



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NATALIA GONÇALVES LEITE

**OTIMIZAÇÃO REPRODUTIVA DE BAGRES NEOTROPICAIS
SUL-AMERICANOS**

Londrina
2025



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NATALIA GONÇALVES LEITE

**OTIMIZAÇÃO REPRODUTIVA DE BAGRES NEOTROPICAIS
SUL-AMERICANOS**

NATALIA GONÇALVES LEITE

OTIMIZAÇÃO REPRODUTIVA DE BAGRES NEOTROPICAIS SUL-AMERICANOS

Trabalho de Tese apresentado à ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Mauricio Lopera Barrero

Coorientador: Prof. Dr. Jayme Aparecido Pohv

Londrina
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

L533o Leite, Natalia Gonçalves.

Otimização Reprodutiva De Bagres Neotropicais Sul-Americanos / Natalia Gonçalves Leite. - Londrina, 2025.
75 f.

Orientador: Nelson Mauricio Lopera Barrero.

Coorientador: Jayme Aparecido Povh.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2025.

Inclui bibliografia.

1. Manejo reprodutivo - Tese. 2. Morfologia espermática - Tese. 3. Peixes reofílicos - Tese. 4. Retorno reprodutivo no mesmo ciclo reprodutivo - Tese. I. Lopera Barrero, Nelson Mauricio . II. Povh, Jayme Aparecido. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

CDU 636

NATALIA GONÇALVES LEITE

OTIMIZAÇÃO REPRODUTIVA DE BAGRES NEOTROPICAIS SUL-AMERICANOS

Trabalho de Tese apresentado à ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Mauricio Lopera
Barrero
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Danilo Pedro Streit Júnior
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Prof. Dr. Fernando Grandis
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Luis Antonio Kioshi Aoki Inoue
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
(Embrapa)

Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Junior

Londrina, 26 de fevereiro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter colocado este sonho e me dado as forças e condições para realizá-lo. Ser a primeira pessoa da minha família a conquistar uma formação acadêmica e, em breve, o doutorado, é a prova de que tudo é possível para quem acredita e persiste.

Aos meus pais, Sergio Gonçalves Leite e Claudia Rejane Soares Leite, minha eterna gratidão pelo amor, apoio incondicional e compreensão. Sem vocês, essa conquista não seria possível.

Ao meu companheiro, Rafael Varjão, agradeço pelo amor, paciência e apoio constantes. Sua presença foi fundamental para que eu seguisse em frente.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nelson Mauricio Lopera Barrero, aos colegas do Laboratório NEPAG – UEL, por tornarem esse espaço um ambiente de aprendizado, troca e crescimento.

Agradeço ao meu coorientador, Jayme Aparecido Pohv, pela dedicação, orientação e envolvimento em todas as etapas da pesquisa, juntamente com seus orientados.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e às universidades envolvidas (UEL, UFMS, UFRGS, UNIFESSPA) pelos recursos e apoio essenciais, assim como à CAPES pela bolsa concedida.

Aos Professores Doutores Danilo Pedro Streit Jr, Diógenes Henrique de Siqueira-Silva, Ruy Alberto Caetano Côrrea Filho e aos orientados dessas instituições, agradeço pelas orientações, apoio e colaboração, que foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço à Piscicultura Pirai e à família Kasai pela parceria indispensável.

Aos meus amigos, pela amizade e constante motivação, e aos meus Senseis, que, com a arte marcial, mantiveram minha sanidade física e mental durante esta trajetória.

A todos que contribuíram para a realização desta pesquisa, meu sincero agradecimento.

“A ciência não é só conhecimento, é a arte de aplicar esse conhecimento para transformar a realidade.” – *Albert Einstein*

LEITE, Natalia Gonçalves. **Otimização reprodutiva de bagres neotropicais Sul-Americanos**. 2025. 75 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025

RESUMO

Os peixes continentais neotropicais representam um terço das espécies de água doce do mundo e possuem grande potencial para a aquicultura na América do Sul. No entanto, a falta de dados sobre sua biologia reprodutiva limita a reprodução em cativeiro na aquicultura. Diante da crescente demanda por peixes, compreender os aspectos reprodutivos dessas espécies é essencial para aprimorar a produção de juvenis e garantir a sustentabilidade do setor. Este estudo, composto por dois artigos, avaliou a indução da reprodução sucessiva em *Pseudoplatystoma reticulatum* e a morfologia e morfometria espermática de quatro espécies nativas: *P. reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemiliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos*. No primeiro artigo, foi analisada a indução hormonal sucessiva em *Pseudoplatystoma reticulatum* com intervalos médios de 65 dias. Das 19 fêmeas induzidas, 12 desovaram na primeira indução, e 7 foram submetidas à segunda indução, todas com sucesso reprodutivo. A fecundidade foi maior na segunda desova (922.940 oócitos) em comparação à primeira (550.517 oócitos). As análises morfológicas confirmaram a liberação sucessiva de oócitos, demonstrando que a indução sucessiva é uma estratégia viável para otimizar a produção de alevinos sem comprometer a qualidade reprodutiva. No segundo artigo, foram caracterizados os parâmetros morfológicos e morfométricos dos espermatozoides das quatro espécies nativas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise morfométrica com o software IMAGEJ. Os espermatozoides apresentaram características típicas de aquasperma primitivo, com variações nas dimensões da cabeça e da peça intermediária. A análise estatística não revelou diferenças significativas entre as espécies. Os resultados deste estudo contribuem para o avanço da aquicultura de peixes nativos, oferecendo estratégias para otimizar a produção de juvenis, melhorar a qualidade genética das populações e promover práticas reprodutivas mais eficientes.

Palavras-chave: Indução hormonal, Manejo reprodutivo, Morfologia espermática, Peixes migratórios, Reprodução induzida.

LEITE, Natalia Gonçalves. **Reproductive optimization of South American neotropical catfish**. 2025. 75 pp. Thesis (Doutorate in Animal Science) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025

ABSTRACT

Neotropical freshwater fish represent one-third of the world's freshwater species and have great potential for aquaculture in South America. However, the lack of data on their reproductive biology limits captive reproduction in aquaculture. Given the increasing demand for fish, understanding the reproductive aspects of these species is essential to enhance juvenile production and ensure the sector's sustainability. This study, composed of two articles, evaluated the induction of successive reproduction in *Pseudoplatystoma reticulatum* and the sperm morphology and morphometry of four native species: *P. reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemiliopterus*, and *Hemisorubim platyrhynchos*. The first article analyzed successive hormonal induction in *Pseudoplatystoma reticulatum* at average intervals of 65 days. Of the 19 induced females, 12 spawned after the first induction, and 7 were subjected to a second induction, all achieving reproductive success. Fecundity was higher in the second spawning (922,940 oocytes) compared to the first (550,517 oocytes). Morphological analyses confirmed the successive release of oocytes, demonstrating that successive induction is a viable strategy to optimize juvenile production without compromising reproductive quality. The second article characterized the morphological and morphometric parameters of the spermatozoa of the four native species using scanning electron microscopy (SEM) and morphometric analysis with IMAGEJ software. The spermatozoa exhibited typical characteristics of primitive aquasperm, with variations in head and midpiece dimensions. Statistical analysis revealed no significant differences among species. The findings of this study contribute to the advancement of native fish aquaculture by providing strategies to optimize juvenile production, improve the genetic quality of populations, and promote more efficient reproductive practices.

Key-words: Hormonal induction, Induced reproduction, Migratory fish, Reproductive management, Sperm morphology.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1 – Cachara (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>).....	24
Figura 2 – Pintado (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>).....	26
Figura 3 – Jurupoca (<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>)	27
Figura 4 – Pirarara (<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>)	29

ARTIGO 1

Figura 1 – Desenho experimental representando os grupos de animais que foram submetidos a indução hormonal reprodutiva em dois momentos no mesmo período reprodutivo, bem como os animais que foram selecionados para amostragem histológica das gônadas em diferentes momentos do manejo de indução hormonal aplicado para o <i>P. reticulatum</i>	47
Figura 2 – Análise morfológica dos ovários de fêmeas de <i>P. reticulatum</i> após a primeira reprodução em animais induzidos (a) e não induzidos (c), evidenciando o grande volume de oócitos vitelogênicos (V) e após o retorno reprodutivo, caracterizado pelo grande volume de complexos foliculares pós ovulatórios (seta), de oócitos em crescimento primário (cabeça de seta) e o reduzido número de oócitos vitelogênicos (V) em animais induzidos (b) e não induzidos (d). Coloração: Hematoxilina e Eosina. Barras de escala: a, c - d = 150 µm, b = 500 µm	55
Figura 3 – Análise esteriológicas dos ovários de fêmeas de <i>P. reticulatum</i> após a 1ª indução e o retorno reprodutivo (2ª indução). Letras minúsculas diferentes entre si revelam diferença significativa entre os números de POCs (complexos foliculares pós ovulatórios) contabilizados. Letras maiúsculas diferentes entre si revelam diferença no número de oócitos vitelogênicos encontrados. Número de asteriscos diferentes evidenciam diferença significativa entre os números de oócitos em crescimento primário nos ovários.	56

ARTIGO 2

- Figura 1** – Representação esquemática do delineamento experimental, ilustrando os grupos de animais submetidos à indução hormonal reprodutiva, bem como os procedimentos de coleta e processamento das amostras para análise morfológica. 68
- Figura 2** – Ilustração esquemática de uma célula espermática, evidenciando os limites anatômicos considerados para a mensuração das variáveis morfométricas. 69
- Figura 3**– Imagens da morfologia da cabeça dos espermatozoides das quatro espécies, obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), com aumento de 30.000 vezes 70

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 – Dados reprodutivos de fêmeas de *P. reticulatum* após uma única desova 50

Tabela 2 – Dados reprodutivos da primeira e segunda desova das fêmeas de *P. reticulatum*.
..... 54

ARTIGO 2

Tabela 1 – Valores morfométricos de células espermática de *P. reticulatum*, *P. curruscans*, *H. platyrhynchos* e *P. hemioliopterus*. 70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Área da cabeça
AP	Área da peça intermediaria
ATC	Área total da cabeça
C	Cabeça
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC	Comprimento da cabeça
CCP	Comprimento total Cabeça e peça intermediaria
CEUA	Comissão de ética no uso de animais
CF	Largura da peça intermediária
CP	Comprimento da peça intermediária
CT	Comprimento total
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EHC	Extrato de hipófise de carpa
F	Flagelo
FA	Fecundidade absoluta
FR	Fecundidade relativa
FSH	Hormônio Folículo-Estimulante
Gnrh	Hormônio Liberador De Gonadotropinas
Gths	Gonadotropinas
IP	Índice de produção
LC	Largura da cabeça
LF	Largura do flagelo
LH	Hormônio Luteinizante
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MV	Migração da vesícula germinativa
NO	Número de oócito/g
P	Peça intermediaria
PO	Peso dos oócitos
POCs	Complexos foliculares pós ovulatórios
TE	Taxa de eclosão
TF	Taxa de fertilização
UEL	Universidade Estadual de Londrina

UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNIFESSPA	Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	24
2.2	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (Spix & Agassiz, 1829).....	25
2.3	<i>Hemisorubim platyrhynchos</i> (Valenciennes, 1840).....	26
2.4	<i>Phractocephalus hemioliopterus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	28
2.6	Controle neuroendócrino da reprodução em teleósteos	29
2.7	Fisiologia reprodutiva da fêmea de <i>P. reticulatum</i>	31
2.7.1	Ovogênese	32
2.8	Características Ultraestruturais dos Espermatozóides em Peixes	34
3	REFERÊNCIAS.....	36
4	HIPÓTESE.....	411
5	OBJETIVOS	422
5.1	Objetivo Geral.....	422
5.2	Objetivos Específicos	42
6	ARTIGO 1 - Fêmeas de <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> podem ser reusadas mais de uma vez no mesmo período reprodutivo?.....	43
7	ARTIGO 2 - Morfologia e Morfometria Espermática de Bagres Neotropicais: <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>, <i>Pseudoplatystoma corruscans</i>, <i>Phractocephalus hemioliopterus</i> e <i>Hemisorubim platyrhynchos</i>.....	64
8	CONCLUSÃO.....	78

1 INTRODUÇÃO

Os peixes continentais neotropicais representam cerca de um terço das espécies de água doce do mundo, totalizando mais de 5.160 espécies distribuídas em 739 gêneros e 69 famílias (Reis et al., 2016). Essa rica biodiversidade confere grande potencial à aquicultura nos países sul-americanos. Além da relevância para a pesca comercial e recreativa, diversas espécies são estratégicas para a aquicultura (Pereira et al., 2023), contribuindo significativamente para a segurança alimentar, geração de empregos e manutenção de serviços ecossistêmicos, como o transporte de nutrientes e a dispersão de sementes (Dudgeon et al., 2006; Cooke et al., 2012). No entanto, a escassez de informações sobre aspectos reprodutivos e produtivos ainda limita o avanço da produção aquícola dessas espécies (FAO, 2022).

A intensificação da aquicultura frente à crescente demanda por pescado exige maior eficiência na produção de ovos viáveis e na obtenção de juvenis com alta taxa de sobrevivência (Lubzens et al., 2010). Para isso, é fundamental aprofundar o conhecimento sobre a reprodução dos peixes nativos, especialmente de espécies migratórias, cujas populações vêm sofrendo significativas reduções devido à ação antrópica. A construção de grandes usinas hidrelétricas, por exemplo, promove a fragmentação dos rios e a conversão de trechos lóticos em ambientes lênticos, o que altera a dinâmica hidrológica e compromete os ciclos reprodutivos naturais (Agostinho et al., 2008; Pereira et al., 2023). Entre os principais fatores de ameaça à sua persistência estão a sobrepesca e a obstrução do fluxo fluvial, os quais têm contribuído significativamente para os declínios populacionais (Brasil, 2022).

Diante desse cenário, a conservação ex situ on farm surge como uma estratégia promissora para mitigar os impactos sobre a ictiofauna nativa. Esse tipo de conservação permite a manutenção de populações fora de seu ambiente natural, sob condições controladas de cultivo, possibilitando tanto a preservação da diversidade genética quanto a reprodução assistida, com potencial para reintrodução em habitats naturais (Paiva et al., 2019; FAO, 2022). Além disso, essa abordagem tem viabilizado estudos reprodutivos e genéticos com espécies de interesse ecológico, econômico e zootécnico.

Entre as espécies neotropicais mantidas em sistemas de conservação ex situ on farm e avaliadas no presente estudo, destacam-se quatro representantes da ordem

Siluriformes: *Pseudoplatystoma reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemiliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos*. Essas espécies são migratórias, de médio a grande porte, com ciclo reprodutivo sazonal e desova total, sendo caracterizadas como reofílicas — isto é, sua reprodução está associada a variações nos níveis fluviais (Resende et al., 1995). Além do valor zootécnico, elas desempenham papéis ecológicos relevantes na regulação trófica dos ecossistemas aquáticos (Agudelo-Córdoba et al., 2000; Barthem & Goulding, 1997). Ressalta-se que *P. corruscans* está classificada como “vulnerável” e *H. platyrhynchos* como de “menor preocupação” na Lista Vermelha da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2025), o que reforça a importância de ações voltadas à conservação dessas espécies.

Embora essas espécies completem a maturação gonadal em cativeiro, a ausência de estímulos ambientais típicos dos rios dificulta a liberação espontânea dos gametas, sendo necessária a indução hormonal exógena para a reprodução. Em sistemas de aquicultura, o extrato de hipófise de carpa ainda é o hormônio mais amplamente utilizado no Brasil (Woynarovich & Horváth, 1983; Oliveira et al., 2023). Dessa forma, compreender os mecanismos fisiológicos e reprodutivos dessas espécies em cativeiro é essencial para a eficiência dos programas de manejo, repovoamento e produção comercial.

A indução reprodutiva em fêmeas de peixes reofílicos geralmente ocorre apenas uma vez por temporada em sistemas de cultivo (Pires et al., 2018). Identificar os fatores que limitam a reutilização de reprodutores ao longo do mesmo período reprodutivo pode otimizar a produção de juvenis com alta variabilidade genética, promovendo benefícios para programas de conservação e melhoramento genético.

Apesar da expressiva diversidade de peixes de água doce no Brasil, a biologia espermática de muitas espécies nativas permanece pouco explorada (Viveiros & Godinho, 2009). A morfologia dos espermatozoides representa um parâmetro-chave para a avaliação da qualidade reprodutiva, com implicações ecológicas e produtivas (Streit et al., 2009). Fatores ambientais e hormonais podem influenciar significativamente a qualidade do sêmen e, consequentemente, o sucesso da fertilização (Murgas et al., 2015). Nesse sentido, a microscopia eletrônica tem se mostrado uma ferramenta eficaz para revelar variações estruturais que podem refletir aspectos funcionais, filogenéticos e adaptativos (Psenicka et al., 2007).

