

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 19/02/2027.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

CARMEN FILA ZECA MANJATE

**CARACTERÍSTICAS SEMINAIS E CRIOPRESERVAÇÃO DO SÊMEN DO
PEIXE *Pangasianodon hypophthalmus* (SILURIFORMES)**

Ilha Solteira - SP

2026

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
ANIMAL**

CARMEN FILA ZECA MANJATE

**CARACTERÍSTICAS SEMINAIS E CRIOPRESERVAÇÃO DO SÊMEN DO
PEIXE *Pangasianodon hypophthalmus* (SILURIFORMES)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientadora: Prof. Dr. Alexandre Ninhaus Silveira

Ilha Solteira - SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Manjate, Carmen Fila Zeca.

M278c Características seminais e criopreservação do sêmen do peixe
Pangasianodon hypophthalmus (SILURIFORMES) / Carmen Fila Zeca Manjate. --
Ilha Solteira: [s.n.], 2026
50 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Animal) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira. Área de conhecimento: Zootecnia e recursos pesqueiros,
2026

Orientador: Alexandre Ninhaus Silveira

Inclui bibliografia

1. Crioprotetores. 2. Pangasius. 3. Qualidade espermática. 4. Reprodução
assistida.

Sandra Montibeller - CRB-8/060

IMPACTO POTENCIAL DA PESQUISA

Esta pesquisa contribui para o avanço das biotecnologias reprodutivas aplicadas à aquicultura, ao desenvolver e avaliar protocolos de criopreservação do sêmen de *Pangasianodon hypophthalmus*. A geração de conhecimento sobre a qualidade espermática e a eficiência de diferentes crioprotetores fornece subsídios técnicos para o aprimoramento de técnicas de conservação e utilização de gametas, favorecendo a padronização de procedimentos para a reprodução assistida da espécie.

POTENTIAL IMPACT OF THE RESEARCH

This research contributes to the advancement of reproductive biotechnologies applied to aquaculture by developing and evaluating semen cryopreservation protocols for *Pangasianodon hypophthalmus*. The knowledge generated regarding sperm quality and the efficiency of different cryoprotectants provides technical support for improving gamete preservation and utilization techniques, promoting the standardization of procedures for the assisted reproduction of this species.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERÍSTICAS SEMINAIS E CRIOPRESERVAÇÃO DO SÊMEN DO PEIXE *Pangasianodon hypophthalmus* (SILURIFORMES)

AUTORA: CARMEN FILÁ ZECA MANJATE

ORIENTADOR: ALEXANDRE NINHAUS SILVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ALEXANDRE NINHAUS SILVEIRA (Participação Presencial)

Departamento de Biologia e Zootecnia / UNESP / Câmpus de Ilha Solteira - FEIS

Documento assinado digitalmente
 LUIS DAVID SOLIS MURGAS
Data: 19/02/2026 12:42:38-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. LUIS DAVID SOLIS MURGAS (Participação Virtual)

Departamento de Medicina Veterinária / Universidade Federal de Lavras - UFLA

Documento assinado digitalmente
 LUIS DAVID SOLIS MURGAS
Data: 19/02/2026 12:42:38-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. DIÓGENES HENRIQUE DE SIQUEIRA SILVA (Participação Virtual)

Faculdade de Biologia / Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - UNIFESSPA

Ilha Solteira, 19 de fevereiro de 2026.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Filomena Cassamo, “in memoriam”, por ter sido minha maior fonte de amor, força e inspiração. Cada página desse trabalho carrega um pouco de você, mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde e pelo espírito de persistência que me permitiram chegar até aqui. Sem a Sua presença, graça e direção, nada disso seria possível.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal – Interunidades Ilha Solteira/Dracena, pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação e pelo suporte institucional ao longo desta trajetória acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001, agradeço pela concessão da bolsa de pesquisa (processo nº 88887.149519/2025-00), fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre, expresso minha sincera gratidão pela paciência, atenção, orientação, conselhos, apoio e suporte técnico ao longo de toda a pesquisa. À Prof.^a Dra. Rosicleire Veríssimo, agradeço pela ajuda, disponibilidade e apoio nos momentos em que mais precisei.

À equipe do Laboratório de Ictiologia Neotropical (LINEO), agradeço pelo aprendizado, pela parceria e por compartilharem tantos momentos de trabalho, crescimento e convivência. Em especial, à Cristieli, pela paciência, pelo acolhimento, pelos ensinamentos e pela amizade, que tornam meus dias mais leves e significativos.

