) e *P. britskii* apresentou dieta composta principalmente (83%) por detrito (MELO et al. 2004), logo variações na dieta podem ocorrer em espécies desta família. Os Loricariidae na maioria das vezes são classificados como detritívoros (FUGI et al., 1996; LUIZ et al., 1998; MELO et al., 2004; OLIVEIRA e BENNEMANN, 2005; IBANEZ et al. 2007;

MAZZONI et al., 2010; DIAS e FIALHO, 2011; SÁ-OLIVEIRA e ISAAC, 2013) ou algívoros (POWER, 1983,1984a,b; COSTA, 1987; BUCK e SAZIMA, 1995; POUND et al., 2011), porém alguns autores verificaram dieta insetívora em algumas espécies (GOULDING et al., 1988; UIEDA et al., 1997; DIAS e FIALHO, 2011).

A limitação de fósforo no crescimento é mais comum em peixes da família Loricariidae, devido ao grande desbalanço estequiométrico em relação ao corpo e dieta, logo peixes com esse desbalanço irão reter preferencialmente esse elemento limitante (HOOD et al., 2005). Sendo assim, consumidores limitados por fósforo tendem a liberar nutrientes com altas razões N:P e C:P (STERNER, 1990; HOOD et al., 2005), já que a razão elementar dos consumidores afetam a razão dos nutrientes liberados (ELSER e URABE, 1999). VANNI et al. (2002) analisaram 28 espécies de vertebrados e verificaram que o grupo dos loricariideos (seis espécies) é o que apresenta maior requerimento por fósforo e que por isso liberam esse elemento em baixas concentrações na excreção devido à alta concentração corporal. Segundo a teoria estequiométrica a excreção é uma função entre os nutrientes do corpo e do alimento, logo os loricariideos, que requerem mais fósforo pela sua carapaça óssea, porém se alimentam de itens com baixa concentração deste elemento irão excretar fósforo em baixa quantidade e alta razão N:P (VANNI, 2002; VANNI et al., 2002). Apesar disso as taxas de excreção podem variar, já que em alguns casos o mais importante para a excreção é o alimento (HIGGINS et al., 2006; TORRES e VANNI, 2007) e em outros a concentração corporal (VANNI et al., 2002).

No presente estudo as duas espécies estudadas não apresentaram diferença na excreção de fósforo e a espécie nativa excretou mais nitrogênio que a não nativa, porém a excreção dos dois nutrientes foi relativamente baixa em comparação a quantidade de nutrientes previamente existentes na água (Figura 38). Já que nos meses em que a pluviosidade foi maior (Novembro e Dezembro) a quantidade de fósforo total foi superior ao limite máximo ( $\leq 100 \mu\text{g/L}$ ) estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/2005, para rios de classe 2, como o analisado no presente estudo. Essa resolução não estabelece valores limites para o nitrogênio total, porém no artigo 10, § 3 diz que; quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor do nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar  $2.180 \mu\text{g/L}$  para ambientes lóticos.

A grande quantidade de nutrientes em rios e lagos é um grande problema ambiental da atualidade (HAUER e LAMBERTI, 2006). Muitas vezes esse aumento

de nutrientes na água pode ser associado a modificações no uso da terra ao redor com pesticidas, óleos e agrotóxicos, que acabam sendo carregados para a água (JORDAN et al., 1997; CARPENTER et al., 1998, ALLAN, 2004; HAUER e LAMBERTI, 2006). No presente estudo verificamos esse efeito de modificações do uso da terra, pois constatamos que a área estudada, que é cercada por plantações e áreas de criação de animais, apresenta uma alta concentração de nutrientes, principalmente na estação chuvosa. Logo, acreditamos que este trecho do riacho esteja sendo impactado pelo uso de adubo e/ou pesticida nas plantações e pelas fezes da grande quantidade de animais criados na fazenda. Na estação chuvosa muitas vezes a concentração de nutrientes diminui, pois estes são carregados rio abaixo, porém apenas o nitrogênio diminuiu e o fósforo aumentou quase o dobro, o que nos faz pensar que os fertilizantes utilizados nas plantações ao redor do rio são constituídos em grande parte por esse elemento. Acreditamos que a grande capacidade de dispersão (SILVA, 2013) e a alta concentração de fósforo na água tenham favorecido a propagação e o estabelecimento, respectivamente, da espécie não nativa, que possui requerimentos nutricionais maiores que a espécie nativa. Sendo assim, se o rio Ubatiba não possuísse elevações na concentração deste nutriente, esta espécie não seria hoje uma das mais abundantes nos trechos médio e baixo deste riacho (dados não publicados Rosana Mazzoni).

## 2.8 Conclusões

- A) A concentração corporal de carbono e nitrogênio foi maior em *H. punctatus*, enquanto a de fósforo foi maior em *P. maculidauda*.
- B) Verificamos uma relação positiva entre o carbono e o nitrogênio ingerido e egestado, porém essa relação não foi encontrada para o fósforo.
- C) A concentração de fósforo do alimento ingerido pela espécie não nativa (*P. maculicauda*) foi diferente do perifíton e do alimento ingerido pela espécie nativa (*H. punctatus*).
- D) Foi observada diferença apenas na excreção de nitrogênio, com a espécie nativa excretando mais que a não-nativa.

E) O presente estudo corrobora a hipótese de que espécies menores (maior razão área:volume e menor tamanho de primeira maturação) apresentam uma maior concentração de fósforo.

## 2.9 Considerações finais e perspectivas futuras

Pesquisas que tentam entender o papel dos organismos na reciclagem de nutrientes e os fatores relacionados a esse fato são de grande relevância, principalmente em ambientes tropicais que possuem maior diversidade de espécies e de guildas tróficas (LOWE-MCCONNELL, 1987; VANNI, 2002). O papel dos organismos na reciclagem de nutrientes vem sendo cada vez mais estudado, porém os trabalhos em riachos ainda são poucos, demonstrando que precisam ser realizados mais estudos nesta área (WEBSTER e WALLACE, 1996). É nesse sentido que o presente estudo tenta entender o papel de duas espécies sendo uma nativa e outra não nativa na reciclagem de nutrientes. Sendo assim, concluímos que no rio Ubatiba as espécies *P. maculidauda* e *H. punctatus* possuem semelhanças na composição corporal, com altas concentrações de fósforo, porém diferenças na dieta, pelas variações na composição do conteúdo ingerido, e na taxa de excreção de nitrogênio. Estes são os primeiros resultados relacionados com a composição elementar de peixes e aporte de nutrientes neste riacho, que já vem sendo estudado há mais de 30 anos. Este trabalho mostra que a espécie não nativa precisa de uma maior concentração de fósforo para sua composição óssea em relação a espécie nativa, o que poderia causar uma limitação desse nutriente no ambiente, porém este riacho é impactado pela pecuária e plantações vizinhas o que explica os altos valores de nutrientes encontrados na água ( $\text{NH}_4 = 15,87 \text{ ug/l}$  e  $\text{PO}_4 = 103,06 \text{ ug/l}$ ; valores médios). Assim, estas altas concentrações de nutrientes no ambiente podem ter sido um fator que facilitou a ampla disseminação e aumento da densidade desta espécie não nativa com maior exigência nutricional.

