



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

LETÍCIA FREITAS RODRIGUES

**PROVISIONAMENTO MATERNO EM *Jenynsia* (CYPRINODONTIFORMES:
ANABLEPIDAE): VARIAÇÕES E IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO DA VIVIPARIDADE**

PORTO ALEGRE
2023

LETÍCIA FREITAS RODRIGUES

**PROVISIONAMENTO MATERNO EM *Jenynsia* (CYPRINODONTIFORMES:
ANABLEPIDAE): VARIAÇÕES E IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO DA VIVIPARIDADE**

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 Comparada

Orientador(a): Profa. Dra. Clarice Bernhardt Fialho

Coorientador(a): Profa. Dra. Júlia Giora

PORTO ALEGRE

2023

LETÍCIA FREITAS RODRIGUES

**PROVISIONAMENTO MATERNO EM *Jenynsia* (CYPRINODONTIFORMES:
ANABLEPIDAE): VARIAÇÕES E IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO DA VIVIPARIDADE**

Aprovada em __ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Dr/a. Avaliador/a 1

Dr/a. Avaliador/a 2

Dr/a. Avaliador/a 3

Dedico este trabalho aos meus orixás, que são meus guias espirituais desde que nasci e ao meu pai César Luiz Mendes Rodrigues (in memoriam) que eu amarei para sempre e que não para de me inspirar nem por um segundo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a minha família, especialmente a minha mãe Tânia e meu irmão Heitor que sempre me amaram e me apoiaram de maneira incondicional, muito antes de iniciar minha jornada acadêmica. Sem o cuidado de o zelo dos dois eu jamais conseguiria sequer chegar ao mestrado.

Agradeço também ao meu noivo, Arthur, que me ensinou o que é uma relação de cumplicidade e amor durante 10 anos, e a sua família, que sempre me acolheu com muito carinho e compaixão, em especial meus sogros, Niura e Hilário.

Aos meus queridos amigos e amigas que me proporcionaram boas risadas, ter momentos ótimos de descontração, mas que quando as coisas se tornavam complicadas, foram um ombro amigo e um apoio para todas as horas. Em especial, minhas amigas Tanara e Fernanda que são como irmãs pra mim e que pretendo mantê-las na minha vida sempre

Aos meus colegas de trabalho da escola municipal de ensino fundamental Capitão Gentil Machado de Godoy, que me abraçaram e aconselharam durante todo o período que eu estive na escola lecionando, e aos meus queridos alunos que muitas vezes me fizeram rir com as bobagens ditas em aula, fazendo eu voltar a ser adolescente, ainda que por um breve período.

Aos professores do PPG Biologia Animal que me auxiliaram muito nessa jornada, mas principalmente à professora Helena Romanowski e Maria João Ramos Pereira.

Ao laboratório de Ictiologia, em especial as minha orientadoras Clarice e Júlia. Desde a graduação sendo fonte de inspiração e força dentro da universidade, mostrando como nos mulheres mesmo nas adversidades somos capazes de fazer pesquisa de qualidade. Também agradeço aos professores Luiz Malabarba, Juliano, André e Juliana e as colegas de pós Nathana e Lorena por sempre me auxiliarem em momentos de dúvida, em coletas e também pelas conversas agradáveis nos corredores e/ou restaurante universitário.

“Quando a mulher negra se movimenta, toda a estrutura da sociedade se movimenta com ela”

(Angela Davis)

RESUMO

Viviparidade é um modo reprodutivo comum entre os vertebrados. Sabe-se que esse traço evoluiu cerca de 160 vezes ao longo da história do grupo, sendo uma adaptação que permite a expansão geográfica de uma espécie, uma vez que fêmeas grávidas podem colonizar novos ambientes com mais facilidade do que fêmeas ovíparas. Entre os peixes ósseos, a viviparidade tem surgido independentemente, no mínimo, em 13 clados. A viviparidade pode ser tanto lecitotrófica, com embrião se alimentando de nutrientes do vitelo, quanto matrotrófica, com embrião se alimentando de nutrientes de origem materna. São classificados diferentes níveis de matrotrofia considerando a dependência dos embriões à nutrição proveniente do corpo materno. Neste sentido, diferentes tipos de “placentas” evoluíram para a transferência de substâncias (nutrientes, gases e resíduos) e manutenção do embrião dentro do ovário, uma vez que em peixes vivíparos, a falta de um ducto Mülleriano implica em ovos sendo fertilizados e retidos no ovário da fêmea (fisiologicamente equivalente ao útero dos mamíferos). Essas características também podem variar de acordo com o fenótipo materno, que vai determinar as diferentes estratégias de fecundidade e provisionamento de acordo também com o ambiente externo. Dentre os peixes de água doce da região neotropical, a família Anablepidae constitui um grupo monofilético com 19 espécies válidas distribuídas em três gêneros. O gênero *Jenynsia*, pertencente à família Anablepidae, é um grupo de peixes vivíparos, com fecundação interna. Eles se encontram no sul da região neotropical. O gênero é dividido entre dois subgêneros: *Jenynsia* e *Plesiojenynsia*. O objetivo do trabalho é investigar e comparar os padrões de provisionamento materno em três espécies do sul da região neotropical: *Jenynsia (Jenynsia) lineata*, *Jenynsia (Plesiojenynsia) eirmostigma* e *Jenynsia (Plesiojenynsia) unitaenia*. Para o estudo, foram analisadas características da fêmea como, o comprimento padrão, peso seco, percentual de gordura e peso magro em relação ao peso seco dos embriões e a fecundidade. Além disso, foi calculado o Índice de Matrotrofia (IM), que é o peso seco estimado dos embriões ao nascer, dividido pelo peso seco estimado dos embriões no momento da fertilização. As estimativas são calculadas a partir do peso seco do embrião em relação às fases de desenvolvimento embrionário. Foi visto que todas as espécies de *Jenynsia* têm um alto grau de matrotrofia, mas com diferenças expressivas, principalmente com *J. eirmostigma* se destacando das demais espécies, com o maior IM. Nenhuma das características testadas mostrou relação com o IM. *Jenynsia lineata* demonstrou ser a espécie com maior fecundidade relativa. Além disso, essa característica, na espécie, mostrou ter uma relação significativa com a

proporção de gordura, comprimento padrão e peso seco do ovário. Para *J. unitaenia*, a fecundidade mostrou uma relação somente com o peso seco do ovário. Para *J. eirmostigma* a fecundidade não mostrou relação com nenhuma característica. Em conclusão, foi possível indicar que o IM e a fecundidade são traços fenotípicos e plásticos com variações entre as espécies, mas também com variações entre indivíduos e possivelmente em populações. No trabalho foi possível inferir as diferenças relacionadas a viviparidade entre *Jenynsia* e *Plesiojenynsia*. A compreensão de como ocorre o provisionamento materno da família Anablepidae é importante para entender como a viviparidade evoluiu dentro do grupo.

