



RENATO BOLSON DALA CORTE

**HISTÓRIA NATURAL DE *Deuterodon stigmaturus* (GOMES, 1947)
(TELEOSTEI: CHARACIDAE) EM UM RIACHO COSTEIRO DA FLORESTA
ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Área de Concentração: Biologia e Comportamento Animal

Orientadora: Profa. Dra. Clarice Bernhardt Fialho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE

2012

HISTÓRIA NATURAL DE *Deuterodon stigmaturus* (GOMES, 1947)
(TELEOSTEI: CHARACIDAE) EM UM RIACHO COSTEIRO DA FLORESTA
ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL

RENATO BOLSON DALA CORTE

Dissertação aprovada em ____ de _____ de ____.

Dra. Erica Pellegrini Caramaschi

Dr. Marco Aurélio Azevedo

Dr. Vinícius Abilhoa

Dra. Clarice Bernhardt Fialho
Orientadora

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

Sir Isaac Newton.

Agradecimentos

- Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado
- À Profa. Dra. Clarice Bernhardt Fialho pela orientação, ensinamentos, confiança e incentivos transmitidos.
- Ao amigo Vinicius R. Lampert, por estar sempre disposto a me ouvir, debater assuntos, revisar os textos e incentivar este trabalho.
- A Júlia Giora, Ana Paula S. Dufech, Clayton K. Fukakusa e Vinicius R. Lampert pela revisão dos capítulos de reprodução e/ou dieta e pelas experiências compartilhadas.
- A todos os colegas de laboratório pelo convívio, amizade, grandes ensinamentos e por tornar esse período do mestrado mais agradável.
- Sou muito grato as pessoas que auxiliaram nos trabalhos de campo: Domingos Dala Corte, Marley Dala Corte, Silvia Dapper, Ismael Franz, Bárbara Calegari, Vinicius Lampert, Renata Maia, Luiz Artioli, João Paulo de Miranda Santos, Clayton Fukakusa, Antônio Lezama, Juliano Ferrer e Fernando Carvalho.
- Ao Prof. Dr. Luiz R. Malabarba pelas idéias e sugestões ao trabalho.
- Ao Marco A. Azevedo por motivar meus estudos em ictiologia e pela amizade.
- Aos membros da banca Erica P. Caramaschi, Vinicius Abilhoa e Marco A. Azevedo pela disponibilidade em revisar a dissertação.
- A todos meus familiares e amigos pela compreensão e por fazerem parte da minha vida.
- À minha irmã Fabiana Bolson Dala Corte por sempre me apoiar em todos os momentos do mestrado.
- À minha mãe Marley T. Bolson Dala Corte e meu pai Domingos R. Dala Corte pelo apoio incondicional e por serem meu alicerce, educadores e exemplos de vida. Dedico essa dissertação a vocês.

- Por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram de alguma forma com este trabalho e que por ventura não tenham sido mencionados aqui: sintam-se agradecidos.

Sumário

Resumo.....	viii
Capítulo introdutório	
Introdução.....	2
Objetivos.....	7
Literatura citada.....	8
Artigo 1	
Resumo.....	14
Introdução.....	15
Material e métodos.....	17
Resultados.....	20
Discussão.....	25
Agradecimentos.....	31
Literatura citada.....	32
Artigo 2	
Resumo.....	52
Introdução.....	53
Material e métodos.....	55
Resultados.....	60
Discussão.....	64
Agradecimentos.....	69
Literatura citada.....	70
Capítulo conclusivo	
Conclusões gerais.....	86

Anexo I – Normas da revista do artigo 1.....	89
Anexo II – Normas da revista do artigo 2.....	94

Resumo. Neste estudo são descritos aspectos relacionados à biologia reprodutiva e a ecologia trófica do caracídeo *Deuterodon stigmaturus*, em um riacho costeiro subtropical da Floresta Atlântica, situado no sul do Brasil. A espécie apresentou o período reprodutivo sazonal, ocorrendo entre a primavera e verão austral. Esse período esteve relacionado com elevações da temperatura e do fotoperíodo na região subtropical estudada. O momento da desova, por outro lado, coincidiu com o mês de maior pluviosidade histórica e do ano de estudo (janeiro). O conjunto de táticas reprodutivas encontradas concorda com a estratégia reprodutiva sazonal. O desenvolvimento oocitário da espécie sugere uma adaptação à vida nos riachos estocásticos da Floresta Atlântica. Constatou-se o desenvolvimento sazonal de ganchos na nadadeira anal de machos adultos, acompanhando o período reprodutivo e regredindo após este. Em relação à alimentação, houve o predomínio de algas filamentosas na dieta da espécie em todas as classes ontogenéticas e meses do ano, exceto julho. A análise microscópica do detrito dos estômagos indicou importância nutricional deste item para a espécie. Nas observações subaquáticas, verificou-se a ingestão do detrito em conjunto com algas filamentosas, através da remoção de uma porção de perifíton das rochas com um dos lados da boca. Invertebrados autóctones consistiram basicamente de larvas e ninfas de insetos que habitam a superfície das rochas. Com base nesses resultados constatou-se uma dieta perifítivora para a espécie, hábito incomum em Characidae. Embora algas filamentosas tenham sido predominantes nas três classes de comprimento padrão, indicando sobreposição na alimentação, verificou-se que juvenis se alimentaram mais próximo das margens e adultos mais no centro do riacho, indicando uma segregação espacial no uso do hábitat. Plantas alóctones foram proporcionalmente mais consumidas por indivíduos maiores, seguindo o aumento relativo do comprimento do intestino. Da mesma forma, o comprimento da área da boca com dentes expostos foi proporcionalmente maior em indivíduos maiores. Conclui-se que *D. stigmaturus* exibe adaptações na morfologia da boca e da dentição que favorecem a especialização em

explorar o perifiton, um recurso alimentar abundante nos riachos costeiros da Floresta Atlântica.

Capítulo introdutório

Introdução

A região Neotropical abriga a maior riqueza e diversidade morfológica de peixes de água doce de todo o planeta (Vari & Malabarba 1998), com mais de 4.400 espécies descritas (Reis *et al.* 2003). O conhecimento dessa ictiofauna, entretanto, ainda é limitado e incompleto, estimando-se que esse número possa alcançar 8.000 espécies (Schaefer, 1998).

Conforme Castro (1999), pelo menos 50% da ictiofauna sul-americana de água doce é composta por espécies de pequeno porte (15 cm ou menos de comprimento), os quais habitam principalmente ambientes fluviais naturais de tamanhos reduzidos (riachos). Não obstante, os peixes de pequeno porte representam as maiores lacunas no conhecimento da ictiofauna neotropical (Castro, 1999; Uieda & Castro, 1999), sendo pouco estudados sob qualquer aspecto biológico.

A Floresta Ombrófila Densa, ou Floresta Atlântica *stricto sensu*, originalmente distribuiu-se em uma faixa relativamente estreita ao longo da costa brasileira, desde o nordeste até o sul do Brasil (IBGE, 2004). Entretanto, em função do nível de degradação ambiental, atualmente existe apenas cerca de 7% de remanescentes da Floresta Atlântica (Tabarelli *et al.*, 2005). Essa região fitoecológica apresenta uma elevada biodiversidade e endemismo de espécies de animais e vegetais, sendo considerada uma das prioridades no mundo para a conservação (Myers *et al.*, 2000).

Os riachos da Floresta Atlântica abrigam uma fauna de peixes muito diversa e interessante, com várias espécies de distribuição restrita e/ou características de um tipo particular de hábitat (Menezes *et al.*, 2007). As ordens Characiformes e Siluriformes, assim como em toda região Neotropical, são predominantes em termos de composição e abundância nas comunidades de peixes de riachos da Floresta Atlântica (Castro, 1999; Menezes *et al.*, 2007).

Dentre os peixes Characiformes, a família Characidae inclui mais de 1.120 espécies válidas atualmente (Eschmeyer & Fong, 2012), constituindo um grupo particularmente complexo e pobremente conhecido devido à elevada riqueza específica (Lima *et al.*, 2003). A família Characidae abrange um amplo número de espécies de pequeno porte (< 15 cm), conhecidas popularmente como lambaris no sul e sudeste do Brasil e como piabas nas regiões centro-oeste, norte e nordeste (Britski, 1972).

O gênero *Deuterodon* Eigenmann, 1907 da família Characidae compreende sete espécies cuja distribuição restringe-se a bacias costeiras associadas à Floresta Atlântica, do sul ao sudeste do Brasil (Lucena & Lucena, 2002). *Deuterodon* é um gênero importante nas comunidades de peixes onde ocorre, pois geralmente representa populações frequentes e abundantes (Vítule *et al.*, 2008a).

A espécie *Deuterodon stigmaturus* (Gomes, 1947) (**Fig. 1**) apresenta sua distribuição restrita às drenagens costeiras da Floresta Atlântica do sul do Brasil, abrangendo as bacias dos rios Mampituba, Maquiné e Três Forquilhas (Lucena & Lucena, 1992). Embora *D. stigmaturus* tenha sido descrita há mais de 60 anos, não existem informações disponíveis sobre a sua biologia e ecologia.



Fig. 1. Exemplo de *Deuterodon stigmaturus* proveniente do arroio Paraíso, bacia do rio Mampitutaba, sul do Brasil (macho, 85,85 mm CP).

Biologia Reprodutiva

A biologia reprodutiva é provavelmente o principal aspecto da história natural de uma espécie e seu conhecimento é imprescindível para a compreensão da dinâmica populacional e das relações ecológicas existentes em uma comunidade, sendo útil também para orientar medidas de conservação e manejo (Azevedo, 2004). Os caracteres reprodutivos em peixes ainda vêm sendo utilizados para esclarecer as relações de parentesco entre as espécies, auxiliando nos estudos de sistemática filogenética (e.g. Azevedo, 2010; Baicere-Silva *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2011).

As estratégias de vida existentes em Characidae são quase tão diversificadas quanto o número de espécies e a complexidade do grupo. As espécies apresentam táticas reprodutivas muito variadas em relação à extensão do período reprodutivo, ao número de oócitos produzidos, ao tipo de desova e ao dimorfismo sexual, entre outros aspectos (Vazzoler, 1996; Azevedo, 2010).

Embora haja um número crescente de trabalhos com ecologia e biologia de peixes de água doce neotropicais ainda existe uma escassez de trabalhos sobre aspectos da biologia reprodutiva de muitas espécies de Characidae, incluindo as do gênero *Deuterodon*. As únicas informações disponíveis sobre aspectos da reprodução deste gênero são para a espécie *Deuterodon langei* (Vitule *et al.*, 2007; Vitule *et al.*, 2008a) e para *Deuterodon* sp. (Mazzoni & Petito, 1999). Dessa forma, os padrões e/ou variações nas táticas reprodutivas adotadas por diferentes espécies de *Deuterodon* estão longe de ser estabelecidas.

Em amostragens recentes realizadas em sete pontos da bacia costeira do rio Mampituba, sul do Brasil, foi constatado que *D. stigmaturus* apresenta populações abundantes em vários riachos de correnteza forte, água clara e leito pedregoso (V. Lampert, com. pess.). Espera-se que a espécie apresente táticas reprodutivas que reflitam condições encontradas em ambientes imprevisíveis, como riachos da Floresta Atlântica sujeitos a frequentes enxurradas.

Conforme Winemiller (2010), ambientes mais severos e imprevisíveis tendem a selecionar a estratégia reprodutiva oportunista, na qual as espécies exibem múltiplas desovas de pequenos lotes ao longo do ano, permitindo a rápida recolonização de ambientes.

Ecologia Trófica

A ecologia da alimentação constitui-se em um aspecto essencial da estratégia de vida espécies. Estudos sobre dieta de peixes contribuem para uma melhor compreensão acerca da partilha de recursos, da diversidade de estratégias alimentares existentes e do papel ecológico de cada espécie na cadeia trófica (Esteves & Aranha, 1999).

A diversidade de Characidae reflete-se também em uma ampla gama de hábitos alimentares e em adaptações morfológicas no aparelho bucal e no corpo para exploração de distintos recursos. Estes hábitos incluem, por exemplo, espécies onívoras oportunistas, insetívoras, piscívoras, herbívoras, lepidófagas ou ainda especialistas em consumir insetos provenientes da vegetação ciliar (Vilella *et al.*, 2002; Dufech *et al.*, 2003; Novakowski *et al.*, 2004; Ceneviva-Bastos & Casatti, 2007; Abilhoa *et al.*, 2007; Villares Junior *et al.*, 2008).

Dentre os estudos que tratam sobre alimentação de *Deuterodon*, a espécie *D. langei* é a mais estudada (Aranha *et al.*, 1998; Vitule & Aranha, 2002; Fogaça *et al.*, 2003; Barreto & Aranha, 2006; Vitule *et al.*, 2008b). Além desta, também há informações na literatura sobre a ecologia trófica e aspectos comportamentais da alimentação e uso de habitat de *D. iguape* (Sabino & Castro, 1990; Esteves & Lobón-Cerviá, 2001; Deus & Petreire-Junior, 2003). As demais espécies do gênero permanecem desconhecidas quanto à ecologia trófica.

Com base na dentição, Géry (1977) sugeriu que *Deuterodon* apresentaria um hábito alimentar puramente herbívoro. Entretanto, estudos mais recentes mostraram que as espécies desse gênero podem incluir uma amplitude maior de itens, como insetos autóctones e alóctones (Vitule *et al.*, 2008b).

Distinguindo-se das outras espécies de lambaris, as espécies de *Deuterodon* apresentam um conjunto de características no aparato bucal que resultam na expansão lateral da boca, com dentes frequentemente expostos devido à atrofia do lábio superior (Lucena & Lucena, 1992; 2002). Essas características são mais conspícuas em *Deuterodon stigmaturus* (**Fig. 2**), o que possivelmente representa uma condição derivada dentro do gênero (Lucena & Lucena, 1992; 2002). Em decorrência disso, espera-se que tal diferença esteja relacionada ao hábito alimentar da espécie em riachos da Floresta Atlântica.



Fig. 2. Detalhe da dentição de *Deuterodon stigmaturus*, proveniente do arroio Paraíso, bacia do rio Mampitutaba, sul do Brasil.

Objetivos

Objetivos gerais

Descrever a biologia reprodutiva de *D. stigmaturus* considerando o desenvolvimento de ganchos na nadadeira anal.

Descrever ecologia trófica da espécie, considerando a variação mensal e sazonal na dieta (um ano) e a variação ao longo do desenvolvimento ontogenético.

Objetivos específicos

Determinar as seguintes táticas reprodutivas para *D. stigmaturus*: período reprodutivo, comprimento de primeira maturação, proporção sexual, fecundidade e tipo de desova.

Testar se há relação do período reprodutivo com fatores abióticos (temperatura, fotoperíodo e precipitação) e com fatores bióticos (dieta e estoque de energia no fígado).

Verificar se os ganchos na nadadeira anal de machos regridem sazonalmente ou são mantidos ao longo de todo.

Avaliar se há relação do desenvolvimento de ganchos na nadadeira anal de machos com o período reprodutivo e com o desenvolvimento gonadal.

Estabelecer o hábito alimentar de *D. stigmaturus* a partir da importância de cada item na dieta.

Avaliar se há variação mensal/sazonal na alimentação da espécie.

Verificar se ocorre alteração na dieta da espécie ao longo do desenvolvimento ontogenético.

Testar se existe alteração no comprimento do intestino e no comprimento da área com dentes expostos na boca ao longo do desenvolvimento ontogenético.

Literatura Citada

- Abilhoa, V., Bastos, L. P. & Wegbecher, F. 2007. Feeding habits of *Rachoviscus crassiceps* (Teleostei: Characidae) in a coastal Atlantic rainforest stream, southern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 18, (3): 227-232
- Aranha, J. M. R., Takeuti, D. F. & Yoshimura, T. M. 1998. Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 46(4): 951-959.
- Azevedo, M. A. 2004. Análise comparada de caracteres reprodutivos em três linhagens de Characidae (Teleostei: Ostariophysi) com inseminação. Tese de Doutorado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 238p.
- Azevedo, M. A. 2010. Reproductive characteristics of characid fish species (Teleostei, Characiformes) and their relationship with body size and phylogeny. *Iheringia, Série Zoologia*, 100(4): 469-482.
- Baicere-Silva, C. M., K. M. Ferreira, L. R. Malabarba, R. C. Benine & I. Quagio-Grassiotto. 2011. Spermatic characteristics and sperm evolution on the subfamily Stevardiinae (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology*, 9(2): 377-392.
- Barreto, A. P. & Aranha, J. M. R. 2006. Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3): 779-788.
- Britski, H. A. 1972. Peixes de água doce do Estado de São Paulo. pp. 79-108. In: Branco S. M. (ed.). *Poluição e Piscicultura*. São Paulo, USP e Instituto de Pesca - CPRN-SA. 216p.

- Burns, J. R. & Weitzman, S. H. 2005. Insemination in Ostariophysan Fishes. pp.107-134. In: Grier, H. J. & Uribe, M. C. (eds.). Viviparous Fishes. Florida, New Life Publications. 603p.
- Castro, R. M. C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. Pp. 139-155. In Caramaschi, E. P., Mazzoni, R. & P. R. Peres-Neto (eds.). Ecologia de Peixes de Riachos. Rio de Janeiro, Série Oecologia Brasiliensis, 6: PPGE-UFRJ. 260p.
- Ceneviva-Bastos, M. & Casatti, L. 2007. Oportunismo alimentar de *Knodus moenkhausii* (Teleostei, Characidae): uma espécie abundante em riachos do noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. Iheringia, Série Zoologia 97(1): 7-15.
- Deus, C. P. & Petrere-Jr., M. 2003. Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in Southeastern Brazil. Brazilian Journal of Biology 63(4): 579-588.
- Dufech, A. P. S., Azevedo, M. A. & Fialho, C. B. 2003. Comparative dietary analysis of two populations of *Mimagoniates rheocharis* (Characidae: Glandulocaudinae) from two streams of Southern Brazil. Neotropical Ichthyology, 1(1):67-74
- Eschmeyer, W. N. & Fong, J. D. 2012. Species of Fishes by family/subfamily. Disponível em <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> (último acesso 17 de janeiro de 2012).
- Esteves, K. E. & Aranha, J. M. R. 1999. Ecologia trófica de peixes de riachos. Pp. 157-182. In Caramaschi, E.P., Mazzoni R. & Peres-Neto, P.R. (eds). Ecologia de peixes de riachos. Rio de Janeiro, Série Oecologia Brasiliensis, 6: PPGE-UFRJ. 260p.
- Esteves, K. E. & Lobón-Cerviá, J. 2001. Composition and trophic structure of a fish community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. Environmental Biology of Fishes, 62: 429-440.

- Ferreira, K. M., N. A. Menezes & I. Quagio-Grassiotto. 2011. A new genus and two new species of Stevardiinae (Characiformes: Characidae) with a hypothesis on their relationships based on morphological and histological data. *Neotropical Ichthyology*, 9(2): 281-298.
- Fogaça, F. N. O., Aranha, J. M. R. & Esper, M. L. P. 2003. Ictiofauna do rio do Quebra (Antonina, PR, Brasil): Ocupação espacial e hábito alimentar. *Interciência*, 28(3): 168-173.
- Géry, J. 1977. *Characoids of the World*. Neptune City. T. F. H Publications, Inc. 672p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2004. Mapa de vegetação do Brasil. 3ª edição.
- Lucena, C. A. S. & Lucena, Z. M. S. 2002. Redefinição do gênero *Deuterodon* Eigenmann (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, 15(1): 113-135.
- Lucena, Z. M. & Lucena, C. A. 1992. Revisão das espécies do gênero *Deuterodon* Eigenmann, 1907 dos sistemas costeiros do sul do Brasil com a descrição de quatro espécies novas (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, 5(9): 123-168.
- Mazzoni, R. & J. Petitto. 1999. Reproductive biology of a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) of the Ubatiba fluvial system, Maricá-RJ. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42: 455-461.
- Menezes, N. A., Weitzman, S., Oyakawa, O. T., Lima, F., Castro, R. & WEITZMAN, M. 2007. *Peixes de água doce da Mata Atlântica*. São Paulo, Museu de Zoologia/USP. 408p.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.

- Novakowski, G. C., Fugi, R. & Hahn, N. S. 2004. Diet and dental development of three species of *Roeboides* (Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology* 2(3): 157-162.
- Reis, R. E., Kullander, S. O. & Ferraris Jr., C. J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, EDIPUCRS. 729p.
- Sabino, J. & Castro, R. M. C. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (sudeste do Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, 50(1): 23-36.
- Schaefer, S. A. 1998. Conflict and resolution: impact of new taxa on Phylogenetic studies of the Neotropical cascudinhos (Siluroidei: Loricariidae), p. 375-400. In: Malabarba, L. R., Reis, R. E., Vari, R. P., Lucena Z. M. S. & Lucena C. A. S. (Eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre, EDIPUCRS. 603p.
- Tabarelli, M., Pinto, L. P., Silva, J. M. C., Hirota, M. M. Bedê, L. C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1(1): 132-138.
- Uieda, V. S. & Castro, R. M. C. 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. Pp 01-22. In Caramaschi, E. P.; Mazzoni, R. & P. R. Peres-Neto (eds.). *Ecologia de Peixes de Riachos*. Rio de Janeiro, Série Oecologia Brasiliensis, 6: PPGE-UFRJ. 260p.
- Vari, R. P. & Malabarba, L. R. 1998. Neotropical Ichthyology: An Overview. Pp. 1-11. In: Malabarba, L. R.; Reis, R. E.; Vari, R. P.; Lucena, Z. M. S. & Lucena, C. A. S. (eds). *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre, EDIPUCRS. 603p.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática*. São Paulo, EDUEM/SBI. 169p.

- Vilella, F. S., Becker, F. G. & Hartz, S. M. 2002. Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in an Atlantic Forest River in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45: 223-232.
- Villares Júnior, G. A., Gomiero, L. M. & Goitein, R. 2008. Alimentação de *Serrassalmus maculatus* (Kner, 1858) (Characiformes: Serrasalmidae) no trecho inferior da bacia do rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences* 30: 173-178.
- Vitule, J. R. S. & Aranha, J. M. R. 2002. Ecologia alimentar do lambari, *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Characidae, Tetragonopterinae), de diferentes tamanhos em um riacho da Floresta Atlântica, Paraná (Brasil), *Acta Biológica Paranaense*, 31(1, 2, 3, 4): 137-150.
- Vitule, J. R. S., Braga, M. R. & Aranha, J. M. R. 2008a. Ontogenetic, spatial and temporal variations in the feeding ecology of *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Teleostei: Characidae) in a Neotropical stream from the Atlantic rainforest, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(2): 211-222.
- Vitule, J. R. S., Braga, M. R. & Aranha, J. M. R. 2008b. Population Structure and Reproduction of *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Teleostei, Characidae) in a Neotropical Stream Basin from the Atlantic Forest, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(6): 1187-1198.
- Vitule, J. R. S., Gazola-Silva, F. F. & Aranha, J. M. R. 2007. Desenvolvimento gonadal de *Deuterodon langei* Travassos (Teleostei: Characidae) *Acta Biológica Paranaense*, 36(3-4): 113-119.

“Biologia reprodutiva e desenvolvimento de ganchos na nadadeira anal de *Deuterodon stigmaturus* (Teleostei: Characidae) em um riacho costeiro da Floresta Atlântica, sul do Brasil”

Biologia reprodutiva e desenvolvimento de ganchos na nadadeira anal de *Deuterodon stigmaturus* (Teleostei: Characidae) em um riacho costeiro da Floresta Atlântica, sul do Brasil

Renato Bolson Dala Corte & Clarice Bernhardt Fialho

Laboratório de Ictiologia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, prédio 43435, Cep 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.
renatocorte@gmail.com; cbfialho@pro.via-rs.com.br

Resumo

São descritas as táticas reprodutivas do caracídeo *Deuterodon stigmaturus*, em um riacho costeiro subtropical da Floresta Atlântica, no sul do Brasil. Além disso, a relação do desenvolvimento de ganchos na nadadeira anal (dimorfismo sexual secundário em Characidae) com o período reprodutivo é avaliada. A espécie apresentou uma estratégia reprodutiva sazonal, com o período reprodutivo curto, ocorrendo entre a primavera e o verão austral. Esse período esteve relacionado com elevações da temperatura e do fotoperíodo na região subtropical estudada. A desova total ocorreu em janeiro (no verão), coincidindo com o mês de maior pluviosidade histórica e do ano de estudo. Não houve diferença na proporção sexual dos indivíduos. Machos e fêmeas não diferiram quanto ao comprimento de primeira maturação e também não houve dimorfismo sexual relacionado ao tamanho (comprimento padrão). A fecundidade absoluta encontrada para a espécie foi elevada, mas a fecundidade relativa foi baixa. Esse conjunto de características também concorda com a estratégia reprodutiva sazonal. Embora a desova tenha sido caracterizada como total, o registro de

folículos pós-ovulatórios em pequena quantidade, previamente a janeiro, sugere a liberação de alguns oócitos antes da desova massiva. Esse resultado pode ser uma adaptação a vida em riachos estocásticos da Floresta Atlântica. Foi constatado o desenvolvimento sazonal de ganchos na nadadeira anal de machos adultos, acompanhando o período reprodutivo e regredindo após este. A manutenção ou perda de ganchos em Characidae pode estar relacionada a três fatores: extensão do período reprodutivo; grau de desenvolvimento dos ganchos (formato e tamanho); e possíveis variações na função destes.

Palavras-chave: reprodução sazonal, lambari, característica sexual secundária, clima subtropical, região Neotropical.

Introdução

A família Characidae (Characiformes) representa um dos grupos mais ricos e complexos de peixes de água doce da região Neotropical (Lima *et al.*, 2003; Reis *et al.*, 2003; Nelson, 2006), incluindo cerca de 1.120 espécies válidas atualmente (Eschmeyer & Fong, 2011). O gênero *Deuterodon* Eigenmann, 1907 compreende sete espécies conhecidas popularmente como lambaris, cuja distribuição limita-se às bacias costeiras do sudeste ao sul do Brasil, no bioma Floresta Atlântica (Lucena & Lucena, 2002). *Deuterodon* é um táxon importante em comunidades de peixes de rios litorâneos da Floresta Atlântica, pois normalmente é representado por populações frequentes e abundantes (Vitule *et al.*, 2008).