Trabalhos futuros para verificar a variação diária da excreção, o efeito na massa e qualidade nutricional do perifíton e composição nutricional em ambientes com menores concentração de fósforo são importantes para melhor entender os efeitos dessa espécie invasora no ambiente.



## REFERÊNCIAS

- ABELHA, M.C.F.; AGOSTINHO, A.A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum Biological Science*, 23(2): 425-434, 2001.
- ABUJANRA, F.; RUSSO, M.R.; HAHN, N.S. Variações espaço-temporais na alimentação de *Pimelodus ortmanni* (Siluriformes, Pimelodidae) no reservatório de Segredo e áreas adjacentes (PR). *Acta Scientiarum Biological Science*, 21(2): 283-289, 1999.
- ADAMS, S.M.; MCLEAN, R.B.; PARROTTA, J.A. Energy partitioning in largemouth bass under conditions of seasonally fluctuating prey availability. *Transaction of American Fisheries Society*, 111: 549-558, 1982.
- ALLAN, J.D. Landscapes and riverscapes: influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 257-284, 2004.
- ALMEIDA-SILVA, P.H. *Segregação na utilização de recursos entre duas espécies simpátricas e congênicas: Characidium interruptum e Characidium sp.n. (Osteichthyes, Crenuchidae) do Rio Ubatiba, Maricá – RJ. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.*
- ANGELESCU, V.; GNERI, F.S. Adaptaciones del aparato digestivo al régimen alimenticio en algunos peces del rio Uruguay y del rio de La Plata. I. Tipo omnívoro & Iliofago en representantes de las familias Loricariidae y Anostomidae. *Revista do Instituto Nacional de Investigacion de las Ciências Naturales*, 1(6): 161-272, 1949.
- ASSIS, J.C.F.; CARVALHO, A.L.; NESSIMIAN, J.L. Composição e preferência por microhabitat de imaturos de Odonata (Insecta) em um trecho de baixada do Rio Ubatiba, Maricá-RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(2): 273-282, 2004.
- BARBIERI, G.; PERET, A.C.; VERANI, J.R. Notas sobre a adaptação do trato digestivo ao regime alimentar em espécies de peixes da região de São Carlos (SP) I. Quociente Intestinal. *Revista Brasileira de Biologia*, 54: 63-69, 1994.
- BOERSMA, M.; ABERLE, N.; HANTZSCHE, F.M.; SCHOO, K.L.; WILTSHIRE, K.H.; MALZAHN, A.M. Nutritional Limitation Travels up the Food Chain. *International Review of Hydrobiology*, 93(4-5): 479-488, 2008.
- BORROR, D.J.; DELONG, D. M. *Study of insects*. Thomson Learning Academic Resource Center: Belmont. 864p. 2005.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 357, de 2005. CONAMA: resoluções e outros atos. Brasília, DF, 17 mar.2005. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 8 mar. 2014.
- BOWEN, S. H. Detritivory in Neotropical fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, 9:137-144. 1983.
- BRETT, M.T. Comment on “Possibility of N or P limitation for planktonic cladocerans: an experimental test” (URABE and WATANABE) and “Nutrient element limitation of zooplankton production” (Hessen). *Limnology and Oceanography*, 38:1333–1337, 1993.
- BUCK, S.; SAZIMA, I. An assemblage of mailed catfishes (Loricariidae) in southeastern Brazil: distribution, activity, and feeding. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 6(4):325-332, 1995.
- BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. (eds.). Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Série livros 23. Museu Nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 195p. 2007.
- CAPPS, K.A.; FLECKER, A.S. Invasive fishes generate biogeochemical hotspots in a nutrient-limited system. *PLoS ONE*, 8 (1): e54093. doi:10.1371/journal.pone.0054093, 2013a.
- CAPPS, K.A.; FLECKER, A.S. Invasive aquarium fish transform ecosystem nutrient dynamics. *Proceedings of the Royal Society B*, 280: 20131520. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.1520>, 2013b.
- CARPENTER, S.R.; CARACO, N.F.; CORRELL, D.L.; HOWARTH, R.W.; SHARPLEY, A.N.; SMITH, V.H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568, 1998.
- CLAVERO, M.; GARCIA-BERTHOU, E. Invasive species are leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(3):110, 2005.
- COSTA, W.J.E.M. Peixes fluviais do sistema lagunar de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Atlântica*, 7(4): 65-82, 1984.
- COSTA, W. J. E. M. Feeding habits of a fish community in a tropical coastal stream, Rio Mato Grosso. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 22(3):145-153. 1987.
- COSTA, R. *Movimento longitudinal de peixes: uma análise cienciométrica, manutenção de comunidades e implicação na colonização de um riacho costeiro*. 2013. 85f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013

CROSS, W.F.; BENSTEAD, J.P.; FROST, P.C.; THOMAS, S.A. Ecological stoichiometry in freshwater benthic systems: recent progress and perspectives. *Freshwater Biology*, 50: 1895–1912, 2005.

DANTAS, M.C.; ATTAYDE, J.L. Nitrogen and phosphorus content of some temperate and tropical freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*, 70: 100–108, 2007.

DELARIVA, R.L.; AGOSTINHO, A.A. Relationship between morphology and diets of six Neotropical loricariids. *Journal of Fish Biology*, 58(3):832-847. 2001.

DEUS, C.P.; PETRERE-JUNIOR, M. Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63: 579- 588, 2003.

DIAS, T.S.; FIALHO, C.B. Comparative dietary analysis of *Eurycheilichthys pantherinus* and *Pareiorhaphis hystrix*: two Loricariidae species (Ostariophysi, Siluriformes) from *Campos Sulinos* biome, southern Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, 101(1-2): 49-55, 2011.

DODDS, W. K. What controls levels of dissolved phosphate and ammonium in surface waters? *Aquatic Sciences*, 55:132-142, 1993.

DODDS, W. K. *Freshwater ecology: concepts and environmental applications*. Academic Press, 569p, 2002.

DOWNING, J.A.; MCCAULEY, E. The nitrogen:phosphorus relationship in lakes. *Limnology and Oceanography*, 37(5):936-945. 1992.

