



Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e
Difusão de Tecnologias

Bruno Olivetti de Mattos
Jackson Pantoja-Lima
Adriano Teixeira de Oliveira
Paulo Henrique Rocha Aride
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2021



Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e
Difusão de Tecnologias

Bruno Olivetti de Mattos
Jackson Pantoja-Lima
Adriano Teixeira de Oliveira
Paulo Henrique Rocha Aride
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobbon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Bruno Olivetti de Mattos
Jackson Pantoja-Lima
Adriano Teixeira de Oliveira
Paulo Henrique Rocha Aride

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A656 Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias / Organizadores Bruno Olivetti de Mattos, Jackson Pantoja-Lima, Adriano Teixeira de Oliveira, et al. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outro organizador
Paulo Henrique Rocha Aride

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-904-2
DOI 10.22533/at.ed.042211503

1. Aquicultura. 2. Região Amazônica. 3. Tecnologia. 4. Sustentabilidade ambiental. I. Mattos, Bruno Olivetti de (Organizador). II. Pantoja-Lima, Jackson (Organizador). III. Oliveira, Adriano Teixeira de (Organizador). IV. Título.

CDD 639.309811

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

PREFÁCIO

O presente trabalho teve como desafio trazernos uma síntese e ao mesmo tempo procurar abranger uma ampla e importante gama de assuntos voltados ao desenvolvimento da aquicultura na região Amazônica, assim o mesmo nos apresenta, mais uma vez, o quanto esse assunto é importante como atividade ao desenvolvimento da produção animal na região Amazônica, na qual a diversidade de espécies e possibilidades de manejos, já é um grande desafio por si só. Sendo esse desafio em termos de oportunidades pelo lado da natureza investigatória daqueles que se dedicam a pesquisa, daqueles que buscam mais oportunidades de educação e entendimento do mundo que os cerca, como também oportunidades de fazer mais e melhor pelo desenvolvimento e bem estar dos seus pares através da produção de mais alimentos e melhor oportunidades nutricionais que podem ser oferecidas através desse conhecimento.

Conhecimento esse essencial e tão desejado nesses tempos em que a busca por uma produção de alimentos é crítica e necessária para ser avaliada e trazer tecnologias novas e mais eficientes que possibilitem, não só o aumento dessa produção, mais também um aumento de sua sustentabilidade ambiental, social e econômica. Sendo esse o papel fundamental de qualquer sociedade e por consequencia da sua estrutura de estado e organização social, que deve prover o correto direcionamento e meios financeiros necessários para atingir esses objetivos.

Por conseguinte nessa publicação observamos mais um degrau em direção a um objetivo maior, não só na divulgação do conhecimento acumulado até o momento, mas também possui em seu significado por ser mais uma etapa cumprida daqueles que se dedicam a produzir ciência e conhecimento, em uma região na qual, ainda busca mostrar o quanto ainda é necessário a continuidade de investimento em recursos humanos e financeiros ao seu pleno desenvolvimento.

Essa obra assim possui uma abrangência de tópicos e atualidades do manejo em aquicultura, não só para algumas das mais importantes espécies de peixes amazônicos, mas como também de toda uma gama de outros animais aquáticos com potencial de criação, seja voltada ao abate ou fins ornamentais.

Portanto assim é com imenso prazer que apresento essa nova publicação em formato de E-book com o tema de Aquicultura na Amazônia: Estudos Técnico-científicos e Difusão de Tecnologias.

Rodrigo Roubach

Senior Aquaculture Officer Food and Agriculture Organization of the United Nations
(FAO/UN)

A AQUICULTURA NA REGIÃO AMAZÔNICA

A aquicultura brasileira vem se desenvolvendo bastante num período recente. No ano de 2003 foi criada a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – SEAP/PR, depois transformada em Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), em 2009. Ainda em 2009 também foi criada a EMBRAPA Aquicultura e Pesca e publicada a Nova Lei da Pesca e Aquicultura de No 11.959.

Em 2003, o IBAMA era o órgão responsável por catalogar os dados oficiais da produção aquícola no Brasil e relatou uma produção de 278 mil toneladas de pescado cultivado naquele ano (IBAMA, 2004). Atualmente, o IBGE é quem publica a estatística oficial referente à aquicultura brasileira, tendo relatado uma produção de 574 mil toneladas no ano de 2015. Estes números nos dão a dimensão de um crescimento de 106% em 12 anos; ou seja, quase 9% ao ano.

