ASPECTOS DA MORFOLOGIA NA RELAÇÃO PRESA/PREDADOR DE TRÊS PREDADORES CHARACIFORMES E SUAS PRINCIPAIS PRESAS

GILBERTO APARECIDO VILLARES JÚNIOR

Orientador: Prof. Dr. Roberto Goitein

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia)

Rio Claro

junho de 2015

591.5 Villares Júnior, Gilberto Aparecido
V719a Aspectos da morfologia na relação presa/predadores Characiformes e suas principais presas / Gilberto Aparecido Villares Junior. - Rio Claro, 2015
84 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Roberto Goitein

1. Ecologia animal. 2. Natação. 3. Alimentação. 4. Comportamento. 5. Predação. 6. Modos de vida. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e de toda a minha família.

Agradeço a Nossa Senhora Aparecida, por toda força, proteção, socorro e ter guiado meu caminho até aqui.

Agradeço por todos os Santos dos quais sempre me ajudaram nos momentos de dificuldade a aflição durante toda minha vida.

Agradeço a minha família: meus pais Gilberto Aparecido Villares e Maria Helena dos Santos Villares; e minha irmã Simone Aparecida Villares por todo amor e apoio durante essa minha jornada.

Agradeço ao Professor Doutor Roberto Goitein pela orientação, discussões, puxões de orelha, questionamentos na execução deste, como em muitos outros trabalhos realizados durante o período de orientação, também pela paciência por ter me aturado durante todo esse período.

Agradeço ao amigo Leandro Muller Gomiero (Leandrão) pelo companheirismo e pela ideia do tema deste trabalho.

Agradeço a CAPES pelo financiamento.

Agradeço a todo conselho de Pós-Graduação da Zoologia e aos funcionários da Sessão de Pós-Graduação.

Agradeço aos professores do Departamento de Zoologia: Denis O. V. Andrade; Marco Aurélio Pizo, Célio Fernando Baptista Haddad, Sulene Noriko Shima, Ariovaldo Pereira da Cruz Neto pelas dicas e conselhos durante a realização deste trabalho.

Agradeço aos técnicos do Departamento de Zoologia, Luiz Fernando Bonatti (Fernandão), Emídio, Maria Cristina Crupi (Cris) pelo suporte na realização desse trabalho; Jaime Roberto Somera pelas dicas e conselhos de desenho.

Agradeço aos parceiros de todas as horas: Tiago Ayres (Xaxá), Felipe (Malacú), Alexandre (Bauru), Fábio (Resto), Vinicius, Gabriela (Gabi), Confirma, Pataca.

Agradeço aos membros da banca: Sidnei E. Lima Júnior, Mauricio Cetra, Leandro Yokota e Fabio Cop Ferreira pelas sugestões e dicas para a melhoria da tese.

Agradeço aos meus falecidos avôs Anastácio Leite dos Santos e Antero Villares pelos ensinamentos e experiências, das artes de pesca e compreensão dos sinais da natureza, dos quais foram fundamentais para a captura das espécies estudadas.

“Tornei-me um biólogo devido às maravilhas da diversidade da natureza. Tornei-me um biólogo campo porque preferia observar a natureza em seu curso, ao invés de lidar com experimentos.”

F. Harvey Pough

SUMÁRIO

RESUMO……..……..... 1

ABSTRACT……..... 2

1. INTRODUÇÃO..... 3

2. OBJETIVOS..... 9

3. MATERIAL E MÉTODOS..... 10

3.1 Local e coleta de dados..... 10

3.2 Descrição da dieta..... 12

3.3 Dados morfológicos..... 13

3.4 Atributos morfológicos..... 15

3.5 Análise dos dados..... 17

4. RESULTADOS..... 18

4.1 Coletas..... 18

4.2 Índice de Importância Alimentar..... 18

4.3 Morfologia..... 19

4.3.1 Espécies entre predadores e presas..... 19

4.3.2 Espécies predadoras..... 23

4.3.3 Espécies presas..... 24

5. DISCUSSÃO..... 26

5.1 Coleta..... 26

5.2 Índice de Importância Alimentar..... 27

5.3 Morfologia..... 30

5.3.1 Razão Aspecto e Área Relativa da Nadadeira Caudal..... 30

5.3.2 Índice de Compressão, Altura Relativa e Razão de Profundidade..... 35

5.3.3 Índice de Compressão, Altura e Comprimento Relativos do Pedúnculo Caudal..... 38

5.3.4 Áreas Relativas e Razão do Aspecto das Nadadeiras Dorsal e Anal..... 41

5.3.5 Razão do Aspecto e Áreas Relativas das Nadadeiras Peitoral e Pélvica..... 43

5.3.6 Boca e Tipo de Dentição..... 44

5.3.7 Comprimento Relativo da Cabeça e Diâmetro Relativo do Olho..... 47

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 49

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... 51

8. APÊNDICE (TABELAS)..... 63

9. ANEXOS..... 73

RESUMO

Neste trabalho foram analisados exemplares de três espécies de Characiformes predadores: *Salminus hilarii, Hoplias* cf. *malabaricus* e *Acestrorhynchus lacustris* com a finalidade procurar padrões nas estratégias de caça e fuga adotadas pelos predadores e suas respectivas presas de acordo com características da morfologia. O trabalho visou identificar as diferenças na morfologia relacionadas entre as espécies de predadores e suas presas; identificar as diferenças entre as espécies predadoras e entre as espécies presas. O estudo foi realizado na bacia do rio Sorocaba, em pontos próximos às cidades de Tatuí e Boituva (SP). As coletas foram feitas em locais determinados de acordo com os hábitos de vida de cada espécie. As presas foram determinadas previamente baseando-se na análise da dieta pelo Índice de Importância Alimentar. Na análise da morfologia foram escolhidas 25 medidas morfométricas, que foram utilizadas para os cálculos de 22 índices e valores relativos dos atributos morfológicos. Para as análises dos atributos morfológicos foi escolhida uma análise de correlação multivariada de componentes principais (ACP). Na análise entre os predadores foram abordados aspectos morfológicos relacionados à natação e alimentação. As análises entre as espécies de predadores e entre as espécies presas foram abordados somente os aspectos de natação. A análise da dieta mostrou que as presas mais importantes na dieta de *Salminus hilarii* foram *Astyanax* aff. *fasciatus* e *Astyanax altiparane*, para *Hoplias* cf. *malabaricus* foram *A. altiparanae* e indivíduos da própria espécie e, para *Acestrorhynchus lacustris* sua presa principal foi *A. altiparane*. Nas analises morfológicas através da análise de componentes principais foi notado que os atributos morfológicos mostraram-se importantes na determinação do comportamento dos peixes. Itens relacionados à forma do corpo e as formas das nadadeiras foram destacados em todas as análises, indicando grande relevância em vários aspectos como: modos de vida, posição da coluna d'água, estratégias de caça dos predadores e na capacidade de fuga das presas.

Palavras-chave: natação. alimentação. comportamento. predação. modos de vida.

ABSTRACT

In this study specimens of three species of Characiformes predators were analysed: *Salminus hilarii*, *Hoplias* cf. *malabaricus* and *Acestrorhynchus lacustris* in order to verify the patterns in hunting strategies adopted by predators and escape strategies adopted by their prey according to their morphological characteristics. The study aimed to identify the differences in morphology between species of predators and their prey; identify the differences between predator species and identify the differences between the prey species. The study was conducted in the basin of the river Sorocaba, by studing sites located in the lower Rio Sorocaba region at points near the cities of Tatuí and Boituva (SP). The samples were obtained in certain places according to the living habits of each species. The tusks were determined previously based on the dietary analysis by the Alimentary Index. In the morphology analysis were chosen 25 morphometric measurements, which were used for the calculations of 22 indices and relative values of the morphological attributes. For the analyzes of morphological attributes was chosen multivariate correlation of principal component analysis (PCA). The comparison between predators aimed to focus on the differences in morphology related to swimming, trying to identify the possible capture strategies by the predator and escape by the prey. To compare the predators were addressed aspects of swimming and feeding were chosen in order to answer about the different living habits and the possible differences in the strategies adopted to capture their prey. The comparison between the prey species were only addressed to the swimming aspects to identify living habits and the possible defense behavior strategies and escape each of the prey could possibly adopt. Diet analysis showed that the most important prey in *Salminus hilarii* diet were *Astyanax* aff. *fasciatus* and *Astyanax altiparanae*. To *Hoplias* cf. *malabaricus* were *A. altiparanae* and individuals of their own species and to *Acestrorhynchus lacustris* their main prey was *A. altiparane*. In the morphological analysis by principal component analysis was noted that the morphological attributes shown to be important in determining fish behavior. Items related to body shape and the shape of the fins were highlighted in all analyzes, indicating great importance in various aspects such as lifestyles, water column position, hunting strategies from predators and escape ability of prey.

Key-words: swimming. feeding. behavior. predation. lifestyles.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da utilização do alimento em peixes, além de propiciar um campo interessante para a discussão de aspectos teóricos como a substituição das espécies através dos componentes espacial, temporal e trófico do nicho (SCHROENER, 1974), atende a outros propósitos tais como conhecimento básico da biologia das espécies; compreensão da organização trófica do ecossistema e conhecimento quantitativo dos mecanismos biológicos de interação entre espécies, como predação, competição, ou partição de recursos entre elas (HAHN *et al*., 1997).

A diversidade nos hábitos alimentares encontrados em peixes é produto de processos evolutivos que conduzem a diversas adaptações estruturais destes peixes, igualmente à grande diversidade de situações que envolvem o meio ambiente e a interações entre as espécies. Em função disso, alguns peixes têm dietas definidas em decorrência de adaptações anatômicas e fisiológicas, resultando em uma maior eficiência nos processos de alimentação para diferentes tipos de alimento consumidos entre as espécies (LAGLER, 1977).

Em peixes piscívoros, provavelmente inicia-se um fundamental caminho na estruturação de comunidades aquáticas (GERKING, 1994), exercendo impacto direto e indireto sobre a biota e qualidade da água (NOWLIN *et al*., 2006). Neste contexto os peixes piscívoros constituem-se em objeto de inúmeros estudos, principalmente com o intuito de avaliar o efeito da predação sobre as populações de espécies presa (NILSSON, 1978).

Peixes predadores interferem tanto na composição qualitativa e quantitativa de presas (PERSSON *et al*., 1996). São elementos fundamentais na composição da ictiofauna, regulando a sua própria abundância bem como a população de diferentes espécies de presas, dessa forma aumentando a estabilidade do ecossistema (POPOVA, 1978).

Geralmente é encontrado somente um pequeno número de espécies de peixes piscívoros ocupando o topo da hierarquia trófica dos ambientes aquáticos (ALVIM & PERET, 2004). No entanto alguns ambientes podem mostrar uma surpreendente riqueza e abundância de biomassa deste nível trófico (ARAUJO-LIMA *et al*., 1995; LUIZ et al., 1998).

Ao longo da evolução, estabelece-se uma relação coevolutiva entre predador e presa. Predadores podem desenvolver mecanismos eficientes de procura de presas, mas estas, também sofrem influência de processos seletivos naturais, podendo igualmente desenvolver mecanismos que evitem ou diminuam a predação. Tal relação, baseada numa luta sem fim, pode culminar

com a extinção de uma ou ambas as espécies, menos que cada avanço evolutivo de uma espécie, seja precisamente neutralizado por um avanço da outra (FUTUYMA, 1992).

Existem diversas perguntas que podemos fazer sobre o comportamento de forrageio de um predador (TOWNSEND *et al*., 2006) e das estratégias de defesa de suas presas. O aperfeiçoamento das habilidades dos predadores para capturas das presas tem sido seguido por um aperfeiçoamento das habilidades destas para evitar ou resistir ao predador, que tem sido seguido por um aperfeiçoamento suplementar nas habilidades do predador e assim por diante (BEGON *et al*., 1990).

As táticas de aquisição de alimento podem sofrer modificações em função do tamanho dos indivíduos, sobretudo em consequência de uma maior agilidade de ataque às presas e/ou aumento da eficiência de natação e desenvolvimento dos órgãos dos sentidos (ESTEVES & ARANHA, 1999).

A aquisição de alimento pelos peixes é um processo que envolve a procura, detecção e ingestão do alimento. Uma vez detectado o alimento, o peixe orienta-se em direção a ele, aproxima-se e tenta ingeri-lo. A captura envolve a utilização de diferentes táticas alimentares, que variam de acordo com a categoria trófica (KEENLEYSIDE, 1979). A decisão na tomada de alimento pode ser influenciada pelo tipo de procura adotada. Essa procura que revela múltiplas presas potenciais no campo de visão é completamente diferente de uma procura sequencial que revela uma presa de cada vez (GERKING, 1994).

Dentro desse contexto, o uso da morfologia pode refletir uma integração da ampla variedade de influências dos ecossistemas sobre os organismos que ali vivem, tendo influencia em fatores como na disponibilidade de recursos e taxa de predação, podendo ser importante principalmente para as espécies de vida aquática, definindo ecologicamente espécies com padrões morfológicos e ecológicos similares (WINSTON, 1995).

Variações morfológicas podem ter possibilitado a coexistência de grupos de peixes nas diversas regiões onde vivem, devido a diferenças nas distribuições espaciais e temporais, marcadas por diferentes adaptações para ocupação do hábitat e exploração de recursos alimentares, diminuindo dessa forma competições entre grupos (LAGLER *et al*., 1977; BONE *et al*., 1995). Diferenças morfológicas, que facilitam a separação ecológica, podem surgir por um processo chamado “deslocamento de caracteres” (ODUM, 1985).

A aplicação da ecomorfologia em estudos de biologia de peixes não é recente, sendo utilizada por vários pesquisadores até hoje. Os estudos foram iniciados comparando-se variações morfológicas com variações nas características ecológicas tanto para caracterizá-los intra ou interespecificamente (NORTHCATE, 1954; IVLEV, 1961; NIKOLSKII, 1963; KEAST & WEBB, 1966; ALEXANDER, 1967; ALEEV, 1969; GOSLINE, 1971; SCHOENER, 1974; GATZ JR, 1979a, 1979b).

A relação entre a dieta, a forma do corpo e a taxonomia é prevista para os diferentes níveis de uma comunidade, com uma justaposição da morfologia e a ecologia, mesmo em grupos taxonomicamente distintos (WINSTON, 1995). Catella & Petrere Jr. (1998) acreditam que o padrão entre a forma do corpo e os hábitos alimentares são reflexos de todas as variedades de características possíveis dos fatores físicos e químicos do ambiente.

Segundo Webb (1986), o estudo da morfologia funcional pode revelar dados importantes a respeito da relação predador-presa e suas estratégias. Abordando o tema locomoção, o autor relata a importância de se conhecer a morfologia das espécies estudadas e através desta, estimar seu potencial de natação e o quanto este influencia o comportamento de caça e fuga. A importância relativa entre localizar e consumir o alimento é dependente da distribuição e da característica específica do item alimentar, como o tamanho, a mobilidade e a capacidade de escape da presa (WEBB, 1984).

Vários autores indicam que variações morfológicas quanto à velocidade do peixe ou mesmo no aparato alimentar funcionam como divisores de nichos ecológicos, sendo ressaltada a importância da análise morfológica nos estudos de ecologia trófica (IVLEV, 1961; NIKOLSKII, 1963; ALEXANDER, 1967; ALEEV, 1969; GOSLINE, 1971; SCHOENER, 1974; GATZ JR, 1979a, 1979b; PAULY, 1989; WIKRAMANAYAKE, 1990; DOUGLAS & MATHEWS, 1992; MOTTA *et al*., 1995; WAINWRIGHT & RICHARD, 1995), demonstrando haver forte relação entre a morfologia do predador com o tipo e/ou tamanho da presa. Em espécies piscívoras, diferenças na morfologia e tamanho do predador influenciam na eficiência de capturas das presas (MITTELBACH & PERSSON, 1998).

O estudo entre a forma do corpo e a ecologia dos peixes está integrado na compreensão de comportamento, biomecânica, genética, fisiologia, e sistemática filogenética, somada a questões da biologia dos peixes (WESTNEAT, 1995). A morfologia pode refletir uma integração

de uma larga variedade de influências ambientais como quantidade de recursos ou número de predadores que podem ser importantes para as espécies.

A relação entre a forma e função em peixes é documentada pela medição de uma ampla variedade de características (GOSLINE 1971; LAGLER *et al*., 1977; WEBB, 1984). Gatz Jr. (1979b) comenta que para estudos de características morfológicas incluem-se medidas da forma do corpo e suas proporções, tamanho e posição da boca, forma e localização das nadadeiras e características anatômicas internas, como volume da bexiga natatória, comprimento do trato digestório e quantidade de musculatura vermelha. Depois esses valores medidos devem ser convertidos em índices e valores relativos.

Para este trabalho foram escolhidas as três espécies mais abundantes de Characiformes predadores da bacia do rio Sorocaba, que embora sejam sintópicas nessa bacia hidrográfica, apresentam hábitos de vida diferenciados entre si: *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850, *Hoplias* cf. *malabaricus* (Bloch, 1794) e *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875). Uma análise ecomorfológica abrangendo várias espécies com parentesco evolutivo conhecido e próximo, pode contribuir em uma investigação relacionada aos possíveis processos evolutivos pelos quais teriam passado tais espécies e como estas se adaptaram ao longo do tempo (CARNEIRO, 2003). É necessário, contudo, ressalvar o fato de que morfologias têm também como componente a característica filogenética e estrutural de cada tipo de peixe, principalmente se o parentesco entre os peixes em foco forem mais distantes.

Os Characiformes compreendem um grupo neotropical e estendido em parte na África. A ordem possui muitas famílias com os mais diversos hábitos alimentares. O estudo da anatomia funcional relacionado à alimentação destes peixes pode trazer informações básicas sobre a ocupação de nichos ecológicos e suas adaptações para tal ocupação (CARNEIRO, 2003).

Em peixes que apresentem especificações que sugestionem uma dieta particular e modo de alimentação específico, isto pode não limitar a exploração de outros recursos alimentares (BONE *et al*., 1995). Analisar a morfologia de um peixe como adaptado para um único propósito e tentar interpretar somente este dado, pode resultar em interpretações equivocadas, fazendo-se necessário obter dados ecológicos do ambiente onde está inserido o organismo (CARNEIRO, 2003). Espécies de uma mesma categoria trófica podem ser diferenciadas com base em atributos ecomorfológicos, os quais sugerem diferenças no tamanho da presa capturada, diferença no método de obtenção de alimento e na diversidade de recursos explorados (PIORSKI *et al*., 2005).

Salminus hilarii, conhecido popularmente como tabarana, é um peixe de água movimentada e correnteza como corredeiras de diversas naturezas (GODOY, 1975; RODRIGUEZ-OLARTE & TAPHORN, 2006) e com natação ativa e constante (VILLARES JR., 2009). É um peixe predador típico, com ampla distribuição geográfica, distribuído em diversas bacias da América do Sul: na bacia do alto rio Paraná, bacia do rio São Francisco, alguns rios da bacia Amazônica, bacia dos rios Tocantins e bacia do alto rio Orinoco (LIMA *et al*., 2003) sendo atualmente também encontradas em território argentino, onde anteriormente não existiam, devido a barragem de Itaipu, (VITTAR *et al*., 2002).

É considerada como peixe reofílico, migrando durante o período reprodutivo durante as épocas mais quentes e chuvosas (AGOSTINHO *et al*., 2004; ANDRADE *et al*., 2004; GODOY 1975; HONJI, 2007; RODRIGUES-OLARTE & TAPHORN, 2006; TAKAHASHI, 2006; VILLARES JR *et al*., 2007). Atualmente a espécie está comprometida pela construção de barragens, poluição industrial e doméstica (HONJI 2007) tendo a sua pesca proibida em diversos locais.

Trata-se de um peixe planctófago nas primeiras fases da vida larval; a seguir, na fase de alevino, passa a ser insetívoro, para, finalmente, durante o restante de sua vida, nas fases de jovem e de adulto, tornar-se um peixe carnívoro (piscívoro) (GODOY, 1975) sendo essas etapas consideradas comuns entre espécies de peixes predadores (LOWE-McCONNELL, 1999).

A família Erythrinidae é composta por peixes carnívoros, predadores, de corpo grosso, aproximadamente cilíndrico, nadadeira caudal arredondada, dentes caniniformes, não possuindo fontanela e nadadeira adiposa (BRITSKI *et al*., 1999). Conhecidos popularmente como traíras ou lobós, o gênero *Hoplias* é composto por um grupo de peixes tipicamente neotropical, com a maior distribuição geográfica entre os Characiformes. No Brasil estão presentes em todos os sistemas hidrográficos, habitando exclusivamente as águas doces. *H. malabaricus* habita preferencialmente ambientes lênticos e águas quentes tropicais. Apresenta comportamento comparativamente sedentário (PAIVA, 1974; GODOY, 1975; SANT' ANNA, 2006) apresentado preferências por habitat com vegetação aquática (LOWE-McCONNELL, 1999) e pode desenvolver seu ciclo de vida inteiro dentro de uma área geográfica pequena (BIALETZKI *et al*., 2002). Possui grande poder de adaptação, sendo capaz de resistir às condições mais adversas,

justificando a sua presença em grande número de corpos d'água dentro da sua distribuição geográfica (LOWE-McCONNELL, 1999; PAIVA, 1974).

Como os demais predadores Characiformes, *H. malabaricus* na fase de vida larval é planctófago, os alevinos entre 50 a 100 milímetros são principalmente insetívoros, para a partir daí se tornarem piscívoros (PAIVA, 1981; BISTONI, *et al*., 1995). Segundo Azevedo & Gomes (1943); Paiva (1974); Barbieri *et al*. (1982); Bistoni *et al*. (1995); Rios *et al*. (2002) apresenta hábito noturno e comportamento de predador de espreita, esperando escondido e quase imóvel a aproximação de sua presa.

O gênero *Acestrorhynchus* é composto por peixes carnívoros predadores (BRITSKI *et al*., 1999) com hábitos preferencialmente piscívoros (BENNEMANN *et al*., 1996; ALMEIDA *et al*., 1997; HAHN *et al*., 2000), mas ocasionalmente pode se alimentar de insetos e plantas (CATELLA & TORRES, 1984). As espécies do gênero *Acestrorhynchus* diferenciam-se dos demais Characiformes por apresentarem o osso rinoesfenóide em contato com o paraesfenóide nos indivíduos adultos.

A. lacustris, conhecido na bacia do rio Sorocaba como saicanga ou peixe cadela, é um peixe de natação ativa e constante, mas diferentemente de *S. hilarii*, é comumente vista em ambientes de águas mais lentas ((BRITSKI *et al*., 1999; HAHN, *et al*. 1997; SILVA & GOITEIN, 2009) ocupando os estratos mais superficiais da coluna d´água (TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007). É mais ativo nas horas crepusculares (BARTHEM, 1987). Distribui-se amplamente na bacia do rio São Francisco e nos rios da bacia do Alto Paraná (MENEZES, 1992). Possui baixo valor comercial, porém, com importância fundamental na cadeia alimentar dos ambientes lacustres (HAHN *et al*., 2000) com forte capacidade de regular o número de espécies presas (NIKOLSKI, 1963; POPOVA, 1978).

2. OBJETIVOS

Baseando-se no exposto acima e em virtude da escassez de trabalhos focando a relação entre a morfologia e táticas de predação e fuga em peixes continentais neotropicais, surgiu a ideia desse estudo, que foi verificar e relacionar as características morfológicas com a dieta de três espécies sintópicas de Characiformes predadores: *Salminus hilarii*, *Hoplias* cf. *malabaricus* e *Acestrorhynchus lacustris*.