EL-SABAAWI, R.W.; ZANDONÀ, E.; KOHLER, T.J.; MARSHALL, M.C.; MOSLEMI, J.M.; TRAVIS, J.; LOPEZ-SEPULCRE, A.; FERRIER, R.; PRINGLE, C.; THOMAS, S.A.; REZNICK, D.N.; FLECKER, A.S. Widespread intraspecific organismal stoichiometry among populations of the Trinidadian guppy. *Functional Ecology*, 26(3): 666-676, 2012a.

EL-SABAAWI, R. W.; KOHLER, T.J.; ZANDONÀ, E.; TRAVIS, J MARSHALL, M.C.; REZNICK, D.N.; WALSH, M.; GILLIAM, J.F.; PRINGLE, C.; THOMAS, S.A.; FLECKER, A.S. Environmental and Organismal Predictors of Intraspecific Variation in the Stoichiometry of a Neotropical Freshwater Fish. *PLoS ONE* 7(3): e32713. doi:10.1371/journal.pone.0032713, 2012b.

ELSER, J.J.; URABE, J. The Stoichiometry of Consumer-Driven Nutrient Recycling: Theory, Observations, and Consequences. *Ecology*, 80(3): 735-751, 1999.

ELSER, J.J.; MARZOLF, E.R.; GOLDMAN, C.R. Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton growth in the freshwater of North American: A review and critique of experimental enrichments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47(7):1468-1477. 1990.

ELSER, J.J.; DOBBERFUHL, D.R.; MACKAY, N.A.; SCHAMPEL, J.H. Organism size, life history, and N:P stoichiometry, toward a unified view of cellular and ecosystem processes. *BioScience*, 46: 674-684, 1996.

ELSER, J.J.; STERNER, R.W.; GOROKHOVA, E.; FAGAN, W.F.; MARKOW, T.A.; COTNER, J.B.; HARRISON, J.F.; HOBBIE, S.E.; ODELL, G.M.; WEIDER, L.J. Biological Stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecology letters*, 3: 540-550, 2000.

EMLLEN, J.M. The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist*, 100: 611-617, 1966.

EMLLEN, J.M. Optimal choice in animals. *The American Naturalist*, 102: 385-389, 1968.

ESTEVEES, K.E.; ARANHA, J.M.R. Ecologia trófica de peixes de riacho. Pp. 157-182. In: Caramaschi, E.P.; Mazzoni, R. & Peres-Neto, P.R. (eds). *Ecologia de Peixes de Riacho. Série Oecologia Brasiliensis, Vol. VI. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 1999.*

EVANS-WHITE, M.A.; LAMBERTI, G.A. Stoichiometry of consumer-driven nutrient recycling across nutrient regimes in streams. *Ecology Letters*, 9: 1186– 1197, 2006.

FLECKER, A.S. Fish trophic guilds and the structure of a tropical stream: weak direct vs. strong indirect effects. *Ecology*, 73: 927-940, 1992.

FLECKER, A.S.; TAYLOR, B.W.; BERNHARDT, E.S.; HOOD, J.M.; CORNWELL, W.K.; CASSATT, S.R.; VANNI, M.J.; ALTMAN, N.S. Interactions between herbivorous fishes and limiting nutrients in a tropical stream ecosystem. *Ecology*, 83(7): 1831-1844, 2002.

FROST, P.C.; STELZER, R.S.; LAMBERTI, G.A.; ELSER, J.J. Ecological stoichiometry of trophic interactions in the benthos: understanding the role of C:N:P ratios in lentic and lotic habitats. *Journal of the North American Benthological Society*, 21: 515-528, 2002.

FROST, P.C.; EVANS-WHITE, M.A.; FINKEL, Z.V.; JENSEN, T.C.; MATZEK, V. Are you what you eat? Physiological constraints on organismal stoichiometry in an elementally imbalanced world. *Oikos*, 109: 18 -28, 2005.

FUGI, R.; HAHN, N.S.; AGOSTINHO, A.A. Feeding styles of five species of bottom-feeding fishes of the high Paraná River. *Environmental Biology of Fishes*, 46: 297-307, 1996.

FUGI, R.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. *Revista Brasileira de Biologia*, 61: 27–33, 2001.

- GLAHOLT, S.P., Jr.; VANNI, M.J. Ecological responses to simulated benthic-derived nutrient subsidies mediated by omnivorous fish. *Freshwater Biology* 50, 1864–1881, 2005.
- GERKING, S.D. Feeding ecology of fish. San Diego California. Academic Press. 416p, 1994.
- GILL, A.B. The dynamics of prey choice in fish: the importance of prey size and satisfaction. *Journal of Fish Biology*, 63: 105-116, 2003.
- GOLDMAN, J.C. On phytoplankton growth rates and particulate C:N:P ratios at low light. *Limnology and Oceanography*, 31(6):1358-1363. 1986.
- GOMIERO, L.M.; BRAGA, F.M.S. Uso do grau de preferência alimentar para a caracterização da alimentação de peixes da APA de São Pedro e Analândia. *Acta Scientiarum Biological Science*, 27(3): 265-270, 2005.
- GOULDING, M.; CARVALHO, M.L.; FERREIRA, E.G. Rio Negro: rich life in poor water: Amazonian diversity and floodplain ecology as seen through fish communities. Netherlands, SPB Academic. 200p. 1988.
- GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; ERHARDT, M. Methods of seawater analysis. Wiley-VCH Verlag, Germany, 3<sup>rd</sup> ed., 600 p. 1999.
- GREGORY, M.P.M.; DAVIS, A.R.; AYRE, D.J. Diet and feeding periodicity of Cox's gudgeon *Gobiomorphus coxii* (Krefft) in a south-eastern Australian stream. *Journal of Fish Biology*, 71: 993–1006, 2007.
- HAUER, F.R.; LAMBERTI, G.A. (eds.). Methods in stream ecology. Amsterdam, The Netherlands: Academic Press, 2<sup>nd</sup> ed., 877p. 2006.
- HEALEY, F.P. Interacting effects of light and nutrient limitation on the growth rate of *Synechococcus linearis* (Cyanophyceae). *Journal of Phycology*, 21(1): 134-146. 1985.
- HEALY, F.P.; HENDZEL, L.L. Indicators of phosphorus and nitrogen deficiency in five algae in culture. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36(11): 1364-1369. 1979.
- HENDRIXSON, H.A.; STERNER, R.W.; KAY, A.D. Elemental stoichiometry of freshwater fishes in relation to phylogeny, allometry and ecology. *Journal of Fish Biology*, 70: 121–140, 2007.
- HIGGINS, K.A.; VANNI, M.J.; GONZALEZ, M.J. Detritivory and the stoichiometry of nutrient cycling by a dominant fish species in lakes of varying productivity. *Oikos*, 114: 419 - 430, 2006.

