

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 13/06/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – CAMPUS DE BOTUCATU

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**OSTEOLOGIA DESCRITIVA E DESENVOLVIMENTO DO
ESQUELETO AXIAL E APENDICULAR DE *GYMNOCORYMBUS
TERNETZI* (BOULENGER, 1895) (CHARACIFORMES:
CHARACIDAE)**

BÁRBARA ARAÚJO MARTINS

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Cardoso Benine

Coorientador: Prof. Dr. George M. T. Mattox

Botucatu – SP

2016

**OSTEOLOGIA DESCRITIVA, DESENVOLVIMENTO DO
ESQUELETO AXIAL E APENDICULAR E REDESCRIÇÃO DE
GYMNOCORYMBUS TERNETZI (BOULENGER, 1895)
(CHARACIFORMES: CHARACIDAE)**

BÁRBARA ARAÚJO MARTINS

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Cardoso Benine

Coorientador: Prof. Dr. George M. T. Mattox

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Ciências Biológicas: Zoologia, do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de Concentração: Zoologia.

Botucatu – SP

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5681

Martins, Bárbara.

Osteologia descritiva e desenvolvimento do esqueleto axial e apendicular de *Gymnocorumbus ternetzi* (Boulenger, 1895) (Characiformes: Characidae) / Bárbara Martins. - Botucatu, 2016

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Ricardo Cardoso Benine

Coorientador: George Mendes Taliaferro Mattox

Capes: 20400004

1. Peixe - Morfologia. 2. Characideo. 3. Osteologia. 4. Esqueleto. 5. Ossos.

Palavras-chave: Ontogenia; Peixe - Morfologia; Sistemática.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível. ”

Charles Chaplin

**A todos os pós-graduandos que encontraram
muitas dificuldades pelo caminho, porém não
desistiram. E a minha família e amigos pelo
apoio incondicional.**

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, **Dr. Ricardo Cardoso Benine**, pelo exemplo de ética e compromisso com a ciência e pela oportunidade e orientação, fundamentais para meu crescimento profissional.

Ao meu coorientador, **Dr. George M. T. Mattox**, pelo tempo dedicado a mim e ao projeto e a todo ensinamento e idéias transmitidas, essenciais para a realização desta dissertação.

Ao **Dr. Reinaldo José da Silva**, por todo apoio e ajuda recebidos durante as dificuldades que surgiram no caminho.

À **Dr.^a Talita Sarah Mazzoni** por dispor de seu tempo e material na reprodução dos peixes.

Ao ao **Laboratório Multiusuário da FOA-UNESP**, à **FINEP** (FINEP/CT-INFRA - Convênio FINEP: 01.12.0530.00 – PROINFRA 01/2011) e ao **Prof. Dr. Alberto Delbem** pelo auxílio e uso do equipamento de Microtomografia Computadorizada SkyScan 1272.

Às agências de fomento **FAPESP** (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e **CNPq** (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelas bolsas de estudo concedidas (**#2014/00517-6** e **#163793/2014-0**).

A **UNESP** (Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”) pela infraestrutura utilizada na realização dos experimentos e pesquisa.

Ao **LBP** (Laboratório de Biologia de Peixes) pelo empréstimo do material utilizado.

A todos os colegas que dividiram dificuldades e conquistas, principalmente **Valter, James, Marina, Paloma, Caroline, Isabela, Geslaine, Eduardo, Marciano, Alexandre,**

Juliana, Nadayca, Mariana e Aline proporcionando também ótimas discussões profissionais e momentos de descontração que não serão esquecidos.

À **Isabelle** por ser minha família em Botucatu, por estar sempre ao meu lado, sendo minha força e maior incentivadora, além de ser muito compreensiva e paciente até os últimos minutos de dissertação.

A toda minha família pela ajuda emocional e financeira sem as quais eu não conseguiria terminar o mestrado e por não me deixarem fraquejar, em especial meus pais **Eliete e Aparecido** e irmãos **Gabriela e Alexandre**.

A **Deus** e todos os **Orixás**.

Muito Obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. *Gymnocorymbus ternetzi*, LIRP 3762 42.3 mm CP.

Figura 2. Cladograma indicando as relações filogenéticas de *Gymnocorymbus*. Modificado de Benine et al. (2015).

Figura 3. Parte do esqueleto da nadadeira anal mostrando a posição das lepidotríquias em relação aos pterigióforos em A) *Gymnocorymbusternetzi*, LIRP 5650 40.6 mm CP e B) *Poptellacompressa*, LIRP 4565 54.6 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

Figura 4. Imagens de Raio-X de a) *Gymnocorymbus thayeri*, MZUSP 6280, 38.9 mm CP e b) *Poptella compressa*, MCP 25629, 42.7 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

Figura 5. Desenho esquemático da nadadeira caudal de a) *Gymnocorymbus thayeri*, MZUSP 6280, 40.3 mm CP, e b) *G. bondi*, NRM 41441, 45.6 mm CP. Indicando a presença (a) e ausência (b) do segundo par de ossos uroneurais. Figura retirada de Benine et al.(2015).

