

---

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

---

**Aspectos Morfológicos na Ontogenia e Relação  
Massa/Comprimento de *Salminus hilarii*  
Valenciennes, 1850  
(Characidae, Salmininae).**

**GILBERTO APARECIDO VILLARES JÚNIOR**



Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração Zoologia).

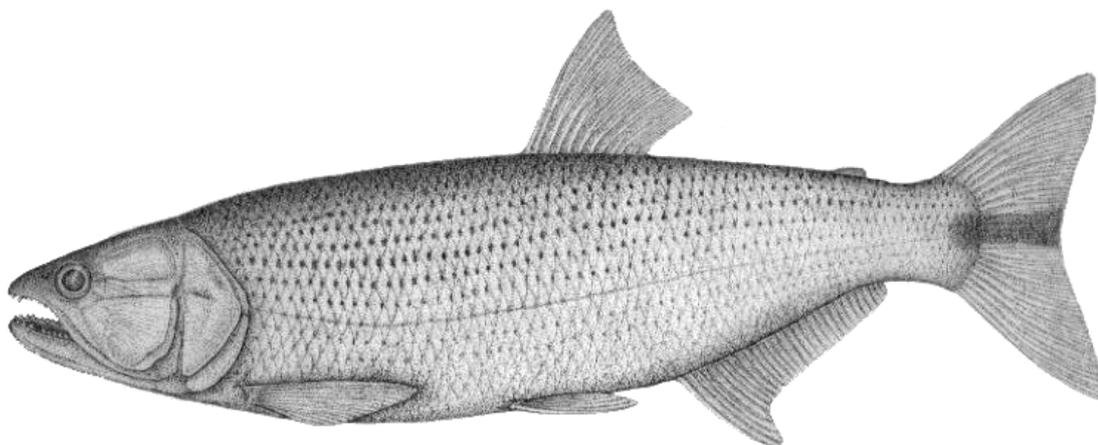
Março - 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Aspectos Morfológicos na Ontogenia e Relação Massa/Comprimento  
de *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850  
(Characidae, Salmininae).**



**GILBERTO APARECIDO VILLARES JÚNIOR**

Orientador: PROF. DR. ROBERTO GOITEIN

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, “Julio de Mesquita Filho” para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração Zoologia).

Rio Claro  
Estado de São Paulo - Brasil  
Março - 2009

## 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 por todo apoio e orientação durante a realização desse trabalho, da qual foi de suma importância para o meu aprendizado e aprimoramento na área de ictiologia.

Agradeço a CAPES pelo financiamento.

Agradeço a todo conselho de Pós-Graduação da Zoologia.

Agradeço aos amigos sem os quais não seria possível a realização desse trabalho, pela ajuda e apoio durante sua execução, assim como no meu aprendizado: André Teixeira da Silva (Ganso); Érico Luis Hoshiba Takahashi (Lagartixa), e pela disponibilidade de exemplares da espécie estudada.

Agradeço aos professores Cláudio José Von Zuben; Francisco Manoel de Sousa Braga (Chico), Marcos C. de O. Santos (Gorfinho); Célio Fernando Baptista Haddad, Edilberto Giannotti (Beto), Sulene Noriko Shima do Departamento de Zoologia; Reinaldo Monteiro e Marco Antonio de Assis (Marquinhos) do Departamento de Botânica; Antonio Fernando Monteiro Camargo, Miguel Petrere Júnior, Nivar Gobbi, Marco Aparecido Pizano do Departamento de Ecologia, Doralice Maria Cella (Dora) e José Chaud Neto do Departamento de Biologia; pelos ensinamentos e companheirismo.

Agradeço aos técnicos do Departamento de Zoologia, Luiz Fernando Bonatti (Fernandão), Cleonice Maria Veloso (Nice), Maria Cristina Crupi (Cris) pelo suporte na realização desse

trabalho; Jaime Roberto Somera pelas dicas e conselhos de desenho e Cínara Maria Siqueira Rovai pela paciência.

Agradeço a Professora Diva e Josué pela liberação de disponibilizar suas propriedades para a realização das coletas, além de seu Cesário e seu Décio (Secretaria de Meio Ambiente de Tatuí) pelo comprometimento de apoio na realização de mais esse projeto.

Agradeço aos parceiros de todas as horas: Felipe (Malacú), Alexandre (Bauru), Rafael , Fábio (Magrinho), Emídio (Coragem).

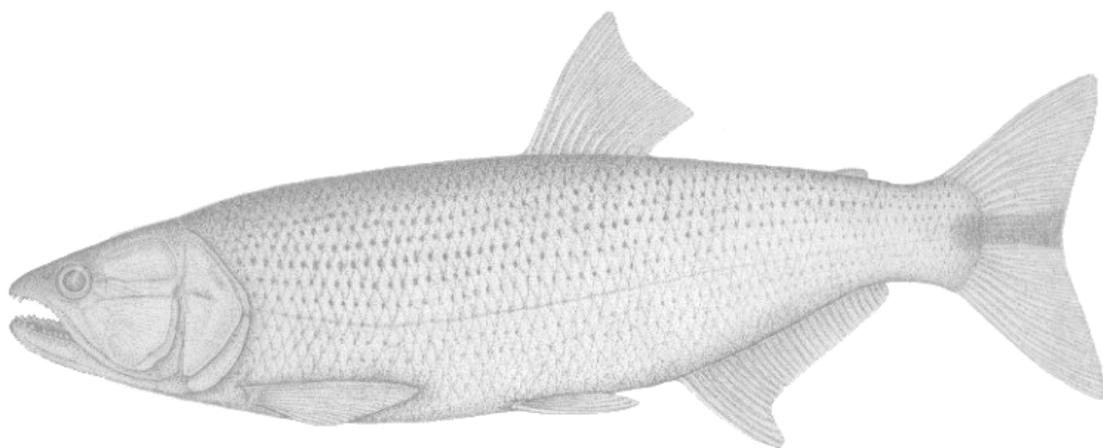
Agradeço aos demais “peixólogos” da Unesp - Rio Claro e companheiros de Pós-Graduação, Alberto, Fabio (Morcego), Giuliana (Gil), Evandro, Leandro, Juliana, Henrique, Guilherme, Ursula, Cristina, entre outros e, Graduação: Renato (Spook); Mariana; Felipe (Minhoca); Paula entre outros.

Agradeço aos membros que fizeram parte da República “Aceito” durante o período do Mestrado: André (Jaú); Thiago (Xaxá); Leandro (Yamaha); Daniel e Fernando (Xita).

Agradeço a todas as turmas das quais tive o prazer de ser monitor, 1º CBI (2003); 2º CBN e CBI (2004); 2º CBI (2005); 1º CBI (2005); 1º CBN (2006); e 1º ECO (2006); 2º CBN (2007); 1º ECO (2008) e Estágio de Docência: 2º CBN (2008) que foram de grande importância no meu aprendizado em Zoologia.

Aos parceiros de monitoria: Thiago, Julia, Jesus, Débora, Franca e Danila.

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 da espécie estudada.



*“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.”*

**Isaac Newton**

## Resumo:

Neste trabalho foram analisados exemplares da espécie *Salminus hilarii* com a finalidade de verificar as variações morfológicas que possam ocorrer ao longo da vida do peixe, juntamente com a relação massa-comprimento. Para as análises foram tomadas 19 medidas morfométricas, sendo 17 referentes a *S. hilarii* e duas para as presas ingeridas. Estas medidas foram utilizadas para os cálculos de três índices e 17 valores relativos de atributos morfológicos. As medidas de *S. hilarii* foram tomadas a partir de exemplares com uma amplitude de tamanho variando entre 50 a 450 mm no comprimento padrão. Foi feita uma comparação entre indivíduos jovens e adultos, machos e fêmeas, e em diferentes classes de comprimento relacionando tais características morfológicas com as velocidades de corrente dos locais onde vivem e o tamanho das presas ingeridas por essa espécie. As amostras para as análises foram coletadas nas bacias dos rios Sorocaba e complementadas com indivíduos depositados no acervo do Departamento de Zoologia provenientes dos rios Jacaré Pepira, Corumbataí (sub-bacia do Tietê), e Mogi Guaçu (sub-bacia do rio Grande). Na comparação entre machos e fêmeas e entre adultos e imaturos foram analisados somente indivíduos capturados no rio Sorocaba onde foi possível a determinação desses grupos.

Esse trabalho mostrou que não houve variações significativas entre as sub-bacias dos rios Tietê e Grande. O mesmo foi observado entre machos e fêmeas, mostrando que não há dimorfismo sexual nas características observadas.

Entre os imaturos e adultos, assim como nas diferentes classes de comprimento, nove características morfológicas não mostraram diferenças significativas. Nas demais (onze) apresentaram diferenças significativas entre pelo menos duas classes de comprimento. Complementando, foram observadas correlações significativas entre as velocidades calculadas (absolutas e relativas) e as velocidades de corrente; entre tamanho da presa e predador; entre altura da presa e altura da boca.

Para a relação massa-comprimento também foram utilizados indivíduos provenientes somente da bacia do rio Sorocaba. Estes mostraram diferentes relações de massa-comprimento que estão possivelmente relacionados às alterações na intensidade da atividade alimentar e aspectos reprodutivos.

**Palavras chave:** *Salminus hilarii*, morfologia, ontogenia, massa-comprimento.

## Abstract

*Salminus hilarii* specimens were studied using several body measurements and relationships related to their proportions, considering mainly possible ontogenetic changes. Relationships between mass and length were analyzed as well. The usual comparisons made for studies related to distinct species was the subject of the study to compare possible changes occurring during the life of individuals of one species. For this purpose 19 morphometric measurements were obtained, but only 17 were related to individuals of the species e 2 for ingested prey. The *S. hilarii* measurements used individuals whose standard lengths varied from 50 to 450 mm. This study intended to compare young and adult individuals, as well as males and females. Distinct length classes were established and these data were also used to establish possible relationships between individuals who are usually caught in distinct places of the Sorocaba river, and are submitted to distinct water current effects. Larger individuals use to live in the middle of the river where water flows more rapidly, while the younger ones live near to the river margin or calm waters. Food intake may also suggest some distinct morphological aspects. So, the main organism, when almost intact were also measured. Samples for the analyses were collected at the Sorocaba basin, but were complemented with specimens collectecat the rivers Jacaré-Pepira, Corumbataí (Tietê sub-basin) and Mogi-Guaçu (Rio Grande sub-basin). These specimens are deposited at the Zoology Department (Unesp – Rio Claro). To compare males and females, only fish from the Sorocaba river were considered for analysis.

The study permitted to find out that no significant differences exist for fish originated from the Tietê and Rio Grande sub-basins.

The same happens for male and female individuals. When immature and adult individuals were compared nine morphological characters did not show significant differences, but eleven of them appeared at least fot two length classes.

In complement significant correlations were observed of calculated swimming speeds (absolut and relative speeds) and the water flow current. They were also observed for predator and prey sizes and between prey a mouth heights.

To the study about relationships between body mass and lengths only individuals from the Sorocaba river were considered for the study. They also showed the existence of significant differences, which are possibly related to feeding activity alterations and to reproductive aspects.

**Keywords:** *Salminus hilarii*, morphology, ontogeny, mass-length.

## 1) Introdução e Revisão da Literatura:

O uso da morfologia pode refletir uma integração da ampla variedade de influências dos ecossistemas com os organismos que ali vivem, influenciando 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).

Comparações morfológicas são lançadas para dois níveis: entre unidades taxonômicas ou intervalos da história de vida (programas genéticos pré-estabelecidos) e entre suas características fenotípicas (sua morfologia) e seu uso dos recursos ecológicos (nichos realizados) em um ambiente particular (NORTON *et al.*, 1995). O autor descreve que estudos morfológicos consistem na comparação entre padrões de variação em características ecológicas e padrões de variação em características medidas entre unidades taxonômicas (gêneros, intervalos da história de vida, populações alopátricas).

A compreensão dos princípios funcionais das estruturas externas dos peixes é de grande importância para discutir sobre os padrões de seus desenvolvimentos individuais, filogenia, e taxonomia, além de também permitir delinear problemas de adaptação e evolução nos animais (ALEEV, 1969).

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.

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. Para organismos aquáticos isso pode ser sobretudo verdade (AGOSTINHO *et al.*, 1997; WINSTON, 1995). Por outro lado Matthews (1992) comenta que o fenótipo de um indivíduo é indiferente a flutuações das condições ambientais.

As modificações morfológicas são consideradas como resultado de um processo evolutivo contínuo. Variações morfológicas individuais podem alterar o desempenho do indivíduo, e alterar dessa forma, o modo pelo qual o indivíduo utiliza os recursos disponíveis no ambiente. Assim, os seres vivos estão submetidos à seleção natural, segundo proposição de Darwin (1859), havendo os que apresentam melhores condições de explorar o meio em que vivem, com vantagem evolutiva e assegurando a transmissão de seus genes (CARNEIRO, 2003).

O objetivo dos estudos ecomorfológicos está em demonstrar que a variação em características ecológicas entre espécies está relacionada com as respectivas diferenças nas funções morfológicas e fisiológicas (WESTNEAT, 1995).

Segundo Motta *et al.*, (1995) o ramo do conhecimento denominado de ecomorfologia teve origem na Europa. A aplicação da ecomorfologia em estudos de biologia de peixes vem de longa data e atualmente é utilizada por vários pesquisadores no mundo inteiro, tendo partes de estudos iniciados comparando-se variações morfológicas com variações nas características ecológicas tanto para caracterizá-los intra ou interespecificamente (ALEEV, 1969; ALEXANDER, 1967; GATZ JR, 1979a, 1979b; GOSLINE, 1971; IVLEV, 1961; KEAST & WEBB, 1966; NIKOLSKII, 1963; NORTHGATE, 1954; SCHOENER, 1974). Estes estudos iniciais buscavam uma correlação entre a morfologia e a ecologia, transformaram-se na base dos trabalhos em ictiologia, sobre tais hipóteses, e possibilitando novos conhecimentos para o melhor entendimento da diversidade biológica em peixes (MOTTA *et al.*, 1995).

Breda *et al.* (2005) comenta que para estudos ecomorfológicos torna-se evidente a necessidade de fundamentos de morfologia descritiva, funcional e da ecologia, principalmente estudos funcionais e biomecânicos, os quais fornecem explicações de causa e efeito na relação fenótipo-ambiente.

A amplitude das estruturas externas dos peixes é limitada pelo desenvolvimento de adaptações associadas com seus movimentos, e ainda em menor grau, com adaptações relacionadas às funções dos órgãos dos sentidos (ALEEV, 1969).

De fato, 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 (MATTHEWS, 1992).

A forma do corpo é uma importante característica para análise da evolução dos peixes, devido às suas influências na eficiência de locomoção em diferentes ambientes. Portanto o estudo da forma do corpo é fundamental para teorias sobre adaptação para as condições ambientais locais (NEVES & MONTEIRO, 2003).

Catella & Petrere Jr. (1998) acreditam que o padrão entre a forma do corpo e os hábitos alimentares são o reflexo de todas as variedades de características possíveis dos fatores físicos e químicos do ambiente.

Alguns peixes têm dietas definidas em decorrência de adaptações anatômicas e fisiológicas, e a eficiência da alimentação, para diferentes tipos de alimento entre espécies, considerando formas intra-específicas e tamanhos desses peixes.

O conceito de nicho realizado de uma espécie depende da interação entre características fenóticas de um indivíduo, definindo seu nicho potencial, e as condições físicas e biológicas presentes no ambiente (NORTON *et al.*, 1995).

A idéia da associação da morfologia das espécies com o seu nicho não é nova (ELTON, 1927). Recentemente Block (1980), fez melhor proposta equiparando o nicho de um organismo com a soma da função biológica e suas características morfológicas e as forças de seleção que operam na sua posição. Uma dessas forças é a predação intra-específica, sendo esta um dos principais fatores na biologia de muitas espécies e podendo influenciar a estrutura populacional, história de vida, competição por parceiros, por recursos e no comportamento de muitos animais (POLIS, 1981).

Fundamenta-se ao conceito da adaptação, pois se aplica às estruturas que conferem desempenho ao indivíduo e no conceito de papel biológico, ou seja, de como as estruturas são usadas durante o tempo de vida do organismo (BREDA *et al.*, 2005). Estes podem ser interpretados como indicadores da ocupação de diferentes tipos de habitats e possíveis adaptações para viverem nesses ambientes (BARRELLA, 1989; MOTTA *et al.*, 1995). Por exemplo, estudos

sobre a forma do corpo são fundamentais para análises evolutivas de variações entre populações de peixes e permitir teorias para adaptações de uma determinada condição local (NEVES & MONTEIRO, 2003).

Bond (1979) ressalta a fundamental importância do conhecimento das formas das estruturas nos peixes, e de como estes as usam, possibilitando assim observar reações comportamentais, muitas vezes distintas, no uso de estruturas com formas semelhantes.

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 a através desta, estimar seu potencial de natação e o quanto este influencia o comportamento de caça e fuga.

Apesar de se observar correlações interessantes entre morfologia e ecologia em peixes, é preciso atentar para o fato de que não só a morfologia determina a utilização dos recursos naturais pelas espécies estudadas. Deve ser considerado também o comportamento intrínseco de cada espécie bem como sua fisiologia e, tão importante quanto seus aspectos biológicos, é saber sob quais condições bióticas e abióticas estão submetidas às espécies em evidência. Dentre estas características pode-se citar a disponibilidade de alimento, período de atividade de predadores e presas, competição inter e intraespecífica e temperatura do meio, entre outras (CARNEIRO, 2003).

Praticamente todos os vertebrados de fato aquáticos movem-se para localizar ou consumir alimento. 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).

A importância da locomoção em peixes nos estudos relacionados à ecologia está no fato de que o tipo de natação utilizada tem implicações diretas sobre o uso de habitat, interações bióticas e no forrageamento, tornando-se imprescindível o conhecimento de aspectos funcionais relacionados à locomoção (BREDA, *et al.*, 2005). O tamanho das nadadeiras e o formato do corpo são indicadores confiáveis no comportamento, no modo de natação e preferências de habitat em peixes (KEAST & WEBB, 1966; LAGLER *et al.*, 1977; WEBB, 1984) dando um maior nível de compreensão para muitas relações entre a forma e função das estruturas nos peixes (WINEMILLER 1991).

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 (ALEEV, 1969; ALEXANDER, 1967; DOUGLAS & MATHEWS, 1992; GATZ JR, 1979a, 1979b; GOSLINE, 1971; IVLEV, 1961; MOTTA, 1995; NIKOLSKII, 1963; PAULY, 1989; SCHOENER, 1974; WIKRAMANAYAKE, 1990; WAINWRIGHT & RICHARD, 1995) demonstrando haver forte relação entre a morfologia 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 (MITTELBAACH & PERSSON, 1998).

No Brasil os estudos relacionados com morfologia de peixes de água doce são escassos, alguns têm se voltado mais na comparação entre morfologia e dieta (PIORSKI *et al.*, 2005; TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007), variações morfológicas numa mesma espécie sob diferentes condições ambientais (NEVES & MONTEIRO, 2003), ecomorfologia de peixes de riacho (CASATTI & CASTRO, 2006; FERREIRA, 2007) e trabalhos com experimento envolvendo capacidade natatória (MARTINEZ, *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2008).

Breda *et al.*, (2005) comenta que esses estudos são geralmente realizados sem a utilização de dados experimentais, pois são escassos para a fauna de peixes neotropicais. Os dados disponíveis são os morfológicos e ecológicos, enquanto os funcionais são encontrados para espécies de peixes de regiões temperadas, dificultando a interpretação dos dados.

Entretanto, nos estudos de morfologia funcional de peixes raramente se encontra dados conjugando esta relação com dados ontogenéticos das espécies estudadas (MULLANEY & GALE, 1996). Trabalhos dessa natureza em peixes concentram-se em verificar, normalmente a existência de correlações entre variáveis morfológicas e ecológicas e, geralmente em peixes adultos (CHAO & MUSICK, 1977; SINGER, 1985).

Focar o estudo da morfologia funcional durante a ontogenia do organismo estudado é outra fonte interessante de dados (CARNEIRO, 2003). O padrão de crescimento de uma espécie pode ser o resultado de uma interação entre o seu potencial de crescimento, definido pelo seu genótipo e as condições ambientais em que ela está inserida, como disponibilidade de alimento e temperatura (WOOTTON, 1992).

Muitos estudos ecomorfológicos têm-se baseado em peixes adultos. Em função disso, mais estudos são necessários para examinar comunidades compostas desde os primeiros

intervalos da história de vida dos peixes. Isto significa que é claramente alta a diversidade de formas entre embriões de peixes, larvas e juvenis (LASKER 1981, BALON, 1986), mas as correlações ecológicas não têm sido totalmente esclarecidas. Pesquisas sobre variações morfológicas intra-específicas em populações de peixes neotropicais euritópicos são muito escassas (SHIBATTA & GARAVELLO, 1993).

A relação entre massa e comprimento tem sido freqüentemente usada em biologia pesqueira com objetivos às vezes bem diversos (BRAGA, 1997). Huxley (1924) desenvolveu a fórmula alométrica para descrever o crescimento relativo entre várias partes do corpo de um animal. Uma fórmula análoga foi desenvolvida para descrever o crescimento em termos de peso e comprimento (HILE, 1936; LÊ CREN, 1951; MARTIN, 1949). Com freqüência a relação peso comprimento é usada para descrever o aumento em comprimento e conseqüente ganho em peso ou estimar o peso médio quando se conhece o comprimento (BRAGA, 1997). Este autor relata que a relação peso comprimento tem sido usada também como uma maneira de estimar o fator de condição.

A literatura registra a utilização da equação alométrica aplicada ao estudo de diversos assuntos: para descrever o desenvolvimento de peixes, relacionados aos estágios de vida (HUXLEY, 1931; HUGGINS & HUGGINS, 1942; HUGGINS & THOMPSON, 1942; MARTIN, 1949); indicador de estoques individuais e populações de peixes (KANEP, 1976); no crescimento diferencial e suas implicações na taxonomia e evolução (MILLER & HOY, 1939); filogenia de grupos extintos (HERSH, 1934).

Incluída dentro da ordem Characiformes, a tabarana, *Salminus hilarii* (VALENCIENNES, 1849) é um peixe que se assemelha muito com outra espécie do gênero *Salminus brasiliensis* (CUVIER, 1816), conhecido popularmente como dourado, diferenciando-se pela coloração que é branca e prateada no fundo, além de geralmente apresentar menor tamanho. As nadadeiras caudal, anal e ventral são vermelho alaranjadas. A caudal é pouco furcada, com mancha negra ao longo dos raios medianos. Raramente se logra capturar exemplares de mais de 50 cm, com peso de 2 quilogramas e meio. Os machos apresentam-se mais esguios e menores que as fêmeas (SANTOS, 1987; GODOY, 1975).

Os primeiros registros brasileiros a respeito da biologia da tabarana pertencem a IHERING (1929), que por volta de 1914 assistiu a uma desova desta espécie no rio Tamandateí, descrevendo sobre essas desovas nas crescentes do rio (início das cheias), após vários dias de

chuvas prolongadas; relatou o encontro de larvas de tabarana nos alagados marginais desse mesmo rio, do seu posterior e precário modo de criação sob os seus cuidados e, ainda mencionou o canibalismo larval da espécie (GODOY, 1975).

IHERING (1929), também realizou trabalhos sobre o relação peso-comprimento e crescimento dessa espécie a partir de contagem de linhas de crescimento nas escamas.

A tabarana é 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). Estas etapas são consideradas como um hábito comum entre espécies de peixes predadores (LOWE-McCONNELL, 1999).

Agostinho *et al.*, (2004) destaca essa espécie como uma das migradoras na região do alto Paraná, considerada como peixe de piracema e reofílico. Aspectos do ciclo reprodutivo de *Salminus hilarii* estudados em diversas bacias mostraram que o período reprodutivo acontece entre o final da primavera e o verão (ANDRADE *et al.*, 1988; ANDRADE *et al.*, 1989; ANDRADE *et al.*, 2004; GODINHO *et al.*, 1988; GODOY, 1975; HONJI, 2007; TAKAHASHI, 2006; VILLARES JR, 2007), coincidindo com as épocas mais quentes e chuvosas, sendo este um padrão adotado por diversas espécies de Characiformes na região Sudeste do Brasil (VAZZOLER e MENEZES, 1992).

Os peixes do gênero *Salminus* são peixes de água movimentada comumente vistos na boca de cachoeiras, choros d'água, corredeiras (SANTOS, 1987). A espécie *S. hilarii* apresenta ampla distribuição geográfica, presente na Bacia do Prata (GODOY, 1975); São Francisco (BRITSKI *et al.*, 1984); Amazônica (SILVANO, 2001) e Tocantins (SANTOS *et al.*, 1984). É considerada por Bonetto E Drago (1968) como uma espécie encontrada no rio Paraná acima dos saltos de Guaíra e Sete Quedas, atualmente encobertos pela barragem de Itaipu, sendo considerada como a principal responsável pela dispersão dessa espécie em território argentino, onde anteriormente não existiam (VITTAR *et al.*, 2002).

Atualmente a espécie está comprometida na região do Alto Tietê pela poluição industrial e doméstica e a construção de barragens na região do Alto Tietê que prejudicam a reprodução dessa espécie pelo bloqueio na reprodução, por se tratar de uma espécie reofílica (HONJI, 2007).

## 2) Objetivos:

O objetivo desse trabalho é verificar e relacionar as características morfológicas de *Salminus hilarii* com aspectos relacionados à natação e alimentação verificando se há diferenças, entre:

- Indivíduos imaturos e adultos;
- Indivíduos machos e fêmeas, a fim de verificar se ocorre algum dimorfismo sexual nessa espécie.
- Diferentes classes de comprimento (ontogenia).

Além dos aspectos morfológicos o trabalho será complementado com análises de Relação Massa/Comprimento, complementando as características do desenvolvimento dessa espécie.

### **3) Material e Métodos:**

#### **3.1) Coleta de dados:**

Os indivíduos provenientes da bacia do rio Sorocaba foram capturados com a utilização de redes de descanso (espera) com panagem de 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 (20metros para cada malhas). As redes foram deixadas durante o período aproximado de 16 horas e as despescas foram feitas em intervalos aproximados de três horas. As redes foram colocadas no rio antes do amanhecer (5:30-6:00h) e retiradas à noite (21:00-22:00) e complementadas com exemplares capturados com caniço e molinete ou carretilha munida de iscas artificiais. As coletas tiveram início no mês de maio de 2004, devidamente regulamentadas pela autorização número 048 de 2004 e renovada pela autorização número 087 de 15 de julho de 2005 das quais as coletas se estenderam até novembro de 2006.

Juntamente aos indivíduos coletados na bacia do rio Sorocaba as análises dos dados foram complementados com indivíduos depositados na coleção ictiológica do Departamento de Zoologia da UNESP - Rio Claro, capturados em outras sub-bacias hidrográficas:

Bacia do rio Tietê: rios Jacaré Pepira e Corumbataí.

Bacia do rio Grande: rios Mogi-Guaçu e Pardo.