À minha mãe, *in memoriam*, Maria Filomena Cassamo, expresso minha eterna gratidão por ter sido meu maior exemplo de coragem, dedicação e amor. Sou grata por cada oração, pelo cuidado incansável, pelo incentivo constante e por acreditar em mim, mesmo nos momentos mais difíceis. Sua força, entrega e presença marcaram profundamente minha trajetória, sendo fundamentais para que eu chegasse até aqui. Sua ausência é acompanhada por uma saudade imensurável e por uma gratidão que jamais se extinguirá

Aos meus irmãos, Jacinto Manjate, Márcia Manjate e Emanuel Silva, expresso minha sincera gratidão pelo carinho, pela torcida constante e pelo apoio incondicional em todas as etapas desta caminhada, sendo fundamentais para que eu seguisse firme até a conclusão do curso.

Ao meu namorado, Francisco José Nóris, agradeço pelo companheirismo, paciência, incentivo e apoio ao longo dessa jornada, contribuindo de forma significativa para que eu pudesse seguir firme até a conclusão deste trabalho.

À Igreja Graça Bíblica e à Igreja do Evangelho Quadrangular de Ilha Solteira, especialmente ao pastor Domingo Mario Zeca Fernando, à Ana Cláudia e à Tânia, bem como às suas famílias, expresso minha gratidão pelas orações, palavras de encorajamento e pelo apoio

espiritual constante. Este resultado é também fruto da fé, do cuidado e das intercessões dedicadas ao longo desta caminhada

Por fim, agradeço com carinho às minhas amigas e companheiras de casa, Mayara Silva, Nathalia Santos e Tiely Sakurai, por não serem apenas colegas de moradia, mas verdadeiras irmãs. Obrigada por fazerem da nossa casa um verdadeiro lar, pelo cuidado, apoio e por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

RESUMO

Pangasianodon hypophthalmus (Panga) é um peixe teleósteo da ordem Siluriformes amplamente cultivado nas grandes bacias do Sudeste Asiático, em razão da elevada aceitação comercial de sua carne, caracterizada por textura firme, coloração branca uniforme e ausência de espinhas intramusculares. Apesar do avanço no cultivo intensivo da espécie, a aplicação de biotecnologias reprodutivas, como a criopreservação seminal, ainda apresenta limitações que afetam a eficiência da reprodução assistida e o manejo para a conservação genética. Assim, este estudo teve como objetivo determinar as características seminais e desenvolver um protocolo eficiente para a criopreservação do sêmen de *P. hypophthalmus*. Foram avaliadas a manutenção da motilidade, viabilidade, morfologia espermática e a capacidade fecundante após o descongelamento. Utilizou-se sêmen de sete machos adultos induzidos hormonalmente com extrato bruto de hipófise de carpa (1 mg/kg), sendo selecionadas amostras com motilidade superior a 80% e ausência de ativação prévia. O sêmen foi submetido a quatro tratamentos crioprotetores à base de dimetilsulfóxido (DMSO) e metanol (MeOH), associados à glicose, à gema de ovo e à solução de NaCl a 0,9%. Após diluição na proporção de 1:3 (sêmen:diluyente), as amostras foram envasadas em palhetas de 0,5 mL, congeladas em vapor de nitrogênio por 10 minutos e armazenadas em nitrogênio líquido (-196 °C). O descongelamento foi realizado em banho-maria a 37 °C por 30 segundos. Os resultados demonstraram que o protocolo contendo 10% de DMSO + NaCl 0,9% apresentou o melhor desempenho, com motilidade média de 46,26%, viabilidade de 71,75% e taxa de fertilização de 67,17%. Foram detectadas correlações significativas entre os parâmetros avaliados ($P < 0,001$). A análise morfológica revelou aumento nas alterações espermáticas após a criopreservação, sem diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Conclui-se que o protocolo composto por 10% de DMSO + NaCl 0,9% foi eficiente na preservação dos espermatozoides de *P. hypophthalmus*, mantendo sua capacidade fecundante.

Palavras-chave: crioprotetores; Pangasius; qualidade espermática; reprodução assistida.