Figura 6. Desenhos esquemáticos mostrando o padrão de manchas umerais em a) *Gymnocorymbusternetzi*, LIRP 18720, 39.4 mm CP e b) *Gymnocorymbus thayeri* MZUSP 6280 40,3 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

Figura 7. Ilustrações da vista lateral do pré – maxilar direito de a) *Gymnocorymbus thayeri*, MZUSP 6280, 40.3 mm CP e b) *Gymnocorymbusternetzi*, LIRP 18720, 39.4 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

Figura 8. Exemplar diafanizado de *Gymnocorymbus ternetzi*, 38.89 mm CP.

Figura 9. Larvas de *Gymnocorymbus ternetzi* no estágio larval vitelínico. a) 1 DAE 2,0 mm CN b) 2 DAE 2,2 mm CN c) 3 DAE 2,6 mm CN. *DAE = Dias após a eclosão. Barra de escala = 1 mm.

Figura 10. Larvas de *Gymnocorymbus ternetzi* no estágio de pré-flexão. a) 8 DAE 3,9 mm CN b) 11 DAE 4,5 mm CN c) 14 DAE 5,5 mm CN. *DAE= Dias após a eclosão. Barra de escala = 1 mm.

Figura 11. Larvas de *Gymnoroymbus ternetzi* no estágio de flexão. a) 17 DAE 5,8 mm CP b) 23 DAE 6,5 mm CP c) 26 DAE 7,0 mm CP d) 30 DAE 8,5 mm CP. *DAE= dias após a eclosão. Barra de escala = 1 mm.

Figura 12. Larvas de *Gymnocorymbus ternetzi* no estágio de pós-flexão. a) 40 DAE 9,5 mm CP b) 50 DAE 10,8 mm CP c) 60 DAE 11,2 mm CP. *DAE= Dias após a eclosão. Barra de escala = 1 mm.

Figura 13. Imagem de microtomografia digital de larva de *Gymnocorymbus ternetzi* em vista lateral. 9,5 mm CP.

Figura 14. Microtomografia digital de juvenil de *Gymnocorymbus ternetzi* em vista lateral. 11,2 mm CP.

Figura 15. Vista dorsal do neurocrânio de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18 mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 16. Vista ventral do neurocrânio de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18 mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 17. Neurocrânio vista lateral de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18 mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 18. Vista lateral da série infraorbital de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18 mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 19. Vista frontal do pré-maxilar esquerdo de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,86 mm CP.

Barra de escala = 1 mm.

Figura 20. Vista frontal do pré-maxilar direito de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,86 mm CP.

Barra de escala = 1 mm.

Figura 21. Vista lateral esquerda do suspensório e maxila inferior de *Gymnocorymbus ternetzi*.

30,18 mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 22. Vista dorsal do arco hióide e arcos branquiais de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18

mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 23. Vista lateral esquerda do aparelho de Weber de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,89

mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 24. Vista lateral direita da cintura e nadadeira peitoral de *Gymnocorymbus ternetzi*.

30,18 mm CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 25. Vista ventral da cintura e nadadeira pélvica de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18 mm

CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 26. Vista lateral esquerda da nadadeira dorsal de *Gymbocorymbus ternetzi*. 30,18 mm

CP. Barra de escala = 1 mm.

Figura 27. Vista lateral esquerda da nadadeira anal de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18 mm CP.

Barra de escala = 1 mm.

Figura 28. Vista lateral esquerda da nadadeira caudal de *Gymnocorymbus ternetzi*. 30,18 mm

CP. Barra de escala = 1 mm.

LISTA DE TABELAS

Tabela I: Aspectos morfológicos ao longo Desenvolvimento de *Gymnocorymbus ternetzi* com observações em cada DAE (dias após a eclosão).

Tabela II. Quantidade de pterigióforos e raios presentes nas nadadeiras dorsal e anal de diferentes estágios de desenvolvimento de *Gymnocorymbus ternetzi*.

RESUMO

O gênero *Gymnocorymbus* Eigenmann 1908, pertencente à família Characidae, se distribui ao longo da Amazônia, Orinoco e Paraguai, e pode ser diagnosticado dos outros pertencentes à família por meio de alguns caracteres específicos para este gênero. Uma espécie importante dentro desse grupo é o *Gymnocorymbus ternetzi*, também conhecida como tetra negro ou *black skirt* tetra. Esta espécie vem sendo amplamente utilizada em estudos gerais de biologia, genética e fisiologia, porém apenas recentemente foi alvo de um estudo taxonômico abrangente cujos resultados levaram a necessidade de um maior entendimento dos estados dos caracteres envolvidos. Assim, o objetivo do presente projeto foi de descrever o processo de desenvolvimento ontogenético – dos componentes dos esqueletos axial e apendicular de *Gymnocorymbus ternetzi*, com ênfase nas características informativas do ponto de vista filogenético, assim como a osteologia de exemplares adultos visando complementar a informação existente e o entendimento das prováveis sinapomorfias previamente propostas. Os espécimes de *G. ternetzi* utilizados neste estudo foram adquiridos comercialmente e mantidos em tanques comunitários de 300 litros com temperatura de 26 a 28°C e pH entre 6,5 e 6,8. Após a entrada no período reprodutivo, machos e fêmeas foram colocados dois a dois (casais) em aquários de 30 litros, com temperatura em torno de 28°C. Situações para estimular a desova foram simuladas e após a desova os adultos foram retirados para evitar uma possível predação dos ovos. Nossos resultados trazem importantes informações sobre o desenvolvimento do esqueleto apendicular e axial que dão suporte às hipóteses filogenéticas prévias, como a próxima relação com os membros da subfamília com Stethaprioninae.