O objetivo principal do trabalho foi, através da análise da morfologia, identificar como peixes com relação filogenética próxima, mas com formas distintas e consequentes hábitos distintos, podem consumir de maneira diferenciada, ou não, suas presas. Em função disso foram considerados os seguintes objetivos específicos:

2.1 Identificar as diferenças das características morfológicas do predador e suas respectivas presas.

2.2 Identificar as diferenças das características morfológicas somente das espécies predadoras.

2.3 Identificar as diferenças das características morfológicas somente das espécies presas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e coleta de dados

A bacia hidrográfica do rio Sorocaba está localizada no estado de São Paulo (figura 1), situa-se na subárea conhecida por Médio Tietê Superior, no trecho superior do Planalto Atlântico e parte na Depressão Periférica, nos afloramentos do grupo Tubarão na bacia sedimentar do Paraná. A bacia do rio Sorocaba possui uma área de drenagem de 5.269 km^2, abrangendo 22 municípios. O rio Sorocaba é o principal rio da bacia, sendo formado pelos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, cujas cabeceiras encontram-se nos municípios de Ibiuna, Cotia, Vargem Grande Paulista e São Roque. É margeado pelas seguintes cidades: Ibiúna, Votorantim, Sorocaba, Iperó, Boituva, Tatuí, Cerquilho, Jumirim e Laranjal Paulista, onde deságua no rio Tietê. Considerado maior afluente da margem esquerda do rio Tietê, possui 227 km de trajeto natural com uma vazão regulada de 13 metros cúbicos por segundo (SMITH, 2003).

As coletas foram realizadas na bacia do rio Sorocaba durante um período de dois anos em pontos determinados (tabela 1). No primeiro ano (outubro de 2012 a setembro de 2013) as coletas foram realizadas semanalmente, sendo que, em cada semana, a coleta se destinava somente uma espécie predadora específica. As capturas foram feitas onde ocorre maior concentração das espécies: corredeiras para *S. hilarii* e áreas próximas às margens (saídas de córregos e remansos) para *H.* cf. *malabaricus* e *A lacustris*. No segundo ano (outubro de 2013 a setembro de 2014) as coletas passaram a ser mensais e se destinaram somente para as espécies presas previamente determinadas pela análise da dieta.

Tabela 1: Pontos de coleta com suas respectivas coordenadas geográficas:

	Local:	**Cidade:**	**Coordenada geográfica:**
Ponto 1	Rio Sorocaba	Tatuí	23º 20’ 03,79” S 47º 44’ 26, 28” W
Ponto 2	Rio Sorocaba	Boituva	23º 17’ 33, 56” S 47º 46’ 22, 75” W
Ponto 3	Rio Tatuí	Tatuí	23º 19’ 59, 83” S 47º 47’ 01, 75” W

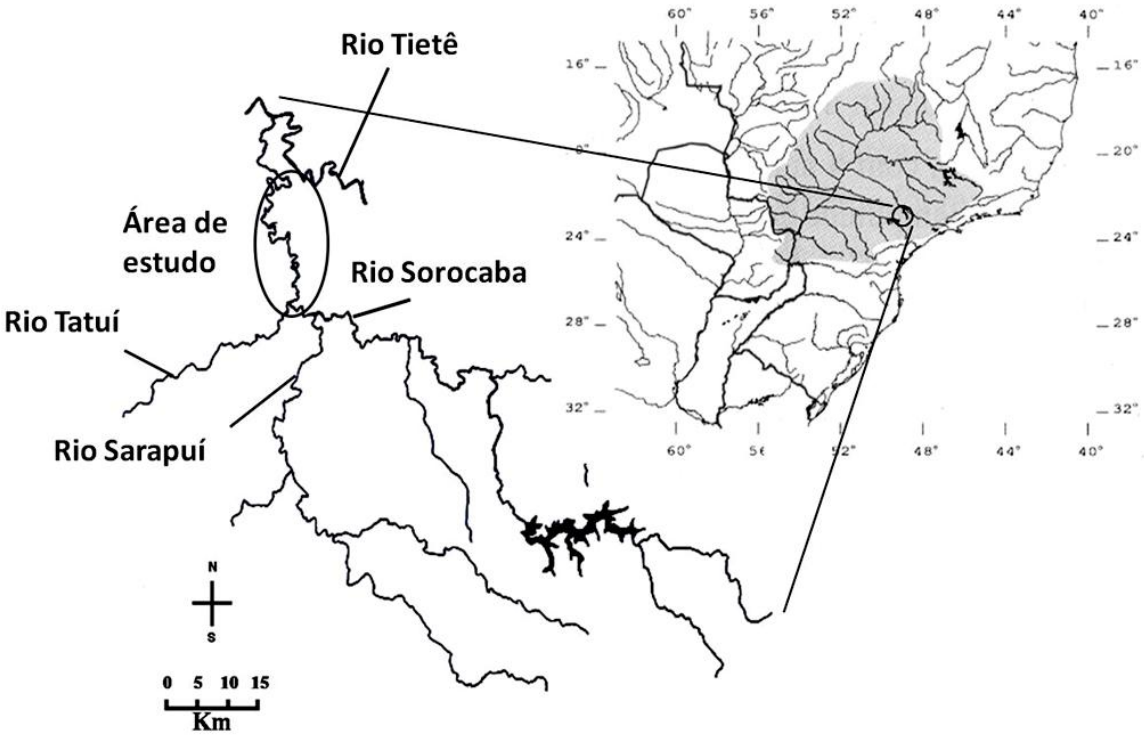


Figura 1. Mapa da região da bacia do Alto Paraná mostrando a localização da bacia do rio Sorocaba com local de estudo.

A captura dos exemplares foi feita com a utilização de redes de descanso (espera) com malhas de 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 cm entre nós adjacentes, totalizando um esforço de pesca de 120 metros (20 metros para cada malha) em cada ponto de coleta. As redes foram deixadas durante o período aproximado de 16 horas, sendo armadas no final da tarde (entre 17:00 e 19:00 horas) e as despescas feitas após os períodos, em que se acredita ser, o de maior atividade dos peixes (crepuscular) (LOWE McCONNELL, 1999) após o escurecer (entre 22:00 e 0:00 horas) e no dia seguinte no período da manhã (entre 7:00 e 9:00 horas) (autorização SISBIO N^{o} 36367-1). As coletas foram complementadas com varas (caniços) e molinete ou carretilha munida de iscas artificiais para não mascarar os conteúdos estomacais e fazer observações das estratégias de ataques que cada espécie adota na captura de suas presas.

Todos os exemplares, após a coleta, foram armazenados em caixas de isopor com gelo a fim de evitar a decomposição. Todos os exemplares foram guardados em freezer até as devidas medições da morfologia, para depois de sua manipulação esses exemplares foram fixados em formaldeido 10% e guardados em frascos com etanol 70%.

3.2 Descrição da dieta

Em um primeiro momento foi feita uma análise da dieta para determinar as presas mais importantes nas dietas das espécies de predadores envolvidos. Para análise da dieta foi adotado o **Índice de Importância dos Itens Alimentares (AIi),** que indica a importância relativa de determinada categoria alimentar na dieta de uma determinada espécie de peixe. É calculado multiplicando-se a Frequência de Ocorrência pelo Índice de Análise Volumétrica (LIMA-JUNIOR & GOITEIN, 2001).

$$\mathbf{AIi = Fi * Vi}$$

Onde:

AIi = Índice de Importância Alimentar

Fi = Frequência de Ocorrência

Vi = Índice de Analise Volumétrica

Frequência de Ocorrência (F): A frequência de ocorrência corresponde ao o número definido de estômagos em que uma presa ocorre na dieta do peixe. É a porcentagem de estômagos, em relação ao total de estômagos com conteúdo de uma espécie, que apresenta uma determinada categoria alimentar (HYSLOP, 1980).

$$\mathbf{Fi = (ni \,.\, 100)/n}$$

Sendo:

Fi: Frequência de Ocorrência do item ***i*** na dieta de uma determinada espécie;

ni: Número de estômagos da espécie contendo o item alimentar ***i*** ;

n: Número total de estômagos contendo alimento na amostra de exemplares da espécie.

Índice de Análise Volumétrica (Vi): Indica a abundância relativa de determinado alimento na dieta de uma espécie de peixe. Para tanto, utiliza-se como referência a **Massa Padrão**, que corresponde à média aritmética das massas dos conteúdos estomacais, calculada com uma amostragem prévia da espécie em questão. Cada conteúdo estomacal recebe um total de pontos que é proporcional à razão de sua massa com a Massa Padrão, admitindo-se que a Massa Padrão recebe quatro pontos. Posteriormente, e com base em uma inspeção visual, os pontos totais atribuídos são divididos entre os itens alimentares de acordo com o volume relativo que esse ocupa no conteúdo estomacal. O somatório de pontos recebidos por cada item alimentar

dividido pelo número total de estômagos com conteúdo na amostra fornece a média dos valores atribuídos para cada item alimentar. Esta média multiplicada por vinte e cinco fornece o Índice de Analise Volumétrica (LIMA-JUNIOR & GOITEIN, 2001).

$$\mathbf{Vi = 25\ Mi}$$

Sendo:

Vi: Índice de Análise Volumétrica do item ***i*** na dieta de uma determinada espécie de peixe;

25: Constante de multiplicação para obtenção de um resultado porcentual;

Mi: Média dos valores atribuídos para o item alimentar ***i*** nesta espécie de peixe.

3.3 Dados morfológicos

Para as espécies foram registradas 25 medidas morfométricas, que foram utilizadas para os cálculos dos índices e valores relativos dos atributos morfológicos (Figura 2). As medidas foram tomadas considerando somente os indivíduos adultos dos predadores. A identificação dos indivíduos adultos foi feita seguindo a proposição do grau de maturação gonadal de Vazzoler (1996). A escolha das espécies presas foi determinada após definição daquelas consideradas como os mais importantes para cada predador, que posteriormente foram coletados intactos para que fosse possível a tomadas das medidas das variáveis morfológicas. As medidas morfométricas são:

- **comprimento padrão (CP):** distância sobre a linha imaginária horizontal da extremidade anterior da cabeça até o termino do pedúnculo caudal;
- **altura máxima do corpo (Hmáx):** distância no ponto de maior altura perpendicular ao eixo longitudinal do corpo;
- **largura máxima do corpo (Lmáx):** distância no ponto de maior largura do corpo e perpendicular ao eixo longitudinal;
- **comprimento do pedúnculo caudal (CPC):** distância entre o final da nadadeira anal até o início da caudal;
- **altura do pedúnculo caudal (HPC):** distância do pedúnculo caudal perpendicular ao eixo longitudinal no ponto de menor altura;
- **largura do pedúnculo caudal (LPC):** distância no ponto médio do pedúnculo caudal e perpendicular ao eixo longitudinal;

- **comprimento da cabeça (Ccb):** distância entre a extremidade anterior da cabeça até o termino do opérculo;

- **altura da boca (HB):** extensão dorso-ventral da abertura bucal quando a boca está completamente aberta;

- **largura da boca (LB):** extensão lateral da boca quando completamente aberta;

- **comprimento da mandíbula (CM):** comprimento da parte esquerda da mandíbula desde a região mediana até o fim da abertura bucal;

- **diâmetro do olho (DO):** diâmetro do olho no eixo dorso ventral.

- **altura da nadadeira caudal (HNC):** medida da maior distância vertical da nadadeira caudal e perpendicular ao eixo longitudinal do peixe;

- **área da nadadeira caudal (ANC):** área superficial da nadadeira caudal. Para a obtenção da área da nadadeira caudal foi utilizada a metodologia: foi feito o contorno da nadadeira caudal de cada peixe com papel vegetal, com este seco e livre de secreções, será recortado colocado sobre papel milimetrado e contado o número de quadradinhos na área respectiva à nadadeira assim obtendo a área superficial da nadadeira caudal.

- **comprimento da nadadeira peitoral(1) e pélvica(2) (CNP1 e 2):** medida da maior distância horizontal das nadadeiras peitoral e pélvica esquerda.

- **largura da nadadeira peitoral(1) e pélvica(2) (LNP1 e 2):** medida da maior distância vertical das nadadeiras peitoral e pélvica esquerda;

- **área da nadadeira peitoral(1) e pélvica(2) (ANP1 e 2):** área superficial das nadadeiras peitoral e pélvica esquerda (obtenção idem nadadeira caudal);

- **comprimento da nadadeira dorsal (CND):** medida da maior distância horizontal da nadadeira dorsal;

- **altura da nadadeira dorsal (HND):** medida da maior distância vertical da nadadeira dorsal e perpendicular ao eixo longitudinal do peixe;

- **área da nadadeira dorsal (AND):** área superficial da nadadeira dorsal (obtenção idem nadadeira caudal);

- **comprimento da nadadeira anal (CNA):** medida da maior distância horizontal da nadadeira anal;

- **altura da nadadeira anal (HNA):** medida da maior distância vertical da nadadeira anal e perpendicular ao eixo longitudinal do peixe;

- área da nadadeira anal (ANA): área superficial da nadadeira anal (obtenção idem nadadeira caudal);

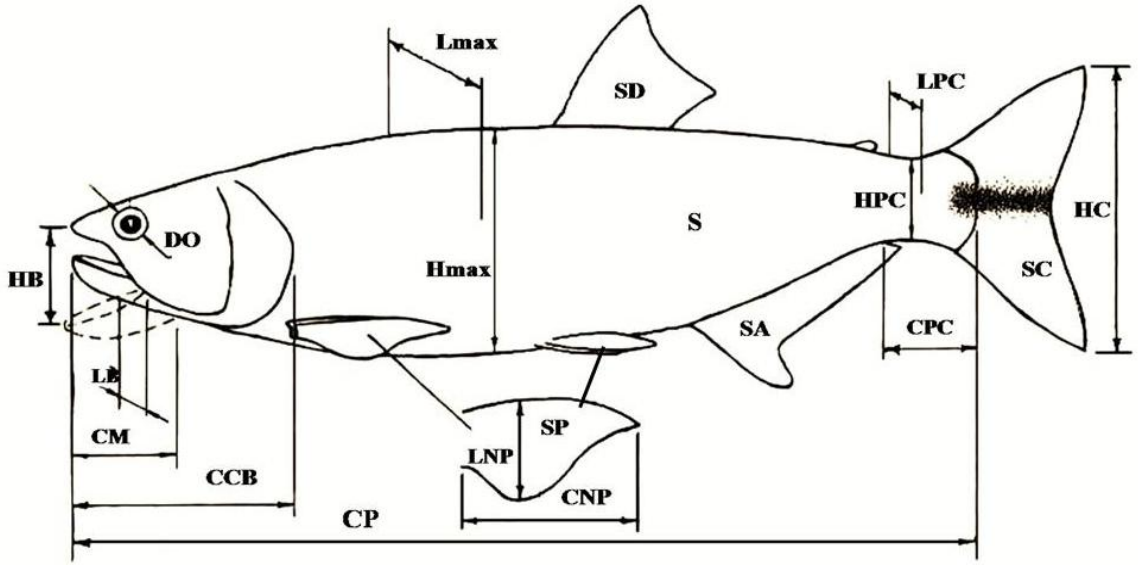


Figura 2. Medidas morfométricas que foram utilizadas para os cálculos dos índices e valores relativos dos atributos morfológicos (modificado de Villares Júnior, 2009).

3.4 Atributos morfológicos

Através destas medidas foram calculados os índices e valores relativos dos atributos morfológicos que podem caracterizar tipos de predação, hábitos de vida e/ou adaptações das espécies à ocupação de diferentes ambientes (BARRELLA, 1989; GATZ JR, 1979a; GOSLINE, 1971; MOTTA *et al*., 1995; PAULY, 1989):

- Índice de Compressão (IF) = (Hmáx/Lmáx): altura máxima dividida pela largura máxima.

- Altura Relativa (HR) = (Hmáx/CP): altura máxima do corpo dividida pelo comprimento padrão.

- Razão de Profundidade (DR) = (CP/Hmáx): comprimento padrão dividido pela altura máxima do corpo.

- Comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC) = (CPC/CP): comprimento do pedúnculo caudal dividido pelo comprimento padrão.

- Altura relativa do pedúnculo caudal (PRPC) = (HPC/Hmáx): altura do pedúnculo caudal dividida pela altura máxima do corpo.

- **Índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC)** = (HPC/LPC): altura do pedúnculo caudal dividida pela largura do pedúnculo caudal.

- **Área relativa da nadadeira caudal (ARNC)** = (ANC/CPxHmáx): área da nadadeira caudal dividida pelo produto do comprimento padrão e a altura máxima.

- **Razão do Aspecto da nadadeira caudal (Ac)**: calculada pela expressão $Ac=HNC^2/ANC$: quadrado da altura da nadadeira caudal dividido pela área da nadadeira caudal (PAULY, 1989).

- **Comprimento relativo da cabeça (CRCB)** = (Ccb/CP): comprimento da cabeça dividido pelo comprimento padrão.

- **Largura relativa da boca (LRB) =** (LB/CP): largura da boca quando aberta dividida pelo comprimento padrão.

- **Altura relativa da boca (HRB)** = (HB/CP): altura da boca quando aberta dividida pelo comprimento padrão.

- **Comprimento relativo da mandíbula (CRM)** = (CM/CP): comprimento da mandíbula dividida pelo comprimento padrão.

- **Diâmetro relativo do olho (DRO)** = (DO/CP): diâmetro do olho dividido pelo comprimento padrão.

- **Áreas relativas das nadadeiras peitoral(1) e pélvica(2) (ARNP1 e 2) =** (AP/CPxHmáx): área da nadadeira peitoral dividida pelo produto do comprimento padrão e a altura máxima.

- **Razão do Aspecto das nadadeiras peitoral(1) e pélvica(2) (Ap1 e 2) =** (CNP/LNP): comprimento da nadadeira peitoral dividido pela largura;

- **Área relativa da nadadeira dorsal (ARND) =** (AD/CPxHmáx): área da nadadeira dorsal dividida pelo produto do comprimento padrão e a altura máxima.

- **Razão do Aspecto da nadadeira dorsal (Ad) =** (CND/LND): comprimento da nadadeira dorsal dividida pela largura;

- **Área relativa da nadadeira anal (ARNA) =** (ANA/CPxHmáx): área da nadadeira anal dividida pelo produto do comprimento padrão e a altura máxima.

- **Razão do Aspecto da nadadeira anal (Aa) =** (CNA/LNA): comprimento da nadadeira anal dividida pela largura;

- **Tipo de dentição (Td)**: dentes cônicos (DCo = 2); dentes caniniformes (DCa = 3);

3.5 Análises dos dados

Para análise dos dados, foi utilizada uma análise multivariada de componentes principais (ACP) usando uma matriz de correlação dos atributos morfologicos calculados para permitir a interpretação das principais variações morfológicas entre as espécies envolvidas no estudo.

Foi feita uma abordagem entre cada espécie predadora e suas respectivas presas. Nessa análise não foram considerados na ACP os índices e valores relativos referentes aos aspectos de forrageio (altura relativa da boca, largura relativa da boca, comprimento relativo da mandíbula e tipo de dentição), procurando identificar as possíveis estratégias de movimentação na captura por parte do predador e fuga por parte das presas.

Foi feita uma análise de componentes principais (ACP) para determinar as principais variações morfológicas entre as espécies predadoras: *Salminus hilarii*, *Hoplias* cf. *malabaricus* e *Acestrorhynchus lacustris*, procurando estabelecer, quais são as diferenças e semelhanças nas estratégias de forrageio adotadas entre esses três predadores. Nesse caso, foi desenvolvida uma abordagem dos aspectos morfológicos de natação e alimentação. As medidas morfológicas utilizadas servem para deduzir as características de movimentação e apreensão do alimento.

Da mesma forma que os predadores, uma terceira análise foi realizada entre as principais presas encontradas, procurando identificar as diferentes estratégias do comportamento de defesa e fuga que cada uma das presas possivelmente poderá vir a adotar.

Todas as análises estatísticas realizadas neste trabalho foram executadas no programa software PAST 3.0 (HAMMER *et al*., 2011).

4. RESULTADOS

4.1. Coletas

Durante todo o período de coleta (outubro de 2012 a setembro de 2013) foram capturados um total de 517 indivíduos adultos, sendo 112 de *Salminus hilarii*, 197 de *H.* cf. *malabaricus* e 208 de *A. lacustris*. Após a esse período e com a determinação das espécies presas, as coletas destinaram-se somente para as espécies presas. Especificamente nesse caso foi capturado somente o número suficiente para as medições da morfologia.

4.2. Índice de Importância Alimentar

Na análise da dieta foram analisados um total de 334 estômagos, sendo 97 de *S. hilarii*, 126 de *H.* cf. *malabaricus* e 111 de *A. lacustris*. Durante o período de coleta foi possível confirmar que as espécies escolhidas apresentam dietas exclusivamente piscívoras. A classificação dos itens alimentares incluiu desde peixes indeterminados (peixes com alto grau de digestão) até ao nível de espécie.

Na dieta de *S. hilarii* foram encontrados cinco itens alimentares (tabela 2), com maior importância para *Astyanax* aff. *fasciatus* (AIi = 706,375) e *Astyanax* não puderam ser indentificados (*Astyanax* sp.: AIi = 268,281). *Hoplias* cf. *malabaricus* apresentou a maior diversidade de presas com 12 itens alimentares (tabela 3). Os itens que apresentaram maior importância na dieta dessa espécie foram *Astyanax altiparanae* (AIi = 181,650), *Astyanax* sp. (AIi = 180,592) e *Hoplias.* cf. *malabaricus* (AIi = 238,128). *A. lacustris* apresentou sete itens alimentares (tabela 4), sendo novamente as presas do gênero *Astyanax* as mais importantes, *Astyanax* sp. (AIi = 356,605) e *Astyanax altiparanae* (AIi = 638,775), também com uma considerável importância de pequenos caracídeos que não puderam ser identificados (AIi = 302,820). O item peixe indeterminado teve alta incidência nas três espécies *S. hilarii* (AIi = 1019,94), *H.* cf. *malabaricus* (AIi = 322,994) e *A. lacustris* (AIi = 911,040).

Tendo como referência esses dados, somados com as características dos locais onde cada espécie é encontrada na bacia do rio Sorocaba, ficou definido *Astyanax* aff. *fasciatus* e *Astyanax altiparanae* como as espécies mais importantes na dieta de *Salminus hilarii*. Já para *Hoplias* cf. *malabaricus* ficou definido as espécies *Astyanax altiparanae* e *Hoplias* cf. *malabaricus* (imaturos) como as espécies presa de maior relevância na sua dieta. Na dieta de *Acestrorhynchus*

lacustris foi possível definir somente *Astyanax altiparanae* como a presa mais importante na bacia do rio Sorocaba.

4.3 Morfologia

Foram medidos 32 indivíduos de cada espécie (predadoras e presas) para as medições das 25 medidas morfométricas utilizadas para os cálculos dos índices e valores relativos. Os dados referentes das médias e desvios padrão dos 22 atributos morfológicos calculados para as espécies predadoras e 18 atributos das espécies presas podem ser observados nas tabelas 5 e 6 respectivamente.

Nas análises de componentes principais foram separados os dois primeiros eixos para a interpretação dos atributos morfológicos. Foi feita uma análise de componentes principais utilizando 18 atributos entre as espécies predadoras e suas respectivas presas; 22 atributos entre as espécies predadoras e 18 atributos entre as espécies presas.

4.3.1 Espécies predadores e presas

A análise de componentes principais entre *S. hilarii* e suas presas (*A.* aff. *fasciatus* e *A. altiparanae*), o primeiro componente explicou 41,9123% e o segundo componente explicou 11,648% de variância, totalizando 53,56 de variância acumulada (Tabela 7). No primeiro componente as maiores cargas foram observadas em atributos relacionados com a forma corporal como o índice de compressão (IF) e a altura relativa (HR) com cargas positivas e a razão de profundidade (DR) com carga negativa. Além das características do corpo, o primeiro eixo também mostrou maiores cargas na altura relativa do pedúnculo caudal (PRPC), no comprimento relativo da cabeça (CRCB) e na razão do aspecto da nadadeira dorsal (Ad) com cargas negativas, além o diametro relativo do olho (DRO) com carga positiva. No segundo componente os atributos que apresentaram as maiores cargas estão relacionados com a forma do pedúnculo caudal, como o comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC) com carga positiva, o índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC), com carga negativa. No segundo eixo também comtribuiram a razão do aspecto da nadadeira caudal (Ac) e a área relativa da nadadeira peitoral (ARNP1) com cargas positivas e a razão do aspecto da nadadeira anal (Aa) com carga negativa (figura 2). A. aff. *fasciatus* e *A. altiparanae* são caracterizados por terem corpos mais altos e

achatados lateralmente, com olhos proporcionalmente maiores, pedúnculos caudais mais curtos e finos indicando maior capacidade de guinadas laterais em relação a *S. hilarii*, que por sua vez apresenta características de maior capaciadade de propulsão durante a natação, como corpos mais fusiformes, nadadeiras caudais com maior área e pedúnculos caudais mais alongados.