A biologia reprodutiva da maioria das espécies deste gênero ainda permanece desconhecida, com exceção de *Deuterodon langei*, que é relativamente bem estudada em comparação às demais, embora alguns aspectos da reprodução desta espécie também sejam desconhecidos (Vitule *et al.*, 2007; 2008). A espécie *Deuterodon stigmaturus* (Gomes, 1947) é endêmica de drenagens costeiras do sul do Brasil, entre o Rio Grande do Sul e Santa

Catarina, abrangendo as bacias dos rios Mampituba, Maquiné e Três Forquilhas (Lucena & Lucena, 1992). Embora seja conhecida há mais de 60 anos, não existem informações disponíveis na literatura sobre a história natural desta espécie.

A biologia reprodutiva é provavelmente o principal aspecto da história natural de uma espécie e seu conhecimento é imprescindível para a compreensão da dinâmica populacional e das relações ecológicas existentes em uma comunidade, sendo útil também para orientar medidas de conservação e manejo (Azevedo, 2004). Os caracteres reprodutivos em peixes ainda podem ser utilizados para compreender melhor as relações de parentesco entre as espécies, auxiliando nos estudos de sistemática filogenética (*e.g.* Azevedo, 2010; Baicere-Silva *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2011).

A família Characidae, por exibir elevada riqueza, trata-se de um grupo que contém estratégias reprodutivas muito diversificadas. Alguns caracídeos podem exibir dimorfismo sexual na coloração e/ou morfologia das nadadeiras, enquanto outros não exibem características tão evidentes. Não obstante, a maioria dos caracídeos compartilha um caráter sexual secundário comumente presente em machos sexualmente maduros, que consiste em pequenos ganchos ósseos localizados em raios das nadadeiras (Malabarba & Weitzman, 2003). Para *Deuterodon*, entretanto, a ocorrência dessa estrutura ainda não foi documentada. Diversos trabalhos vêm procurando avaliar a relação desses ganchos com a reprodução em diferentes espécies de caracídeos, havendo controvérsia sobre a manutenção ou perda dessas estruturas após o período reprodutivo (Fink & Weitzman, 1974; Andrade *et al.*, 1984; Garutti, 1990; Azevedo, 2000; 2004; Oliveira, 2003; Silvano *et al.*, 2003; Lampert, 2004; Gonçalves *et al.*, 2005).

Desse modo, o presente estudo objetivou descrever a biologia reprodutiva de *D. stigmaturus*, determinando as seguintes táticas reprodutivas: período reprodutivo, comprimento de primeira maturação, proporção sexual, fecundidade e tipo de desova. Além

disso, objetivou avaliar a relação do período reprodutivo com fatores abióticos (temperatura, fotoperíodo e precipitação) e bióticos (índice de repleção estomacal e índice hepatossomático), bem como com o desenvolvimento de ganchos na nadadeira anal.

Material e Métodos

A área de estudo localiza-se no arroio Paraíso, um tributário de segunda ordem da bacia hidrográfica do rio Mampituba. O rio Mampituba é uma drenagem costeira situada no sul do Brasil, abrangendo os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, cujas nascentes encontram-se em altitudes elevadas da Serra Geral e a foz diretamente no Oceano Atlântico. A região enquadra-se na formação vegetal denominada Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2004), ou Floresta Atlântica *stricto sensu*. O clima é do tipo subtropical perúmido, com estações bem definidas, precipitação pluviométrica média anual de 1.409 mm bem distribuídos ao longo do ano, temperatura média anual de 18,3 °C e temperatura média do mês mais frio de 13,6 °C (Maluf, 2000). O ponto amostrado no arroio Paraíso (29°23'55.3"S 49°55'01.1"W) é caracterizado por apresentar aproximadamente 16 m de altitude, cerca de 14 m de largura da lâmina d'água, leito pedregoso, correnteza de moderada à forte, baixa turbidez, profundidade variando entre 30-100 cm e vegetação ciliar alterada (**Figs. 1-2**).

Os exemplares de *D. stigmaturus* foram coletados mensalmente, de agosto de 2010 a julho de 2011. As capturas foram realizadas com auxílio de rede de arrasto (picaré com 10 m de comprimento e malha de 5 mm), rede de espera (malha de 15 mm entre nós) e tarrafa (malha de 12 mm entre nós). Em campo, os peixes foram anestesiados, posteriormente fixados em solução de formalina 10% e, em laboratório, transferidos para etanol 70°GL.

Dados mensais de temperatura atmosférica e precipitação do ano foram adquiridos junto ao 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre e os dados de fotoperíodo foram obtidos

a partir do software Skymap Pro 9.0. Adicionalmente, a precipitação pluviométrica histórica da região de estudo foi obtida no site Agritempo, pertencente à Embrapa Informática Agropecuária. Estes dados históricos representam valores médios mensais das chuvas de 1979 a 2011 (falhando os anos de 1991, 2005 e 2006) do município de Torres, Rio Grande do Sul, sendo fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Em laboratório, de cada espécime dissecado foram registrados o sexo, a fase de maturação gonadal e os seguintes dados biométricos: comprimento padrão (CP), em milímetros (mm), e os pesos total (PT), das gônadas (PG), do fígado (PF) e do estômago (PE), em gramas (g). A partir dessas pesagens, foram calculados o índice gonadossomático (IGS): $IGS = (PG/PT) \times 100$ (Vazzoler, 1996); o índice hepatossomático (IHS): $IHS = (PF/PT) \times 100$ (Santos, 1978); e o índice de repleção estomacal (IR): $IR = (PE/PT) \times 100$ (Santos, 1978). Adicionalmente, o número de ganchos presentes na nadadeira anal de cada indivíduo foi contado.

A definição das fases de maturação gonadal seguiu o trabalho de Brown-Peterson *et al.* (2011). Além de aspectos macroscópicos das gônadas, foram realizadas análises histológicas para determinar as fases de maturação gonadal com maior precisão. Para esse propósito, foram selecionadas de três a cinco gônadas de cada sexo por mês, representando as diferentes fases de maturação determinadas macroscopicamente, totalizando 78 indivíduos. Estas gônadas foram submetidas à rotina de inclusão em resina glicolmetacrilato (Leica®), seccionadas com navalha de tungstênio, com três µm de espessura e coradas com hematoxilina-eosina.

O período reprodutivo foi estabelecido a partir das frequências das fases de maturação gonadal e da variação mensal do IGS dos indivíduos adultos. Para avaliar diferenças mensais nos valores de IGS foram aplicados testes não paramétricos de Mann-Whitney. A relação da variação mensal do IGS de machos e fêmeas com as variações mensais da temperatura,

fotoperíodo e precipitação do ano de estudo foi testada aplicando-se uma regressão múltipla. Essa análise foi feita assumindo a colinearidade da temperatura com o fotoperíodo. Além disso, foram empregadas regressões lineares para testar a relação do IGS médio mensal de machos e fêmeas com a precipitação histórica. Foram também realizadas regressões lineares dos valores absolutos do IGS com o IHS, bem como com o IR, para testar se há variação do peso da gônada em função dos pesos do fígado ou do estômago, respectivamente. Estas regressões múltiplas e lineares foram realizadas com os dados transformados em logaritmo natural para atender os pressupostos estatísticos.

A proporção sexual total e mensal do número de indivíduos foi avaliada pelo teste qui-quadrado (χ^2). Para verificar se machos e fêmeas diferem quanto ao tamanho corporal foi aplicado um teste-t (Student) sobre os valores de comprimento padrão.

O comprimento de primeira maturação gonadal (L_{50}), considerado como aquele em que 50% dos indivíduos da população iniciaram o processo de maturação das gônadas (Santos, 1978), foi estimado a partir de uma regressão logística usando a função logit no programa Systat 11. Da mesma forma foi estimado o L_{100} , comprimento no qual 100% da população já atingiu a maturidade sexual.

A fecundidade absoluta média da espécie foi estabelecida a partir da contagem de todos os ovócitos vitelinados de 16 fêmeas aptas a desovar. A fecundidade relativa foi expressa como o número desses ovócitos por miligrama de peso total, como sugerido por Adebisi (1987). As fêmeas selecionadas para estabelecer a fecundidade foram aquelas com os maiores valores de IGS (acima de 10%). O diâmetro médio dos oócitos maduros foi calculado a fim de estimar o investimento energético da espécie na produção dos oócitos.

Conforme Vazzoler (1996), o tipo de desova da espécie foi inferido com base no desenvolvimento oocitário e nas análises histológicas. Para tanto, foram realizadas medições do diâmetro de todos os oócitos contidos em sub-amostragens de 10% de cada um dos 16

ovários empregados para o cálculo da fecundidade. A distribuição das frequências dos diâmetros destes oócitos foi utilizada para determinar o desenvolvimento oocitário.

A relação entre o número de ganchos registrados na nadadeira anal de machos adultos e os respectivos valores de IGS foi avaliada através de uma regressão linear. Para esta análise, a normalidade dos dados só foi atingida após remover todos os valores zero (*i.e.* ausência de ganchos) e utilizar a transformação de dados Box-Cox ($\lambda = 0,26$). Além disso, o desenvolvimento dos ganchos ao longo do ano foi avaliado através da distribuição mensal do número de ganchos presentes na nadadeira anal de todos os machos adultos analisados. Os machos adultos considerados para estas análises foram aqueles com o comprimento padrão superior ao comprimento de primeira maturação gonadal (L_{50}). Além dos machos adultos, também foi avaliada a presença de ganchos em fêmeas adultas ($> L_{50}$) e juvenis de ambos os sexos.

As análises estatísticas de regressão linear, regressão múltipla, teste-t, Mann-Whitney e chi-quadrado foram executadas do programa R versão 2.11.

Resultados

Caracterização das fases de maturação gonadal

Utilizando-se uma escala de maturação adaptada de Brown-Peterson *et al.* (2011), no presente estudo foram determinadas as seguintes fases de maturação gonadal para *D. stigmaturus*: imaturo, desenvolvendo, apto a desovar (com a subfase desovando), regredindo e regenerando. Optou-se por não adotar a subfase desovando em machos devido ao grau de subjetividade em determinar efetivamente a ocorrência de espermição.

Imaturo - Fêmeas imaturas apresentaram ovários pequenos, translúcidos e sem vasos sanguíneos visíveis. Estiveram presentes apenas oogônias e oócitos em crescimento primário,

diferindo da fase regenerando pela parede ovariana estreita, pelo pouco espaço entre os oócitos e pela ausência de feixes musculares evidentes (**Fig. 3F**). Testículos imaturos foram filiformes, de pequeno tamanho, cor translúcida esbranquiçada e apresentaram apenas espermatogônias. Diferiram da fase regenerando apenas pelo menor tamanho e ausência de resquícios de espermatozóides (**Fig. 4D**).

Desenvolvendo - Ovários na fase desenvolvendo caracterizaram-se pelo aumento no tamanho do ovário, presença de oócitos em crescimento primário, vitelogênicos primários e secundários, mas sem oócitos vitelogênicos terciários, sem migração do núcleo, e sem folículos pós-ovulatórios (**Figs. 3A-B**). Testículos aumentados e mais esbranquiçados. Apresentaram o epitélio germinativo contínuo, espermatogônias, espermatócitos e espermátides, mas sem liberação de espermatozóides nos túbulos (**Fig. 4A**).

Apto a desovar/espermiar - Ovários grandes, ocupando quase toda a cavidade celomática, com oócitos opacos visíveis macroscopicamente. Predomínio de oócitos vitelogênicos, principalmente vitelogênicos secundários e terciários, com a presença de migração do núcleo, mas sem folículos pós-ovulatórios (**Fig. 3C**). Testículos grandes, lobados, ocupando quase toda cavidade celomática, de aspecto leitoso e esbranquiçado. Todos os estágios de espermatogênese podem estar presentes, havendo a liberação de espermatozoides nos túbulos do testiculares. O epitélio germinativo pode tornar-se descontínuo em algumas partes dependendo do grau de desenvolvimento (**Fig. 4B**).

Desovando - Nos ovários, a subfase desovando é muito similar à apto a desovar, diferindo desta apenas pelo aparecimento de folículos pós-ovulatórios, geralmente em grandes quantidades, caracterizando a ocorrência de desova (**Fig. 3D**). Essa subfase não foi adotada para os machos.

Regredindo - Ovários flácidos, com vasos sanguíneos proeminentes. Grande redução no montante de oócitos vitelogênicos, espaçamento entre as células, predomínio de folículos pós-

ovulatórios e presença de atresia em quantidades diversas (**Fig. 3E**). Testículos flácidos, de tamanho reduzido em comparação com a fase apto a espermiar. Grande redução na quantidade de espermatozoides nos túbulos, proliferação de espermatogônias na periferia e resíduos de espermatócitos, espermatides amplamente dispersas pelos túbulos (**Fig. 4C**). Nos machos esta fase ocorreu brevemente, apenas em alguns exemplares em janeiro e fevereiro.

Regenerando - Ovários de tamanho reduzido e translúcido, porém maiores que os imaturos. Apenas oogônias e oócitos em crescimento primário presentes. Ocorrem feixes musculares, vasos sanguíneos alargados, parede ovárica espessa e células espaçadas (**Fig. 3F**). Testículos pequenos, frequentemente filiformes, porém maiores que os imaturos. Proliferação de espermatogônias, epitélio germinativo contínuo e resíduos de espermatozoides. Os demais estádios de espermatogênese estão ausentes (**Fig. 4D**).

Fatores abióticos

A temperatura média mensal atmosférica da região de estudo variou de 13,3 a 24,4 °C, ocorrendo, respectivamente, nos meses de julho de 2011 (inverno) e janeiro de 2011 (verão). O fotoperíodo oscilou entre 617-842 minutos, registrados em junho de 2011 e dezembro de 2010, respectivamente (**Fig. 5**). As chuvas foram bem distribuídas ao longo do ano, com a precipitação total mínima ocorrendo em agosto de 2010 (58 mm) e a máxima em janeiro de 2011 (327 mm) (**Fig. 6**). Analisando a distribuição histórica das chuvas da região verifica-se uma tendência da precipitação ser maior durante o verão, nos meses janeiro e fevereiro (**Fig. 6**).

Reprodução

Foi analisado um total de 444 indivíduos de *D. stigmaturus*, sendo 192 machos (23,0-91,7 mm CP), 224 fêmeas (23,7-101,4 mm CP), e 28 indivíduos cujo sexo não foi identificado (20,2-35,0 mm CP).

A frequência das fases de desenvolvimento das gônadas ao longo do ano mostrou que fêmeas aptas a desovar ocorreram durante seis meses (de agosto a janeiro) e machos durante sete meses (de julho a janeiro). Apesar disso, fêmeas com gônadas desovando foram registradas apenas durante quatro meses, de outubro a janeiro, com a maior frequência desta fase ocorrendo em janeiro. Para ambos os sexos, as fases pós-reprodutivas (regredindo e regenerando) foram registradas após esse período, de fevereiro até maio (**Fig. 7**).

A variação mensal do IGS, tanto para machos quanto para fêmeas, concorda com a variação das frequências das fases de maturação ao longo dos meses do ano de estudo. Pode ser evidenciado um aumento progressivo dos valores a partir do mês de julho, estendendo-se até janeiro, quando há um declínio acentuado do peso das gônadas em relação ao peso total (**Fig. 8**). Houve um pico nos valores de IGS das fêmeas no mês de dezembro, diferindo significativamente de todos os outros meses (Mann-Whitney; $p < 0,04$) exceto novembro (Mann-Whitney; $p = 0,829$), que também exibiu valores elevados de IGS. Em machos, o pico do IGS foi antecipado, em setembro (Mann-Whitney; $p < 0,02$). Dessa forma, o período reprodutivo da espécie pode ser caracterizado como sazonalmente definido, ocorrendo entre a primavera e o verão austral.

A regressão múltipla indicou que há uma relação de fatores abióticos com o IGS dos machos ($F_{3,8} = 9,72$; $P = 0,005$) e das fêmeas ($F_{3,8} = 26,46$; $P < 0,001$). Essa relação foi significativa para fotoperíodo ($P_{\text{machos}} < 0,001$; $P_{\text{fêmeas}} < 0,001$) e temperatura ($P_{\text{machos}} = 0,004$; $P_{\text{fêmeas}} = 0,001$), e não significativa para precipitação do ano de estudo ($P_{\text{machos}} = 0,840$; $P_{\text{fêmeas}} = 0,140$). Da mesma forma, não houve relação entre a precipitação histórica mensal e os

valores de IGS de machos ($F_{1,10} = 1,55$; $p = 0,24$) e fêmeas ($F_{1,10} = 1,05$; $p = 0,33$). Considerando ambos os sexos, as análises mostraram que há uma relação negativa entre os valores de IHS e IGS ($F_{1,221} = 39,56$; $p < 0,001$) (**Fig. 9**), enquanto que a variação do IR não mostrou relação com o IGS ($F_{1,221} = 1,35$; $p = 0,24$) (**Fig. 10**).

A proporção do número total de indivíduos machos e fêmeas não diferiu de 1:1 conforme teste do chi-quadrado ($\chi^2 = 2,461$; $p = 0,116$). Entretanto, houve um número significativamente maior de fêmeas do que de machos nos meses de outubro ($\chi^2 = 4,9$; $P = 0,026$) e julho ($\chi^2 = 5,1$; $P = 0,023$), e mais machos que fêmeas no mês de março ($\chi^2 = 4,3$; $p = 0,037$). O teste-t mostrou que não há dimorfismo sexual relacionado ao comprimento padrão ($F_{1,221} = 2,067$; $p = 0,152$), indicando que ambos os sexos atingem o mesmo tamanho corporal.

O comprimento de primeira maturação gonadal (L_{50}) dos machos foi de 63,32 mm e o das fêmeas de 62,47 mm, não sendo detectada diferença significativa entre os sexos ($\chi^2 = 0,005$; $P = 0,94$). O L_{100} foi estimado em aproximadamente 80,0 mm para machos e fêmeas (**Fig. 11**).

A fecundidade média absoluta estimada para a espécie foi de 3.091 ± 483 oócitos e a fecundidade média relativa foi de $0,27 \pm 0,04$ oócitos mg^{-1} . O diâmetro médio dos oócitos maduros foi 974 ± 116 μm .

A distribuição das frequências dos diâmetros de oócitos mostrou duas modas de desenvolvimento, caracterizando o tipo de desenvolvimento oocitário sincrônico em dois grupos (**Fig. 12**). Entretanto, através das análises histológicas dos ovários, verificou-se a presença de oócitos em diversas fases de desenvolvimento antes das gônadas atingirem a fase desovando, isto é, sem evidência de folículos pós-ovulatórios (**Fig. 3A**). Portanto, o tipo de desenvolvimento oocitário encontrado para a espécie pode ser caracterizado como assincrônico cumulativo, no qual oócitos em diferentes fases de desenvolvimento são acumulados ao longo do tempo no ovário a medida que atingem fases vitelogênicas mais

avanzadas (Suzuki *apud* Vazzoler, 1996; **Fig. 3B**). Em janeiro, verificou-se a liberação de um grande montante de oócitos, constatado pela presença de folículos pós-ovulatórios em grande quantidade nas análises histológicas e pela redução acentuada nos valores de IGS, indicando desova total (**Fig. 3C**).

Dentre as 115 fêmeas adultas analisadas, apenas 4,3% apresentaram ganchos na nadadeira anal (em média $22 \pm 16,5$ ganchos), enquanto que dos 104 machos adultos analisados, 56,7% apresentaram ganchos (em média $65,2 \pm 58,3$ ganchos). Nenhum indivíduo juvenil ($CP < L_{50}$) apresentou ganchos na nadadeira anal. O desenvolvimento de ganchos em machos adultos acompanhou a variação mensal do IGS, verificando-se um aumento do número de ganchos em função do IGS ($F_{1,57} = 23,80$; $R^2 = 0,28$; $p < 0,001$; **Fig. 13**). Nos meses do período não reprodutivo, houve grande redução no número de ganchos da nadadeira anal de machos adultos ou mesmo ausência destes (**Fig. 14**). Os machos adultos com ganchos na nadadeira anal apresentaram predominantemente gônadas na fase apto a espermiar, enquanto que os machos adultos sem ganchos apresentaram predominantemente gônadas nas fases desenvolvendo, regredindo e regenerando (**Fig. 15**).

Discussão

O período reprodutivo sazonal, ocorrendo entre a primavera e o verão, apresentado por *D. stigmaturus* é uma estratégia reprodutiva comumente encontrada em Characidae (Vazzoler & Menezes 1992; Azevedo, 2010). Dentre os fatores que influenciam a reprodução das espécies, as condições abióticas temporalmente variáveis, como a temperatura, a precipitação e o fotoperíodo, são frequentemente relacionadas com o período reprodutivo. Em regiões de clima tropical do Brasil, onde há períodos definidos de seca e cheia, os estudos têm demonstrado que a reprodução dos peixes geralmente é influenciada pelo aumento da

precipitação, em função do consequente aumento da disponibilidade de alimentos, abrigos e sítios para desova (Vazzoler & Menezes 1992; Silvano *et al.*, 2003; Andrade & Braga, 2005; Bailly *et al.*, 2008; Martins-Queiroz *et al.*, 2008; Costa & Mateus, 2009; Oliveira *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2010). Alternativamente, em regiões de clima subtropical ou temperado do sul do Brasil, onde as chuvas são mais uniformemente distribuídas ao longo do ano (Maluf, 2000), o período reprodutivo vem sendo relacionado apenas com elevações do fotoperíodo e/ou da temperatura, ao invés da precipitação (Gelain *et al.*, 1999; Azevedo *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2002; Gonçalves *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2010; Giora *et al.*, 2011). Corroborando essa hipótese, o período reprodutivo de *D. stigmaturus* também mostrou relação apenas com as variações mensais do fotoperíodo e da temperatura. Esses dados também corroboram a informação de que peixes em regiões de elevada latitude exibem um forte padrão sazonal de reprodução, em virtude das mudanças na temperatura e no comprimento do dia destas regiões (Wootton, 1998).

Além de fatores abióticos, características como a alimentação e o estoque de energia hepática podem ser associadas à época reprodutiva. Desse modo, no período que antecede a reprodução haveria maior intensidade na alimentação e um aumento das reservas hepáticas, as quais seriam posteriormente alocadas para a reprodução (Barbieri *et al.*, 1996, 2001; Ribeiro *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2009). A relação inversa entre o IHS e o IGS encontrada para *D. stigmaturus* está de acordo com essa suposição, sugerindo que há estoque energético no fígado para a reprodução. O IR, entretanto, não mostrou relação com o IGS, indicando que a espécie se alimenta ativamente durante todo o ano, inclusive na época reprodutiva.

Assim como foi registrado para *D. langei* por Vitule *et al.* (2008), a proporção total de indivíduos de *D. stigmaturus* não diferiu quanto ao sexo, sugerindo a ausência de fatores que interferem na proporção sexual esperada (1:1). Tais fatores podem incluir a influência da temperatura na determinação do sexo (Pavlov *et al.*, 2009), diferenças nas taxas de

crescimento e, conseqüentemente, mortalidade seletiva através da predação (Schultz, 1996; Marshal, 2009), ou ainda diferenças relacionadas ao comportamento social (Francis, 1984). O predomínio de um dos sexos na população, encontrado nos meses de outubro, julho e março, parece estar mais relacionado aos métodos de coleta do que aos aspectos biológicos.

A ausência de dimorfismo sexual relacionado ao comprimento em *D. stigmaturus* também concorda com os resultados apresentados para *D. langei* por Vitule *et al.* (2008). Em contraste, Mazzoni & Petito (1999) verificaram que fêmeas de *Deuterodon* sp. atingem dois centímetros de comprimento a mais do que machos. Da mesma forma, o comprimento de primeira maturação (L_{50}) de *D. stigmaturus* (cerca de 63,0 mm CP) também foi similar ao de *D. langei* (entre 61,0-70,0 mm CT; Vitule *et al.*, 2008) e diferiu do apresentado por *Deuterodon* sp. (28,0 mm CP; Mazzoni & Petito, 1999). Segundo Winemiller (1992), características conspícuas de dimorfismo sexual, que provavelmente resultam da seleção sexual, estão relacionadas a estratégia reprodutiva adotada pela espécie.

A fecundidade é um parâmetro que depende, em última instância, do volume da cavidade celomática disponível para estocar oócitos (Vazzoler, 1996). Sendo assim, a fecundidade relativa pode ser um parâmetro mais comparável, pois considera o número de oócitos vitelogênicos por miligrama de peso da fêmea (Adebisi, 1987). Em Characidae, tanto a fecundidade absoluta quanto a relativa são muito variáveis, em decorrência dos diferentes tamanhos do corpo e estratégias reprodutivas adotadas pelas espécies (Azevedo, 2010). Dentre os poucos trabalhos com caracídeos que informam a fecundidade relativa, pode-se evidenciar que há um intervalo de variação de 0,13 a 0,80 oócitos mg^{-1} (Gelain *et al.*, 1999; Azevedo *et al.*, 2000; 2010; Oliveira *et al.*, 2002; 2010; Silvano *et al.*, 2003; Lampert *et al.*, 2004, 2007; Gonçalves *et al.*, 2005; Mazzoni & Iglesias-Rios, 2007; Azevedo, 2010; Dala-Corte & Azevedo, 2010). Segundo Azevedo (2010), enquanto a fecundidade absoluta aumenta em espécies maiores de Characidae, a fecundidade relativa decresce, sugerindo que

espécies menores devem investir mais energia na produção individual de oócitos. Para *D. stigmaturus*, os resultados obtidos corroboram essa hipótese, uma vez que a fecundidade absoluta foi elevada em relação a outras espécies de Characidae de menor tamanho corporal (Vazzoler & Menezes, 1992; Azevedo, 2010) e a fecundidade relativa foi baixa em comparação com os dados da literatura acima referidos. Contudo, para outras espécies de *Deuterodon* não há informações disponíveis sobre fecundidade relativa para efetuar comparações. Em relação à fecundidade absoluta, *Deuterodon* sp. apresentou valores variando de 595 à 5.520 oócitos (Mazzoni & Petit, 1999). Embora a fecundidade absoluta de *D. stigmaturus* esteja dentro desse intervalo, o tamanho corporal e a duração do período reprodutivo das duas espécies são muito distintos e, portanto, o investimento energético na produção de oócitos provavelmente é também diferente.