### 3.2) Dados morfológicos:

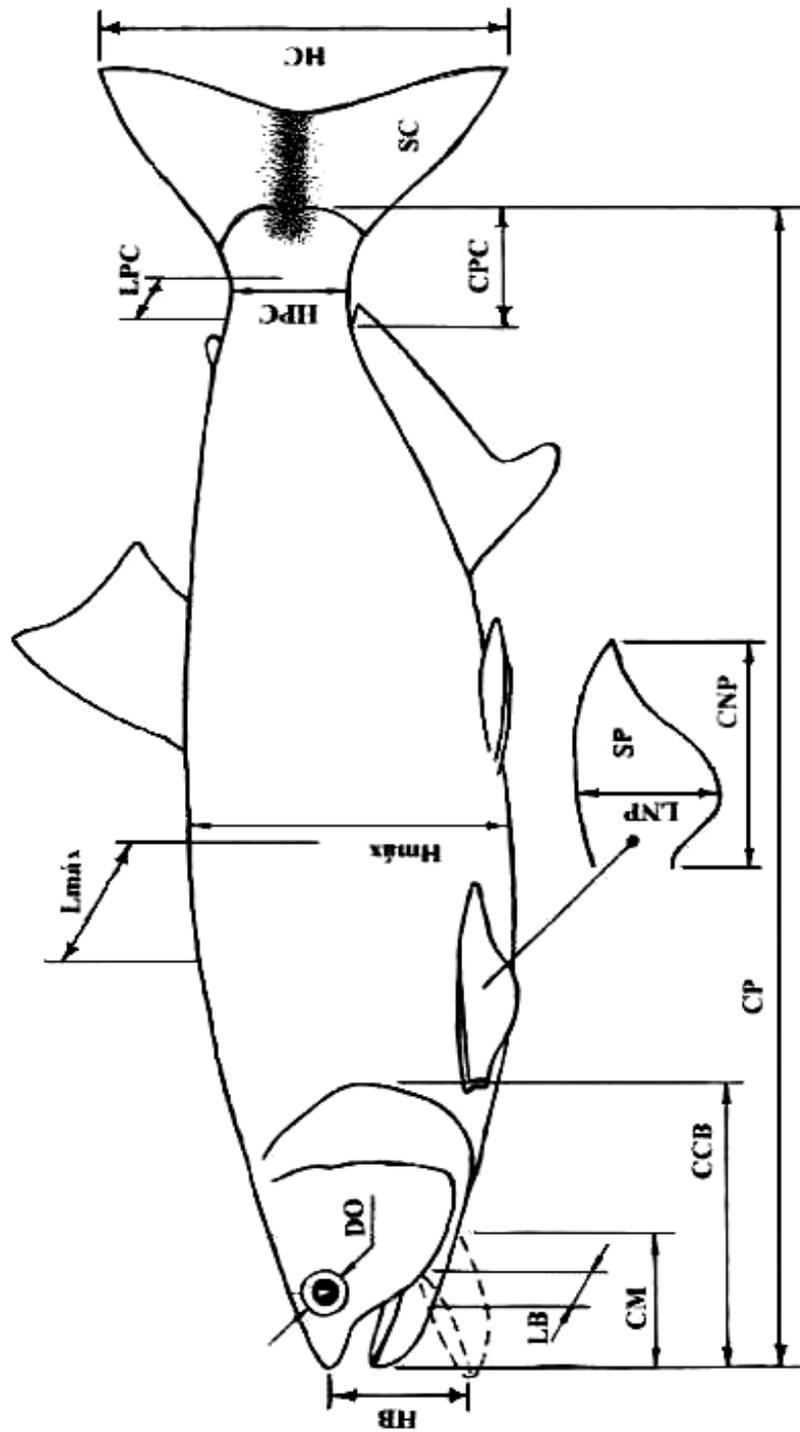
Para este trabalho foram registradas 19 medidas morfométricas, sendo 17 referentes a *Salminus hilari* (Figura 1) e duas para as presas ingeridas com menor grau de digestão. Estas medidas foram utilizadas para os cálculos dos índices e valores relativos dos atributos morfológicos baseados em Barrella (1989), Carneiro (2003), Gatz Jr. (1979a), Webb (1984), Pauly (1989) e Smith (2003) e para testes de correlação. As medidas de *S. hilarii* foram tomadas a partir de exemplares com uma amplitude de tamanho variando entre 50 a 450 mm (comprimento padrão) dos quais foram separados em amostras estratificadas com indivíduos entre comprimentos padrão de: 50 | 100; 100 | 150; 150 | 200; 200 | 250; 250 | 300; 300 | 350; 350 | 400 e 400 | 450 milímetros. Medidas referentes à massa são feitas em gramas e de comprimento em milímetros:

- **massa total (M):** massa total do peixe;
- **comprimento padrão (CP):** distância sobre a linha imaginária horizontal da extremidade anterior da cabeça até o termino do pedúnculo caudal;
- **comprimento da presa (Cp):** distância da extremidade anterior da cabeça até o termino da cauda dos conteúdos estomacais com menor grau de digestão;
- **altura da presa (Hp):** distância no ponto de maior altura do corpo e perpendicular ao eixo longitudinal dos conteúdos estomacais com menor grau de digestão;
- **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;
- **altura da nadadeira caudal (HC):** medida da maior distância vertical da nadadeira caudal e perpendicular ao eixo longitudinal do peixe;
- **área da nadadeira caudal (SC):** área superficial da nadadeira caudal. Para a obtenção da área da nadadeira caudal foi utilizada 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 (CNP):** medida da maior distância horizontal da nadadeira peitoral esquerda.
- **largura da nadadeira peitoral (LNP):** medida da maior distância vertical da nadadeira peitoral esquerda;
- **área da nadadeira peitoral (SP):** área superficial da nadadeira peitoral. Idem p/ nadadeira caudal;
- **largura da boca (LB):** extensão lateral da boca quando completamente aberta;
- **altura da boca (HB):** extensão dorso-ventral da abertura bucal quando a boca está completamente aberta;
- **comprimento da mandíbula (CM):** comprimento da parte esquerda da mandíbula desde a região mediana até o fim da abertura bucal;

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

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



**Figura 1:** Medidas tomadas em *Salminus hilarii*

### 3.3) Análise dos Dados:

#### 3.3.1) Índices e Valores Relativos:

Através destas medidas foram calculados os índices e valores relativos dos atributos morfológicos que podem caracterizar tipos e hábitos de vida ou adaptações das espécies à ocupação de diferentes ambientes (AGOSTINHO et al., 1998; BARRELLA, 1989; MOTTA *et al.*, 1995; PAULY, 1989; SMITH, 2003).

- **Índice de Compressão (IF)** =  $(H_{\text{máx}}/L_{\text{máx}})$ : altura máxima dividida pela largura máxima.
- **Altura Relativa (HR)** =  $(H_{\text{máx}}/CP)$ : altura máxima dividida pelo comprimento padrão.
- **Razão de Profundidade (DR)** =  $(CP/H_{\text{máx}})$ : 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 (HRPC)** =  $(PPC/H_{\text{máx}})$ : profundidade do pedúnculo caudal dividida pela altura máxima.
- **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)** =  $(SC/CP \times H_{\text{máx}})$ : área da nadadeira caudal dividida pelo produto do comprimento padrão e a altura máxima.
- **Razão Aspecto da nadadeira caudal (Ac)**: calculada pela expressão:  $A=HC^2/S$  (PAULY, 1998).
- **Índice de aceleração (IA)**: calculada pela relação  $IA= \Sigma(F_i/H_{\text{máx}})_i$  (PAULY, 1989) onde:

Hmáx = altura máxima do corpo;

Fi = é a profundidade de dez sucessivos cortes verticais do corpo, a partir da Hmáx até a parte de menor profundidade do pedúnculo caudal.

- **Velocidade Absoluta estimada do peixe (VA):** calculada a partir da expressão:

$$\log_{10} VA = -0,828 + 0,6196 \log_{10}(CP) + 0,3478 \log_{10}(A) + 0,7621M \text{ (SAMBILAY, 1990) onde,}$$

VA = velocidade absoluta estimada em Km/h;

CP = comprimento padrão;

A = “Aspect ratio” da nadadeira caudal;

M = índice referente ao modo natatório (vide SAMBILAY, 1990).

- **Velocidade Relativa estimada do peixe (VR):** calculada a partir da expressão:

$$\log_{10} VR = 0,616 - 0,3804 \log_{10}(CP) + 0,3478 \log_{10}(A) + 0,762M \text{ (SAMBILAY, 1990) onde,}$$

VR = velocidade relativa estimada em CP/s;

CP = comprimento padrão;

A = “Aspect ratio” da nadadeira caudal;

M = índice referente ao modo natatório (vide SAMBILAY, 1990).

- **Razão Aspecto da nadadeira peitoral (Ap) = (CNP/LNP):** comprimento da nadadeira peitoral dividido pela largura;

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

- **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.

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

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

Como a intenção é analisar separadamente as características morfológicas em tópicos específicos, os dados foram separados e testados de acordo com os grupos propostos a fim de facilitar as análises e a discussão dos resultados. Nesse caso as amostras foram separadas e comparadas entre indivíduos:

1. Machos e Fêmeas;
2. Adultos e Imaturos;
3. De diferentes classes de comprimento (mm): **(1):** 0-100; **(2):** 100-150; **(3):** 150-200; **(4):** 200-250; **(5):** 250-300; **(6):** 300-350; **(7):** 350-400 e **(8):** 400-450.

A comparação entre os dois primeiros grupos foi feita pelo método estatístico “t de Student” de comparação entre duas amostras, com nível de significância de 5%. Essa comparação foi feita somente com indivíduos capturados na bacia do rio Sorocaba dos quais foi possível a identificação dos sexos e estágios de maturidade classificados segundo Vazzoler (1996).

Para a comparação entre as diferentes classes de comprimento foi adotada ANOVA (5%) para os casos onde as variâncias foram homogêneas com análise a posteriori de Tukey a 5% e Kruskal-Wallis para os casos de variâncias não homogêneas, com análise a posteriori de Dunn. Anteriormente aos testes para classes de comprimento foi feita uma comparação dos índices e

valores relativos entre os indivíduos das bacias hidrográficas do Tietê (rios: Sorocaba, Corumbataí e Jacaré Pepira) e Grande (rios Pardo e Mogi Guassu).

Foi feita uma correlação Pearson (5%) entre os índices Velocidade Absoluta e Velocidade Relativa com as velocidades de corrente tomadas nos locais onde os indivíduos nas respectivas classes de comprimento foram capturados. Foi feita também correlações entre o comprimento padrão com os comprimentos padrão de suas presas ingeridas em menor grau de digestão, assim como entre as alturas da boca e altura máxima das respectivas presas ingeridas.

### **3.4) Relação massa-comprimento:**

A relação massa e comprimento foi obtida pela utilização da expressão  $P = aC^b$ , onde:

Os parâmetros “a” e “b” serão estimados por transformação logarítmica dos dados de massa e comprimento, que subseqüentemente será feito o ajuste de uma linha reta aos pontos pelo método dos mínimos quadrados. Depois de conseguidos esses valores foi feito o ajuste da curva de potência da relação massa/comprimento.

Neste item será feita uma comparação a partir do valor dos coeficientes de determinação e as equações correspondentes. As retas foram analisadas entre si a partir do teste análise de covariância com os logaritmos de comprimento e peso para ambas as análises propostas, no que diz respeito à declividade e ao intercepto para os diferentes crescimentos. Foi feita também uma análise com o teste Kolmogorov-Smirnov (VANZOLINI, 1993) para distribuição das freqüências nas classes de comprimento padrão entre as distribuições de fêmeas e machos.

## **4) Resultados:**

### **4.1) Índices e Valores Relativos**

#### **4.1.1) Machos e Fêmeas:**

Na comparação entre indivíduos machos ( $n = 09$ ) e fêmeas ( $n = 21$ ) de *Salminus hilarii* não foi encontrada nenhuma diferença significativa (tabela 1) nos índices e valores relativos calculados, evidenciando que não ocorre dimorfismo sexual, pelo menos, nas variáveis morfológicas calculadas (tabela 1). A única variável onde foi encontrada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) foi em relação às velocidades relativas (VR). (Figura 7).

Os gráficos comparando médias e desvios padrão obtidos para fêmeas e machos podem ser vistos nas figuras de 3 a 9.

#### **4.1.2) Imaturos e Adultos:**

Na comparação dos aspectos morfológicos entre os indivíduos imaturos ( $n = 11$ ) e adultos ( $n = 30$ ), nove dos dezoito índices e valores relativos calculados não apresentaram diferenças significativas: índice de compressão (IF) (figura 10); comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC), altura relativa do pedúnculo caudal (HRPC) e índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC) (figura 11); razão aspecto da nadadeira caudal, (Ac) (figura 12); área relativa da nadadeira peitoral (ARNP) e razão aspecto da nadadeira peitoral (Ap) (figura 15); largura relativa da boca (LRB), altura relativa da boca (HRB) e comprimento relativo da mandíbula (CRM) (figura 16).

Em relação às outras variáveis, estas foram significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) (tabela 2): a altura relativa (HR), a razão de profundidade (DR) (figura 10); área relativa da

nadadeira caudal (ARNC) e índice de aceleração (IA) (figura 12); velocidade absoluta (VA) (máxima e mínima) (figura 13); velocidade relativa (VR) (máxima e mínima) (figura 14); comprimento relativo da cabeça (CRCB) e diâmetro relativo do olho (DRO) (figura 17).

#### 4.1.3) Classes de comprimento:

A partir de comparações entre os indivíduos capturados nas duas sub-bacias Tietê e Grande, considerando as mesmas classes de comprimento, não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) dos valores relativos calculados entre os indivíduos de *S. hilarii* das sub-bacias dos rios Tietê (tabela 3). Já com relação aos índices, o único que não mostrou diferença significativa foi o índice de aceleração (IA). Tanto os valores calculados para as velocidades absolutas (VA), como relativas (VR) foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). A tabela 4 mostra o número de indivíduos analisados em cada bacia para cada classe de comprimento.

No que diz respeito às diferentes classes de comprimento, onze itens avaliados mostraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em pelo menos duas classes de comprimento: Os resultados dos testes entre as classes de comprimento dos índices e valores relativos calculados podem ser vistos na tabela 5.

Nos demais itens avaliados não foram encontradas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ), o índice de compressão (IF), comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC), altura relativa do pedúnculo caudal (HRPC), índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC), a razão aspecto da nadadeira caudal (Ac), área relativa da nadadeira peitoral (ARNP), a razão aspecto da nadadeira peitoral (Ap), largura relativa da boca (LRB) e altura relativa da boca (HRB).

Foram observadas correlações significativas (Pearson  $\alpha = 0,05$ ,  $P < 0,0001$ ) entre os valores calculados das velocidades absolutas (VA<sub>max</sub>:  $r = 0,9352$ ; VA<sub>min</sub>  $r = 0,9384$ ) e velocidades relativas (VR<sub>max</sub>  $r = -0,8664$ ; VR<sub>min</sub>  $r = -0,8662$ ) (Figura 37).

Também foram observadas correlações significativas (Pearson  $\alpha = 0,05$ ,  $P < 0,0001$ ) entre tamanho do predador e tamanho de presa ( $r = 0,7452$ ) (Figura 38a) e entre a altura da boca e a altura da presa ( $r = 0,8294$ ), sendo esta parecer mais coerente com a estratégia de caça de *S. hilarii* (Figura 38b).

Os gráficos comparando as médias e desvios padrão obtidos para as diferentes classes de comprimento podem ser vistos nas figuras de 18 a 35.

#### **4.2) Relação massa-comprimento:**

Para as análises da relação massa/comprimento foram usados 156 exemplares de *Salminus hilarii*, sendo 106 fêmeas, 23 machos e 27 imaturos.

O peso total foi de 40.860,97 g, sendo que as fêmeas contribuíram com 34.638,5 g. As fêmeas também apresentaram a maior massa média ( $326,7 \pm 152,06$  g) em relação aos machos ( $156,72 \pm 92,07$  g), assim como o maior comprimento médio ( $263,6 \pm 33,8$  mm) que os machos ( $203,8 \pm 33,6$  mm). Os imaturos apresentaram massa média de  $96,95 \pm 82,79$  g e comprimento médio de  $164,5 \pm 49,3$  mm.

As fêmeas de *Salminus hilarii* foram mais freqüentes nas classes de comprimento padrão de 210 a 330 mm, os machos foram freqüentes de 160 a 190 mm e de 210 a 240 mm e os imaturos de 100 a 130 mm. A análise com o teste Kolmogorov-Smirnov (Vanzolini, 1993) da distribuição das freqüências nas classes de comprimento padrão mostrou que houve diferença significativa ( $\chi^2 < 0,001$ ) entre as distribuições de fêmeas e machos.

As relações massa-comprimento de *Salminus hilarii* e as regressões lineares com os pares de dados plotados, os valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e as equações correspondentes

para todos os exemplares coletados e com os sexos separados estão apresentados na figura 17. A relação massa-comprimento de *Salminus hilarii* com os sexos grupados foi:  $P = 0,0000079 C^{3,1365}$ , sendo P o peso (g) e C o comprimento (mm). Para as fêmeas foi:  $P = 0,0000151 C^{3,020}$ , para os machos foi:  $P = 0,000001 C^{3,5071}$  e para os imaturos foi:  $P = 0,0000054 C^{3,2165}$ .

No que diz respeito à declividade para os diferentes crescimentos, as retas foram comparadas pelo teste de análise de covariância com os logaritmos de comprimento e peso, não foi encontrada nenhuma relação significativa ( $P < 0,05$ ), mostrando que existe uma distinção das relações peso-comprimento entre os grupos considerados (Figura 39).

## 5) Discussão:

### 5.1) Aspectos gerais da morfologia de *Salminus hilarii*

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 alimentação destes peixes pode trazer informações básicas sobre a ocupação de nichos ecológicos e suas adaptações para tal ocupação (CARNEIRO, 2003).

Incluída dentro dessa ordem, a tabarana, *Salminus hilarii* é um peixe que se caracteriza como sendo predadora piscívora (GODOY, 1975; IHERING, 1969; SANTOS, 1987, VILLARES JR, 2006), apresentando um padrão morfológico semelhante a *Salminus brasiliensis*, diferenciando-se pela coloração que é branca e prateada no fundo, além de geralmente apresentar menor tamanho.

Apresenta como configuração típica o corpo alongado e fusiforme. O perfil dorsal é convexo, embora essa convexidade mude durante a vida do peixe, tornando-se maior à medida que o peixe fica mais velho (Figura 1). O perfil ventral é relativamente pouco convexo (GODOY, 1975).

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). 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. Essa é a forma de peixes de natação periódica e sustentada (KEAST & WEEB, 1969). Aspectos concomitantes ao gênero *Salminus*, pois os Salmininae são característicos de

águas movimentadas e rápidas como as corredeiras de grandes rios (GODOY, 1975; IHERING, 1969; SANTOS, 1987), assim excelentes nadadores e espécies migradoras típicas (BREDA *et al.*, 2005).

Por outro lado, peixes com corpos truncados e nadadeiras arredondadas, com baixa razão aspecto e grande área, são consideravelmente nadadores lentos, mas com capacidade de arrancadas rápidas e manobras, incapazes de nadar em alta velocidade por um longo período de tempo (WEBB, 1966).

A nadadeira caudal apresenta a forma furcada (figura 1) como também observado por Carneiro (2003) para *S. brasiliensis*, com coloração vermelha e mancha negra ao longo dos raios medianos. Peixes com esse tipo de nadadeira estão em constante movimento e esta possibilita um arranque regular e uma boa manutenção da velocidade (BOND, 1979; CARNEIRO, 2005). Sambilay (1990) cita como valores extremos *Tunnus obesus* com nadadeira caudal tipo lunada, com grande altura e baixa área, típica de peixes com alta atividade metabólica e natação constante. O outro valor extremo citado é *Pomatochistus minutus*, com nadadeira caudal baixa e de grande área, comum em peixes de baixo metabolismo e de arrancadas.

A nadadeira dorsal tem forma trapezoidal posicionando-se um pouco antes da metade do corpo (no comprimento total). A nadadeira anal é alongada com uma concavidade suave na sua parte anterior. Como em algumas espécies de caracídeos *S. hilarii* apresenta na anal uma característica sexual secundária nos machos durante a piracema, caracterizada por forte formação de espículas ao longo dos primeiros raios que podem ser sentidos ao passar dos dedos (GODOY, 1975; MORAIS-FILHO & SCHUBART, 1955). As nadadeiras ímpares (dorsal e anal) têm como principais funções promover a estabilidade impedindo a rotação do corpo em torno do seu eixo horizontal quando realizam guinadas rápidas (BOND, 1979).

As nadadeiras pares (peitorais e pélvicas) apresentam forma fusiforme com uma concavidade no seu limite inferior (figura 1) e apresentam uma ampla separação entre o termino da peitoral e a base da pélvica (GODOY, 1975).

A cabeça é afilada na sua parte anterior e proporcionalmente grande com uma boca do tipo terminal com uma ampla abertura, embora não extensível. A mandíbula projeta-se um pouco anteriormente em relação ao pré-maxilar (Figura 1) (GODOY, 1975). Esse tipo de boca é característico de peixes que capturam seu alimento através do fechamento das fortes mandíbulas (ALEEV, 1969). Os maxilares são providos de numerosos dentes distribuídos em duas séries no pré-maxilar e duas séries no dentário, os dentes da série interna são menores e semi-ocultos sob a pele da boca. A mandíbula é denteada ao longo da sua borda (BRITSKI, 1984). Os dentes são pontiagudos e voltados para o interior da boca, caracterizando-se como um peixe essencialmente carnívoro (GODOY, 1975).

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 à meia-água ou próximo da superfície (ALEEV, 1969).

Os olho são relativamente grandes e posicionados lateralmente. A posição dos olhos é usada para determinar os hábitos preferenciais de vida. Em peixes marinhos olhos laterais são típicos de peixes pelágicos (ALEEV, 1969). Em água doce a terminologia usada para peixes que ocupam a meia-água é nectônico (LINCOLN, 1995). São peixes de natação contínua ocupando várias partes da coluna d'água, com muitas vivendo em regiões de águas rápidas, como riachos, sendo esta a forma mais comum encontrada em Characidae (CASATTI & CASTRO, 2006).

## 5.2) Índices e Valores Relativos:

### 5.2.1) Índice de Compressão (IF), Altura Relativa (HR) e Razão de Profundidade (DR)

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) Os IF, HR e DR são medidas hidrodinâmicas relacionadas com a forma do corpo e ao movimento dos peixes na coluna d'água.

Supõe-se que a forma primitiva dos corpos dos peixes seja aproximadamente fusiforme. Partindo dessa hipótese, as várias adaptações a diferentes modos de vida especializados divergem em três direções: compressão, depressão e alongamento. Aproximações para a forma fusiforme ideal são retidas por muitos peixes pelágicos e nadadores rápidos como os Scombridae e muitos tubarões (LAGLER, *et al.*, 1977).

O índice de compressão está relacionado com a velocidade da água no habitat onde o peixe vive, baixos valores de IF estão relacionados a peixes que nadam em águas com correnteza mais forte Gatz Jr. (1979a), reforçando o conceito de corpo fusiforme citado anteriormente.

O IF é favorecido em peixes com corpo do tipo fusiforme ou próximo deste, onde a turbulência na água provocada pelo nado tem menor influência na região posterior. Esse fato converge com as características da espécie estudada e onde vive, locais de águas movimentadas e maior velocidade de corrente. Valores próximos dos IF calculados para *S. hilarii* foram observados em *S. brasiliensis* (1,970) e *Leporinus obtusidens* (1,950) (CARNEIRO, 2003), peixes que vivem em condições ambientais semelhantes a *S. hilarii* dentre os Characiformes.

Em nenhuma das categorias avaliadas foi encontrada diferença significativa no IF indicando que tanto os indivíduos menores quanto os de maior tamanho são capazes de se manter em áreas de águas proporcionalmente rápidas (Figuras 3, 10, 18). Fato reforçado entre as correlações das velocidades de corrente observadas com os valores de velocidades absolutas e velocidades relativas calculados para as respectivas classes de comprimento estabelecidas (Figura 37). Uma das variáveis mais importantes para o cálculo dessas velocidades, portanto, é o comprimento padrão (SAMBILAY JR., 1990).

A altura relativa está relacionada inversamente com a velocidade de corrente e diretamente com a capacidade de produzir movimentos verticais (ALEEV, 1969; GATZ JR, 1979). Em *S. hilarii* foi observado o oposto, excluindo a primeira classe de comprimento (0-100 mm), a medida que os indivíduos aumentam de tamanho, os seus respectivos valores de HR também (Figura 19), isto é passam a ficar mais altos, reafirmando a diagnose feita por GODOY (1975).

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 performance em ambientes estruturalmente complexos (NEVES & MONTEIRO, 2003).

Mesmo com aumento proporcional da altura relativa, essa foi baixa, mesmo nas maiores classes de comprimento (HR% = 27%), comparada ao outro nadador ativo de mesmas características *S. brasiliensis* (HR% = 28%) (CARNEIRO, 2003).

A única exceção encontrada foi na primeira classe de comprimento, com o corpo relativamente mais alto em relação às duas classes de comprimento posteriores (Figura 19). Nessa fase os indivíduos encontram-se próximo da vegetação Takahashi (em. com. pess.) de

acordo com o argumento de que uma maior altura possibilita uma maior manobrabilidade para se deslocar em um ambiente cheio de obstáculos, como nesse caso a vegetação. É atualmente reconhecida a importância do habitat marginal para larvas, jovens e espécies de peixes pequenos tanto para riachos como para rios de grande porte (RINCON, 1999).

A forma do corpo é uma importante característica na evolução dos peixes devido a influência na eficiência de locomoção em diferentes ambientes, particularmente no comportamento de forrageamento e evasão de predadores (NEVES & MONTEIRO, 2003).

O uso do habitat pode variar em número ou em escalas espaciais. Em uma escala intermediária os peixes pequenos ou juvenis de muitas espécies podem ser encontrados em águas mais lentas do que adultos co-específicos (LUKOSCHEK & McCOMICK, 2001).

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 *S. hilarii* enquadra-se perfeitamente dentro dessa categoria de bons nadadores em todas as classes de comprimento.

A razão de profundidade é uma característica que pode afetar a manutenção da velocidade do peixe. Pequenos valores de DR são típicos de peixes que nadam em baixa velocidade e que apresentam corpo truncado (WEBB & WEHIS, 1986). 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). Os resultados obtidos para o DR em todas as categorias avaliadas foram opostas aos obtidos para HR.

A intensidade da fricção, resultante do turbilhonamento, depende da área superficial, do tamanho do peixe e do coeficiente de arrasto. O coeficiente de arrasto é influenciado pela forma do corpo e pela intensidade de movimentos laterais do corpo. Também a intensidade de fricção,

em um peixe com natação contínua e estável vai depender da sua velocidade, pois a fricção aumenta na proporção ao quadrado da velocidade de natação. A força requerida para suportar esse efeito é igual a força de arrasto multiplicada pela velocidade de natação. Essa força aumenta na proporção ao cubo da velocidade de natação (JOBILING, 1995).

Em peixes piscívoros, o corpo tende a ser alongado e seus DR(s) 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 de DR para *Galeocharax knerii* (3,186), *Prochilodus lineatus* (2,858) e *Cyphocharax nagelli* (2,838) e, para as espécies piscívoras os valores encontrados foram os mais altos 3,957 para *Hoplias malabaricus* e 3,523 para *S. brasiliensis*. Isso explica os valores mais baixos dessa variável para os indivíduos maiores, os quais encontram-se nas áreas de águas rápidas e que necessitam de maior destreza por parte do peixe (Figuras 3, 10, 20).

Os valores contrários ao esperado (HR e DR) reforçam a idéia de que uma análise morfofuncional relacionada a aspectos da natação em peixes deve tratar suas variáveis conjuntamente. No caso de *S. hilarii* o aumento em sua altura foi compensado proporcionalmente pelos valores de IF, que não mostrou diferença significativa.

Três hipóteses podem ser levadas em questão sobre isso: 1º o aumento gradativo na altura dessa espécie pode estar relacionada com a capacidade de superar locais de forte correnteza e obstáculos como pedras e quedas d'água, 2º compensar e/ou minimizar as estratégias de fuga das presas, 3º uma adaptação para fuga de predadores maiores simpátricos como *S. brasiliensis* e *Pseudoplatystoma corruscans*.

Comparando os resultados obtidos para IF e HR com os do DR pode-se dizer que com estes três itens indicam a boa eficiência natatória dessa espécie em condições difíceis, como as corredeiras onde vivem.

### **5.2.2) Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (CRPC), Altura Relativa do Pedúnculo Caudal (HRPC), Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC)**

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

Vários autores têm classificado diferentes modos de natação em peixes. Lindsey (1978) fez uma classificação baseada nas estruturas do corpo utilizadas no movimento, considerando a forma do corpo e os movimentos das nadadeiras e como esses conjuntos são utilizados. Os extremos são a natação por ondulação, observado em *Anguilla anguilla* e oscilação, típicas em grupos mais derivados como Scombridae e peixes de recifes de coral. Segundo esse tipo de natação o modo mais próximo para *S. hilarii* é o modo Carangiforme da qual somente a parte posterior do corpo é capaz de realizar flexões laterais. O modo Carangiforme é típico de espécies de peixes rápidos e, provavelmente mais eficiente do que o modo Anguiliforme (ver LINDSEY, 1978).

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 à locomoção. No conceito pedúnculo caudal, a classificação de Webb (1984) parece ser mais plausível. O modo de natação mais coerente para *S. hilarii* 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, tendo como exemplo, citado por Breda *et al.* (2005) o seu congênere *S. brasiliensis*.

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).

Quanto à altura relativa do pedúnculo caudal, os peixes que apresentam altos valores desse índice são considerados como menos hidrodinâmicos, de modo que a natação favorece mais o arranque do que o desenvolvimento e manutenção de grandes velocidades (PAULY, 1989 e WEBB, 1984).

Altos valores de HRPC 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).

Segundo Aleev (1969) ocorrem duas forças de resistência ao deslocamento do peixe pela coluna de água: a resistência da cabeça dependente da forma do corpo, e a resistência na região posterior do corpo (resistência de fricção), onde o turbilhonamento da água produzido pela passagem da região anterior do corpo afeta esta região, sendo dependente tanto da forma, quanto da natureza da superfície do corpo.