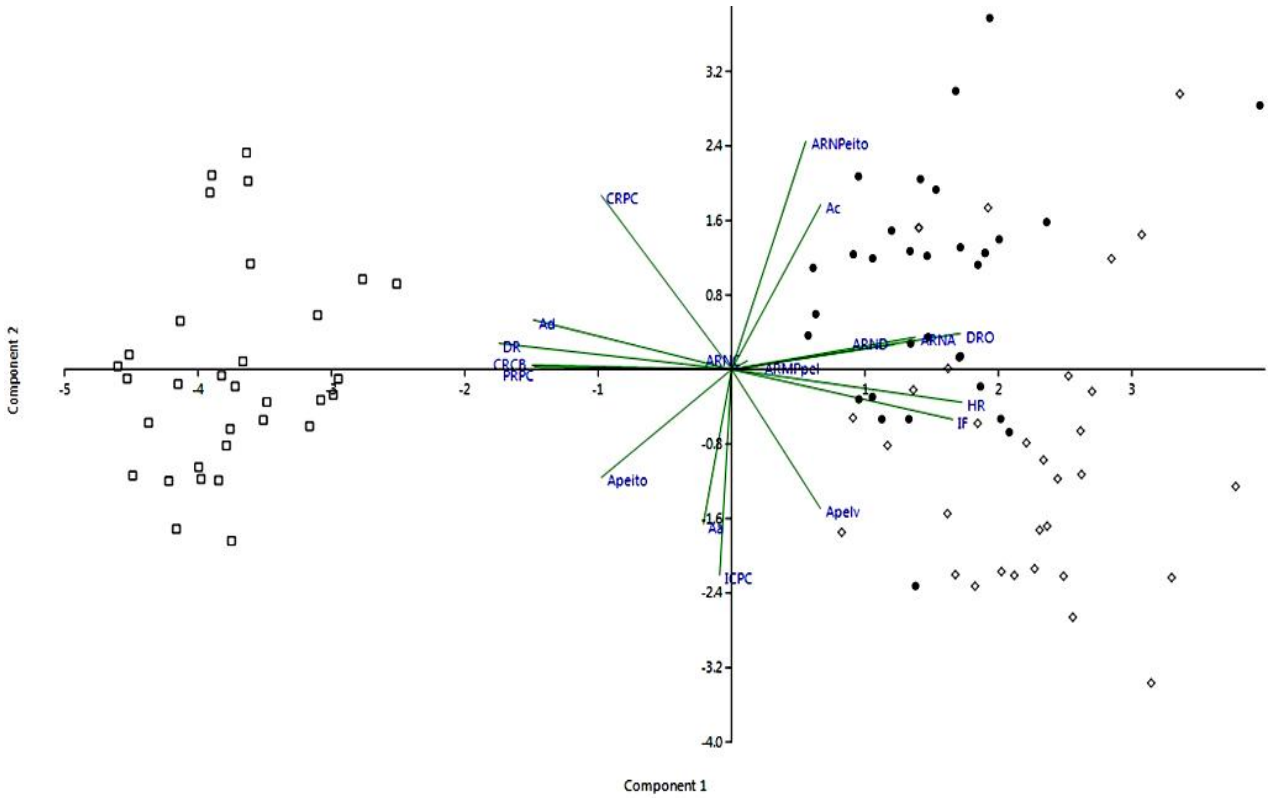


Figura 2. Análise de componentes principais entre *Salminus hilarii* (quadrados) e suas principais presas, *Astyanax altiparanae* (círculos) e *Atyanax* aff. *fasciatus* (losangos).

Entre *Hoplias* cf. *malabaricus* e suas principais presas (*A. altiparanae* e *H.* cf. *malabaricus* imaturos), na análise de componentes principais o primeiro eixo explicou 74,202% da variância, e os atributos que mais comtribuiram para a variância no primeiro componente foram o índice de compressão (IF), a altura relativa (HR), e a razão do aspecto da nadadeira caudal (Ac) com as maiores cargas negativas. A razão de profundidade (DR), a altura relativa do pedúnculo caudal (PRPC), o comprimento relativo da cabeça (CRCB) e a área relativa da nadadeira dorsal (ARND) apresentaram as maiores cargas positivas. O segundo eixo explicou 8.5185% totalizando 82,7205% de variância explicada, tendo como os atributos com as maiores cargas negativas, o comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC) e o índice de compressão

do pedúnculo caudal (ICPC) (Tabela 8). Os atributos que apresentaram as maiores cargas positivas foram a área relativa da nadadeira caudal (ARNC), o diâmetro relativo do olho (DRO) e a área relativa da nadadeira anal (ARNA) (figura 3). Comparada com *Astyanax altiparanae*, *Hoplias* cf. *malabaricus* é caracterizada por apresentar corpo fusiforme e cilíndrico, com nadadeiras caudal e dorsal com grande área, cabeças relativamente grandes e pedúnculo caudal alto, indicando uma maior capacidade de propulsão, arranques e estabilidade durante a natação.

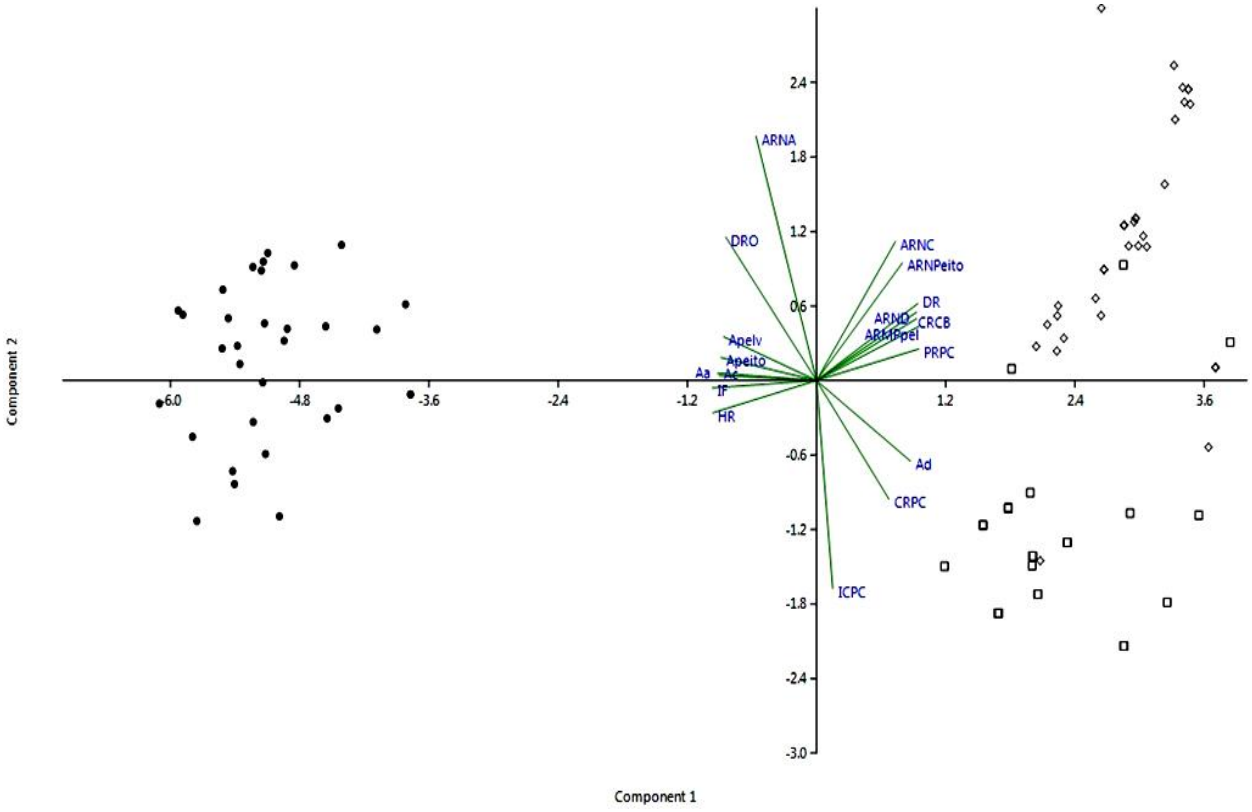


Figura 3. Análise de componentes principais entre *Hoplias* cf. *malabaricus* (quadrados) e suas principais presas, *Atyanax altiparanae* (círculos) e *Hoplias* cf. *malabaricus* imaturos (losangos).

Semelhante às análises anteriores, a análise de componentes principais entre *Acestrorhynchus lacustris* e sua principal presa, (*A. altiparanae*) os atributos que mais contribuiram para caracterizar as espécies estão relacionados com a forma do corpo, forma do pedúnculo caudal. Também contribuíram os tamanhos da cabeça e do olho e as áreas relativas das nadadeiras peitorais e pélvicas. O primeiro eixo explicou 42,63% da variância com as maiores cargas observadas nos atributos: índice de compressão (IF), altura relativa (HR), índice de compressão do pedúnculo caudal e diâmetro relativo do olho (DRO) com as maiores cargas positivas. As maiores cargas negativas foram observadas na razão de profundidade (DR),

comprimento relativo da cabeça (CRCB) e área relativa da nadadeira pélvica (ARNP2). O segundo eixo explicou 12,524% da variância (Tabela 9) e os atributos que ais contribuíram positivamente nesse eixo foram a altura relativa do pedúnculo caudal (PRPC), a área relativa da nadadeira peitoral (ARNP1) e a área relativa da nadadeira dolsal (ARND) (figura 4). *A. lacustris* apresenta corpo fusiforme e pedúnculo caudal mais fino e alongado, olhos relativamente grandes, as nadadeiras dorsal e pares proporcionalmente menores, indicando maior facilidade de deslocamento e capacidade de arrancadas, diferentemente a *A. altiparane* cujas características indicam maior capacidade de manobras (guinadas).

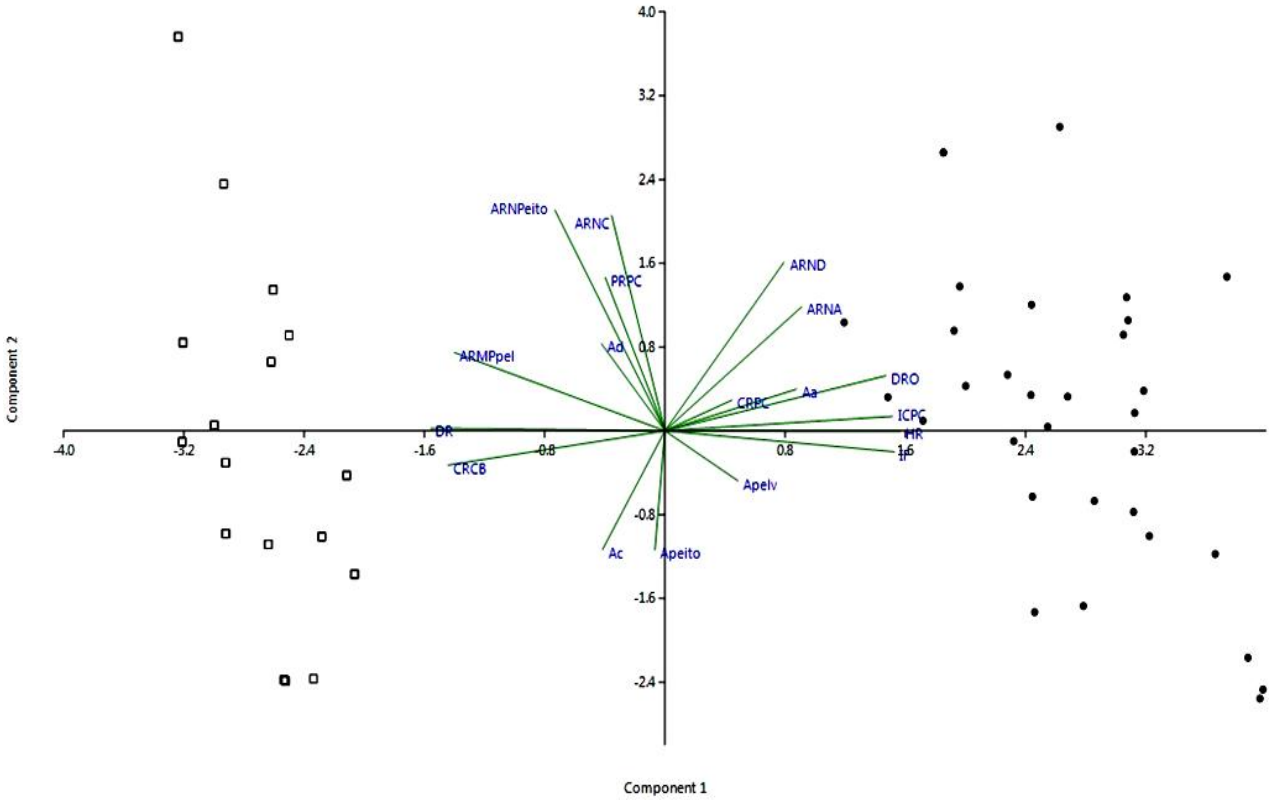


Figura 4. Análise de componentes principais entre *Acestrorhynchus lacutris* (quadrados) e sua principal presa, *Astyanax altiparanae* (círculos).

4.3.2 Especies predadoras

Na análise entre as espécies predadoras (*S. hilarii*, *H.* cf. *malabaricus* e *A. lacustris*) foram comparados os 22 atributos morfológicos. O primeiro eixo explicou 49,021% de variância, tendo como os atributos que mais comtribuiram com as maiores cargas negativas o índice de compressão (IF), a razões do aspecto da nadadeira caudal (Ac), peitoral (Ap1) e pélvica (Ap2). As maiores cargas positivas foram observadas na altura relativa do pedúnculo caudal (PRPC) e área relativa da nadadeira dorsal (ARND). O segundo eixo explicou 22,872% da variância totalizando 72,082% de variância acuulada (Tabela 10). Neste eixo as maiores cargas negativas observadas foram a altura relativa (HR) e o comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC) e as maiores cargas positivas foram a razão de profundidade (DR), o comprimento relativo da mandíbula (CRM), o diâmetro relativo do olho (DRO) e o tipo de dentição (Figura 5). *S. hilarii* e *A. lacutris* foram caracterizados como espécies com corpos mais altos, nadadeiras caudais, peitorais, pélvicas e dorsais com menores áreas, pedúnculos caudais mais alongados e baixos em relação a *H.* cf. *malabaricus*, indicando que são espécies adaptadas a capturar suas presas na coluna d'água. As características de *H.* cf. *malabaricus* com corpos mais fusiformes, pedúnculos caudais mais altos e nadadeiras com maiores áreas indicam maior capacidade de propulsão, capacidade de manobras, arrancadas e estabilidade durante a natação. *Hoplias* cf. *malabaricus* e *A. lacustris* apresentaram a dentição do tipo caniniformes e com maiores comprimento de mandíbulas, indicando que essas espécies podem capturar presas proporcionalmente maiores.

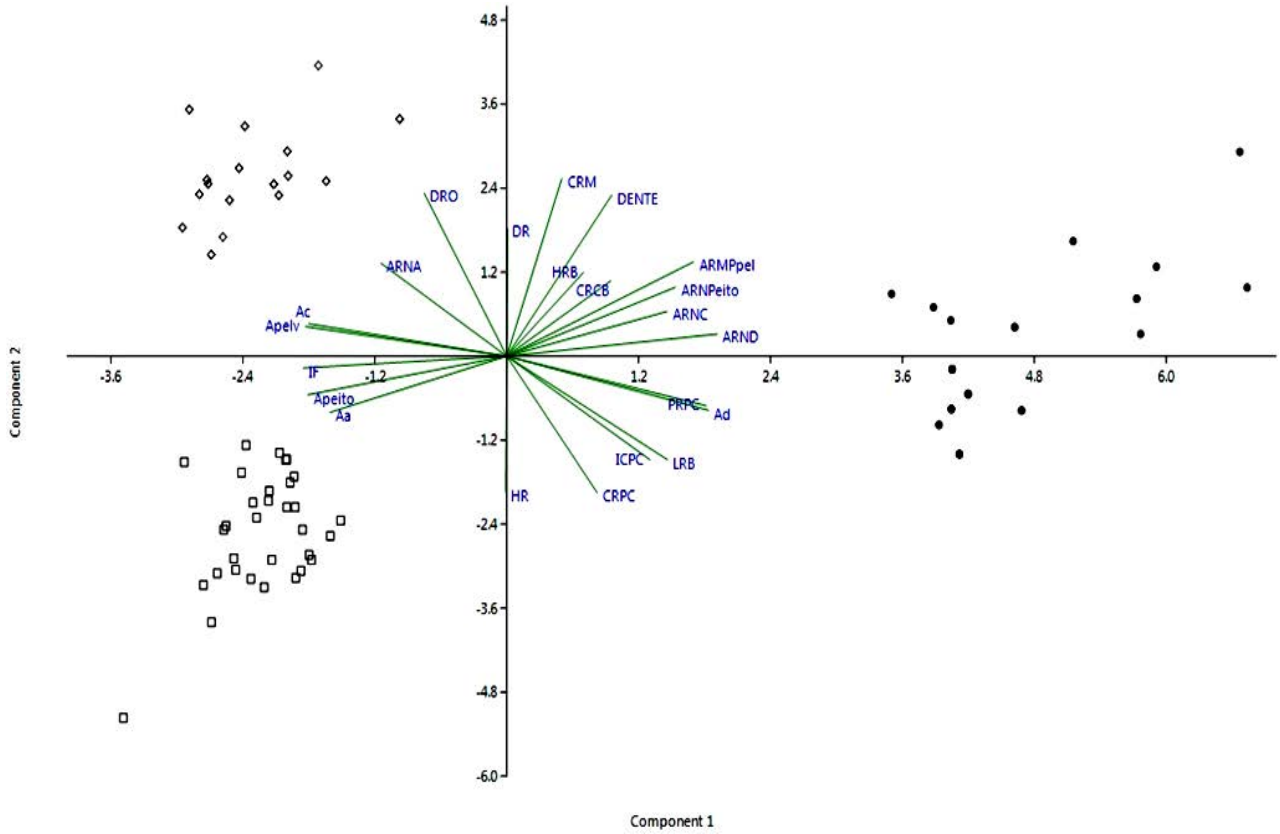


Figura 5. Análise de componentes principais entre as espécies predadoras: *Salminus hilarii* (quadrados), *Hoplias* cf. *malabaricus* (círculos) e *Acestrorhynchus lacustris* (losangos).

4.3.3 Espécies presas

Na análise de componentes principais, considerando somente as espécies presas (*A.* aff. *fasciatus*, *A. altiparanae* e *H.* cf. *malabaricus* imaturos) o primeiro eixo explicou 71,419% da variância, tendo como os atributos com as maiores cargas positivas, a razão de profundidade (DR), a altura relativa do pedúnculo caudal (PRPC), área relativa da nadadeira caudal (ARNC), o comprimento relativo da cabeça (CRCB), a razão do aspecto da nadadeira anal (Aa) e a área relativa da nadadeira dorsal (ARND). As maiores cargas negativas foram observadas no índice de compressão (IF) e altura relativa (HR), razão do aspecto da nadadeira caudal e anal e diâmetro relativo do olho (DRO). O segundo eixo explicou 7,0034% da variância, somando 78,4224% de variância acumulada (Tabela 11). Nesse eixo os atributos que apresentaram as maiores cargas foram o comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC) com a maior carga negativa e o índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC) com a maior carga positiva (Figura 6). Como já descrito anteriormente, as espécies de *Astyanax* apresentam corpos mais altos e achatados

lateralmente, com olhos proporcionalmente maiores, nadadeiras com menor área e pedúnculos caudais mais curtos e finos indicando que são espécies típicas de meia água e com maior capacidade de guinadas laterais em relação a seus predadores. Por outro lado *Hoplias* cf. *malabaricus* é caracterizada por apresentar características que indiquem maior capacidade de propulsão (arranques) manobras e estabilidade durante a natação, devido a seu corpo fusiforme e cilíndrico, nadadeiras com grande área e pedúnculo caudal alto.

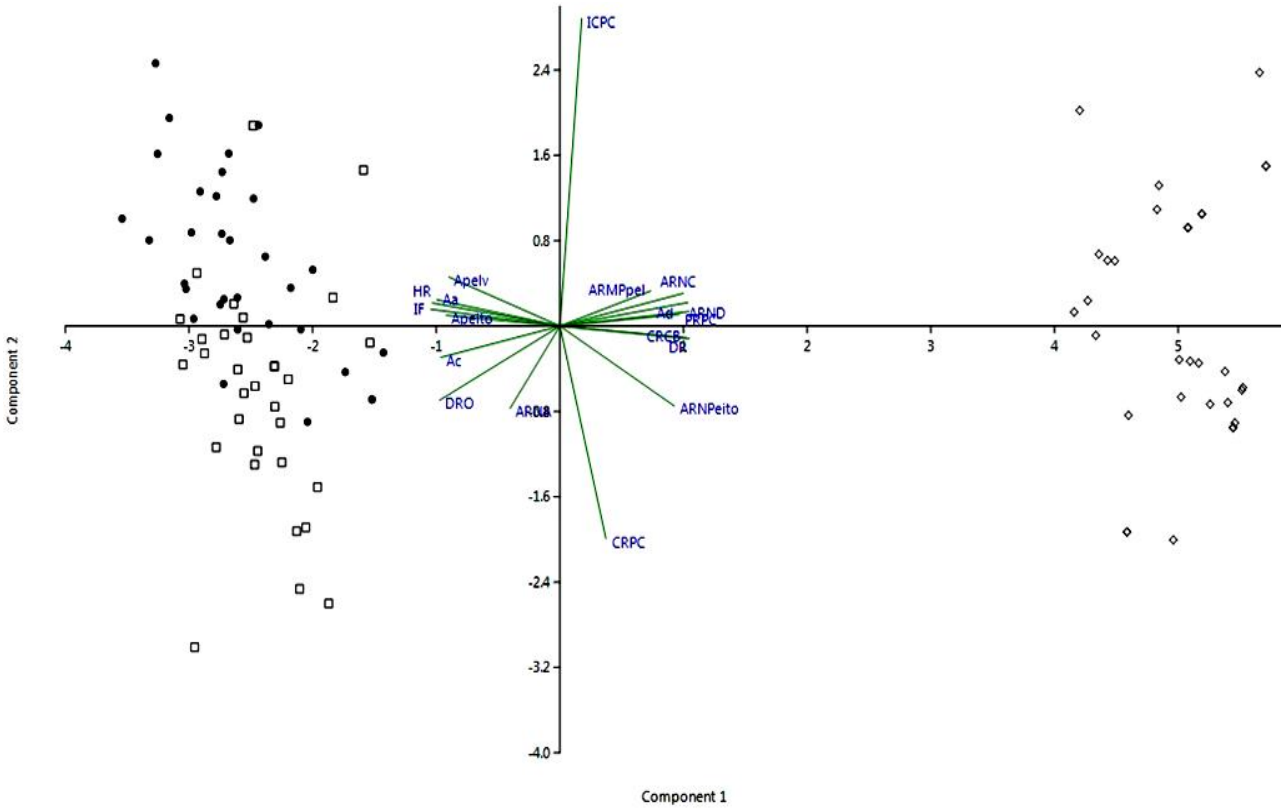


Figura 6. Análise de componentes principais entre as espécies presas: *Astyanax* aff. *fasciatus* (quadrados), *Astyanax altiparanae* (círculos) e *Hoplias* cf. *malabaricus* imaturos (losangos).