ABSTRACT

The genus *Gymnocorymbus* Eigenmann 1908, belongs to the Characidae family, is distributed along the Amazon, Orinoco and Paraguay, and can be diagnosed from other belonging to the family through some specific characters for this genus. An important species within this group is the black tetra, also known as black skirt tetra. This species has been widely used in general studies of biology, genetics and physiology, but only recently has undergone a comprehensive taxonomic study whose results have led to the need for greater understanding of the states of the characters involved. The objective of this project was to describe the ontogenetic development process - the components of the axial and appendicular skeletons of *Gymnocorymbus ternetzi*, with emphasis on informative features of the phylogenetic point of view, as well as the osteology of adult to complement existing information and understanding of the likely synapomorphies previously proposed. The specimens of *G. ternetzi* used in this study were commercially purchased and kept in community tanks of 300 liters with temperature 26 to 28 ° C and pH between 6.5 and 6.8. After entering the breeding season, males and females were placed in pairs (couples) in aquariums of 30 liters, with temperatures around 28 ° C. Situations to stimulate spawning were simulated and after spawning adults were taken to avoid possible predation of eggs. Our results provide important information on the development of the appendicular and axial skeleton that support previous phylogenetic hypotheses, as the close relationship with members of the subfamily with Stethaprioninae.

SUMÁRIO

OSTEOLOGIA DESCRITIVA E DESENVOLVIMENTO DO ESQUELETO AXIAL E APENDICULAR DE
Gymnocorymbus ternetzi (BOULENGER, 1895) (CHARACIFORMES: CHARACIDAE)

INTRODUÇÃO	14
OBJETIVOS	21
MATERIAL E MÉTODOS	21
OBTENÇÃO DO MATERIAL BIOLÓGICO	21
DESENVOLVIMENTO	22
PREPARAÇÃO OSTEOLÓGICA	23
RESULTADOS	24
DESENVOLVIMENTO DE <i>Gymnocorymbus ternetzi</i>	24
ESQUELETO APENDICULAR	32
ESQUELETO AXIAL	34
DESCRIÇÃO OSTEOLÓGICA DE <i>Gymnocorymbus ternetzi</i>	35
DISCUSSÃO	62
REFERÊNCIAS	67

INTRODUÇÃO

Gymnocorymbus Eigenmann, 1908 é um gênero de Characidae distribuído ao longo da Amazônia, Orinoco e Paraguai, com registro de introdução no alto rio Paraná (Benine et al. 2015). Chamado popularmente de Tetra Negro ou *Black Skirt Tetra*, *Gymnocorymbus ternetzi* (Boulenger, 1895) (Fig. 1) é bem conhecido entre os aquaristas, e uma quantidade substancial de estudos envolvendo sua biologia, genética e fisiologia têm sido continuamente publicados (e.g., Sarma et al., 2003; Pan et al., 2008; Uma e Chandran, 2009; Çelik et al., 2011). No entanto, apesar das descrições originais, existem poucos estudos envolvendo a sistemática de *Gymnocorymbus*.



Figura 1. *Gymnocorymbus ternetzi*, LIRP 3762 42.3 mm CP.

Eigenmann (1917) propôs uma hipótese de relacionamento em que *Tetragonopterus*, *Gymnocorymbus*, e *Markiana* tiveram sua origem a partir do gênero *Moenkhausia* com base na posse em comum de escamas cobrindo a porção proximal dos raios das nadadeiras anal e caudal. Géry (1977) sugeriu uma relação mais próxima entre *Gymnocorymbus* e membros de Stethaprioninae, apontando esta subfamília como “o fim dessa tendência evolutiva”. Subsequentemente, Fink e Weitzman (1983) e Reis (1989) não acharam evidências de um relacionamento próximo entre *Gymnocorymbus* e *Paracheirodon*, ou Stethaprioninae,

respectivamente. Mais recentemente, Mirande (2009; 2010), em sua hipótese de relações filogenéticas da família Characidae, propôs o clado formado por *G. ternetzi* e *Stichonodon insignis* como o grupo irmão de *Stethaprion erythropterus* e *Poptella paraguayensis*. Mirande (2009; 2010) propôs assim uma redefinição para a subfamília Stethaprioninae, incluindo *Brachychalcinus*, *Orthospinus* [não incluídas nas análises realizadas por Mirande (2009; 2010), porém tratadas na classificação final), *Poptella*, *Stethaprion*, além de *Gymnocorymbus* e *Stichonodon*, com base em duas sinapomorfias: posição da margem do supraoccipital anterior a vertical através da margem posterior da órbita e a presença de seis ou menos raios ramificados na nadadeira pélvica.

