

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desse
trabalho será disponibilizado
somente a partir de 20/12/2025.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS – CAMPUS DE ASSIS e FACULDADE DE
CIÊNCIAS- CAMPUS DE BAURU
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS - Interunidades

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA REPRODUÇÃO DE FÊMEAS DE
Potamotrygon amandae, NO ALTO RIO PARANÁ, ILHA SOLTEIRA, SÃO PAULO

ÉVILLYN DOS SANTOS ZACHEO

ASSIS

2024

ÉVILLYN DOS SANTOS ZACHEO

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA REPRODUÇÃO DE FÊMEAS DE
Potamotrygon amandae, NO ALTO RIO PARANÁ, ILHA SOLTEIRA, SÃO
PAULO

Dissertação apresentada à Universidade
Estadual Paulista (UNESP), ao Programa
de Pós-Graduação em Biociências-
Interunidades (Área de conhecimento:
Caracterização da Biodiversidade)

Orientadora: Profa. Dra. Cristiéle da Silva Ribeiro

Co-orientadora: Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira

Bolsista: Coordenação de Aperfeiçoamento
de Pessoal de Nível Superior- Brasil
(Capes)

ASSIS

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Ana Cláudia Inocente Garcia - CRB 8/6887

Z16c	Zacheo, Évillyn dos Santos Caracterização morfológica da reprodução de fêmeas de <i>Potamotrygon amandae</i>, no alto Rio Paraná, Ilha Solteira, São Paulo / Évillyn dos Santos Zacheo. — Assis, 2024 66 p. : il. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis Orientadora: Profa. Dra. Crístiele da Silva Ribeiro Coorientadora: Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira 1. Vitelogênese. 2. Ciclo reprodutivo. 3. Potamotrygoninae. 4. Raias de água doce - Reprodução. I. Título. CDD 597
------	---

FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Assis



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ÉVILLYN DOS SANTOS ZACHEO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS - CÂMPUS DE ASSIS.

Aos 20 dias do mês de dezembro do ano de 2023, às 14:00 horas, no(a) Sala de Videoconferência do Câmpus II (UNESP/FEIS - Ilha Solteira/SP) e Sala Virtual: meet.google.com/weh-wgzq-kou, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ÉVILLYN DOS SANTOS ZACHEO, intitulada **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA REPRODUÇÃO DE FÊMEAS DE *Potamotrygon amandae*, NO ALTO RIO PARANÁ, ILHA SOLTEIRA, SÃO PAULO**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Biologia e Zootecnia / UNESP/FEIS - Ilha Solteira/SP, Profa. Dra. PATRÍCIA CHARVET (Participação Virtual) do(a) Departamento de Biologia / UFC - Fortaleza/CE, Profa. Dra. PATRICIA POSTINGEL QUIRINO (Participação Presencial) do(a) UNESP/FEIS - Ilha Solteira/SP. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: Aprovada . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTIELE DA SILVA RIBEIRO
Data: 20/12/2023 09:39:54-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço a Deus, pela superação e pela alegria desse momento. Seja eternamente a razão do meu existir.

Aos meus pais, Jacimara dos Santos Zacheo e Ademir Zacheo, ao meu irmão Henrique e aos meus avós, Luzia e Pedro, aos quais devo essa conquista. São exatamente vocês que investiram em mim tudo aquilo que podiam e não podiam. Vocês sonharam e lutaram comigo! Foi uma longa jornada para nós, mas vencemos!

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Crístiele da Silva Ribeiro. Antes do término da graduação idealizei trabalharmos juntas, numa estratégia convidei-a para minha banca de T.C.C. Ela aceitou, participou e a procurei para orientação no mestrado. Mesmo sendo um tiro no escuro, ela topou a correria que foi aquele momento. Obrigada pela sua orientação, oportunidade de trabalho, paciência, empatia, suporte científico e pessoal! Você é uma inspiração para mim e para nós! As lutas são grandes, mas são vencidas e pessoas especiais como você as tornam menos árduas! Obrigada por todo incentivo e carinho.

Agradeço a minha coorientadora Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira, pessoa que fez parte do meu berço científico durante a graduação, com a qual tive o prazer de conviver por um bom período, aprender muitas coisas ali e aqui, mesmo não sendo sua orientada naquele momento. Admiro tamanha

competência! Especialista em morfologia e que tanto nos auxiliou em recursos materiais e intelectuais para execução do projeto. Obrigada por entrar nessa conosco! Obrigada também a todo Laboratório de Ictiologia Neotropical pela acolhida durante o processamento dos materiais biológicos.

Sou imensamente grata ao nosso Laboratório de Estudos em Fisiologia Animal! Espaço de recurso material, mas também de conversas e amizade! Um time de peso, que não tem tempo ruim para coletas, nas quais a união fez a força! Obrigada pela amizade de todos, incluindo o laboratório Pirá, equipe com a qual sempre estamos juntos. Em especial agradeço a bióloga Victoria de Alencar Rezende, amiga que me auxiliou diretamente em laboratório. Ainda ao doutorando Douglas de Castro Ribeiro, grande amigo, que em conjunto com a Guarda Civil Municipal de Ilha Solteira – SP, auxiliaram-nos em todas nossas incursões a campo!