A partir de 2015, com a extinção do MPA, este crescimento diminuiu sua intensidade. Em 2019, de acordo com o IBGE (2020), a produção aquícola brasileira foi de 599 mil toneladas, um crescimento de pouco mais de 4,3% quando comparado com 2005; ou seja, pouco mais de 1% ao ano.

Estes números refletem como a falta de governança e a ausência de uma estrutura organizacional voltada para o setor pesqueiro e aquícola afeta as políticas públicas e o desenvolvimento destas atividades no Brasil.

Porém, desde 2019, foi criada a Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SAP/MAPA, que mesmo não trazendo de volta o nosso MPA, já nos dá um alento em relação às políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento da aquicultura em nosso país.

De acordo com o IBGE (2020), a Região Amazônica produziu 97.341 toneladas em 2019, o que a coloca como a 2ª maior região produtora de peixe cultivado do país. A tabela 1 apresenta os dados de produção de peixe cultivado dos estados da Região Norte:

Estado	Produção em 2019 (toneladas)	Posição no Ranking Nacional
Rondônia	48.766	3º
Pará	14.084	13º
Roraima	11.056	15º
Tocantins	10.963	16º
Amazonas	7.982	18º
Acre	3.629	21º
Amapá	861	27º
TOTAL		-

Tabela 1: Produção de Peixe Cultivado por Estado da Região Norte

Fonte: IBGE (2020)

De posse destes dados, vemos que a aquicultura na Região Amazônica tem uma enorme importância, não somente para a região, mas também para todo o Brasil.

Porém, com exceção do estado de Rondônia, os demais estados da região ainda não aproveitam seu enorme potencial para desenvolver a piscicultura.

Para isto, é necessário que estes estados invistam em Planos Estaduais de Desenvolvimento da Aquicultura, que possibilitem a adoção de políticas públicas que possam promover o desenvolvimento desta atividade.

Portanto, é necessário divulgar e apoiar iniciativas que promovam o desenvolvimento da aquicultura na Região Amazônica. Este livro vem exatamente colaborar com esta missão. A participação de diversos autores e de renomadas instituições, com suas valiosas contribuições nos mais diversos temas, mostram a pujança econômica e acadêmica desta atividade na Região e tornaram possível esta publicação.

Este livro foi didaticamente dividido em seções e capítulos. A Seção A foi dividida em 4 capítulos e diz respeito aos sistemas de produção, citando diferentes tecnologias sustentáveis para a aquicultura na Amazônia. A Seção B, em seus 5 capítulos, faz um amplo relato sobre a Economia Aquícola e sua relação com as bases para o desenvolvimento técnico e econômico. Já a Seção C versa sobre Nutrição e Manejo Alimentar de Peixes Amazônicos e também possui 5 capítulos; enquanto a Seção D traz considerações sobre o importante tema da Reprodução e Preservação da Biodiversidade das Espécies de Importância Comercial, sendo dividida em 3 capítulos. Por fim, a Seção E, que trata sobre a Fisiologia e Sanidade Aquícola Aplicada à Piscicultura em seus 4 capítulos.

A aquicultura pode vir a ser o motor de um novo ciclo de desenvolvimento sustentável na Região Amazônica, além de ser uma das melhores ferramentas na luta contra a fome e a pobreza rural, na diminuição do desmatamento e na emissão de gases de efeito estufa. Desta forma, depois de 26 anos de experiência profissional e com trabalhos realizados em todos os estados brasileiros e em mais de 35 países, é com muita satisfação que escrevo o prefácio deste livro, que acredito poderá ser um belo instrumento de popularização do conhecimento técnico-científico e que poderá gerar uma enorme contribuição ao desenvolvimento territorial da Região Amazônica por meio da aquicultura.

Joao Felipe Nogueira Matias

Cientista Chefe da Aquicultura da FUNCAP/ CE

Professor do Curso de Piscicultura Comercial da EAJ/ UFRN

Diretor-Executivo da Empresa RAQUA/ Felipe Matias Consultores Associados
LTDA.