Palavras-chave: Matrotrofia, Índice Matrotrófico, Fecundidade

ABSTRACT

Viviparity is a common reproductive mode among vertebrates. It's known that this trait has evolved approximately 160 times throughout the history of the group, serving as an adaptation that facilitates the geographic expansion of a species. Pregnant females can colonize new environments more easily than oviparous females. Among bony fishes, viviparity has independently emerged in at least 13 clades. Viviparity can be either lecithotrophic, with the embryo feeding on yolk nutrients, or matrotrophic, with the embryo feeding on maternal-derived nutrients. Different levels of matrotrophy are classified based on the embryo's dependence on maternal nutrition. In this context, various types of "placentas" have evolved for the transfer of substances (nutrients, gases, and waste) and the maintenance of the embryo within the ovary. In viviparous fishes, eggs are fertilized and retained in the female's ovary (physiologically equivalent to the uterus in mammals). These characteristics can also vary according to the maternal phenotype, determining different reproductive strategies and provisioning based on the external environment. Among freshwater fishes in the Neotropical region, the family Anablepidae constitutes a monophyletic group with 19 valid species distributed across three genera. The genus *Jenynsia*, belonging to the family Anablepidae, is a group of viviparous fishes with internal fertilization. They are located in the southern Neotropical. The genus is divided into two subgenera: *Jenynsia* and *Plesiojenynsia*. The objective of this study is to investigate and compare maternal provisioning patterns in three species from the southern neotropical region: *Jenynsia (Jenynsia) lineata*, *Jenynsia (Plesiojenynsia) eirmostigma*, and *Jenynsia (Plesiojenynsia) unitaenia*. For the study, female characteristics such as standard length, dry weight, percentage of fat, and lean weight relative to embryo dry weight and fecundity were analyzed. Additionally, the Matrotrophy Index (MI) was calculated, representing the estimated dry weight of the embryos at birth divided by the estimated dry weight of the embryos at fertilization. Estimates are based on the dry weight of the embryo in relation to different stages of embryonic development. It was observed that all *Jenynsia* species exhibit a high degree of matrotrophy, but with significant differences, especially with *J. eirmostigma* standing out from the other species with the highest MI. None of the tested characteristics showed a relationship with MI. *J. lineata* demonstrated to be the species with the highest relative fecundity, and this characteristic showed a significant relationship with the proportion of fat, standard length, and dry weight of the ovary. For *J. unitaenia*, fecundity showed a relationship only with the dry weight of the ovary. For *J. eirmostigma*, fecundity showed no relationship with any characteristic. In conclusion, it was possible to indicate that MI and fecundity are phenotypic and plastic traits with variations among

species, as well as variations among individuals and possibly populations. The study inferred differences related to viviparity between *Jenynsia* and *Plesiojenynsia*. Understanding how maternal provisioning occurs in the family Anablepidae is crucial for comprehending the evolution of viviparity within the group.

Keywords: Matrotrophy, Matrotrophic Index, Fecundity

SUMÁRIO

i	RESUMO	7
ii	ABSTRACT	9
1.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	12
2.	INTRODUÇÃO	12
3.	OBJETIVO.....	15
I.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4.	REFERÊNCIAS:.....	16
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
6.	APÊNDICE	20
6.1	FIGURAS.....	20
6.2	TABELAS	27

1. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Redigida conforme normas estipuladas por Neotropical Ichthyology (Official Journal of the Sociedade Brasileira de Ictiologia): <https://www.ni.bio.br>

2. INTRODUÇÃO GERAL

A viviparidade é um modo reprodutivo em que a fêmea retém o embrião dentro de alguma cavidade do corpo, gerando uma prole capaz de sobreviver em vida livre (Blackburn, 1999). É um modo reprodutivo frequentemente atribuído a mamíferos. Entretanto, dentro dos vertebrados o traço evoluiu cerca de 160 vezes, sendo observado em condrictes, teleósteos, anfíbios, lagartos e serpentes de variadas espécies (Blackburn, 1999). É possível encontrar animais vivíparos em diversos ambientes, diferentes temperaturas, e com variados modos de alimentação, sendo uma adaptação que permite maior expansão geográfica, uma vez que fêmeas grávidas podem colonizar novos ambientes com mais facilidade do que fêmeas ovíparas (Pérez, 2010; Helmstetter et al., 2016)

Em Osteichthyes, mais de 90% das origens da viviparidade surgiram em grupos ovíparos nos quais a fertilização interna era uma característica ancestral (Blackburn, 1999, 2015). Em Teleostei, a fertilização interna é conhecida até agora em 15 famílias do táxon Euteleosteomorpha e Otomorpha (Fukakusa et al., 2020). Segundo Saldívar-Lemus, Macías Garcia (2022), a fertilização interna em vertebrados pode ter ocorrido pela competição entre machos para a fertilização dos óvulos da fêmea ou uma transição de cuidado parental para um cuidado maternal, principalmente em peixes e anfíbios. Em peixes Cyprinodontiformes vivíparos há presença de algumas estruturas de transferência de esperma, sendo a mais conhecida a presença do gonopódio nos machos. Na tribo Poeciliinae, o gonopódio pode apresentar estruturas de contato e aderência, tais como espinhos ou ganchos (Greven, 2005). Além disso, o poro genital da fêmea, outra estrutura muito importante na cópula, provavelmente evoluindo em conjunto com o gonopódio, possui diferentes estruturas associadas, como papilas que se comunicam diretamente com o gonoducto (Greven, 2005). No gênero *Phalloceros* essas estruturas estão associadas a um processo de seleção sexual. (Thomaz et al., 2019).

O entendimento de como ocorrem os mecanismos de nutrição fetal de alguns vertebrados vivíparos ainda é incompleto. Sabe-se que a viviparidade pode ser tanto lecitotrófica como matrotrófica (Blackburn, 2015). A lecitotrofia ocorre quando o embrião obtém seus nutrientes exclusivamente a partir de um vitelo, enquanto a matrotrofia é quando o organismo materno fornece

esses nutrientes ao embrião além dos já disponíveis no ovo (Wourms, 1981; Blackburn, 1992). Entretanto, essas duas classificações representam extremos de um contínuo, já que as espécies podem ter nutrientes vindos de ambas as formas (Wourms, 1981; Blackburn, 1999, 2015; Mank et al., 2005). Algumas condições podem afetar a matrotrofia, bem como o tamanho da prole durante a gestação, tais como a disponibilidade de alimento e a predação das fêmeas grávidas, prejudicando de alguma forma o embrião (Pollux, Reznick, 2011; Gorini-Pacheco et al., 2018;).

Como existem diferentes níveis de matrotrofia devido aos diversos graus de dependência dos embriões de nutrição proveniente do corpo materno, diferentes tipos de “placentas” evoluíram para a transferência de substâncias (nutrientes, gases e resíduos) e manutenção do embrião dentro do ovário (Blackburn, 2015). Em peixes vivíparos, os ovócitos são fertilizados e retidos no ovário da fêmea (fisiologicamente equivalente a placenta dos mamíferos). (Wourms, 1981; Kunz, 2004; Blackburn, 2015;). Essas estruturas de nutrição do embrião vão variar dependendo da família, do gênero e até da espécie, conforme o nível de matrotrofia e superfetação dessa espécie. Olivera-Tlahuel et al. (2019) descrevem que em Poeciliidae, placentas mais complexas, com presença de estruturas como microvilosidades e vesículas em maior número e tamanho, são observadas em espécies que possuem graus de superfetação e de matrotrofia mais elevados se comparadas com aquelas que apresentam menor grau de superfetação e embriões menos dependentes dos nutrientes maternos.

Segundo Turner (1940a) a superfetação, isto é, a capacidade de carregar mais de uma ninhada por gestação, é outra característica relacionada à viviparidade. Ela resulta da combinação dos seguintes fatores: (1) processos independentes de diferenciação dos oócitos e de maturação dos óvulos em um ovário já grávido; (2) fertilização do oócito ocorre dentro dos folículos ovarianos; (3) ciclos reprodutivos curtos e frequentemente repetidos em que a maturação de novos oócitos se sobrepõe ao período de gestação anterior; (4) o comportamento reprodutivo da fêmea proporciona receptividade ao macho mesmo enquanto a fêmea ainda está grávida; (5) a produção de esperma nos testículos do macho é quase contínua; ou (6) o ovário tem a capacidade de armazenar espermatozoides viáveis por longos períodos de tempo (Turner, 1940a). As espécies com superfetação têm o número de embriões por ninhada reduzido em comparação com espécies que não apresentam essa tática reprodutiva, além de um menor intervalo de tempo entre as ninhadas (Turner, 1940a). Superfetação pode ocorrer tanto em espécies matrotróficas, quanto em espécies lecitotróficas, sendo um evento independente dessas condições. (Reznick et al., 2007).

Características maternas também podem representar uma variável importante para o provisionamento de nutrientes da mãe para os filhotes, bem como para o fenótipo da prole em resposta ao ambiente (Marshall, Keough, 2008; Mousseau, Fox, 1998; Hagmayer et al., 2018;). Além disso, estudos adicionais demonstram a plasticidade do índice matrotrofico e da fecundidade em resposta a fatores como disponibilidade de alimentos (Pires et al., 2007; Banet et al., 2010; Pollux, Reznick, 2011), densidade populacional (Leips, Travis, 1999), mortalidade específica de acordo com a idade (Reznick et al., 1996), intensidade de predação (Reznick, Endler, 1982; Reznick et al., 1990), níveis de salinidade (Gomes, Monteiro, 2007), concentração de compostos tóxicos (Riesch et al., 2010b, 2010a), temperatura (Snelson et al., 1986; Vondracek et al., 1988) e velocidade do fluxo da água (Zúñiga-Vega et al., 2007).