HILLEBRAND, H.; KAHLENT, M. Effect of grazing and nutrient supply on periphyton biomass and nutrient stoichiometry in habitats of different productivity. *Limnology and Oceanography*, 46: 1881-1898, 2001.

HOOD, J.M.; VANNI, M.J.; FLECKER, A.S. Nutrient recycling by two phosphorus-rich grazing catfish: the potential for phosphorus-limitation of fish growth. *Oecologia*, 146: 247-257, 2005.

HYNES, H.B.N. The Food of Fresh-Water Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a Review of Methods Used in Studies of the Food of Fishes. *Journal of Animal Ecology*, 19: 36-58, 1950.

HYSLOP, E.J. Stomach Contents Analysis - a Review of Methods and Their Application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411- 429, 1980.

IBAÑEZ, C.; TEDESCO, P.A.; BIGORNE, R.; HUGUENY, B.; POUILLY, M.; ZEPITA, C.; ZUBIETA, J.; OBERDORFF, T. Dietary-morphological relationships in fish assemblages of small forested streams in the Bolivian Amazon. *Aquatic Living Resources*, 20: 131–142. 2007.

IVLEV, V. Experimental ecology of the feeding of fishes. New Haven: Yale University press. 1961.

JORDAN, T.E.; CORRELL, D.L.; WELLER, D.E. Effects of agriculture on discharges of nutrients from coastal plain watersheds of Chesapeake Bay. *Journal of Environmental Quality*, 26: 836-848, 1997.

JUNGER, H., KOTRSCHAL, K.; GOLDSCHMID, A. Comparative morphology and ecomorphology of the gut in European cyprinids (Teleostei). *Journal of Biology*, 34: 315–326. 1989.

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29: 205 - 207, 1980.

KINDT, R. BiodiversityR: GUI for biodiversity and community ecology analysis. R package version 1,6. <http://www.worldagroforestry.org/resources/databases/tree-diversity-analysis>. 2011

KNOLL, L.B.; MCINTYRE, P.B.; VANNI, M.J.; FLECKER, A.S. Feedbacks of consumer nutrient recycling on producer biomass and stoichiometry: separating direct and indirect effects. *Oikos*, 118: 1732 - 1742, 2009.

KOOIJMAN, S.A.L.M. Dynamic Energy and Mass Budgets in Biological Systems. Cambridge: Cambridge University Press, 2<sup>nd</sup> ed., 2000.

KOOIJMAN, S.A.L.M. Dynamic Energy Budget theory for metabolic organization. Cambridge: Cambridge University Press, 3<sup>rd</sup> ed., 2010.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. (1998). Numerical Ecology. Second edition. Elsevier Science B.V. 1998.

LEITÃO, R.P.; CARAMASCHI, E.P.; ZUANON, J. Following food clouds: feeding association between a minute loricariid and a characidiin species in an Atlantic Forest stream, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(3):307-310, 2007.

LIESS, A.; HILLEBRAND, H. Role of nutrient supply in grazer-periphyton interactions: reciprocal influences of periphyton and grazer nutrient stoichiometry. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 632–642, 2006.

LIMA, F.B. *Reprodução de peixes de riachos: uma abordagem comparativa entre as estratégias “r” e “K”*. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

LOBÓN-CERVIÁ, J.; RINCÓN, P.A. Trophic ecology of red roach (*Rutilus arcasii*) in a seasonal stream; an example of detritivory as a feeding tactic. *Freshwater Biology*, 32: 123-132. 1994.

LOLIS, A.A.; ANDRIAN, I.F. Alimentação de *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae), na planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 23: 187-202, 1996.

LOWE-MCCONNELL, R.H. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge, UK: Cambridge University press. 382p. 1987.

LOWE-MCCONNELL, R.H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. EDUSP, São Paulo, Brasil, 534 p. 1999.

LUIZ, E.A.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; HAHN, N.S. Ecologia trófica de peixes em dois riachos da bacia do Rio Paraná. *Revista Brasileira de Biologia*, 58: 273 - 285, 1998.

MACARTHUR, R.H. Population ecology of some warblers of northeastern coniferous forests. *Ecology* 39:599 - 619, 1958.

MANLY, B.F.J.; MCDONALD, L.L.; THOMAS, D.L.; MCDONALD, T.L.; ERICKSON, W.P. *Resource selection by animals: Statistical design and analysis for field studies*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands, 2<sup>nd</sup> edition, 221p. 2002.

MANNA, L.R. *Ecologia de Astyanax taeniatus na Bacia do Rio Mato Grosso, Saquarema – RJ: Dieta, uso do micro-hábitat e uma breve análise comportamental*. 2011. 85f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MATTHEWS, W.J., *Patterns in freshwater fish ecology*. Chapman & Hall, New York, NY. 756p. 1998.

- MAZZONI, R. *Estrutura das Comunidades e Produção de Peixes de um Sistema Fluvial Costeiro de Mata Atlântica, Rio de Janeiro*. 1998. 100f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1998.
- MAZZONI, R.; LOBÓN-CERVIÁ, J. Longitudinal structure, density and production rates of a Neotropical stream fish assemblage: the river Ubatiba in the Serra do Mar (South-East Brazil). *Ecography*, 23: 588-602, 2000.
- MAZZONI, R.; FENERICH-VERANI, N.E.; CARAMASCHI, E.P. Electrofishing as a sampling technique for coastal stream fish populations and communities in the southeast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 60(2): 205-216, 2000.
- MAZZONI, R.; IGLESIAS-RIOS, R. Distribution pattern of two fish species in a coastal stream in southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62(1): 171-178, 2002.
- MAZZONI, R.; CARAMASCHI, E.P.; FENERICH-VERANI, N. Reproductive biology of a characidiinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, Maricá – RJ. *Brazilian Journal of Biology*, 62(3): 487 - 494, 2002.
- MAZZONI, R.; FENERICH-VERANI, N.; CARAMASCHI, E.P.; IGLESIAS-RIOS, R. Stream-dwelling fish communities from an Atlantic rain forest drainage. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49: 249 - 256, 2006.
- MAZZONI, R.; COSTA, L.D.S. Feeding ecology of stream-dwelling fishes from a coastal stream in the southeast of Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50: 627-635, 2007.
- MAZZONI, R.; MORAES, M.; REZENDE, C.F.; IGLESIAS-RIOS, R. Diet and feeding daily rhythm of *Pimelodella lateristriga* (Osteichthyes, Siluriformes) in a coastal stream from Serra do Mar – RJ. *Brazilian Journal of Biology*, 70(4): 1123 - 1129, 2010.
- MCINTYRE, P.B.; MICHEL, E.; OLSGARD, M. Top-down and bottom-up controls on periphyton biomass and productivity in Lake Tanganyika. *Limnology and Oceanography*, 51: 1514 - 1523, 2006.
- MCINTYRE, P.B.; FLECKER, A.S.; VANNI, M.J.; HOOD, J.M.; TAYLOR, B.W.; THOMAS, S.A. Fish distributions and nutrient cycling in streams: can fish create biogeochemical hotspots? *Ecology*, 89: 2335 - 2346, 2008.
- MCINTYRE, P.B.; FLECKER, A.S. Ecological Stoichiometry as an Integrative Framework in Stream Fish Ecology. *American Fisheries Society Symposium*, 73:539 - 558, 2010.
- MEHNER, T.; IHLAU, J.; DÖRNER, H.; HÖLKER, F. Can feeding of fish on terrestrial insects subsidize the nutrient pool lakes? *Limnology and Oceanography*, 50: 2022 - 2031, 2005.