SUMÁRIO

SEÇÃO A - SISTEMAS DE PRODUÇÃO: TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS PARA AQUICULTURA NA AMAZÔNIA

CAPÍTULO 1..... 1

O ESTADO DA PISCICULTURA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Jackson Pantoja-Lima
Maria Juliete Souza Rocha
Liliane de Araújo Castro
Aldessandro da Costa Amaral
Celso Scherer Filho
Romulo Veiga Paixão
Julmar da Costa Feijó
Hilacy de Souza Araújo
Paulo Henrique Rocha Aride
Adriano Teixeira de Oliveira
Bruno Olivetti de Mattos

DOI 10.22533/at.ed.0422115031

CAPÍTULO 2..... 13

CRIAÇÃO COMERCIAL E COMUNITÁRIA DE QUELÔNIOS NO ESTADO DO AMAZONAS

Jânderson Rocha Garcez
Anndson Brelaz de Oliveira
Paulo César Machado Andrade
João Alfredo da Mota Duarte

DOI 10.22533/at.ed.0422115032

CAPÍTULO 3..... 31

AQUAPONIA NA AMAZÔNIA

Rondon Tatsuta Yamane Baptista de Souza
Sarah Ragonha de Oliveira
Danniel Rocha Bevilaqua

DOI 10.22533/at.ed.0422115033

CAPÍTULO 4..... 45

PRODUÇÃO DE OSTRAS NATIVAS NA AMAZÔNIA: SOLUÇÕES EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

Thiago Dias Trombeta
Dioniso de Souza Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.0422115034

SEÇÃO B - ECONOMIA AQUÍCOLA: BASES PARA O DESENVOLVIMENTO TÉCNICO E ECONÔMICO

CAPÍTULO 5.....59

AQUICULTURA NO ESTADO DO PARÁ: FATORES LIMITANTES E ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO

Marcos Ferreira Brabo
Renato Pinheiro Rodrigues
Marcos Antônio Souza dos Santos
Antônia do Socorro Pena da Gama
Antônio José Mota Bentes
David Gibbs McGrath

DOI 10.22533/at.ed.0422115035

CAPÍTULO 6.....73

A OSTREICULTURA ENQUANTO ALTERNATIVA DE RENDA PARA POPULAÇÕES TRADICIONAIS DO LITORAL AMAZÔNICO: O CASO DA AGROMAR

Rogério dos Santos Cruz Reis
Renato Pinheiro Rodrigues
Antonio Tarcio da Silva Costa
Jadson Miranda de Sousa
Denys Roberto Corrêa Castro
Carlos Jorge Reis Cruz
Daniel Abreu Vasconcelos Campelo
Galileu Crovatto Veras
Marcos Antônio Souza dos Santos
Marcos Ferreira Brabo

DOI 10.22533/at.ed.0422115036

CAPÍTULO 7.....86

ANÁLISE SOCIOECONÔMICA E LUCRATIVIDADE DA PISCICULTURA DO TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) NO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL

Carlos André Silva Lima
Márcia Regina Fragoso Machado Bussons
Adriano Teixeira de Oliveira
Paulo Henrique Rocha Aride
Fernanda Loureiro de Almeida O'Sullivan
Jackson Pantoja-lima

DOI 10.22533/at.ed.0422115037

CAPÍTULO 8.....103

ASPECTOS ECONÔMICO DA PISCICULTURA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Jesaias Ismael da Costa

DOI 10.22533/at.ed.0422115038

CAPÍTULO 9..... 114

ABATE *IN SITU* E RENDIMENTO DE CARÇA DE JACARÉS AMAZÔNICOS

Guilherme Martinez Freire
Augusto Kluczkovski Junior
Adriana Kulaif Terra
Fabio Markendorf
Washington Carlos da Silva Mendonça
Ronis da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.0422115039

SEÇÃO C - NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR DE PEIXES AMAZÔNICOS

CAPÍTULO 10..... 126

UTILIZAÇÃO DE ALIMENTADORES DE AUTO-DEMANDA: UMA REVISÃO E POTENCIAL USO PARA PEIXES AMAZÔNICOS

Bruno Olivetti de Mattos
William Alemão Saboia
Eduardo César Teixeira Nascimento Filho
Aline dos Anjos Santos
Kayck Amaral Barreto
Guilherme Wolff Bueno
Rodrigo Fortes-Silva