Em peixes ósseos, a viviparidade surgiu pelo menos em 13 clados (Blackburn, 2015). Mank, Avise (2006) utilizando uma análise filogenética para Atherinomorpha (grupo que inclui os Cyprinodontiformes, Beloniformes e Atheriniformes) confirmam o surgimento independente da viviparidade em pelo menos 4 clados cujas espécies atuais são em sua maioria vivíparas. Na ordem Cyprinodontiformes a viviparidade evoluiu três vezes: em Poeciliidae, Anablepinae e Goodeidae (Mank, Avise, 2006). A família Anablepidae compreende 3 gêneros atuais, sendo esses: *Oxyzygonectes* Fowler, 1916; *Anableps* Scopoli e 1777, *Jenynsia* Günther, 1866 e que ocorrem respectivamente no México e América Central, região norte da América do Sul, e ao sul da América do Sul (Amorim, 2018). A subfamília Anablepinae, dos quais os gêneros *Jenynsia* e *Anableps* fazem parte, apresenta gonopódio e fertilização interna, enquanto o gênero *Oxyzygonectes*, único representante da subfamília Oxyzygonectinae, não possui esta estrutura e tem fertilização externa (Parenti, 1981; Pérez, 2010).

O gênero *Anableps* possui 3 espécies, sendo elas: *Anableps dowei* Gill, 1861, *Anableps microlepis* Müller & Troschel; 1844 e *Anableps anableps* (Linnaeus, 1758). Similar como ocorre com a família Poeciliidae, no gênero *Anableps* os embriões ficam retidos dentro dos folículos (Turner, 1938; Knight et al., 1985).

O gênero *Jenynsia* Günther, 1866 é um grupo de peixes vivíparos, com fecundação interna (Ghedotti, 1998). Estão presentes no sul da região neotropical, sendo o gênero mais amplamente distribuído de Anablepidae (Amorim, 2018). As espécies ocupam diversos tipos de habitats, desde ambientes de água doce, estuários, águas salobras, ambiente marinhos e até ambientes extremos, ricos em sulfeto (Ghedotti, Weitzman, 1995; Aguilera et al., 2013, 2019). O grupo é subdividido em dois subgêneros. *Plesiojenynsia* (Ghedotti, 1998), contendo cinco espécies: *Jenynsia diphyes*

Lucinda, Ghedotti & Graça, 2006; *Jenynsia eigenmanni* (Haseman, 1911); *Jenynsia eirmostigma* Ghedotti & Weitzman, 1995; *Jenynsia unitaenia* Ghedotti & Weitzman, 1995; *Jenynsia weitzmani* Ghedotti, Meisner & Lucinda, 2001; subgênero *Jenynsia* contendo nove espécies: *Jenynsia darwini* Amorim, 2018; *Jenynsia lineata* (Jenyns, 1842); *Jenynsia luxata* Aguilera, Mirande, Calviño & Lobo, 2013; *Jenynsia maculata* Regan, 1906; *Jenynsia obscura*; *Jenynsia onca* Lucinda, Reis & Quevedo, 2002; *Jenynsia sanctaecatarinae* Ghedotti & Weitzman, 1996; *Jenynsia sulfurica* Aguilera, Terán, Mirande, Alonso, Rometsch, Meyer & Torres-Dowdall, 2019; e *Jenynsia tucumana* Aguilera & Mirande, 2005. Nas espécies desse gênero os embriões são fertilizados dentro dos folículos e quando atingem o nível de blástula se dirigem ao lúmen do ovário, envoltos de líquido ovariano. (Turner, 1940b). Lá a relação mãe-embrião é dependente de estruturas, como vesículas, epitélio com diversas vilosidades e capilares densos do lado materno e um tegumento fino com rede capilar entrelaçada do lado embrionário (Turner, 1940b; Schindler, de Vries, 1988). Essas estruturas servem para auxiliar nas trocas gasosas e nutricionais (Turner, 1940b; Schindler, de Vries, 1988).

3. OBJETIVO

O estudo tem como objetivo analisar as características maternas, como peso magro, proporção de gordura e comprimento padrão, em três espécies de *Jenynsia* – *J. lineata*, *J. eirmostigma* e *J. unitaenia* - e compará-las com o padrão de crescimento embrionário e a fecundidade. A principal justificativa para a realização do trabalho foi a pouca quantidade de informações sobre a viviparidade do gênero *Jenynsia*.

I. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir os graus de matrotrofia com base nos resultados do Índice Matrotrófico;
- estabelecer os valores de fecundidade;
- investigar a presença de superfetação e o número de estágios de desenvolvimento embrionário simultâneos nas fêmeas;
- estabelecer relações entre o Índice Matrotrófico e características das fêmeas como comprimento padrão, variações de peso magro e proporção de gordura;
- estabelecer relações entre a fecundidade e características das fêmeas como comprimento padrão, variações de peso magro e proporção de gordura;
- comparar essas características reprodutivas dentro dos dois subgêneros de *Jenynsia*: *Jenynsia* e *Plesiojenynsia*.

4. REFERÊNCIAS:

- Aguilera G, Mirande JM, Calviño PA, Lobo LF. *Jenynsia luxata*, a new species from northwestern argentina, with additional observations of *J. maculata* regan and phylogeny of the genus (Cyprinodontiformes: Anablepidae). *Neotropical Ichthyology*. 2013; 11(3). doi: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252013000300009>.
- Aguilera G, Terán GE, Mirande JM, Alonso F, Rometsch S, Meyer A, et al. Molecular and morphological convergence to sulfide-tolerant fishes in a new species of *Jenynsia* (Cyprinodontiformes: Anablepidae), the first extremophile member of the family. *PLoS One*. 2019; 14(7). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218810>.
- Amorim P. *Jenynsia lineata* species complex, revision and new species description (Cyprinodontiformes: Anablepidae). *J Fish Biol*. 2018; 92(5). doi: <https://doi.org/10.1111/jfb.13587>.
- Banet AI, Au AG, Reznick DN. Is mom in charge? Implications of resource provisioning on the evolution of the placenta. *Evolution (N Y)*. 2010; 64(11). doi: <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.01059.x>.
- Blackburn DG. Evolution of vertebrate viviparity and specializations for fetal nutrition: A quantitative and qualitative analysis. *J Morphol*. 2015; 276(8). doi: <https://doi.org/10.1002/jmor.20272>.
- Blackburn DG. Viviparity and oviparity: Evolution and reproductive strategies. *Encyclopedia of Reproduction*, vol. 4. 1999.
- Fukakusa CK, Mazzoni TS, Malabarba LR. Zygoparity in characidae-the first case of internal fertilization in the teleost cohort otomorpha. *Neotropical Ichthyology*. 2020; 18(1). doi: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2019-0042>.
- Ghedotti MJ. Family Anablepidae (Four-eyed fishes, onesided livebearers and the white eye). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America* RE Reis, SO Kullander, and CJ Ferraris, JR(Eds) Edipucrs, Porto Alegre, Brazil. 2003:582–5.
- Ghedotti MJ, Weitzman SH. Descriptions of Two New Species of *Jenynsia* (Cyprinodontiformes: Anablepidae) from Southern Brazil. *Copeia*. 1995; 1995(4). doi: <https://doi.org/10.2307/1447043>.
- Gomes JL, Monteiro LR. Size and fecundity variation in populations of *Poecilia vivipara* Block & Schneider (Teleostei; Poeciliidae) inhabiting an environmental gradient. *J Fish Biol*. 2007; 71(6). doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01653.x>.
- Greven H. Structural and Behavioral Traits Associated with Sperm Transfer in Poeciliinae. *Viviparous Fishes*. 2005.
- Hagmayer A, Furness AI, Reznick DN, Pollux BJA. Maternal size and body condition predict the amount of post-fertilization maternal provisioning in matrotrophic fish. *Ecol Evol*. 2018; 8(24). doi: <https://doi.org/10.1002/ece3.4542>.
- Helmstetter AJ, Papadopoulos AST, Igea J, Van Dooren TJM, Leroi AM, Savolainen V. Viviparity stimulates diversification in an order of fish. *Nat Commun*. 2016; 7. doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms11271>.
- Knight FM, Lombardi J, Wourms JP, Burns JR. Follicular placenta and embryonic growth of the viviparous four-eyed fish (*Anableps*). *J Morphol*. 1985; 185(1). doi: <https://doi.org/10.1002/jmor.1051850110>.
- Leips J, Travis J. The comparative expression of life-history traits and its relationship to the numerical