Agradeço ao Prof. Dr. Luciano Alves dos Anjos e ao LECOP, que abriram suas portas para auxílio em análises. Agradeço a Central de Aquisição de Imagens e Microscopia (CAIMI-IBUSP) pelo processamento de material e interpretação de imagens.

Sou grata ao Programa de Pós-graduação em Biociências – Interunidades, que me proporcionou a realização desse sonho! A todos os docentes com os quais cursei disciplinas! Aos servidores da Unesp de Ilha Solteira, onde desenvolvemos o projeto, assim como dos servidores das Unesp de Assis e Bauru, que não os conheci pessoalmente, mas contribuíram direta ou indiretamente para realização do trabalho. Uma lembrança especial ao secretário José Lino Alves, que sempre esteve em contato direto para sanar qualquer dúvida burocrática.

RESUMO

Raias de água doce, assim como demais batoides e condrictes, apresentam diferentes características e estratégias reprodutivas, as quais ainda necessitam caracterização, tanto para compreensão da biologia reprodutiva da espécie e do grupo, como para possíveis manejos. Com isso, este trabalho objetivou caracterizar o ciclo reprodutivo e a morfologia temporal de estruturas ovarianas e uterinas de fêmeas adultas da raia de água doce *Potamotrygon amandae*, em ambiente não natural, por meio de análise de dados biométricos, índices somáticos e morfologia ovariana e uterina. Para isso foram realizadas dez incursões a campo, entre julho de 2021 e setembro de 2022, com coleta de 49 espécimes de fêmeas adultas, que tiveram os dados biométricos aferidos, com cálculo dos índices: ovariossomático (IOS), hepatossomático (IHS) e uterossomático (IUS); relação peso-comprimento e fator de condição (K); e aferição do diâmetro maior (DM) dos folículos ovarianos. Com ovário e útero fixados em Karnovsky, foi realizado procedimento de rotina para análise em microscopia de luz dos órgãos e microscopia eletrônica de varredura do trofonema, estrutura viliforme do endométrio. Os animais apresentaram média da massa total de $2,37 \pm 1,02$ Kg e de comprimento total de $55,83 \pm 7,21$ cm. O ciclo reprodutivo de fêmeas de *P. amandae* caracterizou-se por vitelogênese em época de seca, ovulação, cópula, gravidez e parto em época chuvosa. A ovulação foi acompanhada pela queda de IOS, IHS, redução de folículos maduros e DM dos folículos, seguido temporalmente pela ocorrência de gravidez. O pós-parto apresentou os menores valores de DM de folículos, devido ausência de folículos maduros. Das relações entre os índices somáticos, destacou-se como fortemente estabelecida entre IOS e IUS, positiva, pelo desenvolvimento ovariano regular, concomitante ao desenvolvimento uterino. Os ovários mostraram as estruturas básicas, com vitelogênese dividida entre os estágios: primordial, primário, pré-vitelogênico, vitelogênico I e II, maduro pequeno, médio e grande. No útero, a dinâmica do epitélio dos trofonemas no ciclo reprodutivo consistiu na formação, desenvolvimento e regressão de glândulas exócrinas que sintetizam o histotrofo e possivelmente outros compostos.

Palavras-chave: vitelogênese, ciclo reprodutivo, Potamotrygoninae, raias de água doce – reprodução.

ABSTRACT

Freshwater stingrays, as well as other batoids and Chondrichthyes, show different characteristics and reproductive strategies, which still require characterization, to understand the reproductive biology of the species and group, and for possible ecological management. Therefore, this work aimed to characterize the reproductive cycle and temporal morphology of ovarian and uterine structures of adult females of the freshwater stingray *Potamotrygon amandae*, in a non-natural environment, through the analysis of biometric data, somatic indices and ovarian and uterine morphology. To do this, ten field trips were carried out, between July 2021 and September 2022, collecting 49 specimens from adult females, which had biometric data checked, with calculation of the indices: ovariosomatic (IOS), hepatosomatic (IHS) and uterosomatic (IUS); weight-length ratio and condition factor (K); and measurement of the largest diameter (MD) of ovarian follicles. With the ovary and uterus maintained in Karnovsky, a routine procedure was performed to analyze the organs using light microscopy and scanning electron microscopy of the trophonema, the villiform structure of the endometrium. The animals had an average total mass of 2.37 ± 1.02 kg and a total length of 55.83 ± 7.21 cm. The reproductive cycle of *P. amandae* females was characterized by vitellogenesis in dry seasons, ovulation, copulation, pregnancy and birth in rainy seasons. Ovulation was accompanied by a drop in IOS, IHS, reduction of mature follicles and DM of follicles, followed temporally by the occurrence of pregnancy. The postpartum period presented the lowest follicle MD values, due to the absence of mature follicles. Of the relationships between somatic indices, the strongly established IOS and IUS stand out, positive, due to regular ovarian development, concomitant with uterine development. The ovaries showed the basic structures, with vitellogenesis divided into stages: primordial, primary, pre-vitellogenic, vitellogenic I and II, mature small, medium and large. In utero, the dynamics of the trophoneme epithelium in the reproductive cycle consisted of the formation, development and regression of exocrine glands that synthesize the histotroph and possibly other compounds.