DOI 10.22533/at.ed.04221150310

CAPÍTULO 11 146

EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS NAS DIETAS: UMA NECESSIDADE PARA PEIXES AMAZÔNICOS

Ariany Rabello da Silva Liebl
Márcia Regina Fragoso Machado Bussons
Elson Antônio Sadalla Pinto
Paulo Henrique Rocha Aride
Adriano Teixeira de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.04221150311

CAPÍTULO 12..... 159

MANEJO NUTRICIONAL NA LARVICULTURA E ALEVINAGEM DE PEIXES ORNAMENTAIS AMAZÔNICOS

Daniel Abreu Vasconcelos Campelo
Lorena Batista de Moura
Leonnán Carlos Carvalho de Oliveira
Pamella Talita da Silva Melo
Bruno José Corecha Fernandes Eiras
Ana Lucia Salaro
Jener Alexandre Sampaio Zuanon
Marcos Ferreira Brabo
Galileu Crovatto Veras

DOI 10.22533/at.ed.04221150312

CAPÍTULO 13..... 177

NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR DE PEIXES AMAZÔNICOS

Elson Antônio Sadalla Pinto
Ariany Rabello da Silva Liebl
Marcelo Santos do Nascimento
Nathália Siqueira Flor
Paulo Henrique Rocha Aride
Adriano Teixeira de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.04221150313

CAPÍTULO 14..... 198

TECNOLOGIAS NUTRICIONAIS NA FASE INICIAL DE CRIAÇÃO DO PIRARUCU, *Arapaima gigas*.

Flávio Augusto Leão da Fonseca
Jeffson Nobre Pereira

DOI 10.22533/at.ed.04221150314

SEÇÃO D - REPRODUÇÃO E PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DAS ESPÉCIES DE IMPORTÂNCIA COMERCIAL

CAPÍTULO 15..... 222

TECNOLOGIAS APLICADAS À REPRODUÇÃO DE PEIXES AMAZÔNICOS

Eduardo Antônio Sanches
Diógenes Henrique de Siqueira-Silva
Gabriela Brambila de Souza
Ana Carina Nogueira Vasconcelos
Jayme Aparecido Povh
Danilo Pedro Streit Jr.

DOI 10.22533/at.ed.04221150315

CAPÍTULO 16..... 240

GRANDES PEIXES DA AMAZÔNIA: UM ESTUDO SOBRE A REPRODUÇÃO DAS ESPÉCIES DE GRANDE PORTE COM POTENCIAL PARA AQUICULTURA

Lucas Simon Torati
Júlia Trugilio Lopes
Jhon Edison Jimenez-Rojas
Luciana Nakaghi Ganeco-Kirschnik

DOI 10.22533/at.ed.04221150316

CAPÍTULO 17..... 258

PRÁTICAS REPRODUTIVAS DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS EM CATIVEIRO: TAMBAQUI E MATRINXÃ

Alzira Miranda de Oliveira
Alexandre Honczaryk
Aline Telles Lima
Alana Cristina Vinhote da Silva

Carlos Henrique dos Anjos dos Santos
Rafael Yutaka Kuradomi
Vivianne da Silva Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.04221150317

SEÇÃO E - FISIOLÓGIA E SANIDADE AQUÍCOLA APLICADA NA PISCICULTURA

CAPÍTULO 18.....269

FISIOLÓGIA SANGUÍNEA DO PACU *Mylossoma duriventre* E DA PESCADA *Plagioscion squamosissimus*.

Adriano Teixeira de Oliveira
Elson Antônio Sadalla Pinto
Ariany Rabello da Silva Liebl
Jackson Pantoja-Lima
Antônia Jaqueline Vitor de Paiva
Paulo Henrique Rocha Aride

DOI 10.22533/at.ed.04221150318

CAPÍTULO 19.....277

IMUNOLOGIA DOS PEIXES AMAZÔNICOS: O QUANTO CONHECEMOS?