MELO, C.E.; MACHADO, F.A.; PINTO-SILVA, V. Feeding habits of fish from a stream in the savanna of Central Brazil, Araguaia Basin. *Neotropical Ichthyology*, 2(1):37-44, 2004.

MENEZES, M.S.; CARAMASCHI, E.P. Longitudinal distribution of *Hypostomus punctatus* (Osteichthyes, Loricariidae) in a coastal stream from Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43(2): 229-233, 2000.

MENGE, B.A. Foraging Strategy of a Starfish in Relation to Actual Prey Availability and Environmental Predictability. *Ecological Monographs*, 42(1): 25-50, 1972.

MIKHEEV, V.N.; WANZENBOCK, J. Satiation-dependent, intra-cohort variations in prey size selection of young roach (*Rutilus rutilus*). *Oecologia*, 121(4): 499-505, 1999.

MOONEY, H.A.; HOBBS, R.J. (eds.). *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington, D.C. 457p. 2000.

MORAES, M. *Ecologia Trófica de Pimelodella lateristriga (Osteichthyes, Siluriformes) do rio Mato Grosso, Saquarema – RJ*. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MOTTA, R.S.; UIEDA, V.S. Dieta de duas espécies de peixes do ribeirão do Atalho, Itatinga, SP. *Revista Brasileira de Zoociências*, 6(2): 191 - 205, 2004.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Technical Books Editora. 174p. 2010.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; WAGNER, H. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. 2011.

OLIVEIRA, D.C.; BENNEMANN, S.T. 2005. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neotropica* 5(1):95-107.

PARSONS, T.R.; MAITA, Y.; LALLI, C.M. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford, 173p. 1984.

PASSOS, M.I.S.; NESSIMIAN, J.L.; JUNIOR, N.F. Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleóptera) acorrentes no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(1): 42 - 53, 2007.

PERSSON, A. Phosphorus release by fish in relation to external and internal load in a eutrophic lake. *Limnology and Oceanography*, 42: 577 - 583, 1997.

- PERSSON, J.; FINK, P.; GOTO, A.; HOOD, J.M.; JONAS, J.; KATO, S. To be or not to be what you eat: regulation of stoichiometric homeostasis among autotrophs and heterotrophs. *Oikos*, 119: 741 - 751, 2010.
- PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49(2): 181 - 204, 2005.
- PILATI, A.; VANNI, M.J. Ontogeny, diet shifts, and nutrient stoichiometry in fish. *Oikos*, 116: 1663 - 1674, 2007.
- PINTO, T.L.F.; UIEDA, V.S. Aquatic insects selected as food for fishes of a tropical stream: Are there spatial and seasonal differences in their selectivity?. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(1): 67 - 78, 2007.
- POST, D.M.; WALTERS, A.W. Nutrient excretion rates of anadromous alewives during their spawning migration. *Transactions of the American Fisheries Society*, 138: 264–268, 2009.
- POUND, K.L.; NOWLIN, W.H.; HUFFMAN, D.G., BONNER, T.H. Trophic ecology of a non native population of suckermouth catfish (*Hypostomus plecostomus*) in a central Texas spring-fed stream. *Environmental Biology of Fish*, 90:277–285. 2011.
- POWER, M. Grazing responses of tropical freshwater fishes to different scales of variation in their food. *Environmental Biology of Fishes*, 9:103 - 115, 1983.
- POWER, M. Habitat quality and the distribution of algae-grazing catfish in a Panamanian stream. *Journal of Animal Ecology*, 53(2):357-374. 1984a.
- POWER, M. The importance of sediment in the grazing ecology and size class interactions of an armored catfish, *Ancistrus spinosus*. *Environmental Biology of Fish*, 10(3):173-181. 1984b.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. 2010.
- REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS, C.J. Jr.; Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, EDIPUCRS. 742p. 2003.
- REZENDE, C.F.; MAZZONI, R. Disponibilidade e uso de recursos alóctones por *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro) (Actinopterygii, Characidae), no córrego Andorinha, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1): 218 - 222, 2006.
- REZENDE, C.F. *Ritmo alimentar, dieta e seleção de presas em três espécies de peixes de um riacho costeiro, Rio Mato Grosso – RJ*. 2009. 101f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

- RÖPKE, C.P. *Estrutura trófica das assembléias de peixes em biótopo de herbáceas aquáticas nos rios Araguaia (Tocantins) e Trombetas (Pará), Brasil*. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- ROSS, S.T. Resource Partitioning in Fish Assemblages: A Review of Field Studies. *Copeia*, 2: 352-388, 1986.
- RUSSO, M.R.; FERREIRA, A.; DIAS, R.M. Disponibilidade de invertebrados aquáticos para peixes bentófagos de dois riachos da bacia do rio Iguçu, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 24(2): 411-417, 2002.
- SABINO, J.; CASTRO, R.M.C. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Revista Brasileira de biologia*, 50: 23-36, 1989.
- SALLES, F.F.; DA-SILVA, E.R.; SERRÃO, J.E.; FRANCISCHETTI, C.N. Baetidae (Ephemeroptera) na região Sudeste do Brasil: Novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. *Neotropical Entomology*, 33(5): 725 - 735, 2004.
- SÁ-OLIVEIRA, J.C.; ISAAC, V.J. Diet breadth and niche overlap between (Linnaeus, 1758) *Hypostomus plecostomus* and *Hypostomus emarginatus* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes) in the Coaracy Nunes hydroelectric reservoir, Ferreira Gomes, Amapá-Brazil. *Biota Amazônia*, 3(2): 116-125, 2013.
- SCHAUS, M.H.; VANNI, M.J.; WISSING, T.E.; BREMINGAN, M.T.; GARVEY, J.E.; STEIN, R.A. Nitrogen and phosphorus excretion by detritivorous gizzard shad in a reservoir ecosystem. *Limnology and Oceanography*, 42: 1386 - 1397, 1997.
- SCHÖENER, T.W. Theory of feeding strategies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2: 369 - 404, 1971.
- SCHÖENER, T.W. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185: 27 - 39, 1974.
- SCOTT, S.E.; PRAY, C.L.; NOWLIN, W.H.; Zhang, Y. Effects of native and invasive species on stream ecosystem Functioning. *Aquatic Science*, 74: 793 - 808, 2012.
- SCRIMGEOUR, G.J.; CULP, J.M.; CASH, K.J. Anti-predator responses of mayfly larvae to conspecific and predator stimuli. *Journal of the North American Benthological Society*, 13: 299 - 309, 1994.
- SERPA, D.; POUSÃO-FERREIRA, P.; CAETANO, M.; FONSECA, L.C.; DINIS, M.T.; DUARTE, P. A coupled biogeochemical-Dynamic Energy Budget model as a tool for managing fish production ponds. *Science of the Total Environment*, 463-464: 861 - 874, 2013.