- dynamics of four populations of the least killifish. *Journal of Animal Ecology*. 1999; 68(3). doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1999.00311.x>.
- Mank JE, Avise JC. Supertree analyses of the roles of viviparity and habitat in the evolution of atherinomorph fishes. *J Evol Biol*. 2006; 19(3). doi: <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2005.01060.x>.
- Marshall DJ, Keough MJ. The relationship between offspring size and performance in the sea. *American Naturalist*. 2008; 171(2). doi: <https://doi.org/10.1086/524954>.
- Mousseau TA, Fox CW. The adaptive significance of maternal effects. *Trends Ecol Evol*. 1998; 13(10). doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01472-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01472-4).
- Olivera-Tlahuel C, Moreno-Mendoza NA, Villagrán-Santa Cruz M, Zúñiga-Vega JJ. Placental structures and their association with matrotrophy and superfetation in poeciliid fishes. *Acta Zoologica*. 2019; 100(2). doi: <https://doi.org/10.1111/azo.12244>.
- Parenti LR. A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform fishes (Teleostei: Atherinomorpha) .
- Pérez HE. The Distribution of Viviparous Fishes . In: Uribe MC, Grier HJ, editors. *Viviparous Fishes II*. Homestead, Flórida, USA : 2010. p.15–24.
- Pires MN, McBride KE, Reznick DN. Interpopulation variation in life-history traits of *Poeciliopsis prolifica*: Implications for the study of placental evolution. *J Exp Zool A Ecol Genet Physiol*. 2007; 307(2). doi: <https://doi.org/10.1002/jez.a.356>.
- Pollux BJA, Reznick DN. Matrotrophy limits a female's ability to adaptively adjust offspring size and fecundity in fluctuating environments. *Funct Ecol*. 2011; 25(4). doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01831.x>.
- Reznick D, Endler JA. The Impact of Predation on Life History Evolution in Trinidadian Guppies (*Poecilia reticulata*). *Evolution (N Y)*. 1982; 36(1). doi: <https://doi.org/10.2307/2407978>.
- Reznick D, Meredith R, Collette BB. Independent evolution of complex life history adaptations in two families of fishes, live-bearing halfbeaks (Zenarchopteridae, Beloniformes) and Poeciliidae (Cyprinodontiformes). *Evolution (N Y)*. 2007; 61(11). doi: <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00207.x>.
- Reznick DA, Bryga H, Endler JA. Experimentally induced life-history evolution in a natural population. *Nature*. 1990; 346(6282). doi: <https://doi.org/10.1038/346357a0>.
- Reznick DN, Butler IV MJ, Rodd FH, Ross P. Life-history evolution in guppies (*Poecilia reticulata*) 6. Differential mortality as a mechanism for natural selection. *Evolution (N Y)*. 1996; 50(4). doi: <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1996.tb03937.x>.
- Riesch R, Plath M, García De León FJ, Schlupp I. Convergent life-history shifts: Toxic environments result in big babies in two clades of poeciliids. *Naturwissenschaften*. 2010a; 97(2). doi: <https://doi.org/10.1007/s00114-009-0613-y>.
- Riesch R, Plath M, Schlupp I. Toxic hydrogen sulfide and dark caves: Life-history adaptations in a livebearing fish (*Poecilia mexicana*, Poeciliidae). *Ecology*. 2010b; 91(5). doi: <https://doi.org/10.1890/09-1008.1>.

Saldívar-Lemus Y, Macías García C. Conflict and the evolution of viviparity in vertebrates. *Behav Ecol Sociobiol.* 2022; 76(5). doi: <https://doi.org/10.1007/s00265-022-03171-z>.

Schindler JF, de Vries U. Ovarian structural specializations facilitate aplacental matrotrophy in *Jenynsia lineata* (cyprinodontiformes, osteichthyes). *J Morphol.* 1988; 198(3). doi: <https://doi.org/10.1002/jmor.1051980307>.

Snelson FF, Wetherington JD, Large HL. The Relationship between Interbrood Interval and Yolk Loading in a Generalized Poeciliid Fish, *Poecilia latipinna*. *Copeia.* 1986; 1986(2). doi: <https://doi.org/10.2307/1444990>.

Thomaz AT, Carvalho TP, Malabarba LR, Knowles LL. Geographic distributions, phenotypes, and phylogenetic relationships of *Phalloceros* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae): Insights about diversification among sympatric species pools. *Mol Phylogenet Evol.* 2019; 132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.12.008>.

Turner CL. Superfetation in Viviparous Cyprinodont Fishes. *Copeia.* 1940a; (2). doi: <https://doi.org/10.2307/1439048>.

Turner CL. Adaptations for viviparity in jenynsiid fishes. *J Morphol.* 1940b; 67(2). doi: <https://doi.org/10.1002/jmor.1050670205>.

Turner CL. Adaptations for viviparity in embryos and ovary of *Anableps Anableps*. *J Morphol.* 1938; 62(2). doi: <https://doi.org/10.1002/jmor.1050620208>.

Vondracek B, Wurtsbaugh WA, Cech JJ. Growth and reproduction of the mosquitofish, *Gambusia affinis*, in relation to temperature and ration level: consequences for life history. *Environ Biol Fishes.* 1988; 21(1). doi: <https://doi.org/10.1007/BF02984442>.

Wourms JP. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. *Integr Comp Biol.* 1981; 21(2). doi: <https://doi.org/10.1093/icb/21.2.473>.

Zúñiga-Vega J, N. Reznick D, B. Johnson J. Habitat predicts reproductive superfetation and body shape in the livebearing fish *Poeciliopsis turrubarensis*. *Oikos.* 2007; 116(6). doi: <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15763.x>.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as informações sobre o provisionamento materno e as estratégias reprodutivas das espécies de *Jenynsia lineata*, *Jenynsia eirmostigma* e *Jenynsia unitaenia*, é evidente que as espécies apresentam uma variedade complexa de adaptações para otimizar o sucesso reprodutivo. Essas adaptações podem tanto estar relacionadas com condições ambientais, como também com relações filogenéticas, comparando com os dois subgêneros. A constatação de um modelo exponencial para explicar o crescimento do peso do embrião nas espécies, bem como os altos valores de índice matrotófico destacam a importância contínua do provisionamento materno durante o desenvolvimento embrionário (Figura 9)

Além disso, a falta de relevância do comprimento padrão, peso magro e proporção de gordura na mudança de peso do embrião entre as espécies de *Jenynsia* indica a presença de outros elementos cruciais não considerados na análise ou da necessidade de uma amostra maior para entender os padrões de provisionamento.

A observação de *Jenynsia eirmostigma* revelando embriões em diferentes estágios de desenvolvimento entre os ovários das fêmeas sugere a possibilidade de superfecundação, nunca antes encontrada no gênero, embora a sobrevivência desses embriões seja limitada devido a possíveis interações complexas entre a fêmea e os embriões. (Figura 10)

A relação positiva entre o comprimento padrão e a fecundidade em *J. lineata*, juntamente com a observação de um investimento diferenciado no tamanho dos embriões em *J. eirmostigma*, destaca a diversidade de estratégias reprodutivas adotadas por essas espécies para enfrentar desafios específicos do ambiente. Além disso, a influência do peso seco do ovário na fecundidade ressalta a importância das estruturas de provisionamento mãe-embrião na alocação de recursos durante o ciclo reprodutivo. O efeito negativo da proporção de gordura na fecundidade, especialmente em *J. lineata*, enfatiza a existência de trade-offs complexos entre o número e o tamanho dos embriões, indicando a presença de compensações adaptativas que visam maximizar o sucesso reprodutivo sob condições ambientais variáveis.