5. DISCUSSÃO

5.1. Coleta

Os indivíduos foram capturados tanto por meio de redes de espera, juntamente com método de pesca ativa, com o uso de iscas artificiais. Este método foi uma complementação na captura onde não foi possível o uso das redes. A escolha das iscas artificiais foi adotada para não mascarar os conteúdos estomacais. As iscas usadas foram do tipo colher e "plugs" (iscas plásticas que imitam pequenos peixes) com destaque para cores prateadas e brilhantes. Sobre isso Zavala-Camin (1996) comenta que as artes de pesca que utilizam iscas apresentam o problema de que as iscas passam a formar parte do conteúdo estomacal. Quando usamos iscas diferentes das encontradas no meio torna-se mais fácil distingui-las do conteúdo original.

Acredita-se que, quando se utilizam métodos de pesca com iscas, os peixes venham a estar com os estômagos vazios, diminuindo as possibilidades de captura de indivíduos com conteúdo estomacal. Mesmo com esse método de pesca, foi capturado um número considerável de indivíduos com conteúdo, contrariando as ideias de Esteves & Pinto Lobo (2001), Barbieri *et al*., (1982) e Winemiller (1989), que citam que é comum o número baixo de estômagos com alimento em peixes piscívoros.

Para tentar minimizar o problema de estômagos vazios, as coletas foram concentradas nos horários em que se acredita serem os de maior atividade alimentar das espécies escolhidas. Potencialmente, um dos mais importantes sentidos em *S. hilarii* é a visão, evidenciada pela sua atividade diurna e caçadora mais ativa em condições de águas limpas e claras (VILLARES JR, 2009), enquanto *A. lacustris* tenda a ter maior atividade durante o dia (HAHN *et al*., 1997), concentrando, porém, a atividade alimentar no período crepuscular (BARTHEM, 1987). Sendo assim, os esforços de pesca dessas duas espécies vêm sendo realizados durante o período de claro até o crepuscular. Os esforços de pesca de *Hoplias* cf. *malabaricus* foram realizados principalmente durante os períodos crepusculares e noturnos, tanto no amanhecer como escurecer. Na área de planície de inundação do alto rio Paraná, *Holias* cf. *malabaricus* apresenta maior intensidade na tomada de alimento do período vespertino-noturno para a noite. De um modo geral os Characiformes apresentam atividade alimentar diurna e crepuscular, enquanto que poucos, junto com os Siluriformes estendem seu forrageamento até o período noturno (LOWE-McCONNELL, 1999).

5.2. Índice de Importância Alimentar

Excluindo os itens indeterminados, foi possível observar que os três predadores continuaram a ingerir suas presas inteiras e na sua maioria pela cabeça.

Embora a maioria dos indivíduos coletados apresentassem estômagos com conteúdo, uma grande porcentagem destes apresentaram itens alimentares com alto grau de digestão, tornando impossível a sua identificação mais detalhada. A alta frequência do item peixe indeterminado em peixes piscívoros já é esperado e com o aumento da temperatura da água torna-se mais acentuado (JOBLING, 1993).

Como o trabalho está focado especificamente em peixes adultos, como era de se esperar, as dietas das espécies escolhidas foram exclusivamente compostas por peixes (LOWE-McCONNELL, 1999). Nas três espécies foi notada maior importância de *Astyanax* spp. em suas dietas. As espécies de *Astyanax* spp. são consideradas grupos de grande abundância em rios, onívoras, muito ativas e vivendo em uma grande diversidade de ambientes (BRITSKI *et al*., 1988; 1999). Encontrados em rios, lagoas e canais, são ágeis nadadores, servindo de alimento para muitas espécies predadoras (SMITH, 2003).

Na área de planície de inundação do alto rio Paraná, observou-se que a espécie mais predada foi *Astyanax bimaculatus* (*A. altiparanae*), juntamente com diversos outros Characiformes de tamanho pequeno (ALMEIDA *et al*., 1997; HAHN *et al*., 1997; LUZ-AGOSTINHO *et al*., 2008). O mesmo foi observado no Pantanal, da qual se acredita que a grande frequência de caracídeos em estômagos de espécies predadoras seja resultado da alta diversidade e abundância de representantes dessa família na região (CARVALHO *et al*., 2002).

Wooton (1990) enfatiza que a análise dos conteúdos estomacais pode refletir a disponibilidade de alimento, sendo assim bons indicadores do ambiente. O sucesso de espécies de pequeno porte, particularmente do gênero *Astyanax*, como nos reservatórios da bacia do rio Paraná, tem sido atribuído à estratégia reprodutiva, como a produção de ovos pequenos, elevada fecundidade, embriogênese curta e curto período de eclosão das larvas, além de uma elevada flexibilidade alimentar (AGOSTINHO *et al*., 1999).

Villares Junior (2006) observou para *S. hilarii* itens alimentares semelhantes no mesmo trecho da bacia do rio Sorocaba, com destaque para *Astyanax* aff. f*asciatus*. O autor relata duas hipóteses principais para maior importância desse item na dieta: por esta espécie ocupar mais a parte central do leito do rio, tornando-se mais susceptível à predação, e sua grande abundância na

bacia, além disso, Smith (2003) destaca *Astyanax* aff. *fasciatus* como a espécie principal nessa bacia por sua grande abundância.

A espécie *H.* cf. *malabaricus* apresentou a maior diversidade de itens alimentares além do único caso de canibalismo entre as três espécies predadoras analisadas. Casos de canibalismo em *H.* cf. *malabaricus* também foram encontrados por Almeida *et al*. (1997); Hahn *et al*. (1997) e Luz-Agostinho *et al*. (2008) na área de planície de inundação do alto rio Paraná. A maior diversidade de itens alimentares encontrada em *H.* cf. *malabaricu*s pode ser devida ao fato dessa espécie ter sido capturada em uma maior diversidade de ambientes como áreas marginais do próprio rio Sorocaba (praias, remansos, saídas de córregos e lagoas, trechos com vegetação aquática), diferentemente das outras duas espécies, que foram capturadas em ambientes mais específicos, *S. hilarii* (corredeiras) e *A. lacustris* em remansos do rio. Em peixes neotropicais essa plasticidade trófica é comum em muitas espécies (LOWE-McCONNELL, 1999; ABELHA, 2001), mas algumas restrições morfológicas como o tamanho da boca condicionem a amplitude do que pode ser ou não consumido pela espécie, pois a capacidade de explorar os diferentes recursos depende da adequação a sua tática alimentar, aparato alimentar e capacidade digestiva (GERKING, 1994; WOOTTON, 1990).

Em diversos trabalhos focando a dieta de *A. lacustris* foi observado alta incidência de ingestão de *Astyanax* spp., juntamente com outros pequenos Characiformes comuns em ambientes lênticos como *Steindachnerina insculpta* e *Moenkhausia intermédia* (ALMEIDA *et al*., 1997; HAHN *et al*., 1997; HAHN *et al*., 2000); *Leporinus* spp. (LUZ-AGOSTINHO *et al*., 2008); *Hyphessobrycon eques* e *Serrapinnus* sp. (SILVA & GOITEIN, 2009). Em reservatórios como em Nova Avanhandava, SP, *H*. cf. *malabaricus* e *A. lacustris* tem suas alimentações composta por peixes de camarões (VIDOTTO-MAGNONI & CARVALHO, 2009).

Hahn *et al*., (1997) observou que *H.* cf. *malabaricu*s e *A. lacustris* mostram maior intensidade alimentar em ambientes lênticos, fazendo melhor uso dos recursos que esse ambiente oferece, enquanto que para *Salminus maxilosus* (*S. brasiliensis*) a tomada de alimento é mais intensa nos rios, locais onde também são mais capturados, caso este semelhante ao de *S. hilarii*.

Segundo Almeida *et al*. (1997) espécies de peixes piscívoros da bacia do rio Paraná incluem uma grande variedade de presas em suas dietas, apresentando assim um largo espectro alimentar, o que possibilita uma acirrada competição interespecífica.

Embora os peixes predadores utilizem um amplo espectro de presas, poucas predominam na dieta (POPOVA, 1978), sendo o consumo elevado de determinadas presas estão associados principalmente às suas abundâncias no ambiente (FLOETER & TEMMING 2003; NOVAKOWSKI *et al*., 2007). Embora vários fatores como tamanho e tipo da presa, local de refugio e atividade dos predadores e presas influenciem a tomada de alimento, a disponibilidade tem sido considerada como fator primordial na dieta dos peixes (KAHILAINEM & LEHTONEM, 2003).

A partilha de recursos entre espécies é considerada como um dos processos responsáveis pela estruturação de comunidades e, em vertebrados, segregação ocorre principalmente ao longo dos eixos alimento e espaço (SCHOENER, 1974). Ross (1986) acredita que em peixes, o alimento é o principal motivo de partilha de nicho, constituindo um fator importante para a organização das populações desses organismos.

Quando a relação predador-presa é estável, as espécies envolvidas se controlam mutuamente. A extinção de uma presa pode resultar em extinção também do predador (CARNEIRO, 2003).

Espécies simpátricas com poucas diferenças anatômicas apresentam forte potencial competitivo (WOOTON, 1990), sendo esperadas variações ecológicas como utilização distinta de habitats e/ou partilha de recursos para coexistirem em um determinado local (HERDER & FREYHOF, 2006), mas quando os recursos alimentares são suficientes para manter duas ou mais populações pode haver sobreposição, total ou parcial, do nicho, sendo possível manter essa situação sem prejuízo para ambas (BRAZIL-SOUSA *et al*., 2009). Por outro lado quando o recurso é escasso, há uma tendência de modificação na dieta dos peixes, procurando recursos alimentares alternativos (ANDRIAN *et al*., 1994; LOUREIRO & HAHN, 1996).

Uma diferenciação na dieta pode ser o resultado de exposições de diferentes disponibilidades de recursos alimentares e consequência de segregação espacial (BRAZIL-SOUSA *et al*., 2009). A ocupação de diferentes hábitats representa uma exposição a condições diferentes de disponibilidade de recursos, determinando os itens a serem consumidos pelas espécies. Nesse sentido, Owen & Karr (1978) sugerem que a especialização de hábitats é um fator essencial para a estrutura de comunidades de peixes de riachos, enquanto que a especialização alimentar dependeria da disponibilidade de recursos. O conhecimento da distribuição espacial é importante para verificar como os diferentes habitats são explorados pelos

peixes, auxiliando a compreensão da partilha de recursos do ambiente (ESTEVES & ARANHA, 1999). A distribuição diferenciada ao longo de perfis transversais também tem sido frequentemente verificada, com muitas espécies demonstrando preferência por áreas protegidas na região marginal, com vegetação abundante, rica em larvas de insetos, algas e pequenos crustáceos (COSTA, 1987; TEIXEIRA, 1989).

5.3 Morfologia

A ordem Characiformes compreende muitas famílias com os mais diversos hábitos alimentares, podendo ser carnívoros, herbívoros, iliófagos e onívoros. O estudo da anatomia funcional relacionada à natação e alimentação desses peixes pode trazer informações básicas sobre a ocupação de nichos ecológicos e suas adaptações para tal ocupação (CARNEIRO, 2003).

5.3.1 Razão do Aspecto e Área Relativa da Nadadeira Caudal

Muitos peixes nadam contra a água pela eficiência de ondulações da parte posterior do corpo e suas nadadeiras, existindo uma íntima relação entre o consumo de alimento dos peixes e o seu modo de natação, evidenciando seu nível metabólico (LINDSEY, 1978).

As nadadeiras dos peixes são usadas para estabilidade, propulsão, frengens e na direção de sentido (ALEEV, 1969 BREDA *et al*., 2005; VIDELER, 1993). Suas estruturas podem permitir uma súbita interação com a água através da troca de forças desta com os peixes, revelando uma forte adaptação para este meio (BREDA *et al*., 2005; JOBLING, 1995; VIDELER, 1993). Isso é geralmente uma adaptação necessariamente determinada pelo tipo de natação requerida para otimizar a sobrevivência e capacidade em explorar diversos nichos (BREDA *et al*, 2005; VIDELER, 1993).

As nadadeiras caudais podem apresentar uma grande variedade de formas, tamanhos e tipos, refletindo as características evolutivas do peixe. Com base na sua forma pode-se catalogar, até certo ponto, os hábitos de natação das espécies. Dessa forma, peixes que apresentem nadadeiras caudais do tipo lunada e pedúnculos caudais estreitos, geralmente estão entre os mais velozes e apresentam movimento contínuo. Peixes que apresentam nadadeira caudal tipo furcada (*S. hilarii* e *A. lacustris*) estão em constante movimento e esta possibilita um arranque regular e uma manutenção da velocidade. Espécies com nadadeira romboidal (*H.* cf. *malabaricus*),

truncada ou emarginada podem apresentar arrancadas mais fortes, mas não conseguem manter grandes velocidades de natação (BOND, 1979).

O aumento da especialização das nadadeiras comparando o tipo de locomoção (ondulação e locomoção caudal) sugere uma das principais conquistas evolutivas entre os teleósteos (BREDA *et al.*, 2005). Em teleósteos mais antigos como Salmoniformes, Siluriformes, Characiformes, além da propulsão, a nadadeira caudal pode promover arfagens ascendentes e descendentes da parte posterior do corpo por natação voluntária de cada lado do lobo. O movimento ascendente é observado quando o lobo superior se move mais rapidamente e vice versa (GOSLINE, 1971).

Vários autores apontam haver uma forte correlação entre a razão do aspecto da nadadeira caudal e o modo de vida dos peixes. Altos valores da razão do aspecto da nadadeira caudal são comuns em peixes que desenvolvem altas velocidades, já peixes que possuem baixa atividade se valem de fortes arrancadas, apresentam baixos valores desta variável e não conseguem manter um nível elevado de velocidade (ALEXANDER, 1967; PAULY, 1989; GATZ JR, 1979a; ALEEV, 1969; SAMBILAY, 1990; WEBB, 1986; VIDELER, 1993).

Os extremos da razão do aspecto da nadadeira caudal são observados em peixes com nadadeiras caudais lunadas, apresentando altos valores para esse índice e nadam contínua e velozmente. A eficiência deve-se ao fato de as bordas superior e inferior da nadadeira permanecerem fora da zona de turbulência, minimizando a resistência da água sobre a nadadeira. Para esses organismos, a nadadeira caudal é o principal órgão de propulsão, permitindo maior desempenho em regiões abertas (ALEXANDER, 1967). O outro caso é o de peixes com caudais pouco bifurcadas ou arredondadas apresentando baixos valores desse índice. Geralmente não são bons nadadores para natação contínua à alta velocidade. Peixes que apresentam essa característica exibem melhor desempenho em locais heterogêneos espacialmente e juntamente com nadadeiras flexíveis, permite ajustes finos de posição (GOSLINE, 1971). Peixes que ocupam diferentes ambientes possuem diferentes estratégias para sobreviver nos respectivos ambientes particulares, podendo ter diferentes modos de movimento e diferentes modos de natação (FISHER & HOGAN, 2007).

A relação entre a razão aspecto da nadadeira caudal e a velocidade/aceleração do peixe se deve basicamente aos dois fenômenos da resistência de deslocamento do peixe. Assim quando o peixe se desloca na coluna d'água sua região anterior gera certa turbulência na água, sendo que

peixes que apresentem altos valores da razão do aspecto da nadadeira caudal, e que possuem menor capacidade de arranque, devido a pouca área superficial de sua nadadeira caudal em relação à sua altura, sofrem menos os efeitos desta turbulência, justamente por terem área superficial menor nesta nadadeira, tendo assim, menor interferência em suas velocidades finais. Já em peixes com valores baixos dessa variável apresentam maior área superficial nesta nadadeira, possibilitando maior arranque, porem sofrendo maior refreamento e sua velocidade, em função da turbulência referida acima, que diminui sua velocidade final (CARNEIRO, 2003). Com área da nadadeira caudal relativamente mais baixa, é possível para o peixe manter uma frequência de batidas maior, possibilitando maior velocidade (CARNEIRO, 2003).

Dentro do contexto de análise de anatomia funcional podemos considerar atributos relacionados à natação. O desempenho de natação afeta vários aspectos da ecologia dos peixes tendo as velocidades de natação permanente ou máximas diretamente relacionadas com a captura de presas, fuga de predadores e na reprodução (VIDELER, 1993), definindo a adaptação para o ambiente. Consequentemente o desempenho de natação tem sido por longo tempo um tópico de considerável interesse para ecólogos (FISHER & HOGAN, 2007).

No que se refere às táticas de predação, atitudes como velocidade de aproximação e/ou acelerações rápidas de predadores em direção a presas, tem como objetivo, segundo Webb (1986), minimizar a duração do tempo de interação entre ambos, diminuindo o tempo de reação, e consequentemente, as chances de escape da presa. Para este evento o peixe pode valer-se de um ou dois recursos ou, um meio termo entre os dois, dependendo se suas características motoras.

Nos casos envolvendo *S. hilarii* e *A. lacutris* com suas respectivas presas (*Astyanax* spp.), a razão do aspecto e a forma da nadadeira (furcada) indicam que todos são peixes que ocupam a coluna d'água, ou seja, tanto os predadores quanto as presas apresentem modos de vida semelhantes, aumentando as chances de encontro entre o predador e as presas. O mesmo argumento pode ser dito para o caso de canibalismo em *H.* cf. *malabaricus*. Os baixos valores da razão aspecto da nadadeira caudal e com formato romboidal também indicam hábitos de vida semelhantes, levando à ideia de que uma característica semelhante pode ajudar o predador encontrar e capturar sua presa. Keast & Webb (1966) relatam haver correlações entre as formas das nadadeiras e a forma do corpo com as habilidades locomotoras assim como a utilização de microhabitats.

As espécies que apresentam nadadeiras caudais tipo furcada podem apresentar melhores condições de manter uma boa velocidade e com menor gasto de energia. Peixes com esse tipo de nadadeira geralmente estão em constante movimento, além de possibilitar um arranque regular e uma boa manutenção da velocidade (BOND, 1979; CARNEIRO, 2005).

Especificamente para *Astyanax* spp., a característica comportamental de nadadoras ativas e que ocupam a meia água (CASATTI & CASTRO, 2006; FERREIRA, 2007), junto com outras características de sua biologia e/ou ecologia, como abundância no sistema hídrico estudado, torna as espécies de *Astyanax* altamente susceptível à predação dos mais diversos tipos de peixes predadores.

Confrontando os valores da razão do aspecto e as formas das nadadeiras caudais em relação ao tipo de alimento ingerido pelos peixes, podem indicar para uma mesma categoria alimentar, diferenças na forma de captura do alimento ou na estratégia de fuga de possíveis predadores (CARNEIRO, 2003). As diferenças encontradas entre as características da nadadeira caudal de *H.*cf. *malabaricus* em relação a *S. hilarii* e *A. lacustris* dão um bom indicativo de que há diferenças nas táticas empregadas para a captura de presas. Segundo Carneiro (2003) sendo que o primeiro preda de tocaia, a espreita, valendo-se desta característica para, com um forte arranque para surpreender sua presa, mas apresentam certa redução na eficiência do tipo do órgão locomotor, quando a questão é manutenção de velocidade. As demais espécies podem caçar ativamente na coluna d'água, desenvolvendo boa velocidade e aproximando-se rapidamente de suas presas, com um arranque final na captura.

Peixes com nadadeiras caudais largas apresentam certa redução na eficiência quando a questão é manutenção de velocidade (CARNEIRO, 2003). Peixes com essa característica, isto é, com maior área, indica que os peixes produzem partidas rápidas (arranques) e tendem a apresentar hábitos mais bentônicos (ALEEV, 1969 SAMBILAY, 1990; SMITH, 2003; WEBB, 1986) e com maior capacidade de realizar manobras (JOBLING, 1995; VIDELER, 1993).

Durante as coletas foi possível observar o comportamento de caça de vários indivíduos de predadores. Independentemente do seu comportamento natatório, as três espécies apresentaram um padrão semelhante de captura. A tática de captura empregada pelas três espécies consistiu basicamente de uma aproximação e uma investida final (ataque) com uma forte arrancada quando próximo da presa. Embora esse padrão tenha sido seja semelhante, foram observadas diferenças nas distâncias de investidas finais entre o predador e a presa. Proporcionalmente a

espécie que apresentou a maior distância de investida foi *A. lacutris* (CP ~ 15 cm) com uma média de um metro de distância entre a aproximação e ataque. As menores distâncias de ataques foram observadas em *H.* cf. *malabaricus*, cujo comportamento consistia de uma lenta aproximação com intervalos de paradas e uma investida final curta e rápida, nunca maiores que meio metro, mesmo em indivíduos de maiores tamanhos (CP ~ 60 cm). *S. hilarii* ficou com valores intermediários de ataque, variando entre meio metro e um metro e meio de distância. Embora com tamanhos intermediários (CP ~ 30 cm) a maior variação entre as distancia de ataque em *S. hilarii* pode estar relacionada à dificuldade imposta pelo ambiente, como por exemplo, locais de maiores ou menores intensidades de correnteza, fato que não tem influência para as outras espécies, por se tratarem de espécies de ambientes lênticos. Em ambientes lóticos, as corredeiras são caracterizadas pelas fortes correntes, águas turbulentas com alta taxa de trocas gasosas, sendo que o maior problema para um organismo explorar esse ambiente é a manutenção na coluna d´água (CASATTI & CASTRO, 2006). O grande potencial de alimentação disponível às espécies está relacionado às características físicas do ambiente e o sucesso para se alimentar de determinados itens depende entre outros fatores, de sua habilidade para encontrar, ingerir e digerir tais itens (WOOTTON, 1992).

Webb (1986) discute que a velocidade absoluta alta nem sempre é fundamental no que se refere às táticas de predação. Atitudes como velocidade de aproximação e/ou acelerações rápidas de predadores em direção a presas tem como objetivo minimizar a duração de tempo de interação entre ambos, diminuindo o tempo de reação e as chances de escape da presa. Carneiro (2003) discute que a velocidade máxima ou de arranque é vital para espécies predadoras na captura de alimento e para desovas de peixes que realizam a piracema.

O autor comparou a tática de predação apresentada por três peixes piscívoros (*Salmo gairdneri*, *Micropterus dolomieui* e *Amploides rupestris*) com as táticas apresentadas por *Esox sp*., tendo estes predadores formas de corpo, capacidade motoras de aceleração e nado continuo diferentes. Eram esperadas táticas diferentes a da encontrada em *Esox* sp., mas a tática era a mesma. Mesmo com morfologia e habilidades diferentes, predadores parecem ter a mesma forma no que se refere à interação propriamente dita com suas presas, podendo variar seu comportamento antes do contato (CARNEIRO, 2003).

Peixes predadores podem, após detectar suas presas, golpeá-las usando duas propriedades de seu órgão locomotor: a taxa de aceleração e a velocidade de natação. O comportamento e

tática de predação desenvolvida por estas espécies podem estar diretamente relacionadas a estas duas características (WEBB, 1986). Em uma investida rápida, a amplitude de movimentos de propulsão é maior na região posterior do corpo. Para um melhor desempenho de arranque, o corpo tem de ser flexível com uma altura relativa e comprimento do pedúnculo caudal com valores intermediários e, auxiliada por uma ampla área de nadadeira caudal (JOBLING, 1995).

Segundo Carneiro (2003) vale resaltar que, não só a razão aspecto da nadadeira caudal possibilita compreender o modo de natação, o potencial de natação, procura por alimento e de fuga de predadores, tendo de serem considerados outros dados morfológicos das espécies estudadas.

5.3.2 Índice de Compressão, Altura relativa e Razão de Profundidade

Pauly (1989) afirma que a razão aspecto da nadadeira caudal pode estar intimamente relacionado à taxa de consumo de alimento em peixes evidenciando seu nível metabólico. Além disso, o autor propõe um modelo baseado na hipótese de que a forma do corpo do peixe, e especialmente a da sua nadadeira caudal, relaciona-se ao consumo de alimento, partindo da ideia de que a morfologia do peixe também pode refletir o seu nível metabólico.