Keywords: vitellogenesis, reproductive cycle, Potamotrygoninae, freshwater rays – reproduction.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. Ciclo reprodutivo	11
1.2. Desenvolvimento ovariano e uterino	12
2. OBJETIVOS.....	15
Geral	15
Específicos.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Coletas de espécimes em ambiente natural	16
3.2. Pluviosidade e temperatura	17
3.3. Processamento inicial em laboratório	17
3.4. Índices somáticos.....	18
3.5. Classificação das fases do ciclo, dos estágios da foliculogênese e estereologia	18
3.6. Microscopia de luz	19
3.7. Microscopia eletrônica de varredura	19
3.8. Análise estatística	20
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Pluviosidade e Temperatura.....	21
4.2. Relação peso-comprimento, fator de condição, índices somáticos e diâmetro de folículos ovarianos	22
4.3. Morfologia macroscópica de ovários e úteros e fases do ciclo reprodutivo	26
4.4. Descrição microscópica de ovários e úteros.....	30

5. DISCUSSÃO	37
5.1. Índices somáticos e sua relação com a reprodução de fêmeas de <i>P. amandae</i>	37
5.2. Ciclo reprodutivo de fêmeas de <i>P. amandae</i>	40
5.3. Morfologia macro e microscópica ovariana e uterina	41
6. CONCLUSÕES	47
7. REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

Estimativas apontam que o número de espécies em todo o mundo varia de cerca de 2 milhões a aproximadamente 1 trilhão, com a maioria dos estudos projetando cerca de 11 milhões e as descritas totalizam aproximadamente 1,5 milhão de espécies (LARSEN et al. 2017). É fácil entender quanta diversidade em termos morfológicos e fisiológicos podem existir. Por isso, por mais que a caracterização biológica possa ser considerada trivial, entende-se que não, pois esta é só o começo para a compreensão da árvore evolutiva e das interações entre os diferentes grupos de organismos vivos.

Os Chondrichthyes, grupo de peixes cartilaginosos, é constituído atualmente por 1394 espécies, das quais 1337 são de Elasmobranchii, que agrupam tubarões e raias, sendo 825 de Batoidea, grupo que contém todas as raias já descritas (FRICKE et al., 2023). Dentre as raias, há aquelas que são marinhas, estuarinas ou dulciaquícolas. Em comparação às raias marinhas e estuarinas, as de água doce são menos conhecidas popularmente, assim como possuem menos literatura descritiva. Este grupo apresenta diversas características morfofisiológicas adaptadas para esse ambiente.

As raias exclusivamente dulciaquícolas compreendem atualmente 318 espécies (FRICKE et al., 2023) constituindo a subfamília Potamotrygoninae, que está distribuída pela América do Sul e conta com quatro gêneros: *Potamotrygon*, *Paratrygon*, *Plesiotrygon* e *Heliotrygon* (LAMEIRAS; COSTA; DOS-SANTOS, 2019). A evolução dos Batoidea marinhos para água doce é explicada por um evento vicariante ou por uma colonização ativa da água doce por raias marinhas do Oligoceno-Mioceno, fazendo isso pela bacia amazônica. Hoje a distribuição

do grupo no Brasil inclui diferentes bacias nas cinco regiões do país (LOVEJOY et al. 2006; ADNET; GISMONDI; ANTOINE, 2014; FONTENELLE, 2021).

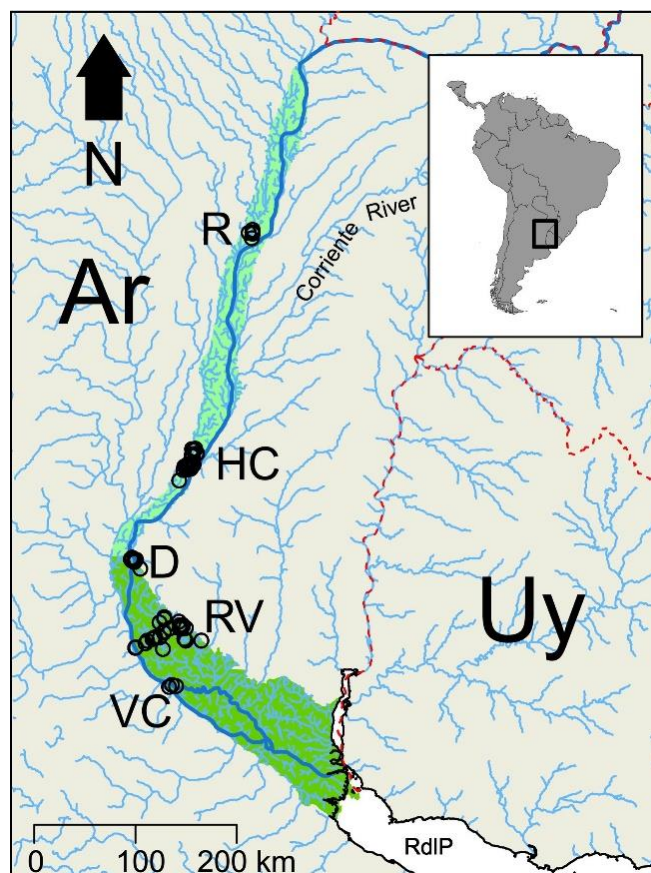
Potamotrygon amandae (Figura 1), classificada por Loboda e Carvalho (2013), está presente no sistema Paraná-Paraguai, com ocorrência natural no baixo e médio rio Paraná (Figura 2). Entretanto, com a construção da Usina de Itaipu há cerca de 40 anos destruiu-se uma grande barreira natural, o Salto de Sete Quedas, permitindo com que a espécie tivesse acesso ao alto Paraná, onde atualmente tem ocorrência não natural (NETO et al. 2007).