Diante dos desafios enfrentados para a reprodução e conservação de espécies reofílicas, este trabalho teve como objetivos: (i) avaliar a indução reprodutiva sucessiva em fêmeas de *Pseudoplatystoma reticulatum* durante um mesmo período reprodutivo; e (ii) realizar uma análise comparativa da morfologia e morfometria dos espermatozoides de quatro espécies nativas por meio de microscopia eletrônica de varredura. Os resultados obtidos oferecem subsídios para o aprimoramento das estratégias reprodutivas na piscicultura e para a conservação de espécies nativas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *PSEUDOPLATYSTOMA RETICULATUM* (EIGENMANN & EIGENMANN, 1889)

Pseudoplatystoma reticulatum (Siluriformes), popularmente conhecido como surubim Cachara, é um bagre de grande porte distribuído nas bacias dos rios Paraná-Paraguai e Amazonas Central, ocorrendo na Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai. A espécie foi reclassificada após a revisão taxonômica do gênero, sendo anteriormente identificada como *P. fasciatum* (Buitrago-Suárez, 2006).

A espécie apresenta coloração dorsal prateada e ventral esbranquiçada, com listras negras perpendiculares ao corpo (Figura 1). Difere-se de outros congêneres pela presença de barras escuras em forma de alça, formando um padrão reticulado, em contraste com as barras retas observadas em *P. fasciatum*, *P. orinocoense* e *P. punctifer*. As barras conectam-se à região dorsal, formando células distintas que se estendem abaixo da linha lateral. Adicionalmente, exibe manchas na cabeça, ausência de delimitação clara entre as regiões dorsal e ventral, barbatana anal manchada, mandíbula inferior pontiaguda, 42–43 vértebras e três barbilhões maxilares com função sensorial (Buitrago-Suárez; Burr, 2007; Crepaldi et al., 2006).

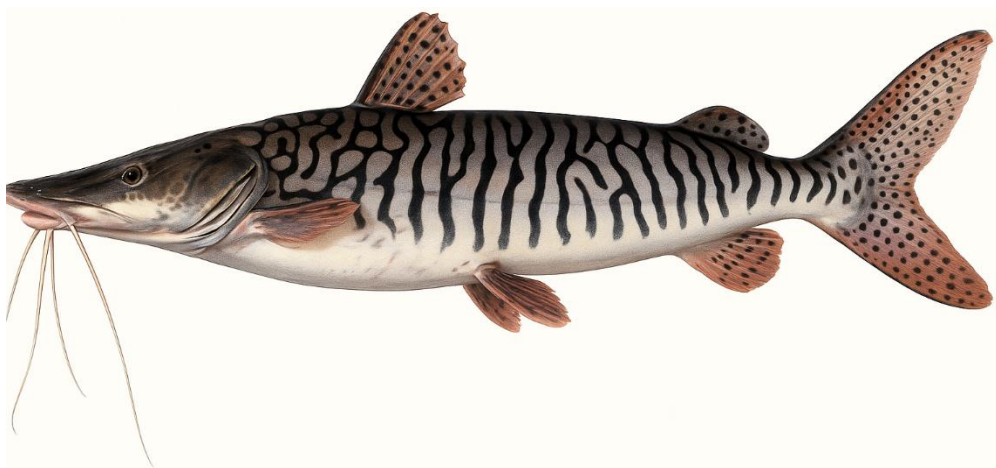


Figura 1. Ilustração da Cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*)

Fonte: Próprio autor

Os espinhos serrilhados das nadadeiras dorsal e peitorais apresentam ferrões que liberam ictiocrinotoxina, uma toxina proteica e gelatinosa com potencial lesivo, típica entre os Siluriformes como mecanismo de defesa (Thulesius Et Al., 1983; Halstead, 1988). A espécie pode atingir até 170 cm de comprimento, apresenta hábitos noturnos,

prefere águas turvas e ocupa o topo da cadeia alimentar em diferentes habitats da América do Sul (Reid, 1983).

P. reticulatum é uma espécie migratória, de reprodução reofílica, com ciclo sazonal influenciado pelos níveis fluviométricos. Juntamente com outros representantes do gênero, exerce papel ecológico relevante na regulação trófica de cima para baixo (Agostinho; Gomes; Pelicice, 2007; Agudelo-Córdoba Et Al., 2000; Barthem; Goulding, 1997).

Apesar da excelente qualidade de carne — textura firme, coloração clara, baixo teor de gordura e ausência de espinha em "Y" —, seu hábito alimentar carnívoro tem dificultado a consolidação da espécie na aquicultura brasileira (Fantini et al., 2013). No entanto, cruzamentos com *Leiarius marmoratus* têm gerado híbridos com alto desempenho zootécnico e menor incidência de canibalismo, sendo amplamente utilizados e economicamente relevantes para a piscicultura nacional (Gutiérrez-Barragán, 2025).

2.2 *PSEUDOPLATYSTOMA CORRUSCANS* (SPIX & AGASSIZ, 1829)

O *Pseudoplatystoma corruscans*, comumente denominado pintado, surubim ou surubim-pintado, é uma espécie nativa cuja distribuição abrange as bacias dos rios Paraná e São Francisco (Pereira et al., 2023). Caracteriza-se por hábitos noturnos e carnívoros, preferencialmente piscívoro (Resende et al., 1996), realizando migrações reprodutivas durante o período da piracema, com um ciclo reprodutivo sazonal influenciado pelos níveis fluviométricos (Godinho, Kynard & Godinho, 2007; Melo-Silva et al., 2022; Santos et al., 2012) e possuem desova total (Zaniboni-Filho e Weingartner, 2007).

Altamente valorizado na pesca esportiva e comercial devido ao grande porte e ao sabor suave de sua carne (Balboni et al., 2021; Mikkola, 2024), sendo amplamente utilizado na produção de híbridos (Gutiérrez-Barragán et al., 2025). Biologicamente, atua como predador de topo, exercendo papel fundamental no equilíbrio ecológico. Sua exploração é significativa nas regiões em que ocorre, tanto para fins comerciais quanto recreativos (Mateus & Petrere, 2004).

P. corruscans (Figura 2) é uma espécie de grande porte, podendo alcançar até 100 kg. Apresenta dorso e laterais acinzentados, cobertos por inúmeras manchas negras, que variam de forma arredondada a verticalmente alongada, sendo mais discretas na parte superior do corpo. Acima da linha lateral, destacam-se faixas claras e estreitas que percorrem os flancos, enquanto a tonalidade escura do corpo tende a clarear abaixo dessa linha. As nadadeiras também possuem pequenas manchas escuras (Britski et al., 1999).



Figura 2. Ilustração do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*)

Fonte: Próprio autor

A cabeça é comprida e achatada, representando entre um quarto e um terço do comprimento total do animal. Em determinados exemplares, observa-se o lobo inferior da nadadeira caudal com aspecto hialino, e a região ventral pode ser isenta de manchas escuras (Buitrago-Suárez & Burr, 2007).

A espécie foi recentemente inserida na lista de espécies ameaçadas de extinção no Brasil, com status de vulnerável (Brasil, 2022; ICMBio, 2025). Ainda assim, sua captura permanece autorizada, desde que respeitadas as normas vigentes voltadas à conservação da espécie e à manutenção sustentável da atividade pesqueira (Brasil, 2024).

2.3 *HEMISORUBIM PLATYRHYNCHOS* (VALENCIENNES, 1840)

Hemisorubim platyrhynchos, pertencente à ordem Siluriformes, é popularmente conhecido no Brasil como jurupoca, jiripoca ou jerupoca. Possui ampla distribuição na América do Sul, ocorrendo nas bacias dos rios Amazonas, Maroni, Orinoco, Tocantins, Paraná-Paraguai, além de rios costeiros do estado do Maranhão (Lundberg & Littmann,

2003). É valorizado comercialmente em diversas regiões brasileiras, especialmente pelo sabor de sua carne (Faccioli, 2015).

É uma espécie migratória, que não apresenta cuidado parental e habita predominantemente poças e remansos dos rios (Le Bail et al., 2000). Apresenta hábito alimentar carnívoro, com preferência piscívora (Agostinho, 2003). Por ocupar o topo da cadeia trófica, possui naturalmente populações menos densas, o que a torna sensível a distúrbios ambientais.

H. platyrhynchos apresenta coloração variável, entre castanho-esverdeada e amarelada (Figura 3), com região ventral esbranquiçada. Manchas pretas ovaladas de tamanhos distintos se distribuem ao longo do corpo, sendo característico o aparecimento de uma mancha escura na base do lobo superior da nadadeira caudal (Le Bail et al., 2000). A boca é voltada para cima e a mandíbula inferior ligeiramente mais longa que o maxilar superior, conferindo-lhe um perfil morfológico distinto entre os peixes de couro.



Figura 3. Ilustração da Jurupoca (*Hemisorubim platyrhynchos*)

Fonte: Próprio autor

Essas características morfológicas, somadas ao padrão de coloração, representam adaptações aos ambientes de fundo lodoso. Como predador piscívoro, sua alimentação baseia-se em organismos bentônicos e peixes, sendo a posição dos olhos e o formato bucal compatíveis com estratégias de caça próximas ao substrato (Le Bail et al., 2000).

Trata-se de uma espécie de médio porte, podendo atingir até 60 cm de comprimento total e cerca de 3 kg de massa corporal. Suas características biológicas e

ecológicas destacam sua relevância nos ambientes aquáticos da região neotropical, onde desempenha papel funcional como predador de topo.

As populações de *H. platyrhynchos* têm sofrido declínios significativos, principalmente devido à intensificação de impactos antrópicos, como a destruição de habitats naturais. A construção de barragens hidrelétricas figura entre os principais fatores negativos, ao fragmentar os cursos d'água e comprometer os deslocamentos migratórios necessários à reprodução da espécie (Faccioli et al., 2014). Em razão de sua biologia reprodutiva e comportamento trófico, a espécie foi incluída na Lista Vermelha da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2025), classificada como de "menor preocupação".

2.4 *PHRACTOCEPHALUS HEMIOLIOPTERUS* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801)

A *Phractocephalus hemioliopterus*, conhecida popularmente como Pirarara, Bagre de cauda vermelha, Cajaro, Cola roja ou Bandera, é uma espécie da ordem Siluriformes, amplamente distribuída nas bacias Amazônica e Araguaia-Tocantins (Mojica et al., 2005). Esta espécie ocorre principalmente em canais de rios, incluindo tributários de águas pretas e claras, atingindo as cabeceiras e regiões de marés próximas ao estuário (Barthem & Goulding, 1997).

P. hemioliopterus apresenta características distintivas, como uma forte ossificação do crânio, uma grande placa pré-dorsal óssea, de corpo liso, largo e de grande porte, podendo atingir até 1,5 metro de comprimento e 80 kg (Figura 4). Sua coloração varia do castanho-esverdeado no dorso ao amarelo nos flancos e branco no ventre, com nadadeiras caudal e dorsal vermelho-alaranjadas. A nadadeira adiposa tem base larga e radiada, e a nadadeira anal e a dorsal apresentam extremidades claras. Os barbilhões maxilares não ultrapassam a nadadeira dorsal (Ferreira et al., 1998; Córdoba et al., 2000).



Figura 4. Ilustração Pirarara (*Phractocephalus hemiliopterus*)

Fonte: Próprio autor

Essas espécies possuem uma dieta onívora com tendência piscívora, mas também se alimentam de caranguejos. Seu comportamento é diurno, com desova total e fecundação externa. Como espécie migradora, percorre grandes distâncias rio acima para a reprodução, especialmente entre a estação seca e o início da enchente (Ferreira et al., 1998; Córdoba et al., 2000).

É um peixe de grande importância econômica, sendo altamente valorizada pelas populações locais. Seu porte e coloração atraem a pesca esportiva, e muitos exemplares jovens são comercializados como peixes ornamentais (Córdoba et al., 2000). Além disso, é uma importante fonte de renda para as comunidades ribeirinhas e, em algumas regiões da Amazônia, sua gordura e couro são utilizados na medicina tradicional para o tratamento de problemas respiratórios (Souza et al., 2012).

2.5 CONTROLE NEUROENDÓCRINO DA REPRODUÇÃO EM TELEÓSTEOS

De maneira geral, os animais possuem um sistema que recebe informações provenientes tanto do ambiente externo (sinais ambientais) quanto do interno (eventos fisiológicos), processa, integra e regula essas informações. Esse processo resulta em um estado endócrino que, por sua vez, desencadeia os eventos fisiológicos necessários para a reprodução (Trudeau, 2006). Durante cada ciclo reprodutivo, a renovação das células germinativas, sua diferenciação, desenvolvimento, maturação e liberação provocam

alterações nas gônadas, caracterizando diferentes fases do ciclo reprodutivo. A identificação dessas fases é um parâmetro fundamental para o manejo reprodutivo das espécies (Lowere-Barbieri et al., 2011). A caracterização das fases reprodutivas baseia-se nos estágios do desenvolvimento dos ovócitos e da espermatogênese, bem como no aspecto das gônadas (Brown-Peterson et al., 2011).

A maioria dos peixes tem seu processo reprodutivo regulado por fatores ambientais, como temperatura, fotoperíodo, pluviosidade, entre outros parâmetros. No entanto, as interações hormonais complexas entre os órgãos sensoriais e reprodutivos, que acompanham o evento reprodutivo, são mediadas por um sistema neuroendócrino endógeno. Esse sistema envolve, principalmente, o eixo H-H-G, responsável pela síntese e liberação do hormônio liberador de gonadotropinas (GnRH), das gonadotropinas (GtHs), do hormônio folículo-estimulante (FSH), do hormônio luteinizante (LH), dos esteroides gonadais (andrógenos, progestágenos e estrógenos). Além dos hormônios citados, também estão presentes os neuromoduladores que podem tanto estimular quanto inibir o processo reprodutivo, como dopamina, hormônio inibidor de gonadotropinas, ácido gama-aminobutírico, fator de crescimento semelhante à insulina, neuropeptídeo Y, kisspeptina, entre outros (Levavi-Sivan et al., 2010; Mylonas et al., 2010; Zohar et al., 2010).

Alguns estudos sugerem que as gonadotropinas (GtHs) podem ser afetadas quando espécies migradoras são transferidas para o cativeiro, resultando no bloqueio da reprodução. Isso ocorre porque, na cascata de estimulação para a síntese dos esteroides gonadais, a produção de 17α , 20β -DHP (hormônio indutor da maturação final, ovulação e desova) é estimulada pelas GtHs, especialmente pelo LH (Lubzens et al., 2010). O LH atua nas células da teca, estimulando a conversão de 17α -OHP, que é transportada para as células da granulosa e convertida em 17α , 20β -DHP. Esse hormônio é fundamental para a preparação do oócito para a fertilização (Nagahama, 1997; Lubzens et al., 2010). Embora sua importância seja reconhecida, poucos estudos analisaram a presença da 17α , 20β -DHP em diferentes espécies. Sugere-se que o confinamento em cativeiro possa interferir na ação da enzima 20β -HSD, que é responsável pela conversão de 17α -OHP em 17α , 20β -DHP. A atividade da 20β -HSD depende da estimulação pelas GtHs, especialmente pelo LH (Nagahama, 1997). Nesse contexto, observa-se que as espécies migradoras, como as de piracema, apresentam bloqueio reprodutivo quando impedidas de migrar, o que pode estar relacionado à disfunção desse processo enzimático.

2.6 FISILOGIA REPRODUTIVA DA FÊMEA DE *P. RETICULATUM*

Na maioria dos peixes neotropicais, incluindo os representantes da ordem Siluriformes, os ovários e testículos são órgãos pares, fusiformes e alongados, localizados na cavidade celomática. Esses órgãos estão posicionados lateralmente à bexiga gasosa e dorsalmente ao tubo digestivo. Nos ovários, os ductos ovarianos comuns se originam das extremidades caudais de cada ovário, fundindo-se posteriormente para formar o ducto ovariano único, que se abre na papila genital localizada posterior e contígua à papila anal (Rizzo & Bazzoli, 2014; Romagosa et al., 2003).

Os ovários dos peixes são revestidos pela túnica albugínea, uma camada que emite septos para o interior do órgão, formando lamelas ovolígeras onde os ovócitos se desenvolvem. Esse desenvolvimento pode ocorrer de três modos: sincrônico, assíncrono e sincrônico em grupo. Este último é característico de espécies que realizam a desova em estações reprodutivas de curta duração, como ocorre durante a piracema em espécies como o cachara (*P. reticulatum*) (Romagosa et al., 2000).

A coloração e a estrutura dos ovários do cachara alteram-se ao longo dos diferentes estádios do ciclo reprodutivo. Inicialmente, no estágio juvenil, os ovários apresentam-se como filamentos transparentes, sem irrigação evidente. Com o desenvolvimento, passam a apresentar ovócitos de coloração amarela que ocupam toda a cavidade celomática, podendo ser observados a olho nu, e, em estádios mais avançados, os oócitos adquirem uma coloração esbranquiçada (Romagosa et al., 2000). Foram identificados quatro estádios principais no ciclo reprodutivo da espécie: juvenil, repouso, maturação e regressão (Romagosa et al., 2003). Após a desova, os ovos apresentam uma cobertura gelatinosa sobre a zona radiata, que confere adesividade ao substrato, uma característica essencial para o sucesso reprodutivo da espécie (Rizzo et al., 2002).