Até então esse é o primeiro trabalho que relata de forma abrangente os padrões de provisionamento materno dentro do grupo *Jenynsia*. É esperado que o trabalho possa elucidar a evolução da viviparidade dentro do grupo, bem como dentro da família Anablepidae. Ainda é necessários mais estudos sobre o tema, principalmente, utilizando outras espécies do táxon, considerando tanto a morfologia, filogenia e nicho ecológico das espécies.

6. APÊNDICE

6.1 FIGURAS

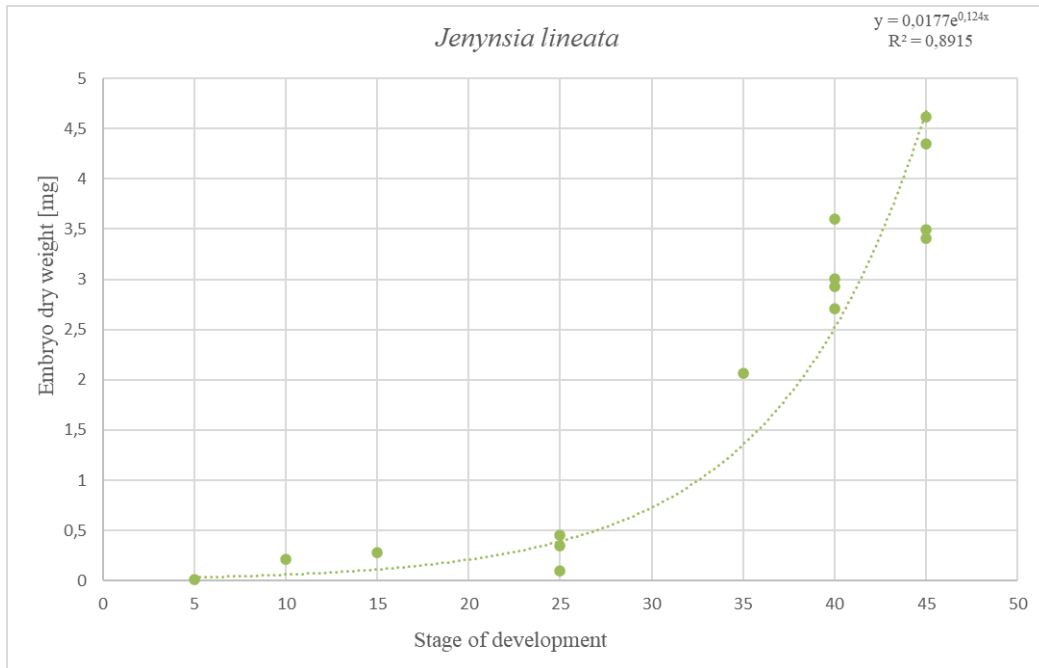


Figura 1: Padrões de mudança na massa dos embriões de *Jenynsia lineata* em desenvolvimento conforme a etapa de seu desenvolvimento. O eixo-x representa a etapa de desenvolvimento, com "0" representando um óvulo maduro não fertilizado e "45" representando um embrião avançado, prestes a nascer. (Haynes, 1995; Reznick et al., 2002). Acima a equação do modelo e o R^2 , representando que os dados apresentam uma boa adequação ao modelo escolhido.

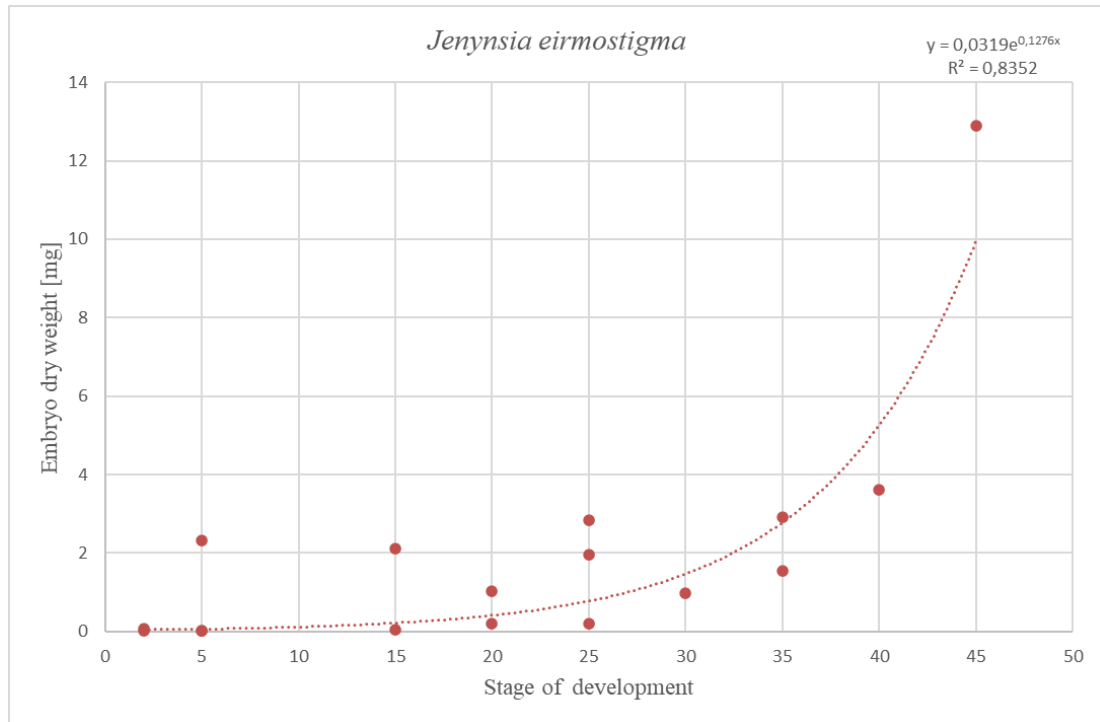


Figura 2: Padrões de mudança na massa dos embriões de *Jenynsia eirmostigma* em desenvolvimento conforme a etapa de seu desenvolvimento. O eixo-x representa a etapa de desenvolvimento, com "0" representando um óvulo maduro não fertilizado e "45" representando um embrião avançado, prestes a nascer. (Haynes, 1995; Reznick et al., 2002). Acima a equação do modelo e o R^2 , representando que os dados apresentam uma boa adequação ao modelo escolhido.

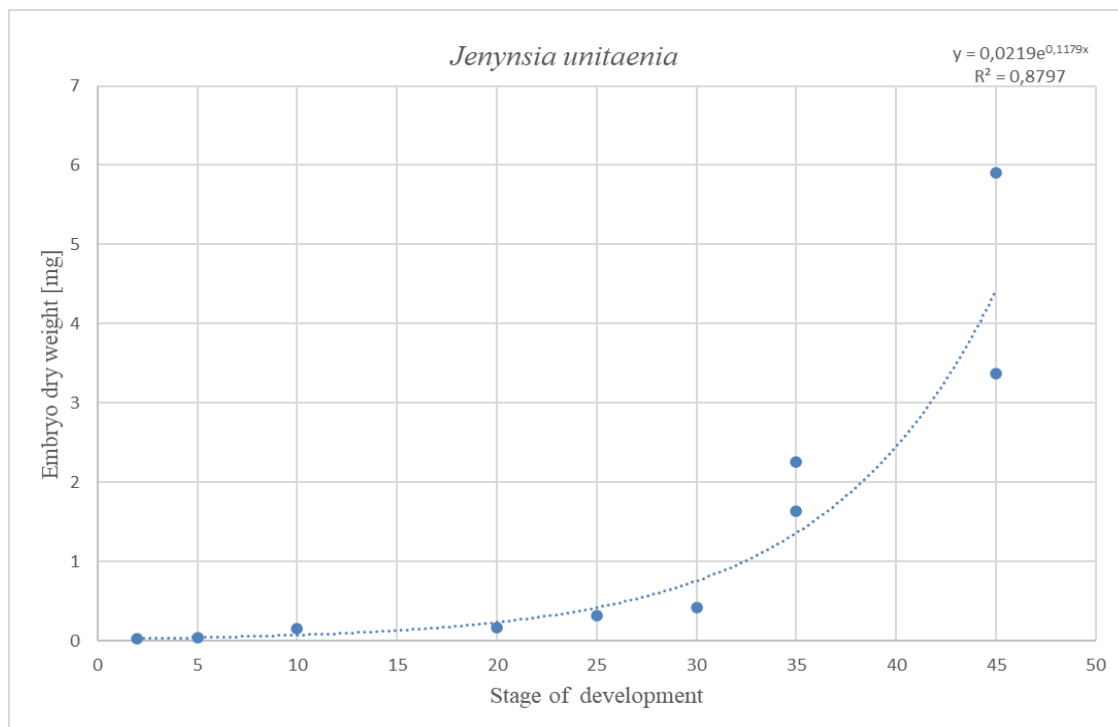


Figura 3: Padrões de mudança na massa dos embriões de *Jenynsia unitaenia* em desenvolvimento conforme a etapa de seu desenvolvimento. O eixo-x representa a etapa de desenvolvimento, com "0" representando um óvulo maduro não fertilizado e "45" representando um embrião avançado, prestes a nascer. (Haynes, 1995; Reznick et al., 2002). Acima a equação do modelo e o R^2 , representando que os dados apresentam uma boa adequação ao modelo escolhido.