Figura 1 – *Potamotrygon amandae* Loboda & Carvalho, 2013. Fêmea adulta.



Figura 2 – Localização geográfica do baixo (verde escuro) e médio rio Paraná (verde claro), mostrando área de ocorrência natural de *Potamotrygon amandae*.

Legenda: círculos vazios= locais de coletas realizadas por Lucifora et al. (2017); Ar= Argentina; Uy= Uruguai; RdIP= Rio de la Plata; R= Reconquista; HC= Helvecia/Cayastá; D= Diamante; RV= Rosario/Victoria; VC= Villa Constitución. Fonte: Lucifora et al. (2017).



É importante pensar no sucesso de uma espécie em um ambiente não natural, em que as relações ecológicas sofrem alterações. Sabe-se que espécies não nativas podem causar a perda de diversidade biológica quando se tornam invasoras, se estabelecendo de forma agressiva e causando danos ambientais a um ecossistema, porém em alguns casos elas podem fornecer benefícios de conservação, por exemplo, fornecendo habitat ou recursos alimentares para espécies raras, servindo como substitutos funcionais para táxons extintos e

funções ecossistêmicas desejáveis (SCHLAEPFER; SAX e OLDEN, 2011). Até o presente momento *P. amandae* no alto rio Paraná não se configura como invasora (PAGLIARINI et al., 2020), ainda, as populações em ambiente nativo, no médio e baixo rio Paraná, estão em declínio devido principalmente à pressão de pesca (LUCIFORA et al., 2017).

Portanto, visto que para uma espécie se estabelecer em ambiente não nativo é necessário que ela sobreviva e se reproduza (BLACKBURN et al., 2011; FORNECK et al., 2021), estudos que caracterizam seus aspectos reprodutivos podem elucidar seu sucesso na região, assim como auxiliar em estratégias quanto ao controle populacional, caso haja necessidade, assim como contribuir para a conservação da espécie, no baixo e médio rio Paraná, onde é nativa.

6. CONCLUSÕES

É possível concluir que:

- O ciclo reprodutivo de fêmeas de *P. amandae* é sazonal, anual, com vitelogênese em época de seca, ovulação, cópula e gravidez em época chuvosa e parto em seca;
- Animais em fase de regeneração continham folículos vitelogênicos maduros pequenos e médios, as capazes de se reproduzirem folículos maduros grandes, as grávidas gestavam ovos ou filhotes e as em pós-parto sem folículos vitelogênicos maduros;
- Os ovários são assimétricos, com o esquerdo maior, sendo ambos funcionais e que possuem estruturas básicas ovarianas. Destaca-se presença de oogônias em adultas, que não é presente em todos batóide;
- Os úteros são simétricos. O epitélio dos trofonemas se modificam estrutural e funcionalmente de acordo com fases do ciclo pela formação e regressão de criptas secretoras responsáveis principalmente pela síntese de histotrofo, que durante a gravidez e o pós-parto formam estrutura de trama na superfície epitelial.

7. REFERÊNCIAS

ADNET, S.; SALAS GISMONDI, R.; ANTOINE, P. O. Comparisons of dental morphology in river stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) with new fossils from the middle Eocene of Peruvian Amazonia rekindle debate on their evolution. **Naturwissenschaften**, v. 101, n. 1, p. 33–45, 2014. DOI:10.1007/s00114-013-1127-1

AHNELT, H.; SAUBERER, M.; RAMLER, D.; KOCH, L.; POGOREUTZ, C. Negative allometric growth during ontogeny in the large pelagic filter-feeding basking shark. **Zoomorphology**, v. 139, n. 1, p. 71–83, 2019. DOI:10.1007/s00435-019-00464-2

AMAZONAS, M. G. Fisiologia reprodutiva das fêmeas de *Potamotrygon wallacei* Carvalho, Rosa e Araújo (2016): gonadotrofinas, hormônios esteroides, condição corporal e perfil bioquímico. 2019. 46 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

ANDERSON, C. E.; MILLER, S. N.; DAVIS, M. R. Production of live offspring following unilateral (left) ovariectomized *Potamotrygon* rays (*Potamotrygon castexi*, *Potamotrygon leopoldi*, and *Potamotrygon motoro*). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 261, n. 3, p. 1–4, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2460/javma.23.01.0031>

APPUKUTTAN, K. K. Studies on the developmental stages of hammerhead shark *Sphyrna* (*Eusphyrna*) *blochii* from the Gulf of Mannar. **Indian Journal of Fisheries**, v. 25, p. 41–51, 1978.