Na natureza, a maturação sexual das fêmeas do cachara ocorre no terceiro ano de vida, quando atingem um peso médio de 2 kg. Os machos, por sua vez, apresentam maior precocidade, alcançando a maturidade sexual aos dois anos, com peso aproximado de 1,5 kg. Em ambientes de piscicultura, no entanto, observou-se que os machos podem atingir a maturidade ao final do primeiro ano de vida, com cerca de 800 g, enquanto as fêmeas atingem a maturidade no segundo ano, pesando acima de 2 kg (Inoue et al., 2009).

Por serem migradores, a reprodução em cativeiro dessas espécies só é viável com o uso de técnicas de maturação final e desova induzida por hormônios hipotalâmicos ou gonadotrópicos. A estação reprodutiva geralmente ocorre entre novembro e fevereiro

(Inoue et al., 2003). A canulação em fêmeas reprodutoras é uma técnica eficaz para determinar o estágio de maturação e a qualidade dos gametas, facilitando o sucesso da indução hormonal e da desova, com base na posição da vesícula germinativa (Inoue et al., 2003; Leonardo et al., 2004; Nuñez et al., 2008).

2.6.1 Ovogênese

A fisiologia reprodutiva em fêmeas de peixes teleósteos é regulada por fatores ambientais externos, além de estímulos sociais. Quando a idade e peso mínimos são atingidos para a reprodução, esses estímulos são captados pelos sistemas sensoriais e enviados ao hipotálamo, que, por meio de circuitos neuronais, libera neuro-hormônios na hipófise. Nos teleósteos, a falta de um sistema porta-hipofisário faz com que os neuro-hormônios cheguem diretamente à adeno-hipófise por inervação. O GnRH, liberado pelo hipotálamo, estimula a produção de FSH na hipófise, que age nos folículos ovarianos, convertendo colesterol em testosterona. A testosterona é aromatizada em 17β -estradiol (E2), que, por sua vez, estimula a síntese de vitelogenina no fígado e sua incorporação pelo oócito, promovendo seu crescimento. A vitelogênese ocorre com aumento nos níveis plasmáticos de E2 e testosterona, que inibem a produção de FSH e estimulam a liberação de LH nas fases finais. O LH induz a produção de 17α -hidroxiprogesterona, que é convertida em 17α , 20β -DHP, conhecido como o hormônio indutor da maturação e ovulação. Esteroides gonadais, como andrógenos, progestágenos e estrógenos, atuam no feedback regulando a expressão de neuro-hormônios e neurotransmissores, sendo essenciais para o comportamento sexual e a sincronização da desova (Levavi-Sivan et al., 2010; Lubzens et al., 2010; Zohar et al., 2010; Nagahama, 1997; Nagahama e Yamashita, 2008; Munakata e Kobayashi, 2010).

As células germinativas femininas, ou oogônias, passam por profundas modificações durante seu desenvolvimento, podendo-se caracterizar fases ao longo desse processo. Essas fases recebem denominações distintas por diferentes autores (Yamamoto, 1956; Chaves, 1991; Agostinho, et al., 1993; Agostinho, et al., 1991; Quaggio-Grassiotto et al. 2011).

Fase I: As células germinativas jovens (cromatina-nucleolar) são pequenas e aparecem agrupadas em "ninhos" nas lamelas ovígeras, em regiões vascularizadas. Seu citoplasma é escasso e o núcleo é arredondado, basófilo, geralmente com um único nucléolo central. Essas células podem ser ovogônias ou ovócitos em estágios iniciais de

desenvolvimento e são visíveis em ovários "virgens", em repouso ou nas fases finais de recuperação dos ovários.

Fase II: Os oócitos do estoque de reserva (perinucleolares) se separam dos "ninhos" devido ao aumento de volume. O citoplasma se torna bem definido e mais basófilo que na fase anterior, e o núcleo passa a apresentar um ou dois nucléolos esféricos, intensamente basófilos, que se tornam mais numerosos e migram para a periferia nuclear. Esses ovócitos estão presentes em gônadas de diferentes estádios de maturidade, inicialmente arredondados e, posteriormente, devido à pressão entre eles, apresentam formas triangulares, retangulares ou ovais. Eles darão origem às células que iniciarão a vitelogênese.

Fase III: Durante o estágio de maturação inicial, o oócito apresenta crescimento citoplasmático acelerado, com vacuolização indicativa de deposição lipídica. O núcleo cresce, mas de forma desproporcional, e contém vários nucléolos localizados na periferia, sinalizando intensa síntese. Surge uma película acidófila contínua, a membrana vitelina, que é acoplada à membrana citoplasmática do ovócito e rodeada por células foliculares com núcleo central e citoplasma basófilo. O conjunto do ovócito, membrana vitelina e células foliculares forma o folículo ovocitário, unidade básica do ovário. (Chaves, 1991).

Fase IV: Na fase de vitelogênese lipídica e protéica, ocorre a deposição de proteínas na forma de plaquetas acidófilas, geralmente a partir da periferia do citoplasma, que avançam centripetamente, empurrando os vacúolos para o centro da célula. O núcleo mantém as características da fase anterior, com contorno ligeiramente irregular. A membrana vitelina torna-se mais espessa, enquanto as células foliculares crescem, tornando-se mais alongadas e visíveis.

Fase V: Na fase de vitelogênese completa, o oócito cresce rapidamente devido ao aumento dos grânulos de vitelo, com a ausência das vesículas lipídicas. Os grânulos protéicos alteram o aspecto do ovoplasma, e a basofilia desaparece. O núcleo se contrai e perde a forma esférica, enquanto a membrana vitelina se torna mais espessa, formando a "zona radiata". As células foliculares se organizam em uma paliçada. Essa fase ocorre em ovários maduros ou em maturação avançada, preparando os ovócitos para eliminação.

Fase VI: Na fase de hialinização, o oócito sofre hidratação, fazendo com que os grânulos de vitelo se coalesçam, tornando-se maiores e sem individualidade, o que confere ao citoplasma um aspecto manchado, com áreas róseas e basófilas, onde antes estava o núcleo. O volume do ovócito aumenta significativamente, de 6 a 8 vezes. Os vacúolos lipídicos se concentram em poucas gotas centrais que migram para o polo

vegetativo. O núcleo, agora basófilo, apresenta contornos irregulares e migra para o polo animal, enquanto as células foliculares se aplanam. Esses ovócitos, os mais avançados, estão prontos para ser eliminados.

2.7 CARACTERÍSTICAS ULTRAESTRUTURAIS DOS ESPERMATOZÓIDES EM PEIXES

O sêmen é composto por plasma seminal e espermatozoides, com sua composição variando entre indivíduos da mesma espécie. Sua principal função é fornecer um ambiente adequado para o armazenamento dos espermatozoides (Ciereszko et al., 2000). O plasma seminal é produzido principalmente nos testículos e ductos espermáticos na maioria dos teleósteos, uma vez que muitas espécies não possuem glândulas acessórias (Lahnsteiner et al., 1994), embora haja exceções em algumas subordens e espécies (Patzner, 1991). Além de ser rico em compostos minerais, especialmente sódio, potássio e cloro (75 a 175 mM, 32 a 86 mM e 112 a 183 mM, respectivamente), o plasma também contém cálcio e magnésio (1 a 2 mM), íons essenciais para a motilidade e ativação espermática, além de regular a osmolaridade do plasma seminal (Suquet Et Al., 1994; Ciereszko Et Al., 2000; Billard & Cosson, 1992). Em peixes de água doce, a motilidade espermática é controlada pela concentração de potássio (acima de 40 mM inibe) e pela osmolaridade ambiental (inibida quando superior a 300 mOsm/Kg) (Ciereszko et al., 2000).

Os espermatozoides de peixes teleósteos não possuem acrossoma, sendo substituído por uma micrópila no córion dos ovos, por onde entram para iniciar a fertilização (Cosson et al., 1999). Eles são compostos por três partes: A cabeça, que participa da interação ovócito espermatozoides, peça intermediária com as mitocôndrias, que participam na produção de energia e o flagelo, que atua na motilidade (Flesch & Gadella 2000). Jamieson (1991) classificou os espermatozóides em dois tipos com base na ultraestrutura e no tipo de fertilização: "aquesperm", presentes em espécies de fertilização externa, e "introsperm", em espécies de fertilização interna.

Os espermatozóides do tipo "aquesperm" podem ou não apresentar acrossoma. Dentro dos "aquesperm" sem acrossoma, Jamieson (1991) fez uma sub-classificação, distinguindo-os em dois tipos. O tipo I possui um núcleo pequeno, ovóide ou esférico, centríolos em ângulos retos na fossa nuclear, uma pequena peça intermediária formando um colar ao redor da região inicial do flagelo, e mitocôndrias pequenas e poucas localizadas no colar citoplasmático. O flagelo apresenta o axonema clássico, com microtúbulos periféricos e um par central. A membrana flagelar pode ter projeções

laterais semelhantes às nadadeiras dos peixes. Essas estruturas envolvem e protegem as células esperáticas, que permanecem imóveis dentro dos testículos (Jamieson, 1991; Mattei, 1991).

O tipo II é caracterizado por um flagelo paralelo ao núcleo, com centríolos fora da fossa nuclear e uma peça intermediária muito pequena ou ausente. No axonema, há material denso no lúmen das duplas de microtúbulos 1, 2, 5 e 6, formando diferenciações intratubulares (Jamieson, 1991). Além disso, a compactação da cromatina nos espermatozoides varia, mas não parece estar associada à ordem dos peixes. Contudo, dentro de uma mesma família, os espermatozoides podem compartilhar características ultraestruturais semelhantes, como a forma do núcleo, número e formato das mitocôndrias, e a presença ou ausência do canal citoplasmático e das expansões laterais na membrana flagelar (Mattei, 1991; Jamieson, 1991). O diâmetro da cabeça pode variar de 2 a 4 μm , com exceções em enguias e esturjões, onde a cabeça chega a 10 μm de comprimento (Linhart et al., 1991).

3 REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M.** *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá: Eduem, 2007.
- AGOSTINHO, A. A. et al.** Índice de atividade reprodutiva: uma proposta para avaliação da atividade reprodutiva em peixes. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 9., 1991, Maringá. *Resumos*. Maringá: UEM, 1991. p. 53.
- AGOSTINHO, A. A. et al.** Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fases del ciclo de vida, en la planicie de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. *Hydrobiologia Tropica*, v. 26, n. 1, p. 79–90, 1993.
- AGUDELO-CÓRDOBA, E. et al.** *Bagres de la Amazonía Colombiana: un recurso sin fronteras*. Bogotá: SINCHI, 2000.
- BALBONI, L.; VARGAS, F.; COLAUTTI, D.** Age and growth of *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) at the confluence of the Paraná and Paraguay rivers. *Neotropical Ichthyology*, v. 19, n. 2, p. e200101, 2021.
- BARTHEM, R.; GOULDING, M.** *The catfish connection: ecology, migration and conservation of Amazonian predators*. New York: Columbia University Press, 1997. 140 p.
- BILLARD, R.; COSSON, M. P.** Some problems related to the assessment of sperm motility in freshwater fishes. *Journal of Experimental Zoology*, v. 261, p. 122–131, 1992.
- BRASIL.** Ministério da Pesca e Aquicultura; Ministério do Meio Ambiente. *Portaria Interministerial MPA/MMA nº 15, de 6 de dezembro de 2024*. Estabelece medidas de ordenamento para a pesca do pintado ou surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*). *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 6 dez. 2024.
- BRASIL.** Ministério do Meio Ambiente. *Plano de recuperação para Pseudoplatystoma corruscans (pintado)*. Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/plano_de_recuperacao_pintado_nov_2022_final.pdf. Acesso em: 21 maio 2025.
- BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S.** *Peixes do Pantanal: manual de identificação*. Brasília: Embrapa, 1999. 184 p.
- BROWN-PETERSON, N. J. et al.** A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, p. 52–70, 2011.
- BUITRAGO-SUÁREZ, U. A.; BURR, B. M.** Taxonomia do gênero *Pseudoplatystoma* Bleeker (Siluriformes: Pimelodidae) com reconhecimento de oito espécies. *Zootaxa*,

v. 1512, p. 1–38, 2007.

CAMPOS, J. L. O cultivo do pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix e Agassiz, 1829). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Orgs.). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: UFSM, 2005. p. 327–343.

CIERESZKO, A.; GLOGOWSKI, J.; DABROWSKI, K. Biochemical characteristics of seminal plasma and spermatozoa of freshwater fishes. In: TIERSCH, T. R.; MAZIK, P. M. (Eds.). *Cryopreservation in aquatic species*. Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society, 2000. p. 20–48.

COSSON, J. et al. Ionic factors regulating the motility of fish sperm. In: BILLARD, R.; COSSON, M. P. (Eds.). *The Male Gamete*. Chapter 16. p. 161–186, 1999.

CREPALDI, D. V. et al. Biologia reprodutiva do surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*). *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 30, n. 3–4, p. 159–167, 2006.

DUDGEON, D. et al. Biodiversidade de água doce: importância, ameaças, status e desafios de conservação. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 81, p. 163–182, 2006.

FACCIOLI, C. K. Ultraestrutura e citoquímica do tubo digestivo de *Hemisorubim platyrhynchos* (Teleostei, Siluriformes, Pimelodidae). 2015. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015.

FACCIOLI, C. K. et al. Morphology and histochemistry of the liver of carnivorous fish *Hemisorubim platyrhynchos*. *International Journal of Morphology*, v. 32, n. 2, p. 715–720, 2014.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The state of world fisheries and aquaculture 2022: towards blue transformation*. Rome: FAO, 2022. 236 p. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/51865e2f-5c9b-4c82-806f-91231fd6c1ee/content>. Acesso em: 21 maio 2025.

FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S.; SANTOS, G. M. *Peixes comerciais do médio Amazonas: região de Santarém – PA*. Brasília: IBAMA, 1998. 211 p.

FLESC, F. M.; GADELLA, B. M. Dynamics of the mammalian sperm plasma membrane in the process of fertilization. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1469, n. 3, p. 197–235, 2000. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304415700000186>. Acesso em: 2 ago. 2012.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B.; GODINHO, H. P. Migration and spawning of female

- surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco River, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, v. 80, p. 421–433, 2007.
- GUTIÉRREZ-BARRAGÁN, A. et al.** Uma revisão da hibridização de bagres (Siluriformes). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 35, p. 145–174, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11160-024-09919-2>
- HALSTEAD, B. W.** *Poisonous and venomous marine animals of the world*. 1988.
- ICMBio.** *Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE*. 2025. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/>. Acesso em: 21 maio 2025.
- JAMIESON, B. G. M.** *Fish evolution and systematics: evidence from spermatozoa*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 317 p.
- LAHNSTEINER, F.; PATZNER, R.; WEISMANN, T.** The testicular main duct and the spermatic duct in some cyprinid fishes II. Composition of the seminal fluid. *Journal of Fish Biology*, v. 44, p. 459–467, 1994.
- LE BAIL, P. Y.; KEITH, P.; PLANQUETTE, P.** *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane*. Tome 2. Fascicule II: Siluriformes. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, 2000. 307 p.
- LEONARDO, A. F. G. et al.** Induced spawning of hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). *Aquaculture*, v. 240, n. 1–4, p. 451–461, 2004.
- LEVAVI-SIVAN, B. et al.** Perspectives on fish gonadotropins and their receptors. *General and Comparative Endocrinology*, v. 165, p. 412–437, 2010.
- LINHART, O.; SLECHTA, V.; SLAVIK, T.** Fish sperm composition and biochemistry. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica*, v. 16, p. 285–311, 1991.
- LOWE-MCCONNELL, R. H.** *Fish communities in tropical freshwaters: their distribution, ecology and evolution*. London: Longman, 1975.
- LUBZENS, E. et al.** Oogenesis in teleost: how fish eggs are formed. *General and Comparative Endocrinology*, v. 165, p. 367–389, 2010.
- LUNDBERG, J. G.; LITTMANN, M. W.** Pimelodidae (Long-whiskered catfishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. Jr. (Eds.). *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 432–446.
- MATEUS, L. A. F.; PENHA, J. M.; PETRERE, M.** Fishing resources in the rio Cuiabá basin, Pantanal do Mato Grosso, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 2, p. 217–227, 2004.

