UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA

ADILSON RODRIGUES

Morfometria e crescimento alométrico de larvas de duas espécies de peixes migradores de grande porte, nativos da América do Sul

Toledo
2010

Catalogação na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

Rodrigues, Adilson
R696m Morfometria e crescimento alométrico de larvas de duas espécies de peixes migradores de grande porte, nativos da América do Sul / Adilson Rodrigues. -- Toledo, PR : [s. n.], 2010.
28 f.

Orientador: Dr. Vladimir Pavan Margarido
Co-orientadora: Dra. Maristela Cavacchioli Makrakis
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Peixes migradores – Morfometria 2. Peixes migradores - Crescimento 3. Peixes migradores – Alometria 4. Surubim (Pseudoplatystoma corruscans) – Larvicultura 5. Pintado (Pseudoplatystoma corruscans) – Larvicultura 6. Peixes de água doce 7. Morfometria geométrica I. Margarido, Vladimir Pavan, Or. II. Makrakis, Maristela Cavicchioli, Or. III. T.

D 20. ed. 597.09298
597.52
639.313

ADILSON RODRIGUES

Morfometria e crescimento alométrico de larvas de duas espécies de peixes migradores de grande porte, nativos da América do Sul

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Pavan Margarido

Co-Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Maristela Cavicchioli Makrakis

Toledo

2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

ADILSON RODRIGUES

Morfometria e crescimento alométrico de larvas de duas espécies de peixes migradores de grande porte, nativos da América do Sul

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

_____

Orientador: Dr. Vladimir Pavan Margarido
Co-Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Maristela Cavicchioli Makrakis
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

_____

Prof. Dr. Oscar Akio Shibatta
Universidade Estadual de Londrina

_____

Prof. Dr. Paulo Vanderlei Sanches
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: 30 de julho de 2010.
Local de defesa: Auditório da Unioeste/*Campus* de Toledo.

DEDICATÓRIA(S)

Aos meus pais pelo apoio em todos os momentos de minha vida e constante incentivo que permitiram o meu crescimento pessoal e minha formação profissional.

AGRADECIMENTO(S)

Ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela oportunidade.
À meu orientador Professor Doutor Vladimir Pavan Margarido, pelas correções e sugestões.
A Professora Doutora Maristela Cavicchioli Makrakis, por toda a sua paciência, apoio, e confiança oferecida durante a realização deste trabalho.
A Professora Doutora Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui pelo auxilio nas análises estatísticas, conselhos e companheirismo.
A UNIOESTE, a todos os funcionários, técnicos, companheiros, professores, pelo auxílio, colaboração, aprendizado e exemplo oferecidos.
Ao professor Doutor Paulo Vanderlei Sanches, pelas conversas sobre larvas de peixes.
Ao (GETECH) - Grupo de Tecnologia de Produção e Conservação de Recursos Pesqueiros e Hídricos pela concessão dos equipamentos necessários para a realização deste estudo.
A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa- demanda social, concedida do período de outubro de 2009 a julho de 2010.
A CESP – Companhia energética de São Paulo, pela bolsa do período de agosto de 2009 a setembro de 2009, e pelas larvas das espécies estudadas.
Ao técnico Sérgio Bovolenta, funcionário da estação de piscicultura de Jupiá, pela reprodução das espécies deste estudo.
As larvas das espécies estudadas. O fato de tirar suas vidas só se justificará se as informações derivadas deste estudo realmente contribuírem ao maior conhecimento e preservação das espécies.
Aos meus colegas, companheiros e amigos do laboratório de ictioplâncton, em especial: Patrícia Sarai da Silva, Lucileine Assumpção, Fernanda Freitas Andrade, Ariane Furtado de Lima, Adriano Vitor Azevedo, pela paciência, colaboração, apoio e amizade oferecidos.
Ao técnico e colega de mestrado Ricardo Luiz Wagner pelo companheirismo.
Ao secretário do mestrado Luizinho pelas orientações necessárias nos tramites legais.
A Salete de Paula pela edição das imagens das larvas para melhor ressaltar os detalhes.
A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboram na realização deste estudo, a todos aqueles que com seu bom exemplo me influenciaram para tentar fazer as coisas cada vez melhor.
Agradecimento especial minha família e meus amigos, especialmente a minha querida mãe Marcolina e meu pai Jerônimo, por sua compreensão, apoio e constante estimulo.

A TODOS ELES MUITO OBRIGADO!!!!!!

Morfometria e crescimento alométrico de larvas de duas espécies de peixes migradores de grande porte, nativos da América do Sul

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi detectar diferenças morfométricas entre as larvas de *Hemisorubim platyrhynchos* e *Pseudoplatystoma corruscans* em diferentes estágios de desenvolvimento larval, como também no crescimento alométrico dessas duas espécies de peixes de relevância econômica e ecológica na América do Sul. As larvas foram separadas em seis estágios de desenvolvimento larval ontogenético (larval vitelino, pré-flexão, início de flexão, flexão, final de flexão e pós-flexão), determinando marcos anatômicos que possibilitaram agrupá-las em três séries de distâncias geométricas. Para encontrar possíveis padrões morfométricos (similar ou não) entre as larvas das duas espécies nos diferentes estágios de desenvolvimento foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) para cada série de distâncias. A análise de variância bifatorial (espécies e estágio de desenvolvimento) foi usada sobre os eixos retidos da ACP para a interpretação dos dados e testar as possíveis diferenças. Para verificar a existência de padrão alométrico nas espécies, os escores gerados pelo eixo 1 da ACP foram utilizados para estimar os coeficientes alométricos multivariados. A ACP para a série I separou as espécies (*H. platyrhynchos* e *P. corruscans*) e estágios (larval vitelino e pré-flexão). Na série II *H. platyrhynchos* não mostrou diferença entres os estágios larvais, porém para *P. corruscans* ocorreu desenvolvimento acentuado a partir do estágio de flexão ao final de flexão, possibilitando a separação de *H. platyrhynchos*. No estágio de pós-flexão (série III), a separação morfométrica entre as espécies não foi evidente. As espécies são distintas morfometricamente especialmente nos estágios iniciais de desenvolvimento larval, diferenças atribuídas principalmente ao formato e volume do saco vitelino à eclosão e ao tamanho das larvas, apesar de algumas similaridades nos padrões de crescimento de diferentes regiões do corpo. O crescimento alométrico das larvas correspondeu a eventos do desenvolvimento e comportamentais observados na ontogenia inicial das espécies. Este estudo sobre morfometria geométrica e crescimento alométrico das larvas de *H. platyrhynchos* e *P. corruscans* poderá auxiliar as pesquisas em biologia pesqueira, subsidiando as estratégias de manejo e conservação das populações naturais.

Palavras-chave: *Hemisorubim platyrhynchos*, *Pseudoplatystoma corruscans*, rede de treliça, ictioplâncton, Pimelodidae.

Morphometry and allometric growth in larval ontogeny of two species of large migratory fish native from South America

ABSTRACT

The aim was to detect morphometric differences in the stages of larval development *Hemisorubim platyrhynchos* and *Pseudoplatystoma corruscans* and allometric growth in these two fish species of ecological and economic relevance in South America Larvae were separated into six stages of development ontogenetic larval (yolk sac larval, preflexion, initial of flexion, flexion, end of flexion and post flexion). That allowed Landmarks grouping them in three series of geometric distances. Was applied to PCA for each series of distances between different stages of larval development of both species to examine the morphometric patterns (similar or not). The factorial analysis of variance (species and stage of development) was used above retained axes of PCA for interpretation of data and test the possible differences. To verify the existence of allometric pattern in species, the scores generated by the first axis of PCA was used to estimate the multivariate allometric coefficients. The series I from PCA segregated (*H. platyrhynchos* and *P. corruscans*) the species and stages (larval yolk and pre-flexion). In the series II *H. platyrhynchos* showed no differences between the larval stages, but for *P. corruscans* was marked development from the flexion stage to the late flexion allowing a separation of *H. platyrhynchos*. In post-flexion stage (series III) morphometric discrimination between species was not evident. In relation to the allometric growth, the increase regions-median cephalic and caudal was accentuated in the early stages of both species in question, tending to isometry as the species developed. This work was possible morphometric differentiation of species in larval stages of development, aside from a post-flexion.