SILVA, R.C. *Movimento longitudinal de peixes: uma análise cienciométrica, manutenção de comunidades e implicação na colonização de um riacho costeiro*. 2013. 83f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

STELZER, R.S.; LAMBERTI, G.A. Ecological stoichiometry in running waters: periphyton chemical composition and snail growth. *Ecology*, 83: 1039 - 1051, 2002.

STERNER, R.W. The ratio of nitrogen to phosphorus resupplied by herbivores: zooplankton and algal competitive arena. *American Naturalist*, 136(2): 209 - 229, 1990.

STERNER, R.W. *Daphnia* growth on varying quality of *Scenedesmus*: Mineral limitation of Zooplankton. *Ecology*, 74: 2351 – 2360, 1993.

STERNER, R.W.; GEORGE, N.B. Carbon, nitrogen, and phosphorus stoichiometry of cyprinid fishes. *Ecology*, 81(1): 127–140, 2000.

STERNER, R.W.; ELSER, J.J. *Ecological stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press. 439p. 2002.

STURMBAUER, C.; MARK, W.; DALLINGE, R. Ecophysiology of Aufwuchs-eating cichlids in Lake Tanganyika: niche separation by trophic specialization. *Environmental Biology of Fishes*, 35: 283–290. 1992

TETT, P.; HEANEY, S.I.; DROOP, M.R. The Redfield ratio and phytoplankton growth rate. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 65: 487-504. 1985.

TORRES, L.E.; VANNI, M.J. Stoichiometry of nutrient excretion by fish: interspecific variation in a hypereutrophic lake. *Oikos*, 116: 259–270, 2007.

UIEDA, V.S.; BUZZATO, P.; KIKUCHI, R.M. Partilha de recursos alimentares em peixes em um riacho de serra do sudeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, 69: 243 - 252, 1997.

VANDER ZANDEN, M.J.; VADEBONCOEUR, Y. Fishes as integrators of benthic and pelagic food webs in lakes. *Ecology*, 83: 2152 - 2161, 2002.

VANNI, M.J. Nutrient cycling by animals in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33: 341- 370, 2002.

VANNI, M.J.; FLECKER, A.S.; HOOD, J.M.; HEADWORTH, J.L. Stoichiometry of nutrient recycling by vertebrates in a tropical stream: linking species identity and ecosystem processes. *Ecology Letters*, 5: 285–293, 2002.

VANNOTE, R.L.; MISHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130 - 137, 1980.

VERHOEVEN, J.T.A.; KOERSELMAN, W.; MEULEMAN. 1996. Nitrogen- or phosphorus –limitation growth in herbaceous, wet vegetation: Relations with atmospheric inputs and management regimes. *Trends in Ecology & Evolution*, 11:494-497. 1996.

WEBSTER, J.B.; WALLACE, J.R. The roles of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41: 115 - 139, 1996.

WOOTTON, R.J. Ecology of teleost fishes. Dordrecht, Boston: Kluwer academic Publishers. 2<sup>nd</sup> ed., 386p. 1998.

ZANDONÀ, E.; AUER, S.K.; KILHAM, S.S.; HOWARD, J.L.; LÓPEZ-SEPULCRE, A.; O'CONNOR, M.P.; BASSAR, R.D.; OSORIO, A.; PRINGLE, C.M.; REZNICK, D.N. Diet quality and prey selectivity correlate with life histories and predation regime in Trinidadian guppies. *Functional Ecology*, 25: 964 - 973, 2011.









## (conclusão)

Itens Alimentares	Asty. Jane.		Mima. micro.		Asty. hast.		Char. int.		Pime. late.		Char. sp.		Hopl. mala.		Rhan. quel.		
	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	
Orthoptera adulto	1,10	1,43															
Isoptera adulto terrestre	1,65	4,29	15,70	13,33													
Nematoda			0,03	1,11													
Escama	0,08	7,14	0,10	2,22	0,39	10,42	0,14	4,55	1,69	26,14							
Sedimento	0,78	22,86	0,55	13,33	4,51	43,75	1,16	22,73	5,22	54,55	4,16	25,00	0,05	33,33	1,64	33,33	
Semente	0,27	7,14	0,30	3,33	0,69	7,29			0,43	3,41	0,46	8,33					

Legenda: Asty. Jane. = *Astyanax janeiroensis*, Mima. micro. = *Mimagoniates microlepis*, Asty. hast. = *Astyanax hastatus*, Char. int. = *Characidium interruptum*, Pime. late. = *Pimelodella lateristriga*, Char. sp. = *Characidium* sp., Hopl. mala. = *Hoplias malabaricus*, Rhan. quel. = *Rhamdia quelen*.