Benine et al. (2015) realizaram uma análise filogenética com base em caracteres moleculares (Fig. 2) e, além de corroborarem a relação próxima entre *Gymnocorymbus* e demais representantes de Stethaprioninae, propuseram que *G. bondi* seria a espécie irmã do clado formado por *G. thayeri* e *G. ternetzi*.

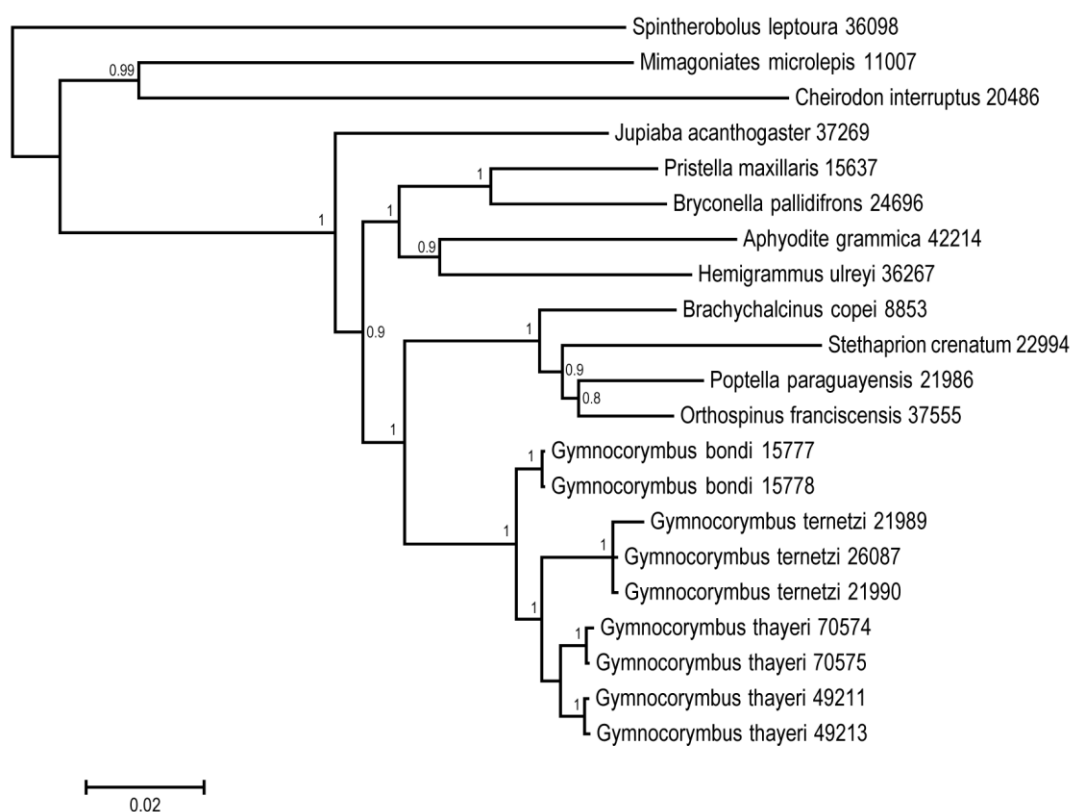


Figura 2. Cladograma indicando as relações filogenéticas de *Gymnocorymbus*. Modificado de Benine et al. (2015).

De acordo com esses autores, *Gymnocorymbus* poderia ser diagnosticado dos demais caracídeos pelos seguintes caracteres: 1) porção proximal das lepidotríquias dos raios da nadadeira anal sobrepondo-se à porção ventral dos radiais proximais dos pterigióforos da nadadeira anal (Fig. 3); 2) quatro pterigióforos anteriores ao primeiro espinho hemal, *versus* três ou menos pterigióforos da nadadeira anal anteriores ao primeiro espinho hemal (Fig. 4; caráter 293 de Mirande, 2010); 3) três costelas pleurais mais caudais decrescendo gradualmente em comprimento *versus* apenas duas ou menos costelas pleurais claramente mais curtas que suas precedentes (Fig. 4).