Keywords: *Hemisorubim platyrhynchos*, *Pseudoplatystoma corruscans*, Truss network, Ichthyoplankton, Pimelodidae.

Dissertação a ser submetida a revista *Neotropical Ichthyology*.

Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ni/<*

SUMÁRIO

Introdução 10
Material e Métodos 12
Resultados 17
Discussão 23
Referências 26

Introdução

Conhecimentos sobre a ecologia de larvas de peixes são essenciais para a compreensão da biologia e da dinâmica das espécies. A identificação correta de larvas é uma condição prévia para o estudo genético, taxonômico, ecológico e organização da pesca (Leis e McCormick, 2002), como também, necessária para propósitos de avaliação de estoques (Perez *et al*., 2005). Contudo, a identificação de larvas de peixes é uma tarefa difícil e complexa, principalmente pelo fato da grande similaridade morfológica encontrada nos primeiros estágios de desenvolvimento, além dos distintos requerimentos ecológicos, com particularidades relacionadas ao habitat, alimentação e comportamento (Leis e Trnski, 1989).

Os caracteres morfológicos mais úteis para a identificação das larvas de peixes são a forma do corpo, presença de barbilhões, seqüência de formação e posição das nadadeiras, presença de espinhos, posição da abertura anal em relação ao corpo, padrão de pigmentação, tamanho e forma do saco vitelino e posição da boca. Quanto aos estudos morfométricos de larvas de peixes, a maioria é baseada na morfometria tradicional descrita por Lima (1967) que, segundo Fonteles Filho (1989), visa criar estimativas sobre o tipo de crescimento do indivíduo, isométrico ou alométrico, ao longo da vida. A alometria pode ser usada como critério para detectar estas diferenças na ontogenia nos peixes.

O método de rede de treliça, descrito por Strauss e Bookstein (1982), visa detectar sistematicamente as diferenças na forma em direção oblíqua, tal como em direções horizontais e verticais, usando um sistema de medida que geralmente assegura a cobertura uniforme do limite de configuração da espécie e, por isso, é altamente sensível a mudanças no tamanho e forma do corpo, sendo muito mais poderoso à descrição morfológica (Strauss e Bookstein, 1982; Bookstein, 1982; Corti *et al*., 1988). Diversos pesquisadores têm utilizado o sistema de rede de treliças em conjunto com as técnicas multivariadas para quantificar as diferenças morfológicas em espécies de peixes adultos (Strauss e Bookstein, 1982; Corti *et al*., 1988 e Turan, 1999; Almeida, 1999; Viana *et al*., 2006; Mateo *et al*. 2008). Contudo, este método é raramente usado para larvas de peixes, destacando-se os estudos de Strauss e Fuiman (1985) para peixes da família Cottidae e de Cavicchioli *et al*., (1997) que discriminaram morfometricamente as formas larvais de duas espécies de Serrasalmidae.

A família Pimelodidae agrupa atualmente 94 espécies, distribuídas em 29 gêneros (Lundberg e Littmann, 2003; Ferraris, 2007), distribuídos em toda região neotropical. As espécies escolhidas para o estudo pertencentes a esta família, *Hemisorubim platyrhynchos* Valenciennes, 1840 e *Pseudoplatystoma corruscans* Spix e Agassiz, 1829, são muito afetadas

pela degradação do seu ambiente natural e pela intensificação da pesca predatória, contribuindo para o declínio das populações naturais (Agostinho e Zalewski, 1996; Catella, 2001). Em decorrência da importância comercial e à sobrepesca dessas espécies (Catella, 2001; Penha *et al*., 2004; Catella *et al*., 2008; Hoienghaus *et. al*. 2009), nos últimos anos, esforços tem sido concentrados na aquisição de conhecimento biológico (desenvolvimento ontogenético) e ecológico, a fim de melhorar o rendimento pesqueiro, como também a preservação das espécies no ambiente.

Hemisorubim platyrhynchos (jurupoca) e *P. corruscans* (pintado) são espécies de grande porte que realizam grandes migrações anuais, reproduzindo-se no leito dos rios na estação das chuvas (Vazzoler, 1996). O pintado percorre grandes distâncias (Sato e Godinho, 2003) e apresenta período reprodutivo curto com desova total, fecundação externa e sem cuidado parental. Utilizam mais de um habitat durante seu ciclo de vida, pois migram rio acima para desovar em locais específicos, enquanto os juvenis utilizam as partes mais baixas, especialmente lagoas e canais, como locais de desenvolvimento inicial.

As espécies quando jovens apresentam um padrão de pigmentação e atributos morfológicos distintos, porém são caracterizadas por semelhanças morfológicas nos estágios iniciais de desenvolvimento, de tal modo que dificultam a separação das larvas dessas espécies. Assim, este trabalho procura preencher uma das lacunas referente ao estudo morfométrico para larvas de peixes neotropicais tendo como objetivo: discriminar H. *platyrhynchos* de *P. corruscans* em diferentes estágios de desenvolvimento, aplicando o método de análise geométrica, como também avaliar o crescimento alométrico, fornecendo assim, subsídios para a identificação das larvas em ambiente natural como também melhor compreender o comportamento e ecologia dessas espécies.

Material e Métodos

As larvas de *H. platyrhynchos* (HP) e *P. corruscans* (PC) foram obtidas de reprodução induzida realizada com matrizes provenientes do alto rio Paraná na Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Jupiá, pertencente à Companhia Energética de São Paulo - CESP. Após este procedimento, as larvas foram mantidas em incubadora com a temperatura da água em torno de 26,5^{o}C. A partir da eclosão, as larvas foram coletadas durante 14 dias fixadas em solução de formaldeído tamponado a 4%, neutralizado com carbonato de cálcio ($CaCO_3$).

Foram utilizados 120 indivíduos de *H. platyrhynchos* e 119 de *P. corruscans* em diferentes estágios do desenvolvimento larval, classificados de acordo com a presença do saco vitelino (estágio larval vitelino - LV) e o grau de flexão da extremidade final da notocorda em: estágio de pré-flexão (PF), início de flexão (IF), flexão (FL), final de flexão (FF) e pós-flexão (PO), conforme a terminologia descrita por Ahlstrom e Ball (1954) e Kendall *et al*., (1984).

Para a discriminação morfométrica das larvas de *H. platyrhynchos* e de *P. corruscans*, considerando os diferentes estágios de desenvolvimento larval (Fig. 1), foi usado o método geométrico de análise da forma (rede de treliça) de acordo com Strauss e Bookstein (1982) e Cavicchioli *et al*., (1997). Para tanto, foram estabelecidas três séries de marcos (séries I, II e III), com o intuito de formar células de treliça ou triângulos no corpo da larva (Fig. 2). As séries foram elaboradas levando em conta os marcos anatômicos selecionados com bases nas invaginações corpóreas e estruturas anatômicas, dividindo o corpo em unidades funcionais (Tab. 1). Estas unidades funcionais foram definidas em região cefálico-mediana, mediana, caudal (para todas as séries), saco vitelino (série I) e pós-mediana (série III). As distâncias entre os marcos foram medidas (Fig. 1) sob um microscópio estereoscópico Olympus SZX7, equipado com uma câmera digital, DP-25 (DP2-BSW), com captura de imagem.