Entre os Characiformes, *S. brasiliensis*, espécie semelhante a *S. hilarii*, apresentou valor intermediário (0,353) sendo os extremos obtidos para *Hoplias malabaricus* (0,540) e *Serrasalmus marginatus* (0,200) (CARNEIRO, 2003).

Altos valores do índice de compressão do pedúnculo caudal indicam pedúnculos comprimidos (achatados lateralmente), dos quais são típicos de peixes nadadores pouco ativos. O ICPC relaciona-se inversamente com a amplitude de movimentos de natação (GATZ JR., 1979a). Para o ICPC vale o mesmo argumento discutido em HRPC, que quanto mais alto é o pedúnculo caudal, maior será a intensidade de efeito de refreamento produzido pelo turbilhonamento da água.

O 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. Exemplos clássicos de peixes com esse tipo de morfologia são os “cascudos” (Loricariidae), grupo altamente especializados em viver em locais de águas rápidas com corpos deprimidos, quase sempre parados fixados nas rochas pelas nadadeiras peitorais e/ou discos succionais na boca (CASATTI & CASTRO, 2006; FERREIRA, 2007).

Segundo o mesmo princípio do IF, para peixes ativos os melhores valores de ICPC também são os intermediários, com uma secção circular. Pedúnculos caudais estreitos e de comprimento médio somados a corpos fusiformes são adaptações típicas em peixes piscívoros que têm que nadar por longos períodos e usar rápidas investidas (WEBB, 1966).

Em nenhum desses itens foram encontradas diferenças significativas nas categorias avaliadas, indicando que há um equilíbrio hidrodinâmico no pedúnculo caudal entre a redução de turbilhonamento, e em consequência o arrasto, e a musculatura necessária para a capacidade de natação nas condições de águas turbulentas e rápidas, independente do tamanho corporal. Este fato que condiz com os valores observados na comparação entre imaturos a adultos (figura 11) e entre as classes de comprimento (figuras 21,22, 23).

### **5.2.3) Área Relativa da Nadadeira Caudal (ARNC) e Razão Aspecto da Nadadeira Caudal (Ac)**

Muitos peixes nadam contra a água pelo batimento da sua parte posterior com ondulações de seu corpo e suas nadadeiras (LINDSEY, 1978).

As nadadeiras dos peixes são usadas para estabilidade, propulsão, freamento 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).

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 grupos de peixes mais derivados as nadadeiras tornaram-se mais especializadas para funções específicas, que estão relacionadas à sua disposição e posição no corpo (ALEEV, 1963), com uma maior adaptação para manobras em vez de maior capacidade de

velocidade. 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. Dessa forma o movimento ascendente é observado quando o lobo superior se move mais rapidamente e vice versa (GOSLINE, 1971).

Nadadeiras caudais largas, isto é, com maior área, indicam que os peixes produzem partidas rápidas (arranques) e tendem a apresentar hábitos mais bentônicos (ALEEV, 1969; SAMBILAY, 1990; SMITH, 2003; WEBB, 1966) e com maior capacidade de realizar manobras (JOBBLING, 1995; VIDELER, 1993).

Altos valores de ARNC indicam que as nadadeiras caudais são capazes de movimentos rápidos e de grande amplitude, necessária para o modo de natação típica de muitas espécies bentônicas (CASATTI & CASTRO, 2006).

Em *S. hilarii* foi observado uma redução gradativa nas ARNC (Figura 24) das menores para as maiores classes de comprimento. Proporcionalmente (Figuras 1a e 1b) observa-se que em uma mesma escala de comprimento as nadadeiras caudais mantiveram proporcionalmente próximas em área. O que diferencia uma classe de comprimento da outra é o aumento corporal, já discutido anteriormente, havendo dessa forma um aumento na massa muscular com uma progressiva e proporcional redução na área relativa da nadadeira caudal. Isso talvez seja uma adaptação compensatória para maior capacidade de natação em águas rápidas pela forma do corpo, aumento de musculatura para o nado no pedúnculo caudal com redução das forças de arrasto resultantes das nadadeiras caudais com maior área.

Com área de nadadeira caudal relativamente mais baixa, é possível para o peixe manter uma frequência de batidas desta nadadeira maior, possibilitando maior velocidade (CARNEIRO, 2003) e conseqüente menor gasto energético.

A razão aspecto da nadadeira caudal é utilizada como referência para análise do comportamento natatório (PAULY, 1989).

Altos valores de “A” 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 mantêm um nível elevado de velocidade. Em função disso vários autores apontam haver forte correlação entre a razão aspecto e o modo de vida dos peixes (ALEXANDER, 1967; PAULY, 1989; GATZ JR, 1979a; ALEEV, 1969; SAMBILAY, 1990; WEBB, 1986; VIDELER, 1993).

Quando um peixe se desloca na coluna d’água, sua região anterior do corpo gera uma certa turbulência, sendo que em peixes que apresentam altos valores de “A” e com menor capacidade de arranque, devido a pouca área superficial de sua nadadeira caudal em relação à altura desta, sofrem menos os efeitos desta turbulência, justamente por terem área superficial menor nesta nadadeira, tendo assim, menor interferência em suas velocidades finais. Já peixes com valores baixos dessa variável apresentam maior área superficial nesta nadadeira, possibilitando maior arranque, porém sofrendo maior refreamento em sua velocidade, em função da turbulência referida acima, que diminui sua velocidade final.

Os extremos de  $Ac$  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 de  $Ac$ . Geralmente não são bons nadadores para natação contínua à alta

velocidade. Peixes que apresentam essa característica exibem melhor desempenho em locais heterogêneos espacialmente e, suas nadadeiras são flexíveis, o que permite ajustes finos de posição (GOSLINE, 1971) como alguns Perciformes.

Para *S. hilarii* os valores de Ac não variaram significativamente (Figuras 5, 12, 25) mostrando que a espécie mantém o mesmo padrão de natação independente do tamanho. Carneiro (2003) destacou *S. brasiliensis* entre os valores mais altos desse índice (5,28) entre nove espécies de Characiformes. O autor comenta que espécies que realizam a chamada “piracema” possuem altos valores de Ac (entre 3 a 5). Dessa forma, os altos valores de Ac possibilitam uma melhor manutenção de velocidade com melhor eficiência do órgão locomotor para este fim, isto é, subir manter-se em condições de águas rápidas e movimentadas, possibilitando menor gasto energético. Este argumento também é válido para o modo de vida e as características dos locais onde *S. hilarii* é encontrada.

Através da análise conjunta da redução da ARNC e não diferenciação da Ac nos diferentes tamanhos de *S. hilarii*, somados a outros elementos da sua morfologia, reforça-se as adaptações e habilidades que essa espécie apresenta para as condições que está sujeita.

Keast & Webb (1966) comentam sobre correlações entre as formas das nadadeiras e, forma do corpo com as habilidades locomotoras e a utilização de microhabitats.

O corpo fusiforme e tubular, pedúnculo caudal estreito, nadadeiras furcadas e eficiente superfície de propulsão somadas a bocas grandes e com fortes mandíbulas são especializações dos peixes piscívoros (WEBB, 1966).

#### **5.2.4) Índice de Aceleração (IA), Velocidade Absoluta (VA) e Velocidade Relativa (VR)**

O desempenho de natação afeta vários aspectos da ecologia dos peixes como a aquisição de vantagens para predação e adaptação para o ambiente. Conseqüentemente o desempenho de natação tem sido por longo tempo um tópico de considerável interesse para ecólogos (FISHER & HOGAN, 2007).

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).

A capacidade de natação dos peixes pode ser vista sob duas categorias: natação periódica ou arranque. As velocidades que caracterizam a natação periódica são as velocidades de cruzeiro e a velocidade de sustentação, caracterizadas pela repetição cíclica de movimento (MARTINEZ, 2003).

Santos *et al.* (2008) define a velocidade de cruzeiro, ou permanente, como aquela que ocorre em velocidade constantes e lentas, caracterizando-se pelo máximo rendimento do peixe, isto é, com menor gasto energético para manutenção da velocidade constante necessária para se manter na coluna de água. Já na velocidade de sustentação o peixe mantém-se nadando com uma velocidade maior que a de cruzeiro e é aquela que o peixe consegue se manter ou sustentar por um certo período de tempo determinado, porém promovendo um consumo de energia maior do que a velocidade de cruzeiro.

Nos movimentos transientes, ou seja, não permanentes, concentram-se as partidas rápidas (arranques), escapadas, e as viradas. Geralmente levam milissegundos para serem executados atingindo altíssimas velocidades em intervalos muito curtos de tempo e são amplamente empregados na caça de presas e/ou fuga de predadores (MARTINEZ, 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 profundidade relativa e comprimento do pedúnculo caudal intermediários e, auxiliada por uma ampla área de nadadeira caudal (JOBBLING, 1995).

Segundo o autor a propulsão fornecida pelo tronco e nadadeira caudal é, mecanicamente, a forma mais eficiente dos sistemas de natação conhecida, encontrada em quase todos os grupos de peixes. É o sistema que proporciona alcançar altas taxas de aceleração.

O IA é o resultado direto da forma do peixe na sua parte posterior, a partir do seu ponto de altura máxima até a menor medida no pedúnculo caudal (PAULY, 1989).

Peixes que apresentam IA com valores altos, têm na forma de seu corpo, diminuição gradativa a partir de sua profundidade máxima em direção à cauda, menor que em peixes com IA mais baixos. Este fato implica que IA alto é sinal de maior massa muscular na região posterior do peixe, possibilitando a estes fortes arranques (CARNEIRO, 2003; WEBB, 1984). A grande diferença entre os imaturos e adultos condiz com os argumentos citados anteriormente (Figura 12). Os imaturos, ou seja, os indivíduos de menor tamanho, localizam-se em áreas de águas mais lentas, onde é exigido menor esforço para se manterem no curso d'água, valendo-se mais desta musculatura, auxiliadas pela maior área relativa de nadadeira caudal, em situações repentinas, como por exemplo, na caça de uma presa ou fuga de um predador. Para os adultos há uma musculatura mais desenvolvida na região caudal para, além de se manterem na coluna d'água

rápida, estes tem de sair à procura e caça de suas presas em locais onde é exigida maior capacidade de aceleração.

Peixes que ocupam diferentes ambientes possuem diferentes estratégias para sobreviver nos respectivos ambientes particulares. Podem ter diferentes modos de movimento e diferentes modos de natação (FISHER & HOGAN, 2007).

Os autores comentam mudanças nas relações da morfologia do corpo e nas habilidades de natação em peixes juvenis, que podem ser diferentes em relações aos adultos.

Ainda nesse contexto observa-se um aumento gradativo nos valores de IA dos indivíduos menores para os maiores (figuras 26), indicando também uma correlação com a velocidade de corrente e onde as respectivas classes de comprimento são encontradas mais freqüentemente (figura 37).

Muitos ambientes aquáticos possuem habitats 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).

Em resumo, para os adultos o ambiente apresenta um custo energético relativamente maior em relação aos imaturos fazendo-se mais necessária uma musculatura mais desenvolvida na região posterior do corpo devido às condições em que esses animais vivem. É provável que a compensação dos juvenis viverem em locais mais rasos e calmos que os adultos, além de os manterem a certa distância de predadores potenciais (inclusive de sua própria espécie) propicie um direcionamento mais adequado das reservas energéticas obtidas para o seu crescimento, que nessa fase é bem mais acelerado (VAZZOLER, 1996). Em peixes a forma do corpo e, quanto maior for o seu tamanho, requerem um maior gasto de energia para se mover em um ambiente cuja densidade é 800 vezes maior que o ar (BOND, 1979; SCHMDTT-NIELSEN, 1996).

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).

Em sua análise Carneiro (2003) encontrou valores de IA próximos a *S. hilarii* em *Leporinus obtusidens* (IA = 36,32), *Prochilodus lineatus* (IA = 35,89) e *S. brasiliensis* (IA = 35,31), espécies reofílicas e simpátricas à estudada e, com comportamentos natatórios similares.

Talvez o primeiro trabalho realizado sobre velocidade de peixes seja de 1893, realizado por Regnard, que mediu a velocidade máxima de natação de pequenos peixes em um canal isolado (FISHER & HOGAN, 2007).

As velocidades absolutas podem ser vista sob dois enfoques. A velocidade mínima ou de sustentação em peixes pode ser entendida como uma velocidade em atividade rotineira (LAGLER et al. 1977), como a velocidade de cruzeiro descrita por Santos *et al.*, (2008) utilizadas pela musculatura vermelha com metabolismo aeróbico. Nesse contexto é importante salientar a importância da natação do tipo sustentada que permite ao peixe manter-se nadando com uma velocidade maior durante um certo período de tempo, porém com um consumo maior de energia (SANTOS *et al.*, 2008). Este tipo de natação é importante principalmente para espécies reofílicas durante a subida dos rios (que estão cheios e com maior correnteza) durante o período de desova.

As velocidades de natação permanente ou máximas estão diretamente relacionadas com a captura de presas, fuga de predadores e na reprodução (VIDELER, 1993).

A velocidade máxima ou de arranque é vital para espécies predadoras na captura de alimento e para desovas de peixes que realizam a piracema, sendo importante para superar obstáculos, saltando sobre quedas d'água ou nas escadas feitas em barragens (CARNEIRO, 2003). Atingem altíssimas velocidades em intervalos muito curtos de tempo (< 15-20 segundos)

envolvendo fibras da musculatura branca com uso de metabolismo anaeróbico (SANTOS *et al.*, 2008).

Quando um peixe realiza uma arrancada como uma investida em direção a uma presa ou tenta fugir de um predador, a taxa de aceleração é enorme e a velocidade pode aumentar de zero até 1,0-1,5 m/s em um espaço de 50-150 metros. A aceleração é geralmente produzida pela maior amplitude de movimentos laterais da região caudal. É raro ter mais do que poucas batidas para realizar esses movimentos de arranque (JOBILING, 1995).

Em relação à alimentação, ter uma VA máx alta pode possibilitar uma tática de predação peculiar. Com esta o predador pode aproximar-se de presas em tempo menor que predadores mais lentos e assim, apresentar a seu favor, o fator surpresa e não necessariamente, utilizá-la em possíveis perseguições (CARNEIRO, 2003).

O autor comenta que espécies de comprimentos padrão menores apresentam VA menores, condizendo com os resultados obtidos para os imaturos e adultos, assim como para o aumento gradativo dos valores entre os indivíduos menores para os maiores, semelhante ao padrão seguido para os índices de aceleração, tanto para as velocidades absolutas máximas, quanto mínimas (figuras 13, 27).

Villares Jr. (2006) observou que os itens preferenciais na dieta de *Salminus hilarii* no rio Sorocaba foram espécies do gênero *Astyanax* com uma divisão nos itens consumidos entre os grupos de menor tamanho, até 150 milímetros, (imaturos) consumindo mais *A. altiparanae* e os maiores, acima de 200 milímetros, (adultos) que consumiram mais *A. fasciatus*, assim como no tamanho dessas presas.

Tendo como referência os dois comentários anteriores, nesse caso, as presas sempre terão velocidades absolutas máximas menores (VA máx = 6 Km/h) (CARNEIRO, 2003) em relação ao predador (VA máx = 10 Km/h) considerando indivíduos adultos. Uma boa abordagem é tentar

montar uma relação com as velocidades máximas do predador e suas presas. Mas tentar montar essa relação somente baseada em dados de velocidade é muito vago. Para uma análise mais aprofundada e correta é necessário fazer uma relação não somente baseando-se nas velocidades desses peixes, mas sim integrando outros aspectos morfológicos relacionados à natação, sensoriais, além de incluir também aspectos comportamentais e biológicos das espécies envolvidas.

Segundo WEBB (1986) a velocidade absoluta alta nem sempre é fundamental no que se refere a 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. Mesmo com morfologia e habilidades diferentes, peixes predadores parecem ter essas mesmas interações com suas presas, podendo variar seu comportamento antes do contato (CARNEIRO, 2003).

Espécies com comprimento padrão menores, em consequência VA menores, e que nadam ativamente na coluna d'água (como *Astyanax*), podem depender mais de seus órgãos de sentidos para perceberem, antecipadamente, predadores e possíveis ataques (CARNEIRO, 2003).

Na variável de velocidade relativa foi observado o contrário: nestas os maiores valores foram encontrados nos indivíduos imaturos (Figura 14) assim como uma diminuição gradativa dos indivíduos maiores para os menores (Figura 28). Sobre isso, Sambilay (1990) propõe que quando comparados os valores da velocidade relativa observa-se que peixes, com comprimentos padrão menores apresentam os maiores valores relativos desta variável. Isto pode ser explicado pelo fato de ocorrerem com maior intensidade os efeitos de refreamento do peixe, produzidos pela força de fricção, que aumenta, de forma não linear, em relação ao comprimento padrão do peixe Alev (1969). Esse resultado já é previsto, uma vez que a fórmula proposta para VR é inversamente proporcional ao comprimento padrão.

Para machos e fêmeas, as diferenças entre as velocidades relativas podem ter sido influenciadas pelo comprimento padrão (Figura 7), o qual é uma variável importante no modelo do cálculo das velocidades, pois o comprimento padrão das fêmeas foi em média maior em relação aos machos, motivos pelos quais já foram discutidos anteriormente.

Segundo Jobling (1995) a força que age sobre o peixe depende da própria velocidade, aumentando ao quadrado em relação a um aumento linear da velocidade. A energia gasta para nadar aumenta ao cubo em relação à velocidade do peixe.

### **5.2.5) Razão Aspecto da Nadadeira Peitoral (Ap) e Área Relativa da Nadadeira Peitoral (ARNP)**

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).

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 ginadas laterais (BREDA *et al.*, 2005, JOBLING, 1995). A manutenção de equilíbrio e frenagens são funções extremamente conectadas (ALEEV, 1969).

A performance de locomoção das nadadeiras peitorais sobre todos os estilos de natação são influenciadas pelas suas formas. Peixes de corredeira possuem nadadeiras peitorais geralmente longas e furcadas, já em peixes nadadores lentos suas nadadeiras são comumente retangulares, arredondadas ou em forma de espátula (WEBB, 1966; GOSLINE 1971).

Apesar da diversidade de morfológica em Actinopterygii, é possível delinear algumas tendências evolutivas com a utilização de grupos chave de peixes baseados na posição anatômica da nadadeira peitoral e a orientação da sua base, que é definida pelo ângulo de inclinação da inserção da peitoral no corpo, passando de uma posição mais ventral e orientação mais horizontal em grupos mais antigos, (Ostaryophysi) para um posicionamento lateral no corpo e orientação vertical em grupos mais atuais como em Acantopterygii (BREDA *et al.*, 2005; GOSLINE, 1971).

Em grupos de peixes mais antigos e em tubarões a superfície das nadadeiras peitorais e pélvicas, são horizontais quando estendidas, funcionando como leme para controle do curso vertical durante a locomoção (GOSLINE, 1971; ALEXANDER, 1967).

As nadadeiras pares, particularmente as peitorais não são importantes somente nas frenagens, mas também dão a possibilidade de improváveis direções e melhor controle sobre essas mudanças de direção (JOBILING, 1995).

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 área relativa da nadadeira peitoral está diretamente relacionada à capacidade de frenagens, manutenção de posição na coluna d'água e regulação de movimentos de aceleração e parada (GOSLINE, 1971). Valores altos são encontrados em nadadores lentos, que usam a nadadeira para manobras e frenagens, ou habitantes de águas correntes que as usam como defletores de corrente, possibilitando contato com o solo (cascudos) (CASATTI & CASTRO, 2008; FERREIRA, 2007; GATZ JR., 1979a).

A razão aspecto da nadadeira peitoral é a razão entre o comprimento da nadadeira peitoral 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.

Em *S. hilarii* nenhuma dessas características morfológicas mostraram diferenças significativas entre os grupos testados, evidenciando que não ocorre diferenciação na nadadeira peitoral no desenvolvimento dessa espécie, assim como no uso da nadadeira peitoral. Essas características indicam o comportamento nectônico, ou seja, nadadores ativos em várias partes da coluna d'água. Peixes com essa característica apresentam nadadeiras peitorais relativamente pequenas e alongadas.

Dentro desse grupo, as espécies que vivem em regiões mais pelágicas apresentam nadadeiras peitorais mais estreitas e falcadas (GOSLINE, 1971). Peixes pelágicos (Scombridae, Carangidae) que nadam próximo à superfície dificilmente encontram obstáculos, portanto a necessidade de freadas repentinas é rara. Já o equilíbrio desses peixes em altas velocidades é facilmente mantido por poucas mudanças na posição das nadadeiras pares. Nesses peixes as nadadeiras pares e a caudal geralmente tem uma capacidade limitada para movimentos independentes (ALEEV, 1969).

Embora se tenha observado modificações no formato do corpo de *S. hilarii*, esta mantém um padrão corporal fusiforme. Quando totalmente aberta, a nadadeira peitoral é ampla (Figura 1) se comparada aos peixes pelágicos. Essa característica somada ao aumento lateral do corpo indica a importância dessa nadadeira também na realização de manobras e frenagens, movimentos importantes para as condições onde essa espécie vive.

Drucker & Lauder (2003) observou em salmões que durante a locomoção, a peitoral permanece próxima ao corpo para minimizar a resistência com a água e quando iam realizar uma mudança de direção ou frenagens, esses peixes abriam e expendiam as peitorais formando ângulo reto com o corpo.

Comumente grupo de peixes com comportamento nectônico apresentam, além de nadadeiras pequenas e alongadas, corpos lateralmente comprimidos, que aumentam a capacidade de movimentos verticais na coluna d'água (CASATTI & CASTRO, 2006; FERREIRA, 2007, GATZ JR, 1979a; WEBB, 1966).

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 filogeneticamente (ALEEV, 1969).

#### **5.2.6) Largura Relativa da Boca (LRB), Altura Relativa da Boca (HRB) e Comprimento Relativo da Mandíbula (CRM)**

O comportamento de alimentação em peixes é uma característica formulada durante a evolução, fixando o espectro alimentar o qual ela é apta a selecionar, capturar e digerir. A adaptação para um tipo de alimentação em particular pode não permanecer constante ao longo da vida do peixe. Durante o processo de desenvolvimento do peixe, podem ocorrer mudanças em sua alimentação, podendo este fato estar relacionado diretamente com mudanças em sua estrutura morfológica (NIKOLSKII, 1963).

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 freqüentes nas características relacionadas ao habitat e no comportamento de forrageamento

e menos freqüentes nas características relacionadas ao tamanho e o tipo de presa (GATZ JR, 1981).

A disponibilidade de alimento, talvez, possa ser um dos fatores que impossibilitem o estabelecimento de relações entre a dieta e morfologia em casos que as espécies são da mesma categoria trófica. Entretanto espécies envolvidas no estudo podem fornecer informações úteis sobre a partilha do habitat pelas mesmas. 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).

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). A estrutura trófica, é congruente com as dietas observadas e as formas do corpo incluindo o uso de microhabitats (DOUGLAS & MATTHEWS, 1992).

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 estão obviamente relacionados para a principal categoria de alimento consumida, mas podendo mostrar alguma flexibilidade nos tipos de comportamento alimentar (JOBBLING, 1995).

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 (JOBBLING, 1995).

O tamanho relacionado a mudanças morfológicas são importantes em relação a muitos aspectos do aparato alimentar dos peixes, como comprimento da mandíbula, altura e largura da boca (LUKOSCHEK & McCOMICK, 2001).

Os valores relativos tanto da largura, altura e o comprimento da mandíbula estão relacionados diretamente com a capacidade de abertura da boca. Altos valores indicam uma alimentação baseada em itens alimentares de porte relativamente grande (TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007).

Assim como para algumas características morfológicas obtidas para *S. hilarii*, duas das características da boca também não mostraram diferenças significativas nos valores relativos HRB, LRB (Figuras 32, 33) na comparação entre indivíduos de diferentes tamanhos.

Em espécies piscívoras as dimensões relativas do aparato bucal aumentam alométricamente com o tamanho do peixe. As proporções entre a mandíbula e o tamanho do peixe mantém-se aproximadamente constantes durante o crescimento (ALEEV, 1969). Nessas espécies os valores referentes ao tamanho da boca são maiores em relação a espécies herbívoras (ALEEV, 1979; BOND, 1979; SMITH, 2003).

Anteriormente a este trabalho, Villares Jr. (2006) observou a dieta dessa espécie no rio Sorocaba e percebeu uma diferença na dieta entre indivíduos de menor tamanho (até 150 mm) e os maiores (> 200 mm). Os indivíduos menores alimentaram-se preferencialmente por *Astyanax altiparanae*, já os maiores por *A. fasciatus*. Assim, neste trabalho, como foi observada variação proporcional no tamanho das presas ingeridas (Figura 38) Um fato semelhante foi observado por Rodriguez-Olarte & Taphorn (2006) na Venezuela em *Salminus* sp., indivíduos menores que 20 cm alimentaram-se preferencialmente por pequenos caracídeos (*Bryconamericus* e *Gephyrocarax*) e os indivíduos maiores por espécies maiores (*Astyanax*, *Prochilodus* e *Brycon*), mas mostrou menor correlação entre o tamanho do predador e o tamanho da presa ingerida.

Mudanças na dieta podem ocorrer devido a uma mudança de habitat e nas habilidades alimentares dos peixes (WAINWRIGHT & RICHARD, 1995). Mudanças ontogenéticas na dieta têm se mostrado importantes principalmente na dieta de peixes carnívoros (LUKOSCHEK & McCOMICK, 2001).

Ambientes aquáticos podem exibir ampla variabilidade de aspectos espaciais e temporais, tanto em parâmetros bióticos e abióticos. Um exemplo disso é a diferença na composição e disponibilidade dos recursos entre as zonas litorâneas e as demais (LANGERHANS *et al.*, 2003)

Voltando mais para uma visão morfométrica, parece ser mais aceitável utilizar-se de valores máximos dos tamanhos das presas ingeridas para a respectiva classe de tamanho do predador, evidenciando dessa forma a amplitude do tamanho máximo das presas da espécie estudada.

Vários trabalhos têm documentado correlação positiva entre o tamanho corporal do peixe e o tamanho dos itens alimentares em um grande número de táxons (WERNER & GILLIAN, 1984). Em muitos, mas não em todos, dietas de peixes carnívoros envolvem o aumento no tamanho médio das presas com o aumento do predador (WAINWRIGHT & RICHARD, 1995).

Foram observadas diferenças significativas no CRM entre a menor (0-100mm) e a maior classe de comprimento (400-450mm) e estas com as demais (Figura 31) Este fato está relacionado com as dimensões proporcionais entre o corpo e a mandíbula e/ou talvez pela estratégia alimentar adotada para o tipo de alimento ingerido, que pode ser proporcionalmente maior para os indivíduos pequenos.

Ainda nesse contexto, um parâmetro pouco observado é a relação entre a altura da boca e a altura da presa. Na análise de correlação entre essas duas variáveis, foi observada uma correlação mais alta do que entre os tamanhos máximos das presas e predador. A alta correlação

entre a altura da boca e as alturas das presas indicam que a capacidade de abertura da boca e as dimensões dorso-ventral das presas estão intimamente relacionadas.

Segundo Werner (1974) os peixes que tem o habito de ingerir suas presas inteiras, têm no tamanho da boca a limitação do tamanho da presa a ser ingerida. O tamanho ideal da presa em relação ao tamanho da boca do predador está em torno de 59%.

Poucos estudos têm feito medidas ou do diâmetro da presa ou o diâmetro da abertura da boca. Em vez disso o comprimento da presa e o comprimento do predador são geralmente feitos. Esta prática dificulta a avaliação no papel do tamanho da boca em ordenação da dieta, devido a características importantes da presa e a morfologia do aparato alimentar do predador não serem consideradas diretamente (WAINWRIGHT & RICHARD, 1995).

Considerando as principais presas ingeridas por *S. hilarii*, a espécie *A. fasciatus* é proporcionalmente mais alongada que *A. altiparanae*. Na análise de correlação entre os comprimentos padrão do predador e presa (Figura 38) observa-se que *A. fasciatus* obteve comprimentos padrão maiores em relação ao predador, já *A. altiparanae* os valores de CP foram relativamente menores devido a limitação da abertura bucal do predador pela sua maior altura relativa. A abertura bucal tem se mostrado um importante determinante no tamanho das presas (LUKOSCHEK & McCOMICK, 2001).

O tamanho dos peixes é um importante fator na separação de nichos, isso pode ser uma importante influência para as espécies na utilização dos recursos do meio (MOTTA *et al.*, 1995).

O aumento no tamanho do corpo e da abertura da boca permite uma mudança do seu nicho alimentar durante a sua vida (KEAST & WEBB, 1966). Em serranídeos do Caribe foram observadas mudanças na dieta devido alguns fatores como mudança no tamanho corporal e conseqüente aumento no tamanho da boca (WAINWRIGHT & RICHARD, 1995). Esses autores

comentam que outras características morfológicas também podem influenciar nas habilidades alimentares.