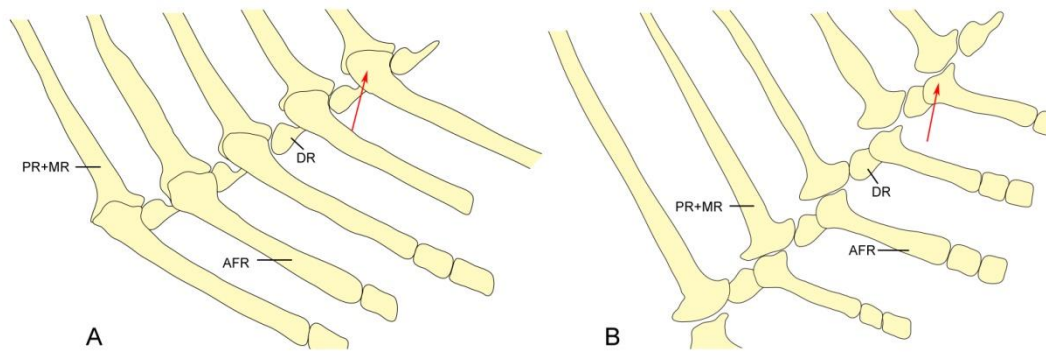


Figura 3. Parte do esqueleto da nadadeira anal mostrando a posição das lepidotríquias em relação aos pterigióforos em A) *Gymnocorymbusternetzi*, LIRP 5650 40.6 mm CP e B) *Poptellacompressa*, LIRP 4565 54.6 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

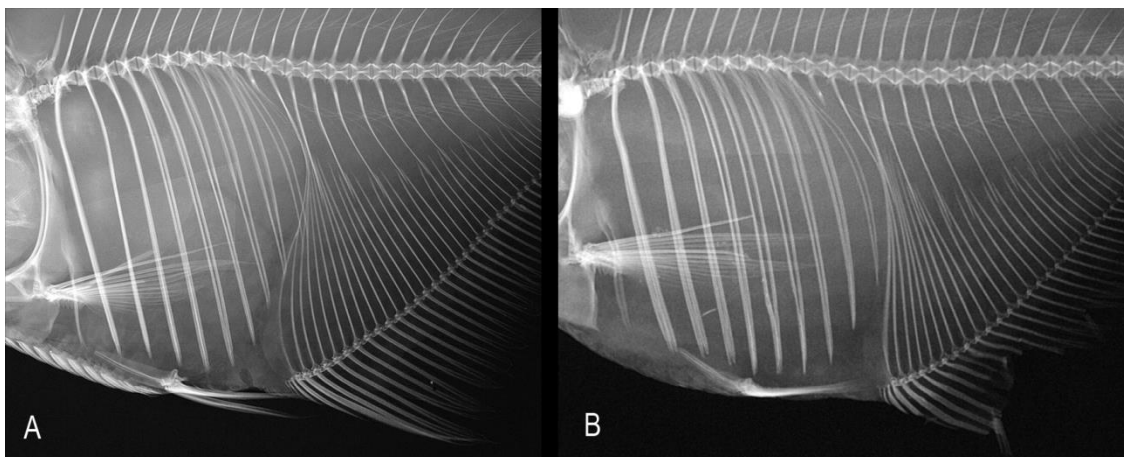


Figura 4. Imagens de Raio-X de a) *Gymnocorymbus thayeri*, MZUSP 6280, 38.9 mm CP e b) *Poptella compressa*, MCP 25629, 42.7 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

A resolução da filogenia apresentada por Benine et al. (2015) mostra *G. bondi* como o grupo irmão do clado formado por *G. ternetzi* e *G. thayeri*. A ausência de pequenos ganchos ósseos nos raios da nadadeira anal como um caráter de dimorfismo sexual pode ser interpretada

como uma autapomorfia de *G. bondi*, uma vez que esta característica está presente em seus congêneres e nos demais Stethaprioninae. A margem distal da nadadeira anal fortemente convexa e a ausência de um segundo par de uroneurais (Fig. 5, caráter 306 de Mirande, 2010) sustentariam a relação de grupo-irmão entre *G. ternetzi* e *G. thayeri*.

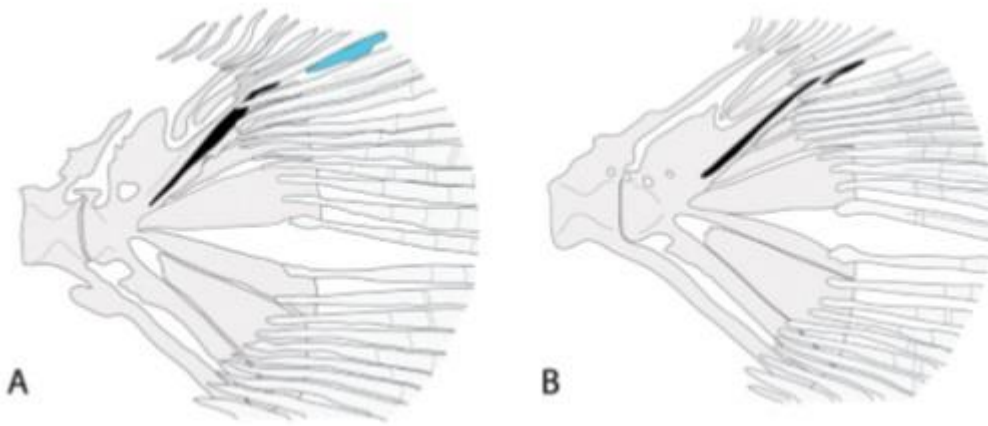


Figura 5. Desenho esquemático da nadadeira caudal de a) *Gymnocorymbus thayeri*, MZUSP 6280, 40.3 mm CP, e b) *G. bondi*, NRM 41441, 45.6 mm CP. Indicando a presença (a) e ausência (b) do segundo par de ossos uroneurais. Figura retirada de Benine et al.(2015).