Partindo dessa ideia, Catella & Petrere Jr. (1998) acreditam que o padrão entre a forma do corpo e os hábitos alimentares são reflexos de todas as variedades de características possíveis dos fatores físicos e químicos do ambiente. Muitos ambientes aquáticos possuem hábitats com velocidades de água variada, com isso várias espécies de peixes são conhecidas em apresentar morfologias distintas entre ambientes lóticos e lênticos (LANGERHANS *et al*., 2003).

A forma do corpo dos peixes pode ser interpretada como resultado de adaptações evolutivas às pressões ambientais. Dessa forma a resistência que a água exerce sobre o corpo deve ser conhecida devido à alta correlação que apresenta com aspectos hidrodinâmicos (MATTHEWS, 1998), sendo uma importante característica na evolução dos peixes devido à influência na eficiência de locomoção em diferentes ambientes, particularmente no comportamento de forrageamento e evasão de predadores (NEVES & MONTEIRO, 2003). Os atributos relacionados com a forma do corpo dos peixes como o indice de compressão, a altura relativa e a razao de profundidade são medidas hidrodinâmicas relacionadas com o movimento dos peixes na coluna d´água (CARNEIRO, 2003).

Na comparação entre os predadores e suas respectivas presas usando essas características relacionadas à forma do corpo, serviu para caracterizar as espécies com corpos mais fusiformes (predadores) das espécies presas com corpos mais altos e comprimidos lateralmente (*Astyanax* spp).

Na comparação entre os predadores os atributos morfológicos (índice de compressão, a altura relativa e a razao de profundidade) indicaram diferenças entre a espécie com o corpo de sessão transversal mais circular, *H.* cf. *malabaricus* das espécies com corpo mais lateralmente comprimidos *S. hilarii* e *A. lacutris*.

A forma fusiforme é característica por apresentar secção transversal oval, altura máxima do corpo localizada aproximadamente um terço anterior ao seu comprimento total e pedúnculo caudal relativamente fino e alongado (LAGLER *et al*., 1977). Essa é a forma mais comum em peixes de natação periódica e sustentada (KEAST & WEEB, 1966) com maior eficiência natatória, observado em *S. hilarii* e *A. lacutris*.

O índice de compressão está relacionado com a velocidade da água no habitat onde o peixe vive. Baixos valores deste índice estão relacionados a peixes que nadam em águas com correnteza mais forte (GATZ JR., 1979a), reforçando o conceito de corpo fusiforme citado anteriormente. Esta análise favorece peixes com corpos mais fusiforme ou próximo deste, onde a turbulência da água, provocada pelo seu nado, afeta menos sua região posterior convergindo com as características de espécies predadoras. De uma forma geral, Aleev (1969) comenta que valores ideais de altura de corpo para bons nadadores estão na faixa entre 12 a 30% do comprimento padrão. Baseando-se nisso pode-se dizer que as espécies predadoras analisadas neste trabalho enquadram-se perfeitamente dentro dessa categoria de bons nadadores.

Carneiro (2003) encontrou melhores desempenhos hidrodinâmicos, segundo o índice de compressão, em *H.* cf. *malabaricus*, *Leporinus obtusidens* e *S. maxillosus* (*S. brasiliensis*) com os menores valores do índice, mas o autor faz uma resalva com relação a este índice. Os resultados obtidos para *H.* cf. *malabaricus*, ao contrario do esperado, apresentou a melhor capacidade hidrodinâmica, o que não é verdade, reforçando a ideia de que em uma análise morfo-funcional relacionada a aspectos da natação deve tratar diversas variáveis conjuntamente. Como neste trabalho foram escolhidas espécies com relação filogenética de parentesco próximo, esta característica pode estar relacionada a um caráter plesiomórfico desta espécie com as demais espécies predadoras da ordem Characiformes.

Tanto a altura relativa como a razão de profundidade relacionam o comprimento padrão à maior altura do corpo do peixe. Esses índices indicam características que podem afetar a manutenção da velocidade do peixe. Pequenos valores da razão de profundidade são típicos de peixes que nadam em baixa velocidade e que apresentam corpo truncado (WEBB & WEIHS, 1986), já valores altos indicam que o peixe apresenta profundidade ou altura máxima do corpo baixa, o que pode ocasionar ao peixe maior contato de sua região posterior com o turbilhonamento da água, provocado pelo seu deslocamento (CARNEIRO, 2003). A altura relativa esta relacionada com inversamente com a velocidade de corrente e diretamente com a capacidade de produzir movimentos verticais (ALEEV, 1969; GATZ JR 1979a). Em peixes piscívoros, o corpo tende a ser alongado e suas razões de profundidade apresentam valores próximos (CARNEIRO, 2003). Para Pauly (1989) o valor que mais favorece a manutenção da velocidade em peixes é o intermediário.

Em sua análise comparando diversas espécies de Characiformes, Carneiro (2003) encontrou valores intermediários da razão de profundidade para *Galeocharax knerii*, *Prochilodus lineatus* e *Cyphocharax nagelli* e, os valores mais altos foram encontrados nas espécies piscívoras como *Hoplias malabaricus* e *Salminus maxillosus* (*S. brasiliensis)*.

Por outro lado, peixes com corpos truncados (mais altos) e nadadeiras arredondadas, são consideravelmente nadadores lentos, mas com capacidade de arrancadas rápidas e manobras, mas incapazes de nadar em alta velocidade por um longo período de tempo (WEBB, 1986).

Neste trabalho os maiores valores foram observados em *A. altiparanae* e *A.* aff. *fasciatus.* Com a forma do corpo lateralmente ocorre a perda na eficiência de natação produzida pela compressão do corpo, que pode ser compensada através da eficiência de certos hábitos reservados, como alta capacidade de manobras laterais ou guinadas (LAGLER, 1977), sendo esta, talvez, a principal estratégia para estas presas para se esquivarem do predadores durante um ataque.

Da mesma forma que a razão aspecto da nadadeira caudal, os índices relacionados à forma do corpo também serviram para discriminar as espécies de *Astyanax* de *H.* cf. *malabaricus*, indicando os diferentes hábitos de vida entre as espécies, reforçando o que já foi discutido anteriormente. *H.* cf. *malabaricus* apresenta um comportamento mais sedentário e de caça por espreita e sendo predado com maior intensidade por indivíduos da própria espécie,

justamente por apresentar características semelhantes. Por outro lado, *Astyanax* spp. são peixes de natação continua, ocupando diversas partes da coluna d'água (CASATTI & CASTRO, 2006).

Em uma análise mais restrita, comparando somente as espécies de *Astyanax* envolvidas nesse trabalho, *A. altiparanae* foi a espécie predada por todos os predadores indicando que pode apresentar uma distribuição mais ampla em relação a *A.* aff. *fasciatus*. Comparando a forma do corpo, a espécie *A. altiparanae* apresenta corpo mais alto e truncado em relação a *A.* aff. *fasciatus*. Peixes com corpos mais altos apresentam maior desempenho em habitats onde as manobras são mais importantes, como em locais cheio de obstáculos (BREDA *et al*., 2005). Peixes assim são mais eficientes em arrancadas e manobras em relação a peixes com corpos mais alongados, portanto essa forma poderia apresentar melhor desempenho em ambientes estruturalmente complexos (NEVES & MONTEIRO, 2003), fato este que converge com os locais onde são encontrados os indivíduos de *A. altiparanae*, como as áreas mais próximas às margens do rio. Muitos peixes típicos de lagos, lagoas, remansos fluviais e que vivem em recifes de corais apresentam forma do corpo lateralmente comprimida (LAGLER, 1977), prevalecendo em habitats de águas mais calmas. Já *A.* aff. *fasciatus* é uma espécie encontrada com maior frequência nas áreas mais centrais do leito do rio, convergindo com suas características morfológicas de corpos mais alongados, tornando-a mais susceptível a ser predada por *S. hilarii*. Peixes com corpos mais altos estão relacionados inversamente com a velocidade de corrente e diretamente com a capacidade de produzir movimentos verticais (ALEEV, 1969; GATZ JR, 1979). O corpo fusiforme é teoricamente o ideal para locomoção em alta velocidade, pois a altura máxima na parte anterior, um pedúnculo caudal relativamente fino, somada a uma nadadeira caudal alta amenizam as forças de oposição ao movimento.

5.3.3 Índice de Compressão, Altura e Comprimento Relativos do Pedúnculo Caudal

Webb (1984) classifica os peixes de acordo com o tipo de propulsão, a forma do corpo e a ecologia de forma integrada, sendo possível distinguir espécies especialistas e generalistas quanto às formas de locomoção. A locomoção dos peixes é dependente de duas forças opostas: força de propulsão, gerada principalmente pela contração dos músculos e pela eficácia que é transformada em movimento e a resistência do meio aquático sobre o corpo (GOSLINE, 1971).

O comprimento relativo do pedúnculo caudal está diretamente relacionado com a habilidade de natação (GATZ JR, 1979a). Peixes com boa natação tendem a apresentar pedúnculos caudais mais longos (PAULY, 1989; SMITH, 2003; WEBB, 1984) e habilidade em águas mais turbulentas (GATZ JR, 1979a), assim como pedúnculos caudais mais curtos estão relacionados com hábitos de peixes nadadores mais lentos com pouca mobilidade (SMITH, 2003).

Altos valores da altura relativa indicam pedúnculos caudais mais altos, sendo considerados como menos hidrodinâmicos, de modo que a natação favorece mais o arranque do que o desenvolvimento e manutenção de grandes velocidades (PAULY, 1989; WEBB, 1984). Peixes com essa característica indicam maior massa muscular na região posterior do corpo do peixe, possibilitando fortes arrancadas. Contudo por apresentar esta região com maior massa muscular, ocorre com maior intensidade o efeito de refreamento (fricção) produzido pelo turbilhonamento da água quando o peixe nada (CARNEIRO, 2003). Sobre esse ponto de vista, peixes com altos valores sugerem menor atividade metabólica (WEBB, 1984).

Da mesa forma que nos valores da altura relativa do pedúnculo caudal, o índice de compressão do pedúnculo caudal também indicam características importantes sobre o comportamento dos peixes. Altos valores desse índice indicam pedúnculos comprimidos (achatados lateralmente), dos quais são típicos de peixes nadadores pouco ativos. Um pedúnculo caudal fino promove diminuição das ondas de turbulência causadas pelo deslocamento da parte anterior do corpo e associado a uma nadadeira caudal alta fora da zona de turbulência, permite ao peixe aplicar e manter alta força de propulsão (BREDA *et al*., 2005). Por outro lado, valores muito baixos indicam pedúnculos caudais deprimidos (achatamento dorso ventral) encontrados em espécies de peixes bentônicas (em água doce) ou demersais (no mar). São típicos de peixes que ficam sempre associados ao fundo e, portanto pouco ativos.

O índice de compressão do pedúnculo caudal também segue o mesmo princípio do índice de compressão corporal. Para peixes de natação ativa, os melhores valores são os intermediários, com uma secção circular. Esta variável também é diretamente dependente da altura do pedúnculo caudal do peixe, que é, geralmente, maior em peixes com fortes arrancadas, que apresentam maior massa muscular, relacionada com os movimentos natatórios, concentrada próxima da nadadeira caudal (PAULY, 1989).

Sobre isso, Gatz Jr. (1979a) faz uma relação entre este índice com a amplitude de movimentos de natação, dizendo que o índice de compressão do pedúnculo caudal relaciona-se inversamente com a amplitude de movimentos de natação, valendo o argumento que quanto mais alto é o pedúnculo caudal, maior será a intensidade de efeito de refreamento produzido pelo turbilhonamento da água.

Seguindo a classificação de Webb (1984) o modo de natação mais coerente para as espécies de *S. hilarii* e *A. lacustris* é a com propulsão periódica do corpo e da nadadeira caudal, com a forma do corpo fusiforme e com a propulsão ocorrendo por meio de movimentos cíclicos e contínuos do pedúnculo caudal. Comparados a *H.* cf. *malabaricus*, um pedúnculo caudal mais fino, mais alongado, somado com uma nadadeira caudal com área relativamente menor, possibilita manter uma maior frequência de batidas, possibilitando maior velocidade (CARNEIRO, 2003) com um menor gasto energético. Peixes com pedúnculos caudais estreitos e alongados, somados a corpos fusiformes são adaptações típicas em peixes piscívoros que têm que nadar por longos períodos e usar rápidas investidas (WEBB, 1986). Soma-se a isso o fato de que, em uma investida rápida, a amplitude de movimentos de propulsão é maior na região posterior do corpo. Para um melhor desempenho de arranque, o corpo tem de ser flexível com uma profundidade relativa e comprimento do pedúnculo caudal intermediário e, auxiliada por uma ampla área de nadadeira caudal (JOBLING, 1995).

Por outro lado, os valores do índice de compressão do pedúnculo caudal encontrado em *H.* cf. *malabaricus*, somadas a outros atributos morfológicos da espécie reforçam a condição de apresentar forte aceleração, estando seu habito de caçar por espreita, fortemente relacionado a uma especialização morfológica para tipo de vida que adota. Sobre esse ponto de vista, peixes com altos valores desse índice sugerem menor atividade metabólica (WEBB, 1984).

No caso das espécies de *Astyanax*, os altos valores da altura corporal tiveram forte influência nos valores obtidos na altura relativa do pedúnculo caudal. Embora seus corpos sejam altos, os pedúnculos caudais finos resultam na diminuição das ondas de turbulência causadas pelo deslocamento da parte anterior do corpo, permite ao peixe aplicar e manter a frequência de batidas durante a natação, indicando que são espécies típicas de meia água.

5.3.4 Áreas Relativas e Razão do Aspecto das Nadadeiras Dorsal e Anal

As outras nadadeiras impares (dorsal e anal) tem como principais funções promover a estabilidade, impedindo a rotação do corpo em torno do seu eixo horizontal quando realizam guinadas rápidas (BOND, 1979). Outra função pode ser observada quando os movimentos das nadadeiras dorsal e anal são abruptos e opostos aos movimentos da nadadeira caudal, funcionando, dessa forma, em frenagens (GOSLINE, 1971). As alterações da morfologia da nadadeira dorsal são componentes centrais da transformação evolutiva morfofuncional em Actinopterigii (DRUCKER & LAUDER, 2001). Tanto as suas áreas relativas, como as suas razões aspecto pode determinar diversas características relacionadas à natação.

Seguindo esses conceitos, foi observado que *H.* cf. *malabaricus* apresenta as nadadeiras dorsal e anal diferentes das demais espécies envolvidas nesse trabalho. Diferentemente das demais espécies, *H.* cf. *malabaricus* apresenta uma nadadeira dorsal longa e de grande área, somada a uma nadadeira anal menor, cuja altura é maior em relação ao seu comprimento.

Nadadeiras dorsais com áreas relativamente grandes promovem maior estabilidade e, com áreas pequenas podem ser esperados para função mais eficiente em ambientes de águas rápidas (GOSLINE, 1971). Tanto na estratégia de captura de suas presas ou na fuga do seu predador, as maiores áreas da nadadeira dorsal encontradas em *H.* cf. *malabaricus* indica um importante recurso na manutenção de sua posição além de um auxilio na propulsão no momento de maior velocidade (arranque), proporcionado pela nadadeira caudal ampla e pedúnculo caudal alto. Na maioria dos teleósteos, no momento em que a caudal é golpeada para um lado, o restante do corpo sofre guinadas laterais que são amenizadas pelo aumento da superfície vertical promovido pela presença das nadadeiras dorsal e anal. Nesse caso adquirem a função de lemes estabilizadores que controlam guinadas de recuo do corpo (BREDA *et al*., 2005).

Por outro lado, os valores mais baixos das áreas relativas da nadadeira dorsal, observados nas demais espécies, podem estar relacionados ao modo de vida, pois são todas espécies que ocupam a meia água. Da mesma forma que as nadadeiras caudais, nadadeiras dorsais mais altas em relação a sua área ou comprimento, tendem a reduzir as forcas de empuxo, reduzindo as forcas de refreamento e consequentemente o gasto energético, mas, sem perder a capacidade de estabilidade, compensada pela nadadeira anal.

Segundo Breda *et al*. (2005) peixes mais primitivos, como os Characiformes, nos quais a assimetria vertical da dorsal e da anal é grande, a dorsal esta situada mais anteriormente em

relação à nadadeira caudal, sendo utilizada principalmente como quilha. Com essa função, ela evita a rotação do peixe em torno do seu eixo longitudinal quando realiza guinadas rápidas.

A nadadeira anal é mais restrita a porção posterior do corpo do peixe, e com as mesmas funções da porção posterior da nadadeira dorsal (GOSLINE, 1971), podendo variar de tamanho e forma entre as espécies.

Nas espécies estudadas nesse trabalho, os maiores valores das áreas relativas das nadadeiras anais foram observados curiosamente nas espécies que vivem na meia água. Nessas espécies as nadadeiras anais são alongadas e baixas, com uma parte mais alta somente na sua parte anterior. Da mesma forma que as nadadeiras dorsais, as nadadeiras anais podem indicam maior ou menor capacidade de manobras e estabilidade, sendo que, altos valores indicam maior capacidade de arranques (BREDA, 2005).

Com uma nadadeira anal mais baixa e acompanhando o formato do corpo, as forcas de refreamento sofrem pouca alteração, mas possibilitando maior força de arranque, compensando um pedúnculo caudal fino e uma maior razão do aspecto da nadadeira caudal. Com somente a sua parte anterior mais alta, as forcas de empuxo mantém-se baixas, mas com a capacidade de evitar as torções laterais durante um arranque, seja na captura de uma presa ou fuga de um predador.

Outro fato que pode estar relacionado à nadadeira anal está ligado à capacidade de salto. Como já comentado anteriormente, em vários momentos durante as coletas, foram observados ataques de predadores sobre as suas presas. Em quase todas as vezes que os ataques eram realizados sobre as espécies de *Astyanax* sp., independente do predador, estas realizavam saltos como uma forma de fuga. Embora não tenha sido medido, os ângulos de saída da água eram inclinados, próximos aos da posição da nadadeira anal em relação ao corpo. O fato observado leva ao indicio que a nadadeira anal possui papel fundamental, servindo como forca de impulso e orientação para o salto, tratando-se de um importante órgão nessa estratégia para poder escapar de predadores.

Soma-se a isso que as adaptações associadas com estabilidade e mudança de direção dos movimentos, manutenção de equilíbrio e freadas, são devido a importantes características da posição e morfologia das nadadeiras. As nadadeiras tornam-se especializadas para cumprir as funções de direção, estabilidade e órgão locomotor de acordo com o ambiente das características relacionadas filogenéticamente (ALEEV, 1969).

5.3.5 Razão do Aspecto e Áreas Relativas das Nadadeiras Peitoral e Pelvica

As nadadeiras pares (peitorais e pélvicas) são as principais responsáveis por ajustes delicados no movimento dos peixes. A evolução dessas estruturas pode ser considerada como um importante componente da evolução desses vertebrados (BREDA *et al*., 2005). Particularmente as nadadeiras peitorais não são importantes somente nas frenagens, mas também dão a possibilidade de improváveis direções e melhor controle sobre essas mudanças de direção (JOBLING, 1995).

As nadadeiras pares funcionam como estabilizadoras e responsáveis pela capacidade de manobras em peixes. As nadadeiras peitorais são o principal meio por onde os movimentos de rotação, curvatura, subidas, mergulhos e paradas são completados (WEBB, 1966), também são importantes em frenagens e guinadas laterais (BREDA *et al.*, 2005, JOBLING, 1995). A manutenção de equilíbrio e frenagens são funções extremamente conectadas (ALEEV, 1969). Por exemplo, em velocidade lenta de natação, os peixes conseguem se manter na coluna d´água somente com movimentos das nadadeiras pares, mas em altas velocidades de natação os peixes requerem propulsão do corpo e da nadadeira caudal (ALEEV, 1969).

A razão do aspecto da nadadeira peitoral e pelvica é a razão entre o comprimento da nadadeira e a sua máxima largura (GATZ JR. 1979a). Altos valores indicam nadadeiras peitorais mais longas, padrão encontrado em peixes que nadam por longas distâncias ou peixes pelágicos que nadam constantemente. O desempenho de locomoção das nadadeiras peitorais sobre todos os estilos de natação são influenciadas pelas suas formas.

Peixes de corredeira possuem nadadeiras peitorais e pélvicas geralmente alongadas e furcadas, já em peixes nadadores lentos suas nadadeiras são comumente retangulares, arredondadas ou em forma de espátula (WEBB, 1986; GOSLINE, 1971). Seguindo o argumento dos autores, nesse trabalho os maiores valores da razão aspecto da nadadeira peitoral foram observados em *S. hilarii* e *A. lacustris* respectivamente, indicando nadadeiras peitorais mais alongadas, ao contrário de *H.* cf. *malabaricus* com nadadeiras mais arredondadas. Essa observação reforça argumentos discutidos anteriormente, indicando os diferentes estilos de natação entre as espécies predadoras.

Comumente grupo de peixes com comportamento nectônico, ou seja, que ocupa a meia água, como *Astyanax*, por exemplo, apresentam geralmente nadadeiras pares pequenas e alongadas, somados a corpos lateralmente comprimidos, que aumentam a capacidade de

movimentos verticais na coluna d´água (CASATTI & CASTRO, 2006; FERREIRA, 2007, GATZ JR, 1979a; WEBB, 1986). Dentro desse grupo, as espécies que vivem em regiões mais pelágicas (coluna d'água), as nadadeiras peitorais são mais estreitas e falcadas (alongadas) (BREDA *et al*., 2005). Sobre isso Drucker & Lauder (2003) observando o comportamento natatório de salmões, observaram que as nadadeiras peitorais permanecem junto ao corpo durante a locomoção, minimizando as forcas de resistência com a água e, quando necessitavam realizar guindas laterais ou freadas, aumentava a sua área com as nadadeiras formando um ângulo reto em relação ao corpo. A forma das nadadeiras peitorais esta correlacionada com a velocidade de propulsão (WAINWRIGHT et al., 2002), sendo maiores valores de sua razão aspecto típicos em peixes de maior velocidade (BELLWWOD *et al*., 2002).

Por outro lado as nadadeiras pares mais largas e arredondadas são mais comuns em espécies de peixes que vivem próximos ao substrato (BREDA *et al*., 2005). Diversos autores têm comentado que *Hoplias* spp. apresentam comportamento letárgico, passando maior parte do tempo parado, sempre associado a algum tipo de estrutura ou vegetação aquática, esperando suas presas (PAIVA, 1974; GODOY, 1975; SANT' ANNA, 2006; LOWE-McCONNELL, 1999). Durante as coletas foi possível observar alguns indivíduos de *H.* cf. *malabaricus* parados próximo às margens, nesse tempo foi possível observar que esta espécie usa as nadadeiras pares como apoio com o substrato deixando-a totalmente abertas, algo semelhante ao observado em *Characidium zebra* e *Apareiodon ibitiensis* (ver CASATTI & CASTRO (2006). Em casos assim, quando as nadadeiras peitorais e pélvicas estão estendidas lateralmente sobre o subtrato e são golpeadas abruptamente, podem promover arranques rápidos, sendo importantes para escapar de predadores (GOSLINE, 1994) e, no caso especifico de *H.* cf. *malabaricus,* auxiliar na captura de suas presas.

5.3.6 Boca e Tipo de Dentição

O comportamento de alimentação dos peixes é uma característica formulada durante a sua evolução, fixando o espectro alimentar o qual apta a selecionar, capturar e digerir (NIKOLSKII, 1963). Para o autor existe uma relação entre à variedade de alimento ingerido pelo peixe e sua estrutura bucal, no que se refere capacidade desta estrutura de prender e assimilar o alimento, tendo o autor proposto classificações do tipo de aparelho bucal em decorrência dessa

característica. A escolha de um determinado tipo de presa, de certa forma, está relacionada às características morfológicas do aparelho alimentar do predador (PIORSKI *et al*., 2005).