Norton (1995) considera que a relação entre o tamanho da boca e a ecologia alimentar em peixes da família Cottidae foi apoiada por resultados de estudos executados com presas falsas e verdadeiras que foram apresentadas a várias espécies dessa família, com registro do sucesso de suas capturas.

Diferenças no tamanho do corpo são o principal meio pelo qual espécies evitam sobreposição do uso dos recursos do meio dado às habilidades na utilização dos recursos e evitar os riscos de predação (WERNER & GILLIAN, 1984). Uma dessas habilidades em espécies de peixes com mudanças ontogenéticas está na eficiência do mecanismo de transmissão de velocidade e força do aparato bucal (WAINWRIGHT & RICHARD, 1995), sendo importantes aspectos nos diferentes modos alimentares (WAINWRIGHT & RICHARD, 1995).

Dietas distintas dentro de uma mesma espécie são freqüentemente encontradas conforme os estágios de desenvolvimento dos indivíduos, decorrentes das diferenças na demanda energética nas limitações morfológicas, implicando em dietas diferenciadas durante o desenvolvimento (ABELHA *et al.*, 2001).

Diferenças intra-populacionais na morfologia trófica estão associados ao sucesso de forrageamento para diferentes tipos de presas, o que pode levar a quase completa separação do tipo de alimento explorado, tornando a dieta dependente do morfotipo. Mudanças no tamanho do aparato alimentar tem sido associado com mudanças no comportamento de forrageamento e uso de micro-habitats, portanto alterando o alcance de exploração (LUKOSCHEK & McCOMICK, 2001).

O aprimoramento na habilidade de forrageamento, implícito na progressiva ampliação da dieta, é um aspecto crucial para a sobrevivência, por que resulta em aumento na taxa de crescimento e redução na vulnerabilidade à predação (ABELHA *et al.*, 2001).

Para alimentar-se de uma presa em um dado nível trófico um predador tem que ser grande e forte o suficiente para efetivar a captura. Em geral, predadores são maiores que suas presas e o tamanho do corpo aumenta em sucessivos níveis tróficos, dentro de certo limite (BEGON *et al.*, 1990).

Os valores de CRM, ARB e LRB podem oscilar em função de características ecológicas do meio e na forma de ação dos peixes. Assim, a densidade e distribuição dos itens alimentares podem influenciar tal variável onde ambientes com pequenas densidades de itens alimentares podem conduzir a um aumento destas variáveis, possibilitando maior espectro alimentar do peixe (ALEEV, 1969). Tanto a altura como a largura relativas da boca 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).

O potencial entre o uso de habitat, a morfologia e comportamento de forrageamento não somente alteram a localidade e o tamanho da presa capturada pelos peixes, mas também são influenciadas pela mudança da disponibilidade da presa nas diferentes idades ou classes de tamanhos (LUKOSCHEK & McCOMICK, 2001).

#### **5.2.7) Comprimento Relativa da Cabeça (CRCB), Diâmetro Relativo do Olho (DRO)**

O principal problema no processo de alimentação dos peixes é a detecção e localização do alimento (JOBBLING, 1995).

Toda espécie de peixe é adaptada a um tipo de alimento em particular, estando seus órgãos dos sentidos adaptados à procura de seu alimento (NIKOLSKII, 1963).

Para detecção de suas presas, os peixes podem contar com uma grande variedade de sentidos que vão desde a visão, olfato, tato, audição e por meio de ondas de pressão reconhecidas pela sua linha lateral. Alguns peixes possuem órgãos especializados na detecção de campos elétricos sejam produzidos pelo predador (Gymnotiformes) ou por suas presas (Chondrichthyes) (BOND, 1979; LAGLER *et al.*, 1977).

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 (WOOTTON, 1992).

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).

Quando as condições ambientais são favoráveis, a visão exerce papel fundamental na detecção de presas. Ela pode ser um complemento da orientação assim que o alimento está a uma distancia menor do predador, quando este foi previamente localizado por outro sentido (WOOTTON, 1992; ZAVALA-CAMIN, 1996).

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 (TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007). Altos valores do comprimento relativo da cabeça indicam peixes capazes de se alimentar de presas relativamente grandes (GATZ JR, 1979a). Em

peixes pelágicos e muitos das zonas litorâneas possuem olhos relativamente grandes (ALEEV, 1969). Peixes com cabeças maiores tendem a capturar presas maiores (SMITH, 2003).

Na comparação entre essas duas características foi percebida diferenças significativas em quase todas as classes de comprimento para CRCB (Figura 34) e em todas para DRO (Figura 35) havendo uma redução gradativa desses valores relativos a medida que o peixe aumenta de tamanho. Segundo Aleev (1969) a diminuição no diâmetro do olho em estágios posteriores da ontogenia é comum em muitas espécies de peixes.

Possivelmente, um dos mais importantes sentidos em *S. hilarii* é a visão, evidenciada pela sua atividade diurna e caçadoras mais ativas em condições de águas limpas e claras (OBS. PESSOAL).

O tamanho relativo do olho depende grandemente dos seus hábitos. Peixes com comportamento diurno apresentam olhos proporcionalmente grandes, com o diâmetro igual ou maior a um quinto ou um sexto do comprimento da cabeça (BOND, 1979).

Nas fases larval e juvenil os peixes de água doce tendem a ficar em águas mais rasas e calmas, como próximos à margem ou em lagoas, onde os sedimentos decantam e a transparência da água aumenta (CARNEIRO, 2003; RINCON, 1999). Nesta fase, as espécies carnívoras alimentam-se de pequenos invertebrados e pequenos peixes (LOWE-McCONNELL, 1999). Esse tipo de alimento é capturado principalmente com base na orientação visual nas espécies predadoras (CARNEIRO, 2003). Com relação a isso os valores de DRO, assim como de CRCB são bastante importantes.

No processo de crescimento, após cujas espécies vão se desenvolver para sua forma adulta e viver em águas que podem ser mais profundas ou turvas a orientação visual podem aos poucos 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 intra-específica. Dessa forma é compreensível a gradual redução no DRO e CRCB.

A turbidez das águas doces tropicais pode ser um fator a privilegiar sentidos auditivos e olfativos em lugar do visual (CARNEIRO, 2003, BOND, 1979), características sensoriais bastante desenvolvidas em Ostaryophysi.

Em carpas a redução relativa no tamanho do olho em estágios posteriores de desenvolvimento está em concessão com o aumento de outras importantes sentidos, sendo esta a explicação mais aceita em muitos casos (ALEEV, 1969).

O autor também comenta que, por outro lado, em peixes pelágicos marinhos a visão continua sendo o principal mecanismo receptor nos adultos, sendo a explicação da concessão entre a redução proporcional do olho e o maior desenvolvimento de outros sentidos é inaceitável.

Este fato parece ser mais plausível para grupos de peixes em que sua história evolutiva aconteceu inteiramente em água doce.

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 (JOBILING, 1995).

Em seu trabalho CARNEIRO (2003) encontrou valores maiores de DRO em espécies cujos comprimentos padrão foram menores. O autor comenta que esse fato pode ser explicado através de uma possível alometria negativa desta variável, em relação ao comprimento padrão de peixes, e ao fato de que peixes maiores podem ter DRO menores com tamanhos absolutos dos olhos maiores.

Aleev (1969) comenta que há uma relação inversa entre os tamanhos relativos do olho e o comprimento do peixe, isto é espécies pequenas possuem olhos proporcionalmente grandes e vice-versa.

### 5.3) Relação massa-comprimento

Cetra (2003) e Lima-Junior (2003) relatam que *S. hilarii* pode ser utilizada como uma boa indicadora ambiental devido ao seu alto grau de seletividade ambiental e por ser uma espécie de topo de cadeia alimentar. Na região da bacia do alto Paraná, essa espécie é mais susceptível que o dourado a extinção devido à poluição e à construção de barragens (AGOSTINHO *et al.*, 2004; HONJI, 2007).

Neste, assim como em diversos outros trabalhos realizados com *Salminus*, observa-se um número maior de fêmeas capturadas em relação aos machos, além das fêmeas sempre apresentarem maior massa e comprimento (MORAIS-FILHO & SCHUBART, 1955; BARBIERI *et al.*, 2001; FEITOSA *et al.*, 2004; RODRIGUEZ-OLARTE & TAPHORN, 2006). Dados sobre crescimento e variações de tamanho entre machos e fêmeas também foram registrados por IHERING (1968) relatando as mesmas diferenças proporcionais de tamanho entre os sexos. No rio Mogi Guaçu de 1938 a 1971, Godoy (1975) encontrou como tamanho máximo dessa espécie 30 cm e massa de até 310 g para os machos e 42 cm e massa de 1 Kg para as fêmeas (VILLARES JR *et al.*, 2007).

Os parâmetros das relações peso-comprimento e os valores do fator de condição de *Salminus hilarii* foram diferentes entre machos, fêmeas e imaturos (Figura 39). Porém, Rodriguez-Olarte & Taphorn (2006) na Venezuela, encontraram resultados distintos. Quando se

analisam segmentos de uma população, a relação massa comprimento, assim como o fator de condição não é o mesmo da população como um todo (BRAGA, 1993). Um exemplo disso está no fato do “b” (coeficiente angular da regressão) ser influenciado por aspectos específicos do ambiente, determinando melhores ou piores condições de alimentação e de reprodução (ARAÚJO & VICENTINI, 2001).

Sobre isso Santos *et al.*, (2006) comentam que é provável que essa relação varia em função de fatores como disponibilidade e aproveitamento de alimentos pelos indivíduos ao longo do ano não havendo influências da variação sazonal do crescimento e desenvolvimento das gônadas nas fêmeas.

No rio Sorocaba os maiores valores do fator de condição variaram durante o ano sendo os maiores observados nas fêmeas nas estações mais quentes do ano (VILLARES JR. *et al.*, 2007), coincidindo com o período de maior atividade alimentar da espécie (VILLARES JR., 2006). No inverno esses valores foram mais baixos em relação aos machos e imaturos (VILLARES JR. *et al.*, 2007), isso pode ser uma consequência do maior tamanho corporal das fêmeas com uma maior taxa de ingestão e conseqüente maior acúmulo proporcional de gordura em relação aos machos, e estes em relação aos imaturos.

Villares Jr. (2006) analisando a quantidade de gordura acumulada dessa espécie percebeu que indivíduos pequenos (imaturos) não apresentavam gordura acumulada, ou quando apresentavam, estavam em pouca quantidade. Por se tratar de uma espécie reofílica, isso pode ser um indício de que o acúmulo de gordura (reserva) deve ter relações mais estreitas com aspectos reprodutivos ou ao maior tamanho dos indivíduos pelo fato de uma maior reserva energética.

Esta pode ser uma hipótese, como já mencionado, de que o acúmulo de gordura pode ter uma relação mais direta de reserva para aspectos reprodutivos, e ao maior tamanho corporal do peixe devido à menor gasto de recursos energéticos. Também nesta fase o crescimento costuma

ser proporcionalmente mais lento, e, deste modo, os recursos não seriam alocados para esta finalidade, podendo sofrer maior acúmulo proporcional (VAZZOLER, 1996).

## 6) Conclusão:

1) Na forma do corpo a espécie *Salminus hilarii* apresentou a forma fusiforme, confirmado pelos valores intermediários dos índices de compressão, que não variou nas diferentes classes de comprimento. Houve um aumento proporcional na altura relativa do corpo das menores para as maiores classes de comprimento a partir de 100 mm. Os valores contrários das alturas relativas e razão de profundidade evidenciam maior capacidade de arranque e manobras nos indivíduos maiores. O aumento da altura relativa foi compensado proporcionalmente pelo índice de compressão que não variou significativamente.

2) Independente do tamanho, as características do pedúnculo caudal indicaram que há um equilíbrio hidrodinâmico entre a redução de turbilhonamento (arrasto) e a musculatura necessária para a capacidade de natação nas áreas de águas rápidas, confirmados pelos valores intermediários do comprimento relativo, altura relativa e índice de compressão do pedúnculo caudal.

3) Em *Salminus hilarii* foi observada uma redução gradativa nas áreas relativas das nadadeiras caudais das menores para as maiores classes de comprimento. Já valores da razão aspecto da nadadeira caudal não variaram significativamente, mostrando que a espécie mantém o mesmo padrão de natação. Somados a outros elementos da sua morfologia, observa-se uma adaptação compensatória para maior capacidade de natação em águas rápidas, pela forma do corpo, aumento de musculatura e diminuição do arrasto na parte posterior do corpo.

4) Os índices de aceleração foram diferentes entre as menores e maiores classes de comprimento que possuem potencialmente uma musculatura mais desenvolvida na região posterior do corpo. As velocidades absolutas (máximas e mínimas) aumentaram progressivamente dos indivíduos menores para os maiores. Nas velocidades relativas foi

observados o contrário, com os maiores valores nos indivíduos de menor tamanho. Para os indivíduos maiores o ambiente apresenta maior custo energético, justificando uma maior capacidade natatória em relação os menores. Foi evidenciada uma forte correlação entre as velocidades calculadas e as velocidades de corrente para os respectivos tamanhos de *S. hilarii*.

5) Responsáveis por ajustes delicados no movimento dos peixes, as nadadeiras peitorais não mostraram diferenças entre as classes de comprimento, ou seja, essas nadadeiras possuem a mesma importância na realização de manobras nos diferentes ambientes onde as respectivas classes de comprimento dessa espécie vivem.

6) A altura e a largura relativa da boca não apresentaram diferenças significativas entre as classes comprimento. Foi observada uma variação proporcional no tamanho das presas ingeridas. A diferença entre o comprimento relativo da mandíbula entre a menor e a maior classe de comprimento deve-se a proporções entre o corpo e a mandíbula, sendo esta maior nos peixes menores.

7) Houve uma redução gradativa nos valores relativos do comprimento e da cabeça com o aumento do peixe. Os valores mais altos nos indivíduos menores relacionam-se a uma maior importância da visão e ao tipo de alimento capturado, que pode ser proporcionalmente maior nas primeiras etapas de crescimento da espécie.

8) De uma maneira geral *Salminus hilarii* apresenta características que variam ao longo do seu crescimento, mostrando um aperfeiçoamento para os variados tipos de ambientes que ocupam nos vários períodos de sua vida respectivamente. Por outro lado apresentou também características que não mudaram, mantendo padrões morfológicos típicos de peixes que ocupam a meia água e de predadores piscívoros.

9) Na relação massa-comprimento foi possível evidenciar diferenças entre machos, fêmeas e imaturos, estando estas relacionadas com a atividade alimentar e com aspectos da reprodução.

## 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.; JLIO JUNIOR, H. F.; GOMES, L. C. BINI, L. M. Composição e distribuição espaço temporal da Ictiofauna. In VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HANH, N. S. (Org.) **A Planície de Inundação do Alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá, PR. EDUEM, 1997, p. 177-205.

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, 380 p. 2004.

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

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

ANDRADE, D. R. *et al.* Variação sazonal de parâmetros reprodutivos do dourado branco, *Salminus hilarii* Valenciennes, 1829 (Teleostei: Characidae) na represa de Três Marias, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 16., 1989, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zoologia, p. 32-33, 1989.

ARAÚJO, F. G.; VICENTINI, R. N. Relação peso-comprimento da corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Pisces, Sciaenidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Zoologia**. Rio de Janeiro. v. 18, n.1, p. 133-138, 2001.

BALON, E. K.; CRAWFORD, S. S.; LELEK, A. Fish communities of the upper Danube River (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection. **Environmental Biology of fishes**, Dortrecht. v. 154, p. 242-271, 1986.

BARBIERI, G. *et al.* Growth and first sexual maturation size of *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1849 (Characiformes, Characidae), in Mogi Guaçu river, state of São Paulo, Brazil. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 453-459, 2001.

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

BEAUMORD, A. C. **Comunidade de Peixes do Rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT: Uma abordagem Ecológica**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1991.

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

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

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

BONETTO, A. A.; DRAGO, E. C. Consideraciones faunísticas en torno a la delimitación de los tramos superiores del río Paraná. **Phycis**, Buenos Aires, v. 27, n. 75, p. 437-444, 1968.

BRAGA, F. M. S. Estudo entre fator de condição e relação peso-comprimento para alguns peixes marinhos. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 46 n. 2, 339-346, 1986.

BRAGA, F. M. S. Análise do fator de condição de *Paralanchurus brasiliensis* (Perciformes, Sciaenidae). **Rev. UNIMAR**, Maringá, v. 15, n. 02, p. 99-115, 1993.

BRAGA, F. M. S. Análise da Equação Alométrica na Relação Peso-Comprimento e o Fator de Condição em *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Scianidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro. v. 57, n. 3, p. 417-425, 1997.

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.

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.

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. Stuttgart**. v. 26, p. 2203-2208, 1998.

CETRA, M. **Caracterização da Assembléia de Peixes da Bacia do Rio Corumbataí (SP)**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

CHAO, L. B.; MUSICK, J. A. A life history, feeding habitats, and functional morphology of juvenile sciaenid fishes in the York river estuary, Virginia. **Fishery Bulletin**. Seattle. v. 75, n. 4, p. 657- 702. 1977.

DARWIN, C. **Origem das espécies**. Vila Rica ed. ... p. 1859.

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

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.

ELTON, C. **Animal Ecology**. Sedgwick & Jackson, Ltd., London. 207 p. 1927.

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.

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

GATZ, A. J. JR. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tul. Stud. Zool. Bot.** 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.

GATZ, A. J. JR. Morphologically Inferred Niche Differentiation in Stream Fishes. **The American Midland Naturalist**, Indiana, v. 106, n. 1, p. 10-21, 1981.

GODINHO, A. L.; ANDRADE, D. R.; RIBEIRO, S. P.; SATO, Y. Ciclo Reprodutivo anual do dourado branco *Salminus hilarii* (Pisces: Characidae, Salmininae) no reservatório de três Marias. In ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE AQUICULTURA (AMA) 1982-1987, Brasília. **Resumos...** Brasília: CODEVASF, p. 37, 1988.

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

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla cf. ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande – MG/SP. **Acta Scientiarum**: Maringá, v. 25, n.1, p. 79-86, 2003.

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

HERSH, A. H. Evolutionary relative growth in titanotheres. **American Naturalist**, Chicago v. 68, p. 537-561, 1934.

HILE, R. Age and growth of cisco, *Leucichthys artedi* (Le Sueur), in the northeastern High-lands, Wisconsin. **Bulletin of the Bureau of Fisheries Wash.**, Washington. v. 19, p. 211-317, 1936.

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

HUXLEY, J. S. Constant deferential growth-ratios and their significance. **Nature**, London v. 114 p. 895-896, 1924.

IHERING, R. **Dicionário dos animais do Brasil.** São Paulo. Editora Universidade de Brasília, 588 p., 1968.

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

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

KANEP, S. V. Analysis of variability of morphological, meristic and internal characters of white fishes (Family Coregonidae). **Journal Ichthyology**, v. 16, n. 4, 552-562, 1976.

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 Res. Board. Can.** 23:1845-74, 1966.

LAGLER, K. F. *et al.* The major groups of fishes. In: JOHN WILEY & SONS **Ichthyology**. 2<sup>o</sup> 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. 80: 689-698, 2003.

LÊ CREN, E. D. The length: weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology**., Oxford, v. 20, p. 201-219, 1951.

LIMA-JUNIOR, S. E. **A Ictiofauna e a qualidade da água em trechos do rio Corumbataí – SP** Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

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.

- 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, 538p., 1999.
- LUKOSCHEK, V.; McCORMICK. Ontogeny of diet changes in a tropical benthic carnivorous fish *Parupeneus barberinus* (Mullidae): relationship between foraging behaviour, habitat use, jaw size, and prey selection. **Marine Biology**, Sydney. v. 138, p. 1099-1113, 2001.
- MARTIN, W. R. The mechanics of environmental control of body form in fishes. Univ. Toronto Studies, Biology (51). **Publs. Ont Fish Res. Lab.**, v. 70, p. 1-91, 1949.
- MARTINEZ, C. B. *et al.*, Metodología para medição de capacidade natatória de peixes. **Encontro Latino Americano e do Caribe sobre Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos**, v. 1. p. 343-348, 2003.
- MATTHEWS, R. W. Co-Occurrence of morphologically similar species of stream fishes. **The American Naturalist**, Chicago. v. 145, n. 4, p. 527-545, 1995.
- MILLER, M. A.; HOY, E. A. Differential growth of piper, *Trigla lyra*, in a subterranean isopod. **American Naturalist**. Chicago. v. 73, p. 347-364, 1939.
- 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.
- MORAIS-FILHO, M. B.; SCHUBART, O. **Contribuição ao estudo do dourado (*Salminus maxillosus* Val.) do rio Mogi Guassu (Pisces, Characidae).** São Paulo: Ministério da Agricultura, Divisão Caça e Pesca, 1955.
- MOTTA, P. J. Mechanics and functions of jaw protusion in Teleost fishes: a review. **Copeia**. Lowrence. V.1 p. 1-18, 1984.
- MOTTA, P. J. CLIFTON, K. B.; HERNANDEZ, P.; EGGOLD, B. T. Ecomorphological correlates in ten species of subtropical seagrass fishes: diet and microhabitat utilization. In: **Environmental Biology of Fishes**. Dortrecht. 44(1-3): 37-60. 1995.
- MOYLE, P. B.; CECH, Jr., J. J. **Fishes an introduction to ichthyology**, 2ed., New Jersey: Englewood Cliffs, Prentice Gall, 1988, 559p.
- MULLANEY JR, M. D.; GALE, L. D. Ecomorfological relationships in ontogeny: anatomy and diet in gag, *Mycteroperca microlepis* (Pices: Serranidae). **Copéia**. Lowrence, v. 1, p. 167-180, 1996.
- 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**, 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.
- 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.
- NORTTON, S. F.; LUCZKOVICH, J. J.; MOTTA, P. J. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. In: **Environmental Biology of Fishes**. Dordrecht. 44: 287-304. 1995.
- PAULY, D. Food consumption by tropical temperate fish populations: some generalizations. **J. Fish Biology**, 35 (supl. A): 11-20, 1989.
- 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.
- POLIS, G. A. The evolution and dynamics of intraspecific predation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto. v. 12, p. 225-251, 1981.
- RINCON, P. A. Uso do Moco-habitat em Peixes de Riachos: Métodos e Perspectivas. In: CARAMASCHI, É. P.; MAZZONI, R.; PERES-NETO, P. R. (Eds). **Ecologia de Peixes de Riacho**. P. 23-90, 1999.
- 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. **Neotropical ichthyology**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 73-79, 2006.
- SAMBILAY Jr. V. C. Interrelationship between swimming speed, caudal fin aspect ratio and body length of fishes. **Fishbyte**, 8(3): 16-20, 1990.
- SANTOS, E. **Peixes da Água doce**, Belo Horizonte: Itatiaia, 1987, 263p.
- SANTOS, H. A.; POMPEU, P. S.; VICENTINI, G. S.; MARTINEZ, C.B. Swimming performance of the freshwater neotropical fish: *Pimelodus maculatus* Lacepede, 1803. **Brasilian Journal of Biology**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 433-439, 2008.
- SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**. 185 (4145): 27-39. 1974.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal. Adaptação e meio ambiente**. Livraria Editora Santos, São Paulo, 1996, 5ª edição, 611p.
- SHIBATTA, O. A., GARAVELLO, J. C. Estudo da Variação Geográfica em *Salminus hilarii*, Valenciennes 1849, das Bacias do Alto Paraná e São Francisco, Através da Análise Morfométrica Multivariada em Componentes Principais. **Naturália**, São Paulo, n. 18, p 109-116, 1993.

SILVANO, R. A. M.; OYAKAWA, O. T.; AMARAL, B. D.; BEGOSSI, A. **Peixes do Alto Juruá (Amazonas, Brasil)**. São Paulo; Edusp 2001, 300p.

SINGER, M. M. Food habits of juvenile rock-fishes (*Sebastes*) in a Central California kelp forest. **Fishery Bulletin**, Seattle. V. 83, p. 531-541. 1985.

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

SMITH, W. S. **A estrutura da comunidade de peixes da bacia do Rio Sorocaba em diferentes situações ambientais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. SP. 1999. 121p.

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, 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.

VANZOLINI, P. E. **Métodos estatísticos elementares em sistemática zoológica**. São Paulo: Ed. HUCITEC., 130 p., 1993.

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

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

VILLARES-JÚNIOR, G. A. **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 (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

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**, v. 29, n. 4, p. 407-412, 2007.

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

WAINWRIGHT, P. C.; RICHARD, B. A. Predicting patterns of prey use from morphology of fishes. **Environ. Biol. Fishes**. Dordrecht. 44: 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. **Sci. Amer.** 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. **Trans. Am. Fish. Soc.**: 115: 115-117. 1986

WERNER, E. E. The fish size, prey size, handling time relation in several sunfishes and some implications. **J. Fish. Res. Board. Can.** 30: 787-797. 1974.

WERNER, E. E.; GILLIAM, J. F. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 15, p. 393-425, 1984.

WIKRAMANAYAKE, E. D. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. **Ecology**. 71(5): 1756-64. 1990.

WINERMILLER, K. O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, Washington, D. C. v. 61, n. 4, p. 343-365, 1991.

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

WOOTTON, R. J. **Ecology of teleost fishes**. London: Chapman and Hall, 404p. 1992.