As autapomorfias propostas por Mirande (2010) de *G. ternetzi* são: segunda mancha umeral presente como uma barra vertical conspícua (Fig. 6, caráter 342 de Mirande, 2010); denso campo de cromatóforos escuros na metade posterior do corpo estendendo-se até a região sobre a nadadeira anal (Fig. 1), dentes tricuspídeos na fileira interna do pré-maxilar (Fig. 7).

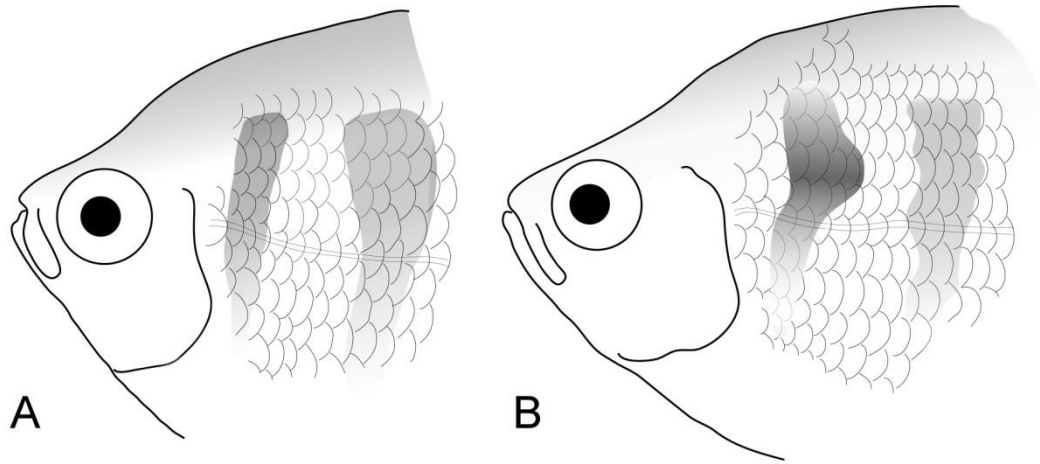


Figura 6. Desenhos esquemáticos mostrando o padrão de manchas umerais em a) *Gymnocorymbusternetzi*, LIRP 18720, 39.4 mm CP e b) *Gymnocorymbus thayeri* MZUSP 6280 40,3 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

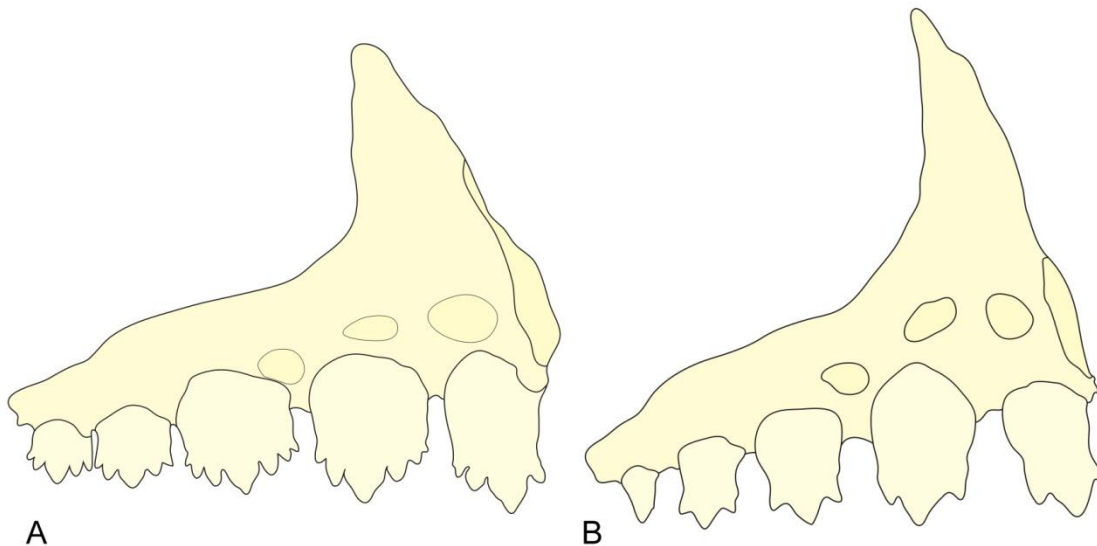


Figura 7. Ilustrações da vista lateral do pré – maxilar direito de a) *Gymnocorymbus thayeri*, MZUSP 6280, 40.3 mm CP e b) *Gymnocorymbusternetzi*, LIRP 18720, 39.4 mm CP. Figura retirada de Benine et al.(2015).