- MATTEI, X.** Spermatozoon ultrastructure and its systematic implications in fishes. *Canadian Journal of Zoology*, v. 69, p. 3038–3055, 1991.
- MIKKOLA, H.** Aquaculture and fisheries as a food source in the Amazon region – a review. *Food and Nutrition Journal*, v. 9, p. 286, 2024.
- MOJICA, J. I. et al.** Peces de la cuenca del río Amazonas en Colombia: región de Leticia. *Biota Colombiana*, v. 6, n. 2, p. 191–210, 2005.
- MYLONAS, C. C. et al.** Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology*, v. 165, p. 516–534, 2010.
- NAGAHAMA, Y.** 17α , 20β -dihydroxy-4-pregnen-3-one, a maturation-inducing hormone in fish oocytes: mechanisms of synthesis and action. *Steroids*, v. 62, p. 190–196, 1997.
- PAIVA, S. R. et al.** *Conservação e uso de recursos genéticos de peixes nativos de água doce: estratégias e desafios*. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019. 40 p. (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, n. 40). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1129547/1/Doc-40.pdf>. Acesso em: 21 maio 2025.
- PATZNER, R. A.** Morphology of the male reproductive system of *Coralliozetus angelica* (Pisces, Blennioidei, Chaenopsidae). *Journal of Fish Biology*, v. 39, p. 867–872, 1991.
- PEREIRA, L. A. et al.** Uma síntese da ecologia e conservação de bagres *Pseudoplatystoma* nos neotrópicos. *Fishes*, v. 8, n. 6, p. 306, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fishes8060306>. Acesso em: 27 nov. 2024.
- REID, S.** La biología de los bagres rayados *Pseudoplatystoma fasciatum* y *P. tigrinum* en la cuenca del Río Apure, Venezuela. *Revista Unellez Ciencia y Tecnología*, v. 1, p. 13–41, 1983.
- RESENDE, E. K. et al.** *Biologia do curimatá (Prochilodus lineatus), pintado (Pseudoplatystoma corruscans) e cachara (Pseudoplatystoma fasciatum) na bacia hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil*. Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1996. 75 p. (Boletim de Pesquisa, n. 2).
- RIZZO, E.; BAZZOLI, N.** Reprodução e embriogênese. In: BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Org.). *Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce*. Jaboticabal: FUNEP, 2014. p. 265–284.
- ROMAGOSA, E. et al.** Observações preliminares sobre o comportamento reprodutivo das fêmeas de cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Siluriformes,

- Pimelodidae) na região do Vale do Ribeira, São Paulo, em condições de confinamento. In: *Integração da Morfologia Luso-Brasileira – Comemoração dos 500 anos do Brasil*, Goiânia, 2000. Anais... Goiânia, 2000. p. 224.
- ROMAGOSA, E.** et al. Biologia reprodutiva de fêmeas de cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Siluriformes, Pimelodidae), mantidas em cativeiro. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 151–159, 2003.
- SANTOS, A. F.** et al. Experimental assessment of the effects of a Neotropical nocturnal piscivore on juvenile native and invasive fishes. *Neotropical Ichthyology*, v. 10, n. 1, p. 167–176, 2012.
- SUQUET, M.** et al. Sperm features in turbot *Scophthalmus maximus*: A comparison with other freshwater and marine fish species. *Aquatic Living Resources*, v. 7, p. 283–294, 1994.
- THULESIUS, O.** et al. Vascular responses elicited by venom of Arabian catfish (*Arius thalassinus*). *General Pharmacology*, v. 14, p. 129–132, 1983.
- ZOHAR, Y.** et al. Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*, v. 165, p. 438–455, 2010.

4 HIPÓTESE

- A indução sucessiva de fêmeas de *Pseudoplatystoma reticulatum* no mesmo período reprodutivo otimiza o uso das reprodutoras e maximiza a produção de alevinos, com a formação e liberação de novos oócitos vitelogênicos, ou, alternativamente, a liberação de oócitos já em desenvolvimento da primeira reprodução.
- Há diferenças significativas nas características morfológicas e morfométricas das células espermáticas entre *P. reticulatum*, *P. corruscans*, *Phractocephalus hemiliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos* distintas espécies de bagres nativos da região Neotropical.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resposta à indução reprodutiva sucessiva em fêmeas de *Pseudoplatystoma reticulatum* e caracterizar a morfologia espermática de *P. reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemioliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos*.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a reprodução induzida no início da estação reprodutiva em fêmeas de *P. reticulatum*.
- b) Avaliar a reprodução induzida 60 dias após a primeira indução em fêmeas de *P. reticulatum*.
- c) Comparar os resultados das duas reproduções induzidas realizadas durante a safra 2022/2023, analisando a viabilidade e o desempenho reprodutivo.
- d) Realizar avaliação histológica das fêmeas de *P. reticulatum* na primeira e na segunda desova, observando possíveis alterações morfológicas e fisiológicas.
- e) Avaliar a morfologia das células espermáticas de *P. reticulatum*, *P. corruscans*, *P. hemioliopterus* e *H. platyrhynchos* utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV).
- f) Avaliar a morfometria das imagens geradas no MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) das células espermáticas de *P. reticulatum*, *P. corruscans*, *P. hemioliopterus* e *H. platyrhynchos* utilizando o software IMAGEJ (National Institutes of Health, USA, <http://rsbweb.nih.gov/ij/>).

6 ARTIGO 1

Artigo normalizado na revista *Aquaculture International*

Fêmeas de *Pseudoplatystoma reticulatum* podem ser reusadas mais de uma vez no mesmo período reprodutivo?

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a reprodução induzida sucessiva de fêmeas de *Pseudoplatystoma reticulatum* (cachara). Foram selecionadas 19 fêmeas ($5,0 \pm 1,04$ kg; $74,0 \pm 5,8$ cm), submetidas a induções hormonais no início do período reprodutivo, com intervalos médios de 65 dias entre as desovas. As características avaliadas incluíram peso e número de oócitos, fecundidade absoluta e relativa, índice de produção, taxas de fertilização e eclosão, além de análises histológicas e estereológicas das gônadas. Das 19 fêmeas, quatro foram eutanasiadas para análise dos oócitos, e 15 foram induzidas à primeira desova, com 80% de sucesso (12 fêmeas). Sete delas foram submetidas à segunda reprodução, com cinco apresentando desova bem-sucedida. A fecundidade absoluta e relativa foi maior na segunda desova (922.940 oócitos; 202,28 oócitos/g) em comparação à primeira (550.517 oócitos; 122,26 oócitos/g; $P < 0,05$). As análises evidenciaram a liberação sucessiva de oócitos vitelogênicos ao longo da estação reprodutiva. Os resultados mostram que a reprodução induzida sucessiva é viável na espécie, com melhorias em características reprodutivas observadas a partir de 46 dias. Este estudo pioneiro na cachara propõe novos protocolos de manejo reprodutivo, otimizando o uso do plantel sem comprometer a qualidade reprodutiva, além de aumentar a produção e oferta de alevinos.

Palavras chaves: Desova sucessiva, Peixe Reofilico, Retorno reprodutivo, Siluriforme.

1. Introdução

Os peixes continentais neotropicais apresentam grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura dos países Sul-Americanos, pois cerca de um terço de

todas as espécies de água doce ocorrem nesta região, com uma estimativa de 5160 espécies distribuídas em 739 gêneros e 69 famílias (Reis et al., 2016). São importantes na pesca comercial e recreativa, e algumas espécies, como as do gênero *Pseudoplatystoma* tornaram-se chave para a aquicultura brasileira (Pereira et al., 2023). Entretanto, a falta de informações sobre os aspectos reprodutivos e produtivos é um dos fatores que limita a produção desses peixes (FAO, 2022).

Entre as espécies neotropicais com potencial para a piscicultura na América do sul se destaca a Cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*). Muito embora esta espécie possua excelente qualidade de carne (textura firme, coloração clara e de baixo teor de gordura) além da ausência de espinha em "y", como destacou Fantini et al. (2013), o seu hábito alimentar carnívoro, dificultou sua consolidação na aquicultura brasileira. Diante deste fato, nos últimos dez anos ocorreu a expansão na produção de um outro bagre, neste caso híbrido, conhecido como “pintado amazônico”, que tem sua origem no cruzamento entre fêmeas de espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e macho de *Leiarius marmoratus*. No híbrido resultante prevaleceram as características zootécnicas mais importantes das espécies do gênero *Pseudoplatystoma* (qualidade da carne) e do gênero *Leiarius* (hábito alimentar onívoro). Atualmente no Brasil é o quinto grupo de peixes mais produzido, com 11,6 mil toneladas em 2023 (IBGE, 2024).

A reprodução induzida em fêmeas de espécies reofílicas neotropicais Sul-Americanas, de forma geral e rotineira, acontece apenas uma vez por período reprodutivo nas pisciculturas, ou seja, uma única vez por ano (Pires et al., 2018). No caso específico de *P. reticulatum*, esse período reprodutivo em condições de cativeiro acontece nos meses de novembro a fevereiro, a partir do segundo ano de vida (Romagosa et al., 2003). A falta de informações sobre os aspectos reprodutivos e produtivos é um dos fatores que limita a produção desses peixes (FAO, 2022).

Um dos principais objetivos da indústria aquícola é a maior eficiência de produção de ovos e viabilidade de juvenis com alta taxa de sobrevivência, com o objetivo de suprir à crescente demanda por peixes (Lubzens et al., 2010). Ao compreender os fatores que limitam a reprodução e implementar medidas para otimizar o processo, é possível aumentar a taxa de sucesso da reprodução a partir do reuso de reprodutores durante o período reprodutivo podendo maximizar a produção de juvenis para a criação de peixes de alto valor genético (Pires et al., 2018).

Em reprodutores machos, estudos mostraram o sucesso em reproduções sucessivas em *Piaractus mesopotamicus* com intervalos de 41 dias (Kuradomi et al., 2016), três reproduções em *Colossoma macropomum* com intervalo médio de 75 dias (Pires et al., 2017) e quatro reproduções em *L. marmoratus* com intervalos de 10 dias (Spica et al., 2021). Todavia, o reuso de fêmeas no mesmo período reprodutivo, somente foi demonstrado com sucesso em tambaqui, *C. macropomum* (Pires et al., 2018). Os autores observaram a eficiência de duas desovas induzidas sucessivas em fêmeas da espécie, com intervalo de 75 dias entre elas, em um mesmo período reprodutivo.

Considerando a importância de *Pseudoplatystoma reticulatum* para a produção de híbridos de catfish para a aquacultura brasileira, o objetivo deste estudo foi avaliar reproduções induzidas sucessivas em fêmeas de *P. reticulatum* em um mesmo período reprodutivo.

2. Materiais e métodos

2.1 Local e ambiente de manutenção dos reprodutores

O experimento foi realizado em uma piscicultura localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul, Brasil (20°25'57" S e 55°17'11" W). Todos os procedimentos experimentais envolvendo os animais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (n° 1083/2019).

Foram utilizados indivíduos adultos de *P. reticulatum* que estavam alocados em um viveiro escavado (1.350 m²) com densidade de estocagem de 0,8 m², troca de água diária de 10% do volume total, temperatura média da água de 28±0,98 °C; oxigênio dissolvido de 8,0±0,26 mg/L e 8,0±0,05 de pH. Os animais foram alimentados uma vez ao dia no período matutino com ração extrusada (32% de Proteína Bruta, Material Mineral 12%, Extrato Etéreo 6%, Fibra bruta 5,5%), equivalente a 1% da biomassa do tanque.

2.2 Reprodução induzida

As fêmeas que compuseram o experimento foram selecionadas à medida que apresentavam características reprodutivas secundárias (ventre abaulado e orifício

urogenital entumecido e avermelhado) de acordo com Woynarovich e Horváth (1983). Em seguida, afim de aumentar a assertividade, de cada fêmea foi coletado por sucção, oócitos para análise da migração da vesícula germinativa central em direção a periferia do núcleo, de acordo com a metodologia de Bruzka (1979). Foram selecionadas fêmeas com percentual maior que 65% de migração da vesícula germinativa. Após a seleção, as fêmeas foram transferidas para tanques de alvenaria no laboratório, para o manejo de indução hormonal. Os tanques de alvenaria foram mantidos com renovação de água constante e parâmetros da água adequados para a espécie (temperatura média da água de $26,9 \pm 1,2$ °C; oxigênio dissolvido de $9,9 \pm 8,1$ mg/L e pH de $8,0 \pm 1,3$).

As fêmeas foram identificadas com microchip conforme metodologia de Streit Jr et al. (2012) para o acompanhamento individual ao longo do experimento, registrando-se peso médio de $5,0 \pm 1,04$ kg, comprimento total médio de $74,0 \pm 5,8$ cm e circunferência abdominal média de $42,0 \pm 3,7$ cm. As fêmeas foram submetidas à indução hormonal com 5,0 mg de extrato de hipófise de carpa (EHC)/kg de peso vivo em duas doses (20% inicial e 80% após 12 horas) conforme protocolo de Woynarovich e Horváth (1983) adaptado.

Para obtenção da taxa de fertilização e eclosão, foram selecionados machos de *P. reticulatum* com características reprodutivas secundárias, liberação de sêmen sob leve pressão abdominal. A posologia utilizada para indução hormonal com extrato de hipófise de carpa/kg foi de 1,0 mg em aplicação única, conforme protocolo de Woynarovich e Horváth (1983) adaptado. O sêmen foi coletado de acordo com a metodologia descrita por Sanches et al. (2011), após 220 horas-grau (Inoue et al., 2003)

2.3 Desenho experimental

Primeira Fase

Dezenove fêmeas foram selecionadas em seis diferentes momentos do mesmo período reprodutivo da espécie (setembro a novembro de 2022). Na primeira fase foram compostos os seguintes Grupos: G1, G2 e G3 com três fêmeas cada; G4 e G5 com quatro fêmeas cada e G6 com duas fêmeas, observado na Figura 1.

Das quatro fêmeas do G5, duas não foram induzidas, porém eutanasiadas para avaliação histológica das gônadas. As outras duas fêmeas restantes do G5, também foram eutanasiadas para avaliação histológica das gônadas, porém, com 204 Unidades Térmicas Acumuladas após indução hormonal com extrato de hipófise de carpa. Logo, todos os animais do G5 foram eutanasiados e, portanto, desconsideradas para a sequência do

desenho experimental. Todas as fêmeas do G2 não liberaram efetivamente os oócitos durante o manejo de extrusão, bem como uma fêmea dos grupos G1, G3 e G6 que morreram após a liberação dos oócitos e que, portanto, também foram desconsideradas para a sequência do desenho experimental. Portanto, sete fêmeas foram consideradas para a segunda fase do experimento.

Segunda Fase

Cinco animais utilizados na primeira fase foram utilizados novamente para aplicação do segundo manejo reprodutivo. Duas fêmeas dos grupos G1, duas do grupo G3 e apenas uma do G4, foram novamente induzidas à reprodução com 46, 76 e 71 dias após a primeira indução hormonal, respectivamente. A fêmea restante do G4 e a remanescente do G6 foram sacrificadas para análises histológicas ovarianas, sem receber o segundo manejo reprodutivo com indução hormonal (segunda fase). Para análise histológica das gônadas, também foram eutanasiadas uma fêmea do G3 e outra do G4 após o segundo manejo de indução hormonal e consequente liberação dos oócitos. Os protocolos de indução hormonal reprodutivo e coleta dos gametas seguiram o mesmo procedimento aplicado na primeira fase do presente experimento.

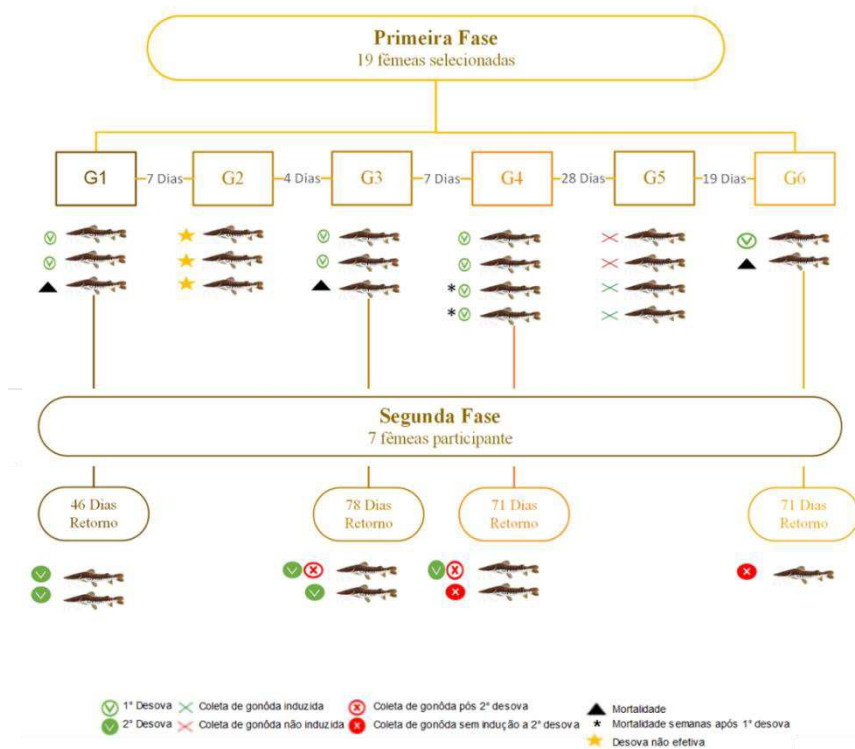


Figura 1. Desenho experimental representando os grupos de animais que foram

submetidos a indução hormonal reprodutiva em dois momentos no mesmo período reprodutivo, bem como os animais que foram selecionados para amostragem histológica das gônadas em diferentes momentos do manejo de indução hormonal aplicado para o *P. reticulatum*.