O desenvolvimento oocitário assincrônico cumulativo verificado em *D. stigmaturus* não é comumente referido na literatura (Suzuki, 1992; Vazzoler, 1996). Esse tipo de desenvolvimento caracteriza-se pela presença de oócitos em diversas fases de desenvolvimento, que vão sendo gradativamente acumulados ao longo do tempo no ovário em fases vitelogênicas mais avançadas (Suzuki, 1992). Essa característica poderia ser uma adaptação das espécies que têm a desova desencadeada por fatores ambientais que, apesar da ocorrência previsível (*i.e.* temperatura, fotoperíodo e precipitação), poderiam atrasar ou adiantar a desova dentro de um intervalo de tempo (Suzuki, 1992).

Além do desenvolvimento oocitário, a queda acentuada do IGS das fêmeas e a predominância de folículos pós-ovulatórios em janeiro, também corroboram a desova total em *D. stigmaturus*. Porém, em meses anteriores (outubro, novembro e dezembro), verifica-se a ocorrência de alguns folículos pós-ovulatórios em ovários na fase desovando. Logo, parece haver também a liberação de uma pequena quantidade de oócitos à medida que a gônada atinge altos valores de IGS, previamente à desova massiva que foi registrada em janeiro. Essa

tática poderia ser uma maneira de garantir a sobrevivência de pelo menos uma parcela da prole em ambientes imprevisíveis, sujeitos a frequentes distúrbios hidrológicos, como geralmente são os riachos da Floresta Atlântica.

Vitule *et al.*, (2008) sugerem que a desova total de *D. langei*, ocorrendo em um espaço de tempo anterior às chuvas de verão, seria uma forma de maximizar a capacidade reprodutiva, de modo que larvas, ovos e juvenis seriam transportados para jusante, em locais com maior variabilidade de micro-habitats. Para *D. stigmaturus*, embora a região de clima subtropical do arroio Paraíso não apresente estações de seca e chuva bem definidas, a desova coincidiu com o mês de maior pluviosidade do ano de estudo (janeiro). Adicionalmente, analisando a distribuição histórica de chuvas mensais da mesma região verifica-se uma tendência dos maiores valores de precipitação ocorrerem em janeiro e fevereiro. Portanto, concordando com Vitule *et al.*, (2008), *D. stigmaturus* parece também sincronizar sua desova com as chuvas de verão. Estudos com coletas intensificadas na época da desova, observações comportamentais, bem como estudos de características fisiológicas e morfológicas do ovo, incluindo a flutuabilidade e presença de estruturas adesivas, podem fornecer um conjunto maior de informações para sustentar essa hipótese.

Em conjunto, as características reprodutivas de *D. stigmaturus* permitem enquadrar a espécie na estratégia reprodutiva sazonal, conforme categorias propostas por Winemiller (1989). Essa estratégia é caracterizada pela maturação tardia, período reprodutivo curto e sazonal, fecundidade elevada, baixo investimento por prole e reduzida sobrevivência de juvenis (Winemiller, 1989). Em comum, as características da estratégia sazonal também foram encontradas para vários outros caracídeos de tamanho corporal semelhante e desova total (*e.g.* *Markiana geayi*, *Tetragonopterus argenteus*; Winemiller, 1989; *Astyanax bimaculatus*; Santos *et al.*, 1996; *Astyanax fasciatus*; Gurgel, 2004; *Astyanax henseli*; Dala-Corte & Azevedo, 2010). Especificamente em relação ao gênero *Deuterodon*, todas as

características reprodutivas aqui encontradas para *D. stigmaturus* são muito semelhantes às apresentadas por *D. langei* em Vitule *et al.* (2008) e diferem daquelas apresentadas por *Deuterodon* sp. em Mazzoni & Petito (1999), que enquadra-se na estratégia reprodutiva oportunista (Winemiller, 1989).

A presença de ganchos ósseos nos raios da nadadeira anal de machos (frequentemente também presente nas nadadeiras pélvicas e caudal) é uma característica sexual secundária compartilhada pela maioria das espécies da família Characidae (Malabarba & Weitzman, 2003). No presente estudo, o registro de ganchos na nadadeira anal de *D. stigmaturus* é a primeira documentação desta estrutura para o gênero *Deuterodon*. Estes ganchos estiveram presentes principalmente em machos adultos durante o período reprodutivo, sendo reduzidos em número, ou mesmo ausentes, antes e depois deste período.

Em concordância com o registrado aqui para *D. stigmaturus*, outros estudos também relatam que os ganchos em raios das nadadeiras são desenvolvidos sazonalmente, durante a época reprodutiva, e posteriormente são regredidos (Von Ihering & Azevedo, 1936; Fink & Weitzman, 1974; Garutti, 1990). Alternativamente, um número maior de estudos sugere que tais estruturas são desenvolvidas por machos após a maturidade sexual e mantidas ao longo de todo o ano (Andrade *et al.*, 1984; Azevedo, 2000; 2004; Lampert, 2004; Oliveira *et al.*, 2002; Silvano *et al.*, 2003; Gonçalves *et al.*, 2005). Em comum, estes trabalhos concordam que os ganchos em raios das nadadeiras estão sempre ausentes em indivíduos juvenis, ou seja, desenvolvem-se apenas após a maturidade sexual. Lampert *et al.* (2004) atribuíram o decréscimo na frequência de ganchos nas nadadeiras de *Bryconamericus iheringii* após o período reprodutivo ao recrutamento de machos juvenis para a população e não à regressão desta estrutura em meses não reprodutivos. No presente estudo, a ausência ou redução no número de ganchos em machos com gônadas pós-reprodutivas (fases regredindo e regenerando) permite constatar que houve regressão de ganchos na nadadeira anal de machos

adultos de *D. stigmaturus* após o período reprodutivo. Apesar disso, verifica-se que estes ganchos ocorreram durante a maior parte do ano, desde julho até março, mesmo que em menor número nos meses anteriores e posteriores à época reprodutiva. Nesse sentido, uma vez que ganchos podem levar mais tempo para regredir do que gônadas, é possível que espécies com o período reprodutivo prolongado ou com mais de um evento reprodutivo por ano, apresentem ganchos nas nadadeiras durante todo o ano.

Ganchos em raios de nadadeiras podem apresentar variações no formato, posição e, possivelmente, função em distintas espécies (Malabarba & Weitzman, 2003). Embora não existam comprovações sobre a real função dos ganchos, há uma tendência de relacioná-los com aspectos comportamentais da reprodução (Wiley & Collette, 1970; Azevedo, 2000). Foster (1967) sugeriu que ganchos possam ter uma função tátil, possibilitando que o macho saiba sua posição exata em relação à fêmea. Em caracídeos inseminadores, sugere-se que ganchos apresentam uma relação com a corte e com a inseminação (Kutaygil, 1959; Azevedo, 2000). Portanto, além da extensão do período reprodutivo, é possível que diferenças na função e/ou morfologia dos ganchos, entre distintas espécies de Characidae, também esteja relacionada às divergências nos estudos quanto à manutenção ou regressão desta estrutura ao longo do ano.

Agradecimentos

Somos gratos ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor (processo nº 132140/2010-1), a todos os amigos (as) que auxiliaram nas coletas, a Vinicius R. Lampert e Júlia Giora pela leitura crítica do manuscrito, bem como a Erica P. Caramaschi, Marco A. Azevedo e Vinicius Abilhoa pela revisão do trabalho.

Literatura Citada

As normas seguem as instruções do periódico Neotropical Ichthyology

- Abilhoa, V., R. R. Braga, H. Bornatowski, & J. R. S. Vitule. 2011. Fishes of the Atlantic Rain Forest Streams: Ecological Patterns and Conservation. Pp. 259-282. In: Grillo, O., G. Venora. (Orgs.). Changing Diversity in Changing Environment. Rijeka, Intech, 392p.
- Adebisi, A. A. 1987. The relationships between fecundities, gonadosomatic indices and egg sizes of some fishes of Ogun River, Nigéria. *Archiv fur Hydrobiologie*, 111: 151-156.
- Andrade, D. R., E. Menin & S. P. Ribeiro. 1984. Periodicidade da característica sexual secundária em *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) Pisces, Characidae. *Revista Seiva*, 44: 9-12.
- Andrade, P. M. & F. M. S. Braga. 2005. Reproductive seasonality of fishes from a lotic stretch of the Grande River, High Paraná River Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 65(3): 387-394.
- Azevedo, M. A. 2000. Biologia reprodutiva de dois glandulocaudíneos com inseminação, *Mimagoniates microlepis* e *Mimagoniates rheocharis* (Teleostei: Characidae), e características de seus ambientes. Dissertação de mestrado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil. 84p.
- Azevedo, M. A. 2004. Análise comparada de caracteres reprodutivos em três linhagens de Characidae (Teleostei: Ostariophysi) com inseminação. Tese de Doutorado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 238p.
- Azevedo, M. A. 2010. Reproductive characteristics of characid fish species (Teleostei, Characiformes) and their relationship with body size and phylogeny. *Iheringia, Série Zoologia*, 100(4): 469-482.

- Azevedo, M. A., L. R. Malabarba & C. B. Fialho. 2000. Reproductive biology of the inseminated Glandulocaudine *Diapoma speculiferum* Cope (Actinopterygii: Characidae). *Copeia*, 2000 (4): 983-989.
- Baicere-Silva, C. M., K. M. Ferreira, L. R. Malabarba, R. C. Benine & I. Quagio-Grassiotto. 2011. Spermatic characteristics and sperm evolution on the subfamily Stevardiinae (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology*, 9(2): 377-392.
- Bailly, D., A. A. Agostinho & H. I. Suzuki. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá River, upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications*, 24: 1218–1229.
- Ballesteros, T. M., M. Torres-Mejia & M. P. Ramírez-Pinilla. 2009. How does diet influence the reproductive seasonality of tropical freshwater fish? A case study of a characin in a tropical mountain river. *Neotropical Ichthyology* 7(4): 693-700.
- Barbieri, G. M., F. A. Salles & M. A. Cestarolli. 2001. Reproductive and nutritional dynamics of *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1849 (Pisces, Characidae) at Mogi Guaçu river, state of São Paulo, Brazil. *Acta Scientiarum* 23(2): 441-444.
- Barbieri, G. M., S. M. Hartz & J. R. Verani. 1996. O fator de condição e índice hepatossomático como indicadores do período de desova de *Astyanax fasciatus* da represa do Lobo, São Paulo (Osteichthyes, Characidae). *Iheringia, Série Zoologia*, 81: 97-100.
- Brown-Peterson, N. J., D. M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. J. Macewicz & S. K. Lowerre-Barbieri. 2011. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1): 52-70.
- Costa, R. M. R. & L. A. F. Mateus. 2009. Reproductive biology of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (Teleostei: Characidae) in the Cuiabá River Basin, Mato Grosso, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 7(3): 447-458.

- Dala-Corte, R. B. & M. A. Azevedo. 2010. Biologia reprodutiva de *Astyanax henseli* (Teleostei, Characidae) do curso superior do rio dos Sinos, RS, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 100(3): 259-266.
- Eschmeyer, W. N. & J. D. Fong. 2012. Species of Fishes by family/subfamily. Disponível em <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> (último acesso 17 de janeiro de 2012).
- Ferreira, K. M., N. A. Menezes & I. Quagio-Grassiotto. 2011. A new genus and two new species of Stevardiinae (Characiformes: Characidae) with a hypothesis on their relationships based on morphological and histological data. *Neotropical Ichthyology*, 9(2): 281-298.
- Fink, W. L. & S. H. Weitzman. 1974. The so-called cheirodontin fishes of Central America, with descriptions of two new species (Pisces: Characidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 172: 1-46.
- Foster, N. R. 1967. Trends in the evolution of the reproductive behavior in the killifishes. *Studies in Tropical Oceanography*, 5: 549-566.
- Francis, R. C. 1984. The Effects of Bidirectional Selection for Social Dominance on Agonistic Behavior and Sex Ratios in the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Behaviour*, 90(1): 25-45.
- Garutti, V. 1990. Caráter sexual secundário em *Astyanax bimaculatus* (Ostariophysi, Characidae) relacionado às nadadeiras anal e pélvicas. *Naturalia*, 15: 109-119.
- Gelain, D., C. B. Fialho & L. R. Malabarba. 1999. Biologia reprodutiva de *Serrapinnus calliurus* (Characidae, Cheirodontinae) do arroio Ribeiro, Barra do Ribeiro, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia PUCRS, Série Zoologia*, 12: 71-82.

- Giora, J., H. M. Tarasconi & C. B. Fialho. 2011. Reproduction and feeding habits of the highly seasonal *Brachyhypopomus bombilla* (Gymnotiformes: Hypopomidae) from southern Brazil with evidence for a dormancy period. *Environmental Biology of Fishes*, Online First: 1-14.
- Gonçalves, T. K., M. A. Azevedo, L. R. Malabarba & C. B. Fialho. 2005. Reproductive biology and development of sexually dimorphic structures in *Aphyocharax anisitsi* (Ostariophysi: Characidae). *Neotropical Ichthyology* 3(3): 433-438.
- Gurgel, H. C. B. 2004. Estrutura populacional e época de reprodução de *Astyanax fasciatus* (Cuvier) (Characidae, Tetragonopterinae) do Rio Ceará Mirim, Poço Branco, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(1): 131-135.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2004. Mapa de vegetação do Brasil. 3ª edição.
- Kramer, D. L. 1978. Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. *Ecology*, 59(5): 976-985.
- Kutaygil, N. 1959. Insemination, sexual differentiation and secondary sex characters in *Stevardia albipinnis* Gill. *Hidrobiologie Istanbul Universitat Fen Fakultesi Mecumuasi Serie B*, 24: 93-128.
- Lampert, V. R., M. A. Azevedo & C. B. Fialho. 2004. Reproductive biology of *Bryconamericus iheringii* (Ostariophysi: Characidae) from rio Vacacaí, RS, Brasil. *Neotropical Ichthyology*, 2(4): 209-215.
- Lampert, V. R., M. A. Azevedo & C. B. Fialho. 2007. Reproductive Biology of *Bryconamericus stramineus* Eigenmann, 1908 (Ostariophysi: Characidae) from rio Ibicuí, RS, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(6): 995-1004.
- Lima, F. C. T., L. R. Malabarba, P. A. Buckup, J. F. P. Silva, R. P. Vari, A. Harold, R. Benine, O. Oyakawa, C. Pavanelli, N. Menezes, C. Lucena, C. S. L. M. Malabarba,; Z.

- M. Lucena, R. E. Reis, F. Langeani, L. Cassati, V. A. Bertaco, C. Moreira & P. H. F. Lucinda. 2003. Genera *Incertae Sedis* in Characidae. Pp. 106-169. 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.
- Lucena, C. A. S. & Z. M. S. Lucena. 2002. Redefinição do gênero *Deuterodon* Eigenmann (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia, 15(1): 113-135.
- Lucena, Z. M. & C. A. Lucena. 1992. Revisão das espécies do gênero *Deuterodon* Eigenmann, 1907 dos sistemas costeiros do sul do Brasil com a descrição de quatro espécies novas (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia, 5(9): 123-168.
- Malabarba, L. R. & S. H. Weitzman. 2003. Description of a new genus and six new species from Southern Brazil, Uruguay and Argentina with a discussion of a putative characid clade (Teleostei: Characiformes: Characidae). Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia, PUCRS, Série Zoologia, 16(1): 67-151.
- Maluf, J. R. T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 8(1): 141-150.
- Marshall, C. T. 2009. Implementing Information on Stock Reproductive Potential in Fisheries Management: The Motivation, Challenges and Opportunities. Pp. 395-420. In: Jakobsen T., M. J. Fogarty, B. A. Megrey, E. Moksness (Eds.). Fish reproductive biology: implications for assessment and management. Blackwell Publishing Ltd, 429p.
- Martins-Queiroz, M. F., L. A. F. Mateus, V. Garutti & P. C. Venere. 2008. Reproductive biology of *Triporthus trifurcates* (Castelnau, 1855) (Characiformes: Characidae) in the middle rio Araguaia, MT, Brazil. Neotropical Ichthyology, 6(2): 231- 236.

- Mazzoni, R. & J. Petito. 1999. Reproductive biology of a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) of the Ubatiba fluvial system, Maricá-RJ. Brazilian Archives of Biology and Technology, 42: 455-461.
- Mazzoni, R. & R. Iglesias-Rios. 2007. Patterns of investment of the reproductive strategy of two stream-dwelling Characidae. Brazilian Journal of Biology, 67(4): 695-699.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World. New York, John Wiley and Sons Inc., 601p.
- Oliveira, C. L. C., C. B. Fialho & L. R. Malabarba. 2002. Período reprodutivo, desova e fecundidade de *Cheirodon ibicuihensis* Eigenmann, 1915 (Ostariophysi: Characidae) do arroio Ribeiro, Rio Grande do Sul, Brasil. Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia PUCRS, Série Zoologia, 15(1): 3-14.
- Oliveira, C. L. C., C. B. Fialho & L. R. Malabarba. 2010. Reproductive period, fecundity and histology of gonads of two cheirodontines (Ostariophysi: Characidae) with different reproductive strategies - insemination and external fertilization. Neotropical Ichthyology, 8(2): 351-360.
- Pavlov, D. A., N. G. Emel'yanova & G. G. Novikov. 2009. Reproductive Dynamics. Pp. 48-90, In: Jakobsen T., M. J. Fogarty, B. A. Megrey, E. Moksness (Eds.). Fish reproductive biology: implications for assessment and management. Blackwell Publishing Ltd, 429p.
- Reis, R. E., S. O. Kullander & C. J. Ferraris Jr. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs. 729p.
- Ribeiro, V. M. A., G. B. Santos & N. Bazzoli. 2007. Reproductive biology of *Steindachnerina insculpta* (Fernandez-Yépez) (Teleostei, Curimatidae) in Furnas reservoir, Minas Gerais, Brazil. Revista Brasileira de Zoologia, 24(1): 71-76.
- Sabino, J. 1999. Comportamento de peixes em riachos: métodos de estudos para uma abordagem naturalística. Oecologia Brasiliensis, 6: 183-209.

- Santos, E. P. 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, HUCITEC/Editora da Universidade de São Paulo. 129p.
- Santos, G. B., L. N. V. Barros & M. U. Menezes. 1996. Fecundity of the *Astyanax bimaculatus* (Reinhardt, 1874) (Teleostei, Characidae) from upper rio São Francisco basin, Brasil. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 48(1): 101-108.
- Santos, R. N., S. Amadio & E. J. G. Ferreira. 2010. Patterns of energy allocation to reproduction in three Amazonian fish species. Neotropical Ichthyology, 8(1): 155-161.
- Schultz, H. 1996. Drastic decline of the proportion of males in the roach (*Rutilus rutilus* L.) population of Bautzen Reservoir (Saxony, Germany): result of direct and indirect effects of biomanipulation. Limmologica, 26: 153-164.
- Silvano, J., C. L. C. Oliveira, C. B. Fialho & H. C. B. Gurgel. 2003. Reproductive period and fecundity of *Serrapinnus piaba* (Characidae: Cheirodntinae) from the rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte, Brazil. Neotropical Ichthyology, 1(1): 61-66.
- Suzuki, H. I. 1992. Variações na morfologia ovariana e no desenvolvimento do folículo de peixes teleósteos da bacia do rio Paraná. Dissertação de mestrado não publicada. Universidade Federal do Paraná. 140p.
- Vazzoler, A. E. A. M. & N. A. Menezes. 1992. Síntese dos conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysa). Revista Brasileira de Biologia, 52(4): 627-640.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática. São Paulo, EDUEM/SBI. 169p.
- Vitule, J. R. S., F. F. Gazola-Silva & J. M. R. Aranha. 2007. Desenvolvimento gonadal de *Deuterodon langei* Travassos (Teleostei: Characidae). Acta Biológica Paranaense, 36(3-4): 113-119.

- Vitule, J. R. S., M. R. Braga & J. M. R. Aranha. 2008. Population Structure and Reproduction of *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Teleostei, Characidae) in a Neotropical Stream Basin from the Atlantic Forest, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(6): 1187-1198.
- Von Ihering, R. & P. Azevedo. 1936. As piabas dos açudes nordestinos (Characidae: Tetragonopterinae). *Archivos do Instituto Biológico de São Paulo*, 7: 75-106.
- Wiley, M. L. & B. B. Collette. 1970. Breeding tubercles and contact organs in fishes, their occurrence, structure, and significance. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 143(3): 145-216.
- Winemiller, K. O. & D. B. Jepsen. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*, 53: 267-296.
- Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225-241.
- Winemiller, K. O. 1992. Life history strategies and the effectiveness of sexual selection. *Oikos*, 63: 318-327.
- Wootton, R. J. 1998. *Ecology of teleost fishes*. 2ª edição. London: Chapman and Hall. 386p.

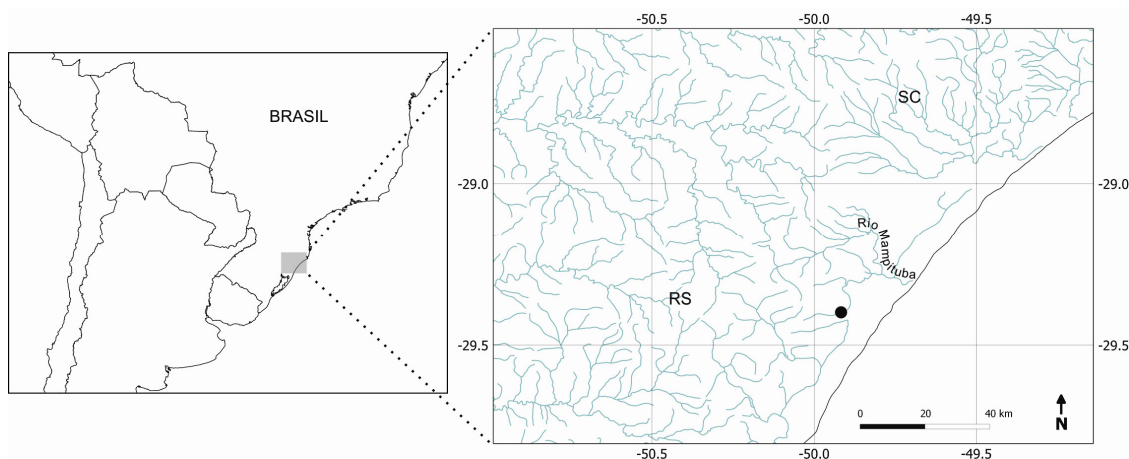


Fig.1. Localização do ponto de coleta de *Deuterodon stigmaturus* no arroio Paraíso, bacia costeira do rio Mambituba, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.



Fig. 2. Ponto de coleta de *Deuterodon stigmaturus* no arroio Paraíso, bacia do rio Mambituba, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

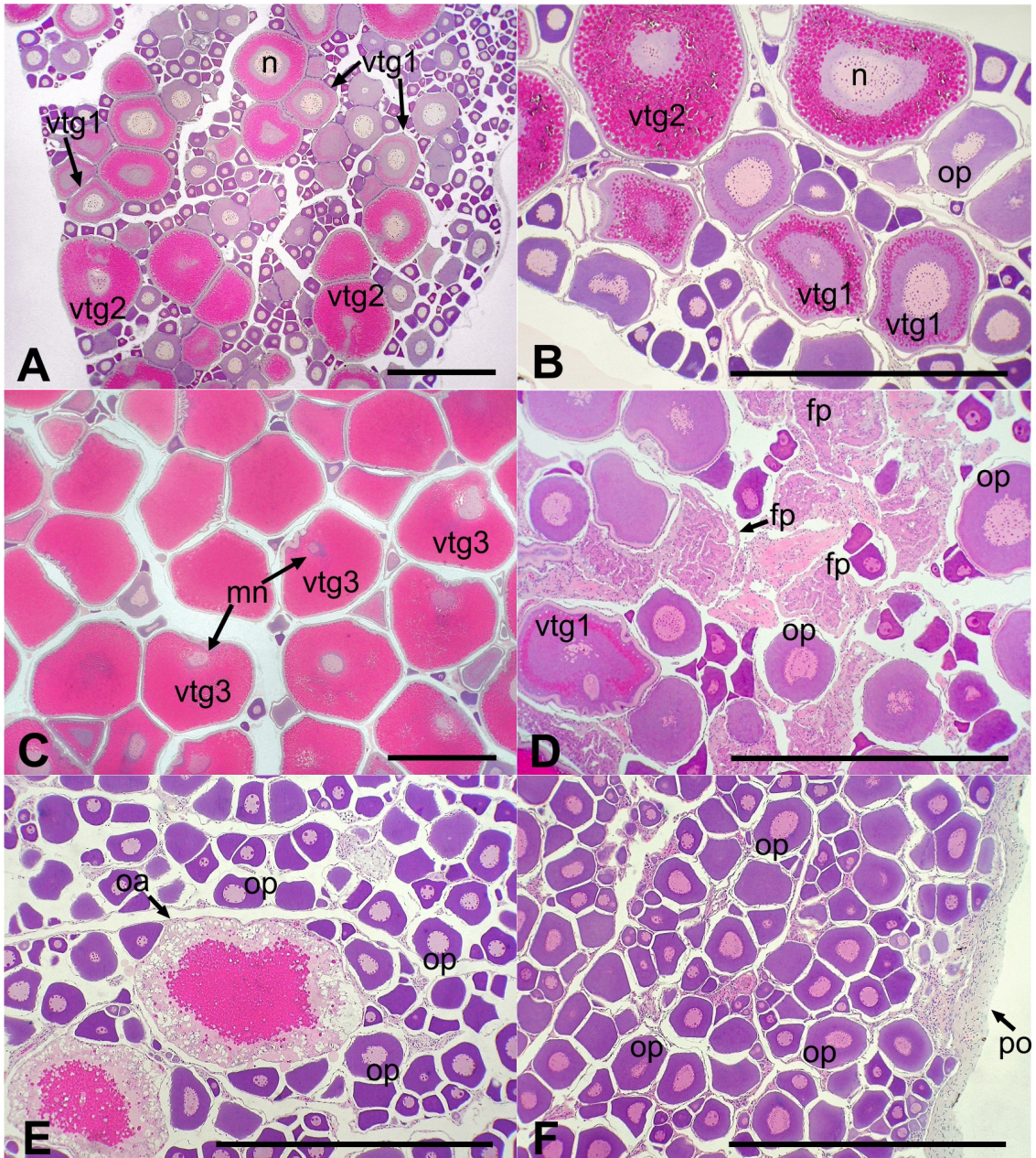


Fig. 3. Cortes histológicas de ovários de *Deuterodon stigmaturus* corados com Hematoxilina-Eosina. **A, B** – fase de maturação desenvolvendo; **C** – fase de maturação apto a desovar; **D** – subfase desovando; **E** – fase regredindo; **F** - fase regenerando; **n** = núcleo; **op** = oócito em crescimento primário; **vtg1** = oócito vitelogênico primário; **vtg2** = oócito vitelogênico secundário; **vtg3** = oócito vitelogênico terciário; **mn** = migração do núcleo; **fp** = folículo pós-ovulatório; **oa** = oócito atrésico; **po** = parede ovariana. Barra: 1mm.