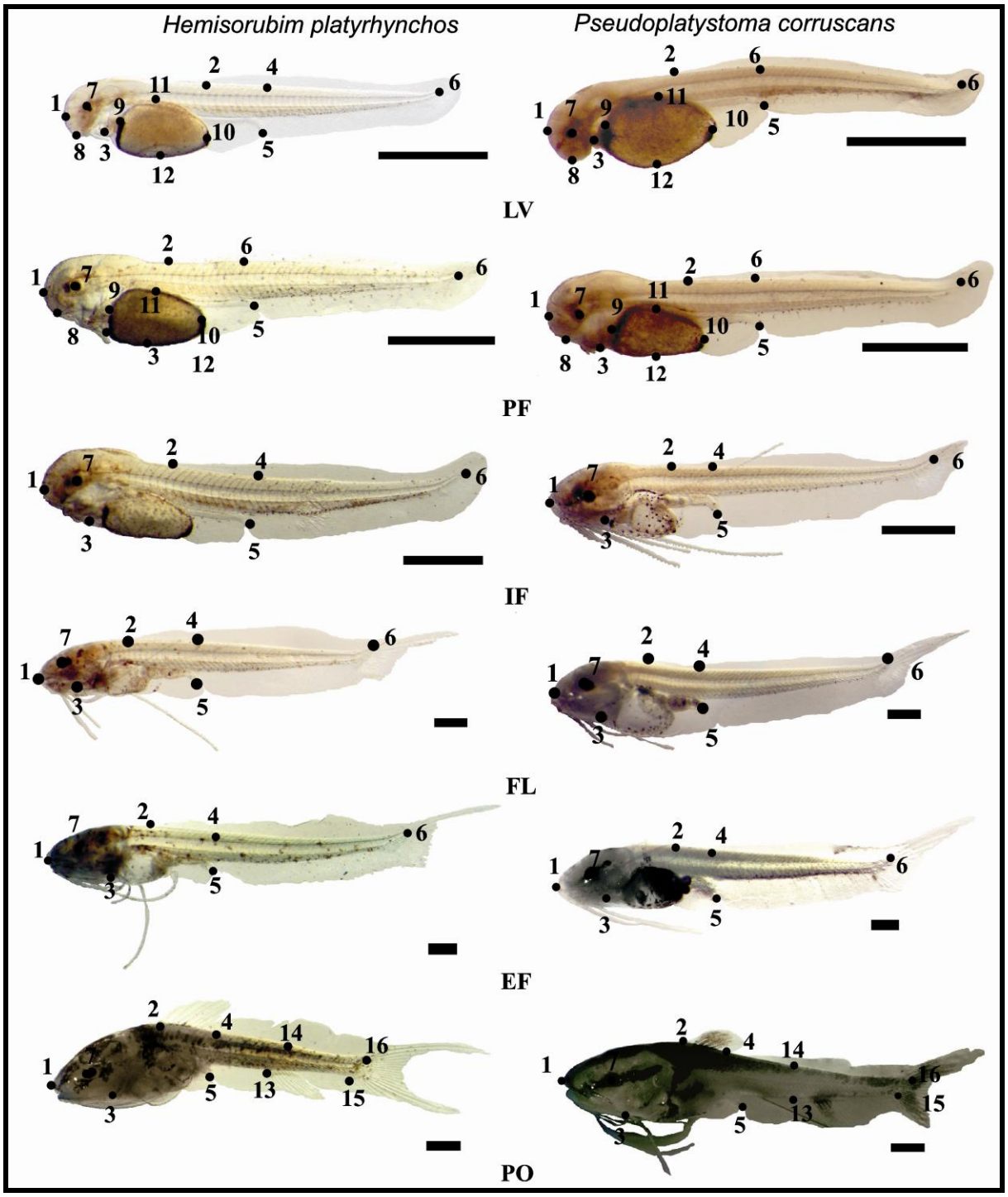

Fig. 1 - Ilustração dos marcos morfométricos referentes aos estágios de desenvolvimento larval de *Hemisorubim platyrhynchus* e *Pseudoplatystoma corruscans*: LV - larval vitelino, PF - pré-flexão, IF - início de flexão, FL - flexão, FF - final de flexão e PO - pós-flexão para as duas espécies estudadas. Barra corresponde a 1 mm.

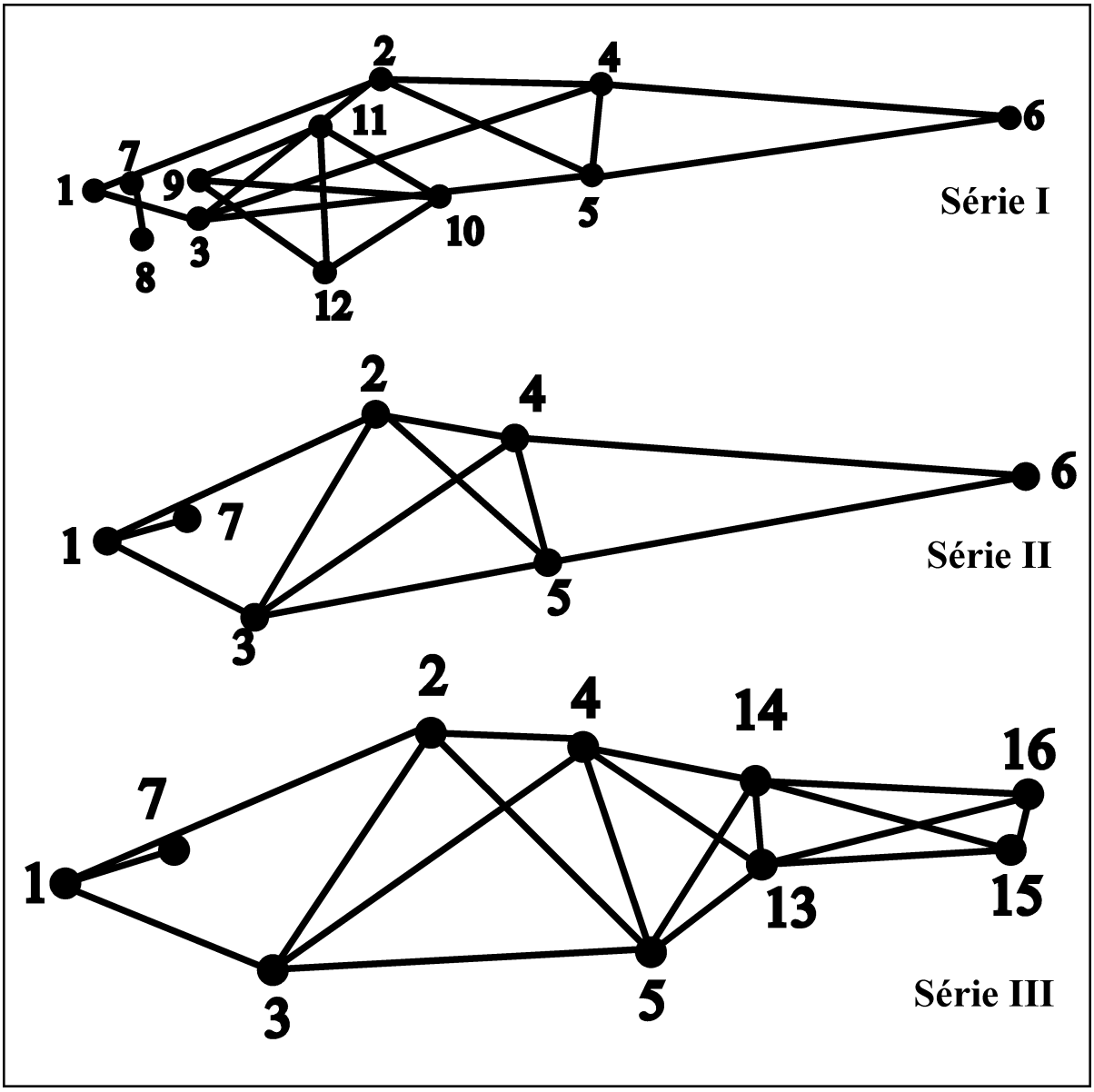

Fig. 2 - Esquema com as distâncias derivadas das cinco séries de marcos relativas ao método geométrico de análise da forma (rede de treliça).