2.4 Características reprodutivas avaliadas

As características reprodutivas avaliadas foram: Peso dos oócitos - PO (g); número de oócito/g - NO; fecundidade absoluta - FA (número de oócitos liberados após a desova induzida); fecundidade relativa - FR (fecundidade absoluta/peso da fêmea (kg)); índice de produção - IP (peso dos oócitos (g)*100/peso da fêmea (kg));

Para os parâmetros que dependeram da célula reprodutiva masculina, taxa de fertilização - TF (% de ovos fertilizados) e taxa de eclodibilidade (% de larvas eclodidas a partir dos ovos fertilizados), previamente foi determinada a concentração de forma individual em uma diluição de 1:1000 de sêmen: formol salino tamponado, utilizando o método da contagem de células espermáticas em câmara hematimétrica de Neubauer de acordo com Mylonas et al. (1997). A concentração espermática foi calculada de forma semelhante ao recomendado para mamíferos, adequada para peixes de acordo com Sanches et al. (2011). A motilidade espermática foi realizada de forma subjetiva, seguindo a metodologia adaptada de Streit Jr et al. (2006), utilizando 1 µL de sêmen, diluídos em 10 µL de solução ativadora (água). Após a diluição, utilizou-se 5 µL da mistura, para a avaliação em um microscópio de luz em objetiva de 40×, sendo avaliado imediatamente a taxa de motilidade e o tempo total em que os espermatozoides se mantiveram móveis.

A estimativa das taxas de fertilização e eclodibilidade ocorreram em peneiras com malha de 13φ adaptadas em uma estrutura flutuante, dispostas em uma incubadora cilindro-cônica de 60 L com renovação de 7 L de água/min para incubação dos ovos. Para estimativa das taxas de fertilização e eclodibilidade, foram realizadas a contagem de número de oócitos em 0,5 g em triplicata. A fertilização foi em triplicata, cada peneira recebeu 0,5 g de óocitos que foram fertilizados com um *pool* de sêmen de três animais, na proporção de 1×10^6 espermatozoide/oócito de acordo com Oliveira-Araújo, et al. (2016) ativado com a água da incubadora. A taxa de fertilização foi avaliada em triplicata, oito horas após a fecundação, momento do fechamento do blastóporo. Classificamos 100 ovos por peneira em fertilizados e não fertilizados. Após 20 horas da fertilização, procedemos com a taxa de eclodibilidade avaliada em triplicata, determinada a partir da

porcentagem de larvas eclodidas em relação ao total de ovos não eclodidos em cada peneira (Andrade et al., 2016).

2.5 Análise morfológica e esteriológicas dos ovários

Análises morfológicas e esteriológicas foram realizadas para determinar se a segunda desova ocorreu por uma nova formação e liberação de oócitos vitelogênicos ou se os oócitos já estavam em desenvolvimento prévio e não foram liberados na primeira reprodução. Oito fêmeas foram selecionadas, coletou-se as gônadas nos seguintes momentos: fêmeas não induzidas à reprodução na primeira fase (2); fêmeas induzidas à reprodução na primeira fase (2); fêmeas induzidas à segunda reprodução com desova efetiva na segunda fase (2) e fêmeas com a primeira desova efetiva, mas não induzidas na segunda fase (2). Para estas análises, as fêmeas foram anestesiadas em solução de eugenol (eugenol, 50 mg/L) (Pires et al., 2018), em seguida eutanasiadas por decapitação. As gônadas foram retiradas por uma incisão na cavidade abdominal e em seguida fixadas em solução de Bouin por 24 horas, posteriormente, as amostras foram desidratadas em concentrações crescentes de solução alcoólica (70, 80, 90, 100%), e incluídas em Paraplast. O material foi seccionado a 5,0 µm de espessura em micrótomo rotativo manual (LUPETEC), equipado com navalha de aço e os cortes foram corados em Hematoxilina e Eosina, conforme metodologia de Alvarenga et al. (2017). As fotografias digitais foram analisadas a partir da digitalização das imagens em computador, utilizando-se o programa analisador de imagem, Motic Images Advance 3.2.

As características ovarianas foram avaliadas por meio de observação morfológica e estereológica, sendo os estágios celulares distinguidos em oogônia, oócitos em crescimento primário e secundário, além de oócitos atrésicos e complexos foliculares pós ovulatórios (POCs) de acordo com descrição de Quaggio-Grassiotto et al. (2011).

2.6 Análises estatísticas

As variáveis dependentes foram submetidas ao Teste t de Student para Amostras Emparelhadas. Uma amostra foi o resultado na primeira desova e a outra amostra o resultado na segunda desova, emparelhadas considerando o efeito de reprodutora. Todas as análises foram feitas seguindo as recomendações de Zar (2010) e utilizando o Sistema de Análise Estatística (SAS, 2002). Em todos os testes, uma diferença foi considerada

estatisticamente significativa se for menor que 0,05.

3. Resultados

A média percentual de migração da vesícula germinativa foi semelhante ($p > 0,05$) na primeira e segunda desova, com valores de $79,5 \pm 7,1\%$ e $79,4 \pm 10,2\%$, respectivamente. Na primeira fase, 80% das fêmeas induzidas desovaram, e na Tabela 1 são apresentados índices reprodutivos das fêmeas que não participaram da segunda fase.

Tabela 1. Dados reprodutivos de fêmeas de *P. reticulatum* após uma única desova.

Grupo		P	PO	NO	FA	FR	IP	TF	TE
G1	M	7.500	167,4	1537	257.217	34,3	2,2	38	36
G2	D	5.000	57,1	2216	126.556	25,3	1,1	NF	NF
G2	D	4.100	592,5	1268	751.252	183,2	14,5	NF	NF
G4	ASI	4.000	99,6	2287	227.785	56,9	2,5	67	84
G4	M	2.800	196,9	2739	539.309	192,6	7,0	40	94
G4	M	4.700	440,5	1971	868.265	184,7	9,4	87	96
G5	ASI	5.700	429,3	2253	967.303	169,7	7,5	91	90
Média		4.828,6	283,3	2038,7	533.955,3	121,0	6,3	64,6	80,0
Desvio Padrão		1.487,4	203,1	496,6	337.416,2	77,7	4,8	25,1	25,0

P - peso dos animais (g); PO - Peso dos oócitos (g); NO - número de oócito/g; FA - fecundidade absoluta (número de oócitos liberados na desova induzida); FR - fecundidade relativa (fecundidade absoluta/peso (g)); IP - índice de produção (peso dos oócitos (g)*100/ peso(g)); TF - taxa de fertilização (% de ovos fertilizados); TE - taxa de eclodibilidade (% de larvas eclodidas); M: morte; NF: Não fertilizou; ASI: eutanásia sem indução; D: Descartado do retorno.

Quanto as fêmeas que foram reutilizadas (segunda fase), 100% desovaram e os índices reprodutivos podem ser observadas na Tabela 2. A média de peso dos oócitos (PO) e o número de oócitos (NO), índice de produção (IP), taxa de fertilidade (TF) e taxa de eclodibilidade (TE) não diferiram ($p > 0,05$) entres as duas desovas. Quanto as médias da fecundidade absoluta (FA) e fecundidade relativa (FR), foram maiores ($p < 0,05$) na segunda desova em relação a primeira.

Tabela 2. Dados reprodutivos da primeira e segunda desova das fêmeas de *P. reticulatum*.

Grupo	Peso (g)	VG%		PO		NO		FA *		FR *		IP (%)		TF (%)		TE (%)	
		1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°
G1	4.900	83	66	482,8	417,6	1.645	2.146	794.239	896.170	162,1	182,9	9,9	8,5	86	81	93	98
G1	5.150	80	72	488,0	638,3	1.593	1.933	777.416	1.233.834	151,1	239,6	9,5	12,4	69	88	70	96
G3	5.200	90	80	181,1	283,5	2.100	2.227	380.310	631.355	73,1	121,4	3,5	5,5	9	82	5	99
G3	3.400	71	96	211,1	409,6	2.216	2.129	467.709	872.102	137,6	256,5	6,2	12,1	47	16	49	12
G4	4.650	72	83	184,3	473,8	2.435	2.071	448.844	981.240	96,5	211,1	4,0	10,2	71	77	92	98
Test T		1,0		0,08		0,54		0,011*		0,015*		0,09		0,51		0,43	
Média	4.660	79,2	79,4	309,5	444,6	1.998	2.101	573.704 _B	922.940 _A	124,1 _B	202,3 _A	6,6	9,72	56,4	68,8	61,8	80,6
Desvio Padrão	737,7	7,1	10,2	161	128,7	366,6	109,3	196.444	217.012	37,8	53,2	3	2,8	29,9	29,8	36,5	38,4

P - peso dos animais(g); MV- Migração da vesícula germinativa (% de núcleo migrado); PO - Peso dos oócitos (g); NO - número de oócito/g; FA - fecundidade absoluta (número de oócitos liberados na desova induzida); FR - fecundidade relativa (fecundidade absoluta/peso (g)); IP - índice de produção (peso dos oócitos (g)*100/ peso(g)); TF - taxa de fertilização (% de ovos fertilizados); TE - taxa de eclodibilidade (% de larvas eclodidas); *Diferença significativa ($P > 0,05$). Letras maiúsculas diferentes entre si na mesma linha revelam diferença.

As análises morfológicas e esteriológicas evidenciam a liberação sucessiva de oócitos vitelogênicos pelas fêmeas de cachara ao longo da estação reprodutiva. Isso pode ser notado com o aumento significativo ($p < 0,05$) no volume de complexos foliculares pós ovulatórios (POCs) entre os períodos da primeira e segunda reprodução, tanto em animais que foram induzidos novamente no retorno reprodutivo, quanto naqueles induzidos somente na primeira reprodução (Figuras 2-3). Além disso, a redução significativa no número de oócitos vitelogênicos entre esses períodos ($p < 0,05$), para ambas, fêmeas induzidas e não induzidas, no segundo momento, durante o retorno reprodutivo, confirmam essa observação (Figuras 2-3). O número de oócitos em crescimento primário após a segunda reprodução, também apresentou aumento ($p < 0,05$), entre as fêmeas induzidas nos dois períodos (Figuras 2-3).

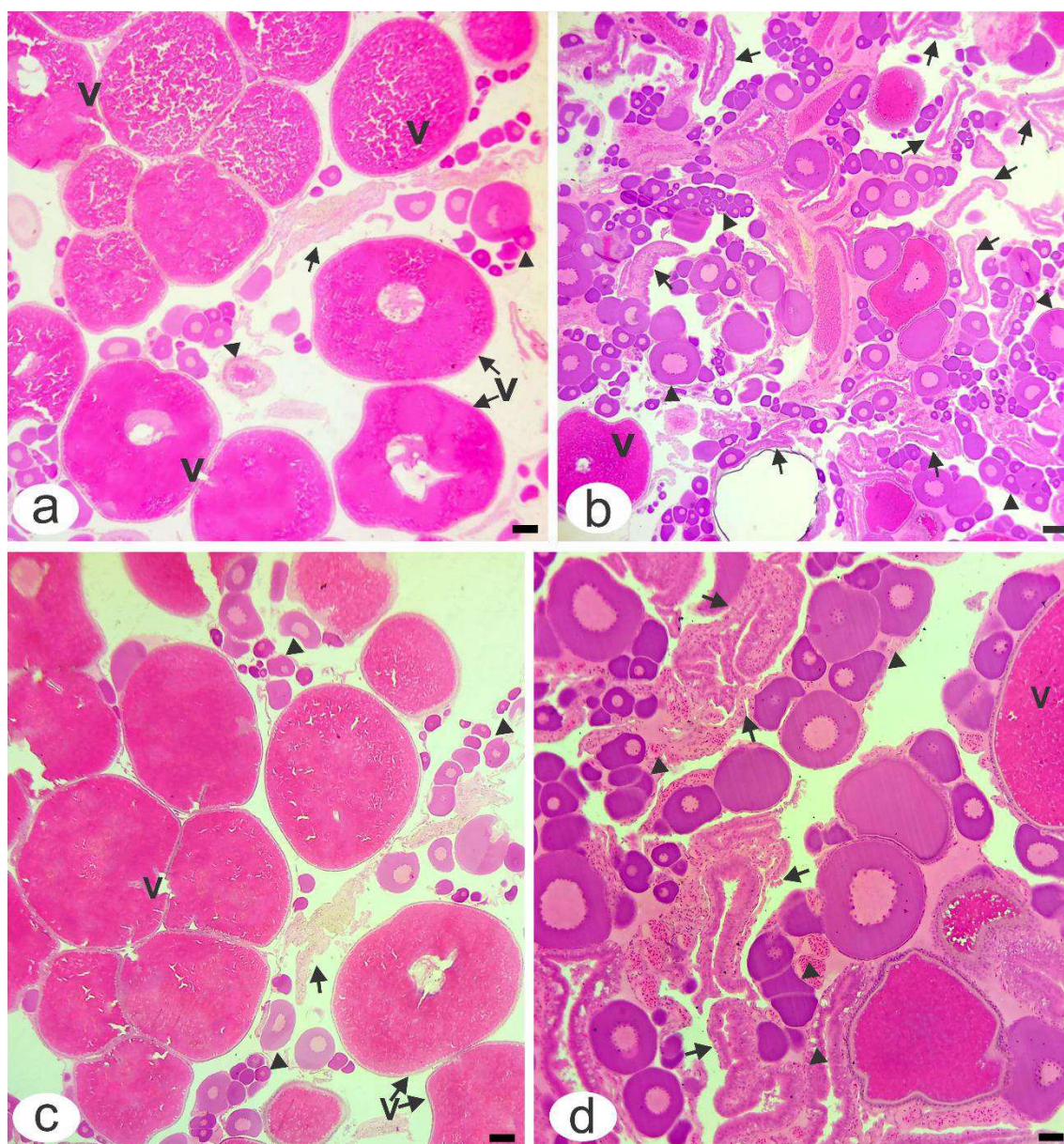


Figura 2. Análise morfológica dos ovários de fêmeas de *P. reticulatum* após a primeira reprodução em animais induzidos (a) e não induzidos (c), evidenciando o grande volume de oócitos vitelogênicos (V) e após o retorno reprodutivo, caracterizado pelo grande volume de complexos foliculares pós ovulatórios (seta), de oócitos em crescimento primário (cabeça de seta) e o reduzido número de oócitos vitelogênicos (V) em animais induzidos (b) e não induzidos (d) Coloração: Hematoxilina e Eosina. Barras de escala: a,c-d = 150 μ m, b = 500 μ m.

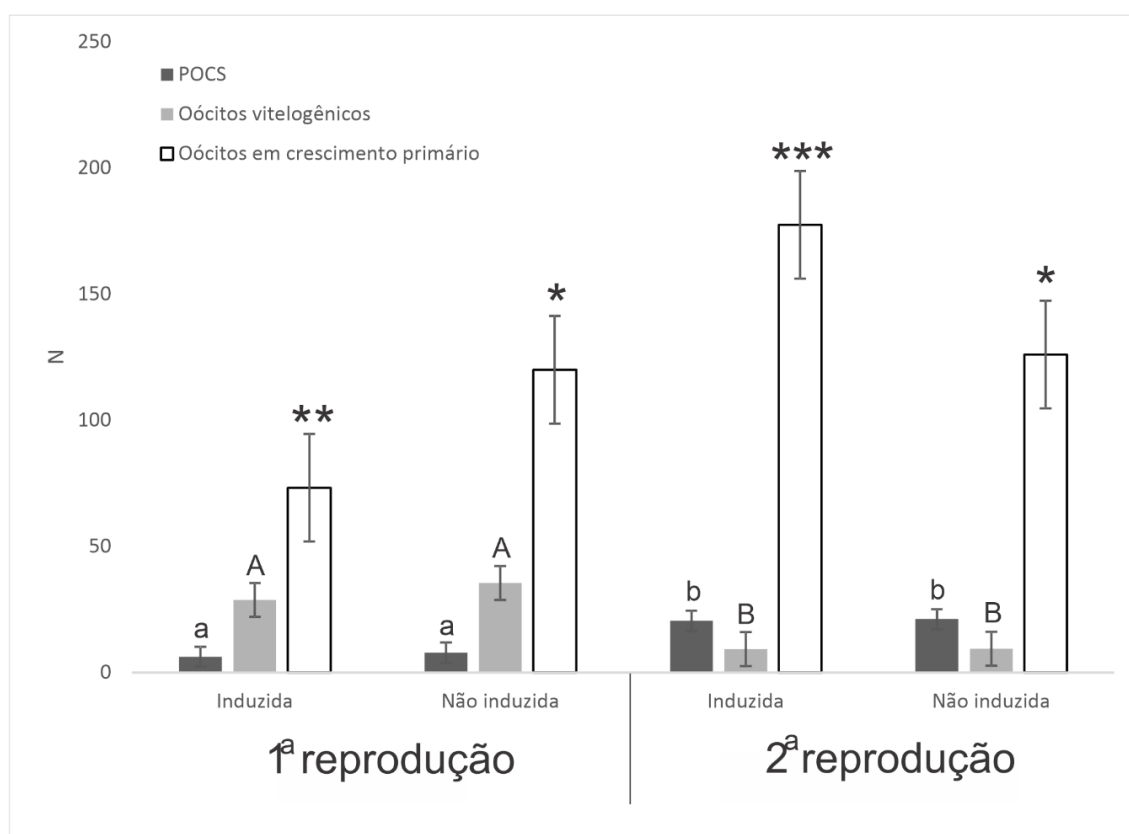


Figura 3. Análise esteriológicas dos ovários de fêmeas de *P. reticulatum* após a 1ª indução e o retorno reprodutivo (2ª indução). Letras minúsculas diferentes entre si revelam diferença significativa entre os números de POCs (complexos foliculares pós ovulatórios) contabilizados. Letras maiúsculas diferentes entre si revelam diferença no número de oócitos vitelogênicos encontrados. Número de asteriscos diferentes evidenciam diferença significativa entre os números de oócitos em crescimento primário nos ovários.