ABSTRACT

Pangasianodon hypophthalmus (panga) is a teleost fish of the order Siluriformes widely farmed in the major river basins of Southeast Asia due to the high commercial acceptance of its flesh, which is characterized by firm texture, uniform white coloration, and the absence of intramuscular bones. Despite advances in the intensive culture of this species, the application of reproductive biotechnologies, such as sperm cryopreservation, still presents limitations that compromise the efficiency of assisted reproduction and genetic conservation management. Therefore, this study aimed to determine seminal characteristics and to develop an efficient protocol for the cryopreservation of *P. hypophthalmus* sperm. Post-thaw sperm quality was assessed based on motility maintenance, viability, sperm morphology, and fertilizing capacity. Semen samples were obtained from seven adult males hormonally induced with crude carp pituitary extract (1 mg/kg), and only samples showing motility above 80% and no prior activation were selected. The semen was subjected to four cryoprotective treatments based on dimethyl sulfoxide (DMSO) or methanol (MeOH), combined with glucose and egg yolk, and with 0.9% NaCl solution. After dilution at a 1:3 ratio (semen: diluent), the samples were loaded into 0.5 mL straws, frozen in nitrogen vapor for 10 minutes, and stored in liquid nitrogen (-196°C). Thawing was performed in a water bath at 37°C for 30 seconds. The results demonstrated that the protocol containing 10% DMSO + 0.9% NaCl showed the best performance, with a mean motility of 46.26%, viability of 71.75%, and a fertilization rate of 67.17%. Significant correlations were detected among the evaluated parameters ($P < 0.001$). Morphological analysis revealed an increase in sperm abnormalities after cryopreservation, with no significant differences among treatments ($P > 0.05$). It is concluded that the protocol composed of 10% DMSO + 0.9% NaCl was effective in preserving *P. hypophthalmus* sperm, maintaining its fertilizing capacity.

Keywords: Assisted reproduction; Cryoprotectants; Pangasius; Sperm quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplar de <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878)	15
Figura 2 - Fluxograma do protocolo experimental para indução hormonal, coleta e processamento de sêmen.	26
Figura 3 - Análise da motilidade espermática e dos parâmetros cinéticos utilizando o sistema CASA (Computer-Assisted Sperm Analysis).	27
Figura 4 - Fluxo metodológico para preparação das soluções crioprotetoras.	29
Figura 5 - Fluxograma representativo das etapas do processo de criopreservação seminal, incluindo diluição em meio contendo crioprotetores, envase, resfriamento controlado, armazenamento em nitrogênio líquido	30
Figura 6 - Esquema ilustrativo do processo de fertilização artificial em peixes, abrangendo a coleta e combinação dos gametas, ativação espermática, hidratação dos ovos e posterior transferência para incubadora, onde ocorre o desenvolvimento embrionário sob condições ambientais controladas.	31
Figura 7 - Análise da cinética espermática do sêmen <i>P. hypophthalmus</i> criopreservado em diferentes soluções crioprotetoras: Motilidade (%) e progressividade (%).....	33
Figura 8 - Integridade da membrana espermática (%) do sêmen fresco e criopreservado do <i>P. hypophthalmus</i> submetidos a diferentes soluções crioprotetoras.	35
Figura 9 - Taxa de fertilização (%) utilizando sêmen fresco e criopreservado do <i>P. hypophthalmus</i> submetidos a diferentes soluções crioprotetoras	36
Figura 10 - Análise de correlação de Pearson entre a taxa de fertilização (%) e a motilidade espermática total (%) do sêmen de <i>P. hypophthalmus</i> após a criopreservação.....	38
Figura 11 - Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros morfológicos e funcionais do sêmen de <i>P. hypophthalmus</i>	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diluentes (tratamentos) utilizados no congelamento do sêmen de <i>P. hypophthalmus</i>	28
Tabela 2 - Parâmetros seminais do <i>P. hypophthalmus</i> : Motilidade espermática, Duração da Motilidade, Concentração espermática e fertilização.....	32
Tabela 3 - Parâmetros Cinéticos do sêmen fresco e criopreservado do <i>P. hypophthalmus</i> com diferentes soluções crioprotetoras. Velocidade Curvilínea (VCL, $\mu\text{m/s}$); Velocidade em Linha Reta (VSL, $\mu\text{m/s}$); Velocidade Média do trajeto (VAP, $\mu\text{m/s}$); Linearidade (LIN, %); Retilinearidade (STR, %); Amplitude de Deslocamento Lateral da Cabeça (ALH, μm); Frequência de Batimento Flagelar (BCF, Hz) e Oscilação (WOB%); diferentes letras sobre as barras indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).	34
Tabela 4 -Anomalias espermáticas primárias e secundárias do sêmen fresco e criopreservado do <i>P. hypophthalmus</i> submetidos a diferentes soluções crioprotetoras. Macrocefalia, microcefalia, cauda fortemente enrolada, gota citoplasmática proximal e cauda dobrada. Letras iguais sobre as barras indicam não haver diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$).	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 ESPÉCIE.....	15
1.1.1 <i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	15
1.2 CARACTERÍSTICAS SEMINAIS EM PEIXES TELEÓSTEOS.....	17
1.3 AVALIAÇÃO ESPERMÁTICA.....	17
1.3.1 Volume seminal.....	18
1.3.2 Motilidade espermática	18
1.3.3 Integridade da membrana espermática	19
1.3.4 Concentração espermática	20
1.3.5 Anormalidade espermática	21
1.4 TÉCNICAS DE CRIOPRESERVAÇÃO DO SÊMEN EM PEIXES	21
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Manejo de reprodutores.....	25
3.2 INDUÇÃO HORMONAL E COLETA DO SÊMEN	25
3.3 AVALIAÇÃO SEMINAL.....	26
3.3.1 Motilidade espermática e parâmetros cinéticos.....	26
3.3.2 Integridade da membrana espermática	27
3.3.3 Concentração espermática	27
3.3.4 Morfologia espermática.....	28
3.4 CRIOPRESERVAÇÃO SEMINAL	28
3.5 DESCONGELAMENTO DO SÊMEN	30
3.6 FERTILIZAÇÃO.....	30
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31