Tabela 1 – Séries com as respectivas localizações dos marcos anatômicos. Série I – Estágio larval vitelino e pré-flexão; Série II – Estágio de início de flexão, Flexão e de final de flexão; Série III – Estágio de pós-flexão.

Localização dos marcos anatômicos nas larvas	**Séries**		
	I	II	III
Mediana da ponta da cabeça	1	1	1
Início da membrana embrionária na região dorsal ou Inserção do primeiro raio da nadadeira dorsal	2	2	2
Inserção ventral do opérculo	3	3	3
Inserção dorsal com o primeiro miosepto pós-anal	4	4	4
Ânus	5	5	5
Extremidade final da notocorda	6	6	_
Margem anterior do olho	7	7	7
Ponta do focinho	8	_	_
Margem anterior do saco vitelino	9	_	_
Margem posterior do saco vitelino	10	_	_
Margem superior do saco vitelino	11	_	_
Margem inferior do saco vitelino	12	_	_
Inserção ventral com o miosepto do início da nadadeira anal	_	_	13
Inserção dorsal do final da notocorda	_	_	16
Inserção ventral do final da notocorda	_	_	15
Inserção dorsal com o miosepto superior do início da nadadeira anal	_	_	14

As três séries de marcos utilizadas para este estudo totalizaram 47 medidas de distâncias obtidas entre os pontos homólogos do lado esquerdo de cada espécie avaliada. Destas distâncias, 03 compreenderam a distância da ponta do focinho e/ou mediana da ponta da cabeça até a margem anterior do olho, 09 a região cefálico-mediana, 06 a região do saco vitelino, 15 a região mediana, 05 a região pós-mediana e 09 a região caudal (Tabela 1).

A série I descreveu as larvas no estágio larval vitelino (LV) e de pré-flexão (PF) (Fig. 1), representada por duas células de treliça descrevendo a região mediana e do saco vitelino, como também dois triângulos representando as regiões cefálico-mediana e caudal (Fig. 2), construindo 17 distâncias no total. Para esta série, foram utilizados 20 indivíduos de cada espécie no estágio larval vitelino e 24 para *H. platyrhynchos* e 20 para *P. corruscans* para o estágio de pré-flexão.

A série II descreveu as larvas em estágio de início de flexão (IF), flexão (FL) e final de flexão (FF) (Fig.1), representado por uma célula descrevendo a região mediana e dois triângulos: um na região cefálico-mediana e um terminal representando o pedúnculo caudal (Fig. 2), totalizando 11 medidas de distâncias para esta série. Para esta série, foram utilizadas

20 larvas de cada espécie, exceto para *H. platyrhynchos* no estágio de final de flexão com 24 indivíduos.

A série III, exclusiva para o estágio de pós-flexão (PO) (Fig.01), caracterizou as larvas representadas por três células descrevendo a região mediana, pós-mediana e caudal e um triângulo na região cefálico-mediana (Fig. 2). Para esta série, os marcos formaram 19 medidas de distâncias efetuadas em 12 larvas de *H. platyrhynchos* e 19 larvas de *P. corruscans*.

Para evitar os efeitos de tamanho, os dados gerados pelas distâncias das três séries morfométricas foram transformados em resíduos através da regressão dos mínimos quadrados. Os resíduos morfométricos foram analisados através dos Modelos Lineares Generalizados no *Software Statistica* 7.0, considerando os estágios de desenvolvimento como variáveis independentes e as medidas morfométricas como as variáveis dependentes. As matrizes dos dados residuais das séries (I, II e III) de medidas morfométricas geradas para cada espécie e estágio de desenvolvimento larval foram utilizadas para a aplicação da Análise de Componentes Principais (PCA; Pearson, 1901; Humphries *et al*., 1981; Gauch Jr., 1986), que sumariza os dados e permite encontrar possíveis padrões morfométricos (similar ou não) entre as larvas nos diferentes estágios de desenvolvimento das duas espécies. Os componentes principais que apresentaram autovalores maiores quando comparados com o autovalor gerado pelo modelo aleatório de "*Broken-Stick*" (Jackson, 1993) foram retidos para interpretação dos dados. Os cálculos foram efetuados através do *Software PC-ORD* ® versão 4.1 (MacCune e Mefford, 1997).

A fim de verificar possíveis diferenças morfométricas entre as larvas, considerando como fatores as espécies e estágios, foram utilizadas as Análises de Variância (ANOVA) uni e bifatorial (de acordo com as séries avaliadas), sobre os eixos da PCA retidos para a interpretação dos dados. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. Para estas análises, foi utilizado o *Software Statistica* versão 7.0 (StatSoft, 1998).

A existência de padrão alométrico (isometria, alometria positiva ou negativa) nas larvas das espécies, foi estimada através dos coeficientes alométricos multivariados sobre os escores gerados pela PCA (Jolicoeur, 1963; Strauss, 1985). Os valores dos coeficientes alométricos maiores do que 1 descrevem alometria positiva, aqueles menores que 1 indicam alometria negativa e isometria quando estes são iguais a 1.

Resultados

As medidas referentes às variáveis morfométricas analisadas foram baseadas em 239 larvas das duas espécies, em diferentes estágios de desenvolvimento. Para a série I, foram analisadas 84 larvas, 124 para a série II e 31 para a série III, gerando matrizes (residuais) para empregar a Análise de Ordenação de Componentes Principais (PCA).

Para a PCA aplicada para a série I (primeiros estágios de desenvolvimento: larval vitelino e pré-flexão), somente o primeiro componente principal (PC1) foi passível de interpretação (critério de "*Broken Stick*"). Mesmo assim, esse eixo explanou 46,69% da variação dos dados relativos às medidas da série I. A projeção dos escores indicou a formação de dois grupos, o primeiro grupo foi formado pelo estágio larval vitelino distribuído no espaço negativo do gráfico (Fig. 3). Já o segundo, foi formado pelo estágio de pré-flexão, que ocupou o lado positivo da ordenação. Essa formação, apresentada pela figura 3 foi influenciada positivamente pelas variáveis morfométricas das regiões cefálico-mediana, caudal, mediana e focinho.