4. Discussão

Desenvolver um protocolo que permita a reutilização de fêmeas do gênero *Pseudoplatystoma* em um mesmo período reprodutivo é imprescindível para otimizar e racionalizar a operação de produção de juvenis do híbrido de catfish usado na aquicultura brasileira. No presente estudo, um protocolo foi desenvolvido a partir da validação de resultados inéditos obtidos com um desenho experimental que envolveu uma espécie de peixe migradora neotropical de grande porte.

Neste estudo, usamos o mesmo protocolo de indução hormonal (extrato de hipófise de carpa) que é amplamente utilizado na produção de espécies nativas sul-americanas (Oliveira et al., 2023). Este protocolo, inclui o processo de seleção dos animais a partir das características reprodutivas secundárias. Entretanto, afim de minimizar eventuais erros na seleção dos animais que compuseram o experimento, aplicamos o protocolo de checagem da migração da vesícula germinativa. Com isso, apenas 20% dos animais selecionados na primeira fase do experimento não responderam ao protocolo hormonal, ou seja, 3 dos 14 animais que receberam o protocolo hormonal. Comparativamente, Dabrowski et al. (2008) também induziu *Pseudoplatystoma* sp. utilizando o mesmo protocolo hormonal que o presente estudo e registraram que apenas 33,3% dos animais liberaram oócitos. Porém estes autores não usaram a checagem da migração da vesícula germinativa nuclear do oócito que em nosso estudo se mostrou fundamental para a tomada de decisão da escolha das fêmeas que foram utilizadas.

Um fato marcante no presente estudo e com relevância significativa, foi a não liberação efetiva dos oócitos pelos três animais do G2, sendo atribuído a temperatura da água (25,7°C) durante o manejo reprodutivo. Em *Pseudoplatystoma* sp. a desova está diretamente relacionada à temperatura da água (26,0 a 29,0 °C) (Resende et al. 1995; Romagosa et al., 2003). Durante a semana do experimento, a temperatura média foi de 25,5±0,7°C, abaixo das médias observadas nos grupos G1 (27,6±0,8°C), G3 (28,4±0,2°C), G4 (26,3±0,5°C), G5 (28,4±0,2°C) e G6 (27,4±0,5°C). De acordo com Lubzens et al. (2010) a perda de folículos ovários pode ocorrer devido a estressores ambientais. Por serem pecilotérmicos, os peixes quando submetidos a pequenas alterações na temperatura da água podem sofrer alterações dos processos fisiológicos, como a reprodução, que é regulada por mecanismos neuroendócrinos complexos que respondem a eventos climáticos (Zahangir et al., 2022). Ressalta-se que o presente estudo foi conduzido dentro de um laboratório comercial em uma situação real, e que opera nas circunstâncias descritas no material e métodos. Neste caso, a operação de reprodução dos catfishes sul-americanos em fazendas de produção de juvenis ocorrem no verão do

hemisfério sul e as estruturas dos laboratórios não possuem, por exemplo, caldeiras para aquecimento de água. Evidente que neste estudo não focamos na ação hormonal que desencadeia o processo reprodutivo através da indução hormonal e os efeitos externos, como a temperatura, que, possivelmente, poderiam influenciar na fisiologia reprodutiva de *P. reticulatum*. Entretanto fizemos esta referência para mostrar que aspectos ambientais no manejo reprodutivo devem ser considerados, afim de aumentar a assertividade na produção de juvenis, quando consideramos a reutilização dos animais dentro do mesmo período reprodutivo.

A partir dos valores médios semelhantes entre as duas desovas para as variáveis peso dos oócitos (PO), número de oócito/g (NO), índice de produção (IP), taxa de fertilização (TF) e taxa de eclodibilidade (TE) é seguro afirmar que a produção oocitária/larvas não sofreu prejuízos na segunda desova. No estudo conduzido por Pires et al. (2018), com outra espécie neotropical migradora, *C. macropomum*, assim como em *P. reticulatum*, as médias dos diferentes índices reprodutivos em sua maioria foram semelhantes nas duas induções reprodutivas. Porém, em *C. macropomum*, os autores constataram que apenas a taxa de eclodibilidade foi maior na primeira desova. Em *P. reticulatum*, os resultados superiores foram nas taxas de fertilização absoluta (FA) e relativa (FR), na segunda desova. Isso permite sugerir com segurança a adoção da reutilização das fêmeas, afim de otimizar a produção de juvenis. Adicionalmente, os dados histológicos mostraram que houve um novo recrutamento de oócitos vitelogênicos das fêmeas de *P. reticulatum* ao longo da estação reprodutiva e um aumento no número de oócitos em crescimento primário. Esse fenômeno evidencia a possibilidade de um novo recrutamento de oócitos vitelogênicos e a possibilidade de uma terceira reprodução induzida na mesma estação reprodutiva, otimizando o uso dessas matrizes e triplicando a oferta de juvenis na produção.

Como este estudo é inédito, os dados de produtividade observados na literatura sempre são relativos apenas a um evento de reprodução induzida durante o período reprodutivo para o *P. reticulatum*, conforme relatado por Romagosa et al., (2003). Entretanto, de acordo com pesquisas já realizadas, algumas variáveis observadas no presente estudo apresentam médias superiores aos valores relatados para a mesma espécie em ambas as desovas. Fantini et al. (2015) relatou PO de 139,50 g, IP de 2,24% e 167.400 número de ovos estimados/fêmea em uma única desova, enquanto Sato et al. (2003) relatou NO de 1200 oócitos/g. Mesmo que inúmeros fatores possam influenciar, mas de fato a efetividade do processo está relacionada com o indutor hormonal utilizado e origem dos animais (selvagem ou de cativeiro) (Fantini et al., 2015; Sato et al., 2003), podendo ter sofrido influência ambiental, genética e nutricional (Luckenbach et al., 2008; Lubzens et al., 2010 e Zahangir et al., 2022). Quanto as taxas de

fertilização observadas nas duas desovas, também estiveram dentro do esperado de acordo com a literatura com espécies do mesmo gênero. Leonardo et al. (2004) e Nunez et al. (2008) encontraram porcentagem de 53,44 e 84,0%, respectivamente para o *Pseudoplatystoma fasciatum*. Por outro lado, Sato et al. (1997) observaram que na espécie *Pseudoplatystoma corruscans* a taxa de fertilização foi de 70,4 %.

Devido à crescente demanda por peixes, a produção de um grande número de ovos viáveis e com alta taxa de sobrevivência é um dos principais objetivos da indústria aquícola na atualidade (Lubzens et al., 2010). Desta forma é possível a adoção de novos protocolos de manejo reprodutivo em *P. reticulatum*, otimizando o plantel de reprodutores sem redução na qualidade das variáveis reprodutivas, aumentando a produção e oferta de juvenis. O presente estudo é o primeiro que evidencia possibilidade de reprodução induzida sucessiva no mesmo período reprodutivo em um catfish sulamericano de reofilico, inclusive com melhoras em algumas características reprodutivas. Esta primeira observação científica na espécie indica a possibilidade de reutilização de uma fêmea mais de uma vez no mesmo período reprodutivo. Nesse sentido, abre-se perspectivas de novos ensaios, afim de obter mais informações que permitam um avanço na cadeia produtiva do híbrido de catfish produzido a partir da reutilização das fêmeas do gênero *Pseudoplatystoma*.

5. Conclusão

Conclui-se que fêmeas de *P. reticulatum* podem ser reutilizadas a partir de 46 dias após a primeira reprodução induzida, com índices produtivos iguais ou melhores do que as utilizadas uma única vez.

Agradecimentos

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Também reconhecemos o apoio da Piscicultura Piraí.

Referência

- hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), Aquaculture. 240, 451-461. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2003.11.030
- Lubzens, E., Young, G., Bobe, J., Cerdà, J., 2010. Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed. General and Comparative Endocrinology. 165: 367-389. doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.022.
- Luckenbach, J.A., Iliev, D.B., Goetz, F.W., Swanson, P., 2008. Identification of differentially expressed ovarian genes during primary and early secondary oocyte growth in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Reprod Biol Endocrinol. 6, 2. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-6-2>
- Mylonas, C.C.; Gissis. A.; Magnus, Y.; Zohar, Y., 1997. Hormonal changes in male white bass (*Morone chrysops*) and evaluation of milt quality after treatment with a sustained-release GnRHa delivery system. Aquaculture. 153, 301-311. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00021-5)
- Oliveira, R.G. de S., Pinheiro, J.O.C., Pedroza-Filho, M. X., O'Sullivan, F. L. de A., 2023. Cost-benefit analysis of the use of carp pituitary extract and GnRH analogues in the induced spawning of tambaqui *Colossoma macropomum*. Scientific Electronic Archives, 16, 5. <https://doi.org/10.36560/16520231689>
- Oliveira-Araújo, M.S., Salmito-Vanderley, C.M.B., Almeida-Monteiro, P.S., Lopes, J.T., Leite-castro. L.V., 2016. Insemination dose and conservation of freshwater fish embryos. Rev. Bras. Reprod. Anim., 40: 35-40 [http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/v40/n1/p35-40\(RB617\).pdf](http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/v40/n1/p35-40(RB617).pdf)
- Pereira L.A, Castello L, Orth D.J, Duponchelle F., Hallerman E.M., 2023. A Synthesis of the Ecology and Conservation of Pseudoplatystoma Catfishes in the Neotropics. Peixes. 8, 306. <https://doi.org/10.3390/fishes8060306>
- Pires, L.B., Corrêa Filho, R.A.C., Sanches, E.A., Romagosa, E., Silva, T.G., Rech, S., Streit, D.P., Povh, J.A., 2018. *Colossoma macropomum* females can reproduce more than once in the same reproductive period. Anim. Reprod. Sci. 196, 138–142. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.07.006>
- Pires, L.B., Sanches, E.A., Romagosa, E., Corrêa Filho, R.A.C., Streit Jr., D.P., Nass, R.A.R., Povh, J.A., 2017. Semen characteristics of *Colossoma macropomum* from three successive sample collections in the same reproductive cycle. Aquac. Res. 48, 5104–5110. <https://doi.org/10.1111/are.13329>

- Reis, R. E, Albert, J.S., Di Dario, F., Mincarone, M.M., Petry, P., Rocha, L.A., 2016. Biodiversidade e conservação de peixes na América do Sul. J Fish Biol. 89(1):12–47. <https://doi.org/10.1111/jfb.13016>
- Resende, E.K., Catella, A.C., Nascimento, F.L., Palmeira, S.S. & Almeida, V.L.L., 1995. Biologia do curimatá (*Prochilodus lineatus*), pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) na bacia hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. EMBRAPA - CPAP, Corumbá, MS. EMBRAPA - CPAP. Boletim de Pesquisa. 02, 75.
- Romagosa, E., Paiva, P. D., Andrade-Talmelli, E. F., & Godinho, H. M., 2003. Biologia reprodutiva de fêmeas de cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Siluriformes, Pimelodidae), mantidas em cativeiro. *Boletim do Instituto de Pesca*, 29(2), 151-159.
- Sanches, E.A., Neumann, G., Baggio, D.M., Bombardelli, R.A., Piana, P.A., Romagosa, E., 2011. Time and temperature on the storage of oocytes from jundiá catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*. 319, 453–458. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.07.036>
- Sas – Statistical Analysis System User's guide. Cary: SAS Institute, 2002. 525p. (Version 9.00).
- Sato, Y., Cardoso, E. L., Sallum, W. B., Godinho, H. P., 1997. Indução experimental da desova do surubim *Pseudoplatystoma curuscons*. In: Miranda, M. O. T. (Org). Surubim. Belo Horizonte: IBAMA. 69-79.
- Sato, Y., Godinho, H.P., 2003. Migratory fishes of the São Francisco River. In: CAROLSFELD, J. et al. (Eds.) Migratory fishes of South America. Vitoria, BC, Canada: World Fisheries Trust. 229-274.
- Spica, L.N.; Sanches, E.A.; Streit, J.R.D.P.; Corrêa-Filho, R.A.C.; Brasileiro, L.O.; Rodrigues, R.B.; Kasai, R.Y.D.; Povh, J.A., 2021. Successive seminal collections from *Leiarius marmoratus* during the reproductive period. *Anim. Reprod. Sci*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.1068524>
- Streit JR., D.P., Ribeiro, R.P., Moraes, G.V., Gallo, J.M., Digmayer, M., Mendez, L.V., Povh, J.A., 2006. Características qualitativas do sêmen de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) após indução hormonal. Bioscience Journal. 22, 3, 119-125. Available from: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6813>.
- Streit, D.P., Povh, J.A., Fornari, D.C., Galo, J.M., Guerreiro, L.R.J., Oliveira, D. Digmayer, M.; Godoy, L.C., 2012. Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui. Documentos / Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Brazil.

- Streit, D.P., Sirol, R.N., Ribeiro, R.P., Digmayer. M., Galo, J.M., Moraes, G.V., Povh, J.A. 2012. Parameters of *Pseudoplatystoma reticulatum* farmed broodstock pre and post-hormonal induction. Rev. Bras. Reprod. Anim., 36, 3, 188-193. Disponível: [p188-193\(RB319\).pdf \(cbpa.org.br\)](https://www.cbpa.org.br/revista/188-193(RB319).pdf)
- Woynarovich, E., Horváth, L. A., 1983. Propagação artificial de peixes de águas tropicais: manual de extensão. Brasília: FAO/CODEVASF/CNPq, Manual de extensão, FAO/CODEVASF/CNPq, Brasília. 220.
- Zahangir, M.M., Rahman, M.L., Ando, H., 2022. Anomalous Temperature Interdicts the Reproductive Activity in Fish: Neuroendocrine Mechanisms of Reproductive Function in Response to Water Temperature. Front Physiol. 13. doi: 10.3389/fphys.2022.902257.
- Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis. 5 Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 944.

7 ARTIGO 2

Artigo normalizado na revista *Anais da Academia Brasileira de Ciências*

Morfologia e Morfometria Espermática de Bagres Neotropicais: *Pseudoplatystoma reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemioliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos*

Resumo

O objetivo deste estudo foi descrever as características morfológicas e morfométricas dos espermatozoides de quatro espécies de peixes nativos: *Pseudoplatystoma reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemioliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos*. Foram analisadas amostras de sêmen de nove machos (*P. reticulatum* = 3; *P. corruscans* = 2; *P. hemioliopterus* = 2; *H. platyrhynchos* = 2). Os espermatozoides foram fixados e examinados por microscopia eletrônica de varredura (MEV), e suas imagens analisadas morfometricamente com o software ImageJ (National Institutes of Health, EUA). As células espermáticas apresentaram características típicas de aquasperma primitivo, desprovidas de acrossoma e compostas por cabeça, peça intermediária e flagelo, sendo classificadas como espermatozoides aquáticos uniflagelados anacrossômicos complexos. Entre as espécies, observou-se maior comprimento do flagelo em *P. reticulatum*; maior volume da cabeça e da peça intermediária em *P. corruscans*; cabeça mais larga e compacta em *H. platyrhynchos*; e maior espessura da peça intermediária e do flagelo em *P. hemioliopterus*. Esses achados contribuem para o entendimento da biologia reprodutiva e fornecem subsídios valiosos para a conservação *ex situ* e o aprimoramento de protocolos reprodutivos.

Palavras chaves: Microscopia eletrônica, espermatozoides anacrossômicos, Siluriformes, Conservação de espécies, *ex situ*

1. Introdução

A ordem Siluriformes representa uma das maiores diversidades de peixes de água doce no mundo, com aproximadamente 3.800 espécies, distribuídas em 40 famílias e 490 gêneros, sendo a maioria endêmica de regiões neotropicais (Fricke et al., 2025). Muitas dessas espécies

possuem expressiva relevância ecológica, econômica e aquícola, configurando-se como recursos estratégicos tanto para a conservação quanto para a produção aquícola.

Entre elas, destacam-se *Pseudoplatystoma reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemiliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos*. Essas espécies são migratórias, de médio a grande porte, com ciclo reprodutivo sazonal e desova total, sendo caracterizadas como reofilicas, isto é, sua reprodução está associada a variações nos níveis fluviais (Resende et al., 1995). Além do valor zootécnico, elas desempenham papéis ecológicos relevantes na regulação trófica dos ecossistemas aquáticos (Agudelo-Córdoba et al., 2000; Barthem & Goulding, 1997). Ressalta-se que *P. corruscans* está classificada como “vulnerável” e *H. platyrhynchos* como de “menor preocupação” na Lista Vermelha da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2025), o que reforça a importância de ações voltadas à conservação dessas espécies.