4. RESULTADOS	32
4.1 CRIOPRESERVAÇÃO SEMINAL	32
4.2 INTEGRIDADE DA MEMBRANA PLASMÁTICA	34
4.3 MORFOLOGIA ESPERMÁTICA	35
4.4 FERTILIZAÇÃO.....	36
4.5 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO	37
5. DISCUSSÃO.....	39
6. CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

O cenário mundial da aquicultura alcançou um marco histórico ao consolidar-se como a principal fonte de animais aquáticos destinados ao consumo humano. Em 2022, a produção global de organismos aquáticos cultivados atingiu 94,4 milhões de toneladas, sendo que a Ásia concentra mais de 90% desse volume. Esse crescimento evidencia o papel estratégico do setor para a segurança alimentar e nutricional em escala global, especialmente diante de projeções de aumento populacional e de demanda por proteína animal de origem sustentável (FAO, 2024; FAO, 2025).

No Brasil, o setor da piscicultura mantém a sua trajetória de expansão, consolidando o país como um produtor de relevância global. Em 2025, a produção nacional de peixes de cultivo ultrapassou pela primeira vez a marca histórica de um milhão de toneladas, atingindo o volume total de 1.011.540 toneladas. Este resultado representa um crescimento de 4,41% em relação ao ano anterior (PEIXE BR, 2026). A atividade é fortemente favorecida pelo vasto potencial hídrico nacional, que conta com mais de 10 milhões de hectares de água doce distribuídos em rios, represas e lagos (Nunes, 2010; ANA, 2023). As espécies de água doce compõem cerca de 90% da produção nacional, sendo a tilápia, o tambaqui e os bagres alguns dos principais destaques devido ao seu rápido crescimento e adaptabilidade (Kubitza, 2015; Valenti *et al.*, 2021). Essas espécies apresentam boa aceitação pelo consumidor, configurando uma oportunidade de expansão sustentável da produção aquícola no país (Singh e Lakra, 2012; Alcântara *et al.*, 2017; Schulter e Vieira Filho, 2017).

Dentro dessa diversidade, o panga (*Pangasianodon hypophthalmus*) surge como uma alternativa estratégica, estando entre as 15 espécies de peixes com maior volume de produção global, alcançando cerca de 2.520,4 mil toneladas no ano de 2022 (FAO 2024), sendo a segunda espécie mais importada, com valor de importação de aproximadamente US\$ 41 milhões no primeiro trimestre de 2024 (EMBRAPA, 2024). No Brasil, embora a espécie apresente uma trajetória de expansão e potencial de mercado, sua produção ainda é frequentemente contabilizada de forma agregada na categoria "Outras Espécies" e enfrenta desafios decorrentes de entraves regulatórios e da concorrência com produtos importados (Peixe BR, 2023).