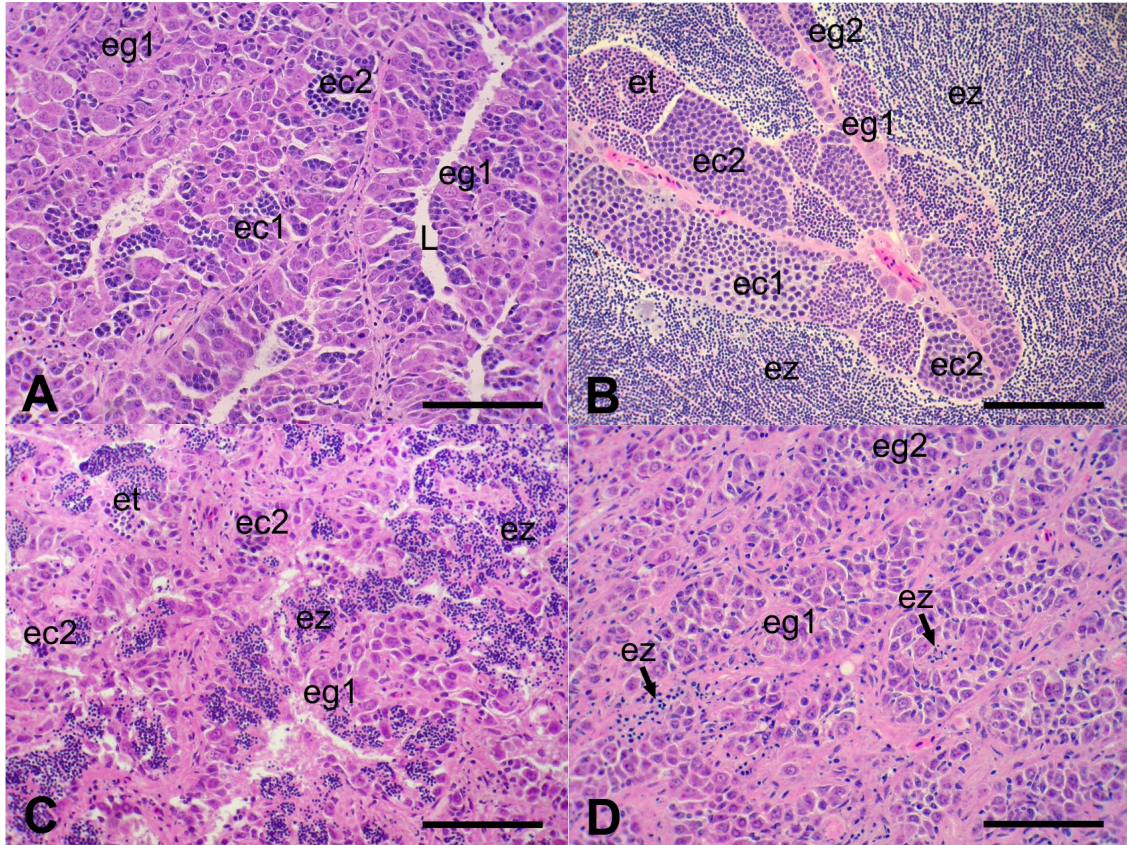


Fig. 4. Cortes histológicos de testículos de *Deuterodon stigmaturus* corados com Hematoxilina-Eosina. **A** - fase de maturação desenvolvendo; **B** – fase de maturação apto a espermiar; **C** – fase regredindo; **D** – fase regenerando. **eg1** = espermatogônia primária; **eg2** = espermatogônia secundária; **ec1** = espermatócito primário; **ec2** = espermatócito secundário; **et** = espermátide; **ez** = espermatozóide; **L** = lúmen tubular. Barra: 100 µm.

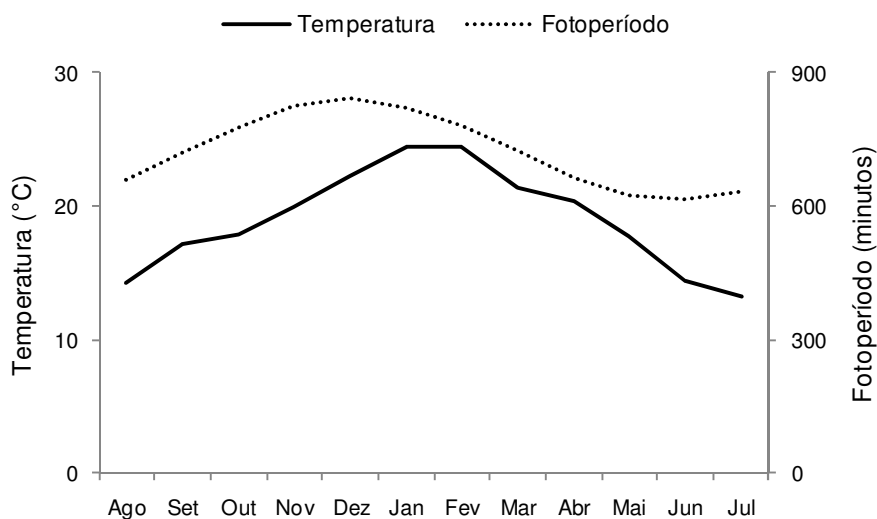


Fig. 5. Variação mensal da temperatura média atmosférica e do fotoperíodo total da região do arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil. Dados referentes ao período de agosto de 2010 a julho de 2011. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

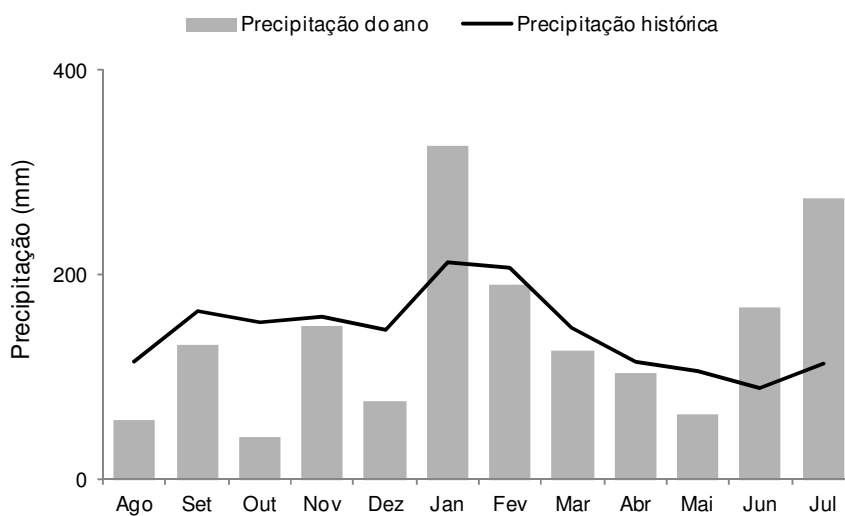


Fig. 6. Variação mensal da precipitação pluviométrica do ano de estudo (entre agosto/2010 e julho/2011) e da precipitação pluviométrica histórica (de 1979 a 2011, falhando os anos de 1991, 2005 e 2006) da região de estudo no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

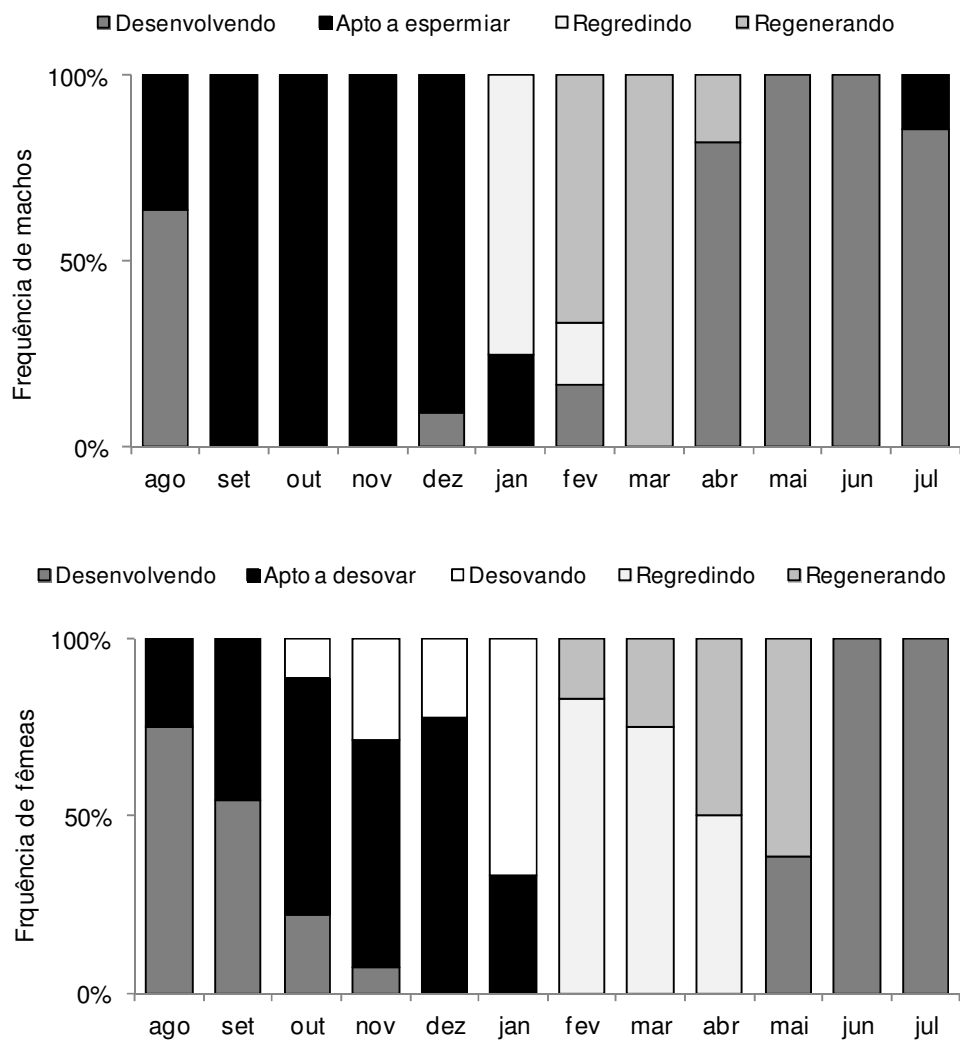


Fig. 7. Frequência relativa mensal das fases de maturação gonadal de machos e fêmeas de *Deuterodon stigmaturus*, coletados no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil, entre agosto de 2010 e julho de 2011.

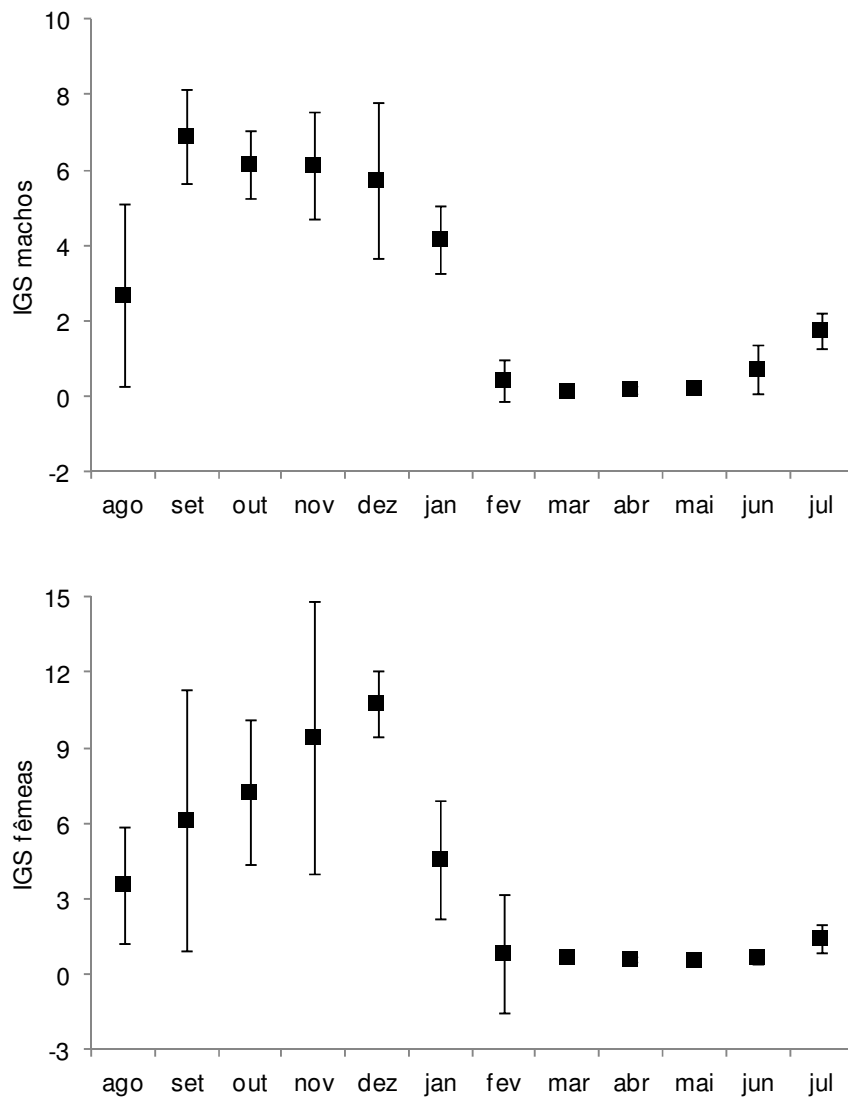


Fig. 8. Média mensal e desvio padrão dos valores do índice gonadosomático (IGS) de machos e fêmeas de *Deuterodon stigmaturus*, coletados no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil, entre agosto de 2010 e julho de 2011.

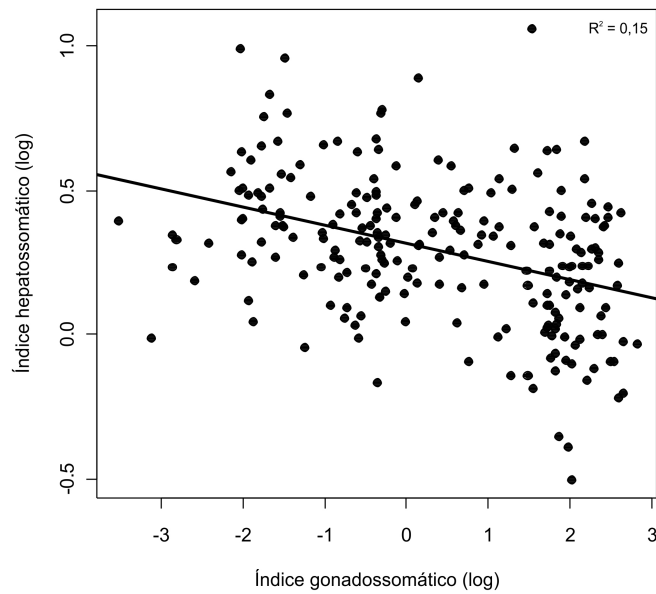


Fig. 9. Regressão linear entre os valores do índice hepatossomático e do índice gonadossomático de *Deuterodon stigmaturus*, coletado no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil, entre agosto de 2010 e julho de 2011.

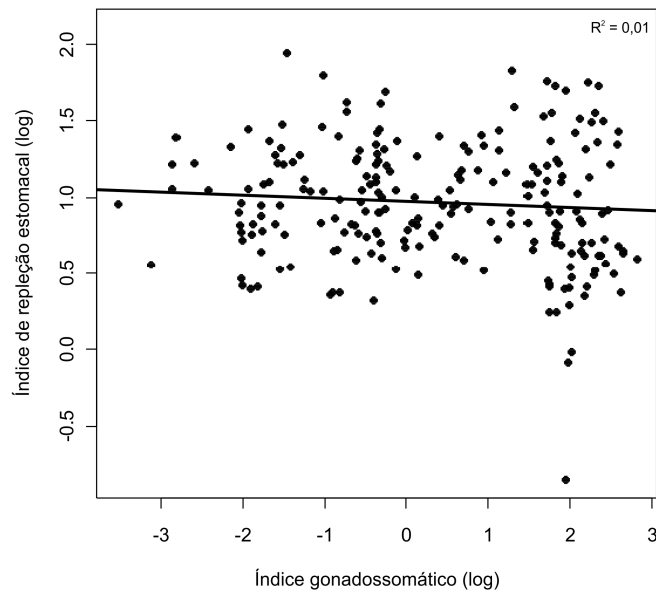


Fig. 10. Regressão linear entre os valores do índice de repleção estomacal e do índice gonadossomático de *Deuterodon stigmaturus*, coletado no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil, entre agosto de 2010 e julho de 2011.

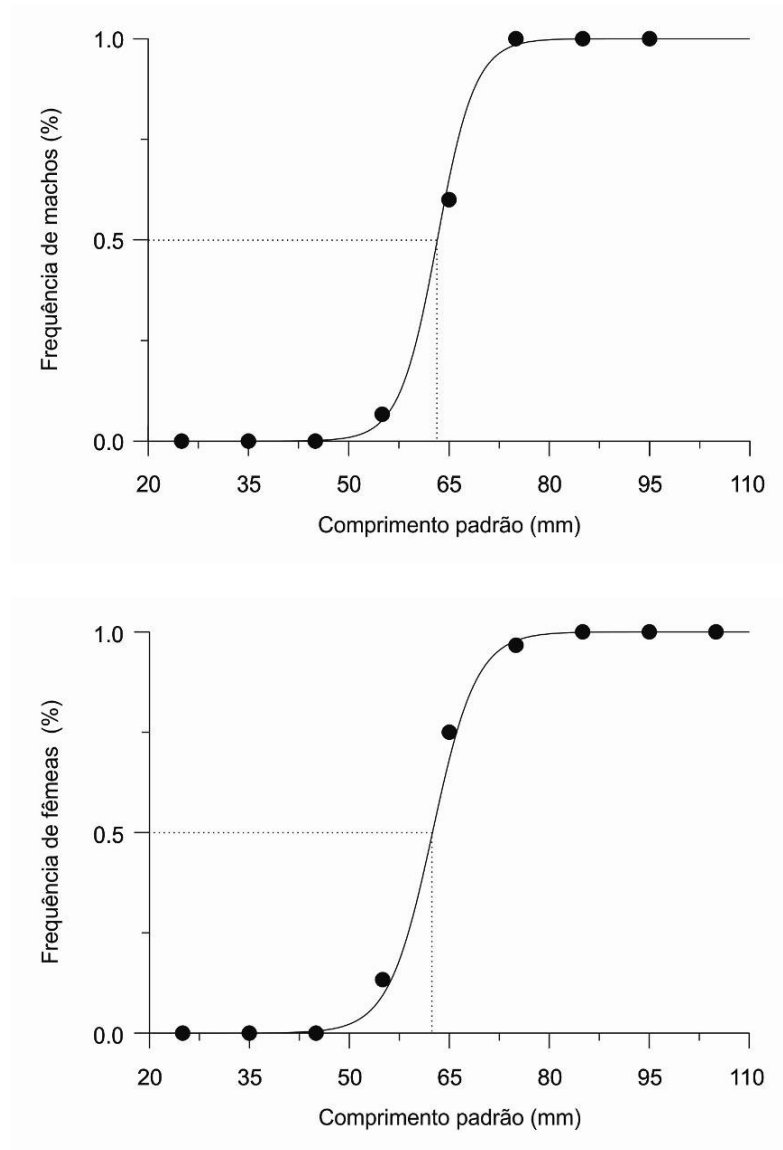


Fig. 11. Comprimento de primeira maturação (L₅₀) de machos e fêmeas *Deuterodon stigmaturus*, estimado a partir de regressão logística. Exemplares coletados no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil, entre agosto de 2010 e julho de 2011.

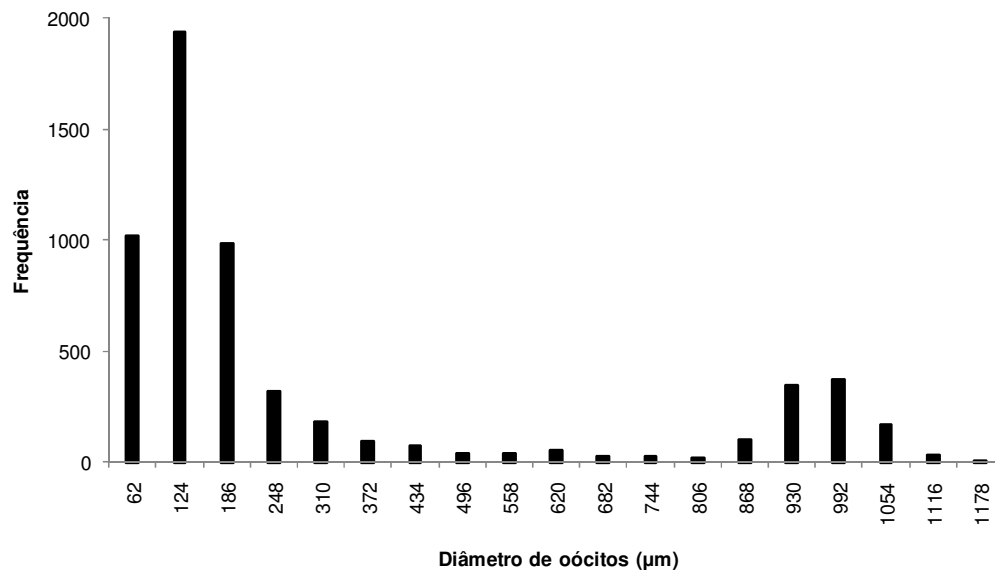


Fig. 12. Frequências dos diâmetros de oócitos de fêmeas de *Deuterodon stigmaturus*. Dados referentes a 16 fêmeas aptas a desovar, coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2010, no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil.

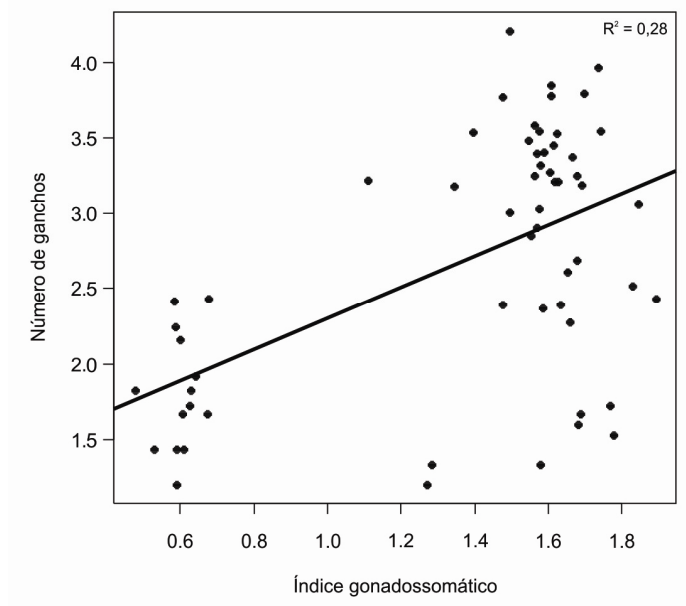


Fig. 13. Regressão linear entre o número de ganchos na nadadeira anal e o índice gonadossomático de machos de *Deuterodon stigmaturus*, coletados no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil, entre agosto de 2010 e julho de 2011.

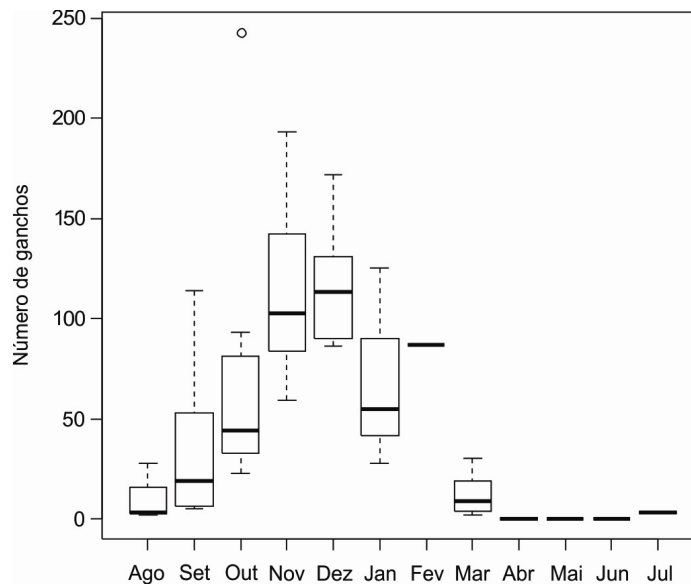


Fig. 14. Variação mensal do número de ganchos na nadadeira anal de machos de *Deuterodon stigmaturus*, coletados no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil, entre agosto de 2010 e julho de 2011.