AQUINO, J.B.; MELO, L.F.; RODRIGUES, R.F.; MELO, A. P. F.; MORAIS-PINTO, L.; RICI, R. E. G. Morphological aspects of the digestive system in freshwater stingray (*Potamotrygon amandae* - Loboda and Carvalho, 2013): myliobatiformes; potamotrygoninae. **Zoomorphology**, v. 142, p. 181–191, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00435-023-00592-w>

ARSLAN, M.; YILDIRIM, A. Seasonal changes in condition and gonadal maturation of brown trout (*Salmo trutta*) in a turkish stream. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 22, n. 3, p. 529–531, 2007. DOI: 10.1080/02705060.2007.9664183

BALLANTYNE, J. S. Jaws: the inside story. The metabolism of elasmobranch fishes. **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part B: Biochemistry and Molecular Biology, v. 118, n. 4, p. 703–742, 1997. DOI: 10.1016/s0305-0491(97)00272-1

BLACKBURN, T. M., PYŠEK, P., BACHER, S., CARLTON, J. T., DUNCAN, R. P., JAROŠÍK, V., WILSON, J. R. U. RICHARDSON, D. M. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, p. 333–339, 2011. DOI: 10.1016/j.tree.2011.03.023

CARRIER J. C.; PRATT, H. L. JR; CASTRO, J. I. Reproductive biology of elasmobranchs. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR, editors. Biology of sharks and their relatives. Boca Raton: CRC Press, 269–286, 2004.

CASTILLO-RIVERA, M. Influence of rainfall pattern in the seasonal variation of fish abundance in a tropical estuary with restricted marine communication. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 5, n. 3A, p. 311–319, 2013. **DOI:** 10.4236/jwarp.2013.53A032.

CASTILLO-RIVERA, M., MONTIEL, M., SANVICENTE ANORVE, L., & ZARATE, R. Spatial, seasonal and diel distribution patterns of two species of mojaras (Pisces: Gerreidae) in a Mexican tropical coastal lagoon. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 21, n. 6, p. 498–503, 2005. **DOI:**10.1111/j.1439-0426.2005.00661.x

CHARVET-ALMEIDA, P.; ARAÚJO, M. L. G.; ALMEIDA, M. P. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Patamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 35, p. 165–171, 2005. **DOI:** 10.2960/j.v35.m502

COFFEY, R.; PAUL, M. J.; STAMP, J.; HAMILTON, A.; JOHNSON, T. A review of water quality responses to air temperature and precipitation changes 2: nutrients, algal blooms, sediment, pathogens. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 55, n. 4, p. 844–868, 2018. **DOI:**10.1111/1752-1688.12711

COLONELLO, J. H.; CHRISTIANSEN, H. E.; COUSSEAU, M. B.; MACCHI, G. J. Uterine dynamics of the southern eagle ray *Myliobatis goodei* (Chondrichthyes: Myliobatidae) from the southwest Atlantic Ocean. **Italian Journal of Zoology**, v. 80, n. 2, p. 187–194, 2013. DOI:10.1080/11250003.2012.742146

CONRATH, C.L.; MUSICK, J.A. Reproductive biology of elasmobranchs. In: Carrier, J.C.; Musick, J.A. & Heithaus, M.R. (eds) **Biology of Sharks and their Relatives**, Edition 2. CRC Press, Boca Raton, Florida: 291–312, 2012.

CRAWFORD, L.; BART, H.; HAROLD, E. L.; HUCKABA, T. M.; DAVENPORT, I. R. Tube-like structures within the ovarian follicle of *Hydrolagus colliei* indicates the early origins of follicle cell processes. **Journal of Fish Biology**, v. 97, n. 3, p. 691–695, 2020. DOI:10.1111/jfb.14423

DÍAZ-ANDRADE, M. C.; GALÍNDEZ, E. J.; LÓPEZ-CAZORLA, A.; ESTECONDO, S. Ovarian folliculogenesis in the smallnose fanskate *Sympterygia bonapartii* (Müller & Henle, 1841) (Chondrichthyes, Rajidae). **International Journal of Morphology**, v. 29, n. 1, p. 174–181, 2011. DOI:10.4067/s0717-95022011000100030

DUNCAN, W.; SHIBUYA, A.; ARAÚJO, M.; ZUANON, J. Biologia e história natural de *Potamotrygon wallacei* (CARVALHO; ROSA; ARAÚJO, 2016) Na bacia do Rio Negro, Amazônia Central, Brasil. In: LASSO, C. A.; ROSA, R. S.; MORALES-BENTACOURT, W. A.; GARRONE-NETO, D.; CARVALHO, M (Org.). **XV Rayas de agua Dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica, Parte II: Colombia,**

Brasil, Perú, Paraguay, Uruguay y Argentina. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016, cap.11, p. 289-304.