Com o agravamento das pressões ambientais sobre os ecossistemas aquáticos, incluindo a degradação dos habitats, a sobrepesca e as alterações hidrológicas, estratégias de conservação *ex situ* têm ganhado destaque como ferramentas complementares e eficazes na preservação da biodiversidade (Dagosta et al., 2024; Suquet et al., 2013; Peixoto et al., 2004; Carolsfeld et al., 2003). Entre os principais fatores que ameaçam a persistência das populações naturais dessas espécies, destacam-se a sobrepesca e a obstrução do fluxo fluvial, os quais têm contribuído de forma significativa para o seu declínio populacional (Brasil, 2022).

Nesse contexto, a caracterização morfológica e funcional dos espermatozoides torna-se essencial, pois fornece dados fundamentais para o estabelecimento de bancos de germoplasma e programas de reprodução assistida (Cabrita; Robles; Herráez, 2008; Mylonas et al., 2017). Os espermatozoides dos peixes teleósteos com fecundação externa geralmente apresentam características morfológicas conservadas, sendo descritos como aquaspermas primitivos, anacrossômicos e uniflagelados (Jamieson, 1991). Ainda assim, variações interespecíficas em parâmetros morfométricos podem refletir adaptações às estratégias reprodutivas e ao microambiente de fertilização (Cosson, 2010). Além disso, a morfologia espermática em espécies de fertilização externa está diretamente relacionada à velocidade da motilidade, à eficiência de fertilização e à capacidade de criopreservação, o que torna sua análise um importante indicador da qualidade reprodutiva (Costa et al., 2022; Billard; Cosson, 1992).

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma ferramenta eficaz para análise da morfologia espermática com alta resolução, sendo amplamente empregada na caracterização de estruturas reprodutivas em estudos de conservação e reprodução assistida (Psenicka et al., 2007). A compreensão das diferenças morfológicas entre espécies permite não apenas otimizar

técnicas de manejo reprodutivo, mas também aprofundar o conhecimento sobre a diversidade funcional do espermatozoide em peixes neotropicais.

No entanto, estudos descritivos com foco em bagres neotropicais ainda são escassos, apesar do interesse dessas espécies para a conservação e aquicultura. Considerando o reduzido número de indivíduos amostrados por espécie, este estudo adotou uma abordagem exclusivamente descritiva, com foco na caracterização morfológica e morfométrica dos espermatozoides como subsídio para futuras pesquisas aplicadas em reprodução assistida e conservação genética.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo descrever as características morfométricas dos espermatozoides de quatro espécies de Siluriformes de interesse para conservação e aquicultura, contribuindo para estratégias de conservação *ex situ* e ampliação do conhecimento sobre a biologia reprodutiva desses peixes.

2. Material e métodos

2.1 Local e ambiente de manutenção dos reprodutores

O experimento foi realizado em uma piscicultura comercial localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul, Brasil (20°25'57" S e 55°17'11" W), durante os meses de outubro e novembro de 2022. A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (nº 1083/2019).

Foram utilizados nove indivíduos adultos, sendo três *Pseudoplatystoma reticulatum*, dois *Pseudoplatystoma corruscans*, dois *Phractocephalus hemioliopterus* e dois *Hemisorubim platyrhynchos* (Figura 1). Os peixes estavam alocados em viveiro escavado com área de 1.350 m², em densidade de estocagem de 0,8 indivíduo/m².

A renovação diária de água foi de 10% do volume total. A temperatura média foi de 28 ± 0,98 °C, com oxigênio dissolvido de 8,0 ± 0,26 mg/L e pH de 8,0 ± 0,05. A alimentação foi realizada uma vez ao dia no período matutino com ração extrusada (32% proteína bruta, 12% material mineral, 6% extrato etéreo e 5,5% fibra bruta), na quantidade de 1% da biomassa total.

2.2 Reprodução induzida

A seleção dos reprodutores baseou-se em características sexuais secundárias, como ventre abaulado e orifício urogenital proeminente, conforme Woynarovich e Horváth (1983). Após a seleção, os animais foram transferidos para tanques de alvenaria no laboratório, com

renovação contínua de água (0,06 L/s) e parâmetros físico-químicos adequados ($27,2 \pm 1,2$ °C; $9,9 \pm 8,1$ mg/L de oxigênio; pH $8,3 \pm 0,15$).

No manejo hormonal, foi aplicada uma dose única de 1,0 mg/kg de extrato de hipófise de carpa, conforme protocolo adaptado de Woynarovich e Horváth (1983). O sêmen de cada indivíduo foi coletado a seco, utilizando seringas estéreis, conforme adaptação de Sanches et al. (2011). Para a obtenção das amostras, uma alíquota de 2 µL de sêmen de cada reprodutor foi fixada em 2000 µL de formaldeído salino tamponado (4,6%) e diluída 1:1000 em um microtubo de 5 mL.

2.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As análises foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Para a MEV, 20 µL das amostras de cada indivíduo foram fixados em caco-gluta (glutaraldeído 2,5% e tampão cacodilato de sódio 0,1 M, pH 7,2), aplicados sobre lamínulas tratadas com poli-L-lisina 0,1% e secos em estufa a 40 °C. Após a secagem, as lamínulas foram transferidas para placas de crescimento contendo 1 mL de tampão caco-gluta por poço, vedadas e incubadas durante a noite sob refrigeração.

Após incubação, as amostras foram lavadas com tampão cacodilato de sódio (0,1 M, pH 7,2) e fixadas com tetróxido de ósmio (OsO₄) por 1 hora. A desidratação foi realizada em gradiente de etanol (30 a 100 GL). As amostras foram secas até o ponto crítico em dióxido de carbono (CO₂). Posteriormente, foram montadas em stubs com fita de carbono, metalizadas com ouro (Au) sob vácuo em evaporador e analisadas por MEV FEI, Quantum 200, Oregon, EUA).

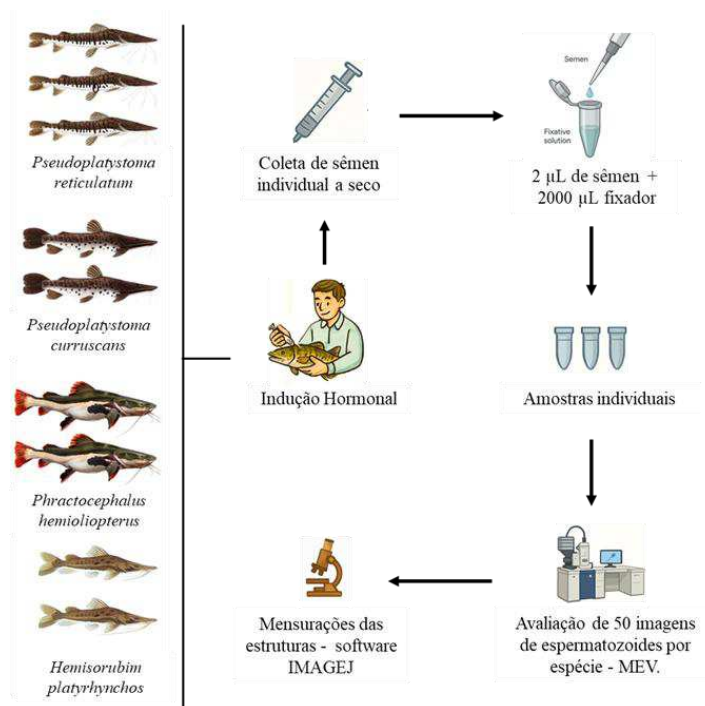
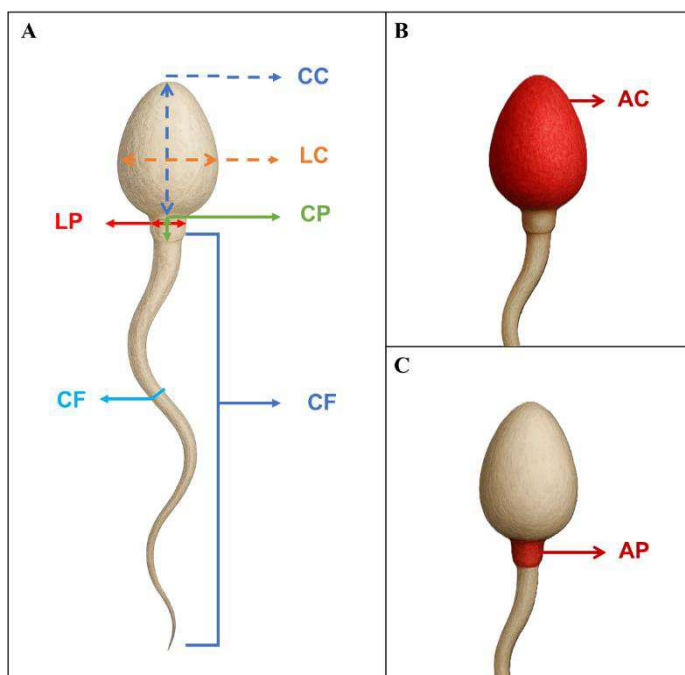


Figura 1. Representação esquemática do delineamento experimental, ilustrando os grupos de animais submetidos à indução hormonal reprodutiva, bem como os procedimentos de coleta e processamento das amostras para análise morfológica.

2.4 Variáveis morfológicas e morfométricas mensuradas

Foram analisados 50 espermatozoides por espécie, totalizando 200 células. As mensurações das estruturas espermáticas nas imagens obtidas por MEV foram realizadas com o auxílio do software IMAGEJ (National Institutes of Health, USA; disponível em: <http://rsbweb.nih.gov/ij/>).

As variáveis morfométricas mensuradas para cada espermatozoide incluíram: comprimento da cabeça (CC), largura da cabeça (LC), área da cabeça (AC), comprimento da peça intermediária (CP), comprimento total da cabeça + peça intermediária (CCP), largura da peça intermediária (LP), comprimento do flagelo (CF), largura do flagelo (LF), área da peça intermediária (AP), comprimento total da célula (CT) e área da cabeça +peça intermediária (ATC). A Figura 2 apresenta a delimitação anatômica das estruturas.



A - Célula espermática: comprimento da cabeça (CC), largura da cabeça (LC), comprimento da peça intermediária (CP), largura da peça intermediária (LP), comprimento do flagelo (CF) e largura do flagelo (LF); B- Cabeça da célula espermática delimitado em vermelho a área da peça intermediária (AP); C- Cabeça da célula espermática, com a área da cabeça delimitada em vermelho (AC).

Figura 2. Ilustração esquemática de uma célula espermática, evidenciando os limites anatômicos considerados para a mensuração das variáveis morfométricas aplicadas para as espécies *Pseudoplatystoma reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemiliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos*.

Devido ao número reduzido de indivíduos analisados por espécie, os resultados foram apresentados de forma exclusivamente descritiva, expressos como média $\pm$ desvio padrão, sem a realização de testes estatísticos inferenciais. Por se tratar de um estudo descritivo, as interpretações baseiam-se na observação direta das estruturas espermáticas e na comparação com dados previamente publicados na literatura científica.

3. Resultado

Os espermatozoides das quatro espécies analisadas apresentaram características típicas de aquasperma primitivo, desprovidos de acrossoma, com morfologia composta por cabeça, peça intermediária e flagelo, sendo classificados como 'espermatozoides aquáticos uniflagelados anacrossômicos complexos.

As análises morfométricas evidenciaram variações nas dimensões espermáticas entre as espécies estudadas (Tabela 1). *P. reticulatum* apresentou espermatozoides com menor comprimento da cabeça e maior comprimento do flagelo (Figura 3A). *P. corruscans* apresentou os maiores valores de comprimento da cabeça e da peça intermediária (Figura 3B). Em *H. platyrhynchos*, observou-se maior largura da cabeça (Figura 3C). Já *P. hemiliopterus*

apresentou maior largura da peça intermediária e do flagelo (Figura 3D). Para esta última espécie, não foram obtidos dados completos referentes ao comprimento total da célula.

Tabela 1. Médias ($\pm$ desvio padrão) dos parâmetros morfométricos (μm ou μm^2) de células espermática de *P. reticulatum*, *P. corruscans*, *H. platyrhynchos* e *P. hemioliopus* analisadas por MEV.

Variável	<i>P. reticulatum</i>	<i>P. corruscans</i>	<i>H. platyrhynchos</i>	<i>P. hemioliopus</i>
CC (μm)	$1,42 \pm 0,72$	$1,61 \pm 0,19$	$1,60 \pm 0,12$	$1,53 \pm 0,17$
PI (μm)	$0,78 \pm 0,17$	$0,93 \pm 0,21$	$0,76 \pm 0,18$	$0,93 \pm 0,16$
CF (μm)	$34,09 \pm 3,41$	$31,86 \pm 4,28$	$29,47 \pm 2,94$	-
CCP (μm)	$2,13 \pm 0,18$	$2,49 \pm 0,12$	$2,39 \pm 0,9$	$2,35 \pm 0,27$
CT (μm)	$36,93 \pm 3,76$	$35,28 \pm 4,60$	$32,62 \pm 3,21$	-
LC (μm)	$1,60 \pm 0,42$	$1,71 \pm 0,12$	$1,92 \pm 0,27$	$1,91 \pm 0,19$
LP (μm)	$1,34 \pm 0,18$	$1,14 \pm 0,58$	$1,25 \pm 0,32$	$1,46 \pm 0,36$
LF (μm)	$0,32 \pm 0,05$	$0,36 \pm 0,05$	$0,36 \pm 0,04$	$0,40 \pm 0,08$
AC (μm^2)	$2,05 \pm 0,32$	$2,38 \pm 0,29$	$2,40 \pm 0,37$	$2,22 \pm 0,26$
AP (μm^2)	$0,78 \pm 0,16$	$1,43 \pm 0,22$	$1,20 \pm 0,32$	$1,28 \pm 0,32$
ATC (μm^2)	$2,65 \pm 0,23$	$3,27 \pm 0,32$	$3,44 \pm 0,35$	$3,38 \pm 0,47$

CC: comprimento da cabeça; PI: comprimento da peça intermediária; CF: comprimento do flagelo; CCP: comprimento da cabeça e peça intermediária; CT: comprimento total (cabeça, peça intermediária e flagelo); LC: Largura da cabeça; LP: Largura peça intermediária; LF: Largura do flagelo; AC: Área da cabeça; AP: Área da peça intermediária; ATC: Área total (cabeça e peça intermediária).

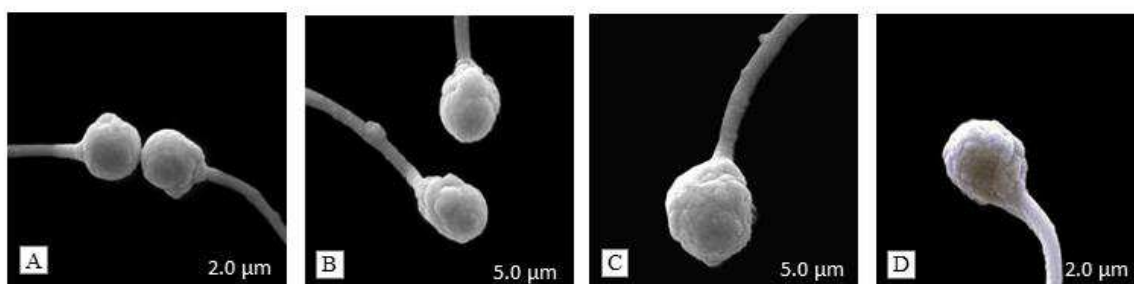


Figura 3. Imagens da morfologia da cabeça dos espermatozoides das quatro espécies, obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), com aumento de 30.000x. (A) *Pseudoplatystoma reticulatum*; (B) *Pseudoplatystoma corruscans*; (C) *Hemisorubim platyrhynchos*; (D) *Phractocephalus hemioliopus*.

4. Discussão

A análise morfométrica dos espermatozoides das espécies estudadas revelou uma estrutura típica de aquasperma primitivo, comum em espécies com fertilização externa (Jamieson, 1991). A caracterização de fertilizadores externos, como são os bagres estudados, foram impostas por pressões evolutivas específicas sobre os espermatozoides, como: curta duração da motilidade, ativação imediata e competição espermática intensa (Fitzpatrick, 2020; Liao et al., 2018).

A diversidade morfológica dos espermatozoides de Siluriformes pode estar relacionada à variação dos ambientes de desova e às diferentes estratégias de acasalamento adotadas por essas espécies. Essa relação é descrita em análises comparativas sobre fertilização externa (Fitzpatrick et al., 2020), em estudos de táticas reprodutivas alternativas em peixes (Taborsky & Oliveira, 2018) e em investigações sobre o ambiente reprodutivo de salmões e o desempenho espermático (Rosengrave et al., 2024).

Neste estudo, foram observadas variações consistentes nas médias de determinadas estruturas espermáticas, como o comprimento do flagelo e a área da cabeça, descritas na Tabela 1. Essas variações morfológicas quanto ao tamanho dos espermatozoides podem estar associadas a adaptações ao microambiente de fertilização, estratégias reprodutivas específicas ou mecanismos de compactação e transporte do material genético paterno (Angrimani et al., 2015; Fitzpatrick and Lüpold, 2014).