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

## **Apêndice 1.**

### **Tabelas:**

**Tabela 1:** Médias, desvios padrão, coeficientes de variação e os testes dos índices e valores relativos calculados entre os indivíduos machos e fêmeas de *S. hilarii* (sub-bacia do rio Sorocaba).

|        | Fêmeas          |           |        | Machos          |            |        |                 |
|--------|-----------------|-----------|--------|-----------------|------------|--------|-----------------|
|        | Média           | Desv.Pad. | CV (%) | Media           | Desv. Pad. | CV (%) | P (0.05)        |
| IF     | <b>2.063224</b> | 0.137339  | 6.66   | <b>2.07332</b>  | 0.136282   | 6.57   | ns              |
| HR     | <b>0.251573</b> | 0.012877  | 5.12   | <b>0.24418</b>  | 0.014513   | 5.94   | ns              |
| DR     | <b>3.96188</b>  | 0.204405  | 5.16   | <b>4.1072</b>   | 0.232293   | 5.66   | ns              |
| CRPC   | <b>0.1602</b>   | 0.079791  | 49.81  | <b>0.148144</b> | 0.00487    | 3.03   | ns              |
| HRPC   | <b>0.360676</b> | 0.027516  | 7.63   | <b>0.3662</b>   | 0.01797    | 4.91   | ns              |
| ICPC   | <b>2.137995</b> | 0.208811  | 9.77   | <b>1.9405</b>   | 0.29777    | 15.34  | ns              |
| ARNC   | <b>0.144503</b> | 0.014448  | 10     | <b>0.1565</b>   | 0.024659   | 15.76  | ns              |
| Ac     | <b>3.238481</b> | 0.29247   | 9.03   | <b>3.4882</b>   | 0.378347   | 10.85  | ns              |
| IA     | <b>36.64157</b> | 2.949993  | 4.03   | <b>35.793</b>   | 1.782477   | 2.49   | ns              |
| VA max | <b>9.927381</b> | 0.59053   | 5.95   | <b>9.0704</b>   | 0.897312   | 11.39  | ns              |
| VA min | <b>1.5692</b>   | 0.596429  | 6.64   | <b>1.56555</b>  | 0.15507    | 11.38  | ns              |
| VR max | <b>10.12103</b> | 0.872468  | 8.62   | <b>11.47087</b> | 0.740854   | 6.45   | <b>&lt;0.05</b> |
| VR min | <b>1.7503</b>   | 0.150953  | 8.62   | <b>1.999</b>    | 0.139599   | 6.43   | <b>&lt;0.05</b> |
| CRCB   | <b>0.276343</b> | 0.010341  | 3.74   | <b>0.2727</b>   | 0.013562   | 4.97   | ns              |
| LRB    | <b>0.1142</b>   | 0.007009  | 6.14   | <b>0.117</b>    | 0.007126   | 6.09   | ns              |
| ARB    | <b>0.14157</b>  | 0.006779  | 4.79   | <b>0.1457</b>   | 0.012057   | 8.28   | ns              |
| CRM    | <b>0.130319</b> | 0.004374  | 3.36   | <b>0.12351</b>  | 0.006197   | 5.02   | ns              |
| DRO    | <b>0.0418</b>   | 0.002809  | 6.72   | <b>0.04394</b>  | 0.004562   | 10.38  | ns              |
| Ap     | <b>1.8564</b>   | 0.2083392 | 11.23  | <b>1.8093</b>   | 0.089843   | 4.97   | ns              |
| ARNP   | <b>0.0393</b>   | 0.004381  | 11.13  | <b>0.043</b>    | 0.003275   | 7.65   | ns              |

IF = índice de compressão; HR = altura relativa; DR = razão de profundidade; CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal; HRPC = altura relativa do pedúnculo caudal; ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal; ARNC = área relativa do pedúnculo caudal; Ac = razão aspecto da nadadeira caudal; IA = índice de aceleração; VA = velocidade absoluta; VR velocidade relativa; CRCB = comprimento relativo da cabeça; LRB = largura relativa da boca; ARB = altura relativa da boca; CRM = comprimento relativo da mandíbula; DRO = diâmetro relativo do olho; Ap = razão aspecto da nadadeira peitoral; ARNC = área relativa da nadadeira caudal

**Tabela 2:** Médias, desvios padrão, coeficientes de variação e os testes dos índices e valores relativos calculados entre os indivíduos imaturos e adultos de *S. hilarii* (sub-bacia do rio Sorocaba).

|        | Imaturos         |           |        | Adultos         |            |        |                 |
|--------|------------------|-----------|--------|-----------------|------------|--------|-----------------|
|        | Média            | Desv.Pad. | CV (%) | Media           | Desv. Pad. | CV (%) | P (0.05)        |
| IF     | <b>2.0262</b>    | 0.18236   | 9      | <b>2.087</b>    | 0.134736   | 6.52   | ns              |
| HR     | <b>0.2348</b>    | 0.016709  | 7.11   | <b>0.251</b>    | 0.0135787  | 5.45   | <b>&lt;0.05</b> |
| DR     | <b>4.2774</b>    | 0.29559   | 6.91   | <b>3.969</b>    | 0.219747   | 5.49   | <b>&lt;0.05</b> |
| CRPC   | <b>0.1472</b>    | 0.007225  | 5.13   | <b>0.159</b>    | 0.066543   | 42.5   | ns              |
| HRPC   | <b>0.38672</b>   | 0.023413  | 6.05   | <b>0.362</b>    | 0.024858   | 6.86   | ns              |
| ICPC   | <b>1.9096</b>    | 0.389415  | 20.39  | <b>2.163</b>    | 0.251003   | 12.07  | ns              |
| ARNC   | <b>0.1831</b>    | 0.020528  | 11.21  | <b>0.14365</b>  | 0.018519   | 12.5   | <b>&lt;0.05</b> |
| Ac     | <b>3.1366</b>    | 0.267853  | 8.54   | <b>3.22174</b>  | 0.334706   | 10.1   | ns              |
| IA     | <b>35.322365</b> | 1.857436  | 2.63   | <b>36.57832</b> | 2.739326   | 3.76   | <b>&lt;0.05</b> |
| VA max | <b>5.84851</b>   | 0.568918  | 5.66   | <b>9.703</b>    | 0.855664   | 8.88   | <b>&lt;0.05</b> |
| VA min | <b>1.012473</b>  | 0.98117   | 5.66   | <b>1.684</b>    | 0.15551    | 9.3    | <b>&lt;0.05</b> |
| VR max | <b>13.99215</b>  | 1.01845   | 8.11   | <b>10.285</b>   | 1.008899   | 9.61   | <b>&lt;0.05</b> |
| VR min | <b>2.41962</b>   | 0.176204  | 8.11   | <b>1.78</b>     | 0.175383   | 9.65   | <b>&lt;0.05</b> |
| CRCB   | <b>0.28912</b>   | 0.006984  | 2.42   | <b>0.276</b>    | 0.011281   | 4.1    | <b>&lt;0.05</b> |
| LRB    | <b>0.10827</b>   | 0.012902  | 11.92  | <b>0.114</b>    | 0.007047   | 6.13   | ns              |
| ARB    | <b>0.14882</b>   | 0.008792  | 5.91   | <b>0.142</b>    | 0.008689   | 6.08   | ns              |
| CRM    | <b>0.124714</b>  | 0.004428  | 3.54   | <b>0.129</b>    | 0.005819   | 4.54   | ns              |
| DRO    | <b>0.0609</b>    | 0.003594  | 5.9    | <b>0.042</b>    | 0.003492   | 8.23   | <b>&lt;0.05</b> |
| Ap     | <b>1.785</b>     | 0.153049  | 8.57   | <b>1.8422</b>   | 0.180715   | 9.81   | ns              |
| ARNP   | <b>0.0426</b>    | 0.007599  | 17.82  | <b>0.0404</b>   | 0.004333   | 10.73  | ns              |

IF = índice de compressão; HR = altura relativa; DR = razão de profundidade; CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal; HRPC = altura relativa do pedúnculo caudal; ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal; ARNC = área relativa do pedúnculo caudal; Ac = razão aspecto da nadadeira caudal; IA = índice de aceleração; VA = velocidade absoluta; VR velocidade relativa; CRCB = comprimento relativo da cabeça; LRB = largura relativa da boca; ARB = altura relativa da boca; CRM = comprimento relativo da mandíbula; DRO = diâmetro relativo do olho; Ap = razão aspecto da nadadeira peitoral; ARNC = área relativa da nadadeira caudal

**Tabela 3:** Médias, desvios padrão, coeficientes de variação e os testes dos índices e valores relativos calculados entre os indivíduos de *S. hilarii* das sub-bacias dos rios Tietê e Grande.

|        | Tietê          |           |        | Grande         |            |        |                 |
|--------|----------------|-----------|--------|----------------|------------|--------|-----------------|
|        | Média          | Desv.Pad. | CV (%) | Media          | Desv. Pad. | CV (%) | P (0.05)        |
| IF     | <b>2.0486</b>  | 0.1414    | 6.9    | <b>2.1196</b>  | 0.1365     | 6.44   | ns              |
| HR     | <b>0.2448</b>  | 0.0159    | 6.5    | <b>0.2469</b>  | 0.0091     | 3.69   | ns              |
| DR     | <b>4.0889</b>  | 0.273     | 6.68   | <b>4.0544</b>  | 0.1476     | 3.64   | ns              |
| CRPC   | <b>0.1537</b>  | 0.0592    | 38.53  | <b>0.1483</b>  | 0.0296     | 19.96  | ns              |
| HRPC   | <b>0.3691</b>  | 0.0274    | 7.41   | <b>0.377</b>   | 0.0128     | 3.38   | ns              |
| ICPC   | <b>2.0515</b>  | 0.2313    | 11.28  | <b>2.0912</b>  | 0.1947     | 9.31   | ns              |
| ARNC   | <b>0.1569</b>  | 0.0249    | 15.85  | <b>0.1678</b>  | 0.022      | 13.08  | ns              |
| Ac     | <b>3.2842</b>  | 0.3292    | 10.02  | <b>3.4265</b>  | 0.4144     | 12.09  | ns              |
| IA     | <b>36.2186</b> | 2.6396    | 3.64   | <b>35.6984</b> | 3.1605     | 4.43   | ns              |
| VA max | <b>8.8006</b>  | 1.81      | 20.57  | <b>7.6615</b>  | 1.4293     | 18.66  | <b>&lt;0.05</b> |
| VA min | <b>1.5262</b>  | 0.3173    | 20.79  | <b>1.3249</b>  | 0.2471     | 18.65  | <b>&lt;0.05</b> |
| VR max | <b>11.2373</b> | 1.7804    | 15.84  | <b>12.8396</b> | 1.4849     | 11.57  | <b>&lt;0.05</b> |
| VR min | <b>1.9441</b>  | 0.3079    | 15.84  | <b>2.2174</b>  | 0.2614     | 11.79  | <b>&lt;0.05</b> |
| CRCB   | <b>0.2782</b>  | 0.0117    | 4.22   | <b>0.282</b>   | 0.0099     | 3.53   | ns              |
| LRB    | <b>0.1148</b>  | 0.0066    | 5.79   | <b>0.1009</b>  | 0.0099     | 9.76   | ns              |
| ARB    | <b>0.1449</b>  | 0.009     | 6.2    | <b>0.1372</b>  | 0.0083     | 6.06   | ns              |
| CRM    | <b>0.1279</b>  | 0.0055    | 4.29   | <b>0.1241</b>  | 0.0055     | 4.46   | ns              |
| DRO    | <b>0.0466</b>  | 0.0087    | 18.57  | <b>0.0502</b>  | 0.0067     | 12.62  | ns              |
| Ap     | <b>1.8375</b>  | 0.1705    | 9.28   | <b>1.6281</b>  | 0.1518     | 9.32   | ns              |
| ARNP   | <b>0.0409</b>  | 0.0056    | 13.6   | <b>0.0389</b>  | 0.0033     | 8.59   | ns              |

IF = índice de compressão; HR = altura relativa; DR = razão de profundidade; CRPC = comprimento relativo do pedúnculo caudal; HRPC = altura relativa do pedúnculo caudal; ICPC = índice de compressão do pedúnculo caudal; ARNC = área relativa do pedúnculo caudal; Ac = razão aspecto da nadadeira caudal; IA = índice de aceleração; VA = velocidade absoluta; VR velocidade relativa; CRCB = comprimento relativo da cabeça; LRB = largura relativa da boca; ARB = altura relativa da boca; CRM = comprimento relativo da mandíbula; DRO = diâmetro relativo do olho; Ap = razão aspecto da nadadeira peitoral; ARNC = área relativa da nadadeira caudal

**Tabela 4:** Número de indivíduos de *S. hilarii* analisados em cada bacia para cada classe de comprimento.

| <b>classes de comprimento</b> | <b>Tietê (nº)</b> | <b>Grande (nº)</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| 0-100                         | 0                 | 1                  | <b>1</b>     |
| 100-150                       | 8                 | 5                  | <b>13</b>    |
| 150-200                       | 2                 | 5                  | <b>7</b>     |
| 200-250                       | 8                 | 1                  | <b>9</b>     |
| 250-300                       | 20                | 2                  | <b>22</b>    |
| 400-450                       | 1                 | 0                  | <b>1</b>     |
| <b>total</b>                  | <b>39</b>         | <b>14</b>          | <b>53</b>    |

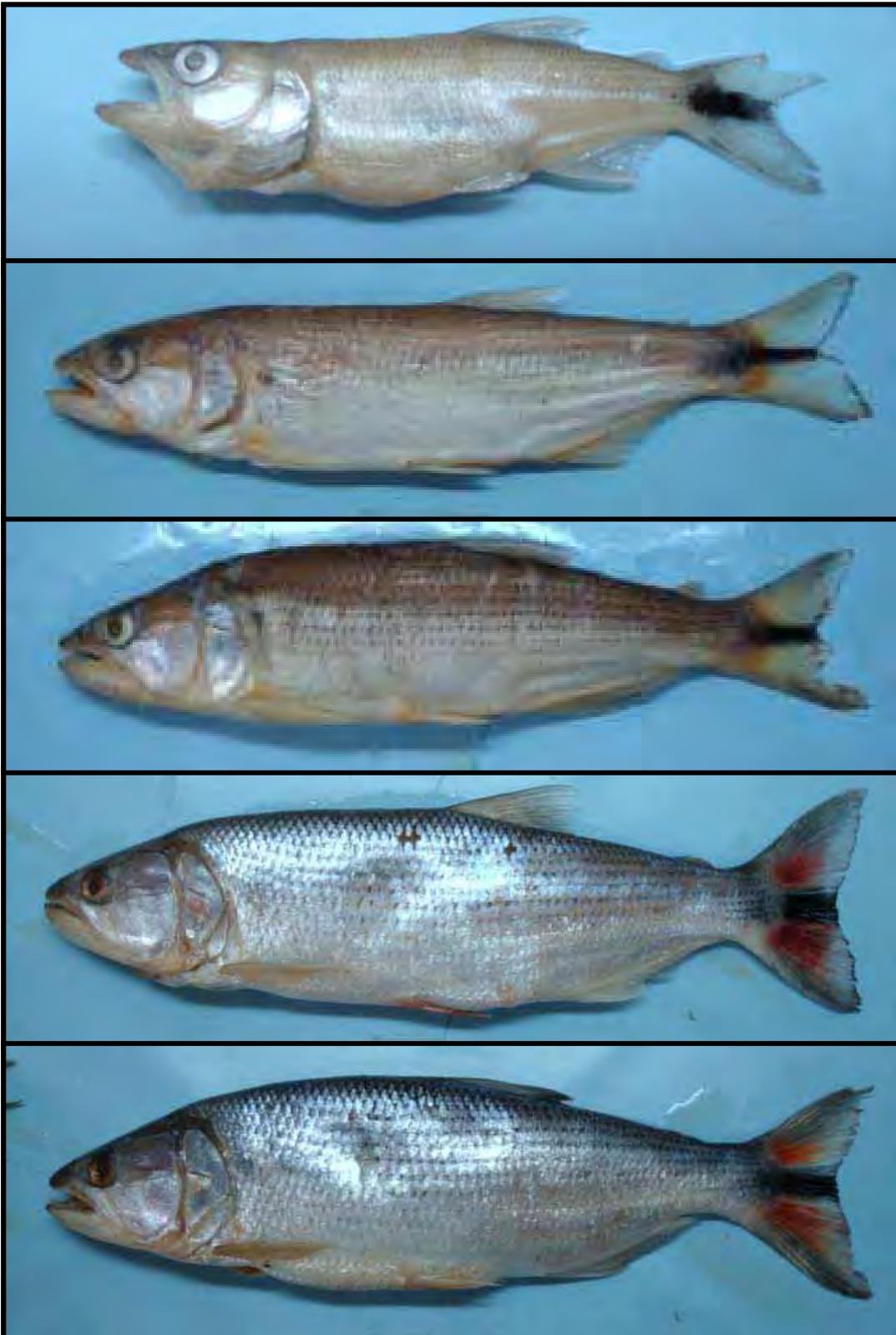


**Tabela 6.** Resultados dos testes a posteriori entre dos índices e valores relativos calculados para as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.

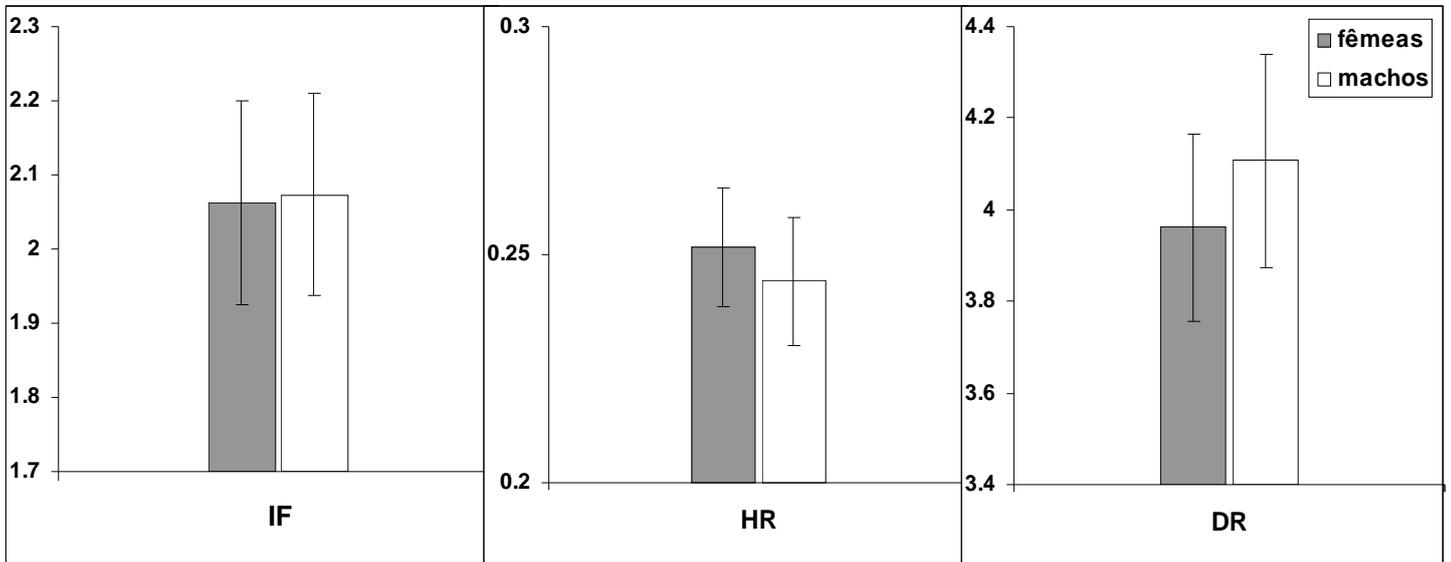
| <b>Classes de comprimento (mm)</b> | <b>HR</b> | <b>DR</b> | <b>ARNC</b> | <b>IA</b> | <b>VA<sub>max</sub></b> | <b>VA<sub>min</sub></b> | <b>VR<sub>max</sub></b> | <b>VR<sub>min</sub></b> | <b>CRCB</b> | <b>CRM</b> | <b>DRO</b> |
|------------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|------------|------------|
| 0-100 / 100-150                    | ns        | ns        | <0.05       | ns        | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 0-100 / 150-200                    | ns        | ns        | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 0-100 / 200-250                    | ns        | ns        | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 0-100 / 250-300                    | ns        | ns        | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 0-100 / 400-450                    | ns        | ns        | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 100-150 / 150-200                  | ns        | ns        | ns          | ns        | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | ns         | <0.05      |
| 100-150 / 200-250                  | ns        | ns        | ns          | ns        | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | ns         | <0.05      |
| 100-150 / 250-300                  | <0.05     | <0.05     | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | ns         | <0.05      |
| 100-150 / 400-450                  | <0.05     | <0.05     | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 150-200 / 200-250                  | ns        | ns        | ns          | ns        | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | ns                      | ns          | ns         | <0.05      |
| 150-200 / 250-300                  | ns        | ns        | <0.05       | ns        | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | ns          | ns         | <0.05      |
| 150-200 / 400-450                  | <0.05     | ns        | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 200-250 / 250-300                  | ns        | ns        | <0.05       | ns        | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | ns          | ns         | <0.05      |
| 200-250 / 400-450                  | <0.05     | ns        | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| 250-300 / 400-450                  | ns        | ns        | <0.05       | <0.05     | <0.05                   | <0.05                   | <0.05                   | ns                      | <0.05       | <0.05      | <0.05      |

## **Apêndice 2.**

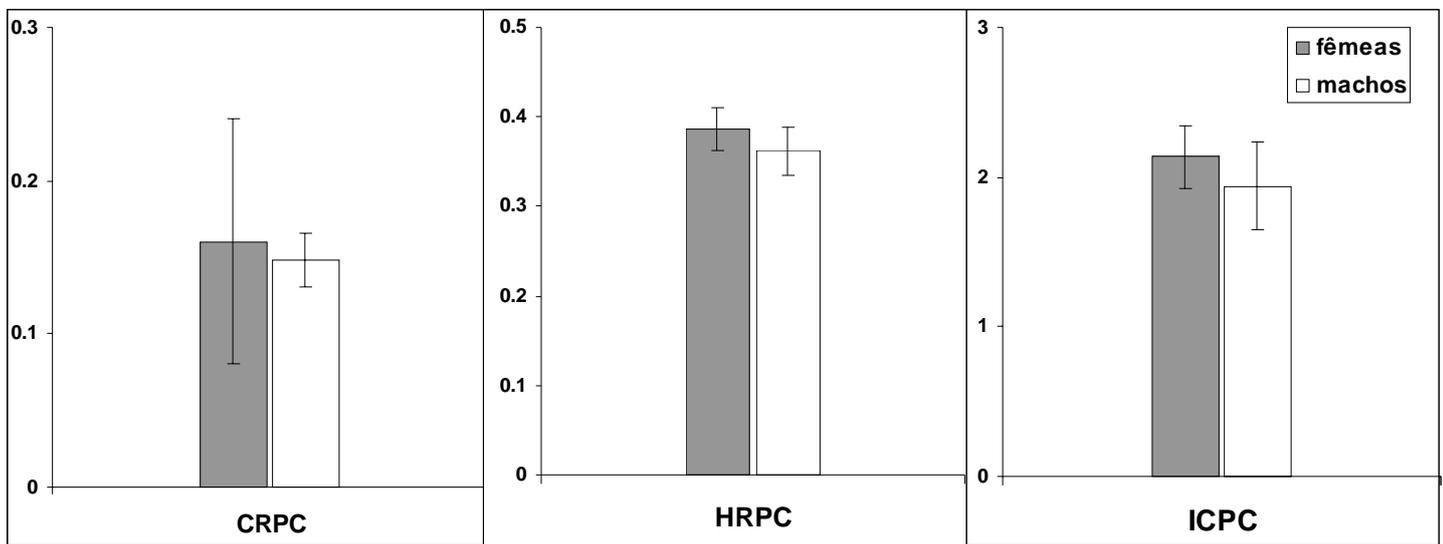
**Figuras:**



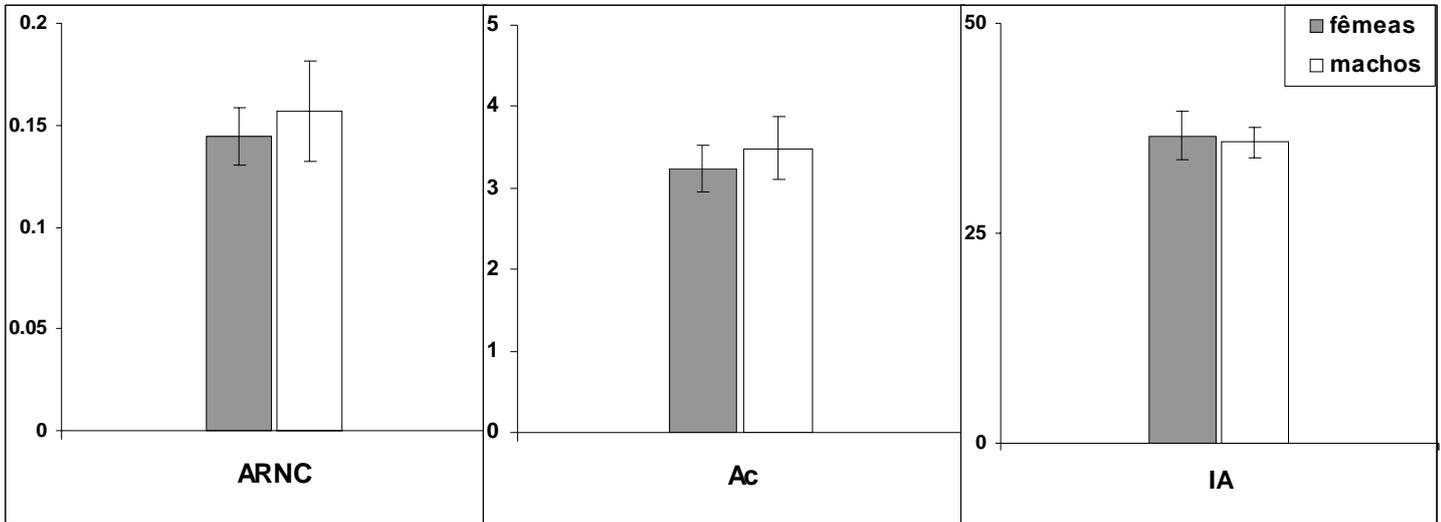
**Figura 2:** Diferentes classes de comprimento de *Salminus hilarii*.



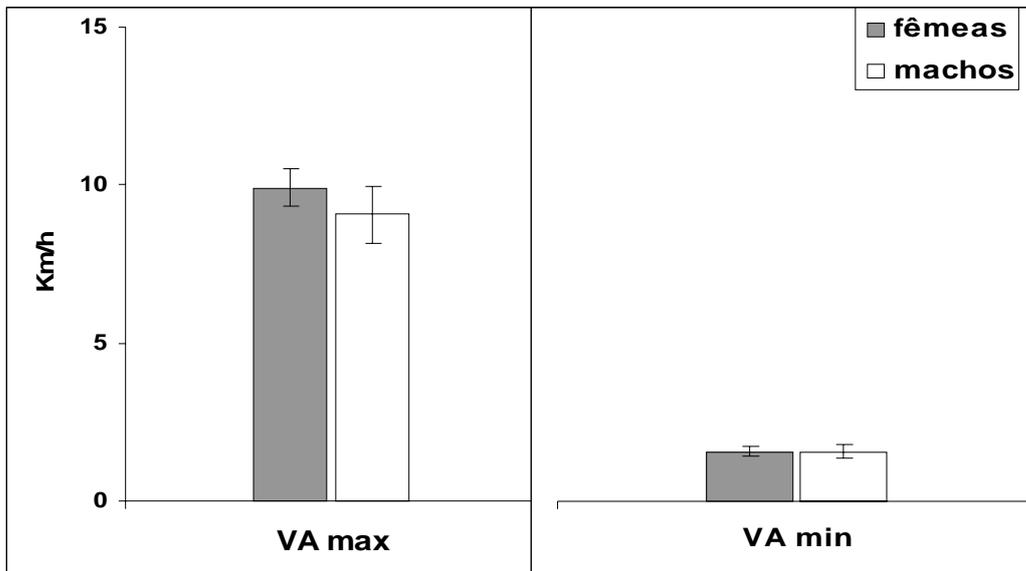
**Figura 3:** Médias e desvios padrão dos índices de compressão (IF), alturas relativas (HR) e razão de profundidade (DR) entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



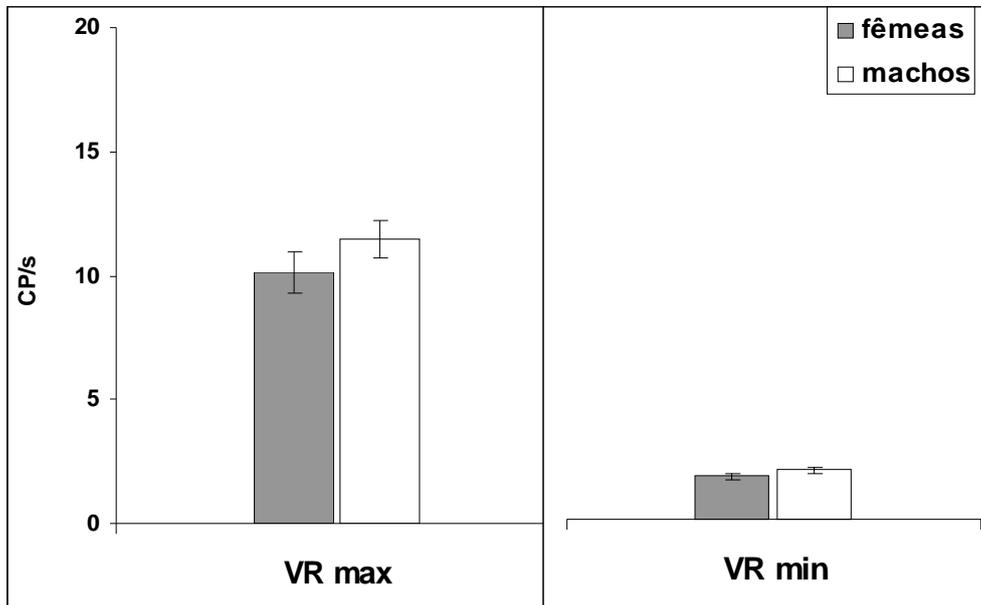
**Figura 4:** Médias e desvios padrão dos comprimentos relativos do pedúnculo caudal (CRPC), alturas relativas do pedúnculo caudal (HRPC) e índices de compressão do pedúnculo caudal (ICPC) entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



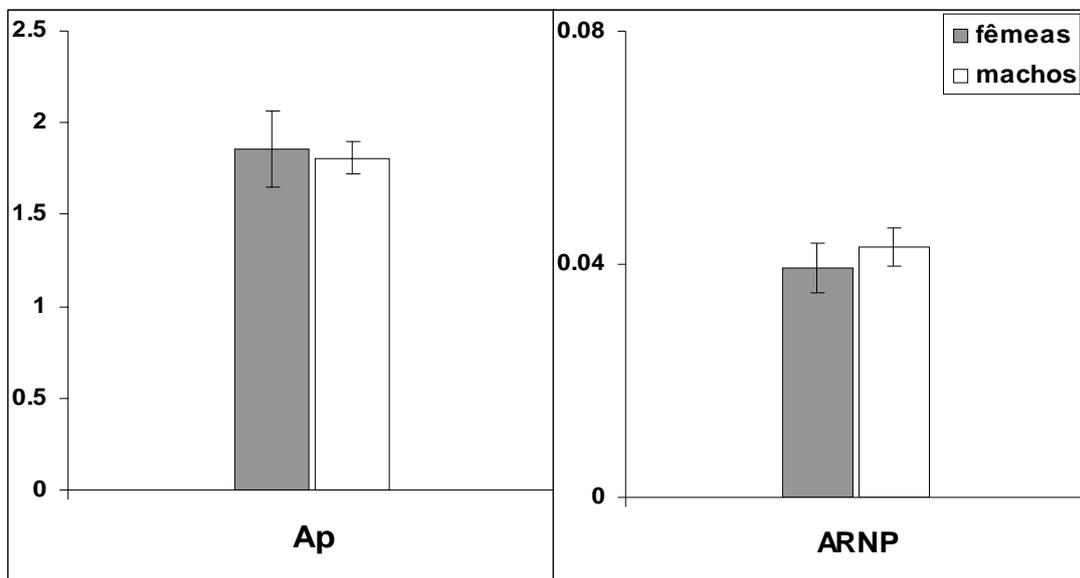
**Figura 5:** Médias e desvios padrão das áreas relativas da nadadeira caudal (ARNC), razão aspecto da nadadeira caudal (Ac) e índices de aceleração (IA) entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