Para sustentar o crescimento dessa cadeia produtiva e garantir a maior eficiência dos sistemas de cultivo, a aplicação de biotecnologias reprodutivas torna-se essencial. Neste sentido, a criopreservação seminal destaca-se como uma técnica estratégica, pois permite o armazenamento de gametas a temperaturas criogênicas, preservando sua viabilidade por longos períodos (Tiersch *et al.*, 2007; Hungerford *et al.*, 2022). Além de facilitar a reprodução artificial e a sincronização entre a disponibilidade de sêmen e oócitos, essa técnica é fundamental para o

melhoramento genético e a formação de bancos de germoplasma, contribuindo tanto para a conservação de espécies de interesse ambiental quanto para o avanço sustentável da piscicultura (Tiersch *et al.*, 2007; Spica *et al.*, 2024).

1.1 ESPÉCIE

1.1.1 *Pangasianodon hypophthalmus*

O *P. hypophthalmus* (Sauvage, 1878), pertencente à ordem Siluriformes e à família Pangasiidae, é uma espécie nativa das grandes bacias hidrográficas do Sudeste Asiático, especificamente dos rios Mekong e Chao Phraya (Haque, 2011; FAO, 2024). Popularmente conhecido como peixe-panga ou tubarão-iridescente, vive principalmente em águas abertas de grandes rios e áreas alagadas. Ele realiza migrações longas entre os locais onde se alimenta e onde se reproduz (Poulsen *et al.*, 2002; Suneetha e Kunda, 2024).

Fisicamente, o Panga apresenta corpo fusiforme e alongado, desprovido de escamas (couro), com nadadeira dorsal posicionada anteriormente e uma nadadeira adiposa pequena, podendo atingir até 130 cm de comprimento e 44 kg de peso (Figura 1). A coloração varia ontogeneticamente; juvenis apresentam faixas pretas ao longo da linha lateral, enquanto adultos exibem uma coloração cinza-escura dorsal e ventre prateado (Jayaneththi, 2015).

Figura 1- Exemplar de *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878)



Fonte: Autoria própria (2026)

Legenda: Exemplar de peixe Panga com 47 cm de comprimento.

Um dos principais diferenciais adaptativos da espécie é sua respiração aérea facultativa; o Panga possui uma bexiga natatória modificada que atua como um órgão respiratório acessório, permitindo a absorção direta de oxigênio atmosférico (Lefevre *et al.*, 2011). Essa característica é crucial para sua sobrevivência em ambientes com pouco oxigênio e permite que a espécie seja criada em densidades de estocagem elevadas na aquicultura intensiva, superando 300 kg/m³ em alguns sistemas (Phan *et al.*, 2009; Pizzioli *et al.*, 2022).

REFERÊNCIAS

- ALAVI, S. M. H. et al. Relationship between semen characteristics and body size in *Barbus barbus* L. (Teleostei: Cyprinidae) and effects of ions and osmolality on sperm motility. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, [s. l.], v. 153, n. 4, p. 430–437, 2009.
- ALCÂNTARA, P. H. R. de et al. **Piscicultura de água doce**: análise da capacitação de multiplicadores. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 35 p.
- ALI, H.; HAQUE, M. M. Impacts of *Pangasius* aquaculture on land use patterns in Mymensingh district of Bangladesh. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 169–170, 2011.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023**: informe anual. Brasília, 2024.
- BILLARD, R.; COSSON, M. P. Some problems related to the assessment of sperm motility in freshwater fish. **Journal of Experimental Zoology**, [s. l.], v. 261, n. 2, p. 122–131, 1992.
- BORGES, A. et al. Cryopreservation of sperm in neotropical fish species: advances and challenges. **Cryobiology**, [s. l.], v. 96, p. 1–10, 2020.
- CABRITA, E.; ROBLES, V.; HERRÁEZ, M. P. **Methods in reproductive aquaculture**: marine and freshwater species. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- CARDOSO, P. H. M. et al. *Dermocystidium* sp. infection in farmed striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus* farmed in Ceará state, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 31, p. e001522, 2022.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Cryopreservation of tambaqui (*Colossoma macropomum*) semen. **CryoLetters**, [s. l.], v. 33, n. 5, p. 385–393, 2012.
- CARNEIRO-LEITE, L. et al. Effect of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation of *Astyanax lacustris* males on semen quality. **Neotropical Ichthyology**, Maringá, v. 21, n. 3, p. e230077, 2023.