Nos espermatozoides de *Pseudoplatystoma corruscans*, a presença de uma cabeça e peça intermediária mais desenvolvidas chama atenção por sugerir um maior volume citoplasmático, possivelmente associado a um número mais elevado de mitocôndrias. Essa conformação pode representar uma adaptação à elevada exigência energética imposta por ambientes reofilicos, onde a correnteza intensa demanda maior esforço locomotor para que o espermatozoide alcance o óvulo com sucesso (Liao et al., 2018; Fitzpatrick, 2020). Já em *Pseudoplatystoma reticulatum*, observou-se um flagelo mais longo, o que pode conferir maior impulso durante o deslocamento no meio aquático. Essa característica pode ser vantajosa em contextos de fertilização externa sob correnteza, favorecendo a eficiência na natação espermática e ampliando as chances de fecundação, como sugerido por Molloy et al. (2007).

A morfologia compacta observada em *H. platyrhynchos*, com cabeça mais larga e peça intermediária curta, pode representar uma adaptação funcional à liberação rápida de espermatozoides em ambientes com menor competição espermática ou em áreas de desova com maior proteção física, como substratos abrigados (Fitzpatrick, 2020; Stockley et al., 1997; Marconato et al., 1996). Em contraste, os espermatozoides de *P. hemioliopterus* apresentaram características que indicam maior robustez estrutural, como a largura acentuada da peça intermediária e do flagelo. Essas particularidades podem estar associadas a maior estabilidade

da motilidade em ambientes aquáticos turbulentos, conforme discutido em análises detalhadas de flagelos e motilidade (Cosson et al. 2008, Mattei, 1988). Até o momento, não há registros na literatura científica sobre as características morfométricas dos espermatozoides de *P. reticulatum*.

As imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) corroboram essas observações, permitindo a visualização clara da ausência de acrossoma, característica típica dos espermatozoides anacrossômicos de peixes teleósteos. Além disso, a definição das estruturas espermáticas e suas proporções visuais pode fornecer subsídios para interpretações funcionais, como a relação entre o formato celular e a capacidade de deslocamento no meio aquático. No entanto, a delimitação precisa entre as estruturas, especialmente entre a cabeça e a peça intermediária, não foi possível apenas por meio da MEV, sendo necessária uma análise complementar por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) para uma identificação estrutural mais acurada.

Ao comparar os resultados obtidos com os dados disponíveis na literatura, observou-se que as dimensões da cabeça, peça intermediária e flagelo dos espermatozoides apresentaram valores inferiores àqueles descritos por Velarde et al. (2023) para *P. corruscans*, os autores relataram comprimento da cabeça (CC) de 2 μm , largura da cabeça (LC) de 2,32 μm , comprimento da peça intermediária (PI) de 1,5 μm e comprimento do flagelo (CF) de 32,6 μm . Já para *H. platyrhynchos*, foram descritos LC de $6,7 \pm 0,3 \mu\text{m}$, CF de $84,1 \pm 0,56 \mu\text{m}$ e comprimento total (CT) de $93,2 \pm 5,5 \mu\text{m}$; e para *P. hemioliopterus*, LC de $6,3 \pm 0,3 \mu\text{m}$, CF de $82,8 \pm 8,2 \mu\text{m}$ e CT de $91,4 \pm 7,9 \mu\text{m}$.

As divergências reportadas na literatura podem estar associadas à variabilidade da qualidade espermática entre os indivíduos analisados, a qual é influenciada por uma série de fatores extrínsecos e intrínsecos (Costa et al., 2022; Gallo et al., 2022; Źarski et al., 2016; Kowalski & Cejko, 2019; Araujo et al., 2014). Em grande parte, às diferenças metodológicas entre os estudos mencionados, especialmente quanto ao tipo de microscopia utilizada. Enquanto a microscopia óptica tende a superestimar as dimensões celulares devido à limitação na resolução e à distorção por artefatos ópticos, a MEV, como empregada neste estudo, pode subestimar ligeiramente os valores por causa do preparo amostral (fixação, desidratação e metalização) e da visualização superficial das estruturas.

Do ponto de vista aplicado, os achados reforçam a importância de caracterizações morfológicas precisas para o desenvolvimento de protocolos de reprodução assistida e conservação *ex situ*. Fitzpatrick et al. (2020) destacam que a morfologia espermática é um dos preditores para o sucesso da fertilização. Porém, é importante observar a ponderação de Kommisrud et al. (2020)

que embora a morfologia espermática possa oferecer alguns insights sobre a qualidade do esperma, ela não é um preditor definitivo do sucesso da fertilização na inseminação artificial.

Sendo assim, a análise morfométrica e estrutural dos espermatozoides representa uma ferramenta promissora para a compreensão da biologia reprodutiva das espécies, contribuindo para estratégias de manejo reprodutivo e conservação, especialmente em programas de reprodução assistida e bancos de germoplasma de peixes neotropicais.

5. Conclusão

Os espermatozoides das espécies *Pseudoplatystoma reticulatum*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Phractocephalus hemiliopterus* e *Hemisorubim platyrhynchos* apresentam características compatíveis com o tipo aquasperma primitivo. Entre as espécies analisadas, observou-se maior comprimento do flagelo em *P. reticulatum*, maior volume da cabeça e peça intermediária em *P. corruscans*, cabeça mais larga e compacta em *H. platyrhynchos*, e maior espessura da peça intermediária e do flagelo em *P. hemiliopterus*. Esses achados reforçam a importância da caracterização espermática em espécies neotropicais para conservação genética e aprimoramento de biotecnologias reprodutivas.

Agradecimento

Universidade Estadual de Londrina - UEL, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Piraí Piscicultura. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES por proverem recursos para a realização deste trabalho.

1. Referência

- ANGRIMANI, D. S. R. et al. Tools for evaluating mitochondrial functionality in sperm. *Brazilian Journal of Animal Reproduction*, v. 39, p. 277–283, 2015.
- ARAÚJO, J. Ê. X. S. et al. Ovopel e extrato hipofisário de carpa como indutores de desova em machos do jundiá *Leiarius marmoratus* (Gill, 1970). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 57, n. 6, p. 882-886, 2014. DOI: 10.1590/S1516-8913201402469.
- BALBONI, L.; VARGAS, F.; COLAUTTI, D. Age and growth of *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) at the confluence of the Paraná and Paraguay rivers. *Neotropical Ichthyology*, v. 19, n. 2, e200101, 2021.
- BARLETTA, M. et al. Fisheries ecology in South American river basins. In: CRAIG, J. F. (ed.).

- Freshwater Fisheries Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 2015. p. 311–348.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Reconhece espécies da fauna silvestre brasileira ameaçadas de extinção e estabelece 17 medidas de proteção. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 8 jun. 2022. Disponível em: [link]. Acesso em: 12 maio 2025.
- BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. *Fish of the Pantanal: identification manual*. Brasília: Embrapa, 1999. 184 p.
- CABRITA, E.; ROBLES, V.; HERRÁEZ, M. P. *Methods in Reproductive Aquaculture: Marine and Freshwater Species*. Boca Raton: CRC Press, 2008. DOI: 10.1201/9780849380549.
- CAMPOS, J. L. The culture of the pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix and Agassiz, 1829). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (ed.). *Native species for fish farming in Brazil*. Santa Maria: UFSM Press, 2005. p. 327–343.
- CAROLSFELD, J.; GODINHO, H. P.; ZANIBONI FILHO, E. et al. Cryopreservation of sperm in Brazilian migratory fish conservation. *Journal of Fish Biology*, v. 63, n. 2, p. 472–489, 2003.
- CÓRDOBA, E. A.; COY, Y. S.; PÁEZ, C. L. S. et al. *Catfish of the Colombian Amazon: a resource without borders*. Bogotá: Amazon Institute of Scientific Research (SINCHI), Ministry of Environment, 2000. 253 p.
- COSSON, J.; GROISON, A. L.; SUQUET, M. et al. Marine fish spermatozoa: racing ephemeral swimmers. *Reproduction*, v. 136, n. 3, p. 277–294, set. 2008. DOI: 10.1530/REP-07-0522.
- COSTA, B. B.; RODRIGUES, R. B.; POVH, J. A. et al. Descriptive analysis of the sperm of three South American catfish species maintained ex situ and the influence of morphology on sperm movement. *Theriogenology Wild*, v. 4, 100080, 2024. DOI: 10.1016/j.therwi.2024.100080.
- DAGOSTA, F. C. P. et al. Peixes da bacia do alto rio Paraná: diversidade, biogeografia e conservação. *Neotropical Ichthyology*, v. 22, n. 1, e230066, 2024. DOI: 10.1590/1982-0224-2023-0066.
- DEOCLÉCIO DA SILVA, L. M. et al. Uso de métodos genéticos moleculares para reduzir o risco de identificação incorreta de cepas de peixes na aquicultura brasileira. *Frontiers in Genetics*, v. 12, 720736, 2021. DOI: 10.3389/fgene.2021.720736.
- ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. *Species of fishes by family/subfamily*. California: California Academy of Sciences, 2009.
- FITZPATRICK, J. L.; LÜPOLD, S. Sexual selection and the evolution of sperm quality.

- Molecular Human Reproduction*, v. 20, n. 12, p. 1180-1189, dez. 2014. DOI: 10.1093/molehr/gau067.
- FITZPATRICK, J. L. Sperm competition and fertilization mode in fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 375, 20200074, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2020.0074>.
- FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. *Eschmeyer's Catalog of Fishes*. California Academy of Sciences, 2025. Disponível em: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- GALLO, J. M. et al. A qualidade do sêmen de *Colossoma macropomum* altera a produtividade das larvas durante o período reprodutivo. *Aquicultura*, v. 558, 738376, 2022. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738376.
- GUTIÉRREZ-BARRAGÁN, A. et al. Uma revisão da hibridização de bagres (Siluriformes). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 35, p. 145–174, 2025. DOI: 10.1007/s11160-024-09919-2.
- HASHIMOTO, D. T. et al. Identificação molecular de cruzamentos intergêneros envolvendo híbridos de bagres: riscos para a produção aquícola. *Neotropical Ichthyology*, v. 14, e150139, 2016. DOI: 10.1590/1982-0224-20150139.
- HUMPHRIES, S.; EVANS, J. P.; SIMMONS, L. W. Sperm competition: linking form to function. *BMC Evolutionary Biology*, v. 8, p. 319, 2008. DOI: 10.1186/1471-2148-8-319.
- JAMIESON, B. G. M. *Fish evolution and systematics: evidence from spermatozoa*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- KOWALSKI, R. K.; CEJKO, B. I. Sperm quality in fish: determinants and affecting factors. *Theriogenology*, v. 135, p. 94–108, 2019. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2019.06.009.
- LIAO, W. B. et al. Ejaculate evolution in external fertilizers: Influenced by sperm competition or sperm limitation? *Evolution*, v. 72, n. 1, p. 4-17, jan. 2018. DOI: 10.1111/evo.13372.
- LUNDBERG, J. G.; LITTMANN, M. W. Pimelodidae (Long-whiskered catfishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. Jr. (eds.). *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 432–446.
- MARCONATO, A.; RASOTTO, M. B.; MAZZOLDI, C. On the mechanism of sperm release in three gobiid fishes (Teleostei: Gobiidae). *Environmental Biology of Fishes*, v. 46, p. 321–327, 1996. DOI: 10.1007/BF00005009.
- MATTEI, X. The flagellar apparatus of spermatozoa in fish: ultrastructure and evolution. *Biology of the Cell*, v. 63, n. 2, p. 151-158, 1988. DOI: 10.1016/0248-4900(88)90054-

8.

- MATTEI, X. B. Spermatozoon ultrastructure and its systematic implications in fishes. *Canadian Journal of Zoology*, v. 69, n. 12, p. 3038–3055, 1991. DOI: 10.1139/z91-428.
- MIKKOLA, H. Aquaculture and fisheries as a food source in the Amazon Region – A review. *Food and Nutrition Journal*, v. 9, p. 286, 2024.
- MOJICA, J. I. et al. Fish of the Amazon River basin in Colombia: Leticia region. *Biota Colombiana*, v. 6, n. 2, p. 191–210, 2005.
- MOLLOY, P. P. et al. Sperm competition and sex change: a comparative analysis across fishes. *Evolution*, v. 61, n. 3, p. 640–652, mar. 2007. DOI: 10.1111/j.1558-5646.2007.00050.x.
- MYLONAS, C. C.; DUNCAN, N. J.; ASTURIANO, J. F. Manipulações hormonais para o aumento da produção de espermatozoides em peixes cultivados e avaliação da qualidade do esperma. *Aquaculture*, v. 472, p. 21–44, 2017. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.04.021.
- PENHA, J. M. F.; MATEUS, L. A. F. Sustainable harvest of two large predatory catfish in the Cuiabá river basin, northern Pantanal, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 1, p. 81–89, 2007. DOI: 10.1590/S1519-69842007000100011.
- PSENICKA, M.; ALAVI, S. M. H.; RODINA, M. et al. Morphology and ultrastructure of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) spermatozoa using scanning and transmission electron microscopy. *Biology of the Cell*, v. 99, p. 103–115, 2007. DOI: 10.1042/BC20060060.
- PSENICKA, M. et al. Morphology of spermatozoa in teleost fishes: structure, function and evolution. In: GOMES, F. A. (ed.). *Fish Spermatology*. Enfield: Science Publishers, 2007. p. 51–74.
- ROMAGOSA, E.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R. Nutrição e alimentação de reprodutores. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (orgs.). *Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. Florianópolis: Editora Copiart Ltda, 2013. p. 167–179.
- ROSENGRAVE, P. C.; LYMBERY, R. A.; EVANS, J. P. Patterns of sperm swimming behaviour depend on male mating tactic and spawning environment in chinook salmon. *Scientific Reports*, v. 14, 25680, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-76115-4.
- SANCHES, E. A.; NEUMANN, G.; BAGGIO, D. M. et al. Time and temperature on the storage of oocytes from jundiá catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, v. 319, p. 453–458, 2011. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.07.036.
- SHIRO, J. R. Seminal characteristics of cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, during the

- reproductive season. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2013.
- STOCKLEY, P.; GAGE, M. J.; PARKER, G. A.; MØLLER, A. P. Sperm competition in fishes: the evolution of testis size and ejaculate characteristics. *American Naturalist*, v. 149, n. 5, p. 933-954, maio 1997. DOI: 10.1086/286031.
- STREIT, D. P. Jr.; OLIVEIRA, A. C.; RIBEIRO, R. P. et al. Motility, vigor, and semen pathology in natura and post-cryopreservation of *Piaractus mesopotamicus*. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 35, n. 1, p. 159–167, 2009.
- TABORSKY, M.; SCHÜTZ, D.; GOFFINET, O.; VAN DOORN, G. S. Alternative male morphs solve sperm performance/longevity trade-off in opposite directions. *Science Advances*, v. 4, eaap8563, 2018.
- VELARDE, J. M. C. et al. Dimethyl acetamide and dimethyl sulfoxide associated at glucose and egg yolk for cryopreservation of *Pseudoplatystoma corruscans* semen. *Neotropical Ichthyology*, v. 21, n. 1, e220071, 2023. DOI: 10.1590/1982-0224-2022-0071.
- VLADIĆ, T. V.; AFZELIUS, B. A.; BRONNIKOV, G. E. Sperm quality reflected through morphology in alternative life histories of salmon. *Biology of Reproduction*, v. 66, p. 98–105, 2002. DOI: 10.1095/biolreprod66.1.98.
- WOYNAROVICH, E.; HORVÁTH, L. Methodology for the induction of fish reproduction in captivity. *FAO Fisheries Technical Paper*, n. 232, p. 1–4, 1983.
- ŽARSKI, D. et al. Evaluation of gamete quality. In: ŽARSKI, D. et al. *Evaluation of Gamete Quality*. 2016. p. 61–72. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-49376-3_8.

8 CONCLUSÃO

Este estudo investigou a indução sucessiva em fêmeas de *Pseudoplatystoma reticulatum* e as diferenças morfológicas nos espermatozoides entre espécies reofílicas nativas da região Neotropical, com o objetivo de otimizar a produção de alevinos e compreender as adaptações reprodutivas dessas espécies.

Inicialmente, foi avaliada a indução sucessiva em fêmeas de *P. reticulatum* para verificar sua viabilidade na maximização da produção de alevinos. Os resultados indicaram que as fêmeas podem ser reutilizadas após 65 dias, apresentando índices reprodutivos iguais ou superiores aos observados em fêmeas submetidas a uma indução única. Esse achado corrobora a hipótese de que a indução sucessiva pode melhorar o uso das fêmeas reprodutoras e a produção de oócitos, tanto vitelogênicos quanto em desenvolvimento da primeira reprodução.

A análise morfométrica dos espermatozoides não revelou diferenças interespecies no tamanho e formato da cabeça nem nas proporções da peça intermediária entre as quatro espécies reofílicas analisadas. Esses resultados sugerem que, embora existam variações nas características morfológicas reprodutivas, não há diferenças significativas nessas estruturas entre as espécies estudadas.

Em resumo, os resultados confirmam as hipóteses de que a indução sucessiva de fêmeas é eficaz na maximização da produção de alevinos e de que não há diferenças morfológicas significativas nos espermatozoides entre as espécies estudadas. Esses achados são valiosos para o aprimoramento das práticas de reprodução artificial e a otimização do manejo reprodutivo na aquicultura.