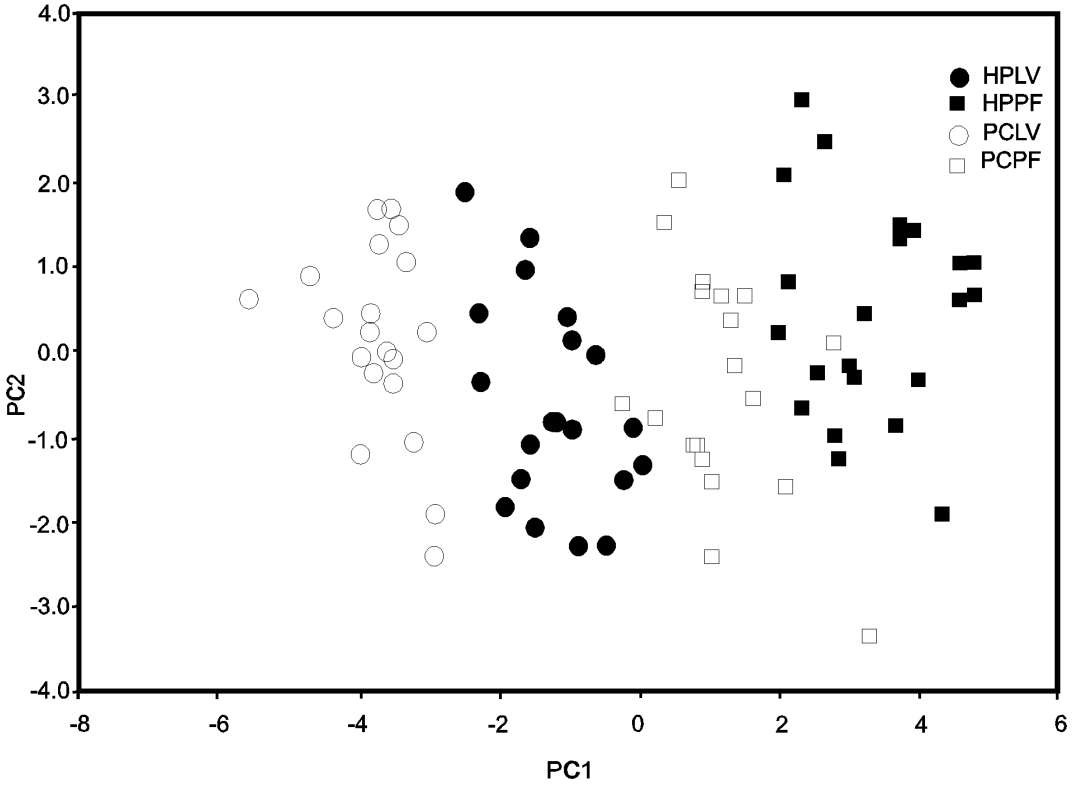

Fig. 3 – Escores derivados da ACP relativo aos resultados morfométricos para *H. platyrhynchos* (HP) e para *P. corruscans* (PC) estudadas nos estágios de desenvolvimento larval vitelino (LV) e pré-flexão (PF) (série I).

Por outro lado, a influência negativa sobre os escores foi em função das variáveis relacionadas com a região do saco vitelino (Tabela 2). Vale destacar a distinção entre as espécies *H. platyrhynchos* e *P. corruscans* dentro de cada grupo formado no espaço da ordenação, revelando que tanto as espécies consideradas no estudo como os estágios caracterizados pela série I (LV e PF) são morfometricamente distintos, uma vez que a interação da ANOVA bifatorial foi significativa (F = 89,73; p=0,0001).

Em relação ao coeficiente alométrico (AC) relativo às variáveis morfométricas dos estágios da série I (Tabela 2), observou-se que para a maioria das medidas corpóreas o crescimento alométrico foi positivo, principalmente para aquelas derivadas das regiões cefálico-mediana, mediana e caudal. Entretanto, em algumas medidas corpóreas relacionadas ao saco vitelino, o AC sugere a intenção de crescimento isométrico, pelo fato, de estarem próximas a um (medidas 2_3 e 1_2), sendo que, para as demais medidas dessa região o crescimento alométrico foi nitidamente negativo (menores que 1).

Tabela 2 - Peso das variáveis no componente 1 das amostras mostrando as regiões do corpo, distâncias. Estágios de desenvolvimento da série I (larval vitelino e pré-flexão) para as duas espécies estudadas. CA= Coeficiente alométrico. Destaque em negrito para as distâncias que influenciaram a ordenação.

Regiões corpóreas	Distâncias	PC1	CA
Cefálica-mediana	**1_3**	**0,336**	1,88
Caudal	**5_6**	**0,331**	1,85
Caudal	**4_6**	**0,330**	1,85
Mediana	**4_5**	**0,325**	1,82
Mediana	**3_4**	**0,313**	1,75
Mediana	**3_5**	**0,306**	1,71
Mediana	**2_4**	**0,304**	1,70
Focinho	**7_8**	**0,294**	1,65
Mediana	**2_5**	**0,292**	1,64
Cefálica-mediana	2_3	0,171	0,96
Cefálica-mediana	1_2	0,128	0,72
Saco vitelino	10_12	0,091	0,51
Saco vitelino	9_10	0,054	0,31
Saco vitelino	10_11	0,030	0,17
Saco vitelino	9_11	0,030	0,17
Saco vitelino	**9_12**	**-0,150**	-0,84
Saco vitelino	**11_12**	**-0,152**	-0,85

A PCA para a série II (início de flexão, flexão e final de flexão), somente destacou o PC1 explicando 86,70% da variabilidade dos dados morfométricos. A distribuição espacial dos escores da PCA derivados da série II (Fig. 4) apresentou a formação de três grupos. Um grupo formado pelo estágio final de flexão (FF) para *P. corruscans*, como também para os três estágios da série II representados para *H. platyrhynchos*. Todos, negativamente influenciados pelas variáveis das regiões caudal, mediana e cefálico-mediana, que ordenaram os escores para o lado esquerdo do gráfico.

O estágio de flexão para *P. corruscans* manteve-se espacialmente no centro do PC1 com leve tendência positiva (segundo grupo) na distribuição dos seus escores. Essa tendência foi evidenciada para o estágio início de flexão para a mesma espécie, formando o terceiro grupo do lado direito do gráfico. Cabe ressaltar que, nessa série *H. platyrhynchos* apresentou pouca variação entre seus estágios, demonstrado pelo adensamento de seus escores próximos a região central do gráfico. Já para *P. corruscans* ocorreu o inverso, com dispersão dos escores demonstrando uma ampla variabilidade entre os estágios de seu desenvolvimento.

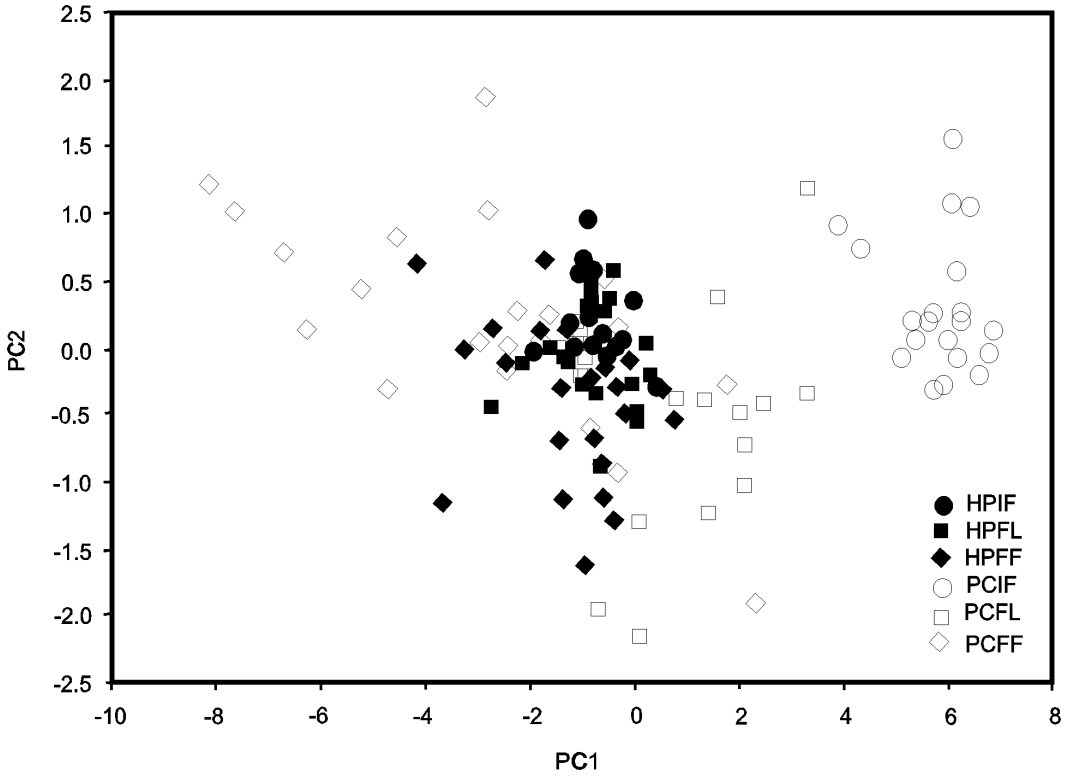

Fig. 4 – Escores derivados da ACP relativo aos resultados morfométricos (rede de treliça) para as espécies estudadas nos estágios de desenvolvimento de inicio de flexão, flexão e final de flexão (série II).