Damy Caroline de Melo Souza
Rafael Luckwu de Sousa
Edsandra Campos Chagas
Maria Cristina dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.04221150319

CAPÍTULO 20.....294

ANESTESIA E SEDAÇÃO EM PEIXES: AVALIAÇÃO, PRODUTOS UTILIZADOS E IMPLICAÇÕES ÉTICAS

Luis André Luz Barbas
Moisés Hamoy

DOI 10.22533/at.ed.04221150320

CAPÍTULO 21.....311

PARASITISMO E SEUS EFEITOS SANGUÍNEOS E HISTOPATOLÓGICOS EM PEIXES

Marcos Tavares-Dias
Edsandra Campos Chagas
Patricia Oliveira Maciel

DOI 10.22533/at.ed.04221150321

SOBRE OS ORGANIZADORES354

REPRODUÇÃO E PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DAS ESPÉCIES DE IMPORTÂNCIA COMERCIAL



SEÇÃO D

TECNOLOGIAS APLICADAS À REPRODUÇÃO DE PEIXES AMAZÔNICOS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de Submissão: 27/11/2020

Eduardo Antônio Sanches

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Centro de Aquicultura Registro – São Paulo
<https://orcid.org/0000-0003-0808-6657>

Diógenes Henrique de Siqueira-Silva

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará Marabá – Pará
<https://orcid.org/0000-0001-8569-474X>

Gabriela Brambila de Souza

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Ocidental Manaus – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0002-6385-5239>

Ana Carina Nogueira Vasconcelos

Johns Hopkins University, Institute for NanoBioTechnology Baltimore - Maryland, USA
<https://orcid.org/0000-0002-2544-3698>

Jayme Aparecido Povh

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul Campo Grande - Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-3315-018X>

Danilo Pedro Streit Jr.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0001-8735-9638>

RESUMO: Para que a reprodução de peixes

amazônicos se torne um processo cada vez mais eficiente há a necessidade de profissionalismo e dedicação de todos os elos que trabalham nesta área, tanto de pesquisadores, professores, estudantes técnicos e produtores. Neste sentido a evolução dos métodos reprodutivos em laboratório e o entendimento dos processos que envolvem a reprodução induzida são imprescindíveis. Assim, tecnologias são necessárias para que o quebra-cabeça da reprodução seja montado, e deste modo, os métodos possam ser aplicados com segurança para os produtores. Desta forma, várias tecnologias podem ser aplicadas na reprodução de peixes amazônicos, sendo elas relacionadas aos processos fisiológicos, biotecnológicos, de qualidade de gametas e aplicações práticas na conservação de material genético e manejo *in situ*. Com isso, é possível evoluirmos nas técnicas e aplicá-las diretamente ao setor produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: biotecnologia aplicada, conservação de gametas, eficiência reprodutiva, fisiologia reprodutiva, manejo reprodutivo, qualidade de gametas.

TECHNOLOGIES APPLIED TO THE REPRODUCTION OF AMAZON FISH

ABSTRACT: In order to make the reproduction of Amazonian fish a more efficient process is necessary the professionalism and dedication of all the sectors that work on this area, as researchers, professors, technical students and producers. In this sense, the evolution of the reproductive methods in the laboratory and the knowledge of the process that involves the artificial reproduction are essential. Thus, technologies are necessary to the reproduction puzzle assembly, and the methods may be safely applied for the producers. Therefore, several technologies may be applied in the reproduction of Amazonian fish, being

them related to the physiological process, biotechnological, gametes quality and practical application in the conservation of genetic material and in situ management. Thereby, it is possible to evolve in the techniques and apply them directly in the productive sector.

KEYWORDS: Applied biotechnology, gametes conservation, gametes quality reproductive efficiency, reproductive management, reproductive physiology.

1 | INTRODUÇÃO

Na Amazônia, o peixe é a principal fonte de proteína de origem animal consumida pela população. Nas regiões ribeirinhas, por exemplo, esse consumo pode ultrapassar os 100 kg *per capita* ao ano. Esse alto consumo pode ser explicado pela cultura local e pelas características regionais. Sobre as características regionais, a riqueza hídrica abriga uma alta diversidade de espécies de peixes, onde mais de 3.000 espécies já foram catalogadas, embora apenas cerca de 100 espécies, sejam exploradas comercialmente para o consumo, o que pode sobrecarregar os estoques naturais de espécies-alvo.