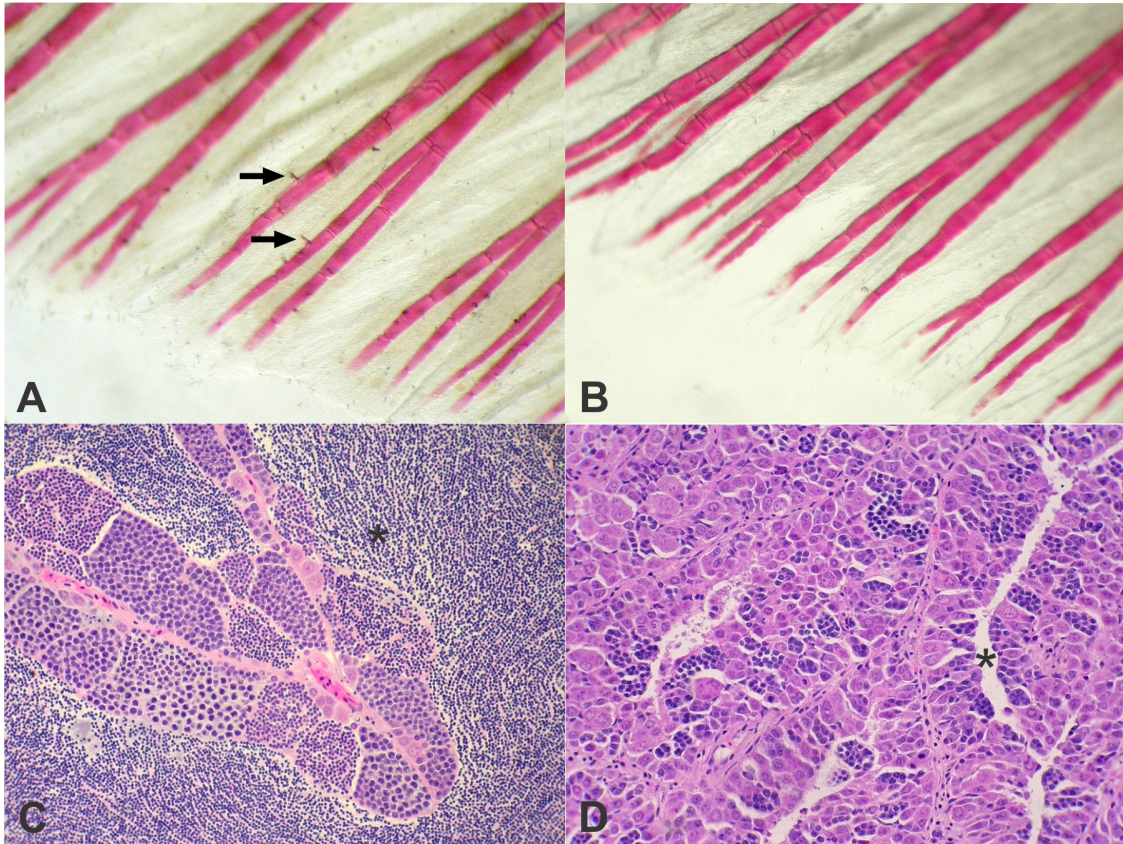


Fig. 15. Detalhe da presença de ganchos (setas) em raios da nadadeira anal (A) de um macho (88,35 mm CP) na fase de maturação apto a espermiar (C), apresentando a liberação de espermatozóides nos túbulos testiculares (asterisco). Nadadeira anal sem ganchos (B) de um macho (89,57 mm CP) na fase de maturação gonadal desenvolvendo (D), sem liberação de espermatozóides nos túbulos testiculares (asterisco). Barra 100 μ m, coração hematoxilina-eosina.

“Perifitivoria no caracídeo *Deuterodon stigmaturus* em um riacho costeiro da Floresta Atlântica, sul do Brasil”

Perifitívoría no caracídeo *Deuterodon stigmaturus* em um riacho costeiro da Floresta Atlântica, sul do Brasil

R. B. Dala-Corte & C. B. Fialho

Laboratório de Ictiologia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, bloco IV, prédio 43435, sala 111, Cep 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

Autor a quem a correspondência deve ser endereçada. Tel.: +55 51 32798019; email: renatocorte@gmail.com

Resumo

O presente estudo descreve a ecologia trófica de *Deuterodon stigmaturus*, com ênfase em variações ontogenética e temporal da dieta. Os resultados mostram o predomínio de algas filamentosas na dieta, sendo os demais itens complementares. A análise microscópica do detrito dos estômagos indicou importância nutricional deste item para a espécie. Em observações subaquáticas verificou-se a ingestão do detrito em conjunto com algas filamentosas, através da obtenção de perifíton das rochas com um dos lados boca. Os invertebrados autóctones presentes nos estômagos consistiram basicamente de larvas e ninfas de insetos que habitam a superfície das rochas. Com base nesses resultados constatou-se uma dieta perifitívora para a espécie, hábito incomum em Characidae. Houve sobreposição na alimentação de juvenis, semi-adultos e adultos, causada principalmente pelo consumo elevado de algas filamentosas pelas três classes ontogenéticas. Essa sobreposição parece ser reduzida em função da segregação espacial dessas classes ontogenéticas no uso do hábitat. Apesar

disso, plantas alóctones foram proporcionalmente mais consumidas por indivíduos maiores, assim como o comprimento relativo do intestino também foi maior em indivíduos maiores. O comprimento da área da boca com dentes expostos também foi proporcionalmente maior em indivíduos maiores. Algas filamentosas e detrito predominaram em todos os meses, com exceção de julho. Essa exceção provavelmente ocorreu devido à baixa disponibilidade de perifíton como consequência de fatores abióticos. Conclui-se que *D. stigmaturus* exibe adaptações na morfologia da boca e da dentição que favorecem a especialização em explorar o perifíton, um alimento abundante nos riachos costeiros da Floresta Atlântica.

Palavras-chave: dieta; perifíton; Characidae; ontogenia; variação sazonal; região Neotropical.

Introdução

A família Characidae (Characiformes) é um dos grupos de mais ricos e complexos de peixes de água doce neotropicais, incluindo cerca de 1.120 espécies válidas atualmente (Eschmeyer & Fong, 2012). Entre outros caracteres, a diversificação na morfologia da dentição dos caracídeos é um aspecto importante utilizado para diferenciar as espécies (Eigenmann 1917; Géry, 1977). Essa diversificação na dentição, na posição da boca e na morfologia corporal, está diretamente associada à capacidade das espécies de explorar distintos recursos alimentares.

A diversidade de Characidae, portanto, está refletida também em uma ampla gama de hábitos alimentares. As espécies podem ser, por exemplo, onívoras oportunistas (Ceneviva-Bastos & Casatti 2007), insetívoras (Abilhoa *et al.* 2007), piscívoras (Villares Junior *et al.*, 2008), herbívoras (Vilella *et al.*, 2002), lepidófagas (Novakowski *et al.*, 2004), ou ainda especialistas em consumir insetos provenientes da vegetação ciliar (Dufech *et al.*, 2003).

A biologia alimentar constitui-se em um aspecto essencial da história natural das espécies. Estudos sobre dieta de peixes contribuem para uma melhor compreensão acerca da partilha de recursos, da diversidade de estratégias alimentares existentes e do papel ecológico de cada espécie na cadeia trófica (Esteves & Aranha, 1999).

O gênero *Deuterodon* Eigenmann, 1907 compreende um grupo de Characidae com sete espécies descritas (Lucena & Lucena, 2002), cuja distribuição limita-se às bacias costeiras do sul e sudeste do Brasil, no bioma Floresta Atlântica. *Deuterodon* é um gênero importante nas comunidades de peixes onde ocorre, pois geralmente é representado por populações abundantes e frequentes (Vitule *et al.*, 2008a). Apesar disso, a ecologia trófica da maioria das espécies de *Deuterodon* ainda é desconhecida, com exceção de *Deuterodon langei* Travassos 1957 (Aranha *et al.*, 1998; Vitule & Aranha, 2002; Fogaça *et al.*, 2003; Barreto & Aranha, 2006; Vitule *et al.*, 2008) e de *Deuterodon iguape* Eigenmann 1907 (Sabino & Castro, 1990; Esteves & Lobón-Cerviá, 2001; Deus & Petrere-Junior, 2003), que são relativamente bem estudadas.

Segundo Géry (1977), embora *Deuterodon* seja externamente semelhante a *Astyanax*, as diferenças na dentição sugerem que o gênero possui um hábito alimentar distinto. De modo geral, as espécies de *Deuterodon* apresentam os dentes comprimidos antero-posteriormente, o maxilar e o pré-maxilar formando um eixo contínuo sem angulação (*i.e.* uma linha reta), e os dentes lateralmente expostos devido à atrofia do lábio superior (Lucena & Lucena, 2002).

Inicialmente, foi sugerido que as espécies de *Deuterodon* apresentavam uma dieta puramente herbívora (Géry, 1977). Contudo, estudos mais recentes sobre a dieta de *Deuterodon* encontraram além da herbivoria (Esteves & Lobón-Cerviá, 2001; Deus & Petrere-Junior, 2003), populações com hábitos alimentares onívoros (Sabino & Castro, 1990; Vitule & Aranha, 2002; Vitule *et al.*, 2008), insetívoros (Fogaça *et al.*, 2003), e onívoros com tendência a herbivoria (Aranha *et al.*, 1998; Barreto & Aranha, 2006). Além dessas

diferenças, os estudos também verificaram que as espécies podem adotar diferentes táticas alimentares ao longo do desenvolvimento ontogenético, com uma diminuição no consumo dos itens animais e concomitante aumento da importância de itens de origem vegetal durante o processo (Sabino & Castro, 1990; Vitule *et al.*, 2008).

A espécie *Deuterodon stigmaturus* (Gomes 1947) apresenta sua distribuição restrita às drenagens costeiras do sul do Brasil, abrangendo as bacias dos rios Mampituba, Maquiné e Três Forquilhas (Lucena & Lucena, 1992). Embora seja conhecida há mais de 60 anos, não existem dados disponíveis a respeito da ecologia trófica desta espécie. *Deuterodon stigmaturus* exibe um conjunto de características derivadas na morfologia da boca e dos dentes dentro do gênero (Lucena & Lucena, 1992; 2002), sugerindo que possa existir alguma diferença alimentar em relação às outras espécies do gênero.

O presente estudo objetivou descrever a ecologia alimentar de *Deuterodon stigmaturus*, respondendo as seguintes perguntas: 1) Há uma variação sazonal na alimentação da espécie? 2) Ocorre uma alteração na dieta ao longo do desenvolvimento ontogenético? Para tanto, são apresentados o hábito alimentar da espécie ao longo do tempo e em diferentes classes de tamanho, bem como a importância de cada item na dieta.

Material e Métodos

Área de estudo e métodos de amostragem

A área de estudo localiza-se no arroio Paraíso, um tributário de segunda ordem da bacia hidrográfica do rio Mampituba. O rio Mampituba é uma drenagem costeira situada no sul do Brasil, abrangendo os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, cujas nascentes encontram-se em altitudes elevadas da Serra Geral e a foz diretamente no Oceano Atlântico. A região enquadra-se na formação vegetal denominada Floresta Ombrófila Densa (IBGE,

2004), ou Floresta Atlântica *stricto sensu*. O clima é do tipo subtropical perúmido, com estações bem definidas, precipitação pluviométrica média anual de 1.409 mm bem distribuídos ao longo do ano, temperatura média anual de 18,3 °C e temperatura média do mês mais frio de 13,6 °C (Maluf, 2000). O ponto amostrado no arroio Paraíso (29°23'55.3"S 49°55'01.1"W) apresenta aproximadamente 16 m de altitude, cerca de 14 m de largura da lâmina d'água, leito pedregoso, correnteza variando de moderada à forte, baixa turbidez, e vegetação ciliar alterada, permitindo a incidência de radiação solar direta (**Figs. 1-2**).

Foram realizadas coletas mensais de agosto de 2010 a julho de 2011, totalizando 12 amostragens. Os exemplares foram capturados com auxílio de rede de arrasto (picaré com 10 m de comprimento e malha de 5 mm), rede de espera (malha de 15 mm entre nós) e tarrafa (malha de 12 mm entre nós). Em campo, os peixes foram anestesiados, posteriormente fixados em solução de formalina 10% e, em laboratório, transferidos para etanol 70°GL.

Além disso, com a finalidade de obter informações sobre o comportamento alimentar da espécie foram efetuadas observações subaquáticas usando a técnica de mergulho livre e o método *ad libitum* (*sensu* Lehner, 1996). Desse modo, cinco observações foram realizadas mensalmente, entre setembro/2010 e janeiro/2011, cada uma com aproximadamente três horas de duração. Dados mensais da temperatura atmosférica e da precipitação pluviométrica foram adquiridos junto ao 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (Porto Alegre), e os dados de fotoperíodo foram obtidos através do software Skymap Pro 9.0.

Análises dos dados

Para a análise da dieta foram utilizados 20 exemplares com comprimentos variados por mês, com exceção de janeiro, quando houve a captura de apenas 19 exemplares em decorrência da elevada vazão hídrica do riacho e da dificuldade para aplicação dos métodos de coleta. Em laboratório, de cada espécime dissecado foram registrados os comprimentos

padrão e do intestino (em milímetros) e os pesos total e do estômago (em miligramas). Em função das características da dieta da espécie, a análise do conteúdo estomacal procedeu-se de duas formas, sendo diferenciada para itens macroscópicos e microscópicos.

Os itens macroscópicos foram analisados com o auxílio de um estereomicroscópio, utilizando-se uma adaptação do método dos pontos (Hynes, 1950; Hyslop, 1980). Esse método consistiu em estimar o volume de cada item conforme as quadrículas ocupadas em um papel milimetrado, sendo expresso como porcentagem em relação às quadrículas ocupadas por todos os itens alimentares (Volume Relativo, VR%). Além disso, utilizou-se a Frequência de Ocorrência (FO%), sendo essa calculada como a razão do número de estômagos em que um item particular ocorreu pelo número total de estômagos analisados (Hynes, 1950; Hyslop, 1980).

A análise microscópica foi efetuada a partir do item detrito, o qual foi separado e quantificado na análise macroscópica. Para tanto, empregou-se uma adaptação dos métodos de Aranha (1993) e de Resende & Pereira (2007), onde o detrito de cada estômago foi homogeneizado em eppendorf de 2ml com etanol 70°GL e obtida uma sub-amostragem de 0,05 ml. Cada sub-amostragem foi disposta em uma lâmina milimetrada e analisada sob microscópio com aumento de 100 vezes. A quantificação dos itens microscópicos foi efetuada assinalando a presença de cada item em 10 quadrículas (mm²) sorteadas no charriot do microscópio. Essa quantificação foi expressa como Frequência de Ocorrência (FO%; Hynes, 1950), na qual a frequência de cada item microscópico consistiu na porcentagem da ocorrência deste em relação ao total de quadrículas sorteadas.

Para realizar as análises quantitativas, os itens alimentares macroscópicos foram agrupados em categorias taxonômicas e/ou ecológicas mais amplas. A fim de determinar a importância dessas categorias alimentares na dieta da espécie foi utilizado o método gráfico de Costello (1990), onde o volume relativo (%) foi representado no eixo y e a frequência de

ocorrência (%) no eixo x. A importância de cada categoria foi expressa também pelo cálculo do Índice Alimentar (IA_i), seguindo Kawakami & Vazzoler (1980): $IA_i = [(FO_i \times VR_i) / \sum(FO_i \times VR_i)] \times 100$, onde i = item alimentar; FO = Frequência de Ocorrência; VR= Volume Relativo. Ambos os métodos são pertinentes para acessar a importância de distintas categorias na alimentação uma vez que consideram tanto o volume quanto a frequência destas.

Para avaliar diferenças ontogenéticas na dieta de *D. stigmaturus* foram estabelecidas três classes de comprimento padrão (CP), utilizando-se dados da biologia reprodutiva disponíveis em Dala-Corte & Fialho (em preparação): juvenis (CP < 40 mm), semi-adultos (40 < CP < 80 mm) e adultos (CP > 80 mm). Os seguintes critérios foram usados para determinar essas três classes: menos de 1% dos indivíduos são adultos com 40 mm de CP; 50% dos indivíduos são adultos com cerca de 63 mm CP e 100% dos indivíduos são adultos acima de 80 mm de CP.

Para testar a hipótese nula de que não há diferenças significativas ontogenética e temporal na dieta da espécie foi empregado a análise de similaridade de um fator (ANOSIM), o agrupamento escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), com 20 randomizações, e a porcentagem de similaridade (SIMPER), usando o programa Primer-E versão 5 (Clarke & Gorley, 2001). Para tanto, foram usados os dados de volume relativo das cinco categorias alimentares mais consumidas pela espécie (algas filamentosas, detrito, invertebrados autóctones, invertebrados alóctones e fragmentos vegetais), sendo considerado cada estômago como amostra e classes de comprimento, meses e estações como fatores de agrupamento. Para realizar a ANOSIM e o NMDS foi gerada uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis com 999 permutações. A análise de SIMPER foi empregada para identificar quais categorias alimentares tiveram mais contribuição nas possíveis diferenças observadas entre os grupos.

Adicionalmente, as diferenças ontogenéticas quanto à origem dos itens alimentares (autóctone e alóctone) e quanto ao volume relativo das cinco categorias alimentares supracitadas, também foram testadas através da análise de variância não paramétrica de um fator Kruskal-Wallis e do pós-teste Mann-Whitney-Wilcoxon. Essas análises foram aplicadas após constatar a ausência de normalidade dos dados em gráficos de probabilidade de normalidade.

A ANOVA de um fator e o pós-teste de Tukey HSD foram empregados para verificar se há diferença ontogenética no Quociente Intestinal (QI = comprimento do intestino/comprimento padrão; Knöppel, 1970 e Zavala-Camin, 1996), bem como para testar se há maior consumo de itens de origem autóctone ou alóctone na dieta total da espécie. Os mesmos testes foram utilizados para avaliar se o comprimento da área com dentes expostos da boca difere entre adultos, semi-adultos e juvenis. Para tanto, medições do comprimento da ponta do focinho até a curvatura do osso maxilar e a relação destas medições com o comprimento da cabeça foram feitas para 50 indivíduos de cada classe ontogenética. Nesses casos, os pressupostos da normalidade foram atendidos, sendo avaliados através de gráficos de probabilidade de normalidade.

Os testes de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney-Wilcoxon, ANOVA, Tukey HSD e os gráficos de probabilidade de normalidade foram realizados no programa R versão 2.11.

Por fim, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA), utilizando uma matriz de covariância do volume relativo das categorias alimentares por mês, para avaliar se a ordenação espacial pode indicar uma sazonalidade no consumo na alimentação. A relação da variação mensal dessas categorias com o fotoperíodo, a temperatura e a precipitação foi avaliada a partir de uma análise de correspondência canônica (CCA), com os dados transformados em logaritmo natural. Ambas as análises de agrupamento foram obtidas no programa Past: Paleontological Statistics versão 2.11.

Resultados

A temperatura média mensal atmosférica da região de estudo variou de 13,3 a 24,4 °C, ocorrendo, respectivamente, nos meses de julho de 2010 (inverno) e janeiro de 2011 (verão). As chuvas foram bem distribuídas ao longo do ano, com a precipitação total mínima ocorrendo em agosto de 2010 (58 mm) e a máxima em janeiro de 2011 (327 mm) (**Fig. 3**)

O conteúdo estomacal de 239 indivíduos de *D. stigmaturus* foi analisado, sendo 98 adultos (CP > 80 mm), 83 semi-adultos (40 > CP < 80) e 58 juvenis (CP < 40). Foi identificado um total de 37 itens alimentares macroscópicos (**Tabela I**), os quais foram agrupados em nove categorias alimentares mais amplas (**Tabela II**).

As categorias alimentares determinadas foram as seguintes: algas filamentosas (Chlorophyta e Cyanophyta filamentosas); fragmentos vegetais (frutas, sementes, estames, fragmentos de folhas, flores e cascas de plantas superiores alóctones); invertebrados autóctones (formas aquáticas imaturas ou adultas de insetos e demais invertebrados aquáticos); invertebrados alóctones (insetos e aracnídeos terrestres); fragmentos de peixes (escamas, fragmentos de nadadeiras, dentes e ovócitos de teleósteos); detrito (material particulado orgânico ou inorgânico identificável apenas em análises microscópicas), sedimento (fragmentos de rocha); matéria orgânica (material orgânico muito digerido não identificável); e outros (itens pouco representativos que não se enquadraram nas categorias acima, como briófitas e itens não identificados).

Ao total, os itens alimentares de origem autóctone representaram maior volume de consumo que os itens de origem alóctone ($F_{1,416} = 159,2$; $p < 0,001$). As análises macroscópicas mostraram uma predominância da categoria algas filamentosas na dieta da espécie, tanto em termos de volume quanto frequência, perfazendo 71,4% do índice alimentar (IAi) em relação a todas as outras categorias alimentares. Invertebrados autóctones,

fragmentos vegetais superiores, sedimentos e detritos, também foram categorias frequentemente consumidas, mas em pequeno volume em relação a algas filamentosas. As demais categorias, isto é, invertebrados alóctones, fragmentos de peixes, matéria orgânica e outros, tiveram baixa contribuição na dieta em termos de volume e frequência (**Fig. 4**).

A partir das análises microscópicas é possível evidenciar que a categoria detritos é composta principalmente por algas dos grupos das diatomáceas (Bacillariophyta), desmidiáceas, clorofitas filamentosas e cianobactérias, além de matéria orgânica particulada e sedimentos, os quais representaram as maiores frequências de ocorrência (**Tabela III**).

De acordo com os resultados da análise de similaridade (ANOSIM) por classe de comprimento padrão, parece não haver dissimilaridade suficiente entre grupos para determinar diferença entre classes ontogenéticas na alimentação da espécie ($R_{\text{global}} = 0,011$; $p = 0,182$). Concordando com esse resultado, verifica-se que há grande sobreposição na alimentação entre juvenis, adultos e semi-adultos através do agrupamento obtido pela NMDS ontogenética (**Fig. 5**). A análise de SIMPER mostra que essa sobreposição é resultado do consumo em elevada proporção de algas filamentosas e detritos em todas as classes de comprimento (**Tabela IV**). Entretanto, pode-se evidenciar também que matéria vegetal superior teve maior contribuição na alimentação de adultos que nas demais classes, sendo também possível visualizar a segregação de alguns pontos de adultos e semi-adultos na NMDS (**Fig. 6**). Essa diferença ontogenética no volume relativo de matéria vegetal superior também foi confirmada através do teste de Kruskal-Wallis ($H_{2,236} = 38,23$; $p < 0,001$), sendo maior para adultos em relação a semi-adultos ($p = 0,006$) e juvenis ($p < 0,001$), e maior para semi-adultos em relação a juvenis ($p < 0,001$). A sobreposição alimentar entre as classes ocorreu devido à maior semelhança no volume consumido das demais categorias alimentares, a saber: algas filamentosas (Kruskal-Wallis $H_{2,236} = 6,99$; $p = 0,03$); detrito (Kruskal-Wallis

$H_{2,236} = 6,03$; $p = 0,05$); invertebrados autóctones (Kruskal-Wallis $H_{2,236} = 1,77$; $p = 0,41$); e invertebrados alóctones (Kruskal-Wallis $H_{2,236} = 4,96$; $p = 0,16$).

Houve diferenças ontogenéticas quanto à origem do item alimentar, tanto para itens autóctones (Kruskal-Wallis $H_{2,236} = 7,589$; $p = 0,023$), quanto alóctones (Kruskal-Wallis $H_{2,236} = 33,740$; $p < 0,001$). O volume relativo de itens autóctones consumido por adultos foi inferior ao consumido por semi-adultos ($p = 0,016$) e juvenis ($p = 0,029$) de igual proporção entre semi-adultos e juvenis ($p = 0,820$). Ao contrário, adultos ingeriram maior volume relativo de itens alóctones que juvenis ($p < 0,001$) e semi-adultos ($p < 0,003$), assim como semi-adultos ingeriram maior volume de itens alóctones em relação aos juvenis ($p = 0,001$).

O quociente intestinal (QI) também mostrou diferença entre classes ontogenéticas (ANOVA; $F_{2,236} = 23,96$; $p < 0,001$), sendo, portanto, o comprimento relativo do intestino de juvenis menor do que o de adultos ($p < 0,001$) e o de semi-adultos ($p < 0,001$). Essa diferença no QI não ocorreu entre adultos e semi-adultos ($p = 0,163$). Os valores médios do QI foram $0,85 \pm 0,09$ para os juvenis; $0,93 \pm 0,09$ para os semi-adultos; e $0,96 \pm 0,11$ para os adultos.

O comprimento da área com dentes expostos do pré-maxilar e maxilar também parece seguir esse padrão, no qual se pode evidenciar que o comprimento relativo desta área aumenta com o desenvolvimento ontogenético (ANOVA; $F_{2,147} = 239,78$; $p < 0,001$), havendo diferenças entre as três classes de tamanho ($p < 0,001$).

A ANOSIM realizada por estações, embora significativa, indica que não há alterações sazonais na dieta de *D. stigmaturus*, em função do valor R ser próximo à zero ($R_{\text{global}} = 0,053$; $p = 0,001$). O mesmo pode ser demonstrado no agrupamento de NMDS por estações, no qual há grande sobreposição sazonal na dieta (**Fig. 7**). No entanto, a ANOSIM aplicada separadamente entre os meses sugere que pode haver dissimilaridade mensal no volume relativo consumido de diferentes itens ($R_{\text{global}} = 0,125$; $p = 0,001$). Na análise por pares, os meses de dezembro ($R > 0,13$; $p < 0,005$) e de julho ($R > 0,09$; $p < 0,04$) apresentaram as

maiores diferenças em relação aos demais meses, podendo indicar alterações na alimentação da espécie nestes meses. Para os meses restantes, houve grande variação quanto aos resultados da ANOSIM e, portanto, nenhum padrão aparente foi encontrado. De acordo com a análise de SIMPER, verifica-se que a grande contribuição proporcional de algas filamentosas é responsável pela diferença de dezembro em relação aos demais meses, enquanto que no mês de julho isso ocorreu em função da grande redução na contribuição de algas filamentosas e concomitante aumento no consumo de invertebrados autóctones e de matéria vegetal superior (**Tabela V**).