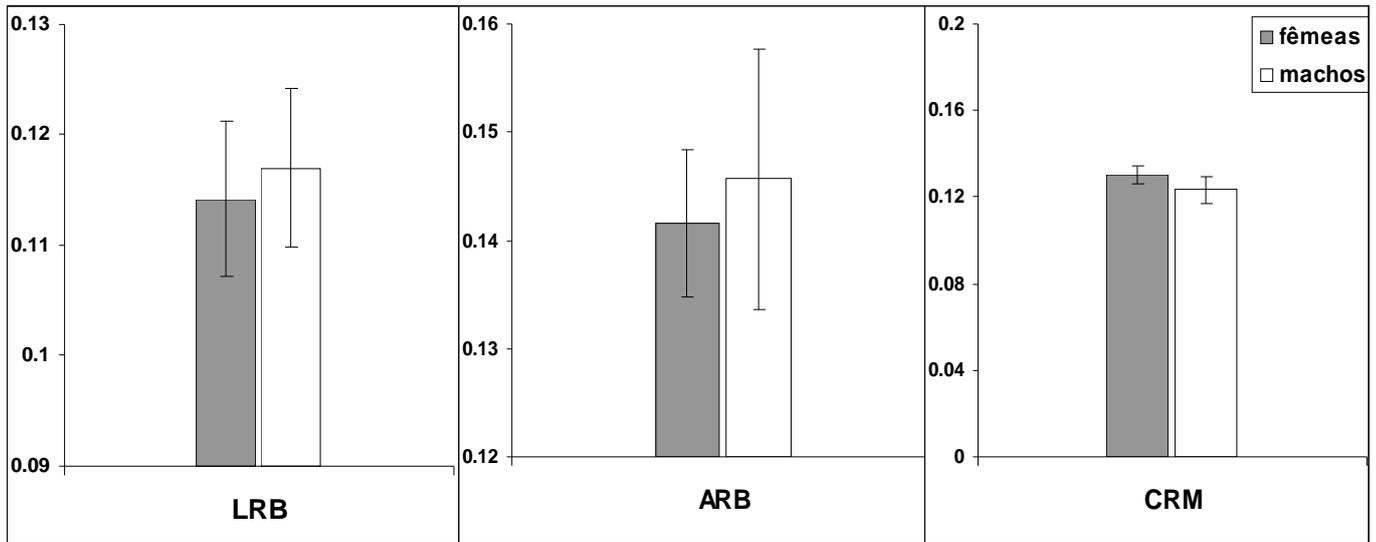
**Figura 6:** Médias e desvios padrão das velocidades absolutas (VA) máximas e mínimas entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



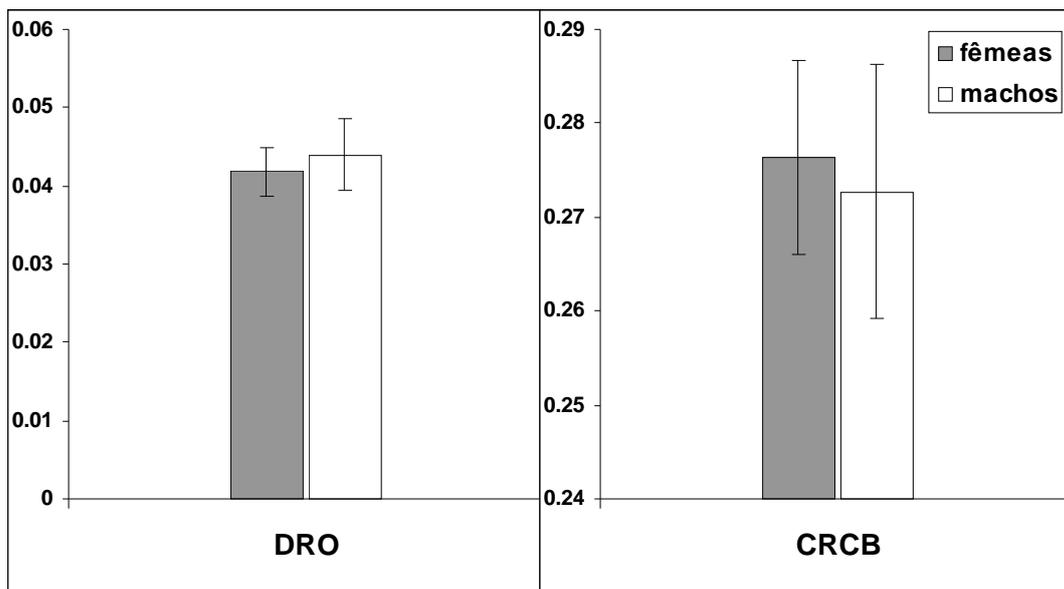
**Figura 7:** Médias e desvios padrão das velocidades relativas (VR) máximas e mínimas entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



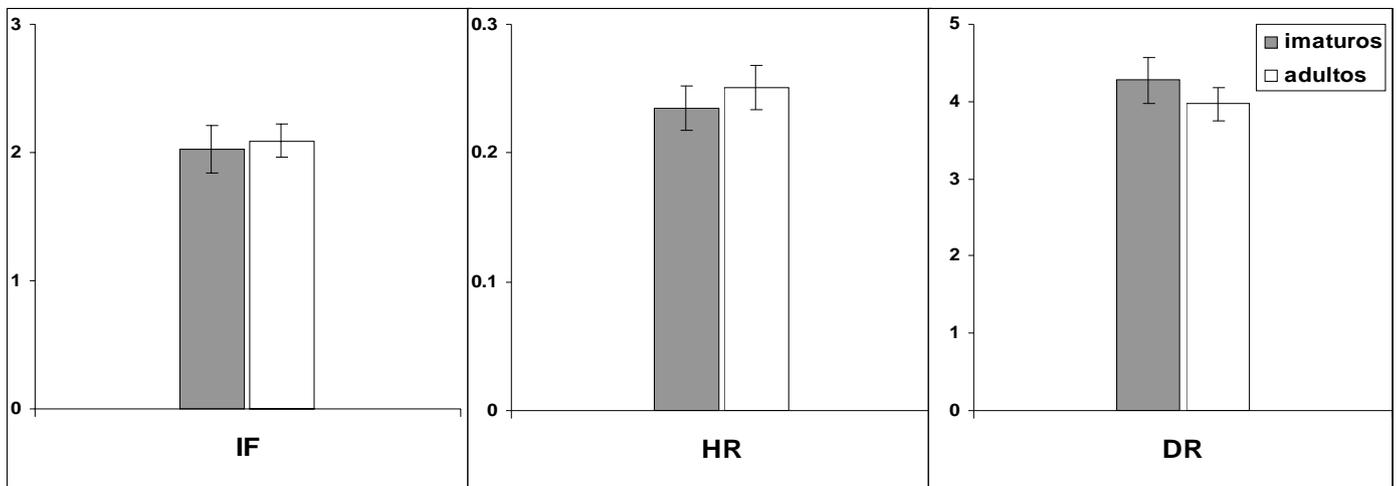
**Figura 8:** Médias e desvios padrão da razão aspecto da nadadeira peitoral (Ap) e área relativa da nadadeira peitoral (ARNP) entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



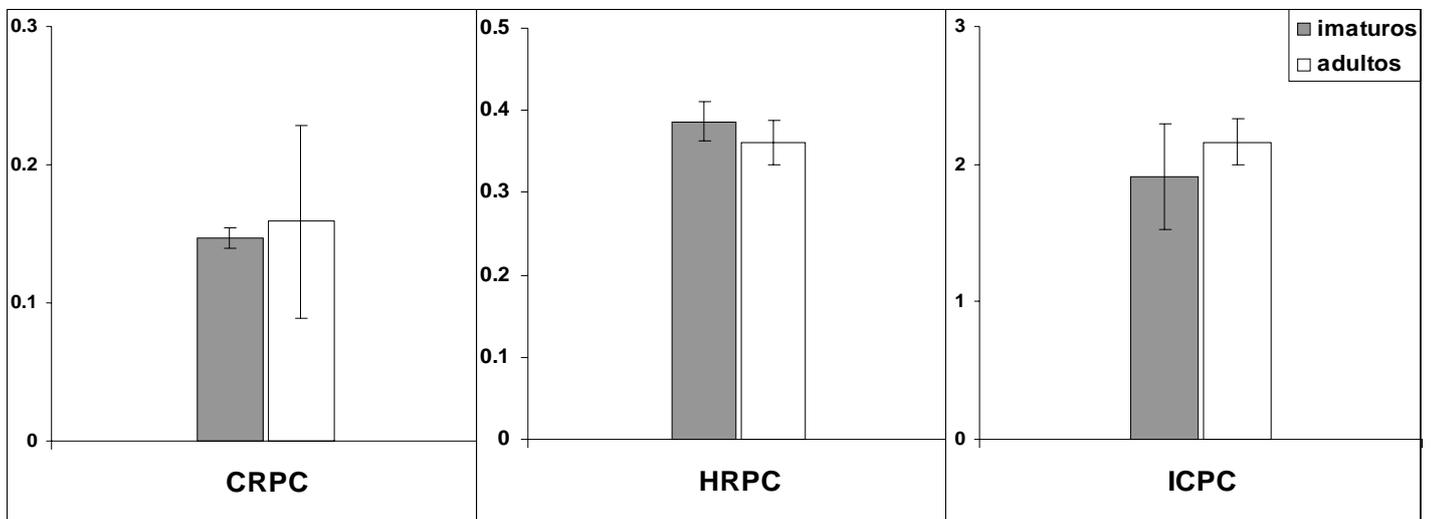
**Figura 8:** Médias e desvios padrão das larguras relativas da boca (LRB), alturas relativas da boca (ARB) e comprimentos relativos da mandíbula (CRM) entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



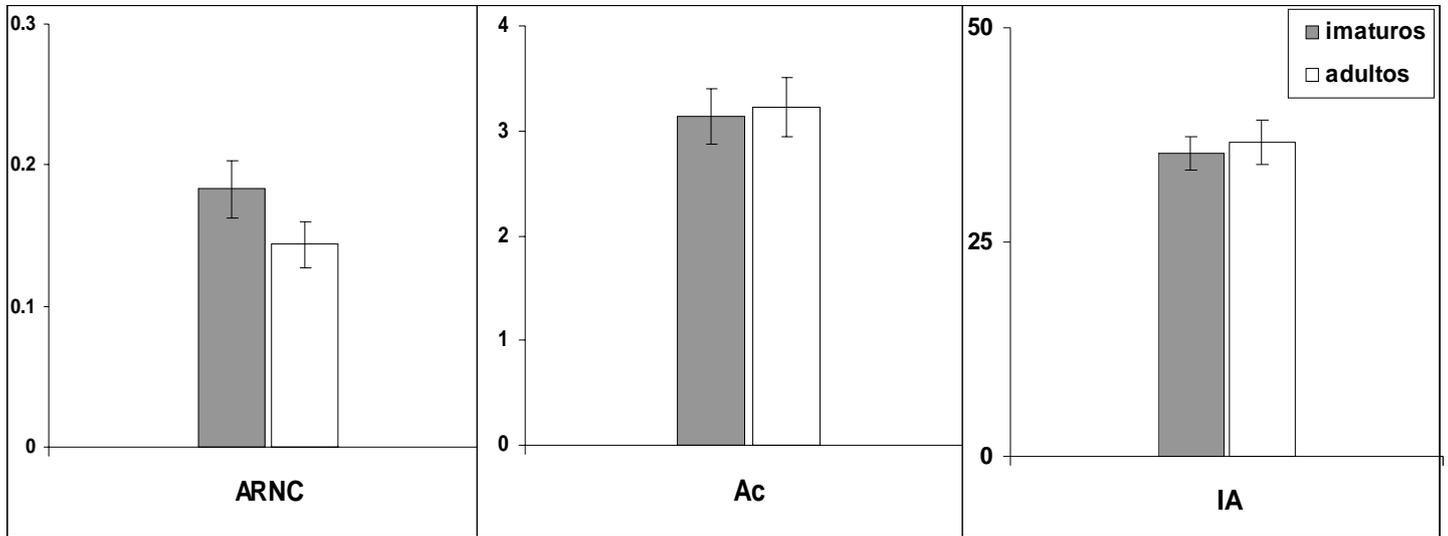
**Figura 9:** Médias e desvios padrão dos diâmetros relativos do olho (DRO), comprimentos relativos da cabeça (CRCB) entre fêmeas e machos de *S. hilarii*.



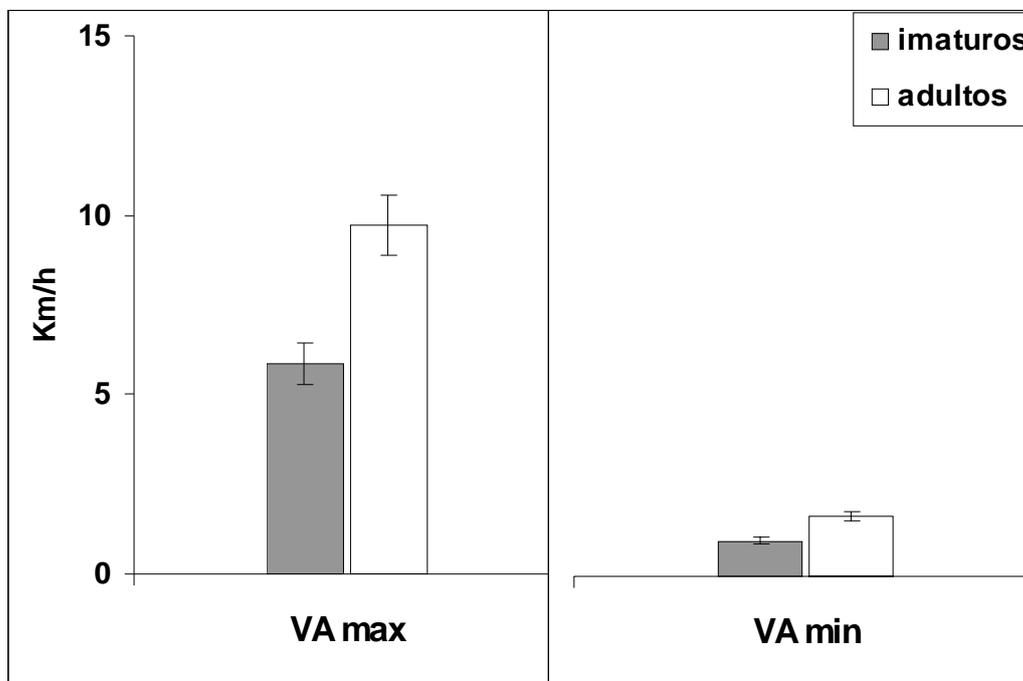
**Figura 10:** Médias e desvios padrão dos índices de compressão (IF), altura relativas (HR) e razão de profundidade (DR) entre imatuross e adultos de *S. hilarii*.



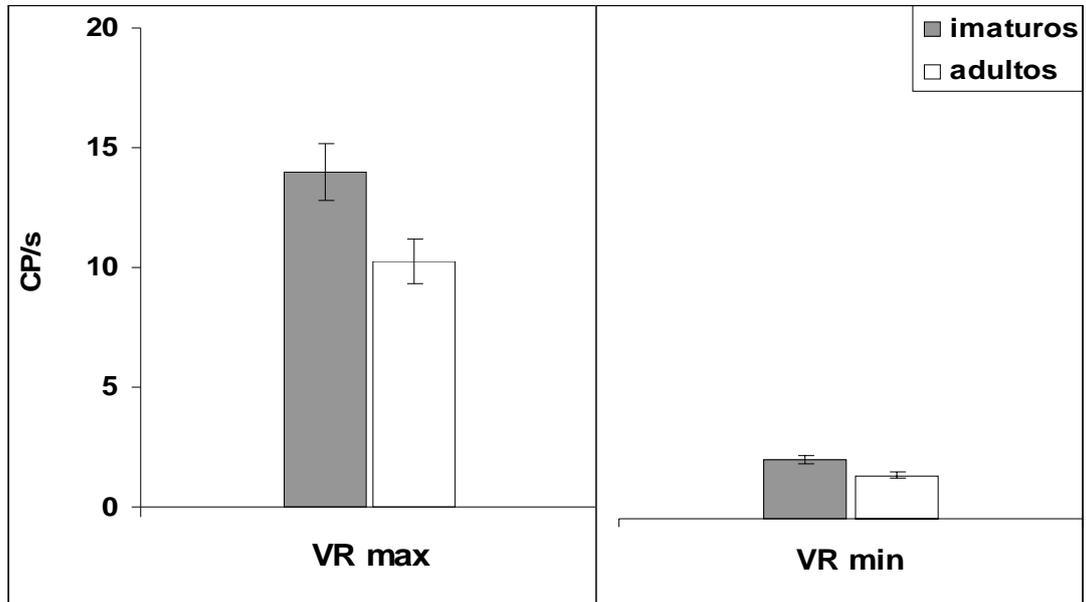
**Figura 11:** Médias e desvios padrão dos comprimentos relativos do pedúnculo caudal (CRPC), alturas relativas do pedúnculo caudal (HRPC) e índices de compressão do pedúnculo caudal (ICPC) entre imatuross e adultos de *S. hilarii*.



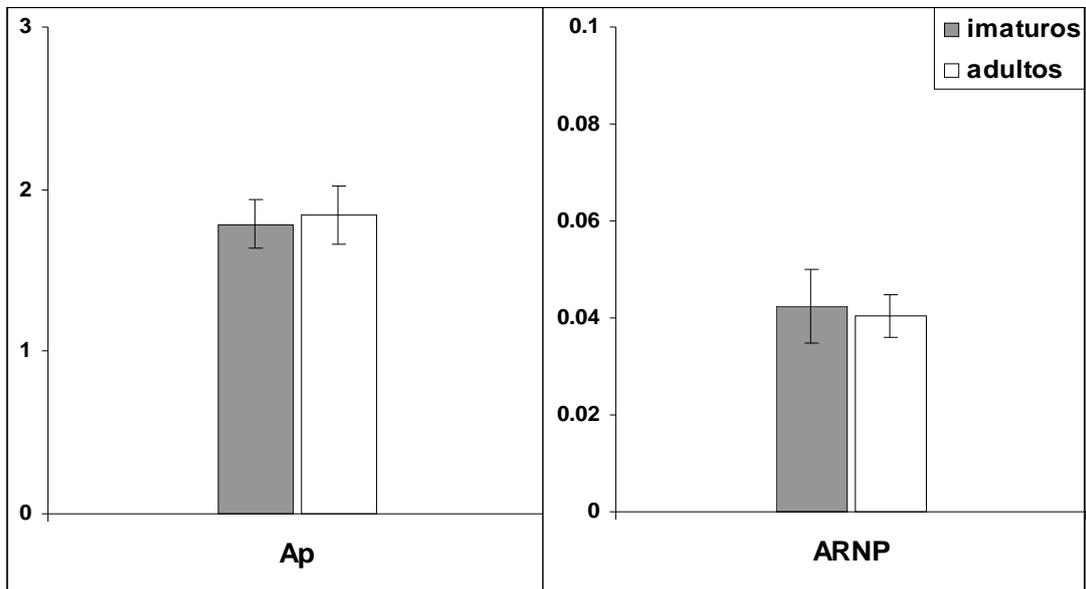
**Figura 12:** Médias e desvios padrão das áreas relativas da nadadeira caudal (ARNC), razão aspecto da nadadeira caudal (Ac) e índices de aceleração (IA) entre imaturos e adultos de *S. hilarii*.



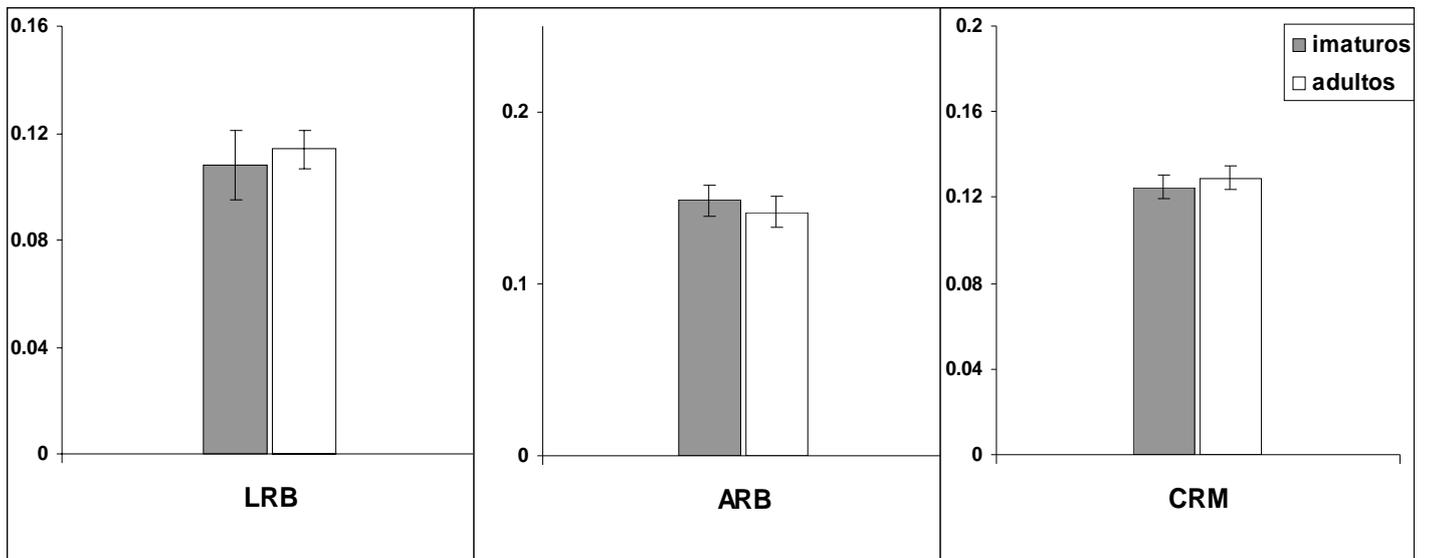
**Figura 13:** Médias e desvios padrão das velocidades absolutas (VA) máximas e mínimas estimadas entre imaturos e adultos de *S. hilarii*.



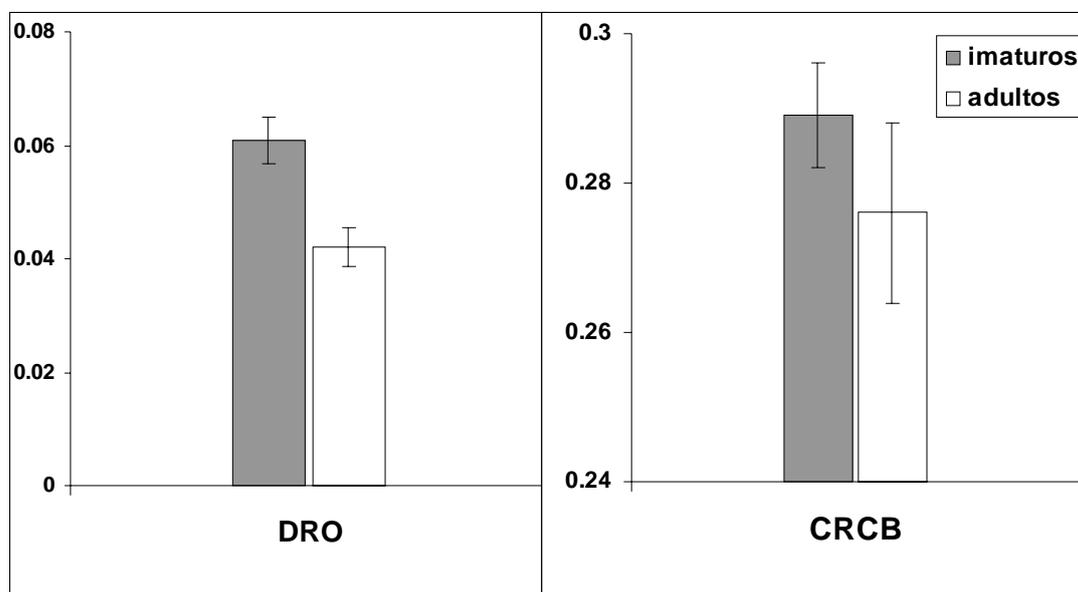
**Figura 14:** Médias e desvios padrão das velocidades relativas (VR) máximas e mínimas estimadas entre imatuross e adultos de *S. hilarii*.



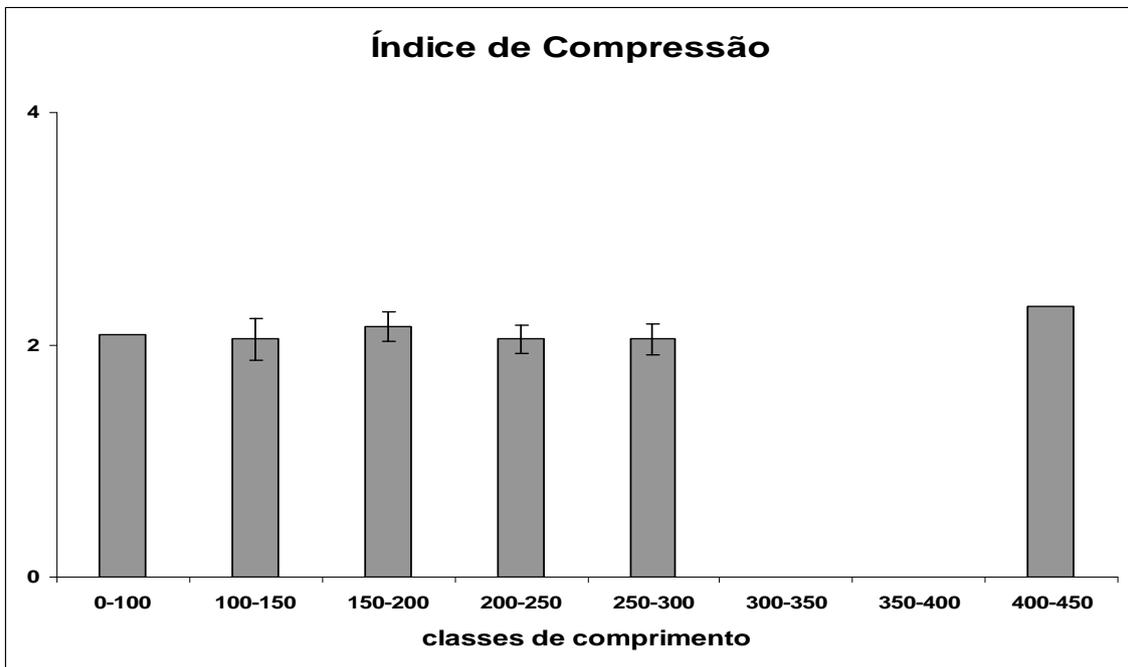
**Figura 15:** Médias e desvios padrão das razão aspecto da nadadeira peitoral (Ap) e áreas relativas da nadadeira peitoral (ARNP) entre imatuross e adultos de *S. hilarii*.