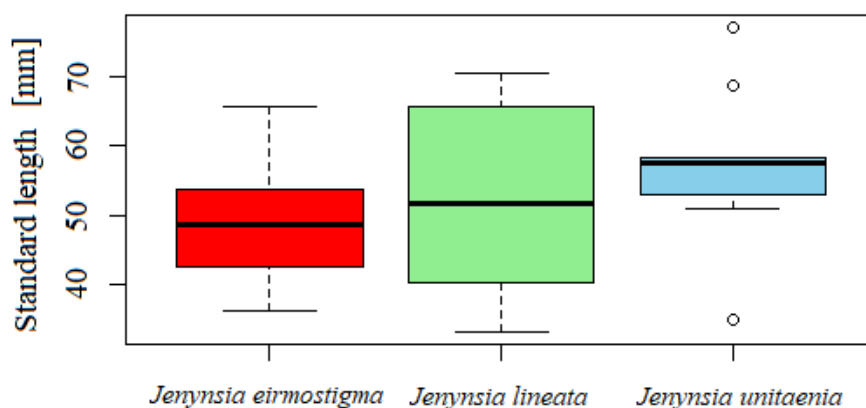


Figura 4: Variação média do comprimento padrão das fêmeas das espécies *Jenynsia eirmostigma*, *Jenynsia lineata* e *Jenynsia unitaenia*. A linha do meio na caixa representa a mediana, as margens externas representam o 25° e o 75° percentis, enquanto as linhas que se estendem para fora são os 10° e 90° percentis. Os pontos externos são os outliers.

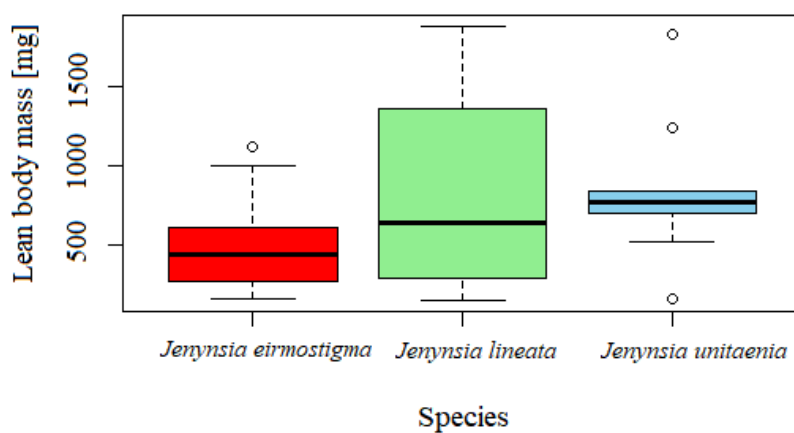


Figura 5: Variação média da massa magra das fêmeas das espécies *Jenynsia eirmostigma*, *Jenynsia lineata* e *Jenynsia unitaenia*. A linha do meio na caixa representa a mediana, as margens externas representam o 25° e o 75° percentis, enquanto as linhas que se estendem para fora são os 10° e 90° percentis. Os pontos externos são os outliers.

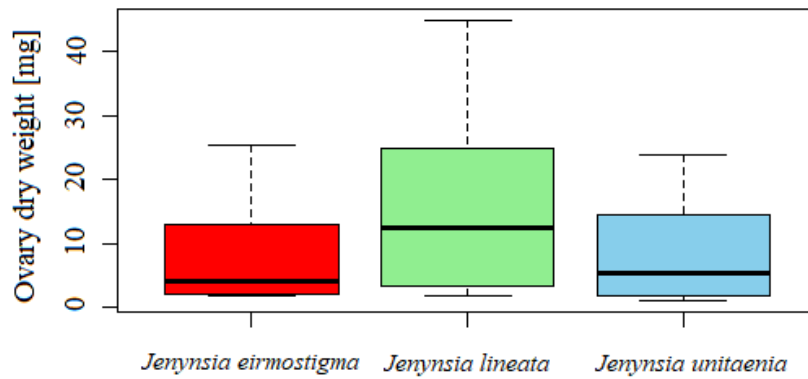


Figura 6: Variação média do peso seco do ovário das fêmeas das espécies *Jenynsia eirmostigma*, *Jenynsia lineata* e *Jenynsia unitaenia*. A linha do meio na caixa representa a mediana, as margens externas representam o 25° e o 75° percentis, enquanto as linhas que se estendem para fora são os 10° e 90° percentis. Os pontos externos são os outliers.

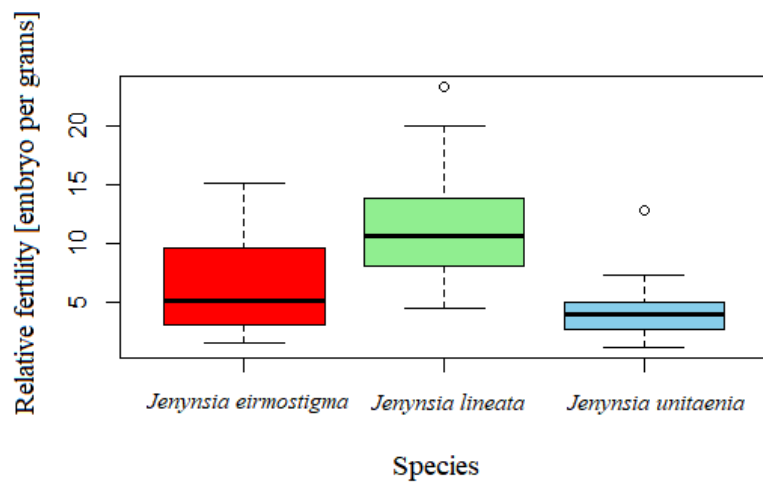


Figura 7: Variação média da fecundidade relativa das fêmeas das espécies *Jenynsia eirmostigma*, *Jenynsia lineata* e *Jenynsia unitaenia*. A linha do meio na caixa representa a mediana, as margens externas representam o 25° e o 75° percentis, enquanto as linhas que se estendem para fora são os 10° e 90° percentis. Os pontos externos são os outliers.

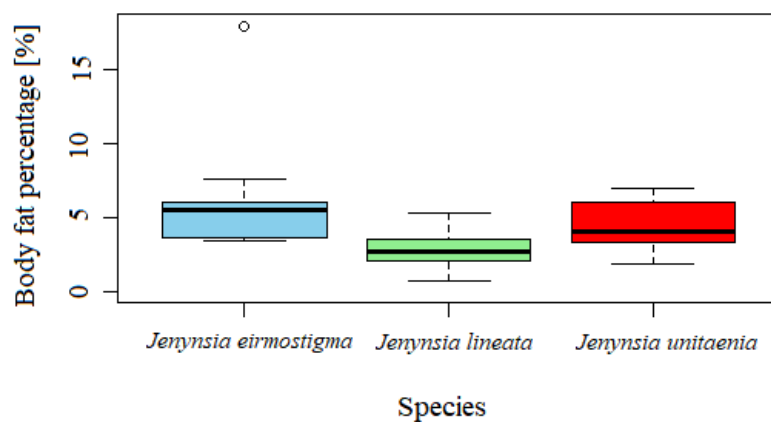


Figura 8: Variação média da porcentagem de gordura das fêmeas das espécies *Jenynsia eirmostigma*, *Jenynsia lineata* e *Jenynsia unitaenia*. A linha do meio na caixa representa a mediana, as margens externas representam o 25° e o 75° percentis, enquanto as linhas que se estendem para fora são os 10° e 90° percentis. Os pontos externos são os outliers.