Embora a CCA tenha mostrado que não há relação significativa entre as variáveis abióticas e alimentação ($P_{\text{global}} = 0,158$; **Fig. 8**), parece haver uma tendência de maior consumo de algas filamentosas no verão, uma vez que os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, cuja temperatura e o fotoperíodo são mais elevados, ficaram agrupados com algas filamentosas na PCA (**Fig. 9**).

A partir das observações subaquáticas foi possível identificar dois comportamentos de forrageio na população de *D. stigmaturus* estudada. O pastejo (“grazing”; Keenleyside, 1979), consistiu na natação contra correnteza, inclinação lateral do corpo e remoção de uma porção de perifíton das rochas com um dos lados da boca. A cata de itens arrastados pela correnteza (“drift feeding”; Grant & Noakes, 1987), consistiu na natação contra correnteza em igual velocidade da mesma, deslocamento em direção a itens diminutos submersos carreados pela correnteza e subsequente captura. Os dois comportamentos foram observados sendo realizados em cardumes compostos por um número variado de indivíduos, havendo uma segregação espacial ontogenética na exploração dos recursos. Assim, cardumes de indivíduos menores forragearam mais próximo às margens rasas do riacho e cardumes de indivíduos maiores forragearam mais próximo ao centro, em porções mais profundas.

Discussão

Para o gênero *Deuterodon*, Géry (1977) sugeriu que as espécies teriam uma dieta puramente herbívora, baseando-se na morfologia dos dentes. Apesar disso, os trabalhos desenvolvidos até o momento mostram que a alimentação de *Deuterodon* pode incluir uma gama maior de itens alimentares. Desse modo, a espécie *D. langei* é apontada como onívora oportunista (Vitule & Aranha, 2002; Vitule *et al.* 2008) ou onívora com tendência a herbivoria (Aranha *et al.* 1998; Barreto & Aranha, 2006). Da mesma forma, *D. iguape* é assinalada como onívora (Sabino & Castro, 1990), ou herbívora, mas com considerável consumo de insetos (Esteves & Lobón-Cerviá, 2001). Esta mesma espécie, no trabalho de Deus & Petrete-Júnior (2003), se alimentou principalmente de detritos no verão e algas filamentosas no inverno. Adicionalmente, *Deuterodon* sp. apresentou também uma dieta onívora em Mazzoni & Resende (2003).

A predominância de algas filamentosas na dieta total, em todas as classes de comprimento, bem como na maioria dos meses do ano, sugere que a população de *D. stigmaturus* aqui estudada apresenta uma dieta especializada. A partir das análises microscópicas e das observações subaquáticas, pôde-se evidenciar que a categoria detrito é ingerida em conjunto com as algas filamentosas, no momento em que uma porção de perifíton é obtida da superfície das rochas com um dos lados da boca (*i.e.* durante o pastejo). Em menores proporções, verificou-se também que os invertebrados autóctones ingeridos por *D. stigmaturus* consistiram basicamente de larvas e ninfas de insetos que vivem na superfície das rochas, pertencentes aos grupos Chironomidae, Plecoptera, Ephemeroptera e Trichoptera (Merritt & Wallace, 2003). Itens de origem alóctone tiveram pouca contribuição na dieta e, portanto, podem ser considerados como complementares. Com base nessas informações, pode-se constatar que *D. stigmaturus* apresentou uma alimentação perifítivora.

De acordo com Keenleyside (1979), o termo pastejo (“grazing”) refere-se a peixes que removem algas do substrato raspando a superfície de rochas, de modo que partículas inorgânicas são arrancadas junto com as algas. Conforme Uieda *et al.* (1997), é importante distinguir as espécies que consomem perifíton daquelas herbívoras (fragmentos de vegetais superiores), uma vez que a comunidade perifítica é rica e complexa, sendo constituída não somente de algas, mas por uma série de outros organismos como bactérias, fungos, protozoários, matéria orgânica, fitoplâncton, zooplâncton e outros invertebrados (Azim *et al.*, 2005). De fato, na análise microscópica foi confirmado que o detrito foi composto basicamente de algas de diversos grupos, predominantemente as diatomáceas, além de matéria orgânica, fragmentos de rochas e protozoários. Este resultado sugere que o detrito também pode ser uma fonte de nutriente importante na dieta de *D. stigmaturus*.

A perifitivoría é uma tática alimentar geralmente exibida por loricarídeos bentônicos em riachos de corredeira da região Neotropical, os quais ficam aderidos a rochas e pastejam a camada de perifíton com seus dentes raspadores (Buck & Sazima, 1995; Uieda *et al.*, 1997; Casatti & Castro, 2006). Os parodontídeos, de hábito nectobentônico, também são reconhecidos por explorar o perifíton em riachos, usando suas nadadeiras pares expandidas para manter a posição sobre a superfície de rochas em corredeiras (Casatti & Castro, 2006). Também as espécies da família Prochilodontidae são frequentemente associadas ao consumo de perifíton (Winemiller & Jepsen, 1998; Castro & Vari, 2004). De uma forma convergente, a exploração deste recurso aparece também em outros grupos de peixes neotropicais que vivem em ambientes de águas rápidas (Zuanon & Ferreira, 2008).

Para a família Characidae, entretanto, a perifitivoría não é uma tática alimentar comumente referida na literatura, uma vez que as espécies geralmente são nectônicas de hábito alimentar onívoro oportunista (Kramer & Bryant, 1995; Casatti & Castro, 2006; Ceneviva-Bastos & Casatti, 2007). Apesar disso, várias espécies de caracídeos parecem

também explorar esse recurso alimentar, mesmo que em pequenas quantidades (e.g. Ceneviva-Bastos & Casatti, 2007; Vitule *et al.*, 2008; Esteves & Lobón-Cerviá, 2001). Por exemplo, serrasalmíneo *Ossubtus xinguense* Jégu 1992, com sua boca ventral, é especializado em raspar algas de rochas planas em corredeiras do rio Xingu (Zuanon & Ferreira, 2008).

Da mesma forma, a alimentação especializada em perifíton encontrada em *D. stigmaturus* sugere uma adaptação à exploração deste recurso. Essa adaptação pode ser diretamente associada à morfologia da boca e da dentição da espécie, uma vez que a obtenção do perifíton ocorre com um dos lados da boca, onde os dentes estão expostos em função da atrofia dos lábios. Segundo Lucena & Lucena (1992; 2002), *D. stigmaturus* exibe um conjunto de características mais derivadas na morfologia da boca e dos dentes em relação às outras espécies do gênero. Portanto, é possível que *D. stigmaturus* seja mais especializada na exploração do perifíton que as demais espécies do gênero, explicando as diferenças na dieta em relação aos outros estudos. Contudo, avaliar a relação da dieta com a morfologia dos dentes e da boca está fora do escopo deste trabalho.

O dois comportamentos de forrageio registrados na população estudada estão de acordo com aqueles descritos previamente por Sabino & Castro (1990) para *D. iguape*. A ingestão do perifíton pode ser relacionada ao pastejo da camada de organismos aderidos à superfície das rochas. O consumo de matéria vegetal superior e de insetos pode ser associado à cata de itens arrastados pela correnteza, resultante do aporte de fragmentos de plantas, insetos e outros artrópodes alóctones para o riacho, bem como da deriva de ninfas e larvas aquáticas de insetos.

Vitule *et al.* (2008) estudando *D. langei*, em um bacia litorânea do Paraná, demonstraram um elevado grau de segregação ontogenética na alimentação, sendo que juvenis consumiram predominantemente insetos e outros artrópodes, enquanto adultos consumiram principalmente detrito e plantas alóctones. Em contraste, no presente estudo

pôde-se evidenciar grande sobreposição ontogenética na alimentação de *D. stigmaturus*, sendo ocasionada pela predominância de perifíton em juvenis, semi-adultos e adultos. Apesar dessa sobreposição, houve um aumento no volume relativo de itens alóctones ao longo do crescimento, representado pelo incremento no consumo de matéria vegetal alóctone nos indivíduos maiores (*i.e.* fragmentos de folhas, sementes, estames, cascas e flores).

A presença de sobreposição alimentar pode sugerir competição pelos recursos disponíveis, causando uma interferência no “*fitness*” dos competidores (Begon *et al.*, 2007). Apesar disso, é possível que na população de *D. stigmaturus* estudada essa competição seja reduzida, ou mesmo não ocorra, devido à elevada abundância do perifíton no ambiente e à segregação espacial no uso do habitat, entre indivíduos menores e maiores, constatada nas observações subaquáticas. De fato, em alguns casos a partilha do habitat pode ser mais importante do que a partilha do alimento, no sentido de permitir que a população explore o recurso alimentar eficientemente (Gerking, 1994).

O comprimento do intestino está relacionado à capacidade de digestão e assimilação de alimentos, sendo relativamente mais longo em espécies herbívoras e detritívoras do que espécies onívoras (Kramer & Bryant, 1995; Barbieri *et al.*, 2004). Desse modo, o aumento do comprimento relativo do intestino em indivíduos maiores de *D. stigmaturus* sugere um incremento da habilidade em aproveitar recursos energéticos de origem vegetal ao longo do desenvolvimento ontogenético. Essa diferença ontogenética pode refletir não somente o maior consumo de plantas alóctones em adultos, mas também uma maior habilidade em digerir e obter energia das algas filamentosas e dos detritos que foram predominantes na dieta. Similar a este resultado, Vitule *et al.* (2008) encontraram para *D. langei* um aumento do comprimento relativo do intestino em indivíduos maiores. Os valores médios do quociente intestinal (QI) de *D. langei* neste mesmo estudo (0,72-1,06) ficaram próximos aos encontrados aqui para *D. stigmaturus* (0,85-0,96). Apesar disso, o intervalo de variação do QI entre juvenis, semi-

adultos e adultos foi menor em *D. stigmaturus* em relação à *D. langei*, podendo refletir as diferenças na dieta entre estas espécies. *D. langei* mostrou uma marcada mudança ontogenética, com juvenis consumindo principalmente insetos e adultos consumindo principalmente plantas alóctones e detrito (Vitule *et al.* 2008). Em contraste, tanto juvenis quanto adultos de *D. stigmaturus* ingeriram predominantemente algas filamentosas, com um aumento de plantas alóctones em adultos. O incremento ao longo do desenvolvimento ontogenético no comprimento do intestino em relação ao comprimento corporal é recorrente em peixes de riachos, mas nas espécies herbívoras, as diferenças ontogenéticas no comprimento do intestino são comumente maiores (Kramer & Bryant, 1995).

O aumento relativo no comprimento da área com dentes expostos do pré-maxilar e do maxilar em indivíduos maiores pode ser relacionado à otimização da energia despendida no forrageio em adultos, uma vez que uma área maior com dentes pode capturar mais perifíton por investida.

Alterações sazonais na dieta são comuns em peixes de água doce (Power, 1983; Winemiller, 1990; Winemiller & Jepsen, 1998; Hahn & Fugi, 2008; Esteves & Aranha, 1999). O grau de plasticidade alimentar das distintas espécies é restringido por características morfológicas e fisiológicas (Gerking, 1994). Conforme Deus & Petreire-Júnior (2003), *D. iguape* mostrou uma sazonalidade marcada na dieta em um riacho no sudeste do Brasil, havendo a predominância de detritos no verão e de algas filamentosas no inverno. Vitule *et al.* (2008) constataram que *D. langei* consumiu principalmente detritos na estação seca (outono/inverno) em um riacho do Estado do Paraná, sul do Brasil. Nesse mesmo trabalho, os autores ponderaram que tal sazonalidade na dieta pode ser um resultado da baixa disponibilidade de outros recursos alimentares no inverno, quando há retração do ambiente em decorrência da escassez de chuvas. Em contraste, no presente estudo *D. stigmaturus* não apresentou uma sazonalidade tão marcada na dieta. Diferindo dos outros trabalhos, na região

de clima temperado aqui estudada não há estações de seca ou de chuva definidas, proporcionando uma pluviosidade relativamente mais uniforme ao longo do ano. Portanto, esses resultados podem refletir as diferenças climáticas existentes entre as regiões. Apesar disso, *D. stigmaturus* consumiu mais algas filamentosas no verão (dezembro-fevereiro), o que provavelmente ocorreu devido ao aumento da produtividade primária e da biomassa de perifíton nos meses de maior fotoperíodo do ano.

A única exceção em relação à predominância de algas filamentosas ocorreu no mês de julho, quando houve um consumo em proporções similares de invertebrados autóctones, matéria vegetal superior e algas filamentosas. De acordo com Gerking (1994), uma espécie de peixe com hábito alimentar especialista pode mudar para generalista durante um determinado período quando a abundância do alimento preferencial declina abruptamente. Em comparação com os outros meses, julho apresentou a menor temperatura do ano, baixo fotoperíodo e elevada pluviosidade. Portanto, esse conjunto de fatores abióticos pode ter ocasionado uma redução na disponibilidade de alimento, resultando na alteração temporária na dieta da espécie. Apesar disso, *D. stigmaturus* exibiu uma dieta relativamente uniforme ao longo do ano, mostrando uma adaptação à exploração do perifíton, um recurso abundante nos riachos da Floresta atlântica.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor (processo nº 132140/2010-1), à Ana Paula S. Dufech pela leitura crítica, a Erica P. Caramaschi, Marco A. Azevedo e Vinícius Abilhoa pelas suas sugestões e revisão do trabalho e a todos os colegas que auxiliaram nos trabalhos de campo.

Literatura Citada

As normas seguem as instruções do periódico Journal of Fish Biology

- Abilhoa, V., Bastos, L. P. & Wegbecher, F. (2007). Feeding habits of *Rachoviscus crassiceps* (Teleostei: Characidae) in a coastal Atlantic rainforest stream, southern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* **18** (3), 227-232.
- Aranha, J. M. R. (1993). Método para análise quantitativa de algas e outros itens microscópicos de alimentação de peixes. *Acta Biológica Paranaense* **22**, 71-76.
- Aranha, J. M. R., Takeuti, D. F. & Yoshimura, T. M. (1998). Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. *Revista de Biología Tropical* **46**(4), 951-959.
- Azim, M. E., Beveridge, M. C. M., van Dam, A. A. & Verdegem, M. C. J. (2005). Periphyton and aquatic production: an introduction. In *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management* (Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A. & Beveridge, M. C. M., eds), pp. 1-13. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Barbieri, G., Peret, A. C. & Verani, J. R. (1994). Notas sobre a adaptação do trato digestivo ao regime alimentar em espécies de peixes da região de São Carlos (SP). I. Quociente Intestinal. *Revista Brasileira de Biologia* **54**, 63-69.
- Barreto, A. P. & Aranha, J. M. R. (2006). Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **23**(3), 779-788.
- Begon, M., Townsend, C. R. & Harper, J. L. (2007). *Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas*. 4ª edição, Porto Alegre, RS: Artmed.

- Buck, S. & Sazima, I. (1995). An assemblage of mailed catfishes (Loricariidae) in southeastern Brazil: distribution, activity, and feeding. *Ichthyological Explorations of Freshwaters* **6**(4), 325-332.
- Casatti, L. & Castro, R. M. C. (2006). Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **4**(2), 203-214.
- Castro, R. M. C. & Vari, R. P. (2004). Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a phylogenetic and revisionary study. *Smithsonian Contributions to Zoology* **622**: 1-189.
- Ceneviva-Bastos, M. & Casatti, L. (2007). Oportunismo alimentar de *Knodus moenkhausii* (Teleostei, Characidae): uma espécie abundante em riachos do noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* **97**(1), 7-15.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2001). *Software PRIMER V5: User Manual/Tutorial*. Plymouth, UK: PRIMER-E.
- Costello, M. J. (1990). Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* **36**, 261-263.
- Deus, C. P. & Petreire-Júnior, M. (2003). Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **63**(4), 579-588.
- Dufech, A. P. S., Azevedo, M. A. & Fialho, C. B. (2003). Comparative dietary analysis of two populations of *Mimagoniates rheocharis* (Characidae: Glandulocaudinae) from two streams of Southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **1**(1), 67-74.
- Eigenmann, C. H. (1917). The American Characidae [Part 1]. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology* **43**(1), 1-102.

- Eschmeyer, W. N. & Fong, J. D. (2012). Species of Fishes by family/subfamily. Disponível em <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> (último acesso 17 de janeiro de 2012).
- Esteves, K. E. & Aranha, J. M. R. (1999). Ecologia trófica de peixes de riachos. In *Ecologia de peixes de riachos* (Caramaschi, E.P., Mazzoni R. & Peres-Neto, P.R., eds), pp. 157-182. Rio de Janeiro, Brasil, Série Oecologia Brasiliensis, **6**: PPGE-UFRJ.
- Esteves, K. E. & Lobón-Cerviá, J. (2001). Composition and trophic structure of a fish community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* **62**, 429–440.
- Fogaça, F. N. O., Aranha, J. M. R. & Esper, M. L. P. (2003). Ictiofauna do rio do Quebra (Antonina, PR, Brasil): Ocupação espacial e hábito alimentar. *Interciência* **28**(3), 168-173.
- Gerking, S. D. (1994). *Feeding ecology of fish*. New York: Academic Press.
- Géry, J. (1977). *Characoids of the World*. Neptune City: T. F. H Publications, Inc.
- Hahn, N. S. & Fugi, R. (2008). Environmental changes, habitat modifications and feeding ecology of freshwater fish. In *Feeding and Digestive Functions of Fishes* (Cyrino, J. E. P., Bureau, D. P. & Kapoor, B. G., eds), pp. 35-65. New Hampshire: Science Publishers.
- Hynes, H. B. N. (1950). The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food fishes. *Journal of Animal Ecology* **19**(1), 36-58.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis; a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* **17**, 411-429.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). *Mapa de vegetação do Brasil*. 3ª edição.

- Kawakami, E. & Vazzoler, G. (1980). Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico* **29**(2), 205-207.
- Keenleyside, M. H. A. (1979). *Diversity and adaptation in fish behaviour*. Berlin: Springer-Verlag.
- Knöppel, H. A. (1970). Food of central Amazonian fishes: contribution to the nutrient-ecology of Amazonian rain forest streams. *Amazoniana* **2**(3), 257-352.
- Kramer, D. L. & M. J. Bryant. (1995). Intestine length in the fishes of a tropical stream: 2. Relationships to diet: the long and short of a convoluted issue. *Environmental Biology of Fishes* **42**, 129-141.
- Lucena, C. A. S. & Lucena, Z. M. S. (2002). Redefinição do gênero *Deuterodon* Eigenmann (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia* **15** (1), 113-135.
- Lucena, Z. M. & Lucena, C. A. (1992). Revisão das espécies do gênero *Deuterodon* Eigenmann, 1907 dos sistemas costeiros do sul do Brasil com a descrição de quatro espécies novas (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia* **5**(9), 123-168.
- Maluf, J. R. T. (2000). Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* **8**(1), 141-150.
- Mazzoni, R. & Rezende, C. F. (2003). Seasonal diet shift in a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **63**(1), 69-74.
- Merritt, R. W. & Wallace, J. B. (2003). Aquatic Habitats. In *Encyclopedia of Insects* (Resh, V. H. & Carde, R. T., eds), pp. 45-57. San Diego, CA: Academic Press,

- Novakowski, G. C., Fugi, R. & Hahn, N. S. (2004). Diet and dental development of three species of *Roeboides* (Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology* **2**(3), 157-162.
- Power, M. (1983). Grazing responses of tropical freshwater fishes to different scales of variation in their food. *Environmental Biology of Fishes* **9**, 103-115.
- Resende, E. K. & Pereira, R. A. C. (2007). Metodologia para determinação de dieta alimentar de peixes detritívoros. *Embrapa Pantanal, Circular Técnica* **71**, 1-4.
- Sabino, J. & Castro, R. M. C. (1990). Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (sudeste do Brasil). *Revista Brasileira de Biologia* **50** (1), 23-36.
- Uieda, V. S., Buzzato, P. & Kikuchi, R. M. (1997). Partilha de recursos alimentares em peixes de um riacho de serra no sudeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **69**, 243-252.
- Vilella, F. S., Becker, F. G. & Hartz, S. M. (2002). Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in an Atlantic Forest River in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **45**, 223-232.
- Villares Júnior, G. A., Gomiero, L. M. & Goitein, R. (2008). Alimentação de *Serrassalmus maculatus* (Kner, 1858) (Characiformes: Serrasalmidae) no trecho inferior da bacia do rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences* **30**, 173-178.
- Vitule, J. R. S. & Aranha, J. M. R. (2002). Ecologia alimentar do lambari, *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Characidae, Tetragonopterinae), de diferentes tamanhos em um riacho da Floresta Atlântica, Paraná (Brasil), *Acta Biológica Paranaense* **31**(1, 2, 3, 4): 137-150.
- Vitule, J. R. S., Braga, M. R. & Aranha, J. M. R. (2008). Ontogenetic, spatial and temporal variations in the feeding ecology of *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Teleostei:

- Characidae) in a Neotropical stream from the Atlantic rainforest, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **6**(2), 211-222.
- Winemiller, K. O. & Jepsen, D. B. (1998). Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology* **53**, 267–296.
- Winemiller, K. O. (1990). Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. *Ecological Monographs* **60**(3), 331-367.
- Zavala-Camin, L. A. (1996). *Introdução ao estudo sobre alimentação natural em peixes*. Maringá: Eduem, Nupelia.
- Zuanon, J. & Ferreira, E. J. G. 2008. Feeding ecology of fishes in the Brazilian Amazon - A naturalistic approach. In *Feeding and digestive functions of fishes* (Cyrino, J. E. P., Bureau, D. P. & Kapoor, B. G., eds), pp. 1-34. Enfield: Science Publishers.

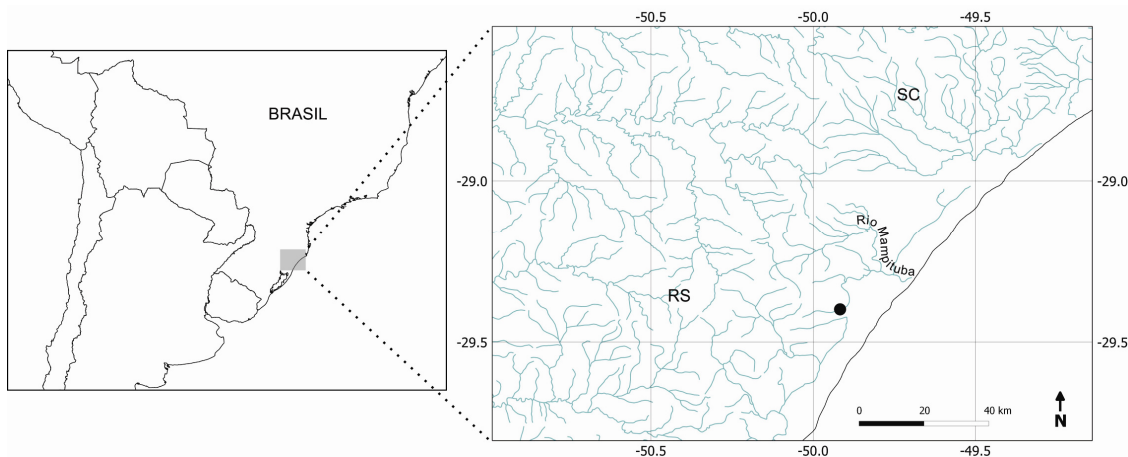


Fig. 1. Localização do ponto de coleta no arroio Paraíso, bacia costeira do rio Mampituba, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.



Fig. 2. Ponto de coleta de *Deuterodon stigmaturus* no arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Tabela I. Volume relativo (VR%), Frequência de ocorrência (FO%) e Índice alimentar (Iai%) dos itens alimentares macroscópicos.

Itens alimentares	VR%	FO%	Iai%*100
Itens Autóctones			
Algas filamentosas	56,56	93,72	71,35
Detrito	14,01	48,12	9,07
Sedimento	2,78	59,83	2,24
Matéria orgânica	1,49	28,03	0,56
Partes insetos aquáticos	4,04	67,36	3,66
Chironomidae larva	0,67	46,44	0,42
Diptera larva/pupa	0,37	20,92	0,10
Coleoptera larva	0,12	5,44	0,01
Coleoptera aquático	0,20	0,84	0,00
Ephemeroptera ninfa	0,36	19,25	0,09
Plecoptera ninfa	0,37	7,11	0,04
Trichoptera larva	0,30	16,32	0,07
Odonata ninfa	0,29	2,51	0,01
Tardigrada	0,00	0,42	0,00
Nematoda	0,01	0,42	0,00
Lepidoptera larva aquática	0,83	3,35	0,04
Hirudinea	0,02	0,42	0,00
Ovos insetos	0,02	1,26	0,00
Bryophyta	0,02	0,84	0,00
Escamas peixes	1,05	28,87	0,41
Raios nadadeiras	0,02	0,42	0,00
Ovos de peixes	0,00	0,42	0,00
Dentes peixes	0,00	0,42	0,00
Itens Alóctones			
Plantas alóctones	12,97	66,11	11,54
Partes insetos terrestres	0,67	22,18	0,20
Hemipeta	1,24	7,11	0,12
Hymenoptera	0,10	2,09	0,00
Formicidae	0,21	5,44	0,02
Orthoptera	0,03	1,67	0,00
Coleoptera	0,21	2,09	0,01
Homoptera	0,00	0,42	0,00
Lepidoptera	0,28	1,67	0,01
Diptera	0,23	4,18	0,01
Araneae	0,26	3,77	0,01
Acari	0,00	2,51	0,00
Collembola	0,01	2,09	0,00
Itens não identificados	0,27	3,77	0,01

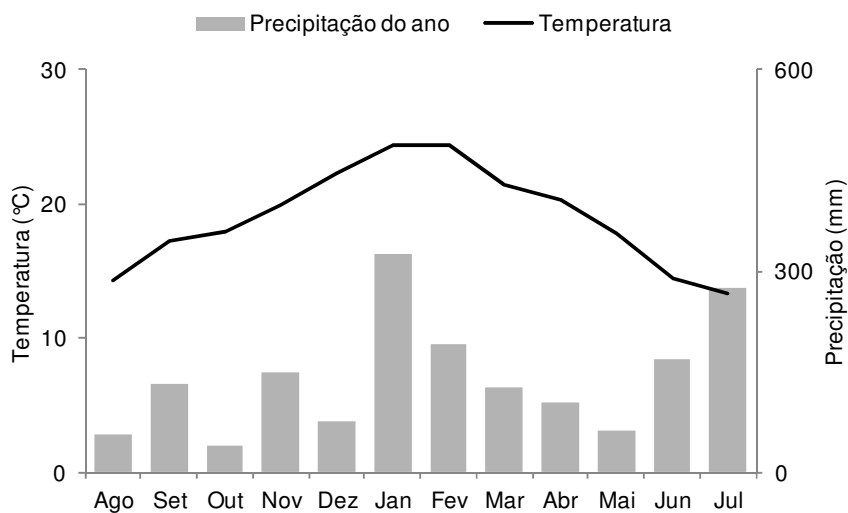


Fig. 3. Variação mensal da temperatura média atmosférica e da precipitação pluviométrica da região do arroio Paraíso, bacia do rio Mampituba, sul do Brasil. Dados referentes ao período de agosto de 2010 a julho de 2011.