- CAROSFELD, J. et al. Composition of seminal plasma and cryopreservation of semen from five species of Brazilian freshwater fish. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 63, n. 2, p. 311–327, 2003.
- CHAO, N. H.; LIAO, I. C. Cryopreservation of finfish and shellfish gametes and embryos. **Aquaculture**, [s. l.], v. 197, p. 161–189, 2001.
- CHHUOY, S. et al. Daily otolith ring validation, age composition, and origin of the endangered striped catfish in the Mekong. **Global Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 33, p. e01953, 2022.
- CORDEIRO, P. H. Aquicultura no Brasil – análise da evolução do setor entre os anos de 2013 e 2023. **Aracê**, [s. l.], v. 7, n. 7, p. 37184–37208, 2025.
- COSSON, J. et al. Flagellar beat and sperm motility in fish. **Cell Motility and the Cytoskeleton**, [s. l.], v. 65, n. 8, p. 626–641, 2008.
- COSSON, J. et al. Descrição dos espermatozoides da pescada (*Merluccius merluccius*). **Journal of Applied Ichthyology**, [s. l.], v. 26, n. 5, p. 644–652, 2010.
- DASUKI, A. et al. Synergistic effects of hormonal inducers and *Terminalia catappa* extract on breeding efficiency of *Pangasianodon hypophthalmus*. **UMYU Scientifica**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 381–386, 2025.
- EMBRAPA. **Informativo do Comércio Exterior da Piscicultura**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura; Peixe BR, 2024.
- FANNI, N. A. et al. Quality enhancement of cryopreserved spermatozoa of sutchi catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) with honey addition. **Iraqi Journal of Veterinary Sciences**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 231–236, 2018.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Digital agriculture and AI innovation roadmap**: for the global agrifood systems transformation. Rome: FAO, 2025.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024**: blue transformation in action. Rome: FAO, 2024.

FAUVEL, C. et al. Broodstock management and egg production of marine fish. In: CABRITA, E.; ROBLES, V.; HERRÁEZ, P. (ed.). **Methods in reproductive aquaculture: marine and freshwater species**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 45-78.

FERNANDES, J. F. F. et al. Identificação de anomalias espermáticas no sêmen *in natura* de curimatã (*Prochilodus lacustris*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10418–10431, 2020.

FOGLI DA SILVEIRA, W. et al. Avaliação da qualidade e criopreservação em forma de “pellets” do sêmen do bagre *Rhamdia hilarii*. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 12, p. 7–11, 1985.

FOGLI DA SILVEIRA, W. et al. Método espectrofotométrico na avaliação da concentração de espermatozoides da truta arco-íris. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 69–73, 1987.

FREITAS, A. L.; MIGUEL, D. P. Avaliação de aceitação do filé de panga. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 7, 2011.

GAGNON, C. Regulation of sperm motility at the axonemal level. **Reproduction, Fertility and Development**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 847–855, 1995.

GRACIA, L. F. G. **Alterações morfológicas dos espermatozoides de peixes**. 2011. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GRIFFITHS, D.; KHANH, P. V.; TRONG, T. Q. *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). In: FAO. **Cultured Aquatic Species Information Programme**. Rome: FAO, 2010.

GWO, J.-C. Cryopreservation of aquatic invertebrate semen: a review. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 259–271, 2000.

HUNGERFORD, A.; BAKOS, H. W.; AITKEN, R. J. Sperm cryopreservation: current status and future developments. **Reproduction, Fertility and Development**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 265–281, 2022.

JAYANETHTHI, H. B. Record of iridescent shark catfish *Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878 from Madampa Lake in Southwest Sri Lanka. **Ruhuna Journal of Science**, [s. l.], v. 6, n. 2, 2015.

KAININ, S. et al. Cryopreservation of Mekong catfish, *Pangasius bocourti* spermatozoa. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 45, n. 5, p. 859–867, 2014.

KASAI, M. Simple and efficient methods for vitrification of mammalian embryos. **Animal Reproduction Science**, [s. l.], v. 42, p. 67–75, 1996.

KAVAMOTO, E. T. et al. Anormalidades morfológicas nos espermatozoides do curimatá (*Prochilodus scrofa*). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 25, p. 61–66, 1998/1999.

KAVAMOTO, E. T.; FOGLI DA SILVEIRA, W. Características físicas, químicas e microscópicas do sêmen do bagre *Rhamdia hilarii*. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 13, p. 95–100, 1986.

KIM, D. H. Ultrastructure of the fertilized egg envelopes in *Ancistrus cirrhosus*. **Applied Microscopy**, [s. l.], v. 50, n. 1, p. 13, 2020.