ELISIO, M.; AWRUCH, C. A.; MASSA, A. M.; MACCHI, G. J.; SOMOZA, G. M. Effects of temperature on the reproductive physiology of female elasmobranchs: The case of the narrownose smooth-hound shark (*Mustelus schmitti*). **General and Comparative Endocrinology**, v. 284, p. 1–9, 2019. DOI:10.1016/j.ygcen.2019.113242

FONTENELLE, J. P.; MARQUES, F. P. L.; KOLMANN, M. A.; LOVEJOY, N. R. Biogeography of the neotropical freshwater stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygoninae) reveals effects of continent-scale paleogeographic change and drainage Evolution. **Journal of Biogeography**, p. 1-14, 2021. DOI: 10.1111/jbi.14086

FORNECK, S. C.; DUTRA, F. M.; CAMARGO, M. P.; VITULE, J. R. S. ; CUNICO, A. M. Aquaculture facilities drive the introduction and establishment of non-native *Oreochromis niloticus* populations in Neotropical streams. **Hydrobiologia**, v. 848, p, 1955-1966, 2021. DOI:10.1007/s10750-020-04430-8

FRICKE, R., ESCHMEYER, W.; FONG, J. D. . **Eschmeyer's catalog of fishes: Genera/Species by Family/Subfamily.**(<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>). Electronic version accessed in january of 2024.

GALÍNDEZ, E.; DÍAZ ANDRADE, M.; ESTECONDO, S. Morphological indicators of initial reproductive commitment in *Mustelus schmitti* (Springer 1939) (Chondrichthyes, Triakidae): folliculogenesis and ovarian structure over the life cycle. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 154–163, 2014. DOI:10.1590/1519-6984.23312

GAMA, C. S. **Diversidade e ecologia das arraias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da reserva biológica do Parazinho, ap.** Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas: Zoologia. Universidade Federal da Paraíba, 2013, 227 p.

GREENE, C. W. The physiology of the spawning migration. **Physiological Reviews**, v. 6, n. 2, p.201–241, 1926. DOI:10.1152/physrev.1926.6.2.201

GRIJALBA-BENDECK, M.; ACERO P, A.; GONZÁLEZ, E. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 43, n. 3, 2008. DOI:10.4067/s0718-19572008000300006

HADWEN, W. L.; FELLOWS, C. S.; WESTHORPE, D. P.; REES, G. N.; MITROVIC, S. M.; TAYLOR, B.; BALDWIN, D. S.; SILVESTER, E.; CROOME, R. Longitudinal trends in river functioning: Patterns of nutrient and carbon processing in three Australian rivers. **River Research and Applications**, v. 26, n. 9, p. 1129–1152, 2010. DOI:10.1002/rra.1321

HAFEZ, B.; HAFEZ, E.F.Z. Reproduction in farm animals, 7th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2000.

HAMLETT, W. C.; EULITT, A. M.; JARRELL, R. L.; KELLY, M. A. Uterogestation and placentation in elasmobranchs. **Journal of Experimental Zoology India**, V. 266, P. 347–367, 1993. DOI: 10.1002/jez.1402660504

HAMLETT, W. C.; JEZIOR, M.; SPIELER, R. Ultrastructural analysis of folliculogenesis in the ovary of the yellow spotted stingray, *Urolophus jamaicensis*. **Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger**, v. 181, n. 2, p. 159–172, 1999. DOI:10.1016/s0940-9602(99)80003-x

HAMLETT, W. C.; MUSICK, J. A.; EULITT, A. M.; JARRELL, R. L.; KELLY, M. A. Ultrastructure of uterine trophonemata, accommodation for uterolactation, and gas exchange in the southern stingray, *Dasyatis americana*. **Canadian Journal of Zoology**, v. 74, n. 8, p. 1417–1430, 1996. DOI:10.1139/z96-157

HAMLETT, W. C.; WOURMS, J. P.; SMITH, J. W. Stingray placental analogues: structure of trophonemata in *Rhinoptera bonasus*. **Journal Submicroscopic Cytology**, v. 17, p. 541–550, 1985.

HTUN-HAN, M. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. **Journal of Fish Biology**, v. 13, n. 3, p. 369–378, 1978. DOI:10.1111/j.1095-8649.1978.tb03445.x

ICES. Report of the workshop on sexual maturity staging of elasmobranchs (WKMSSEL). International Council for the Exploration of the Sea, 2010.

KOOB, T. J.; CALLARD, I. P. Reproductive endocrinology of female elasmobranchs: Lessons from the little skate (*Raja erinacea*) and the spiny dogfish (*Squalus acanthias*). **Journal of Experimental Zoology**, v. 284, p. 557–574, 1999. **DOI:** 10.1002/(sici)1097-010x(19991001) 0284:5<557::aid-jez12>3.3.co;2-g

KOOB, T. J.; HAMLETT, W. C. Microscopic structure of the gravid uterus in the little skate, *Raja erinacea*. **The Journal of Experimental Zoology**, v. 282, n. (4-5), p. 421–437, 1998.

DOI:10.1002/(sici)1097-010x(199811/12)282:4/5<421::aid-jez3>3.0.co;2-v

LAMEIRAS, J. L. V.; COSTA, O. T. F.; DOS-SANTOS, M. C. Neotropical freshwater stingrays (Chondrichthyes – Potamotrygoninae): biology, general features and envenomation. **Toxin Reviews**, v.39, p.1-16, 2019. **DOI:** 10.1080/15569543.2018.1542406

LARSEN, B. B., MILLER, E. C., RHODES, M. K., & WIENS, J. J. Inordinate fondness multiplied and redistributed: the number of species on earth and the new pie of life. **The Quarterly Review of Biology**, v. 92, n. 3, p. 229-265, 2017. **DOI:** 10.1086/693564

LE-CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **The Journal of Animal Ecology**, v. 20, n. 2, p. 201-219, 1951. **DOI**:10.2307/1540