Tabela II. Volume relativo (VR%), Frequência de ocorrência (FO%) e Índice alimentar (Iai%) das categorias alimentares agrupadas a partir dos itens alimentares macroscópicos.

Categorias	VR%	FO%	Iai%*100
Algas filamentosas	56,56	93,72	71,35
Plantas alóctones	12,97	66,11	11,54
Detrito	14,01	48,12	9,07
Invertebrados autóctones	7,60	88,28	4,44
Sedimentos	2,78	59,83	2,24
Matéria orgânica	1,49	28,03	0,56
Fragmentos de peixes	1,07	29,29	0,41
Invertebrados alóctones	3,23	36,82	0,37
Outros	0,28	4,60	0,01

Tabela III. Frequência de ocorrência (FO%) dos itens alimentares microscópicos encontrados no detrito.

Itens alimentares	FO%
Bacillariophyta (diatomáceas)	99,22
Matéria orgânica	83,04
Sedimentos	74,52
Cyanophyta filamentosa	49,83
Chlorophyta filamentosa	36,17
Desmidiaceae (Chlorophyta)	21,65
Insetos autóctones (fragmentos)	5,91
Protozoa	2,43
Chlorophyta unicelular	3,22
Plantas alóctones	1,91
Rhodophyta	0,09

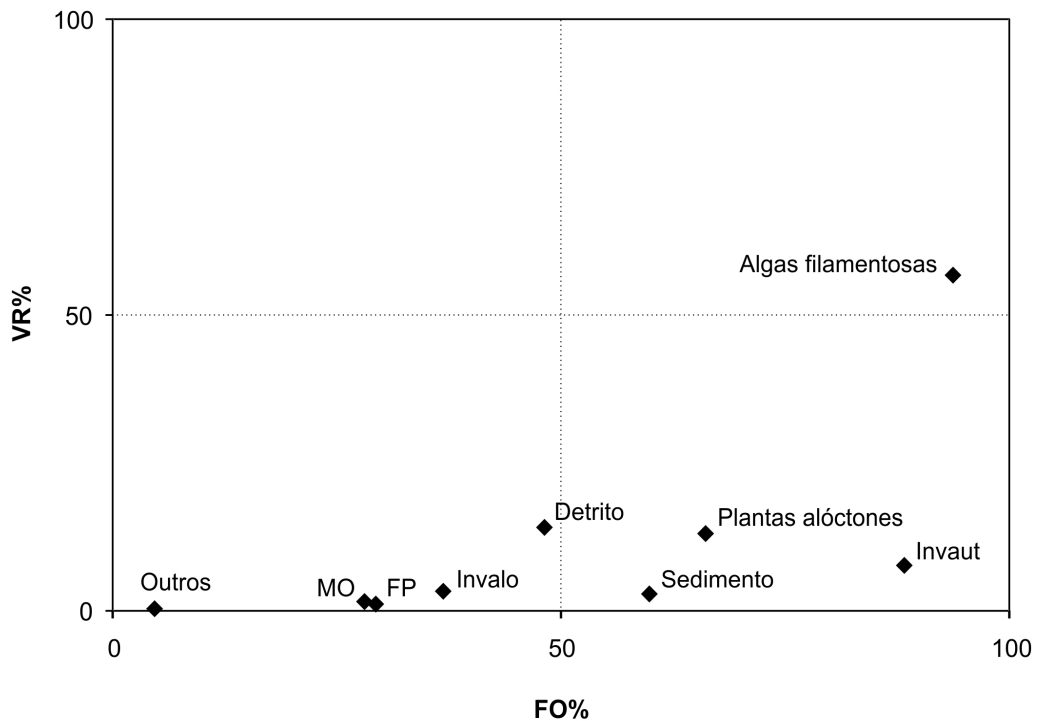


Fig. 4. Volume relativo (VR%) e a Frequência de ocorrência (FO%) das categorias alimentares consumidas por *Deuterodon stigmaturus*, em um riacho costeiro do sul do Brasil, conforme método de Costello (1990). MO: matéria orgânica; FP: fragmentos de peixes; Invalo: invertebrados alóctones; Invaut: invertebrados autóctones.

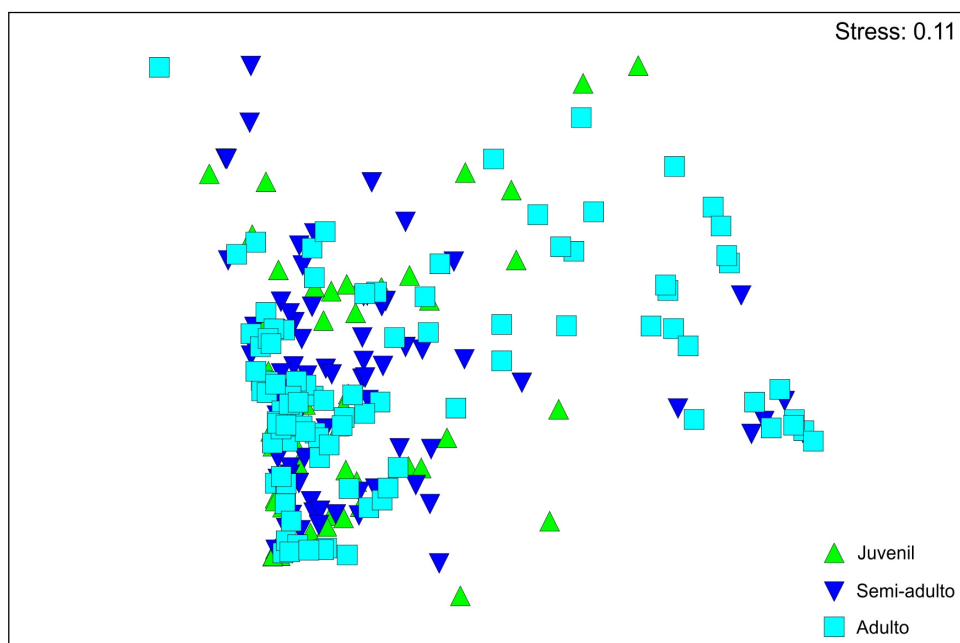


Fig. 5. Ordenação resultante do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), baseada no volume relativo das categorias alimentares consumidas por juvenis, semi-adultos e adultos de *Deuterodon stigmaturus*.

Tabela IV. Análise de SIMPER das classes ontogenéticas de *Deuterodon stigmaturus*, mostrando a contribuição em relação ao volume relativo das principais categorias alimentares na dieta. Algas: algas filamentosas; Invaut: invertebrados autóctones; Plantas: plantas alóctones.

Meses	N	Similaridade	Porcentagem de contribuição			
			Algas	Detrito	Invaut	Plantas
Juvenis	58	58,89%	78,47	11,79	-	-
Semi-Adultos	83	58,71%	68,19	21,31	6,91	-
Adultos	98	49,97%	62,30	19,13	-	10,06

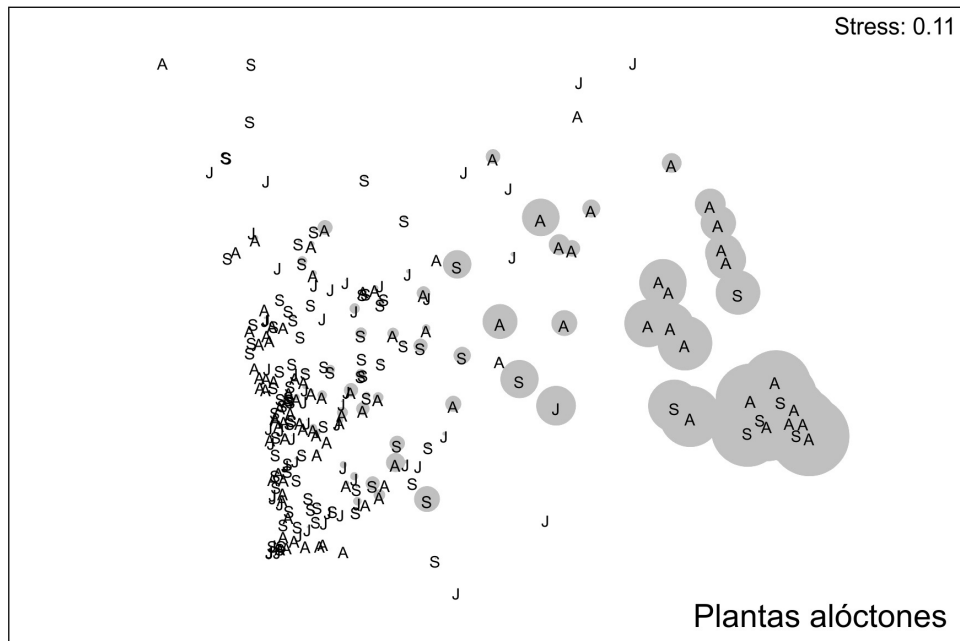


Fig. 6. Ordenação resultante do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), baseada no volume relativo das categorias alimentares (com ênfase nas plantas alóctones) por classes ontogenéticas de *Deuterodon stigmaturus*. J: juvenis; S; semi-adultos; A: adultos.

Tabela V. Análise de SIMPER mostrando a contribuição mensal (entre agosto/2010 e julho/2011) das principais categorias alimentares na dieta de *Deuterodon stigmaturus*, baseada no volume relativo. Algas: algas filamentosas; Invalo: invertebrados alóctones; Invaut: invertebrados autóctones; Plantas: plantas alóctones.

Meses	n	Similaridade	Porcentagem de contribuição				
			Algas	Detrito	Invalo	Invaut	Plantas
agosto	20	74,41%	68,66	23,32	-	-	-
setembro	20	55,93%	40,13	22,15	-	22,68	14,68
outubro	20	53,31%	58,42	29,38	-	-	6,61
novembro	20	53,42%	58,98	16,03	-	8,9	14,25
dezembro	20	68,51%	86,18	-	8,17	-	-
janeiro	19	71,37%	77,69	15,28	-	-	-
fevereiro	20	68,75%	76,51	21,00	-	-	-
março	20	59,04%	68,42	21,63	-	-	-
abril	20	73,09%	80,86	17,94	-	-	-
maio	20	41,80%	53,97	16,96	-	-	21,51
junho	20	56,73%	70,62	19,55	-	-	-
julho	20	41,15%	23,18	-	-	39,84	31,55

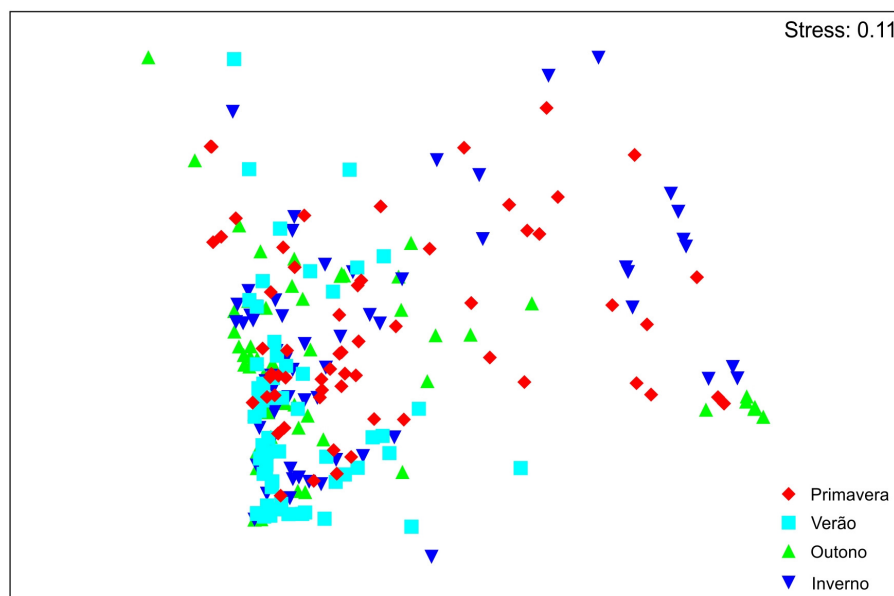


Fig. 7. Ordenação resultante do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), baseada no volume relativo das categorias alimentares por estação do ano (entre agosto/2010 e julho/2011), consumidas por *Deuterodon stigmaturus*.

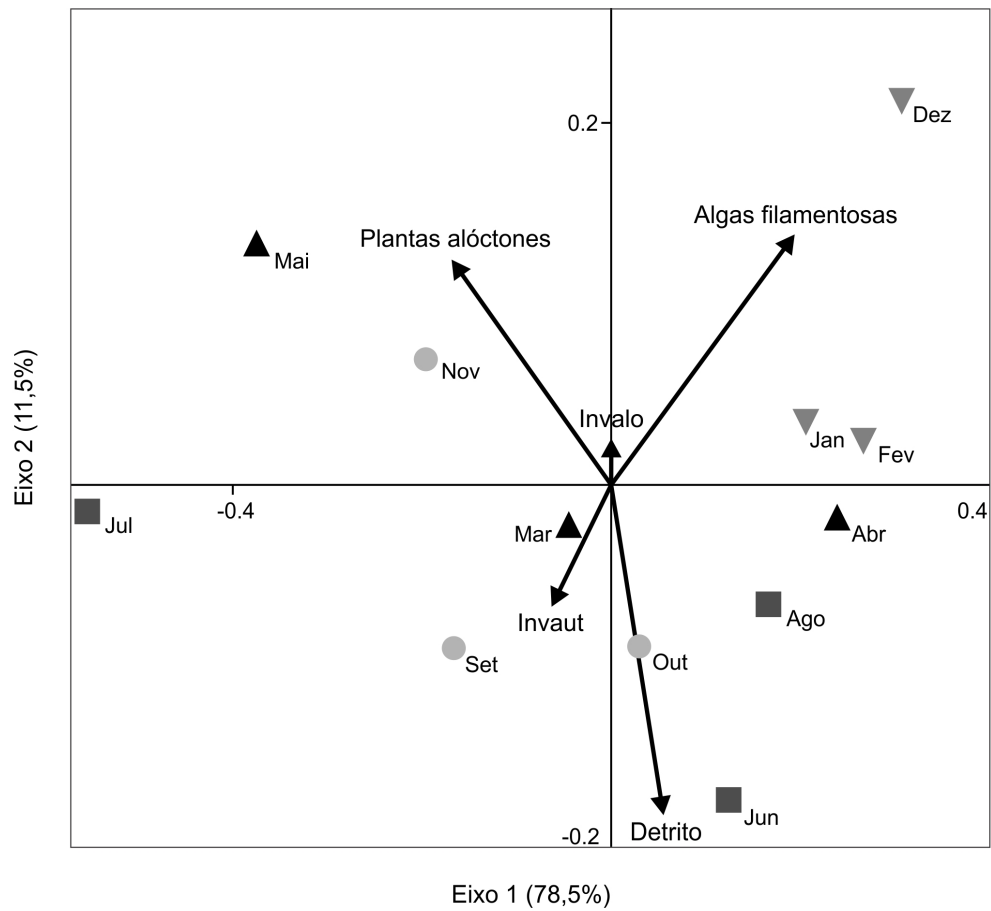


Fig. 8. Análise de componentes principais (PCA) do volume relativo mensal das categorias alimentares consumidas por *Deuterodon stigmaturus*, em um riacho costeiro do sul do Brasil. Invaute: invertebrados autóctones; Invalo: invertebrados alóctones.

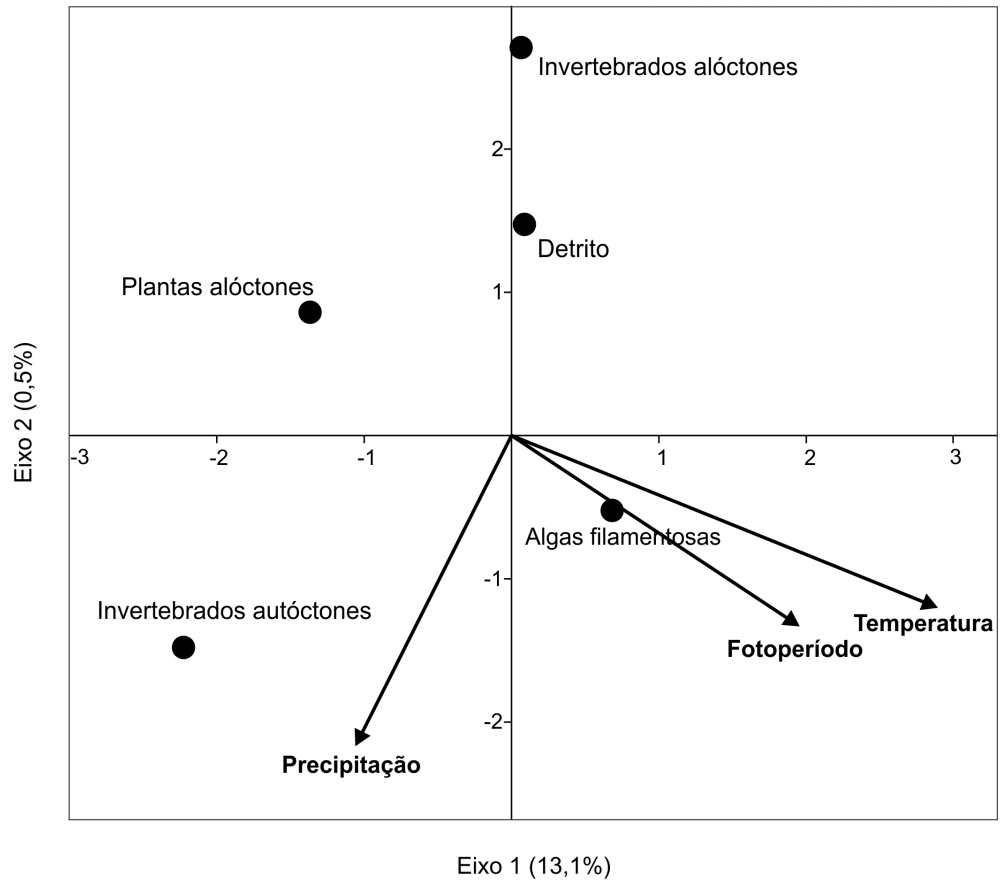


Fig. 9. Análise de correspondência canônica (CCA) de fatores abióticos com o volume relativo das categorias alimentares consumidas por *Deuterodon stigmaturus*, em um riacho costeiro do sul do Brasil.

Capítulo conclusivo

Conclusões Gerais

- *D. stigmaturus* apresentou a reprodução sazonal, ocorrendo durante quatro meses, entre a primavera e o verão austral.
- O período reprodutivo da espécie foi significativamente relacionado com elevações do fotoperíodo e da temperatura.
- A espécie exibiu desova total, ocorrendo em janeiro/2011, coincidindo com o mês de maior precipitação pluviométrica histórica, bem como do ano de estudo.
- A fecundidade absoluta de *D. stigmaturus* foi elevada (3.091 oócitos), enquanto que a fecundidade relativa foi baixa (0,27 oócitos mg⁻¹), concordando com o que é descrito para caracídeos de desova total.
- A população não mostrou diferenças na proporção sexual, nem dimorfismo sexual relacionado ao tamanho. O comprimento de primeira maturação (L₅₀) também não diferiu entre machos e fêmeas (cerca de 63 mm). Esses dados estão de acordo com a estratégia reprodutiva sazonal.
- Machos adultos (>L₅₀) revelaram a presença de ganchos na nadadeira anal, um dimorfismo sexual secundário comum em Characidae.
- O desenvolvimento de ganchos na nadadeira anal de machos foi cíclico, acompanhando o período reprodutivo. Entretanto, a extensão do período em que ganchos estiveram presentes foi maior do que a extensão do período reprodutivo.
- O principal alimento consumido por *D. stigmaturus* foi algas filamentosas.
- Invertebrados autóctones, plantas alóctones, sedimento, detrito e invertebrados alóctones foram complementares na dieta.

- O detrito mostrou uma importância nutricional na dieta da população, sendo composto predominantemente por diatomáceas, clorofitas, cianofitas, matéria orgânica, sedimento e protozoários.
- Os invertebrados autóctones consumidos foram representados, sobretudo, por larvas e ninfas de insetos que habitam a superfície de rochas (*e.g.* Chironomidae, Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera).
- Constatou-se que algas filamentosas, detrito, sedimento e insetos autóctones são ingeridos através do pastejo da camada de perifíton das rochas e que plantas alóctones são ingeridas através da cata de itens arrastados pela correnteza.
- O comportamento de pastejo consistiu na inclinação do corpo lateralmente contra a correnteza e a utilização de um dos lados da boca com dentes expostos para obter uma porção de perifíton.
- A cata de itens arrastados pela correnteza consistiu na natação contra corrente, deslocamento e captura de itens submersos a deriva na água corrente.
- A contribuição dos diferentes itens alimentares e o comportamento de forrageio permitiram enquadrar a espécie como perifitívora.
- Houve sobreposição entre as classes ontogenéticas na dieta de *D. stigmaturus*, causada pela predominância de algas filamentosas e detrito em todas as classes de comprimento (juvenis, semi-adultos e adultos).
- A sobreposição entre classes ontogenéticas na dieta parece não implicar em competição devido à segregação espacial no uso do hábitat entre indivíduos maiores e menores da população.
- A espécie apresenta uma variação ontogenética no comprimento relativo do intestino e no consumo proporcional de plantas alóctones, ambos aumentando em indivíduos maiores.

- O comprimento da boca (ossos pré-maxilar e maxilar) onde os dentes estão expostos é relativamente maior em indivíduos maiores, isto é, aumenta ao longo do desenvolvimento ontogenético.
- *D. stigmaturus* utiliza o perifíton como principal recurso alimentar ao longo de todo o ano, havendo o predomínio de algas filamentosas e detrito na maioria dos meses.
- A espécie apresenta uma dieta especializada em um recurso abundante em riachos da Floresta Atlântica, refletindo-se em adaptações no aparato bucal para exploração do perifíton.
- *D. stigmaturus* explora um recurso alimentar que não é comumente explorado por outras espécies de Characidae em riachos, mas sim por outros grupos de peixes como Loricariidae.

Anexo I – Normas da revista do artigo 1

Neotropical Ichthyology

Form and preparation of manuscripts

Manuscripts

- Manuscripts must be submitted as digital files.
- Text must be in Word for Windows or rtf files.
- Photos and figures must be sent as separate and individual tif or jpg files.

Format

- In taxonomic papers check also: *Neotropical Ichthyology* taxonomic contribution style sheet
- Text must be submitted in English.
- Manuscript must contain the following, in the cited order:

- Title
- authors names (*)
- addresses (do not use a footnote)
- Abstract
- Resumo
- key words (up to five, not repeating title information)
- Introduction
- Material and Methods
- Results
- Discussion
- Acknowledgments
- Literature Cited
- Tables
- Figure Legend.

- Manuscripts should not exceed 60 pages, including Figures and Tables. The Editorial Board will decide on possible exceptions.
- Scientific Notes must contain the following, in the cited order:

- Title
- authors names (*)
- addresses (do not use a footnote)
- Abstract
- Resumo
- key words (up to five, not repeating title information)
- text without subtitles, including Introduction, Material and Methods, Results and Discussion
- Acknowledgments
- Literature Cited
- Tables
- Figure Legend

- Scientific Notes will be accepted only if they contain information that justifies immediate publication.

Text

- Text pages cannot include headers, footers, or footnotes (except page number), or any paragraph format. Never use "Tab" or "space" to format references. Text must be aligned to the left, not fully justified.
- Species, genera and Latin terms (*et al.*, *cf.*, *aff.*, *in vitro*, *in vivo*) must be in italics. Do not underline words.
- Only the following titles should be bold formatted: **Abstract, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, Literature Cited.**
- List abbreviations used in the text under Material and Methods, except for those in common use (*e.g.*, min, km, mm, kg, m, sec, h, ml, L, g).
- Measurements must use the metric system.
- Manuscripts must contain the institutional acronyms and catalog numbers for voucher specimens.
- Acknowledgments must be concise and include both first and last names.
- Figures and Tables must be sequentially numbered according to their citation in the text, using the following formats: Fig. 1, Figs. 1-2, Fig. 1a, Figs. 1a-b, Table 1, Tables 1-2.
- The words **Table** and **Fig.** must be bold in legends.
- A list of figure legends must be included at the end of the manuscript.
- Tables must be constructed using lines and columns, but not "Tab" or "space". Tables can not contain vertical lines or footnotes. Digital files of tables must be formatted in cells. Digital files of tables with columns separated by "Tab" or "space" will not be accepted.
- Tables and legends must be included at the end of the manuscript, in the following format: Table 1. Monthly variation of the gonadosomatic index in *Diapoma speculiferum*....
- Approximate locations where tables and figures should be inserted must be indicated along the margin of the text.

Nomenclature

- Scientific names should be cited according to the ICZN (1999).
- Authorship is required only in taxonomic papers and at the first reference of a species or genus. Do not include authorship in the abstract or resumo.

Figures

- Figures must be of high quality and definition.
- Text included in graphs and pictures must be of a font size compatible with reductions to page width (175 mm) or column width (85 mm). Graphs will be preferably printed as one column (85 mm).
- Color photos will be accepted only if necessary for the paper and authors will be charged for the cost of printing the color photo.
- Composed figures must be identified with lower case letters (**a, b, ..**) in the left lower of each illustration. Composed figures must be prepared so as to fit either the page (175 mm) or column width (85 mm).
- Illustrations must include either a scale or reference to the size of the item in the figure legend.