Figura 9: Embrião de *Jenynsia lineata* em estágio 10. Flecha indicando parte da parede ovariana onde ocorre o contato mãe-embrião diretamente através da parede ovariana com uma das brânquias do embrião López-Rodríguez et al., 2017; Turner, 1940.



Figura 10: Embriões de *Jenynsia eirmostigma* em estágio 35, 20 e 5 respectivamente. Ainda na mesma foto, um óvulo não fecundado. Os embriões foram encontrados na mesma fêmea o que pode ser um indicativo de superfecundação na espécie.

6.2 TABELAS

Tabela 1: Lotes das espécies *Jenynsia lineata*, *Jenynsia eirmostigma* e *Jenynsia unitaenia*. Para *Jenynsia lineata* e *Jenynsia unitaenia* foram utilizadas indivíduos de coleta ocorridas no dia treze de dezembro de 2021. Os lotes utilizados são da Coleção Ictiológica do Departamento de Zoologia da UFRGS.

Espécie	N° de Campo	N° de Coleção	Localidade	Latitude	Longitude	N° de exemplares utilizados
<i>J. lineata</i>	BARRIGUDINHO01	-	Rio Tramandaí	29°58'55.0"S	50°07'59.1"W	15
<i>J. unitaenia</i>	BARRIGUDINHO02	-	Rio Maquiné	29°34'16.5"S	50°16'46.7"W	4
<i>J. unitaenia</i>	AK9004	UFRGS 4507	Rio Maquiné	29° 34' 35.03" S	50° 16' 32.80" W	2
<i>J. unitaenia</i>	USI04	UFRGS 6184	Rio Mãe Luzia	28° 27' 58" S	49° 28' 18" W	4
<i>J. eirmostigma</i>	L1-28-03-03	UFRGS 9483	Arroio lajeadinho	28° 42' 24.50" S	49° 55' 41.35" W	4
<i>J. eirmostigma</i>	PROBIO0453	UFRGS 8148	rio Baú	28° 20' 14.99" S	49° 37' 47.01" W	3
<i>J. eirmostigma</i>	PROBIO0454	UFRGS 6826	rio Cachoeira	28° 18' 29.00" S	49° 37' 1.00" W	3
<i>J. eirmostigma</i>	TRUTA200032	UFRGS 9088	Afluente do Rio Silveira	28° 36' 07" S	49° 58' 57" W	4

Tabela 2: Resumo de características maternas e do embrião e metodologias empregadas para mensurar e analisar as características. Informações da metodologia retiradas de Hagmayer et al. (2018)

Característica da fêmea	Metodologia
Massa seca da fêmea	Massa da fêmea sem os tecidos reprodutivos após ser submetida a secagem na estufa a 60° por 12 horas
Massa magra da fêmea	Massa seca da fêmea após o banho de uma hora de éter dietílico e submetida novamente secagem na estufa a 60° por 12 horas
Massa de gordura da fêmea	Resultado da subtração da massa seca pela massa magra
Proporção de gordura da fêmea	Resultado da massa de gordura da fêmea dividida pela massa seca
Massa seca dos tecidos reprodutivos	Massa dos ovários e da ninhada após serem submetidos a secagem na estufa a 60° por 12 horas
Massa seca do ovário	Massa seca dos tecidos reprodutivos menos da massa seca da(s) ninhada(s)
Massa seca do embrião	Massa seca dos tecidos reprodutivos menos da massa seca do ovário dividida pelos números de embriões.

Tabela 3: Coeficientes dos parâmetros dos modelos lineares de efeito misto que preveem a variação na massa seca de embriões das espécies de *Jenynsia* (*J. lineata*, *J. eirmostigma* e *J. unitaenia*) transformada em logaritmo natural. Int - intercepto, BF - proporção de gordura, LM – massa magra, SL – Comprimento padrão padronizado em z, AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: Variação do AICc

Linear Mixed-Effects Models – <i>Jenynsia</i>						
Model	Int	BF	LM	SL	AICc	Δ AICc
1	-1,0144	3,5482	NA	NA	150,3715	0
2	-0,996	3,5826	-0,02825	NA	152,1719	1,8003
3	-1,0175	3,6203	NA	-0,013	153,6942	3,3226
4	-1,0121	3,6033	-0,0038	-0,0071	153,7702	3,3321

Tabela 4: Efeitos fixos e aleatórios na explicação da variação na massa seca de embriões das espécies de *Jenynsia* (*J. lineata*, *J. eirmostigma* e *J. unitaenia*) transformada em logaritmo natural. A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - Coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 . BF - Proporção de gordura, Estágio – Estágio de desenvolvimento.

Fixed effect						
	Coef	Std Error	df	t-value	Pr(> t)	Sig
Intercepto	-1,0144	0,6583	14,5643	-1,541	0,145	n.s
BF	3,5482	7,1368	29,499	0,497	0,623	n.s
Random effect						
	Variance		Std Dev			
Estágio	2,914		1,707			
Residual	1,456		1,207			

Tabela 5: Coeficientes dos parâmetros dos modelos de efeitos mistos lineares que preveem a variação na massa seca de embriões da espécie *J. lineata* transformada em logaritmo natural. Int - intercepto, BF - proporção de gordura, LM – massa magra, SL – comprimento padrão padronizado em z, AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: variação do AICc

Linear Mixed-Effects Models – <i>Jenynsia lineata</i>						
Model	Int	BF	LM	SL	AICc	Δ AICc
1	-0,622	-5,7023	NA	NA	45,6979	0
2	-0,7224	-6,5743	0,1725	NA	50,2158	4,5179
3	-0,5801	-5,9995	NA	0,1564	51,2067	5,5087

Tabela 6: Efeitos fixos e aleatórios na explicação da variação na massa seca de embriões da espécie *J. lineata* transformada em logaritmo natural. A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 . BF - Proporção de gordura, Estágio – Estágio de desenvolvimento.

Fixed effect						
	Coef	Std Error	df	t-value	Pr(> t)	Sig
Intercepto	-0,622	0,8987	8,3252	-0,692	0,508	n.s
BF	-5,7023	12,1156	7,3351	-0,471	0,652	n.s
Random effect						
	Variance		Std Dev			
Estágio	4,5206		2,126			
Residual	10,1909		0,437			

Tabela 7: Coeficientes dos parâmetros dos modelos lineares de efeito misto que preveem a variação na massa seca de embriões da espécie *J. eirmostigma* transformada em logaritmo natural. Int - intercepto, BF - proporção de gordura, LM – massa magra, SL – comprimento padrão padronizado em z, AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: Variação do AICc

Linear Mixed-Effects Models – <i>Jenynsia eirmostigma</i>						
Model	Int	BF	LM	SL	AICc	Δ AICc
1	-1,6807	10,499	0,6076	NA	78,5168	0
2	-1,726	4,229	NA	NA	79,2113	0,6945
3	-1,358	3,029	NA	0,4058	81,5897	3,0728

Tabela 8: Efeitos fixos e aleatórios na explicação da variação na massa seca de embriões da espécie *J. eirmostigma* transformada em logaritmo natural. A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 . BF - Proporção de gordura, SL – Comprimento padrão padronizado em z, Estágio – Estágio de desenvolvimento.