KOWALSKI, R. K.; CEJKO, B. I. Sperm quality in fish: determinants and affecting factors. **Theriogenology**, [s. l.], v. 135, p. 94–108, 2019.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies e desafios. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 151, p. 10–23, 2015.

KWANTONG, S.; BART, A. N. Cryopreservation of black-eared catfish, *Pangasius larnaudii* sperm. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 37, n. 10, p. 955–957, 2006.

KWANTONG, S.; BART, A. N. Effect of cryoprotectants and freezing rates on fertilization of striped catfish sperm. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 34, n. 10, p. 887–893, 2003.

KWANTONG, S.; BART, A. N. Fertilization efficiency of cryopreserved striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* sperm. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 292–297, 2009.

LAHNSTEINER, F. et al. Egg quality determination in teleost fish. In: CABRITA, E.; ROBLES, V.; HERRÁEZ, P. (ed.). **Methods in reproductive aquaculture: marine and freshwater species**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 149-190.

LEFEVRE, S. et al. Air-breathing in the catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. **Journal of Experimental Biology**, [s. l.], v. 214, n. 23, p. 3958–3968, 2011.

LEITE, J. S. et al. Variação sazonal da qualidade seminal de curimatã comum. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 759–766, 2018.

LEITE, L. V. et al. Criopreservação de sêmen de tambaqui com ACP® adicionado de gema de ovo. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luís, v. 6, n. 2, p. 23–29, 2011.

LINHART, O. et al. Cryopreservation of European catfish *Silurus glanis* spermatozoa. **Cryobiology**, [s. l.], v. 51, n. 3, p. 250–261, 2005.

LINHART, O. et al. Effects of ions on the motility of paddlefish spermatozoa. **Reproduction**, [s. l.], v. 124, n. 5, p. 713–719, 2002.

LOPES, J. T. et al. Suplementação da solução crioprotetora para sêmen de tambaqui. **Acta Scientiarum. Veterinary Sciences**, Maringá, v. 46, p. 1593–1600, 2018.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. C. et al. Fish sperm quality and assessment methods. **Revista Ciencias Marinas y Costeras**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 67–96, 2018.

MARIA, A.-N. et al. Diluentes e crioprotetores para sêmen de piracanjuba. **Aquaculture**, [s. l.], v. 260, n. 1–4, p. 298–306, 2006.

MARTÍNEZ, J. G.; CARRASCO, S. P. Crioconservación de semen en peces. **Acta Biológica Colombiana**, [s. l.], v. 15, p. 3–23, 2010.

MARTÍNEZ, J. G. et al. Criopreservação de espermatozoides de *Prochilodus magdalenae*. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 19–26, 2012.

MATSUBARA, T. et al. Chemical and physical guidance of fish spermatozoa into the egg. **Biology of Reproduction**, [s. l.], 2017.

MAZUR, P. Freezing of living cells: mechanisms and implications. **American Journal of Physiology**, [s. l.], v. 247, p. C125–C142, 1984.

MONTES-PETRO, C. et al. Optimizing cryopreservation of *Pseudoplatystoma magdaleniatum* semen. **Fishes**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 183, 2025.

MORAIS, J. M. et al. Reprodução induzida de peixes reofílicos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 42, n. 2, p. 79-83, abr./jun. 2018.

MUKTI, A. T. et al. The effects of laserpuncture on gonadal maturity and sperm quality. **Theriogenology**, [s. l.], v. 147, p. 102–107, 2020.

MURGAS, L. D. S. et al. Importância da avaliação dos parâmetros reprodutivos em peixes nativos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 35, n. 2, p. 186-191, abr./jun. 2011.

NA-NAKORN, U. Comparison of cold and heat shocks for inducing gynogenesis in Thai catfish. **Aquatic Living Resources**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 333–341, 1995.

NINHAUS-SILVEIRA, A. et al. Structural and ultrastructural embryonic development of *Prochilodus lineatus*. **Zygote**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 217–229, 2006.

NUNES, A. J. P. Tilapia cage farm management in Brazil. **Global Aquaculture Advocate**, [s. l.], 2010.

OGIER, B. B. et al. Membrane integrity and ATP content of *Silurus glanis* spermatozoa after freezing. **Cryobiology**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 177–184, 1999.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR**. São Paulo, 2023.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR**. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2026.