**APÊNDICE B** - Lista dos itens alimentares consumidos com o volume de ocorrência (VO%) e frequência de ocorrência (FO%) para as oito espécies na localidade aberta do rio Ubatiba, Maricá – RJ (continua)

Itens Alimentares	LOCALIDADE ABERTA															
	Asty. Jane.		Mima. micro.		Asty. hast.		Char. int.		Pime. late.		Char. sp.		Hopl. mala.		Rhan. quel.	
	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%
<b>Fragmento inseto aquático</b>	2,58	47,62	32,86	66,67	8,11	64,00	11,21	76,47	20,15	67,50	23,68	57,14	8,56	25,00	1,36	50,00
<b>Fragmento inseto terrestre</b>	10,74	28,57	8,57	33,33	0,93	13,33			6,72	15,00	1,25	14,29			3,13	100,00
<b>Coleoptera</b>																
Dytiscidae larva									0,39	5,88						
Elmidae larva					0,06	2,67	0,49	5,88	0,33	2,50	1,87	14,29				
Psephenidae larva					0,32	1,33									0,88	50,00
Dytiscidae adulto									0,48	2,50						
Terrestre não identificado	4,19	19,05														
<b>Decapoda</b>																
Palaemonidae															32,11	50,00
Trichodactylidae	2,10	4,76														
<b>Diptera</b>																
Brachycera larva					0,04	1,33										
Ceratopogonidae			0,71	33,33	0,16	8,00			0,12	5,00						
Chironomidae	0,33	47,62	7,86	66,67	3,89	77,33	11,03	82,35	12,98	87,50	23,99	85,71			0,34	100,00
Empididae			1,79	33,33	0,23	8,00	0,82	23,53	0,30	5,00	1,56	28,57				
Pupa chironomidae	0,04	4,76	2,14	66,67	0,39	17,33	0,39	11,76	0,81	15,00						
Pupa simulidae					0,07	4,00	1,65	5,88								
Simuliidae	0,02	9,52	7,86	66,67	1,39	40,00	38,32	47,06	2,82	42,50	9,03	28,57				
Tipulidae	0,18	4,76			0,32	5,33			3,96	10,00						
<b>Ephemeroptera</b>																
Baetidae	0,09	9,52	5,00	66,67	1,26	49,33	11,64	70,59	17,54	40,00	20,87	57,14				
Leptophlebiidae					0,37	9,33	2,43	23,53	3,30	20,00	1,87	14,29				

(continuação)

Itens Alimentares	Asty. Jane.		Mima. micro.		Asty. hast.		Char. int.		Pime. late.		Char. sp.		Hopl. mala.		Rhan. quel.	
	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%
<b>Hemiptera</b>																
Auchenorhyncha					0,16	1,33			0,54	2,50						
Naucoridae	7,25	23,81			0,86	8,00										
Terrestre não identificado									0,24	2,50						
<b>Hymenoptera</b>																
Formicidae	2,70	19,05	1,43	33,33	0,43	6,67									0,54	50,00
Vespidae	0,83	9,52			0,03	2,67										
<b>Lepdoptera</b>																
Pyralidae					0,19	1,33	0,39	5,88			0,93	14,29			0,68	50,00
<b>Molusco</b>																
Ancylidae					0,07	1,33										
Melanoide															0,61	50,00
<b>Odonata</b>																
Calopterigidae	0,66	4,76							0,72	2,50						
Gomphidae	23,26	52,38			0,70	8,00			15,62	10,00	2,49	14,29			40,82	50,00
Libellulidae	25,41	28,57			1,46	13,33	15,57	35,29	1,26	5,00						
Megapodagrionidae					0,02	1,33										
<b>Peixes</b>																
<i>Poecilia vivipara</i>															15,37	100,00
Fragmento não identificado													12,37	25,00		
<b>Trichoptera</b>																
Hydropsychidae larva			1,79	33,33	0,04	2,67	1,55	11,76								
Leptoceridae larva					0,08	2,67										
Hydroptilidae adulto					0,15	1,33										
<b>Thysanoptera</b>																

## (conclusão)

Itens Alimentares	Asty. Jane.		Mima. micro.		Asty. hast.		Char. int.		Pime. late.		Char. sp.		Hopl. mala.		Rhan. quel.	
	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%	VO%	FO%
Não identificado					0,02	1,33										
<b>Vegetal</b>																
Frag vegetal terrestre	8,21	57,14	1,43	33,33	21,23	74,67	1,94	5,88	5,16	27,50			78,95	75,00	1,90	100,00
Alga filamentosa	0,26	4,76			51,10	89,33			0,77	5,00			0,12	25,00	2,04	50,00
<b>Outros</b>																
Aranea					0,01	1,33										
Acarina					0,04	4,00										
Ostracoda							0,29	5,88	0,06	2,50						
Isoptera adulto terrestre	3,29	4,76														
Escama	0,02	4,76			0,02	1,33			0,99	10,00	0,62	14,29				
Sedimento	0,68	28,57	28,57	33,33	5,74	84,00	1,89	41,18	5,13	60,00	3,74	14,29			0,20	50,00
Semente	7,17	14,29			0,11	6,67										
<b>Soma</b>	100		100		100		100		100		100		100		100	

Legenda: Asty. Jane. = *Astyanax janeiroensis*, Mima. micro. = *Mimagoniates microlepis*, Asty. hast. = *Astyanax hastatus*, Char. int. = *Characidium interruptum*, Pime. late. = *Pimelodella lateristriga*, Char. sp. = *Characidium* sp., Hopl. mala. = *Hoplias malabaricus*, Rhan. quel. = *Rhamdia quelen*.

**APÊNDICE C** - Densidades totais e percentuais dos organismos do bentos, da deriva e dos capturados com peneira da localidade fechada no rio Ubatiba, Maricá – RJ (continua)

	Bentos (ind.m <sup>-2</sup> )	Bentos %	Deriva (ind.m <sup>-3</sup> )	Deriva %	Peneira (ind.m <sup>-2</sup> )	Peneira %
<b>Coleoptera</b>						
Dytiscidae			0,78	0,22		
Elmidae	133,33	3,59	11,67	3,29		
Psephenidae	8,33	0,22				
Elmidae adulto	13,33	0,36	8,75	2,47	0,52	0,25
Staphilinidae adulto	1,67	0,04	2,03	0,57	3,65	1,75
<b>Decapoda</b>						
Palaemonidae	5,00	0,13			29,69	14,29
Trichodactylidae	3,33	0,09			1,04	0,50
<b>Diptera</b>						
Brachycera			0,78	0,22		
Ceratopogonidae	125,00	3,36	4,17	1,18	0,52	0,25
Chironomidae	2.080,00	55,94	38,44	10,85		
Empididae	40,00	1,08	7,50	2,12		
Psychodidae	5,00	0,13	12,19	3,44		
Pupa chironomidae	33,33	0,90	3,59	1,01		
Pupa simuliidae	5,00	0,13				
Simuliidae	116,67	3,14	205,13	57,88	1,56	0,75
Tipulidae	3,33	0,09				
Brachycera adulto					0,52	0,25
<b>Ephemeroptera</b>						
Baetidae	206,67	5,56	10,98	3,10	20,83	10,03
Leptohyphidae	125,00	3,36			1,04	0,50
Leptophlebiidae	18,33	0,49	2,68	0,76	6,25	3,01
<b>Hemiptera</b>						
Auchenorrhyncha	3,33	0,09				
Gerridae			1,25	0,35	17,19	8,27
Naucoridae	6,67	0,18			1,56	0,75
Nepidae					0,52	0,25
Notonectidae					3,13	1,50
Veliidae	1,67	0,04			83,33	40,10
<b>Hymenoptera</b>						
Formicidae	25,00	0,67	17,17	4,84	1,56	0,75
Vespidae			2,03	0,57		
<b>Lepdoptera</b>						
Pyralidae	28,33	0,76	2,50	0,71	0,52	0,25
<b>Megaloptera</b>						
Corydalidae					0,52	0,25
<b>Molusco</b>						
Ancylidae	3,33	0,09				
Melanoide	358,33	9,64	2,50	0,71	15,63	7,52