LOBODA, T. S.; CARVALHO, M. R. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 11, p. 693-737, 2013. **DOI**: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252013000400001>

LOVEJOY, N. R., ALBERT, J. S., CRAMPTON, W. G. R. Miocene marine incursions and marine/freshwater transitions: evidence from Neotropical fishes. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 21, p. 5-13, 2006. **DOI**: 10.1016/j.jsames.2005.07.009

LOVEJOY, N. R. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 117, n. 3, p. 207–257, 1996. **DOI**:10.1006/zjls.1996.0038

LUCIFORA, L. O.; BALBONI, L.; SCARABOTTI, P. A.; ALONSO, F. A.; SABADIN, D. E.; SOLARI, A.; VARGAS, F.; BARBINI, S. A.; MABRAGAÑA, E.; ASTARLOA, J. M. Decline or stability of obligate freshwater elasmobranchs following high fishing pressure. **Biological Conservation**, v. 210, p. 293–298, 2017. **DOI**:10.1016/j.biocon.2017.04.028

MARUSKA, K. P.; GELSLEICHTER, J. Hormones and reproduction in chondrichthyan fishes. **Hormones and Reproduction of Vertebrates**, p. 209-237, 2011. **DOI:** 10.1016/B978-0-12-375009-9.10011-6

MCEACHRAN, J. D.; DUNN, K. A. Phylogenetic analysis of skates, a morphologically conservative clade of elasmobranchs (Chondrichthyes: Rajidae). **Copeia**, v. 1998, n. 2, p. 271 –290, 1998. **DOI:**10.2307/1447424

MIGAUD, H.; DAVIE, A.; TAYLOR, J. F. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 1, p. 27–68. **DOI:**10.1111/j.1095-8649.2009.02500.x

MORALES-GAMBA, R. D.; ARAÚJO, M. L. G.; BARCELLOS, J. F., MARCON, J. L. Follicular growth and sex steroids in adult females of the endemic Amazonian freshwater stingray *Potamotrygon wallacei* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). **Environmental Biology of Fishes**, v. 104, p. 1665–1672, 2021. **DOI:** <https://doi.org/10.1007/s10641-021-01191-8>

MOYA, A. C.; WEHITT, A.; DÍAZ-ANDRADE, M. C.; GIACOMO, E. E.; GALÍNDEZ, E. J. Female reproductive traits of a commercially exploited skate: *Atlantoraja platana* (Günther, 1880) (Chondrichthyes, Rajidae). Ovarian morphology, gametogenesis and microscopic verification of maturity criteria. **Micron**, v. 101, p. 232–240, 2017. **DOI:**10.1016/j.micron.2017.08.001

NETO, D. G. Considerações sobre a reprodução de duas espécies de arraias (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) na região do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. **Pan-american Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 1, p. 101-111, 2010.

NETO, D. G.; HADDAD-JR., V.; VILELA, L. J. A.; UIEDA, V. S. Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrigonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, p. 205-208, 2007. **DOI**: 10.1590/S1676-06032007000100023

PAGLIARINI, C. D.; RIBEIRO, C. S.; SPADA, L.; DELARIVA, R. L.; CHAGAS, J. M. A.; ANJOS, L. A.; RAMOS, I. P. Trophic ecology and metabolism of two species of nonnative freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **Hydrobiologia**, v. 847, p. 2895–2908, 2020. **DOI**: 10.1007/s10750-020-04283-1

PANGAS, S. A. Growth factors in ovarian development. **Seminars in Reproductive Medicine**, v. 25, n. 4, p. 225-234, 2007. **DOI**: 10.1055/s-2007-980216

PEDREROS-SIERRA, T. M.; ARRIETA-PRIETO, D. M.; MEJÍA-FALLA, P. A. Reproductive system of females of the Magdalena river endemic stingray *Potamotrygon magdalenae*: Anatomical and functional aspects. **Journal of Morphology**, v. 277, n. 5, p. 680–697, 2016. **DOI**: 10.1002/jmor.20527

RANGEL, B.S.; RIBEIRO, D. C.; CHAGAS, J. M. A.; SPADA, L.; MOREIRA, R. G.; RIBEIRO, C. S. Effects of biological traits on capture-induced parturition in a freshwater stingray and perspectives for species management. **Journal of Fish Biology**, v. 97, 546-551, 2020. DOI: 10.1111/jfb.14412

RIBEIRO, C. S.; MOREIRA, R. G. Fatores ambientais e reprodução dos peixes. **Revista da Biologia**, v. 8, p. 56–61, 2012. DOI: 10.7594/revbio.08.10

RINCON-FILHO, G. Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Parana-Tocantins. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2006, 145 p.

SAADAQUI, A.; SAIDI, B.; ENAJJAR, S.; BRADAI, M. N. Reproductive biology of the common stingray *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758) off the Gulf of Gabès (Central Mediterranean Sea). **Cahiers de Biologie Marine**, v. 56, p. 389–396, 2015.

SANGUN, L.; AKAMCA, E.; AKAR, M. Weight-length relationships for 39 fish species from the north-eastern mediterranean coast of turkey. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 7, p. 37– 40, 2007.