Como resultado dessa ordenação, a interação da ANOVA bifatorial não foi significativa. No entanto, indicou diferenças significativas entre as espécies (F = 63,12, p =0,0001), bem como entre os estágios (F = 111,43, p = 0,0001).

De acordo com o AC, a série II demonstrou crescimento isométrico para todas as regiões corpóreas, visto os valores próximos a 1 (Tabela 3). A forte influência espacial negativa das variáveis morfométricas sobre os escores da ordenação pode corroborar com os valores do AC, pois indicam que esses estágios possuem crescimentos constantes e equivalentes às espécies, sendo que isso foi mais evidente em *P. corruscans*.

Tabela 3 - Peso das variáveis no componente 1 das amostras mostrando as regiões do corpo, distâncias. Estágios de desenvolvimento inicio de flexão, flexão e final de flexão (série II) para as duas espécies estudadas. CA= Coeficiente alométrico. Destaque em negrito para as distâncias que influenciaram a ordenação.

Regiões corpóreas	Distâncias	PC1	CA
Mediana	3_5	-0,286	0,95
Mediana	2_4	-0,289	0,96
Cefálica-mediana	1_3	-0,297	0,99
Mediana	3_4	-0,297	0,99
Focinho	1_7	-0,299	0,99
Cefálica-mediana	1_2	**-0,306**	1,02
Cefálica-mediana	2_3	**-0,306**	1,02
Mediana	2_5	**-0,307**	1,02
Caudal	5_6	**-0,307**	1,02
Mediana	4_5	**-0,308**	1,02
Caudal	4_6	**-0,309**	1,03

O estágio de pós-flexão foi representado pela série de medidas morfométricas, a série III, estágio em que as larvas estão saindo do período larval e iniciando a fase jovem. Para essa série, o PC1 explicou 73,30% da distribuição total dos dados (Fig. 5), sendo somente este retido para a interpretação. Nessa série (assim como na série II), todas as medidas das regiões corpóreas influenciaram negativamente a ordenação dos escores. Entretanto, as regiões cefálico-mediana e pós-mediana (distância 1_2 e 14_13, respectivamente) foram as mais importantes na ordenação do lado esquerdo do gráfico.

A ANOVA unifatorial aplicada somente para o fator estágio (pós-flexão) não demonstrou diferenças significativas entre as espécies.

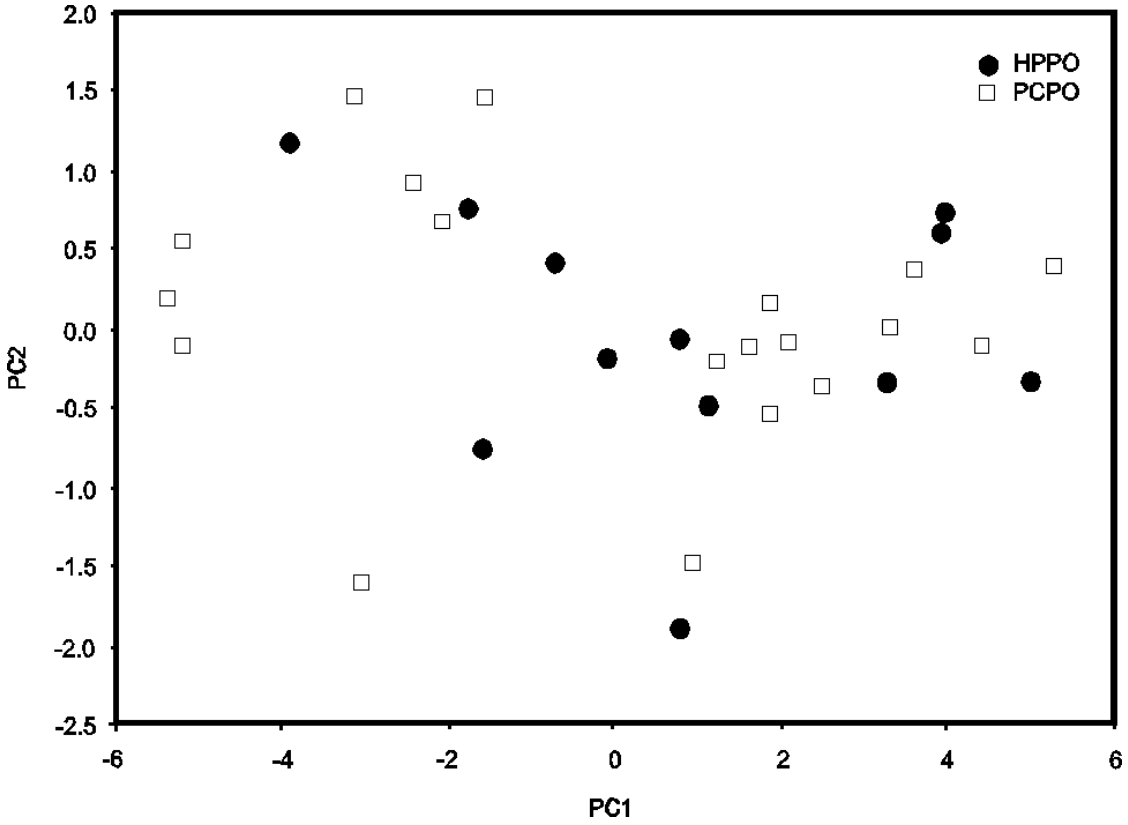

Fig. 5 – Escores derivados da ACP relativo aos resultados morfométricos (rede de treliça) para as espécies estudadas nos estágios de desenvolvimento de pós-flexão.

Em vista disso, o AC revelou tendências de crescimento isométrico para todas as medidas morfométricas relacionadas às regiões corpóreas do estágio de desenvolvimento pós-flexão (Tabela 4).

Tabela 4 - Peso das variáveis no componente 1 das amostras mostrando as regiões do corpo, distâncias. Estágios de desenvolvimento de pós-flexão (série III) para as duas espécies estudadas. CA= Coeficiente alométrico. Destaque em negrito para as distâncias que influenciaram a ordenação.

Regiões corpóreas	Distâncias	PC1	CA
Pós-mediana	5_13	-0,175	0,77
Pós-mediana	5_14	-0,187	0,82
Caudal	13_15	-0,214	0,94
Caudal	14_16	-0,215	0,94
Pós-mediana	4_14	-0,217	0,95
Caudal	14_15	-0,219	0,96
Caudal	15_16	-0,219	0,96
Focinho	1_7	-0,222	0,97
Cefálica-mediana	1_3	-0,224	0,98
Mediana	4_5	-0,228	1,00
Mediana	2_4	-0,232	1,02
Pós-mediana	4_13	-0,234	1,03
Caudal	13_16	-0,242	1,06
Cefálica-mediana	2_3	-0,244	1,07
Mediana	3_4	-0,248	1,09
Mediana	3_5	-0,248	1,09
Mediana	2_5	-0,248	1,09
Pós-mediana	**14_13**	**-0,257**	1,13
Cefálica-mediana	**1_2**	**-0,258**	1,13

Discussão

Uma das ferramentas disponíveis para a caracterização e identificação de espécies é a abordagem morfométrica (Begg *et al*., 1999) e geométrica (Strauss e Bookstein, 1982). A análise geométrica de rede de treliça possibilita a quantificação da variação da forma e tamanho do corpo de peixes e também permite a visualização destas diferenças de forma gráfica e clara, ao contrário de diversos métodos morfométricos tradicionais já estabelecidos e amplamente usados, sendo por isso bastante utilizada para detectar diferenças entre espécies morfologicamente muito semelhantes.