(conclusão)

	Bentos (ind.m <sup>-2</sup> )	Bentos %	Deriva (ind.m <sup>-3</sup> )	Deriva %	Peneira (ind.m <sup>-2</sup> )	Peneira %
Sphaeriidae	8,33	0,22				
<b>Odonata</b>						
Calopterygidae	8,33	0,22	1,25	0,35	7,29	3,51
Gomphidae	53,33	1,43	2,50	0,71	1,56	0,75
Libellulidae	28,33	0,76	2,50	0,71	3,13	1,50
Megapodagrionidae	1,67	0,04			2,08	1,00
<b>Plecoptera</b>						
Perlidae	6,67	0,18				
<b>Trichoptera</b>						
Hydropsychidae	23,33	0,63	1,67	0,47		
Hydroptilidae	25,00	0,67	0,89	0,25		
Helicopsychidae	46,67	1,26				
Leptoceridae	11,67	0,31	2,14	0,60		
Hydroptilidae adulto	15,00	0,40				
<b>Thysanoptera</b>						
Não identificado			2,50	0,71		
<b>Outros</b>						
Aranea			2,50	0,71	4,17	2,01
Acarina	120,00	3,23	4,29	1,21		
Ostracoda	20,00	0,54				
Den. Total de Ind.	3.718,33	100	354,40	100	207,81	
Nº Total de Ind.	2.231		311		399	
Nº Total de Am.	60		8		8	

Legenda: Dens. = Densidade, Nº = número, Ind. = indivíduos e Am. = amostras.

**APÊNDICE D** - Densidades totais e percentuais dos organismos do bentos, da deriva e dos capturados com peneira da localidade aberta no rio Ubatiba, Maricá – RJ (continua)

	Bentos (ind.m <sup>-2</sup> )	Bentos %	Deriva (ind.m <sup>-3</sup> )	Deriva %	Peneira (ind.m <sup>-2</sup> )	Peneira %
<b>Coleoptera</b>						
Dytiscidae			14,71	1,03	1,56	0,48
Elmidae	720,00	11,53	14,71	1,03	1,04	0,32
Coccinellidae adulto			6,67	0,47		
Curculionidae adulto					0,52	0,16
Dytiscidae adulto					1,04	0,32
Elateridae adulto			3,33	0,23		
Elmidae adulto	197,78	3,17			0,52	0,16
Gyrinidae adulto	2,22	0,04				
Hydrophilidae adulto					1,04	0,32
Staphilinidae adulto	6,67	0,11			0,52	0,16
<b>Decapoda</b>						
Palaemonidae					15,10	4,60
Trichodactylidae					1,56	0,48
<b>Diptera</b>						
Brachycera			6,67	0,47		
Ceratopogonidae	66,67	1,07	21,53	1,51		
Chironomidae	1.464,44	23,44	614,99	43,03	2,08	0,63
Empididae	91,11	1,46	10,00	0,70		
Psychodidae	2,22	0,04	8,20	0,57		
Pupa chironomidae	26,67	0,43	150,43	10,53	4,17	1,27
Pupa simulidae	111,11	1,78				
Simuliidae	820,00	13,13	253,56	17,74	9,38	2,85
Tipulidae	6,67	0,11				
Nematocera adulto			8,20	0,57		
<b>Ephemeroptera</b>						
Baetidae	711,11	11,38	26,92	1,88	116,15	35,34
Leptohyphidae	2,22	0,04			2,60	0,79
Leptophlebiidae	160,00	2,56			3,65	1,11
<b>Hemiptera</b>						
Auchenorrhyncha	11,11	0,18			1,04	0,32
Belastomatidae					4,69	1,43
Heteroptera ñ ident.			3,33	0,23		
Mesoveliidae					1,56	0,48
Naucoridae	22,22	0,36			6,25	1,90
Veliidae	8,89	0,14	14,71	1,03	36,46	11,09
Terrestre ñ ident.					0,52	0,16
<b>Hymenoptera</b>						
Formicidae	6,67	0,11	117,14	8,20	1,56	0,48
Vespidae	2,22		74,22	5,19		
<b>Lepdoptera</b>						

(conclusão)

	Bentos (ind.m <sup>-2</sup> )	Bentos %	Deriva (ind.m <sup>-3</sup> )	Deriva %	Peneira (ind.m <sup>-2</sup> )	Peneira %
Larva terrestre ñ ident.					0,52	0,16
<b>Megaloptera</b>						
Corydalidae					0,52	0,16
<b>Molusco</b>						
Ancylidae	6,67	0,11				
Melanoide	715,56	11,45			44,79	13,63
Physidae					6,25	1,90
<b>Odonata</b>						
Calopterigidae	2,22	0,04			22,92	6,97
Coenagrionidae					16,15	4,91
Gomphidae	13,33	0,21			1,04	0,32
Libellulidae	13,33	0,21			14,06	4,28
Megapodagrionidae					0,52	0,16
<b>Plecoptera</b>						
Perlidae	17,78	0,28			0,52	0,16
<b>Trichoptera</b>						
Hydropsychidae	44,44	0,71				
Hydroptilidae	4,44	0,07				
Helicopsychidae	2,22	0,04				
Hydropsychidae adulto			8,20	0,57		
<b>Thysanoptera</b>						
Não identificado	2,22	0,04	8,99	0,63		
<b>Outros</b>						
Aranea					7,29	2,22
Acarina	62,22	1,00	59,41	4,16		
Ostracoda	920,00	14,73				
Orthoptera adulto					1,04	0,32
Psochoptera	2,22	0,04	3,33	0,23		
Den. Total de Ind.	6.246,67	100	1.429,24	100	328,63	100
Nº Total de Ind.	2.811		208		631	
Nº Total de Am.	45		8		8	

Legenda: Dens. = Densidade, Nº = número, Ind. = indivíduos, Am. = amostras, ñ ident. = não identificado.