Fixed effect						
	Coef	Std Error	df	t-value	Pr(> t)	Sig
Intercepto	-1,6807	1,5059	7,3917	-1,117	0,301	n.s
BF	10,499	18,4989	13,3228	0,568	0,580	n.s
LM	0,6076	2,2136	12,1020	0,274	0,788	n.s
Random effect						
	Variance		Std Dev			
Estágio	0,8978		0,9475			
Residual	4,9562		2,2263			

Tabela 9: Coeficientes dos parâmetros dos modelos lineares de efeito misto que preveem a variação na massa seca de embriões da espécie *J. unitaenia* transformada em logaritmo natural. Int - intercepto, BF - proporção de gordura, LM – massa magra, SL – comprimento padrão padronizado em z, AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: Variação do AICc

Linear Mixed-Effects Models – <i>Jenynsia unitaenia</i>						
Model	Int	BF	LM	SL	AICc	Δ AICc
1	-2,214*	20,987*	NA	NA	39,3913	0
2	-3,034	21,519	1,059	NA	49,6347	10,9581
3	-1,9346	11,4454	NA	0,4814	50,3249	10,2433

Tabela 10: Efeitos fixos e aleatórios na explicação da variação na massa seca de embriões da espécie *J. unitaenia* transformada em logaritmo natural. A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 . BF - Proporção de gordura, Estágio – Estágio de desenvolvimento.

Fixed effect						
	Coef	Std Error	df	t-value	Pr(> t)	Sig
Intercepto	-2,214	0,6164	7	-3,592	0,00884	**
BF	20,987	0,0577	7	363,364	1,16e-16	***
Random effect						
	Variance			Std Dev		
Estágio	3,03			1,7434		
Residual	4,0e-7			6,325e-4		

Tabela 11: Coeficientes dos parâmetros dos modelos lineares generalizados de efeito misto que preveem a variação da fecundidade das espécies de *Jenynsia* (*J. lineata*, *J. eirmostigma* e *J. unitaenia*). Int - intercepto, BF - proporção de gordura transformada por raiz quadrada, LM – massa magra, SL – comprimento padrão padronizado em z, ODW – massa magra do ovário. AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: Variação do AICc

Generalized Linear Mixed-Effects Models – <i>Jenynsia</i>							
Model	Int	BF	LM	SL	ODW	AICc	Δ AICc
1	3,0171*	-2,5747*	NA	0,3645*	18,7949*	315,494	0
2	2,7159*	-3,4603*	0,7989*	NA	14,8923*	316,4094	0,9153
3	2,8892*	-2,9714*	0,3581	0,2175	16,0833*	317,1765	1,6824
4	2,462*	NA	NA	0,3528*	16,3861*	321,0752	5,5811
5	3,0172*	-1,9065	NA	0,5546*	NA	333,1508	17,6567
6	2,5925*	NA	NA	0,5246*	NA	335,2844	19,8003
7	2,7913*	-2,2374*	NA	NA	40,0554*	346,4284	23,2547
8	2,3081*	NA	NA	NA	38,1804*	350,3618	30,9344
9	1,8931*	4,2456	NA	NA	NA	372,619	34,8677

Tabela 12: Efeitos fixos e aleatórios na explicação da variação da fecundidade das espécies de *Jenynsia* (*J. lineata*, *J. eirmostigma* e *J. unitaenia*). A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - Coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 . BF - proporção de gordura transformada por raiz quadrada, SL – comprimento padrão padronizado em z, ODW – massa magra do ovário

Fixed effect					
	Coef	Std Error	z-value	Pr(> z)	Sig
Intercepto	3,01719	0,24	12,569	<2e-16	***
BF	-2,5747	0,9058	-2,842	4,48e-3	**
SL	0,3645	0,0645	5,651	1,6e-8	***
ODM	18,7941	4,7824	3,93	8,5e-5	***
Random effect					
	Variance		Std Dev		
Lote	0,1367		0,3697		

Tabela 13: Coeficientes dos parâmetros dos modelos lineares generalizados que preveem a variação da fecundidade da espécie *Jenynsia lineata*. A amostra da espécie foi proveniente de somente um lote, então não foi preciso utilizar efeito misto. Int - intercepto, BF - proporção de gordura transformada por raiz quadrada, LM – massa magra, SL – comprimento padrão padronizado em z, ODW – massa magra do ovário. AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: Variação do AICc

Generalized Linear Models – <i>Jenynsia lineata</i>						
Model	Int	BF	SL	ODW	AICc	Δ AICc
1	3,8247*	-2,7328*	0,9394*	NA	134,6118	0
2	3,8709*	-3,6336*	0,5357*	9,444	135,1027	1,1311
3	3,4403*	NA	0,5853*	NA	139,0313	4,4195
4	3,3466*	NA	0,5168*	6,2155	140,8663	6,2544
5	3,458*	-3,298*	NA	39,3784*	188,7967	49,5758
6	3,5643*	0,6192	NA	NA	353,3282	218,716

Tabela 14: Resultado do modelo linear generalizado que melhor explica a variação da fecundidade da espécie *Jenynsia lineata*. A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - Coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 . BF - proporção de gordura transformada por raiz quadrada, SL – comprimento padrão padronizado em z, ODM – massa magra do ovário.

	Coef	Std Error	z-value	Pr(> z)	Sig
Intercepto	3,8247	0,1438	26,603	>2e-16	***
BF	-2,7328	1,0068	-2,714	6,64e-3	**
SL	0,9394	0,1013	9,275	<2e-16	***

Tabela 15: Coeficientes dos parâmetros dos modelos lineares generalizados de efeito misto que preveem a variação da fecundidade da espécie *Jenynsia eirmostigma*. Int - intercepto, BF - proporção de gordura transformada por raiz quadrada, LM – massa magra, SL – comprimento padrão padronizado em z, ODW – massa magra do ovário. AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: Variação do AICc

Generalized Linear Mixed-Effects Models - <i>Jenynsia eirmostigma</i>						
Model	Int	BF	SL	ODW	AICc	Δ AICc
1	2,402*	NA	NA	-1,0813	95,6038	0
2	2,0299*	1,6138	NA	-2,7965	97,5633	1,9595
3	2,2961*	NA	-0,1031	11,6261	99,0077	3,4039
4	2,0542*	1,518	NA	NA	99,7513	4,1475
5	1,7934*	2,1304	-0,1334	7,4537	101,1927	5,5899

Tabela 16: Efeitos fixos e aleatórios na explicação da variação da fecundidade da espécie de *Jenynsia eirmostigma*. A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - Coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 ., ODM – massa magra do ovário.

Fixed Effect					
	Coef	Std Error	z-value	Pr(> z)	Sig
Intercept	2,402	0,1251	19,201	>2e-16	***
ODM	-1,0813	16,0202	-0,067	0,946	n.s
Random effect					
	Variance		Std Dev		
Lote	8,545e-4		0,02923		

Tabela 17: Coeficientes dos parâmetros dos modelos lineares generalizados de efeito misto que preveem a variação da fecundidade da espécie *Jenynsia unitaenia*. Int - intercepto, BF - proporção de gordura transformada por raiz quadrada, LM – massa magra, SL – comprimento padrão padronizado em z, ODW – massa magra do ovário. AICc: Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos de amostra pequenos. Δ AICc: Variação do AICc

Generalized Linear Mixed-Effects Models - <i>Jenynsia unitaenia</i>						
Model	Int	BF	SL	ODW	AICc	Δ AICc
1	2,062*	NA	NA	63,2496*	60,2496	0
2	1,134*	4,8496*	NA	54,4683*	64,1575	3,9078
3	2,041*	NA	-0,0816	70,7391*	67,2254	6,9757
4	1,1199*	4,7399*	-0,1036	64,8254*	75,6499	15,4003
5	0,0707	11,4142*	NA	NA	76,9183	16,6686

Tabela 18: Efeitos fixos e aleatórios na explicação da variação da fecundidade da espécie de *Jenynsia unitaenia*. A interpretação dos parâmetros é baseada no melhor modelo de acordo com o AICc. Coef - Coeficiente, Std Error - erro padrão, df - graus de liberdade, Sig- Significância: n.s- não significativo, $p < 0.001$ ***, < 0.01 **, ≤ 0.05 *, > 0.05 ., ODM – massa magra do ovário.

Fixed Effect					
	Coef	Std Error	z-value	Pr(> z)	Sig
Intercept	2,0620	0,1795	11,48	<2e-16	***
ODM	63,9334	12,2483	5,22	1,79e-7	***
Random effect					
	Variance	Std Dev			
Lote	0,02574	0,1604			