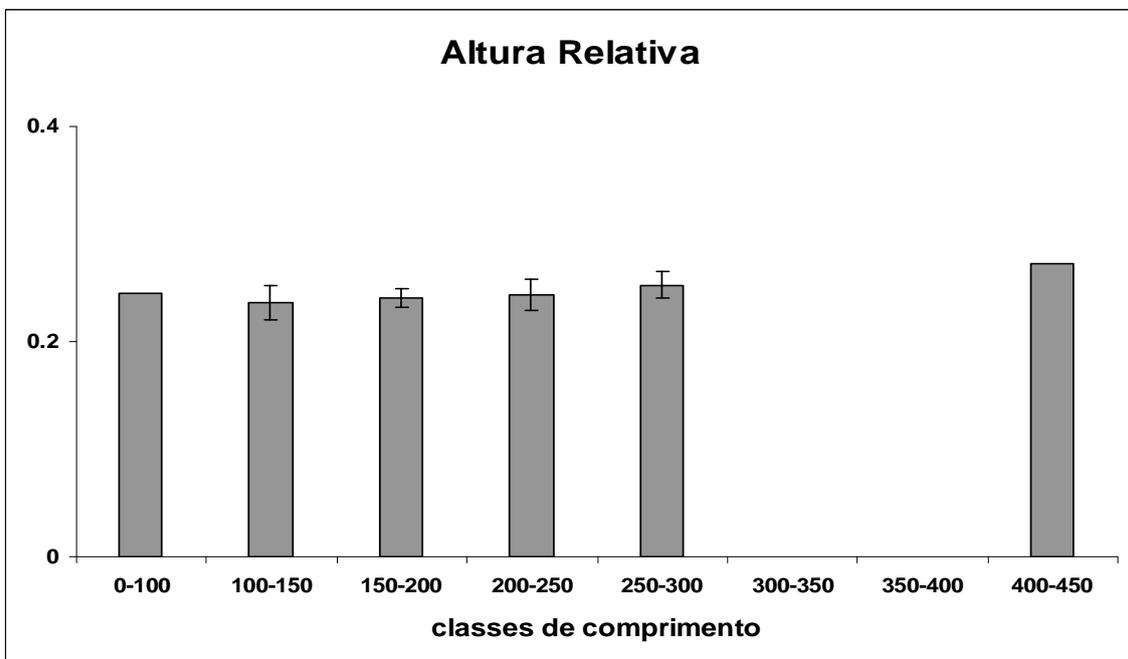
**Figura 16:** Médias e desvios padrão das larguras relativas da boca (LRB), alturas relativas da boca (ARB) e comprimentos relativos da mandíbula (CRM) entre imaturos e adultos de *S. hilarii*.



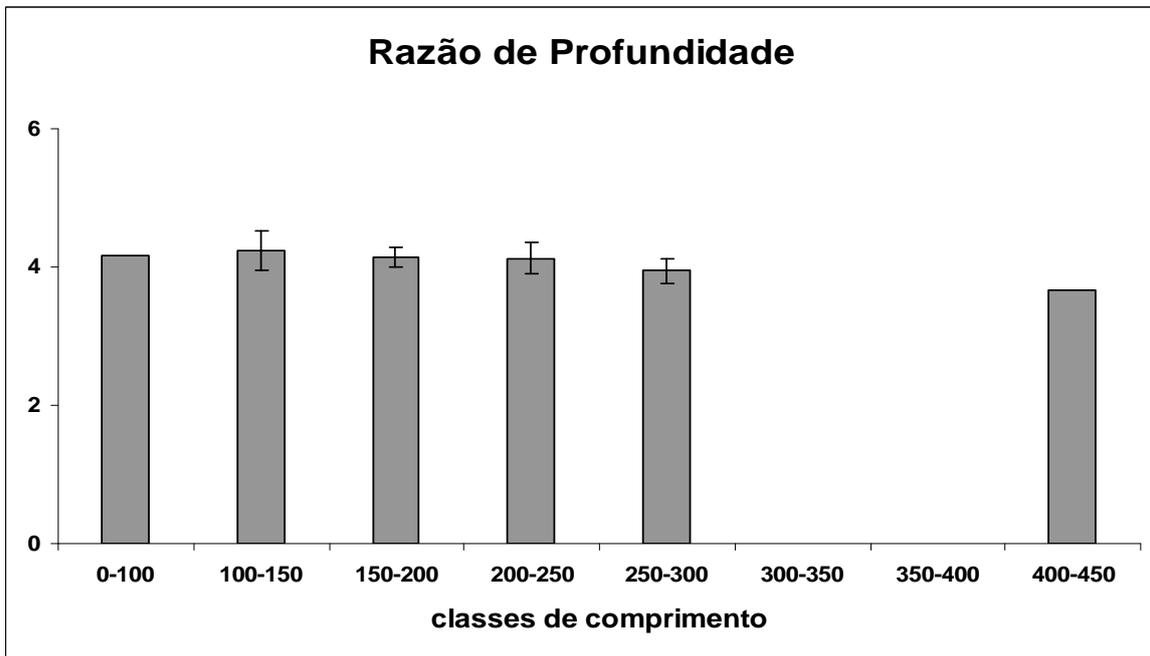
**Figura 17:** Médias e desvios padrão dos diâmetros relativos do olho (DRO) e comprimentos relativos da cabeça (CRCB) entre imaturos e adultos de *S. hilarii*.



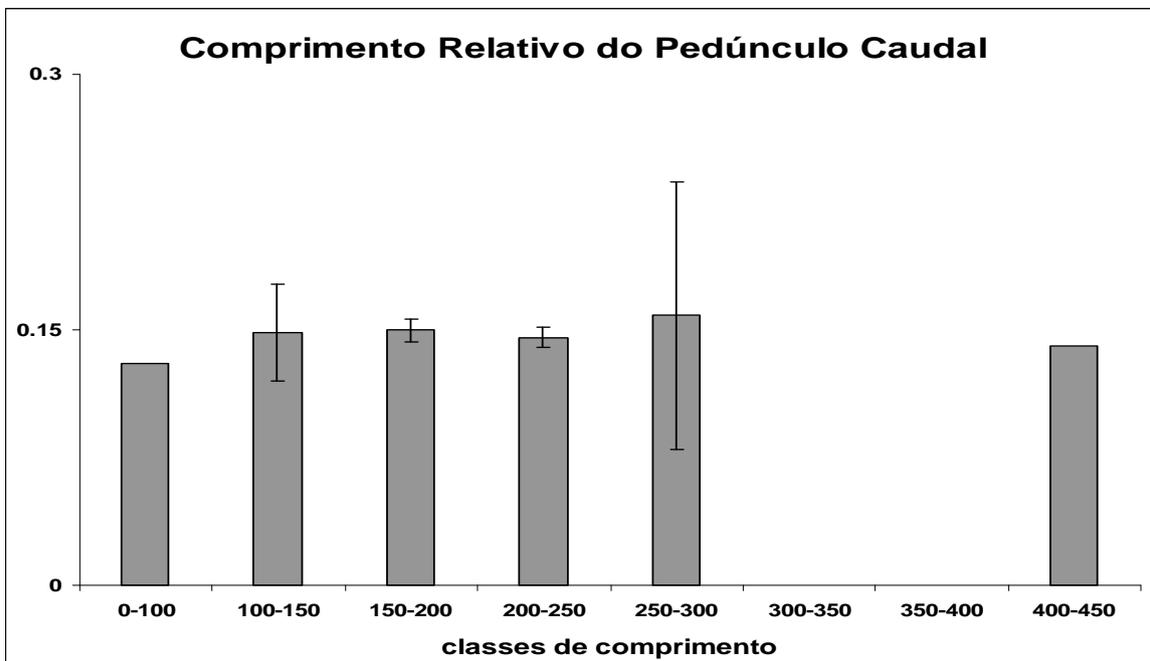
**Figura 18:** Médias e desvios padrão dos índices de compressão (IF) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



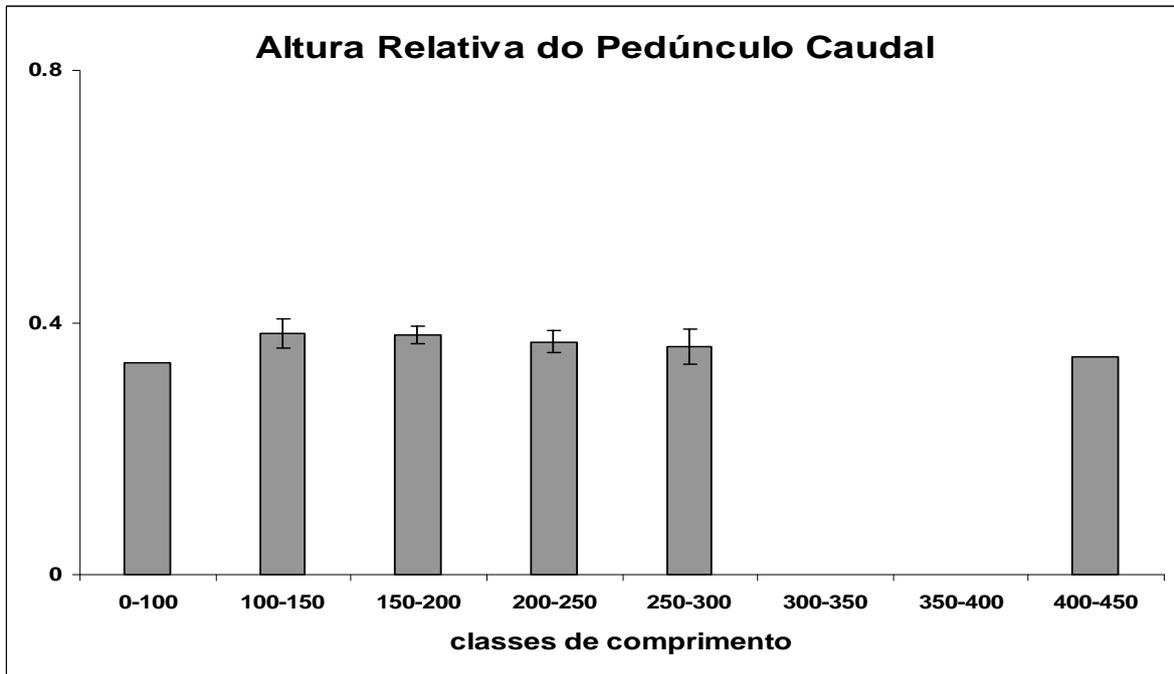
**Figura 19:** Médias e desvios padrão de alturas relativas (HR) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



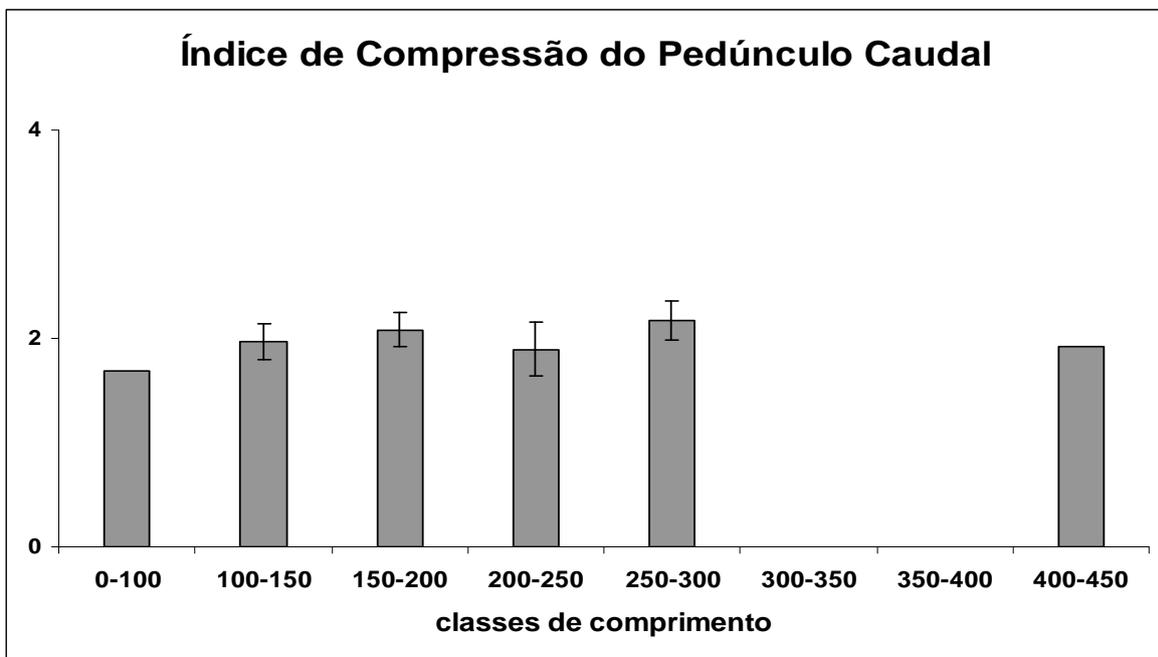
**Figura 20:** Médias e desvios padrão de razão de profundidade (DR) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



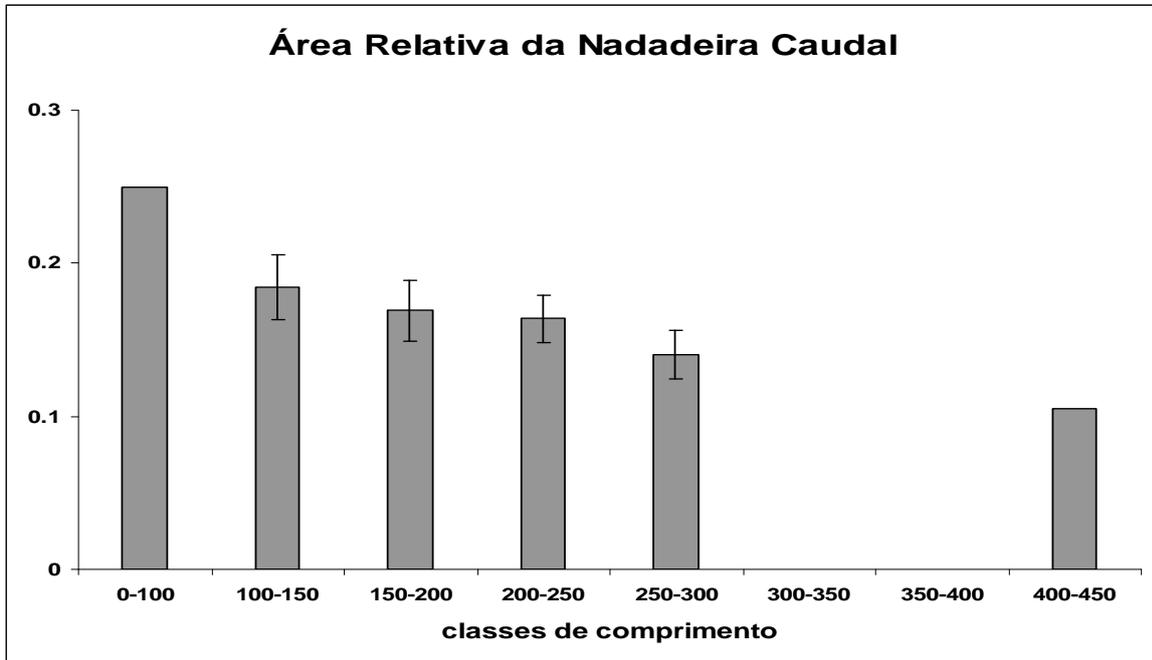
**Figura 21:** Médias e desvios padrão de comprimentos relativos do pedúnculo caudal (CRPC) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



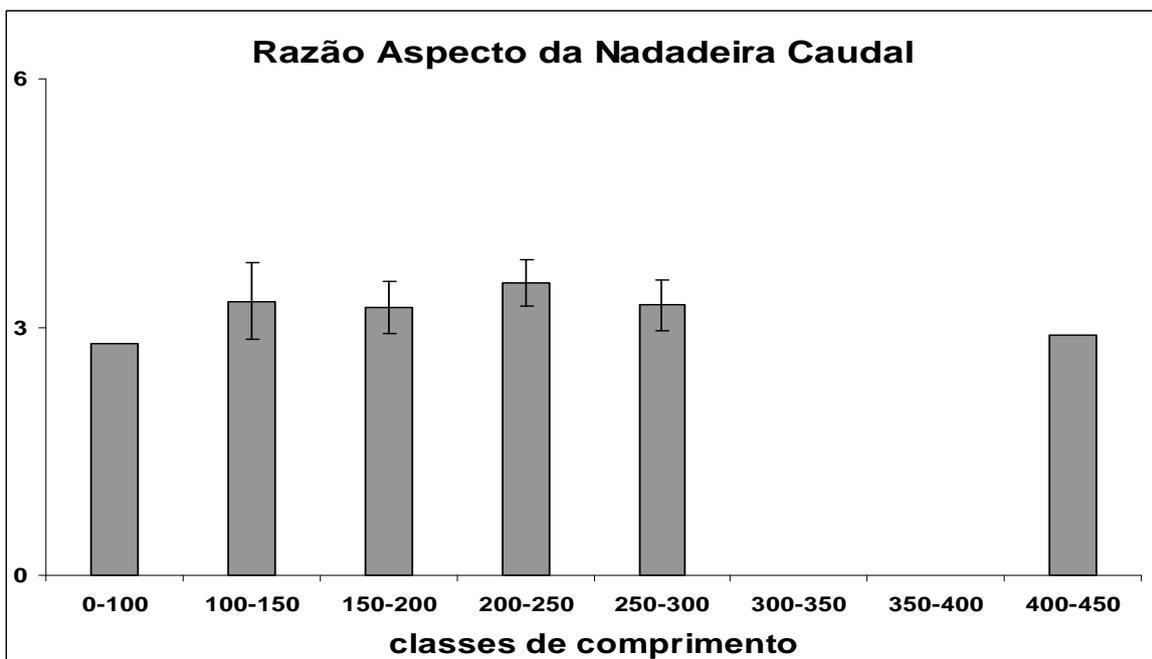
**Figura 22:** Médias e desvios padrão de alturas relativas do pedúnculo caudal (HRPC) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



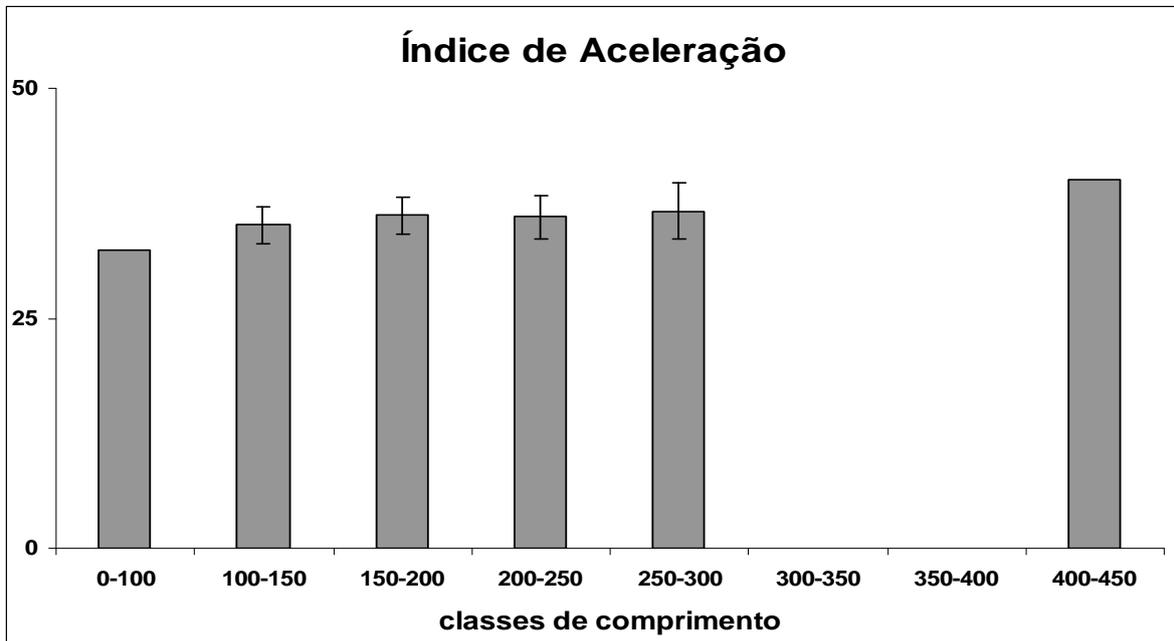
**Figura 23:** Médias e desvios padrão de índices de compressão do pedúnculo caudal (ICPC) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



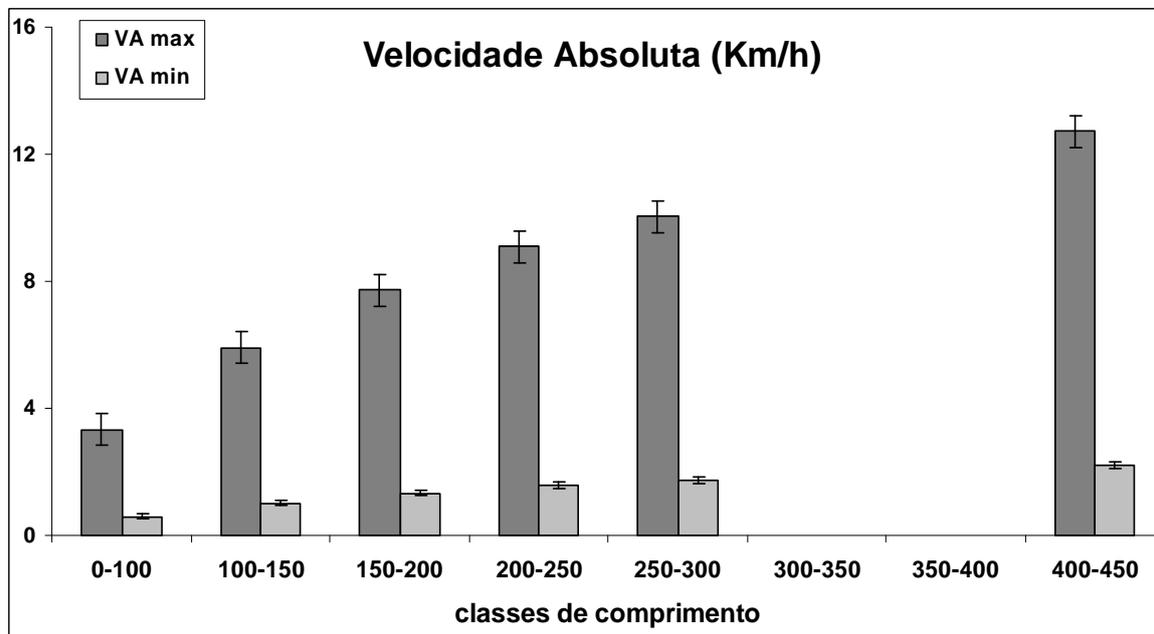
**Figura 24:** Médias e desvios padrão de áreas relativas da nadadeira caudal (ARNC) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



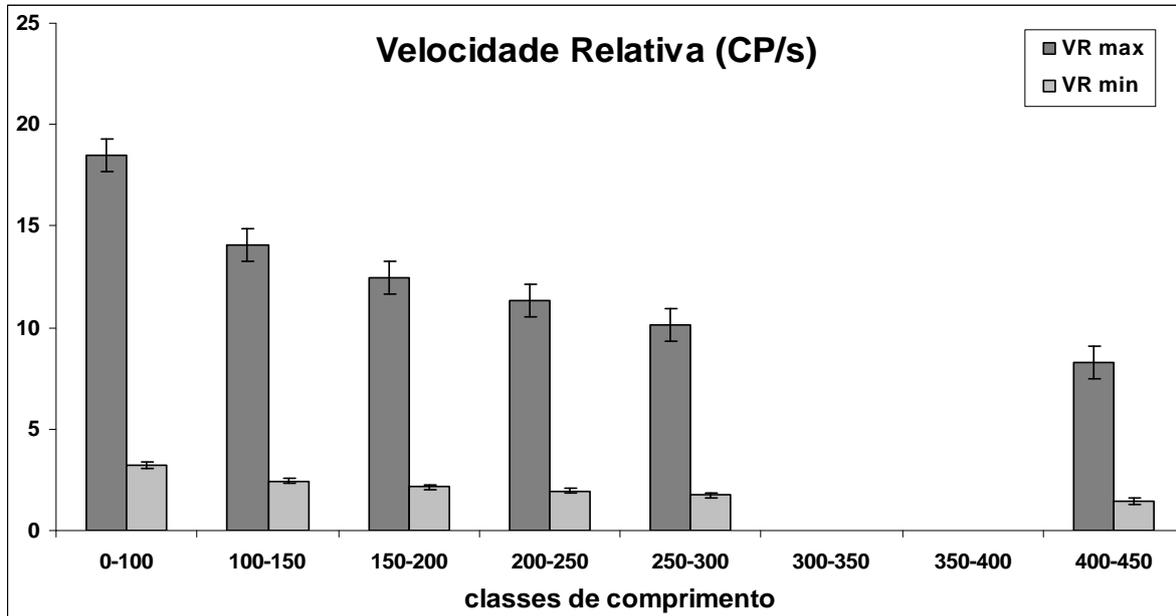
**Figura 25:** Médias e desvios padrão de razão aspecto da nadadeira caudal (Ac) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



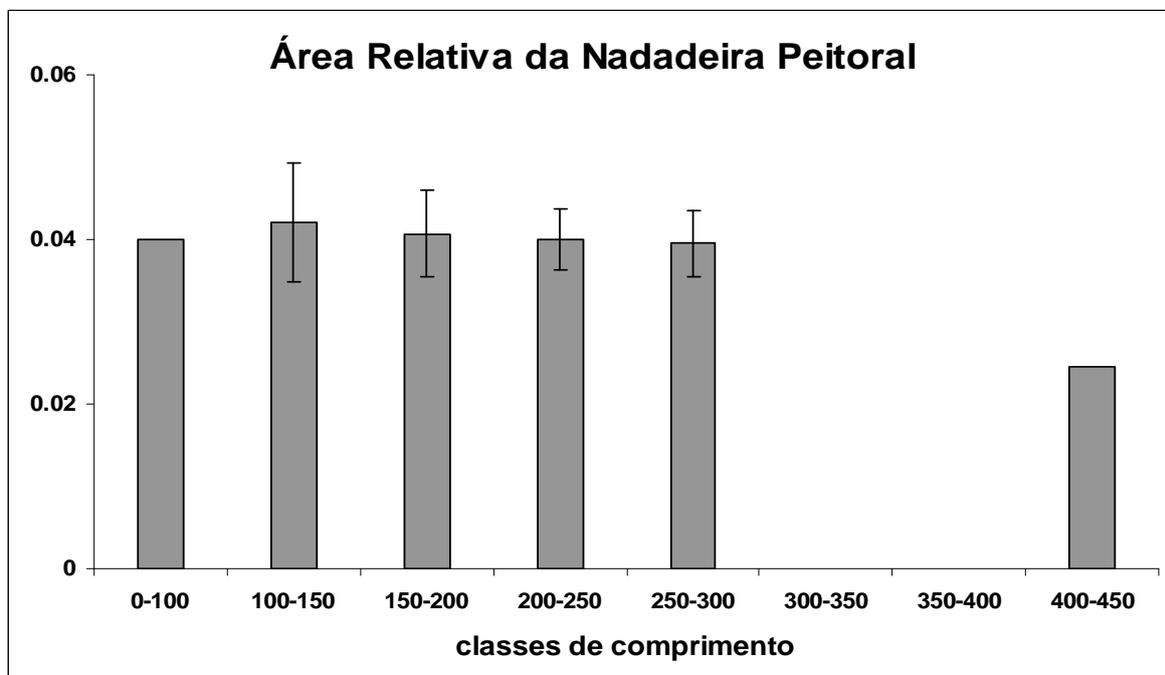
**Figura 26:** Médias e desvios padrão dos índice de aceleração (IA) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



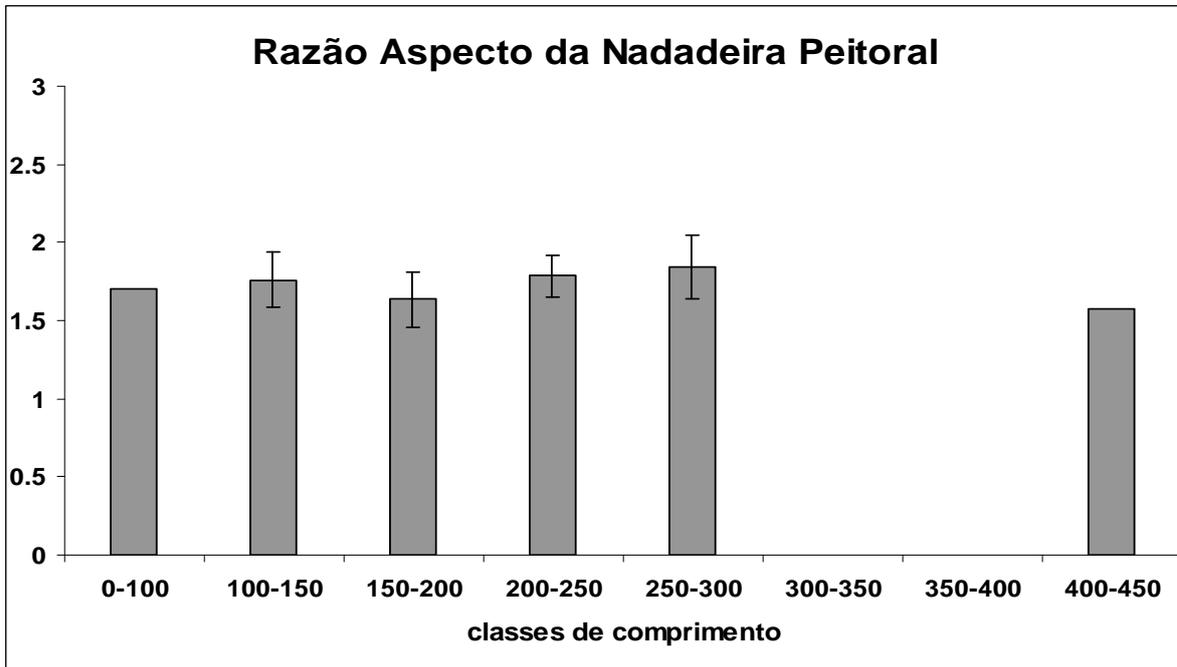
**Figura 27:** Médias e desvios padrão das velocidades absolutas (VA) máximas e mínimas estimadas entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