Os peixes exibem uma ampla variedade de comportamentos alimentares, e com diferentes estratégias e adaptações envolvendo captura e ingestão dos alimentos. O principal comportamento e adaptação morfológica mostrada por uma dada espécie esta obviamente relacionada para a principal categoria de alimento consumida, mas podendo mostrar alguma flexibilidade nos tipos de comportamento alimentar (JOBLING, 1995).

A posição da boca pode determinar a localização, no ambiente, onde são ingeridos seus itens alimentares (ALEEV, 1969). Em espécies que são adaptadas a ingerir itens alimentares em qualquer posição à sua frente (frontal, superior ou inferior) é comum encontrar a abertura bucal na forma terminal, como encontrada nas espécies deste estudo. Para ZAVALA-CAMIM (1996) a posição, o formato e tamanho da boca também estão relacionados aos hábitos alimentares dos peixes.

Muitas espécies de peixes piscívoros capturam suas presas inteiras, mas outras rasgam e mordem a presa inteira em pequenos pedaços antes de comê-la. As presas dos peixes piscívoros são grandes, chegando até 40% do comprimento ou 5 a 6% do volume do predador. Como os peixes são presas ativas, os predadores têm desenvolvido um número grande de métodos de captura de suas presas que requerem diferentes morfologias e adaptações comportamentais (JOBLING, 1995).

Com relação ao tipo de dentição foi observada diferença somente em *S. hilarii* em relação às demais espécies de predadores. *H.* cf. *malabaricus* e *A. lacutris* apresentaram dentes do tipo cônicos caniniformes e em *S. hilarii* os dentes são do tipo cônicos. Na descrição do gênero, Britski, *et al*. (1984; 1999) relatam que as espécies de *Salminus* são providos de numerosos dentes cônicos distribuídos em duas séries no pré-maxilar e duas séries no dentário. Godói (1975) descreve a espécie *S. hilarii* com uma mandíbula denteada ao longo da sua borda com dentes pontiagudos e voltados para o interior da boca, caracterizando-se como um peixe essencialmente carnívoro. Na descrição dos gêneros *Hoplias* e *Acestrorhynchus* os dentes são desiguais e caracteristicamente dos tipos cônicos e caninos, distribuídos ao longo do maxilar, dentário e palato (Britski, *et al*., 1984; 1999).

Peixes com boca terminal e de grande abertura portando dentes cônicos ou pontiagudos relacionam-se nitidamente à dieta baseada em organismos evasivos, com os dentes tornando-se

mais eficientes na apreensão do alimento (TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007). A posição da boca indica a localização onde os peixes obtém seu alimento. Boca terminais são típicas de peixes que caçam a meia-água ou próximo da superfície (ALEEV, 1969).

Foi obserdado que *A. lacutris* e *H.* cf. *malabaricus* apresentam o comprimento relativo da mandíbula, maiores em relação a *S. hilarii*, indicando que algumas das características relacionadas com o aparato bucal podem oscilar em função de características ecológicas do meio e na forma de ação dos peixes. Assim, fatores como a densidade e distribuição dos itens alimentares, podem influenciar tais variáveis, onde ambientes com pequenas densidades de itens alimentares podem conduzir a um aumento desses atributos, possibilitando maior espectro alimentar dos peixes (ALEEV, 1969). Caracteristicas do aparato bucal estão relacionadas com o tamanho e o tipo de presa e com a hidrodinâmica do corpo (GATZ JR., 1976a; KEAST &. WEBB, 1966; SMITH, 2003; WERNER, 1974), sendo os altos valores dos atributos relacionados com a boca, um indicativo de uma alimentação baseada em itens alimentares de porte relativamente grande (TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007).

ALEEV (1969) sugere que peixes piscívoros que se alimentam de itens comparativamente grandes, as dimensões da boca dependem de como a presa é capturada. Predadores que procuram suas presas ativamente, sua abertura bucal, normalmente é menor em relação as que caçam por espreita. Isto pode ser explicado da seguinte forma: predadores que caçam ativamente garantem a captura de suas presas graças a sua capacidade de manobra e de velocidade, enquanto os que caçam sob espreita, podem depender, em maior grau, das dimensões relativas de sua boca. Neste, apresentar uma boca grande pode compensar, até certo ponto, uma pontaria de ataque inexata. Soma-se a isso o fato de que em termos de comportamento, é conhecido que predadores que procuram ativamente suas presas tenham altos índices de encontros e baixos índices de sucesso na captura destas, enquanto que para os predadores que aguardam suas presas em tocaia ocorre o contrario (WEBB, 1984).

Semelhante a este trabalho, Carneiro (2003) confirma e seu trabalho este pressuposto, tendo *Hoplias malabaricus*, *S. maxilosus* (*S. brasiliensis*) e *G. knerii* com os maiores valores das variáveis relacionadas ao tamanho da boca. Para Werner (1974) os peixes que tem o habito de se alimentar de presas inteiras, tem no tamanho de sua boca a limitação do tamanho da presa a ser ingerida.

A morfologia relacionada com as técnicas de forrageamento, mesmo que para um especializado habitat, muda em situações de competição, mesmo que a morfologia relacionada com o tamanho e o tipo de presa não mude. Implícito nesse argumento está que dentro de uma comunidade estruturada por competição, diferenças na morfologia entre espécies poderiam ser mais frequentes nas características relacionadas ao habitat e no comportamento de forrageamento e menos frequentes nas características relacionadas ao tamanho e o tipo de presa (GATZ JR, 1981). Neste trabalho pode ser seguido o argumento de Douglas & Matthews (1992), cujos autores discutem que a estrutura trófica é congruente com as dietas observadas e as formas do corpo, incluindo o uso de microhabitats (DOUGLAS & MATTHEWS, 1992).

5.3.7 Comprimento Relativo da Cabeça e Diâmetro Relativo do Olho

Uma das características mais marcantes em espécies de peixes carnívoros piscívoros é que apresentam em comuns cabeças relativamente grandes, indicando que se alimentam de grandes presas (ALEEV, 1969; GATZ JR, 1979a; SMITH, 2003; TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007). Nas espécies predadoras a cabeça é afilada na sua parte anterior e proporcionalmente grande com uma boca do tipo terminal com uma ampla abertura, embora não extensível. As mandíbulas projetam-se um pouco anteriormente em relação ao pré-maxilar. Esse tipo de boca é característico de peixes que capturam seu alimento através do fechamento das fortes mandíbulas (ALEEV, 1969).

Toda espécie de peixe é adaptada a um tipo de alimento particular, estando seus órgãos dos sentidos adaptados à procura de seu alimento (NIKOLSKII, 1963). Especificamente com relação à visão, o tamanho do olho está relacionado na detecção de alimento, também podendo indicar a posição das espécies na coluna d'água (GATZ, JR., 1979; WIKRAMANAYAKE, 1990).

Em todas as espécies envolvidas nesse trabalho pode-se dizer que os olhos são relativamente grandes e posicionados lateralmente. Para os predadores os olhos grandes levam a um indicio que essa característica apresenta papel fundamental na detecção de suas presas. Sobre isso, Wootton (1992) relata que muitos peixes carnívoros descobrem suas presas por meio visual e as características da presa têm um papel determinante em sua avaliação. Estudos experimentais sugerem que para o predador, as características visuais mais importantes que as presas podem

apresentar são: o contraste com o fundo, tamanho, movimento, formas e em alguns casos sua silhueta.

Em predadores, observa-se que o aumento de sua eficiência na captura de presas está fortemente baseado na visualização/encontro (através de seus órgãos dos sentidos) e de um ataque preciso (FUTUYMA, 1992).

Nas espécies presas, os olhos grandes e posicionados lateralmente, indicam que são mais comuns em peixes de natação contínua e que ocupam as várias partes da coluna d´água, com muitas vivendo em regiões de águas rápidas, como riachos, sendo esta característica a forma mais comum encontrada em Characidae (CASATTI & CASTRO, 2006) confirmado em *A. altiparanae* e *A.* aff. *fasciatus*. Com relação a isso, em seu trabalho Carneiro (2003) encontrou valores maiores dos diâmetros relativos do olho em espécies cujos comprimentos padrão foram menores, mas com os valores dos tamanhos absolutos dos olhos maiores nos peixes de maior tamanho. Sobre isso se pode deduzir que os valores relativos do olho maiores nas espécies presas pode ser uma importante ferramenta na detecção de seus predadores, antecipando as estratégias de fuga. Além disso, as presas podem apresentar varias formas de se minimizar os efeitos da predação: atividade temporal diferente; colorações crípticas ou ruptivas; estruturas de defesa; tamanho corporal; mecanismos eficientes de fuga; habitar locais de difícil acesso ou distintos do predador, entre outros (FUTUYMA, 1992).

A detecção de objetos na água apresentam diferentes problemas devido a absorção de luz pela água e da dispersão da luz causada pelo número de partículas em suspensão na coluna d´água. Tanto a intensidade e a faixa espectral variam grandemente dependendo do tipo de água e a profundidade. Também variando pela camada fótica tanto em ambientes marinhos ou de água doce (JOBLING, 1995).

Em ambientes aquáticos continentais a turbidez da água pode variar consideravelmente dependendo do tipo de ambiente. Em águas que podem ser mais profundas ou turvas a orientação visual pode ceder lugar, em termos de importância, para outros tipos de orientação, como o sistema da linha lateral e o olfato, tanto na procura de alimento, quanto na comunicação intraespecífica. A turbidez das águas doces tropicais pode ser um fator a privilegiar sentidos auditivos e olfativos em lugar do visual (CARNEIRO, 2003, BOND, 1979), Este fato parece ser mais plausível para grupos de peixes em que sua história evolutiva aconteceu inteiramente em água doce como nos Ostaryophysi.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dietas das espécies predadoras escolhidas foram exclusivamente compostas por peixes, sendo a espécie *Astyanax altiparanae* comum na dieta das três espécies. Nesse estudo foi notado que as espécies predadoras vivem proximamente entre si, mas não nos mesmos lugares, enquanto que uma de suas presas vive em todos esses ambientes, permitindo aos predadores capturar uma presa em comum, o que pode levar a ideia de competição, o que não é verdade. Nesse trabalho, o fato de que uma espécie esteja na dieta das três espécies analisadas está relacinada com a grande abundância e distribuição de *A. altiparanae* na bacia. Além dessa espécie, os predadores também consumiram outros tipos de presas. Em *Salminus hilarii* a presa predominante foi *Astyanax* aff. *fasciatus*, enquanto que *Acestrorhynchus lacustris* concentrou-se em *A. altiparanae*. No caso de *Hoplias* cf. *malabaricus*, esta apresentou maior diversidade de itens alimentares.

As características da nadadeira caudal indicaram semelhanças nos modos de vida dos predadores e suas respectivas presas (exceto entre *Hoplias* cf. *malabaricus* e *Astyanax altiparanae*), aumentando as chances de encontro entre o predador e as presas, levando à ideia de que uma característica semelhante pode aumentar as chances de encontro do predador e a presa. A razão do aspecto e a forma das nadadeiras caudais também da um bom indicativo das táticas empregadas para a captura de presas.

A forma do corpo serviu para caracterizar as espécies com corpos mais fusiformes (predadores) das espécies presas com corpos mais altos e comprimidos lateralmente (*Astyanax* spp). Os corpos fusiformes típico dos predadores possibilitam melhor hidrodinâmica potencializando suas estratégias de caça. Por outro lado, os corpos mais altos observados em *A. altiparanae* e *A.* aff. *fasciatus* indicam alta capacidade de realizar manobras laterais ou guinadas, sendo esta, talvez, a principal estratégia destas para se esquivarem do predadores durante um ataque.

As caracterisiticas do pedúnculo caudal foram relevantes entre as espécies predadoras. *S. hilarii* e *A. lacustris* apresentam pedúnculos caudais mais alongados, finos e baixos, o que possibilita uma propulsão periódica do corpo com movimentos cíclicos e contínuos do pedúnculo caudal, indicando que são peixes de natação ativa. *Hoplias* cf. *malabaricus* apresenta pedúnculos mais altos, reforçando a condição de apresentar forte aceleração e de caçar por espreita.

Tanto nas características das nadadeiras dorsal e anal, *H.* cf. *malabaricus* diferenciou-se das demais espécies. *H.* cf. *malabaricus* apresenta uma nadadeira dorsal longa e de grande área, indicando um importante recurso na manutenção de sua posição e auxilio no momento de maior velocidade (arranque). As demais espécies apresentam a nadadeira dorsal relativamente menor, sendo este mais um indicativo do modo de vida, pois são todas espécies que ocupam a meia água. Por outro lado, nestas espécies, as nadadeiras anais são alongadas, baixas e acompanhando o formato do corpo. Com nadadeiras desta forma, as forcas de refreamento sofrem pouca alteração, mas possibilita maior força de arranque e auxilio na capacidade de salto.

No caso das nadadeiras pares, os maiores valores da razão do aspecto foram observados nas espécies que ocupam a meia água, indicando nadadeiras peitorais mais alongadas, ao contrário de *H.* cf. *malabaricus* com nadadeiras mais arredondadas. Essa observação reforça argumentos discutidos anteriormente, indicando os diferentes estilos de natação e caça entre as espécies predadoras.

Com relação ao aparato bucal das espécies predadoras foi observado o esperado, peixes com boca terminal e de grande abertura, indicando que são peixes que caçam na meia-água e capturam grandes presas.

Foram obserdadas diferenças no tipo de dentição e no comprimento de mandíbula. *A. lacutris* e *H.* cf. *malabaricus* apresentam o comprimento relativo da mandíbula, maiores e dentição do tipo caniniforme em relação a *S. hilarii* que possui dentes do tipo cônicos, indicando que algumas das características relacionadas com o aparato bucal podem oscilar em função de características ecológicas do meio e na forma de ação dos peixes.

Em todas as espécies envolvidas nesse trabalho pode-se dizer que os olhos são relativamente grandes e posicionados lateralmente. Para os predadores os olhos grandes levam a um indicio que essa característica apresenta papel fundamental na detecção de suas presas. Já nas espécies presas, os olhos são grandes e posicionados lateralmente, indicando a posição que ocupam na coluna d´água e uma possível melhor capacidade de perceber os predadores.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum Biological Science**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 425-434, 2001.

AGOSTINHO, A. A.; MIRANDA, L. E.; BINI, L. M.; GOMES, L.C. THOMAZ, S. M.; SUZUKI, H. I. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. Pp. 227-265. In TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (eds). **Theorical reservoir ecology and application.** International Institute of Ecology, São Carlos, SP. 1999.

AGOSTINHO, A. A. *et al.* **Migratory fishes of South América.** Biology, Fisheries, and Conservation Status. editado por Joachim Carolsfield, Brian Harvey, Carmen Ross, and Anton Baer, World Fisheries Trust (WFT)/World Bank/IDRC., Washington, 2004, 380 p.

ALEEV, Y. G. **Functional and gross morphology in fish**. Israel Progam of Scientific Translations. Jerusalem. TT. 67-51391. 1969.

ALEXANDER, R. M. **Functional design in fishes**. Hutchinson, London, 1967.

ALMEIDA, V. L. L.; HAHN, N. S.; VAZZOLER, A. E. A. M. Feeding patters in five predatory fishes of the High Parana River floodplain (PR, Brazil). **Ecology of Freshwater Fish**. Copenhagen. v.6, p. 123-133, 1997.

ALVIN, M. C. C.; PERET, A. C. Food resources sustaining the fish fauna in a section ot the upper São Francisco River in Três Marias, MG, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 2, p. 195-202. 2004.

ANDRIAN, I. F.; DORIA, C. R. C.; TORRENTE, G.; FERRETI, C. M. Espectro alimentar e similaridade na composição da dieta de quatro espécies de *Leporinus* (Chaciformes, Anostomidae) do rio Paraná, Brasil. **Revista Unimar**, v. 16, n. 3, p. 409-422. 1994.

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; AGOSTINHO, A. A. FABRÉ, N. N. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. Pp. 105-136. In TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). **Limnology in Brazil**. ABC/SBL, Rio de Janeiro. 1995.

BARBIERI, G.; VERANI, J. R.; BARBIERI, M. C. Dinâmica quantitativa da nutrição de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) na represa do Lobo (Brotas-Itirapina/SP), Pisces, Erythrinidae. **Revista Brasileira de Biologia**. Rio de Janeiro. v. 42, n.2, p. 295-302, 1982.

BARRELLA, W. **Estrutura das comunidades de peixes da bacia do rio Jacaré-Pepira (SP) em diferentes biótopos.** Dissertação (Mestrado). Unicamp. Campinas. SP. 1989.

BARTHEN, R. B. Uso de redes de espera no estudo de ritmos circadianos de algumas espécies de peixes nos lagos de várzea do rio Solimões. **Revista Brasileira de Zoologia**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 7, p. 409-422, 1987.

BEGON, H.; HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R. 1990. **Ecology**. Blackwell Scientific Publication, Boston. 945p. 1990.

BENNEMANN, S. T.; ORSI, M. L.; SHIBATTA, O. A. Atividade alimentar de deixe do rio Tibagi, relacionada com desenvolvimento de gordura e das gônadas. **Revista Brasileira de Zoologia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 501- 512, 1996.

BIALETZKI, A.; NAKATANI, K.; SANCHES, P. V.; BAUMGATNER, G. Spatial and temporal distribution of larvae and juveniles of *Hoplias* aff. *malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae) in the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 1, p. 210-214, 2002.

BISTONI, M. D. L. A., HARO, J. G., GUTIERREZ, M. Feeding of *Hoplias malabaricus* in the wetlands of Dulce river (Cordoba, Argentina). **Hydrobiologia**, v. 316, p. 103-107, 1995.

BOND, C. E. **Biology of the fishes**. Philadelphia, Saunders Publishing, 1979. 514p.

BONE, Q.; MARSHALL, N. B.; BLAXTER, J. H. S. **Biology of fishes**. 2º ed. London, Blackie Academic & Professional. 332p. 1995.

BRAZIL-SOUSA, C., MARQUES, R. M.; ALBRECHT M. P. Segregação alimentar entre duas espécies de Heptapteridae no rio Macaé, RJ. **Biota Neotrópica**, v. 9, n. 3. 2009.

BREDA, L.; FONTES, E.; GOULART E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum Biological Science**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 371-381, 2005.

BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de Identificação de Peixes da Região de Três Marias, Brasília (com chave de Identificação para os Peixes da Bacia do São Francisco)** 2 ed., Brasília, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações – Codevasp, Divisão de Piscicultura e Pesca, 1984, 115p.

BRITSK, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal. Manual de identificação.** Embrapa, Brasília, DF., 1999, 184p.

CARNEIRO, S. C. **Aspectos Anatômicos Relacionados à Natação e à Alimentação de Nove Espécies de Peixes Characiformes Coletados nos Rios Piracicaba e Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo.** Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências, UNESP - Rio Claro – SP. 2003.

CARVALHO, L. N., FERNANDES, C. H. V.; MOREIRA, V. S. S. Alimentação de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) no rio Vermelho, Pantanal Sul Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 4, n. 2, p. 227-236, 2002.

CASATTI, L.; CASTRO R. M. C. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brasil. **Neotropical Ictiology**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 203-214, 2006.

CATELLA, A. C.; PETRERE-JR, M. Body-shape and food habits of fish from Baía da Onça, a Pantanal flood plain lake, Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limmol.** Stuttgard. v. 26, p. 2203-2208, 1998.

CATELLA, A. C., TORRES, G. E. Observações sobre o espectro e estratégias alimentares do peixe-cachorro *Acestrorhynchus lacustris* (Reinhardt, 1874) (Characidae, Acestrorhynchini), no reservatório de três Marias – Rio São Francisco, MG. In **Seminário Regional de Ecologia de São Carlos**: Universidade Federal de São Carlos, p. 103-125, 1984.

COSTA, W. J. E. M. Feeding habits of a fish community in a tropical coastal stream, Rio Mato Grosso, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Tübingen, v. 22, p. 145-153. 1987.

DOUGLAS, M. E.; MATHEWS, W. Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within a freshwater stream fish assemblage. **Oikos**, Copenhagem, v. 65, p. 213-224, 1992.

DRUCKER, E. G.; LAUDER, G. V. Locomotor function of the dorsal fin in teleost fishes: experimental analysis of wake forces in sunfishes. **Journal Experimental Biology**, Cambridge, v. 204, p. 2943-2958, 2001.

DRUCKER, E. G.; LAUDER, G. V. Function of pectoral fins in rainbow trout: behavior repertoire and hydrodynamic forces. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 206, p. 813-826, 2003.

ESTEVES, K. E., ARANHA, J. M. R. Ecologia trófica de peixes de riachos. Pp. 157-182. In. CARAMASCHI, EP., MAZZONI, R and PERES-NETO, PR (Eds.). **Ecologia de peixes de Riacho.** Série Oecologia Brasiliensis, vol 6. Rio de Janeiro, Brasil. PPGE-UFRJ. 1999. 260p.

ESTEVES, K. E.; PINTO LOBO, A. V. Feeding Pattern of *Salminus maxilosus* (PISCES, CHARACIDAE) at Cachoeira de Emas, Mogi-Guaçu River (São Paulo State, Southeast Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 61, n.2, p. 267-276, 2001.

FERREIRA K. M. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. **Neotropical Ictiology**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 311-326, 2007.

FISHER, R.; HOGAN, J. D. Morphological predictors of swimming speed: a case study of pre-settlement juvenile coral reef fishes. **Journal of Experimental Biology**, Washington, v. 210, p. 2436-2443, 2007.

FLOETER, J.; TEMMING, A. Explaining diet composition of North Sea cod (*Gadus morhua* L.): Prey size vs prey availability. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science**, Ottawa v. 60, p. 140-150, 2003.

FUTUYMA, D. J. **Biología evolutiva**. Publ. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 1992, 631 p.

GATZ, A. J. JR. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies in Zoology and Botany**, v. 21, n. 2, p. 91-123, 1979a.

GATZ, A. J. JR. Community organization in fishes as indicated by morphological features. **Ecology**. New York. v. 60, n. 4, 711-718, 1979b.

GERKING, S.D. **Feeding ecology of fish**. Academic Press, California, 1994. 416p.

GODOY, M. P. **Peixes do Brasil: Subordem Characoidei. Bacia do Rio Mogi Guassu**. Piracicaba: ed. Franciscana. v. 2, p. 366-377, 1975.

GOSLINE, W. A. **Functional morphology and classification of Teleostean fish**. Honolulu: Univ. Press of Hawaii, 1971.

HAHN, N. S.; ANDRIAN, I. F.; FUGI, R.; ALMEIDA, V. L. L. Ecologia Trófica. Pp. 209-228. In: VAZZOLER, A. E. A. M., AGOSTINHO, A. A. & HAHN, N. S. (Eds.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá, EDUEM, 1997. 460 p.

HAHN, N. S.; DELARIVA R. L.; LOUREIRO, V. E. Feeding of *Acestrorhynchus lacustris* (Characidae): A Post Impoundment Studies on Itaipu Reservoir, Upper Paraná River, PR. **Brazilian Archives of Biology and Tecnology**. v. 43, n. 2, p. 207-213. 2000.

HAMMER, O.; HARPER D. A. T.; RYAN P. D. **PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis.** In Eletronica, P (Ed). Oslo. 2001.

HERDER, F.; FREYHOF, J. Resource partitioning in a tropical stream fish assemblage. **Journal Fish Biology**, Southampton, v. 69, p. 571-589. 2006.

HYSLOP, E. J. Stomach content analysis: a review of methods and their applications. **Journal of Fish Biology**, Southampton, v. 17, n. 4, p. 411-429, 1980.

HONJI, R. M. **Caracterização endócrina durante o ciclo reprodutivo da tabarana *Salminus hilarii* (Characiformes: Characidae), em três ambientes distintos: natural, impactado e cativeiro.** Dissertação (Mestrado em Fisiologia) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

IVLEV, V. S. **Experimental ecology of the feeding of fishes**. (Translated from Russ.) Yale Univ. Press, New Haven, Conn., 1961. 302p.