Estudos do desenvolvimento do esqueleto de peixes são uma importante ferramenta para elucidar questões de homologia e sistemática (Cubbage e Mabee 1996; Britz e Johnson 2005; Bogutskaya et al 2008; Britz e Johnson 2012; Fraser et al 2012; Carvalho et al 2013; Mattox et al 2014 a e b). Mattox et al (2014b) estudou o desenvolvimento do esqueleto e sequência de ossificação de *Salminus brasiliensis*, fornecendo uma evidência adicional, com base na ontogenia, de que *Salminus* e *Brycon* são gêneros relacionados. Devido ao estudo utilizando a

ontogenia pôde-se confirmar a relação filogenética encontrada também por outros autores por análises moleculares (Ortí & Meyer, 1977, Calcagnotto et al 2005, Javonillo et al 2010, Oliveira et al, 2011).

Peixes em estágios iniciais de desenvolvimento frequentemente apresentam características morfológicas distintas dos adultos e muitos caracteres presentes em estágios avançados não são disponíveis em estágios iniciais, o que dificulta a conexão de larvas e juvenis aos seus estágios mais avançados e o entendimento dos processos biológicos e ecológicos envolvendo o começo da vida desses peixes (Nakatani et al, 2001; Mattox et al 2014a). De acordo com vários autores, o estudo de ovos e larvas é crucial para o entendimento da biologia e sistemática da espécie, além de ser uma excelente ferramenta para avaliações ambientais em relação à detecção de populações de peixes, identificação de áreas de reprodução e incubação e gestão da pesca (Mattox et al 2014a).

Em Mattox et al (2014a) foram apontados vários trabalhos abordando o desenvolvimento larval em Characiformes, porém a lista ainda é pequena comparada aos demais trabalhos de taxonomia e filogenia com foco nos indivíduos adultos da ordem. A essa lista pode ser acrescentado os trabalhos de Walter (2013), Mattox et al (2014 a e b) e Bogutskaya et al., (2008) para Characidae (Ver demais referências em Mattox et al., 2014).

Estudos do desenvolvimento do esqueleto de *Gymnocorymbus* e outros caracídeos, podem trazer novos elementos para o entendimento e interpretação dos caracteres sugeridos como sinapomórficos por Benine et al., (2015).

Até agora há apenas um trabalho abordando a ontogenia do esqueleto cranial de *G. ternetzi* (Bogutskaya et al., 2008). Neste trabalho, no entanto, focamos o desenvolvimento ontogenético do esqueleto axial e apendicular, com ênfase nos caracteres sinapomórficos previamente propostos utilizados para a identificação dos estágios iniciais.

REFERÊNCIAS

Benine, R. C., Melo, B. F., Castro, R. M. C. e Oliveira, C. 2015. Taxonomic revision and molecular phylogeny of *Gymnocorymbus* Eigenmann, 1908 (Teleostei, Characiformes, Characidae). *Zootaxa* 3956 (1): 001–028.

Bogutskaya, N.G., Naseka, A.M. e Golovanova, I.V. 2008. Descriptive osteology of *Gymnocorymbus ternetzi* (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Zoosystematica Rossica*, 17(2): 111-128.

Boulenger, G.A. 1895. Abstract of a report on a large collection of fishes formed by Dr. C. Ternetz in Matto Grosso and Paraguay, with descriptions of new species. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1895 (3), 523–529.

Britz, R. e G. D. Johnson. 2005. Leis' conundrum: homology of the clavus of the ocean sunfishes. 1. Ontogeny of the median fins and axial skeleton of *Monotretus leiurus* (Teleostei, Tetraodontiformes, Tetraodontidae). *Journal of Morphology*, 266: 1-10.

Britz, R. e G. D. Johnson. 2012. Ontogeny and homology of the skeletal elements that form the sucking disc of remoras (Teleostei, Echeneoidei, Echeneidae). *Journal of Morphology*, 273: 1353-1366.

Calcagnotto, D., S. A. Schaefer e R. DeSalle. 2005. Relationships among characiform fishes inferred from analysis of nuclear and mitochondrial gene sequences. *Molecular Phylogeny and Evolution*, 36: 135-153.

Carvalho, M., F. A. Bockmann e M. R. Carvalho. 2013. Homology of the fifth epibranchial and accessory elements of the ceratobranchials among Gnathostomes: insights from the development of ostariophysans. *PLoS One* 8: e62389.