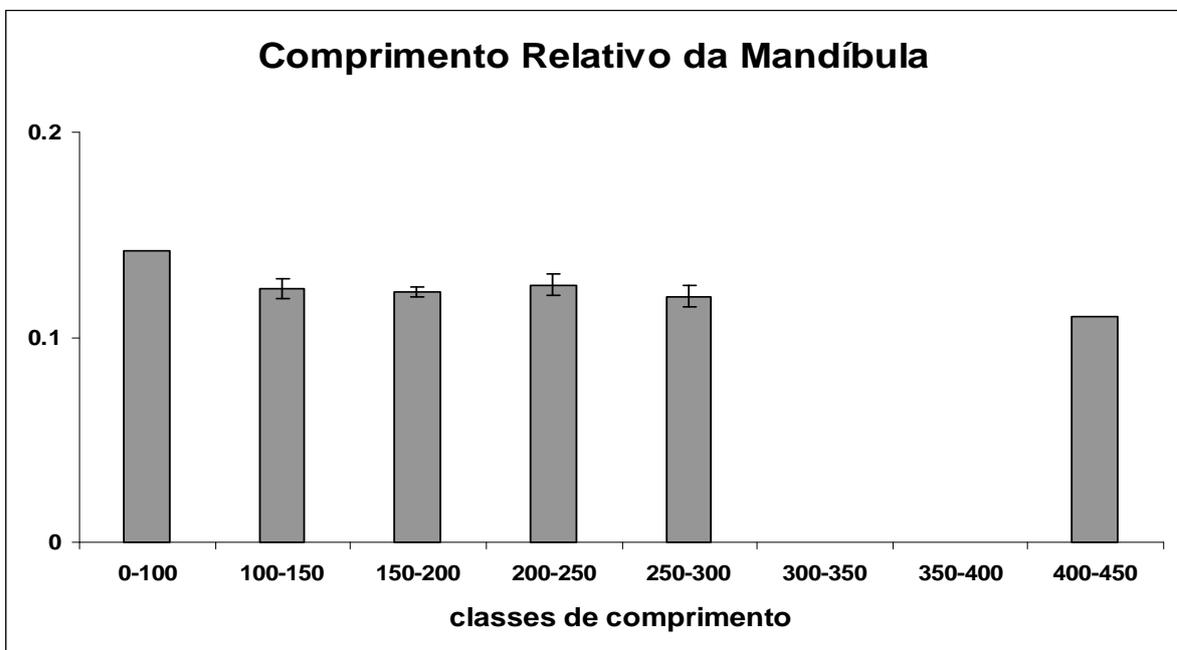
**Figura 28:** Médias e desvios padrão das velocidades relativas (VR) máximas e mínimas estimadas entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



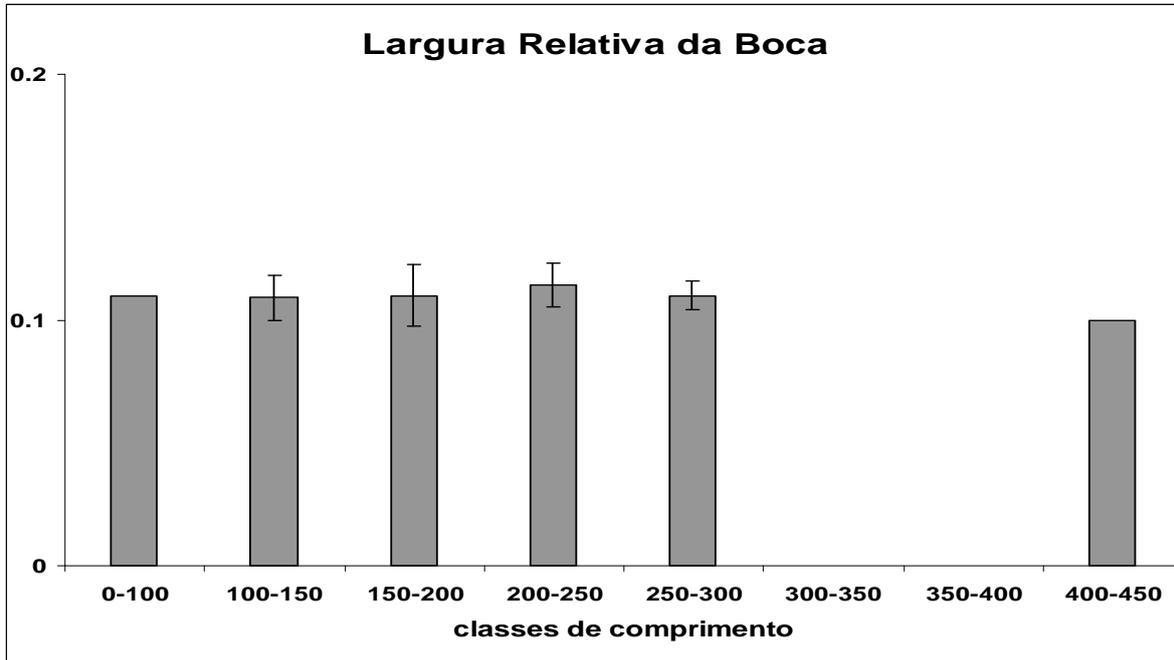
**Figura 29:** Médias e desvios padrão de área relativa de nadadeira caudal (ARNC) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



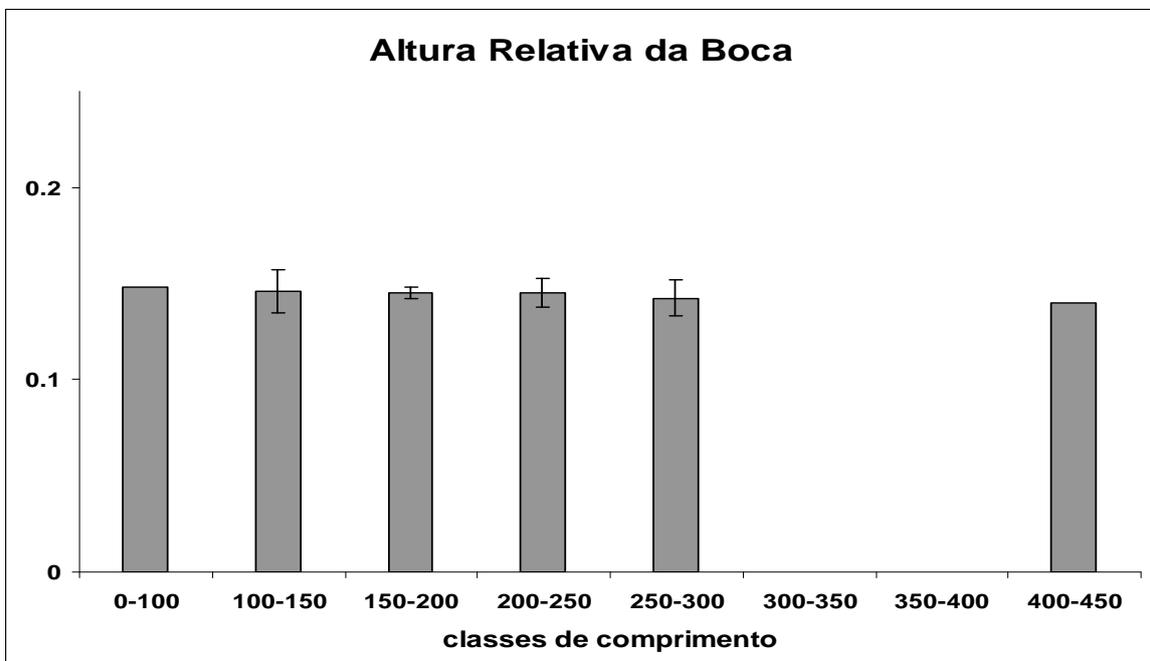
**Figura 30:** Médias e desvios padrão de razão aspecto da nadadeira peitoral (Ap) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



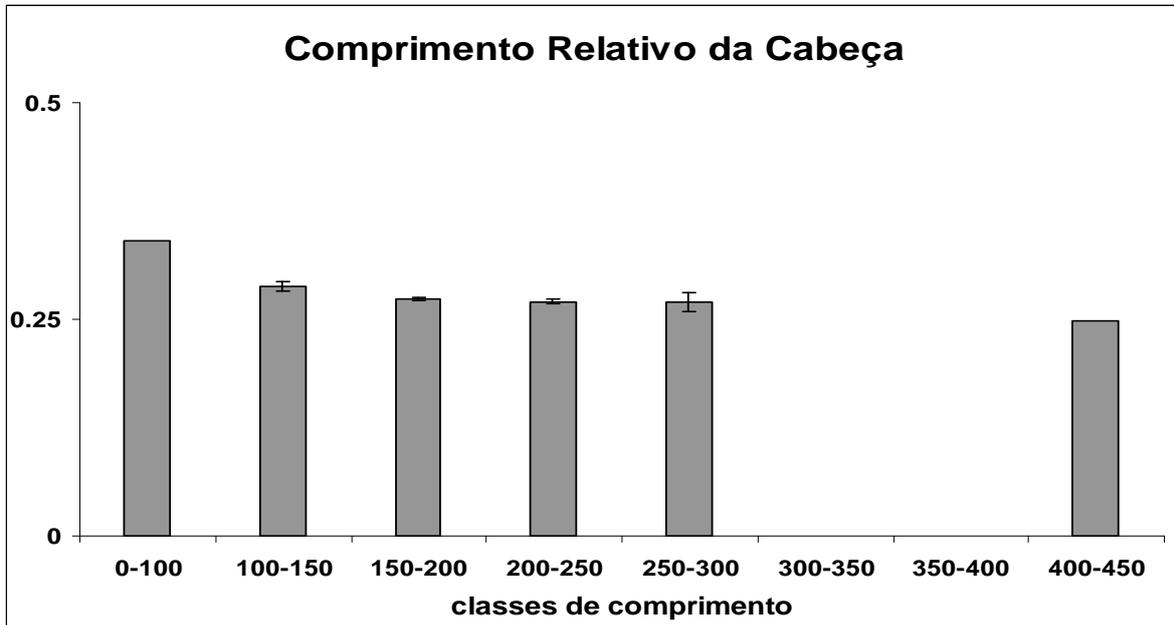
**Figura 31:** Médias e desvios padrão de comprimentos relativos da mandíbula (CRM) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



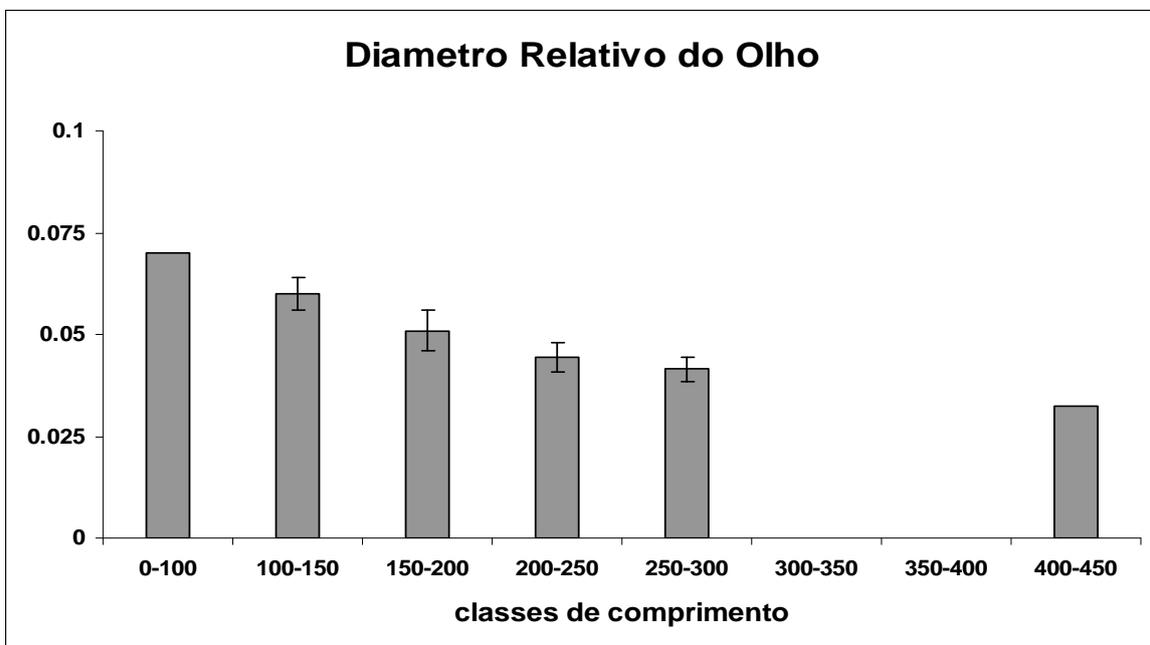
**Figura 32:** Médias e desvios padrão de larguras relativas da boca (LRB) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



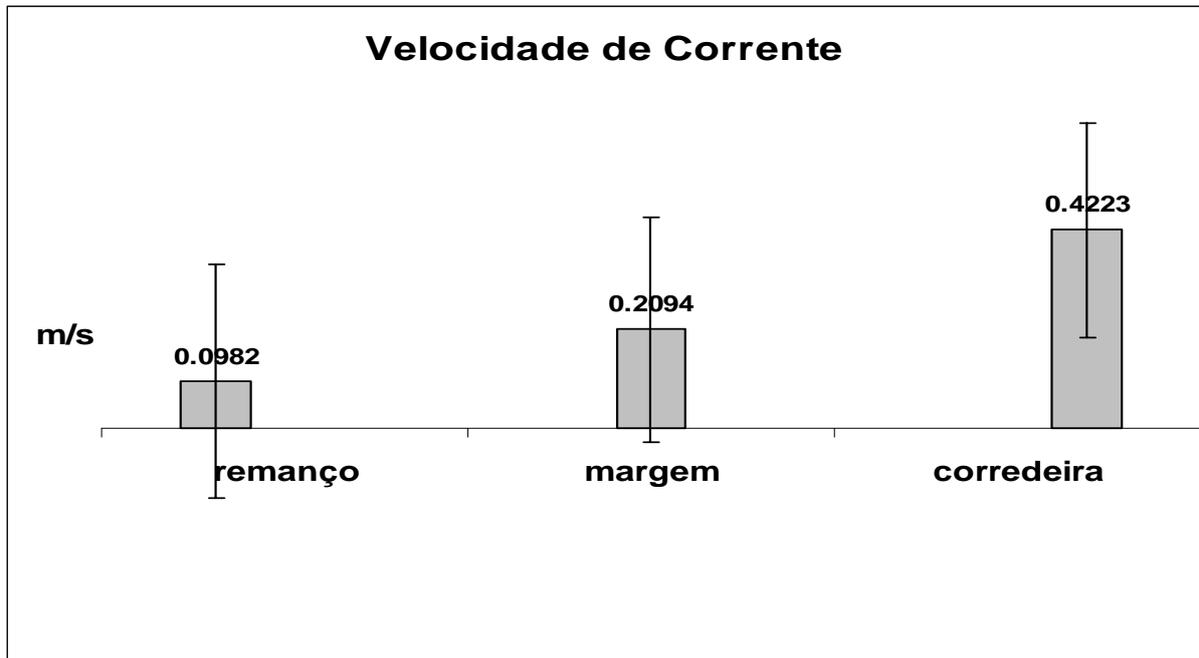
**Figura 33:** Médias e desvios padrão de alturas relativas da boca (HRB) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



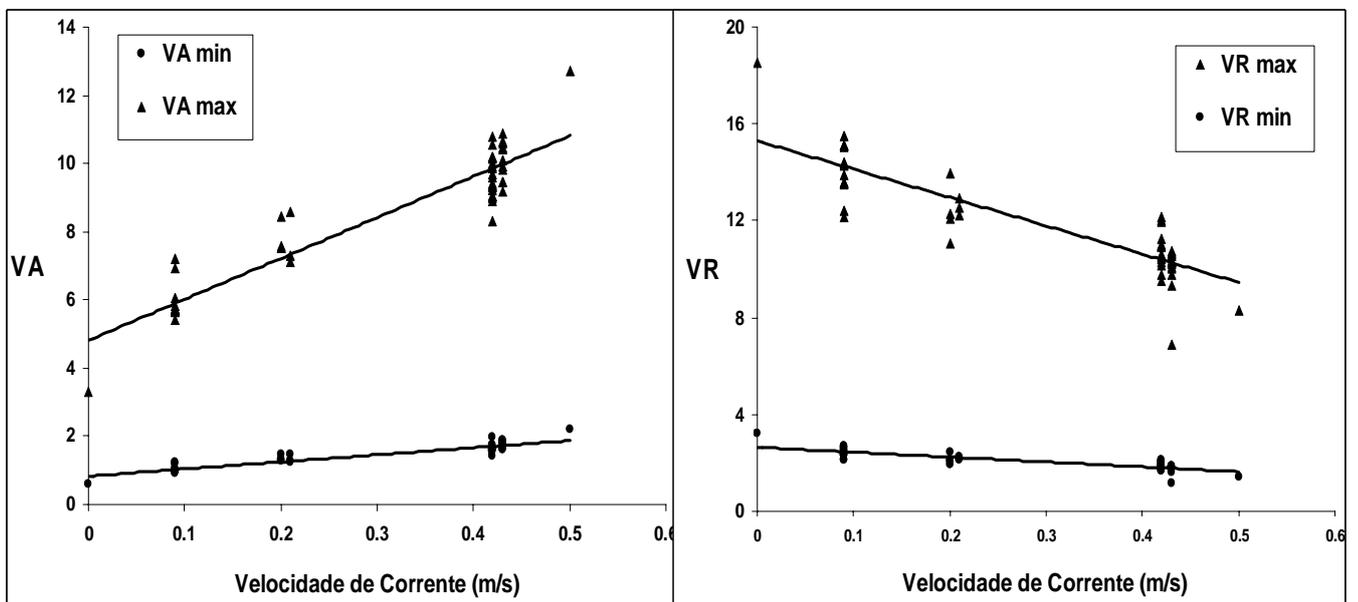
**Figura 34:** Médias e desvios padrão de comprimentos relativos da cabeça (CRCB) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



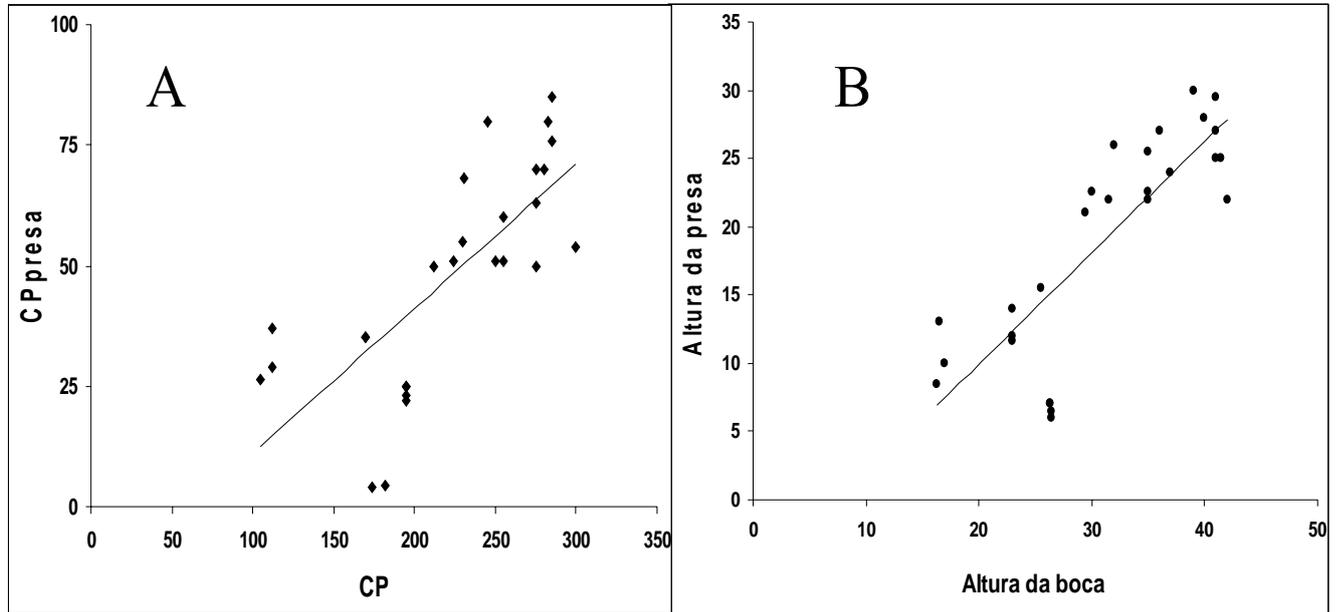
**Figura 35:** Médias e desvios padrão de diâmetros relativos do olho (DRO) entre as diferentes classes de comprimento de *S. hilarii*.



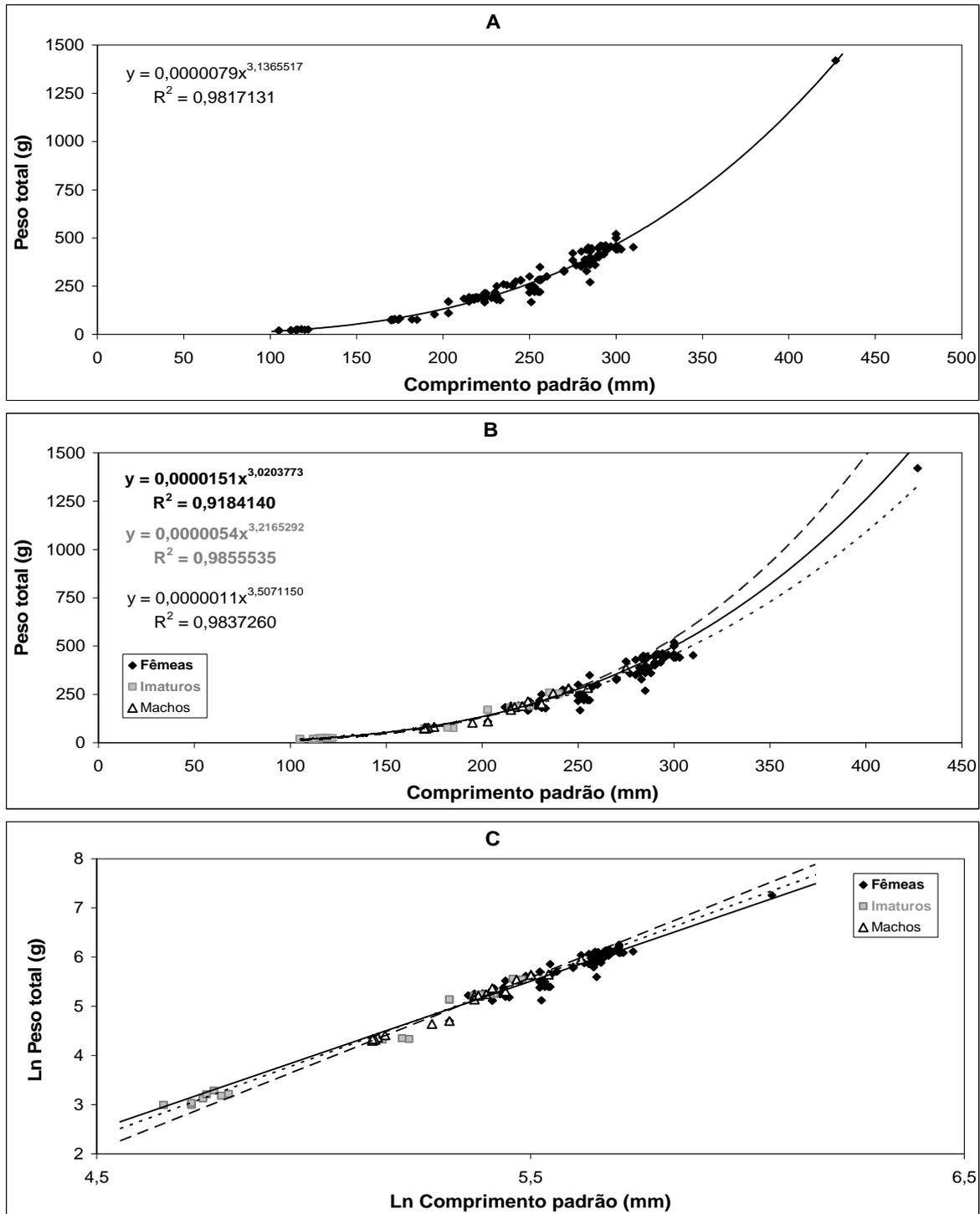
**Figura 36:** Médias e desvio padrão das velocidades de corrente nos três ambientes onde foram capturados os indivíduos de *S. hilarii*.



**Figura 37:** Correlações entre as velocidades de corrente observadas e as velocidades absolutas (máximas:  $P < 0,0001$ ,  $r = 0,9352$  e mínimas:  $P < 0,0001$ ,  $r = 0,9384$ ) e relativas (máximas:  $P < 0,0001$ ,  $r = -0,8664$  e mínimas:  $P < 0,0001$ ,  $r = -0,8662$ ) calculadas para *S. hilarii*.



**Figura 38:** Correlações entre: A) tamanho do predador (CP) e o tamanho da presa ( $P < 0,0001$ ,  $r = 0,7452$ ) e B) altura da boca e altura da presa ( $P < 0,0001$ ,  $r = 0,8294$ ).



**Figura 39:** Relações peso-comprimento de *S. hilarii* com os pares de dados plotados, os valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e as equações correspondentes para todos os exemplares coletados (A), com os sexos separados (B) e as respectivas regressões lineares (C) (VILLARES JR et al., 2007).

## Índice

|  |    |
|--|----|
| Resumo.....                                | v  |
| Abstract.....                              | vi |
| 1) Introdução e Revisão da Literatura..... | 1  |
| 2) Objetivos.....                          | 8  |
| 3) Material e Métodos.....                 | 9  |
| 3.1) Coleta de dados.....                  | 9  |
| 3.2) Dados Morfológicos.....               | 10 |
| 3.3) Análise dos Dados.....                | 14 |
| 3.3.1) Índices e Valores Relativos.....    | 14 |
| 3.4) Relação Massa-Comprimento.....        | 17 |
| 4) Resultados.....                         | 18 |
| 4.1) Índices e Valores Relativos.....      | 18 |
| 4.1.1) Machos e Fêmeas.....                | 18 |
| 4.1.2) Imaturos e Adultos.....             | 18 |
| 4.1.3) Classes de Comprimento.....         | 19 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2) Relação Massa-Comprimento.....  | 20 |
| 5) Discussão.....  | 22 |
| 5.1) Aspectos Gerais da Morfologia de <i>Salminus hilarii</i> .....  | 22 |
| 5.2) Índices e Valores Relativos.....  | 25 |
| 5.2.1) Índice de Compressão (IF), Altura Relativa (HR) e<br>Razão de Profundidade (DR).....  | 25 |
| 5.2.2) Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (CRPC), Altura Relativa do<br>Pedúnculo Caudal (HRPC), Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal<br>(ICPC)..... | 29 |
| 5.2.3) Área Relativa da Nadadeira Caudal (ARNC) e<br>Razão Aspecto da Nadadeira Caudal (Ac).....   | 32 |
| 5.2.4) Índice de Aceleração (IA), Velocidade Absoluta (VA) e<br>Velocidade Relativa (VR).....  | 36 |
| 5.2.5) Razão Aspecto da Nadadeira Peitoral (Ap) e<br>Área Relativa da Nadadeira Peitoral (ARNP).....   | 42 |
| 5.2.6) Largura Relativa da Boca (LRB), Altura Relativa da Boca (HRB) e<br>Comprimento Relativo da Mandíbula (CRM).....   | 45 |
| 5.2.7) Comprimento Relativa da Cabeça (CRCB),<br>Diâmetro Relativo do Olho (DRO).....  | 51 |
| 5.3) Relação massa-comprimento.....  | 55 |
| 6) Conclusão.....  | 58 |
| 7) Referência Bibliográfica.....   | 61 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Apêndice 1) Tabelas..... | 69 |
| Apêndice 2) Figuras..... | 76 |
| Índice .....             | 98 |

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)