JOBLING, M. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning Pp.01-40. In: **Fish Ecophysiology**. Chapman & Hall, Fish and Fisheries Series – 9, 421p. 1993.

JOBLING, M. **Environmental Biology of Fishes**. Dortrecht. Chapman & Hall, Fish and Fisheries Series, 1995. 455p.

KAHILAINEN, K.; LEHTONEM, H. Piscivory and prey selection of four predator species in a whitefish dominated subarctic lake. **Journal of Fish Biology**, Southampton, v. 63, p. 659-672. 2003.

KEENLEYSIDE, M. H. A. **Diversity and Adaptations in Fish Behaviour**. Springer-Verlag, Berlin, 1979. 208p.

KEAST, A.; WEBB, D. Mouth and body form, relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. **Journal Fish Research Board Canadá**. v. 23, n. 1845-74. 1966.

LAGLER, K. F.; BARDACH J. E.; MULLER R. R. The major groups of fishes. In: JOHN WILEY & SONS. **Ichthyology**. 2º ed. New York: Jonh Wiley & Sons, Inc, cap.2: 9-52, 1977.

LANGERHANS, R. B.; LAYMAN, C. A. LANGERHANS, A. K.; DEWITT, T. J. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species**. Biological Journal of the Linnean Society, London**. v. 80, p. 689-698. 2003.

LIMA F. C. T., MALABARBA, L. R., BUCKUP, P. A. , PEZZI da SILVA, J. F., VARI R. P., HAROLD, A., BENINE, R., OYAKAWA, O. T., PAVANELLI C. S., MENEZES, N. A., LUCENA, C. A. S., MALABARBA, M. C. S. L., LUCENA, Z. M. S., REIS, R. E., LANGEANI, F., CASSATI, L., BERTACO, V. A., MOREIRA, C., LUCINDA, P. H. F. Genera *incertae sedis* in Characidae. Pp. 106-169. In: REIS R.E., KULLANDER. S. O., FERRARIS, C. J. (Eds.). **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre, EDIPUCRS. 2003, 729p.

LIMA-JUNIOR, S. E.; GOITEIN, R. A new method for the analysis of fish stomach contents. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 421-424, 2001.

LINDSEY, C. C. Form, Function, and Locomotory Habits in Fish. In: HOAR, W. S., RANDALL, D. J. (Eds.). **Fish Physiology**. New York: Academic Press., p. 1-88. 1978.

LOUREIRO, V. E.; HAHN, N. S. Dieta e atividade alimentar da traíra, Hoplias malabaricus (Bloch, 1794)(Osteichthyes, Erythrinidae), nos primeiros anos de formação do reservatório de Segredo-PR. **Acta Limnológica Brasileira**, v. 8, p. 195-205. 1996.

LOWE-McCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Tradução de Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A.; Cunnighan, P. São Paulo. Ed. Da Universidade de São Paulo 1999. 538p.

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**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 273-285. 1998.

LUZ-AGOSTINHO, K. D. G.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JÚLIO JUNIOR, H. F. Influence of flood pulses on diet composition and trophic relationship among piscivorous fish in the upper Paraná River floodplain. **Hydrobiologia,** v. 607, p. 187-198, 2008.

MARTINEZ, C. B. *et al*., Metodologia para medição de capacidade natatória de peixes. **Encontro Latino Americano e do Caribe sobre Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos**, v. 1. p. 343-348, 2003.

MATTHEWS, W. J. **Patterns in Freshwater Fish Ecology**. New York, Chapman & Hall, 1998. 756p.

MICHELETTI, C. V.; UIEDA, V. S. Food resource partitioning among Sciaenid fishes (Perciformes: Sciaenidae) of the Flamengo bay, Ubatuba, southeastern Brazil. **Arquivos Biologia Tecnológicos**, v. 39, n. 3, p. 639-649. 1996.

MITTELBACH, G. G.; PERSON, L. The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, Ottawa. v. 55, n. 6, p. 1454-1465, 1998.

MOTTA, P. J. CLIFTON, K. B.; HERNANDEZ, P.; EGGOLD, B. T. Ecomorphological correlates in tem species of subtropical seagrass fishes: diet and microhabitat utilization. In: **Environmental Biology of Fishes**. Dortrecht. v. 44, n. 1-3, p. 37-60. 1995.

NEVES F. M.; MONTEIRO, L. R. Body shape size divergence among populations of *Poecilia vivípara* in coastal lagoons of south-eastern Brasil. **Journal of Fish Biology**, Southampton, v. 63, p. 928-941, 2003.

NIKOLSKII, G. V. **The ecology of fish**. London: Acad. Press. T. F. H. Publications, Inc. Neptune, New Jersey, 1963, 352p.

NILSSON N. A. The role of size-biased predation in competition and interactive segregation in the fish. Pp. 303-325. In GERKING, S.D. (Ed.). **Ecology of freshwater fish production**. , Oxford. Blackwel Scientific. 1978.

NORTHCOTE, T. G. Observations on the comparative ecology of two species of fish, Cottus asper and Cottus rhotheus, in British, Columbia. **Copeia**, Lawrence. p. 25-28, 1954.

NOVAKOWSKI, G. C.; HAHN, N. S.; FUGI, R. Alimentação de peixes piscívoros antes e depois a formação do reservatório de Salto Caxias, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v.7, n.2, p. 149-154, 2007.

NOWLIN, W. H.; DRENNER, R. W.; GUCKENBERGER, K. R.; LAUDEN, M. A. ALONSO, G. T.; JOSEPH, E. F.; SMITH, J. L. Gape limitation, prey size refuges and top-down impact of piscivorous largemouth bass in shallow pond ecosystem. **Hydrobiology**, vol. 563, p. 357-369. 2006.

OWEN, T. G.; KARR, J. R. Habitat structure and stream fish communities. **Ecology**, New York, v. 4, p. 199-215. 1978.

ODUM, E. D. **Ecologia**. Rio de Janeiro. CSB Ind. Com. Ltda. 1985. 434p.

PAIVA, M. P. **Crescimento, alimentação, e reprodução da traíra,** *Hoplias malabaricus* **(Bloch), no nordeste brasileiro**. Ed. Univ. Federal do Ceará, Fortaleza. 1974. 219p.

PAULY, D. Food consumption by tropical temperate fish populations: some generalizations. **Journal Fish Biology**, Southampton, v. 35 (supl. A), p. 11-20, 1989.

PERSSON, L.; ANDERSON, J. WAHLSTRON, E.; EKLOV, P. Size-specific interaction in the lake ecosystems: predator gape-limitation and prey growth rate and mortality. **Ecology**, New York, v. 77, p. 900-911, 1996.

PIORSKI, N. M.; ALVES, J. R.; MACHADO, M. R. B.; CORREIA, M. F. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do lago de Viana, estado do Maranhão, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 63-70, 2005.

POPOVA, O. A. The role of predaceous fish in ecosystems. In: GERKING, S. D., ed. **Ecology of freshwater fish production.** Oxford, Blackwell Scientific Publication. p. 215-249, 1978.

RODRIGUEZ-OLARTE, D.; TAPHORN, B. D. C. Abundance, feeding and reproduction of *Salminus* sp. (Pisces: Characidae) from mountain streams of the Andean piedmont in Venezuela. **Neotrotical Ichthyology***,* Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 73-79, 2006.

ROSS, S. T. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. **Copeia**, Lawrence, v. 2, p. 325-388. 1986.

RIOS, F. S., KALININ, A. L., RATIN, F. T. The effects of long-term food deprivation on respiration and haematology of the neotropical fish *Hoplias malabaricus*. **Journal of Fish Biology**, Southampton, v. 61, n. 1, p. 85-95, 2002.

SAMBILAY Jr. V. C. Interrelationship between swimming speed, caudal fin aspect ratio and body length of fishes. **Fishbyte**, 8(3): 16-20, 1990.

SANT' ANNA, E. B. **Condição e dieta de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) em rios de águas branca e preta na bacia do rio Itanhaém, Itanhaém/SP.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Zoologia). Universidade Estadual Paulista. UNESP. Rio Claro. SP. 2006. 76p.

SANTOS, H. A.; POMPEU, P. S.; VICENTINI, G. S.; MARTINEZ, C.B. Swimming performance of the freshwater neotropical fish: *Pimelodus maculatus* Lacepede, 1803. **Brazilian Journal of Biology**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 433-439, 2008.

SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, Washington, v. 185, n. 4145, p. 27-39, 1974.

SILVA, A. T.; GOITEIN, R. Diet and feeding activity of *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875) (Characiformes, Acestrorhynchidae) in the water reservoir at Ribeirão Claro, SP. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 3, p. 757-762, 2009.

SIMON, N. **Predators and prey**. J. M. Dent e Sons, London. 1983.

SMITH, W. S. **Os Peixes do rio Sorocaba: a história de uma bacia hidrográfica**. Sorocaba, SP. editora TCM, 2003. 160p.

TAKAHASHI, E. L. H. **Ciclo reprodutivo da tabarana, Salminus hilarii (Valenciennes, 1849) (Characidae, Salmininae) na região do baixo rio Sorocaba, SP**. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

TEIXEIRA, R. L. Aspectos da ecologia de alguns peixes do arroio Bom Jardim Triunfo, RS. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 183-192. 1989.

TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S. T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 67-76, 2007.

TOWNSEND, C. R., BEGON, M., HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre. Artmed Editora. 2006. 592p.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. EDUEM/Nupélia, Maringá, 1996, 169p.

VIDELER, J. J. **Fish Swimming**. The Netherlands: Chapman e Hall, 1993. 284 p.

VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Aquatic insects as the main food resource of community in a Neotropical reservoir. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 701-708, 2009.

VILLARES JR. G. **Dieta da Tabarana, *Salminus hilarii* (Valenciennes, 1849) (Characidae, Salmininae) num trecho da bacia do rio Sorocaba, SP: itens principais e efeito da**

sazonalidade. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista. UNESP. Rio Claro. SP. 2006. 68p.

VILLARES-JÚNIOR, G. A. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Salminus hilarii* Valenciennes 1850 (Osteichthyes, Characidae) em um trecho da bacia do rio Sorocaba, Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Science**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 407-412, 2007.

VILLARES JR. G. A. **Aspectos Morfologicos na Ontogenia e Relação Massa/Comprimento de *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850 (Characidae, Salmininae)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Zoologia). Universidade Estadual Paulista. UNESP. Rio Claro. SP. 2009. 112p.

VILLARES JR. G. A. Medindo a morfologia dos peixes. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia**, Porto Alegre, n. 97, p. 7-9. 2009.

VILLARES-JÚNIOR, G. A.; GOMIERO, L.M.; GOITEIN, R. Biological aspects of *Schizodon nasutus* Kner, 1858 (Characiformes, Anostomidae) in the low Sorocaba river basin, São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, vol. 71, no. 3, p. 763-770. 2011.

VITTAR, F.; BARCO, D.; GIRI, F.; WILLINER, V. Persencia de *Salminus hilarii* (Pisces, Characidae en território argentino. **Revista Ictiologia**, v. 10, n. ½, p. 1-5, 2002.

WAINWRIGHT, P. C.; BELLWOOD D. R.; M. W. WESTNEAT. Ecomorphology of locomotion in labrid fishes. Environmental Biology of Fishes, Dordrecht, v. 65, p. 47-62, 2002.

WAINWRIGHT, P. C.; RICHARD, B. A. Predicting patterns of prey use from morphology of fishes. **Environmental Biology of Fishes**. Dordrecht, v. 44, p. 97-113, 1995.

WEASTNEAT, M. W. Feeding, function and phylogeny: analysis of historical biomechanics in labrid fishes using comparative methods. **Systematic Biology**, Oxford. v. 44, p. 361-383, 1995.

WEBB, P. W. Form and function in fish swimming. **Scientific American**, p. 251: 72-82. 1984.

WEBB, P. W. - In: Predator-prey relationships. Perspectives and approaches from the study of lower vertebrates. In: FEDER, M. E. and LAUDER, G. V. **Locomotion and predator-prey relationships.** The University of Chicago Press. 1986.

WEBB, P. W.; WEIHS, D. Functional locomotor morphology of early life history stages of fishes. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 115, p. 115-117, 1986

WERNER, E. E. The fish size, prey size, handing time relation in several sunfishes and some implications. **Journal of Fisheries Research Board of Canada**, v. 30, p. 787-797, 1974.

WIKRAMANAYAKE, E. D. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage struture. **Ecology**. New York, v. 71, n. 5, p. 1756-64, 1990.

WINERMILLER, K. O. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan ilianos. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, v. 26, p. 177-199, 1989.

WINSTON, M. R. Co-occurrence of morphologically similar species of stream fishes. **The American Naturalist**, Blacksburg, v. 145, n. 4, p. 527-545, 1995.

WOOTON, R. J. **Ecology of teleost fishes**. Chapman & Hall, New York. 1992.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes.** EDUEN/Nupelia, Maringá, 1996, 129p.

8. APÊNDICE:

TABELAS

Tabela 2: Frequência de ocorrência (Fi), índice de análise volumétrica (Vi) e índice de importância alimentar (AIi) de *Salminus hilarii*, (número de estômagos = 97).

Item alimentar	**Fi (%)**	**Vi**	**AIi**
Indeterminado	53,400	19.100	1019,940
Astyanax sp.	10,230	26,225	268,281
A. altiparanae	9,100	22,175	201,792
A. fasciatus	14,770	47,825	706,375
Pimelodella sp.	10,230	23,000	235,290
Characidae	2,270	3,075	6,980

Tabela 3: Frequência de ocorrência (Fi), índice de análise volumétrica (Vi) e índice de importância alimentar (AIi) de *Hoplias* cf. *malabaricus* (número de estômagos = 126)

Item alimentar	**Fi (%)**	**Vi**	**AIi**
Indeterminado	39,510	8,175	322,994
Astyanax sp.	12,100	14,925	180,592
A. altiparanae	10,500	17,300	181,650
Hoplosternum littorale	4,030	11,150	44,93
Hoplias malabaricus	7,260	32,800	238,128
Rhamdia quelen	2,420	6,300	15,245
Cichlidae	0,810	2,274	1,842
Synbranchus marmoratus	1,600	12,750	20,400
Characidae	13,710	10,850	148,753
Geophagus brasiliensis	0,810	2,275	2,207
Gymnotus carapo.	1,600	6,650	10,640
Hyphessobrycon sp.	4,840	2,375	11,495
Prochilodus lineatus	0,810	2,925	2,369

Tabela 4: Frequência de ocorrência (Fi), índice de análise volumétrica (Vi) e índice de importância alimentar (AIi) *Acestrorhychus lacustris* (número de estômagos = 111).

Item alimentar	**Fi (%)**	**Vi**	**AIi**
Indeterminado	41,600	21,900	911,040
Astyanax sp.	14,600	24,425	356,605
A. altiparanae	17,000	37,575	638,775
Serrapinnus sp.	2,200	1,250	2,750
Hyphessobrycon sp.	4,500	3,900	17,550
Characidae	16,800	18,025	302,82
Cichlidae	1,100	1,850	2,035
Hemigrammus sp.	2,200	2,150	4,730

Tabela 5. Medias e desvios padrão dos 22 atributos morfológicos de *Salminus hilarii*, *Hoplias* cf. *malabaricus* e *Acestrorhynchus lacustris.* IF = índice de compressão, HR = altura relativa, DR = razão de profundidade, CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal, PRPC = altura relativa do pedúnculo caudal, ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal, ARNC = área relativa da nadadeira caudal, Ac = razão aspecto da nadadeira caudal, CRCB = comprimento relativo da cabeça, LRB = largura relativa da boca, HRB = altura relativa da boca, CRM = comprimento relativo da mandíbula, DRO = diâmetro relativo do olho, ARPN1 = área relativa da nadadeira peitoral, ARNP2 = área relativa da nadadeira pélvica, Ap1 = razão aspecto da nadadeira peitoral, Ap2 = razão aspecto da nadadeira pélvica, ARND = área relativa da nadadeira dorsal, Ad = razão aspecto da nadadeira dorsal = ARNA = área relativa da nadadeira anal, Aa = razão aspecto da nadadeira anal e Td = tipo de dentição.

Valores	***Salminus hilarii***		***Hoplias* cf. *malabaricus***		***Acestrorhynchus lacustris***	
relativos	**Media**	**Desv. Pad.**	**Media**	**Desv. Pad.**	**Media**	**Desv. Pad.**
IF	2.077038	0.134695	1.47505	0.089099	2.062194	0.130154
HR	0.251166	0.013432	0.244928	0.016605	0.234122	0.012577
DR	4.001191	0.259111	4.096406	0.291082	4.278694	0.242938
CRPC	0.142831	0.008246	0.142007	0.009563	0.1121	0.014297
PRPC	0.361916	0.023318	0.549784	0.066253	0.282819	0.022682
ICPC	2.093572	0.246159	2.464525	0.489358	1.366284	0.100461
ARNC	0.140821	0.029779	0.207371	0.039737	0.152466	0.017284
Ac	3.342663	0.323146	1.896253	0.179065	3.632556	0.401278
CRCB	0.276847	0.012457	0.293459	0.01127	0.285906	0.012124
LRB	0.114466	0.007085	0.129703	0.009407	0.090544	0.007306
HRB	0.142922	0.010837	0.157094	0.010506	0.154716	0.013891
CRM	0.128522	0.006322	0.168272	0.008179	0.184225	0.013922
DRO	0.041975	0.003672	0.042856	0.003049	0.054047	0.004028
ARNP 1	0.038856	0.004667	0.058328	0.009627	0.045471	0.005826
ARNP 2	0.028948	0.005053	0.071797	0.007141	0.048866	0.00622
Ap 1	1.818159	0.182248	0.969316	0.037795	1.609566	0.126557
Ap 2	1.295231	0.072285	0.969997	0.013071	1.335419	0.086612
ARND	0.054622	0.008909	0.127759	0.014931	0.060948	0.01003
Ad	0.982156	0.04957	1.724147	0.21486	0.682284	0.060695
ARNA	0.056641	0.006711	0.048178	0.007097	0.065588	0.00789
Aa	2.113509	0.275943	0.855371	0.076969	1.63905	0.310448
Td	2	0	3	0	3	0

Tabela 6. Medias e desvios padrão dos 18 atributos morfológicos de *Astyanax altiparanae*, *Astyanax* aff. *fasciatus* e *Hoplias* cf. *malabaricus* (imaturos). IF = índice de compressão, HR = altura relativa, DR = razão de profundidade, CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal, PRPC = altura relativa do pedúnculo caudal, ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal, ARNC = área relativa da nadadeira caudal, Ac = razão aspecto da nadadeira caudal, CRCB = comprimento relativo da cabeça, DRO = diâmetro relativo do olho, ARPN1 = área relativa da nadadeira peitoral, ARNP2 = área relativa da nadadeira pélvica, Ap1 = razão aspecto da nadadeira peitoral, Ap2 = razão aspecto da nadadeira pélvica, ARND = área relativa da nadadeira dorsal, Ad = razão aspecto da nadadeira dorsal = ARNA = área relativa da nadadeira anal e Aa = razão aspecto da nadadeira anal.

Valores	***Astyanax altiparanae***		***Astyanax* aff. *fasciatus***		***Hoplias* aff. *malabaricus***	
relativos	**Media**	**Desv. Pad.**	**Media**	**Desv. Pad.**	**Media**	**Desv. Pad.**
IF	2.83338	0.176213	2.708756	0.148646	1.318503	0.201205
HR	0.4231	0.029551	0.385644	0.018457	0.204431	0.020231
DR	2.374125	0.011257	2.608672	0.140071	4.860806	0.3059
CRPC	0.12102	0.011257	0.136858	0.013609	0.138013	0.009016
PRPC	0.276266	0.016729	0.287748	0.048986	0.616203	0.030511
ICPC	2.177372	0.184333	1.936238	0.257491	2.170581	0.40965
ARNC	0.147388	0.014799	0.136778	0.026329	0.317253	0.04694
Ac	3.441409	0.394139	4.010759	0.27732	1.799119	0.342662
CRCB	0.306656	0.369913	0.234063	0.011539	0.313063	0.010324
DRO	0.076691	0.004542	0.079344	0.005029	0.054844	0.00344
ARNP 1	0.04997	0.006001	0.044149	0.005806	0.101244	0.14205
ARNP 2	0.031893	0.005441	0.03695	0.04313	0.081678	0.009295
Ap 1	1.587953	0.23826	1.628941	0.20619	0.989809	0.020469
Ap 2	1.410881	0.213525	1.419044	0.147239	0.979094	0.021204
ARND	0.092303	0.111214	0.065566	0.009121	0.147481	0.013532
Ad	0.628166	0.168399	0.706566	0.136955	1.534985	0.279631
ARNA	0.07862	0.01134	0.071936	0.007909	0.084034	0.10043
Aa	2.103541	0.405962	1.988657	0.136953	0.777638	0.055904

Tabela 7. Valores das cargas entre 18 atributos morfológicos dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais na comparação entre *Salminus hilarii* e suas principais presas. IF = índice de compressão, HR = altura relativa, DR = razão de profundidade, CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal, PRPC = altura relativa do pedúnculo caudal, ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal, ARNC = área relativa da nadadeira caudal, Ac = razão aspecto da nadadeira caudal, CRCB = comprimento relativo da cabeça, DRO = diâmetro relativo do olho, ARPN1 = área relativa da nadadeira peitoral, ARNP2 = área relativa da nadadeira pélvica, Ap1 = razão aspecto da nadadeira peitoral, Ap2 = razão aspecto da nadadeira pélvica, ARND = área relativa da nadadeira dorsal, Ad = razão aspecto da nadadeira dorsal = ARNA = área relativa da nadadeira anal e Aa = razão aspecto da nadadeira anal.

Atributos morfológicos	**PC1**	**PC2**
IF	0,33216	-0,1073
HR	0,34588	-0,07048
DR	-0,34886	0,05603
CRPC	-0,19576	0,37429
PRPC	-0,29613	0,00608
ICPC	-0,01787	-0,44183
ARNC	0,02372	0,01870
Ac	0,13376	0,35422
CRCB	-0,29922	0,00949
DRO	0,34352	0,07751
ARNP1	0,11138	0,49047
ARNP2	0,04051	0,00746
Ap1	-0,19547	-0,23207
Ap2	0,13326	-0,29845
ARND	0,24439	0,05371
Ad	-0,29758	0,10655
ARNA	0,27586	0,06921
Aa	-0,04247	-0,33246
variância (%)	**41,912**	**11,648**
Autovalor	**2,09657**	**11,648**

Tabela 8. Valores das cargas entre 18 atributos morfológicos dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais na comparação entre *Hoplias* cf. *malabaricus* e suas principais presas. IF = índice de compressão, HR = altura relativa, DR = razão de profundidade, CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal, PRPC = altura relativa do pedúnculo caudal, ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal, ARNC = área relativa da nadadeira caudal, Ac = razão aspecto da nadadeira caudal, CRCB = comprimento relativo da cabeça, DRO = diâmetro relativo do olho, ARPN1 = área relativa da nadadeira peitoral, ARNP2 = área relativa da nadadeira pélvica, Ap1 = razão aspecto da nadadeira peitoral, Ap2 = razão aspecto da nadadeira pélvica, ARND = área relativa da nadadeira dorsal, Ad = razão aspecto da nadadeira dorsal = ARNA = área relativa da nadadeira anal, e Aa = razão aspecto da nadadeira anal.