Estudos de discriminação morfométrica realizados por Strauss & Fuimam (1985) e Cavicchioli *et al*., (1997) demonstraram que a metodologia de rede treliça foi robusta para detectar diferenças na morfologia entre espécies e estágios de desenvolvimento larval. Esta metodologia também foi eficiente neste *H. platyrhynchos* estudo para distinguir as larvas das espécies especialmente nos estágios iniciais. No estágio larval vitelino e de pré-flexão (série I), as espécies e os estágios diferenciaram-se devido às diferenças no crescimento das regiões cefálico-mediana, mediana e caudal, que foram maiores em *H. platyrhynchos*.

A distinção entre as espécies também evidenciadas nas larvas recém-eclodidas, estágio larval vitelino, estão associadas ao formato saco vitelino: tem o saco vitelino com formato elíptico, enquanto que nas larvas de *P. corruscans* o saco vitelino é arredondado e de maior volume. Além disso, neste estágio inicial, o consumo das reservas nutritivas do saco vitelino foi evidente pelo crescimento alométrico negativo desta região, demonstrado pela diminuição das distâncias principalmente as 9_12 e 11_12 relacionadas ao saco vitelino. De um estado de desenvolvimento incipiente na eclosão, processos de diferenciação ocorrem durante o período de alimentação endógena para assegurar o êxito da transição para a alimentação exógena. Resultados similares foram verificados por Gisbert & Doroshov (2006) para larvas de esturjão (*Acipenser medirostris*), as quais nos primeiros dias após a eclosão apresentaram crescimento alométrico negativo, refletindo a utilização do saco vitelino para morfogênese, crescimento e energia metabólica. Por outro lado, a alometria positiva no comprimento da cabeça e comprimento da cauda constatada para as larvas das espécies neste estudo em estágio larval vitelino e de pré-flexão, durante o período de nutrição endógena, reflete o início de prioridade para o desenvolvimento das estruturas e órgãos relacionados às funções vitais, como alimentação e natação (Osse & Van den Boogaart, 2004). Um crescimento alométrico positivo da cabeça é uma característica comum no início da ontogenia de peixes (Van Snik *et al*., 1997;. Gisbert, 1999; Gisbert & Bolker, 2003;. Osse e Van den Boogart, 2004; Gisbert &

Doroshov, 2006), e é concomitante com o desenvolvimento do cérebro e dos sistemas sensoriais, órgãos respiratórios e de alimentação (Gisbert & Doroshov, 2006). Segundo Peña e Dumas (2009), larvas de *Paralabrax maculatofasciatus* em estágios iniciais (larval vitelino e pré-flexão) também apresentaram um crescimento acelerado da cabeça e cauda, uma evidência de prioridade ao aumento das capacidades de alimentação e natação neste período.

Na série II, estágios de flexão e final de flexão, o desenvolvimento de *P. corruscans* foi mais pronunciado, com crescimento alométrico positivo da região do focinho (distância 1_7) e caudal. O adensamento dos escores representado por *H. platyrhynchos* demonstrou que esta espécie tem o desenvolvimento mais lento, com as medidas de distâncias com pouca variação entre os estágios. Já *P. corruscans* apresentou uma grande dispersão dos escores demonstrando um desenvolvimento acelerado neste período e uma variação ampla nas distâncias. Este padrão de crescimento em *P. corruscans* pode ser em razão de um desenvolvimento rápido da boca e, consequentemente, uma alimentação exógena mais prematura e/ou melhor adaptação ao ambiente e/ou devido a espécie ser de maior tamanho que *H. platyrhynchos*. No estágio de flexão, há uma grande redução nos coeficientes de crescimento, o que indica uma mudança nas prioridades de crescimento, com crescimento alométrico positivo da região cefálico-mediana e caudal e negativo da mediana. Resultados semelhantes foram encontrados por Peña e Dumas (2009) em *P. maculatofasciatus*. Fuiman *et al*., (1983) avaliaram ciprinídeos, salmonídeos e percídeos, verificando que a cabeça cresce muito mais rapidamente do que a região mediana do corpo e que desaparece no estágio juvenil. Kaji *et al*., (1996, 1999) relataram que a alcaborra e o atum tiveram o crescimento de forma semelhante. Osse e Van den Boogaart (2004) também verificaram o mesmo padrão para a carpa. Strauss e Fuiman (1985) enfatizam também crescimento da cabeça inicialmente, embora não tanto como o da cauda.

Em relação às distâncias de medidas morfométricas no estágio de pós-flexão (série III), as que mais se destacaram foram às relacionadas à altura do corpo na região da nadadeira anal (distância 14_13), demonstrando o desenvolvimento muscular para natação para captura de alimento e fuga de predador, e o alongamento da cabeça (distância 1_2), uma característica de ambas as espécies.

As larvas de *H. platyrhynchos* e *P. corruscans* são morfometricamente semelhantes ao final do período larval, ou seja, no estágio de pós-flexão (série III). Uma visão geral dos coeficientes de crescimento mostrou uma tendência evidente à isometria para todas as medidas de proporções do corpo durante o estágio de pós-flexão das espécies, preparando as larvas para o período juvenil e, posteriormente, para o adulto. De acordo com Peña e Dumas

(2009), nas larvas de *P. maculatofasciatus* ao final do estágio de pós-flexão também foi evidente a propensão à isometria para todos os coeficientes de crescimento. Isso tem sido considerado como uma transição natural para o crescimento e prioridades das funções básicas durante os primeiros estágios de desenvolvimento (Osse e Van den Boogaart, 2004). Fuiman *et al*., (1983) também observaram essa mesma tendência em outras espécies de teleósteos.

Em conclusão, o presente estudo revelou que as espécies são distintas morfometricamente especialmente nos estágios iniciais de desenvolvimento larval, diferenças atribuídas principalmente ao formato e volume do saco vitelino à eclosão e ao tamanho das larvas, apesar de algumas similaridades nos padrões de crescimento de diferentes regiões do corpo. O crescimento alométrico das larvas correspondeu a eventos do desenvolvimento e comportamentais observados na ontogenia inicial das espécies. Este estudo sobre morfometria geométrica e crescimento alométrico das larvas de *H. platyrhynchos* e *P. corruscans* poderá auxiliar as pesquisas em biologia pesqueira, subsidiando as estratégias de manejo e conservação das populações naturais.

Referências Bibliográficas

Agostinho, A. A. & M. A. Zaleswski. 1996. A planície alagável do alto Rio Paraná: importância e preservação. Maringá: Eduem, 100p.

Almeida, L. B. 1999. Caracterização morfométrica de três espécies de Squalus presentes na costa nordeste do Brasil e aspectos da biologia reprodutiva da espécie mais abundante (Squalus tipo 1). Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia. 61 p.

Ahlstrom, E. H. & O. P. Ball. 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (Trachurus symmetricus) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. Fisheries Bulletin, 56: 209-245.

Begg, G. A.; Friedland, K., Pearce; J. B. 1999. Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. Fisheries Reasearch, 43: 1-8.

Bookstein, F. L. Foundation of morphometrics. 1982. Annual Review of Ecology and Systematics, 13: 451-470.

Catella, A. C. A Pesca no Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil: Descrição, Nível de Exploração e Manejo (1994 – 1999. 2001. Tese de Doutorado – programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do Convênio INPA/UA, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. 351 p.