PÉREZ-CEREZALES, S. et al. Avaliação do dano ao DNA como marcador de qualidade espermática. **Theriogenology**, [s. l.], v. 74, n. 2, p. 282–289, 2010.

PHAN, L. T. et al. Current status of Pangasius catfish farming in the Mekong Delta. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 40, n. 10, p. 1136–1153, 2009.

- PINZÓN ARCINIEGAS, S. M. et al. Crioconservación de semen de *Pseudoplatystoma fasciatum*. **Orinoquia**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 28–37, 2005.
- PIZZIOLO, Gabriel Henrique Spiazzi et al. Reprodução induzida e embriogênese do panga (*Pangasianodon hypophthalmus*). **Revista Sinapse Múltipla**, Betim, v. 11, n. 1, p. 233-236, jan./jul. 2022.
- PONCHUNCHOVOONG, S. et al. Cryopreservation of striped catfish sperm. **Kasetsart Journal**, [s. l.], v. 44, p. 1153–1161, 2010.
- POULSEN, A. F. et al. **Deep pools as dry season fish habitats in the Mekong River Basin**. Phnom Penh: Mekong River Commission, 2002.
- PRADO, J. Q. et al. Desenvolvimento de protocolo para avaliação morfológica dos espermatozoides de peixe de água doce. [s. l.: s. n.], 2019.
- PSENICKA, M. et al. Ultrastructure of *Tinca tinca* sperm. **Theriogenology**, [s. l.], v. 66, n. 5, p. 1355–1363, 2006.
- RAMÍREZ-MERLANO, J. A. et al. Crioconservación seminal de *Pseudoplatystoma metaense*. **Archivos de Medicina Veterinaria**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 135–144, 2011.
- RURANGWA, E. et al. Measurement of sperm motility in cultured fish. **Aquaculture**, [s. l.], v. 234, p. 1–28, 2004.
- SANCHES, E. A. et al. Effects of water pH on gamete activation, embryonic development, and larval normality in *Prochilodus lineatus*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2871-2882, jul./ago. 2015.
- SANCHES, E. A. et al. Sperm motility parameters of curimbatá (*Prochilodus lineatus*) evaluated by computer-assisted sperm analysis (CASA). **Animal Reproduction Science**, [s. l.], v. 127, n. 3-4, p. 212-217, 2011.
- SARDER, M. R. I. et al. Cryopreservation of sperm of *Ompok pabda*. **North American Journal of Aquaculture**, [s. l.], v. 75, n. 1, p. 114–123, 2013.

SAYYARI, A. et al. Manipulação e gestão de espermatozoides em medaka japonês. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 14, p. 14736, 2024.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil**. Brasília, DF: Ipea, 2017.

SILVA, S. V. et al. Métodos e técnicas na avaliação espermática. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, Recife, v. 12, p. 1–15, 2009.

SINGH, A. K.; LAKRA, W. S. Cultivo de *Pangasianodon hypophthalmus* na Índia. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 19, 2012.

SPICA, L. N. et al. Viability duration of pacu milt stored under refrigeration. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 84, p. e287330, 2024.

STREIT JR., D. P. et al. Técnicas para coloração de sêmen de peixes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 7, n. 2, 2004.

SUNEETHA, N.; KUNDA, S. K. Fish oil levels on ovarian development of *Pangasianodon hypophthalmus*. **Uttar Pradesh Journal of Zoology**, [s. l.], v. 45, n. 23, p. 212–220, 2024.

SUQUET, M. et al. Cryopreservation of sperm in marine fish. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 231–243, 2000.

THILAK PON JAWAHAR, K.; BETSY, J. Criopreservação de fish gametes: an overview. [s. l.: s. n.], 2020.

TIERSCH, T. R.; YANG, H. **Cryopreservation in aquatic species**. 2. ed. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2007.

VALENTI, W. C. et al. Aquaculture in Brazil: past, present and future. [s. l.: s. n.], 2021.

VIVEIROS, A. T. M.; GODINHO, H. P. Sperm quality and cryopreservation of Brazilian freshwater fish species: a review. **Fish Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 137-150, 2009.

VIVEIROS, A. T. M. et al. Freezing method for curimba *Prochilodus lineatus* semen. **Animal Reproduction Science**, [s. l.], v. 112, p. 293–300, 2008.

YUDHO, A. et al. Effect of fertilization media pH on *Pangasianodon hypophthalmus*. **RJOAS**, [s. l.], v. 2, n. 110, p. 41, 2021.