Literature Cited

- Use the following formats in the text : Eigenmann (1915, 1921) or (Eigenmann, 1915, 1921; Fowler, 1945, 1948) or Eigenmann & Norris (1918) or Eigenmann et al. (1910a, 1910b).
- Do not include abstracts or technical reports in Literature Cited.
- Avoid unnecessary references to thesis or dissertations.
- Literature Cited must be in alphabetical order, using the following formats:

Books:

Campos-da-Paz, R. & J. S. Albert. 1998. The gymnotiform "eels" of Tropical America: a history of classification and phylogeny of the South American electric knifefishes (Teleostei: Ostariophysi: Siluriphysi). Pp. 419-446. In: Malabarba, L. R., R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena & C. A. S. Lucena (Eds.). Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. Porto Alegre, Edipucrs, 603p.

Thesis/Dissertations:

Langeani, F. 1996. Estudo filogenético e revisão taxonômica da família Hemiodontidae Boulenger, 1904 (sensu Roberts, 1974) (Ostariophysi, Characiformes). Unpublished Ph.D. Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo. 171p.

Articles (list full periodic names):

Lundberg, J. G., F. Mago-Leccia & P. Nass. 1991. Exaliodontus aguanai, a new genus and species of Pimelodidae (Teleostei: Siluriformes) from deep river channels of South America and delimitation of the subfamily Pimelodinae. Proceedings of the Biological Society of Washington, 104(4): 840-869.

Articles in press:

Burns, J. R., A. D. Meisner, S. H. Weitzman & L. R. Malabarba. (in press). Sperm and spermatzeugma ultrastructure in the inseminating catfish, Trachelyopterus lucenai (Ostariophysi: Siluriformes: Auchenipteridae). Copeia, 2002: 173-179.

Internet resources

Author. 2002. Title of website, database or other resources, Publisher name and location (if indicated), number of pages (if known). Available from: <http://xxx.xxx.xxx/> (Date of access).

Submission of manuscripts

- Send manuscripts electronically to the Editor through the journal website (<http://www6.ufrgs.br/seerni/ojs/index.php>) or through e-mail at neoichth@ufrgs.br.
- Send a statement that it constitutes original research and is not being submitted to other journals.
- In multi-authored papers, indicate the name and address of the author responsible by all contacts and the e-mail addresses of co-authors.
- Indicate the area of Ichthyology (Biochemistry and Physiology, Biology, Ecology, Etology, Genetics and Molecular Biology, Systematics) to which the manuscript is referable.

List three possible referees (name, institution, country and e-mail).

Steps followed during manuscript submission

- 1 - Manuscripts and additional documents are sent to the **Scientific Editor**.
 - 2 - The **Scientific Editor** analyses the contents, format and enclosed documents.
 - 3 - If the manuscript fills all requirements, the **Scientific Editor** forward all documents to the **Editor** of the area related to the manuscript.
 - 4 - The **Area Editor** analyses the contents of the submitted manuscript.
 - 5 - If its contents are considered appropriate to the journal, the **Area Editor** send the manuscript, along with an evaluation form, to two independent reviewers (**Referees**).
 - 6 - The **Referees** make a critical analysis of the contents of the manuscript, making the necessary suggestions for their improvement, and giving their expert opinion regarding its acceptance or refuse for publication.
 - 7 - The **Area Editor** receives referees review and evaluation of the manuscript.
- If recommended without corrections the **Area Editor** forwards the manuscript to the **Scientific Editor**;

- If recommended with corrections the **Area Editor** returns the manuscript to **Author**, with the suggestions of the **Referees**;

- If not recommended, the manuscript is returned to **Author**.

8 - When receiving the manuscript with referees comments and editorial notes, author must make corrections immediately (maximum four weeks) and return to the area editor. If **Author** does not agree with referees suggestions, must justify its no adoption.

9 - The **Area Editor** receives the final version of the manuscript, check if necessary changes/improvements were made accordingly, and forward all documents (final version of the manuscript and illustrations) to the Scientific Editor.

10 - The **Scientific Editor** receives the documents, makes a final review of format and forward to printer.

11 - Proofs are reviewed by the **Scientific Editor** and forward to **Author** for review.

Anexo II – Normas da revista do artigo 2

Journal of Fish Biology

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

1. *Journal of Fish Biology* welcomes research manuscripts containing new biological insight into any aspect of fish biology. We invite papers that report results and ideas of value to fish biology that will serve a wide international readership. Hence the novelty of the content of manuscripts should have relevance beyond a particular species or place in which the work was carried out. **All material submitted must be original and unpublished, and not under consideration for publication elsewhere.** If in doubt about overlap, please give details of any related work submitted or in press when submitting your manuscript. The *Journal* uses plagiarism detection software, so in submitting your manuscript you accept that it may be screened against previously published literature.

The Fisheries Society of the British Isles (FSBI) considers that scientists should avoid research threatening the conservation status of any species of fish, which is already regarded as threatened according to the IUCN Red List of Threatened Species and the associated Red List Categories and Criteria version 3.1 (<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria>) or which is listed as such in a Red Data Book appropriate to the geographic area concerned. In accordance with this view, papers based on such research will not be accepted, unless the work had clear conservation objectives.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centres endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu/).

2. **Submission of manuscripts.** We will consider: Regular papers (original research), Review papers, which will either be invited or agreed with an Associate Editor (see 17), Brief Communications (see 18), Letters (see 19), and Comments and Replies (see 20). Contributors to the *Journal of Fish Biology* should read the Editorial on submissions and authorship in *Journal of Fish Biology* **79**, 1-2 (2011). Manuscripts are submitted online at <http://jfb.edmgr.com>, where a user ID and password are assigned on the first visit. Full instructions and support are available on this site. **Authors are expected to suggest potential referees**, selected internationally, for their manuscripts in the 'Suggest Reviewers' section.

3. **Preparation of manuscripts.** Authors should consult a recent issue of *Journal of Fish Biology* for details of style and presentation. **If their manuscript does not follow the format of the Journal, it will be returned to them unreviewed.** Manuscripts must be **double-spaced throughout**, all pages must be numbered and **line numbering set to continuous**, including tables, figure legends and reference lists. **Use a font size ≥ 12 . Do not save files in PDF (portable document format) format.**

The first page must contain the following information: the title of the paper, name(s) (initials ONLY for forenames) and FULL academic address(es) of ALL author(s); if the address of any author has changed, it should be added as a footnote. Telephone number and email address for the corresponding author (**one only**) should be provided as a footnote. A concise running headline of not more than 45 characters inclusive of spaces should also be given on this page. For regular papers arrange sections in the following sequence: Title page (as a separate page), Abstract and Key Words (as a separate page), Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (**a combined Results and Discussion is not acceptable and Conclusions as a heading is only acceptable in Review Papers**), Acknowledgements (for individuals use initials only for forenames and no titles), References, Tables (with captions; see 6 below), Figure captions, Figures and Appendices. Within sections, subdivisions should not normally exceed two grades; decimal number classification of headings and subheadings should not be used (see recent past issues). Footnotes should not be used except in Tables. Spelling must be U.K. English, e.g. Concise Oxford English Dictionary (as distinct from American English) throughout, except in quotations and references. All Latin words (but excluding scientific words other than genus and species) should be in italics. **Do not write text in the first person.**

Do not duplicate information in tables and figures, or *vice versa* or in text and figures. Do not repeat table headings and figure legends in the text. Punctuation should be consistent and only a single space inserted between words and after punctuation. **Do not indicate positions of tables and figures in the text.** Two blank

lines should be left after headings and between paragraphs. Text should be typed without end of line hyphenation, except for compound words. Lower case 'l' for '1' or 'o' for '0' should not be used.

4. **Abstract.** This must be concise and summarize **only** the significant findings of the paper (*i.e.* not the background or methods). It should be followed by a list of **≤ 6 key words or key phrases that are not included in the title, with a maximum of 100 characters (including punctuation and spacing).**

5. **Illustrations.** Photographs should be selected only to illustrate something that cannot adequately be displayed in any other manner. Magnification should be given in actual terms and all stains used should be described in full. Colour figures can be included; the first two will be produced free of charge, additional figures will be produced online free of charge, print production will be at the author's expense. Authors must complete a Colour Work Agreement Form for any colour figures requiring payment. This will be indicated on acceptance. The form can be downloaded as a PDF from the home page at <http://jfb.edmgr.com>. Please note that the Colour Work Agreement Form must be returned by post to the address provided on acceptance. Number figures consecutively using Arabic numerals [Fig. 1, 2, *etc.*: subdivide by (a), (b), *etc.*], in order of their mention in the text. A fully descriptive caption must be provided for every figure and the complete list of captions typed together on a separate page. Captions must not be included on the figures. All relevant information, *e.g.* keys to the symbols and formulae, should be included in the caption. The minimum reduction for the figures may be indicated. Artwork should be received in digital format. Line artwork (vector graphics) should be saved as Encapsulated PostScript (EPS) and bitmap files (half-tones or photographic images) as Tagged Image Format (TIFF). Native file formats should not be submitted. More detailed information on the submission of electronic artwork can be found at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>

6. **Tables.** Number consecutively in Roman numerals (Table I, II, *etc.*), **in the order of their mention in the text.** Captions for tables should be **typed directly above each table**, not on a separate page. Footnotes to tables should be indicated by superscripts and typed at the bottom of the tables. Tables and figures must 'stand alone' and so all abbreviations must be defined in the figure captions and as footnotes in the tables. Tables, figures and figure captions should be saved in separate files from the main text of the manuscript. Tables should not be embedded in the text file in picture format.

7. **Units and symbols.** Use metric units. Physical measurements should be in accordance with the Système International d'Unités (SI), *e.g.* mm, mm³, s, g, µg, m s⁻¹, g l⁻¹. Use joules not calories. Authors will find the following two publications helpful: *British Standard 1991: Part 1: 1967 Recommendations for Letter Symbols, Signs and Abbreviations and Units, Symbols and Abbreviations. A Guide for Biological and Medical Editors and Authors* (Baron, D.N., ed.) published by the Royal Society of Medicine, London.

In mathematical expressions, single letters (italics) should be used for variables, qualifying them with subscripts (not italics) if required, e.g. length L, fork length L_F, standard length L_S, index I, gonado-somatic index I_G, hepato-somatic index I_H, etc. The 24 hour clock should be used for time of day, *e.g.* 1435 hours, not 2.35 p.m. Calendar dates should be as, *e.g.* 15 June 1998. In the text, one-digit numbers should be spelt out unless they are used with units of measure (in which case they should not be hyphenated), *e.g.* five boxes, 5 cm. Numerals should be used for all numbers of two or more digits, *e.g.* 34 boxes. Use mass(es) rather than weight(s). Means and error (S.D., S.E., 95% C.L., *etc.*), should be to the same number of decimal places. Salinity is dimensionless with no units; do not use psu, ‰ or similar.

8. **Statistics.** Present statistics as follows: name of test, test statistic with associated degrees of freedom (d.f.; note that an *F*-distribution has TWO d.f. values) and probability level (*P*). If data conform to all the assumptions of the statistical method used, precise *P*-values can be given, otherwise *P*-values should be >0.05, 0.05, 0.01 and 0.001. The *P*-values given by statistical packages assume that all the assumptions of the statistical method are fully met. Although ANOVA and regression are robust, the real *P*-values are likely to be different from the values printed by the package, because of violations of the assumptions. Provide confidence intervals (95% C.I.) for parameters estimated by ANOVA and regression analysis. Contributors to the *Journal of Fish Biology* should read the Editorial on reporting statistical results in *Journal of Fish Biology* **78**, 697-699 (2011)

9. **Species nomenclature.** On first mention of a species name in the main text, the common name of the species, if one is available, followed by the scientific species name (Latin binomial name, in italics) with the describing authority and date of authorship must be given. The common name should not be separated from the scientific name by a comma nor should the species name be in parentheses. The describing authority and date of authorship should not be separated by a comma. For example: the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792); NOT, the rainbow trout, [*Oncorhynchus mykiss*(Walbaum, 1792)]. First use of species

names in the title and Abstract should include common and scientific names as above, but do not require the describing authority and date of authorship.

Use standard sources for species common names, including: Wheeler, A. (1992). A list of the common and scientific names of fishes of the British Isles. *Journal of Fish Biology* **41** (Supplement A) (for British fishes); Wheeler, A.C., Merrett, N.R. & Quigley, D.T.G. (2004). Additional records and notes for Wheeler's (1992) *List of the Common and Scientific Names of Fishes of the British Isles*. *Journal of Fish Biology* **65**, Supplement B (for British fishes); Nelson, J.S., Crossman, E.J., Espinosa-Pérez, H., Findley, L.T., Gilbert, C.R., Lea, R.N. & Williams, J.D. (2004). *Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico*. Committee on Names of Fishes. 6th edn. Bethesda, MD, U.S.A.: American Fisheries Society (for North American fishes; except those covered above for British fishes); Froese, R. & Pauly, D. (Eds) (2010). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org; *FAO Guides for Fisheries Purposes*.

When first using scientific species names the describing authority name appears in parentheses only if the binomial combination of the name has changed since the original description. *Oncorhynchus clarkii* (Richardson 1836) for example, includes the authority name in parentheses because Richardson initially described the species in the genus *Salmo*, under the name *Salmo clarkia*, whereas the name *Salmo marmoratus* Cuvier 1829 is currently recognized exactly as originally named by Cuvier. When the describing authority is Linnaeus, this should be abbreviated to L., e.g. *Cyprinus carpio* L. 1758. The citation for the original description of a species should not be included in the References unless additional specific details (*i.e.* more than just the species name) supplied by that publication are discussed in the manuscript. Use the online *Catalog of Fishes* as the standard authority for species nomenclature and date of description: Eschmeyer, W. N. (Ed.) *Catalog of Fishes* electronic version (5 January 2011). <http://research.calacademy.org/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> After initial use of the species' common and scientific names, subsequent reference to the species should use the scientific name (without describing author or date) NOT the common name. The genus name should be abbreviated to a single letter (*e.g.* *C. carpio* and *O. mykiss*), except at the start of a sentence or where confusion may arise from multiple genera with the same first letter.

When listing synonyms for a species, the following style is required [based in part on Mincarone & Fernholm *Journal of Fish Biology* (2010) **77**, 779-801]:

Eptatretus cirrhatus (Forster 1801)

Homea banksii Fleming 1822: 375 (original description; type locality: South Seas; holotype: unknown)

Bdellostoma heptatrema Müller 1836: 79 (original description; type locality: South seas; holotype: unknown)

Bdellostoma forsteri Müller 1836: 80 (original description; type locality: Queen Charlotte Sound, New Zealand; holotype: unknown). Conel, 1931: 76 *Bdellostoma forsteri* var. *heptatrema*. Müller, 1838: 174 (new combination)

Bdellostoma cirrhatum. Günther, 1870: 511 (in part). Hutton, 1872: 87 (in part). Putnam, 1874: 160 (in part). Günther, 1880: 27

(Note that species names that are modifications of an existing binomial, rather than an original description, are separated from the author name by a full stop, *Bdellostoma cirrhatum*. Günther, 1870: 511 (in part).

The plural 'fish' should be used for the same species, 'fishes' for more than one species.

Any specimens used for taxonomic analyses should, wherever possible, be deposited in appropriate scientific collections (*e.g.* museums and university collections, or private collections when there is good evidence that these are adequately maintained), with identifying catalogue numbers, so that they are accessible to the scientific community for subsequent examination and taxonomic revision. **Namebearing type specimens of taxa that are described in the *Journal of Fish Biology* as new to science must be deposited in recognized national or international institutions that can meet Recommendations 72F.1-5 of the International Code of Zoological Nomenclature (ICZN, 1999) for institutional responsibility.** The chosen institute for deposition of name-bearing type specimens should be able to meet these responsibilities into the foreseeable future. A paratype series may be distributed among more than one recognized national or international institution at the discretion of the authors. This is encouraged for paratype series that include numerous specimens, where the paratype series can be split into two or more representative samples, comprising several specimens that are deposited at different institutions. For examples of recognized national or international institutions see earlier taxonomic publications in the *Journal of Fish Biology*, or check institutions listed in Eschmeyer's *Catalog of Fishes Online*, and see Poss & Collette, *Copeia* **1995**, 48- 70, for U.S. and Canadian institutions. Institutional abbreviations used in manuscripts should follow standard code designations as given in Eschmeyer's *Catalog of Fishes Online* (see link above). Contributors to the *Journal of Fish Biology* should read the Editorial on correct nomenclature in *Journal of Fish Biology* **78**, 1283-1290 (2011)

10. **Genetic nomenclature.** The *Journal* uses the zebrafish system (see <http://zfin.org/zf/info/nomen.html>) for genes and proteins of fish origin. Genes should be in italic lower case text and proteins in non-italic lower case text with the first letter capitalized. If the genes and proteins are of human origin, use the human nomenclature, with genes in upper case italic text and proteins in upper case non-italic text. Contributors to the *Journal of Fish Biology* should read the Editorial on correct nomenclature in *Journal of Fish Biology* **78**, 1283-1290 (2011)

11. **Sequence data.** Manuscripts containing novel amino acid sequences (*e.g.* primer sequences) will only be accepted if they carry an International Nucleotide Sequence Databases (INSD) accession number from the European Biology Laboratory (EMBL), GenBank Data Libraries (GenBank) or DNA Data Bank of Japan (DDBJ). The *Journal of Fish Biology* strongly recommends that when authors deposit data in genetic data banks they include specimen catalogue numbers (for specimens preserved in collections), a note identifying sequences that are derived from type specimens (see 9) and collection locality data. The data base accession number must be given in the Materials and Methods section of the manuscript. For taxonomic papers that refer to sequences derived from specimens preserved in collections (see 9), authors should include a table that clearly links each sequence accession number with the specimen from which it was derived. Sequences from type specimens should also be clearly identified in this Table (*e.g.* **given in bold text**). A nomenclature for genetic sequences for type specimens has been proposed by Chakrabarty (2010) [Chakrabarty, P. (2010). Genotypes: a concept to help integrate molecular phylogenetics and taxonomy *Zootaxa* **2632**, 67-68] and may be used (but is not obligatory): sequences from holotypes are identified *ashologenotypes*, those from topotypes are *topogenotypes*, and the genetic marker(s) used are incorporated into the nomenclature (*e.g.* paragenotype ND2). Lengthy nucleotide sequences will only be published in the text if, in the judgement of the Editor-in-Chief, these results are of general interest and importance. **Where sequences are already published, reference to the original source will suffice.**

12. **RAPD.** Data derived by RAPDs (randomly amplified polymorphic DNAs) technology are frequently not satisfactory and conclusions derived from them unreliable. Papers submitted to the *Journal* should not include data generated by this technique.

13. **Acknowledgement of copyright.** Authors should obtain permission from the copyright owner (usually this is the publisher) to use any figure, table or extended quotation from material that has previously been published. Acknowledgements, however, should cite the author: 'Reproduced with permission from Einstein (1975).

14. **References.**

The list of references should be arranged alphabetically according to the surname of the first author and set out as follows:

Boisvert, C. A. (2005). The pelvic fin and girdle of *Panderichthys* and the origin of tetrapod locomotion. *Nature* **438**, 1145-1147.

Nagahama, Y., Yoshikuni, M., Yamashita, M., Tokumoto, T. & Katsu, Y. (1995). Regulation of oocyte growth and maturation in fish. In *Current Topics in Developmental Biology*, Vol. 30 (Pederson, R. A. & Schatten, G., eds), pp. 103-145. San Diego, CA: Academic Press.

Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*, 4th edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

It is important to include the article's Digital Object Identifier (DOI) (see section 24) in the reference as volume and page information is not always available for articles published online. Please note the following example:

Song, J., Mathieu, A., Soper, R. F. & Popper, A. N. (2006). Structure of the inner ear of bluefin tuna *Thunnus thynnus*. *Journal of Fish Biology* **68**, 1767-1781. doi:10.1111/j.1095-8649.2006.01057.x

The order in the list should be:

- (i). Single authors. Where more than one reference is given for a single author the publications should be listed chronologically.
- (ii). Two authors. These should be arranged first alphabetically, then chronologically. For text citations, use the names of both authors and the year. Do not use *et al.* for two-author references.
- (iii). Three or more authors. These should be arranged chronologically. For all text citations, use the surname of the first author only, followed by *et al.* and the date.

If more than one reference by the same author(s) published in the same year is cited, use *a, b, etc.* after the year in both text and list, *e.g.* (1963*a*). Text citations can be given in either of two ways: (a) with date in parentheses, 'as demonstrated by Jones (1956)'; (b) with names and date in parentheses, 'according to recent findings (Jones, 1956)'. **Where more than one reference is cited in the text these should be in chronological order, e.g.** Smith, 1975; Arnold, 1981; Jones, 1988. **Journal titles must be given in full.** Provide names and initials of **all** authors, the full title of the paper, the volume number and the page numbers. **Authors should check that all citations in the text are in the list of references and vice versa**, and that their dates match. Journal titles, book titles and any other material within the reference list which will be italicized in print should be italicized or underlined in the manuscript.

References must be available in the public domain, *e.g.* 'do not include grey' literature.

List electronic references separately, under the heading **Electronic References**, and set out as follows:

ICES (2001). Report of the Northern Pelagic and Blue Whiting Fisheries Working Group. *ICES CM 2001/ACFM:17*. Available at <http://www.ices.dk/reports/acfm/2001/wgnpbw/wgnpbw01.pdf> (last accessed 6 April 2010).

All articles on Wiley Online Library (<http://wileyonlinelibrary.com>) include full details on how to cite the article.

15. Supporting Information. As a service to authors and readers, the *Journal of Fish Biology* will host supporting information online. Supporting Information files are hosted by the Publisher in the format supplied by the author and are not copy-edited by the Publisher. **It is the responsibility of the author to supply Supporting Information in an appropriate file format and to ensure that it is accurate and correct. Authors should therefore prepare Supporting Information with the same rigour as their main paper, including adherence to journal style (e.g. formatting of references).** Supporting Information can be provided as separate files or as one combined file. Authors are discouraged from supplying very large files or files in non-standard file formats, both of which may reduce their use to the readership. Files should be prepared without line numbers or wide line spacing, and with all track-change edits accepted. Supporting Information files containing videos and animations are accepted.

16. Ethics. Contributors to the *Journal of Fish Biology* must read the Editorials on ethics in *Journal of Fish Biology* **68**, 1-2 (2006) and *Journal of Fish Biology* **78**, 393-394 (2011). They will be required to complete a questionnaire on submission of their paper.

17. Reviews. Reviews should be concise, critical and creative. They should seek to stimulate topical debate and new research initiatives. Prospective authors are asked to submit a synopsis (two pages maximum) of their paper to an Associate Editor. The Editor-in-Chief can be consulted to advise on the appropriate Associate Editor to be approached. The synopsis should outline why the review is topical, its main points and objectives, and how it will stimulate debate and research. When the proposal has been accepted by an Associate Editor, he or she will invite the author to submit a manuscript, following the Instructions for Authors, within an agreed time limit.

18. Brief Communications. A Brief Communication may be concerned with any subject within the scope of the *Journal of Fish Biology* but should be **confined to a single point or issue of progress**, such as an unusual occurrence, an interesting observation, or a topical and timely finding. The manuscript must, however, have some relevance beyond the species or locality under consideration. To qualify for inclusion as a Brief Communication a paper **must be short (five printed pages maximum; c. 2500 words)**. An abstract of not more than three sentences is required. **No subheadings or subdivisions should be included.** In other respects submitted manuscripts should comply with the instructions given above.

19. Letters. **These must be very short (one and a half printed pages maximum; c. 750 words)** and deal with single significant finding or point for discussion that needs rapid publication. Include title page, abstract (one or two sentences) and key words, main text and references (no tables or figures).

20. Occasional Comments. Comments concerning recent published papers in the *Journal* may be considered by the Editor-in-Chief. The comments will be sent to the original authors to provide an opportunity for reply. Publication of the Comment and Reply will end the debate.

21. Acceptance of papers. Papers will normally be critically reviewed by two or more independent experts in the relevant discipline and evaluated for publication by the Editors, but the Editors may return to authors without

review any manuscripts deemed to be of inadequate quality or inappropriate for the *Journal of Fish Biology*. The final decision to accept a paper will be made by the Editor-in-Chief.

22. **Copyright.** Authors submitting a manuscript do so on the understanding that, if it is accepted for publication, the licence to publish the article, including the right to reproduce the article in all forms and media, shall be assigned exclusively to the FSBI. The submission of an exclusive licence to publish is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production until this has been received. The Exclusive Licence Form can be downloaded from the home page at <http://jfb.edmgr.com>. This should be signed by the appropriate person(s) and must be sent offline, by post, to the Managing Editor. **Authors are themselves responsible for obtaining permission to reproduce copyright material from other sources.**

23. **Online Open.** OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form.

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the *Journal's* standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

24. **Proofs and offprints.** Proofs are downloaded as a PDF file from a designated web site. Full details will be sent to the corresponding author by email. Therefore, a working email address must be provided. Proofs should be returned to the Managing Editor within 3 days of receipt. Free access to the final PDF offprint of the article will be available *via* author services only. Authors must therefore sign up for author services to access the article PDF offprint and enjoy the many other benefits the service offers. In addition to this electronic offprint, paper offprints may be ordered online. Full instructions for ordering paper offprints will be sent with the proofs. Any queries regarding offprints should be emailed to: offprint@cosprinters.com. Paper offprints are normally dispatched within 3 weeks of publication of the issue in which the paper appears. Please contact the publishers if offprints do not arrive; however, please note that offprints are sent by surface mail, so overseas orders may take up to 6 weeks to arrive.

25. **Early View.** *Journal of Fish Biology* is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. Early View articles are complete and final, and no changes can be made after online publication. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Early View articles lack a volume, an issue and page numbers, and cannot be cited in the traditional way. Instead they have a DOI, which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article.

26. **Author material archive policy.** Please note that unless specifically requested, Wiley-Blackwell will dispose of all hard copy or electronic material 2 months after publication. If the return of any submitted material is required, the Managing Editor or Production Editor must be informed as soon as possible.

27. **Queries.** Contact the Managing Editor at journal.fishbiology@bopenworld.com.