Catella, A. C.; R. O. Mascarenhas; S. P. Albuquerque; F. F. Albuquerque & E. R. M. Theodoro. 2008. Sistemas de estatísticas pesqueiras no Pantanal, Brasil: aspectos técnicos e políticos. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 3(3): 174-192.

Cavicchioli, M.; K. Nakatani & O. A. Shibatta. 1997. Morphometric Variation of Larval and Juveniles of the piranhas Serrasalmus spilopleura and Serrasalmus marginatus (Characidae, Serrasalmidae) of the Paraná basin, Brasil. Ichthyological Exploration of Freshwaters, 8(2): 97-106.

Corti, M.; R. S. Thorpe; L. Sola; V. Sbordoni & S. Cataudella 1988. Multivariate morphometrics in aquaculture: a case study of six stocks of the common carp (Cyprinus carpio) from Italy. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45: 1548-1554.

Ferraris Jr., C. 2007. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. Zootaxa, 1418: 1-628

Fonteles Filho, A. A. 1989. Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional. Editora: Imprensa Oficial do Ceará, Fortaleza. 296 p.

Fuiman, L. A.; J. V. Conner; B. F. Lathrop; G. L. Buynak; D. E. Snyder & J. J. Loos. 1983. State of the art of identification for cyprinid fish larvae from eastern North America. Transactions of the American Fisheries Society, 112: 319-332.

Gauch Jr., H. G. 1986. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 298p.

Gisbert, E. & Doroshov, S. I. 2006. Allometric growth in green sturgeon larvae. Journal of Applied Ichthyology, 22: 1, 202 – 207.

Gilbert, S. F. & J. A. Bolker. 2003. Ecological developmental biology: Preface to the symposium. Evolution & Development, 5: 3-8.

Gisbert, E. 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. Journal of Fish Biology, 54: 852–862.

Hoeinghaus, D. J., A. A. Agostinho, L. C. Gomes, F. M. Pelicice, E. K. Okada, J. D. Latini, E. A. L. Kashiwaqui & K. O. Winemiller. 2009. Effects of river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: Embodied energy and market value of artisanal fisheries. Conservation Biology, 23: 1222-1231.

Humphries, J. M.; F. L. Bookstein; B. Chernoff; G. R. Smith; R. L. Elder & S. C. Poss. 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size. Systematic zoology, 30: 291-308.

Jackson, D. A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. Ecology, 74: 2204–2214.

Jolicoeur, P. 1963. The multivariate generalization of the allometry equation. Biometrics, Arlington, 19: 497-499.

Kaji, T.; M. Tanaka; M. Oka; H. T. Takeuchi; S. Oshumi; K. Teruya & J. Hirokawa. 1999. Growth and morphological development of laboratory-reared yellowfin tuna Thunnus albacores larvae and early juveniles, with special emphasis on the disgestive systems. Fisheries Sciences, 65(5): 700-707.

Kaji, T.; M. Tanaka; Y Takashi; M. Oka & N. Ishibashi. 1996. Preliminary observations on development of pacific bluefin tuna Thunnus thynnus (Scombridae) larvae reared in the laboratory, with special reference to the digestive system. Marine Freshwater Resources, 47: 261-269.

Kendall Jr., A. W.; E. H. Ahlstrom & H. G. Moser. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special Publication 1: 11-22.

Leis, J. M. & M. I. McCormick. 2002. The biology, behavior, and ecology of the pelagic, larval stage of coral reef fishes. Pp. 171–199. In: Sale, P. F. (ed.). Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem. Academic Press. San Diego, 527 p.

Leis, J. M. & T. Trnski. 1989. The larvae of Indo-Pacific Shorefishes. Hawaii: University of Hawaii Press. 371p.

Lima, H. H. 1967. Sobre a ocorrência de Lutjanus bucanella (Cuvier, 1828) Poey, 1868 no litoral brasileiro. Arquivo Estadual de Biologia Marinha. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 7(2): 177-180.

Lundberg, J. G. & M. W. Littmann. 2003. Family Pimelodidae (Long-whiskered catfishes). Pp. 432-446. In: Reis, R. E., S. O. Kullander & C. J. Ferraris Jr. (Eds.). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs, 729p.

MacCune, B. & M. J. Mefford. 1997. PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. Oregon: MjM Software Design. 237 p.

Mateo, F. J.; N. Delgado & H. Lopéz. 2008. Morphometric Characterization of the Yaque Pintado Hybrid (Pseudoplatystoma fasciatum x Leiarius marmoratus) and its Parents (Siluriformes: Pimelodidae). Revista da Faculdade de Ciências Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, 49(1): 47-60.

Osse, J. W. & J. G. M. Van den Boogaart. 2004. Allometric growth in Fish Larvae: Timing and Function. Pp. 167-194. In: Govoni, J. J. (ed.). The Development of Form and Function in Fishes and the Question of Larval Adaptation, American Fisheries Society, Symposium 40, Bethesda, Maryland. 198 p.

Pearson, K. 1901. On lines and planes of closest fit to system of point in space. Philosophical Magazine, 2(6): 550-572.

Penha, J. M. F.; L. A. F. Mateus & G Barbieri. 2004. Age and growth of the porthole shovelnose catfish (Hemisorubim platyrhynchos) in the Pantanal. Brazilian Journal of Biology, 64(4): 833-840.

Peña, R. & Dumas, S. 2009. Development and allometric growth patterns during early larval stages of the spotted sand bass Paralabrax maculatofasciatus (Percoidei: Serranidae). Scientia Marina: 183-189.

Perez, J. A. A.; P. R. Pezzuto & H. A. Andrade. 2005. Biomass assessment of the monkfish Lophius gastrophysus stock exploited by a new deep-water fishery in southern Brazil. Fisheries Research. 72: 149-162.

Sato, Y. & H. P. Godinho. 2003. Migratory fishes of the São Francisco River. Pp. 195–231. In: Carolsfeld J.; B. Harvey & R. C. Baera (Ed.). Migratory fishes of South America. Victoria, British Columbia, Canada: World Fisheries Trust. 372 p.

Simonovic, S. P. & H. Fahmy. 1999. A new modeling approach for water resources policy analysis. Water Resources Research, 35(1): 295 - 304.

StatSoft, Inc. 1998. Statistica for Windows. Tulsa, Oklahoma, 255 p.

Strauss, R. E & L. A. Fuiman. 1985. Quantitative comparisons of body form and allometry in larval and adult Pacific sculpins (Teleostei: Cottidae). Canadian Journal of Zoology, 63: 1582 – 1589.

Strauss, R. E. & F. L. Bookstein. 1982. The truss: body form reconstruction in morphometrics. Systematic Zoology, 3: 113-135.

Strauss, R. E. 1985. Evolutionary allometry and variation in body the south american catfish genus Corydoras (Callichthyidae). Systematic Zoology, 34(4): 381-396.

Turan, C. 1999. A Note on The Examination of Morphometric Differentiation Among Fish Populations: The Truss System. Turkish Journal of Zoology, 23: 259-263.

Van Snik, G. M. J., van den Boogaart, J. G. M. & Osse, J. W. M. 1997. Larval growth patterns in Cyprinus carpio and Clarias gariepinus with attention to finfold. Journal of Fish Biology, 50: 1339–1352.

Vazzoler, A. E. A de M. 1996. Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática. Maringá: Eduem. 169 p.

Viana, A. P.; Frédou, T. & Lucena, F. 2006. Aplicações de Técnicas Morfométricas no Estudo da Morfometria de Pescada Branca, Plagioscion Squamosissimus, Heckel (1940), Perciformes, Sciaenidae, Desembarcada na Ilha de Mosqueiro-PA. Boletim Laboratório de Hidrobiologia, 19: 01-12.