Atributos morfológicos	**PC1**	**PC2**
IF	-0,26953	-0,01671
HR	-0,26778	-0,07213
DR	0,26227	0,17272
CRPC	0,18714	-0,26557
PRPC	0,26478	0,07088
ICPC	0,04178	-0,46587
ARNC	0,00020	0,31129
Ac	-0,25194	0,01121
CRCB	0,25838	0,15314
DRO	-0,23441	0,32123
ARNP1	0,22202	0,26400
ARNP2	0,26460	0,12119
Ap1	-0,24687	0,05132
Ap2	-0,23987	0,09809
ARND	0,25817	0,13839
Ad	0,24285	-0,18074
ARNA	-0,15642	0,54744
Aa	-0,25577	0,01672
variância (%)	**74,202**	**8,5185**
Autovalor	**13,3564**	**8,5185**

Tabela 9. Valores das cargas entre 18 atributos morfológicos dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais na comparação entre *Acestrorhynchus lacustris* e sua principal presa. IF = índice de compressão, HR = altura relativa, DR = razão de profundidade, CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal, PRPC = altura relativa do pedúnculo caudal, ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal, ARNC = área relativa da nadadeira caudal, Ac = razão aspecto da nadadeira caudal, CRCB = comprimento relativo da cabeça, DRO = diâmetro relativo do olho, ARPN1 = área relativa da nadadeira peitoral, ARNP2 = área relativa da nadadeira pélvica, Ap1 = razão aspecto da nadadeira peitoral, Ap2 = razão aspecto da nadadeira pélvica, ARND = área relativa da nadadeira dorsal, Ad = razão aspecto da nadadeira dorsal = ARNA = área relativa da nadadeira anal e Aa = razão aspecto da nadadeira anal.

Atributos morfológicos	**PC1**	**PC2**
IF	0,34536	-0,0455
HR	0,35395	-0,0007
DR	-0,35269	0,0054
CRPC	0,10101	0,06629
PRPC	-0,08982	0,33096
ICPC	0,34257	0,03108
ARNC	-0,08016	0,46490
Ac	-0,09384	-0,25653
CRCB	-0,32642	-0,07422
DRO	0,33268	0,11891
ARNP1	-0,16574	0,47661
ARNP2	-0,31673	0,16872
Ap1	-0,01513	-0,25751
Ap2	0,11033	-0,10863
ARND	0,17910	0,36405
Ad	-0,09551	0,18784
ARNA	0,20591	0,26797
Aa	0,19797	0,08976
variância (%)	**42,63**	**12,524**
Autovalor	**7,67343**	**2,25426**

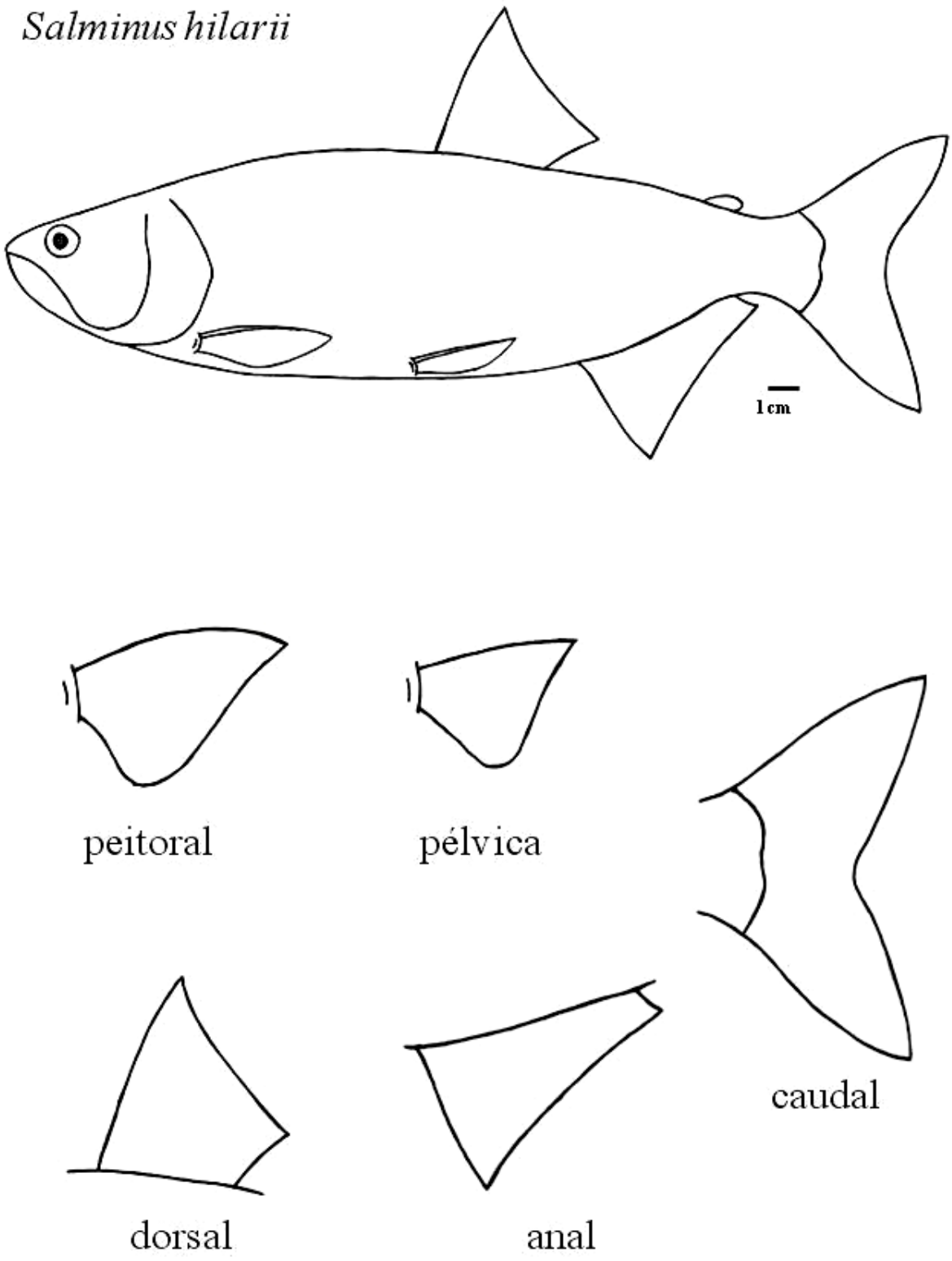
Tabela 10. Valores das cargas entre 22 atributos morfológicos dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais na comparação entre as espécies predadoras (*Salminus hilarii*, *Hoplias* cf. *malabaricus* e *Acestrorhynchus lacustris*). IF = índice de compressão, HR = altura relativa, DR = razão de profundidade, CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal, PRPC = altura relativa do pedúnculo caudal, ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal, ARNC = área relativa da nadadeira caudal, Ac = razão aspecto da nadadeira caudal, CRCB = comprimento relativo da cabeça, LRB = largura relativa da boca, HRB = altura relativa da boca, CRM = comprimento relativo da mandíbula, DRO = diâmetro relativo do olho, ARPN1 = área relativa da nadadeira peitoral, ARNP2 = área relativa da nadadeira pélvica, Ap1 = razão aspecto da nadadeira peitoral, Ap2 = razão aspecto da nadadeira pélvica, ARND = área relativa da nadadeira dorsal, Ad = razão aspecto da nadadeira dorsal = ARNA = área relativa da nadadeira anal, Aa = razão aspecto da nadadeira anal e Td = tipo de dentição.

Atributos morfológicos	**PC1**	**PC2**
IF	-0,28378	0,02594
HR	-0,00136	-0,2973
DR	0,00077	0,27950
CRPC	0,12630	-0,29954
PRPC	0,27845	-0,10849
ICPC	0,19987	-0,22698
ARNC	0,22355	0,09775
Ac	-0,27612	0,07110
CRCB	0,14501	0,16464
LRB	0,22437	-0,22690
HRB	0,10721	0,18365
CRM	0,07682	0,38876
DRO	-0,11508	0,35659
ARNP1	0,23511	0,000015
ARNP2	0,26068	0,20679
Ap1	-0,27757	-0,08461
Ap2	-0,28078	0,06491
ARND	0,29384	0,04848
Ad	0,000028	-0,11862
ARNA	-0,17598	0,20379
Aa	-0,24641	-0,12300
Td	0,14660	0,35304
variância (%)	**49,021**	**22,872**
Autovalor	**10,7846**	**5,03178**

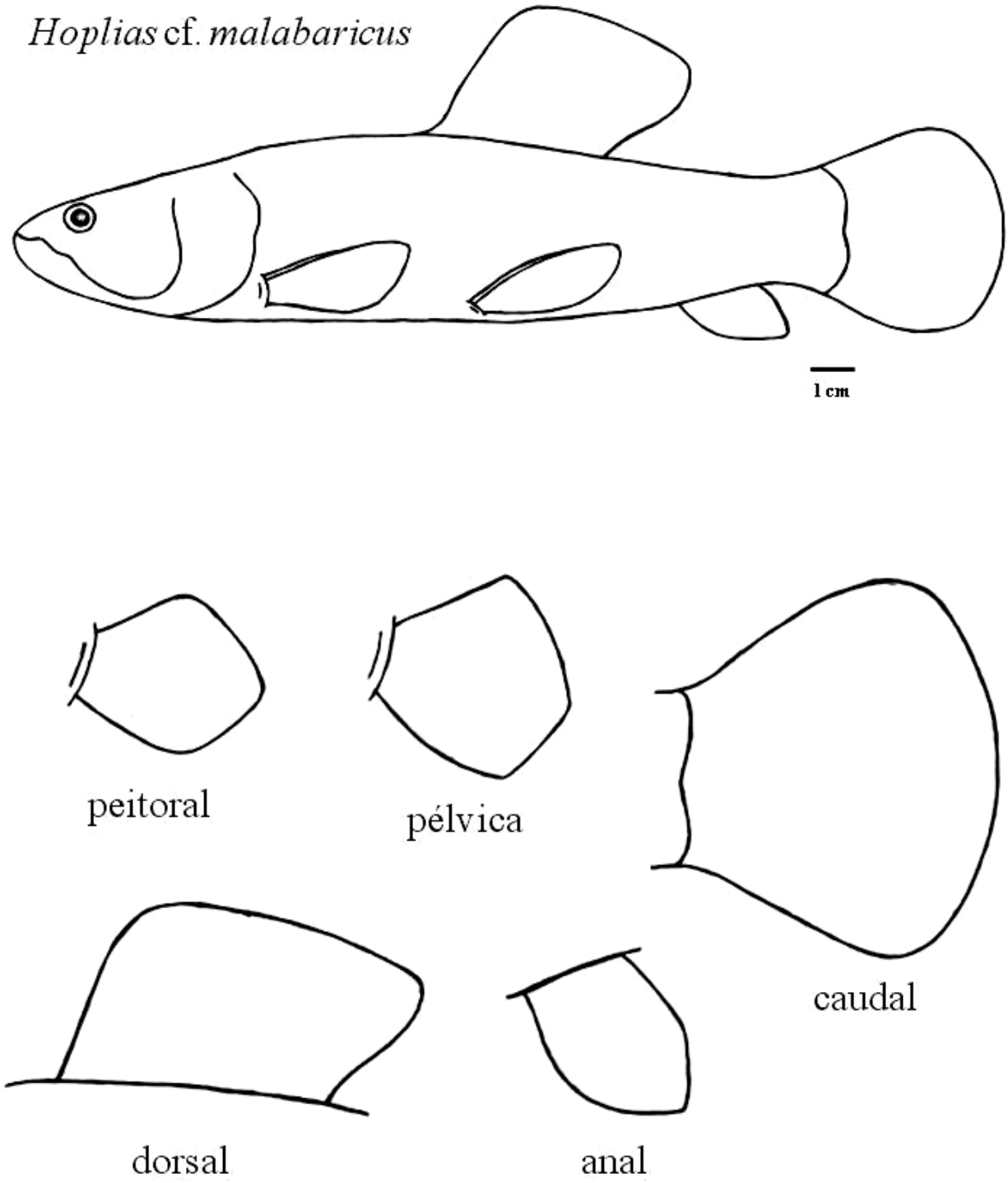
Tabela 11. Valores das cargas entre 18 atributos morfológicos dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais na comparação entre as espécies presas (*Astyanax* aff. *fasciatus*, *Astyanax altiparanae* e *Hoplias* cf. *malabaricus* imaturos). IF = índice de compressão, HR = altura relativa, DR = razão de profundidade, CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal, PRPC = altura relativa do pedúnculo caudal, ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal, ARNC = área relativa da nadadeira caudal, Ac = razão aspecto da nadadeira caudal, CRCB = comprimento relativo da cabeça, DRO = diâmetro relativo do olho, ARPN1 = área relativa da nadadeira peitoral, ARNP2 = área relativa da nadadeira pélvica, Ap1 = razão aspecto da nadadeira peitoral, Ap2 = razão aspecto da nadadeira pélvica, ARND = área relativa da nadadeira dorsal, Ad = razão aspecto da nadadeira dorsal = ARNA = área relativa da nadadeira anal e Aa = razão aspecto da nadadeira anal.

Atributos morfológicos	**PC1**	**PC2**
IF	-0,27280	0,04111
HR	-0,26993	0,05667
DR	0,27374	-0,03104
CRPC	0,09693	-0,51971
PRPC	0,27305	0,03583
ICPC	0,04596	0,75293
ARNC	0,26069	0,08017
Ac	-0,27140	-0,07646
CRCB	0,26733	-0,02842
DRO	-0,26451	-0,18151
ARNP1	0,24132	-0,19535
ARNP2	0,19208	0,08630
Ap1	-0,24064	0,02664
Ap2	-0,23498	0,12035
ARND	0,27010	0,05761
Ad	0,25306	0,02937
ARNA	-0,10564	-0,20166
Aa	-0,26028	0,06448
variância (%)	**71,419**	**7,0034**
Autovalor	**12,8554**	**1,26061**

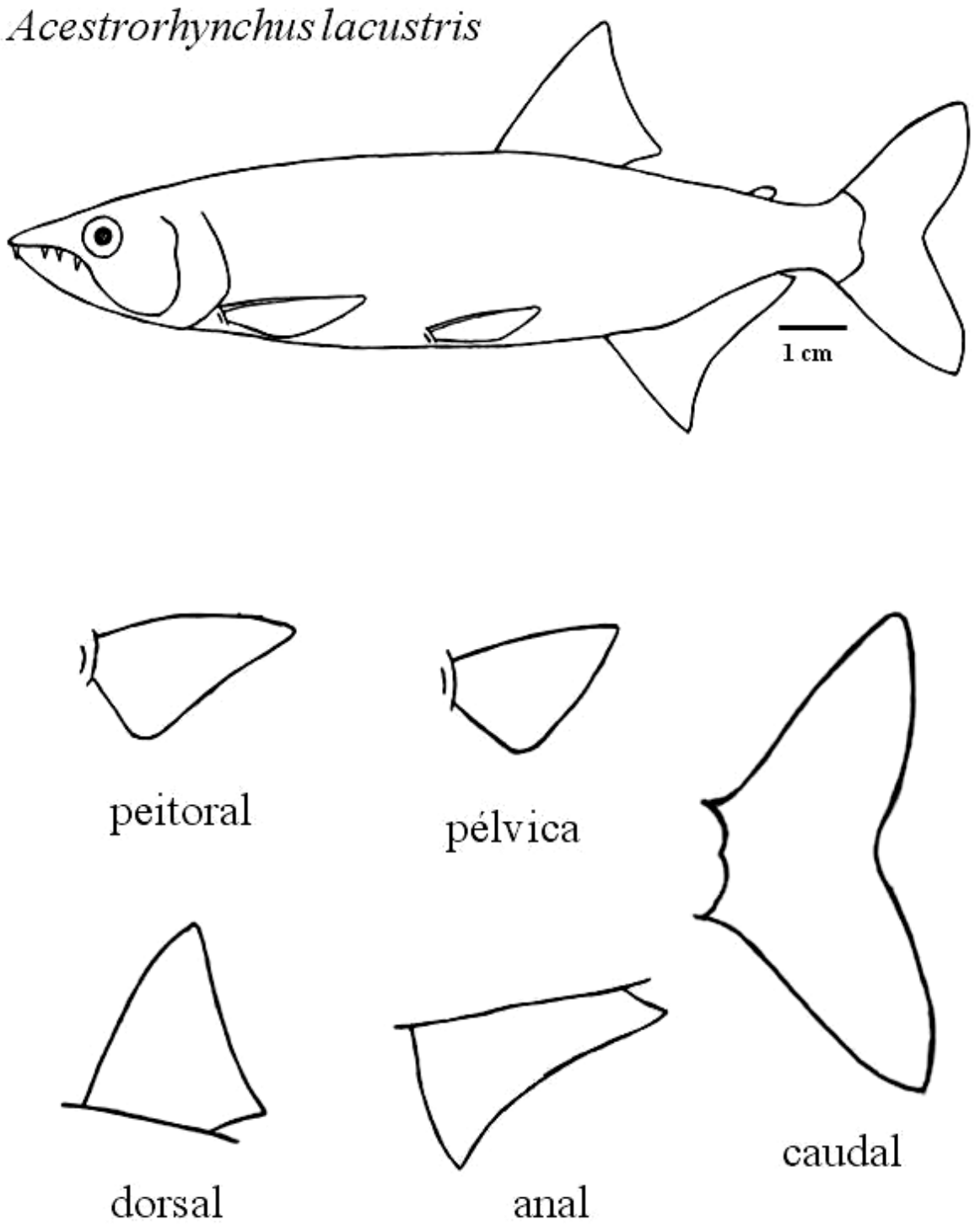
9. ANEXOS



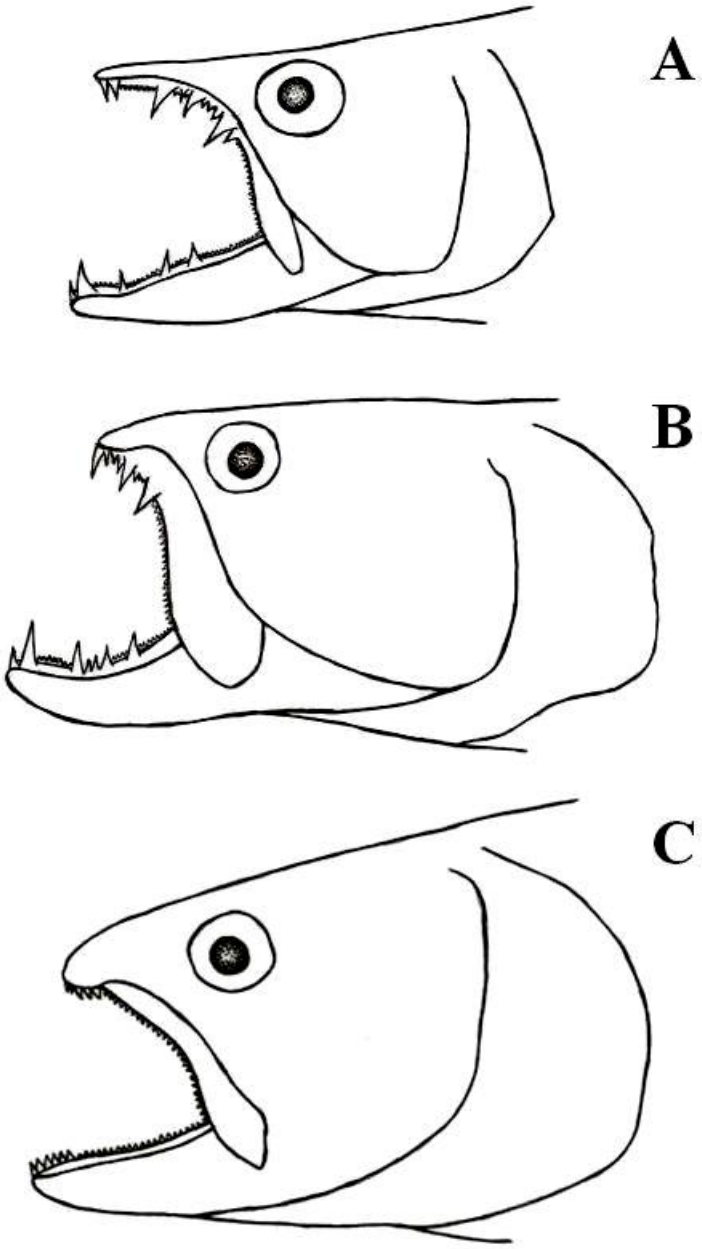
Anexo 1. Representação esquemática da forma corporal e detalhes das nadadeiras de *Salminus hilarii*.



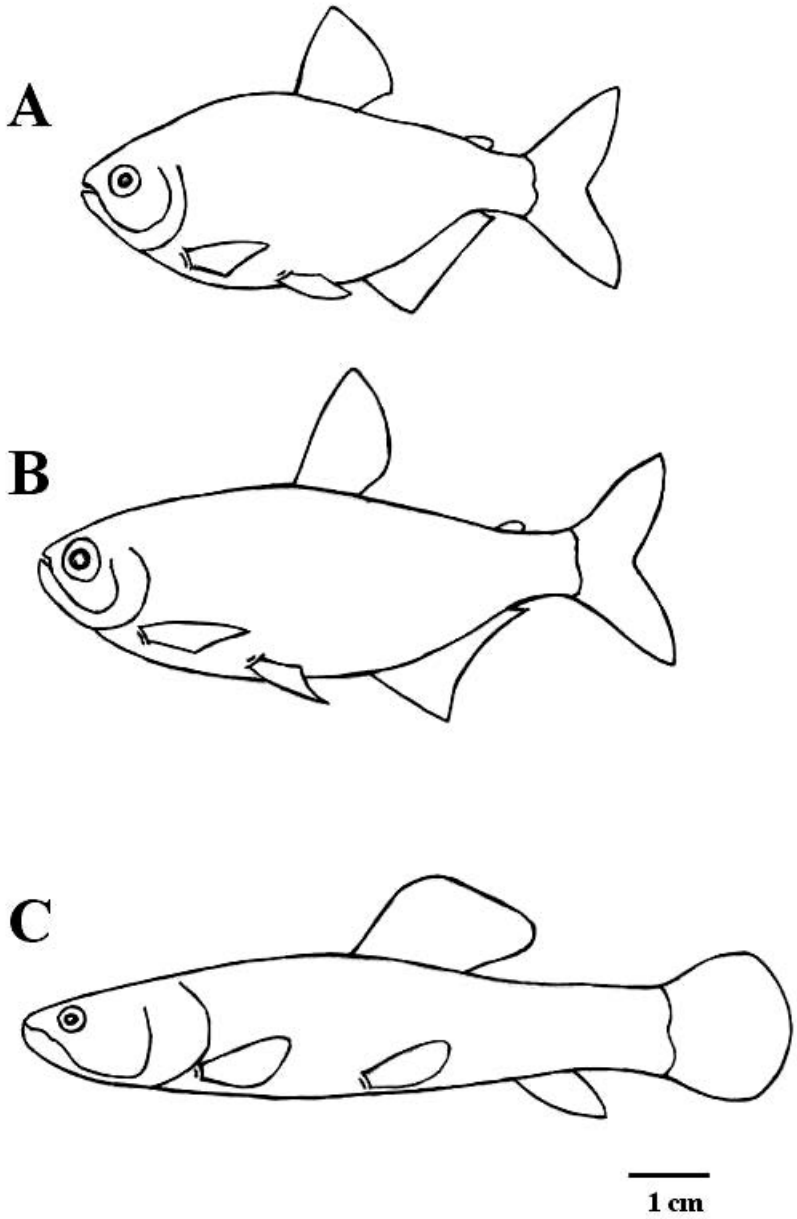
Anexo 2. Representação esquemática da forma corporal e detalhes das nadadeiras de *Hoplias* cf. *malabaricus.*



Anexo 3. Representação esquemática da forma corporal e detalhes das nadadeiras de *Acestrorhynchus lacustris.*



Anexo 3. Detalhes da dentição das três espécies predadoras: A = *Acestrorhynchus lacustris*; B = *Hoplias* cf. *malabaricus*; C = *Salminus hilarii*.



Anexo 4. Representação esquemática das três espécies presas: A = *Astyanax altiparanae*; B = *Astyanax* aff. *fasciatus*; C = *Hoplias* cf. *malabaricus*.