SANTOS, J. M.; NETO, D. G. R.; MARQUES, E. E.; SEIBERT, C. S. Adaptações fisiológicas de arraias *Potamotrygon rex* (Potamotrygonidae) frente às variações sazonais no ambiente. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.

11 n. 7, p. 409–423, 2020. **DOI:** <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0033>

SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; BOSCHI, M. B.; MIRANDA, M. O. T. Influence of the Abaeté River on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, southeastern Brazil. **River Research and Applications**, v. 21, n. 8, p. 939–950, 2005. **DOI:**10.1002/rra.859

SCHLAEPFER, M. A.; SAX, D. F.; OLDEN, J. D. The potential conservation value of non-native species. **Conservation Biology**, v. 25, n. 3, p. 428-437, 2011. **DOI:** 10.1111/j.1523-1739.2010.01646.x

SILVA, M. I., DE OLIVEIRA, M. I. B., DA COSTA, O. T. F., & DUNCAN, W. P. Morphology and morphometry of the ovaries and uteri of the Amazonian freshwater Stingrays (Potamotrygonidae: Elasmobranchii). **The Anatomical Record**, v. 300, p. 265–276, 2017. **DOI:** <https://doi.org/10.1002/ar.23501>

SNELSON, F. F.; WILLIAMS-HOOPER, S. E.; SCHMID, T. H. Reproduction and ecology of the atlantic stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida Coastal Lagoons. **Copeia**, v. 1988, n. 3, p. 729–739, 1988. **DOI:**10.2307/1445395

SNELSON-JR, F. F.; RASMUSSEN, L. E. L.; JOHNSON, M. R.; HESS, D. L. Serum concentrations of steroid hormones during reproduction in the atlantic

stingray, *Dasyatis sabina*. **General and Comparative Endocrinology**, v. 108, n. 1, p. 67–79, 1997. **DOI:** 10.1006/gcen.1997.6949

SOMA, H.; MURAI, N.; TANAKA, K.; OGURO, T.; KOKUBA, H.; YOSHIHAMA, I.; FUJITA, K.; MINEO, S.; TODA, M.; UCHIDA, S.; MOGOE, T. Review: Exploration of placentation from human beings to ocean-living species. **Placenta**, v. 34, p. 17–23, 2013. **DOI:**10.1016/j.placenta.2012.11.021

SOMSAP, N.; SRAKAEW, N.; CHATCHAVALVANICH, K. Microanatomy of the female reproductive system of the viviparous freshwater whipray *Fluvitrygon signifer* (Elasmobranchii: Myliobatiformes: Dasyatidae). I. The ovary. **Zoologischer Anzeiger**, v. 280, p. 52–64, 2019. **DOI:**10.1016/j.jcz.2019.04.002

SPADA, L. **Aspectos metabólicos do ciclo reprodutivo de fêmeas de *Potamotrygon amandae* (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae), em área de ocorrência não-natural (Reservatório de Jupia, Ilha Solteira/SP)**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Ciências (Fisiologia). São Paulo, 2021. 64 p.

SPADA, L.; RIBEIRO, D. C.; CHAGAS, J. M. A.; HOROIWA, A. Y.; SOARES, A. S.; RIBEIRO, C. S. Metabolismo lipídico da raia vivípara *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963 durante a reprodução. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 5, p. 186–197, 2020. **DOI:** <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0019>

STORRIE, M. T.; WALKER, T. I.; LAURENSEN, L. J.; HAMLETT, W. C. Gestational morphogenesis of the uterine epithelium of the gummy shark (*Mustelus antarcticus*). **Journal of Morphology**, v. 270, n. 3, p. 319–336, 2009. **DOI**:10.1002/jmor.10693

TESHIMA, K.; TAKESHITA K. Reproduction of the freshwater stingray, *Potamotrygon magdalenae* taken from the Magdalena River System in Colombia, South America. **Seikai National Fisheries Research Institute**, v. 70, p. 11–27, 1992.

TOBERGTE, D. R.; CURTIS, S. Uterine fluid and serum protein composition and serum steroid hormone concentrations during gestation in the aplacental viviparous Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, p. 1689– 1699, 2013.

TOMITA, T.; NAKAMURA, M.; NOZU, R.; OGAWA, N.; TODA, M.; SATO K. Mode of uterine milk secretion in the white shark. **The Anatomical Record**, v. 305, n. 7, p. 1724–1731, 2022. **DOI**: 10.1002/ar.24860.

TRICAS, T. C.; MARUSKA, K. P.; RASMUSSEN, L. E. Annual cycles of steroid hormone production, gonad development, and reproductive behavior in the atlantic stingray. **General and Comparative Endocrinology**, v. 118, n. 2, p. 209-225, 2000. **DOI**: 10.1006/gcen.2000.7466

UNESP. Acesso à base diária: Ilha Solteira – SP, 2023. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br/>> Acesso em: 20 de julho de 2023.

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

WEHITT, A.; DI GIACOMO, E. E.; GALÍNDEZ, E. J. The female reproductive system of *Zearaja chilensis* (Guichenot, 1848) (Chondrichthyes, Rajidae): Gametogenesis and microscopic validation of maturity criteria. **International Journal of Morphology**, v. 33, n. 1, p. 309–317, 2015. DOI:10.4067/s0717-95022015000100049