- Carvalho, F. R., e Malabarba, L. R. 2015. Redescription and osteology of *Hyphessobrycon compressus* (Meek) (Teleostei: Characidae), type species of the genus. *Neotropical Ichthyology*, 13(3): 513-540.
- Castro, R. M. C., e M. M. C. Castro, 1987. Proposta de uma nomenclatura osteológica para Characiformes (Pisces: Ostariophysi). *Boletim Museu Paranaense Emílio Goeldi, sér. Zoológica*, 3(1): 25-32.
- Cavicchioli, M., K. Nakatani e O. A. Shibatta. 1997. Morphometric variation of larvae and juveniles of the piranhas *Serrasalmus spilopleura* and *S. marginatus* (Characidae: Serrasalminae) of the Paraná basin, Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 8: 97-106.
- Çelik, I., Çelik P., Cirik U., Güran, M. e Hayretdag, S. 2011. Embryonic and larval development of black skirt tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*, Boulenger, 1895) under laboratory conditions. *Aquaculture Research*, 2012, 43, 1260–1275.
- Cubbage, C. C. e P. M. Mabee. 1996. Development of the cranium and paired fins in the zebrafish *Danio rerio* (Ostariophysi: Cyprinidae). *Journal of Morphology*, 229: 121-160.
- Eigenmann, C. 1908. Preliminary descriptions of new genera and species of tetragonopterid characins. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 52, 91–106.
- Eigenmann, C. 1917. The American Characidae. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology*, 43, 1–102.
- Fink, W.L., e Weitzman, S.H., 1974. The so-called cheirodontin fishes of Central America with descriptions of two new species (Pisces: Characidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 172, 1–46.

Fraser, G. J., R. Britz, A. Hall, Z. Johanson e M. M. Smith. 2012. Replacing the first-generation dentition in pufferfish with a unique beak. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 109: 8179-8184.

Géry, J. 1977. *Characoids of the world*. Neptune City, NJ, THF Publications.

Javonillo, R., L. R. Malabarba, S. H. Weitzman e J. R. Burns. 2010. Relationships among major lineages of characid fishes (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes), based on molecular sequence data. *Molecular Phylogeny and Evolution*, 54: 498-511.

Mattox, G. M. T., Hoffmann M. e Hoffmann, P. 2014a. Ontogenetic development of *Heterocharax macrolepis* Eigenmann (Ostariophysi: Characiformes: Characidae) with comments on the form of the yolk sac in the Heterocharacinae. *Neotropical Ichthyology*, 12(2): 353-363.

Mattox, G. M. T., Britz, R. e Toledo-Piza, M. 2014b. Skeletal development and ossification sequence of the characiform *Salminus brasiliensis* (Ostariophysi: Characidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*. 25(2): 103-158.

Mirande, J. M. 2009. Weighted parsimony phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes). *Cladistics*, 25: 1-40.

Mirande, J. M. 2010. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. *Neotropical Ichthyology*, 8: 385-568.

Nakatani, K., A. A. Agostinho, G. Baumgartner, A. Bialecki, P. V. Sanches, M. C. Makrakis e C. S. Pavanelli 2001. *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e identificação*. Maringá, Paraná, EDUEM.

- Oliveira, C., Avelino, G.S., Abe, K.T., Mariguela, T.C., Benine, R.C., Ortí, G., Vari, R.P. e Castro, R.M.C. 2011. Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. *BMC Evolutionary Biology*, 11, 275. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2148-11-275>
- Ortí, G. & A. Meyer. 1997. The radiation of characiform fishes and the limits of resolution of mitochondrial ribosomal DNA sequences. *Systematic Biology*, 46: 75-100.
- Pan X., Zhan H. e Gong Z. 2008. Ornamental expression of red fluorescent protein in transgenic founders of white skirt tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*). *Marine Biotechnology* 10, 497–501.
- Ponton, D. e S. Mérigoux. 2001. Description and ecology of some early life stages of fishes in the River Sinnamary (French Guiana, South America). *Folia Zoologica*, 50: 1-116.
- Reis, R.E., 1989. Systematic revision of the Neotropical characid subfamily Stethaprioninae (Pisces, Characiformes). *Comun. Museu de Ciência e Tecnologia PUCRS, Série. Zoológica* 2, 3–86.
- Sarma, S. S. S., Amador López-Rómulo, J. e Nandini, S. 2003 Larval feeding behaviour of blind fish *Astyanax fasciatus* (Characidae), black tetra *Gymnocorymbus ternetzi* (Characidae) and angel fish *Pterophyllum scalare* (Cichlidae) fed zooplankton. *Hydrobiologia* 510: 207–216.
- Serra, J. P., e Langeani, F. Redescrção e osteologia de *Bryconamericus exodon* Eigenmann, 1907 (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). *Biota Neotropica*, 6(3).
- Taguti, T. L., D. Kipper, A. Bialetzki, P. V. Sanches, M. C. Makrakis, G. Baumgartner e R. Fernandes. 2009. Desenvolvimento inicial de *Pyrrhulina australis* Eigenmann & Kennedy, 1903 (Characiformes, Lebiasinidae). *Biota Neotropica*, 9: 59-65.
- Taylor, W. R. e Van Dyke, G.C. 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage. *Cybiurn*, 9: 107-119

Uma B. e Chandran M.R. 2008 Induction of Triploidy in *Gymnocorymbus Ternetzi* (Boulenger). *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology* 3 (2), 41–47.

Weitzman, S.H. 1962. The osteology of *Brycon meeki*, a generalized characid fish, with an osteological definition of the family. *Stanfords Ichthyological Bulletin*, 8(1): 1- 77.

Zanata, A. M. & Vari, R. P. 2005. The family Alestidae (Ostariophysi, Characiformes): a phylogenetic analysis of a trans-Atlantic clade. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 145: 1-144.