A produção global de peixes para aquicultura tem aumentado constantemente nos últimos anos, registrando crescimento acima de 500% entre 1990 e 2018 ¹. Os fatores associados a esse incremento da produção incluem aumento da renda mundial e conscientização sobre os benefícios nutricionais para a saúde humana, redução de perdas e desperdícios no processamento da carne e, finalmente, o desenvolvimento tecnológico, que envolve o aprimoramento de protocolos já padronizados, como o refinamento de métodos para induzir a reprodução artificial, bem como o desenvolvimento de novas abordagens científicas que incluem ferramentas tecnológicas cada vez mais precisas ^{2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9}. Estas ferramentas estão cada vez mais evidentes e empregadas nas pesquisas que têm por objetivo contornar e entender as disfunções reprodutivas existentes em peixes e consequentemente desenvolver tecnologias que possam ser aplicadas na produção comercial. Muitas dessas tecnologias são aplicadas a diferentes espécies de peixes ao redor do mundo, e são passíveis de serem aplicadas para as espécies de peixes amazônicas. Neste sentido, o presente capítulo tem por finalidade apresentar estas tecnologias e o que já foi empregado até o momento, assim como perspectivas de novas tecnologias para a reprodução das espécies amazônicas de interesse comercial.

2 | FERRAMENTAS FISIOLÓGICAS APLICADAS À REPRODUÇÃO

A reprodução em teleósteos é modulada por estímulos ambientais (temperatura da água, fotoperíodo, etc) ¹⁰, e endogenamente é controlada pelo sistema neuroendócrino, mediado pelo eixo hipotálamo-hipófise-gônadas (H-H-G) ¹¹. Os estímulos ambientais captados por receptores sensoriais são transduzidos pelo sistema nervoso e estimulam neurônios hipotalâmicos a sintetizar e liberar o neuro-hormônio chamado Hormônio Liberador das Gonadotropinas (GnRH), que por sua vez estimula as células gonadotrópicas na adeno-hipófise a sintetizar e liberar as gonadotropinas, (Hormônio Folículo-Estimulante - FSH e Hormônio Luteinizante - LH). Via corrente sanguínea, o FSH e o LH agem nas gônadas e estimulam a produção dos hormônios esteroides gonadais. Esses por sua vez, em fase reprodutiva, atuam na produção de vitelogenina em fêmeas e na maturação e

liberação dos gametas em machos e fêmeas ^{12; 13}.

Entender o ciclo reprodutivo de uma espécie de peixe é um dos primeiros passos para definir qual melhor método de reprodução em laboratório ¹⁴. Mesmo que a maioria dos peixes migratórios produzidos no Brasil respondam bem a protocolos de indução com extrato bruto de hipófise de carpa ¹⁵, a maioria dessas espécies não foram estudadas quanto ao seu sistema fisiológico reprodutivo, o que poderia otimizar tempo, número de reprodutores e, conseqüentemente, dinheiro para a sua produção em laboratório. Este sistema tem sido estudado em algumas espécies de peixes para diferentes fins, como por exemplo, na identificação da falha na reprodução espontânea de peixes reofílicos impedidos de migrar ¹⁴ e também na solução deste problema ^{16; 17}. Portanto, a utilização das ferramentas corretas para o estudo da fisiologia reprodutiva é de suma importância para os avanços científicos e de produção de peixes.

Para averiguação do ciclo reprodutivo existem algumas técnicas laboratoriais importantes, como por exemplo, HPLC (cromatografia líquida de alta performance), Radioimunoensaio, Hibridização in situ, qPCR, Elisaimunoensaio e Histologia. Cada uma dessas técnicas tem sua especialidade, sua dificuldade de execução e conseguem responder por parte do eixo. Essas técnicas têm sido utilizadas para determinação de parte deste ciclo reprodutivo em algumas espécies de interesse comercial no Brasil, porém, esses dados são escassos. O dados de GnRH, por exemplo, foram descritos em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) ¹⁸, curimatá (*Prochilodus lineatus*) ¹⁹ e lambari (*Astyanax altiparanae*) ^{20; 21}. As gonadotropinas também são espécies específicas e sua determinação é dificultada nas espécies brasileiras por falta de estudos. Apesar disso, já foram descritas as duas formas (fsh β e lh β) em *A. altiparanae* ²², tabarana (*Salminus hillari*) ²³ e pirarucu (*Arapaima gigas*) ^{24; 25; 26}, ou apenas uma das gonadotropinas a exemplo *P. mesopotamicus* ²⁷. Por fim, para hormônios esteróides existem kits comerciais de ELISA para algumas espécies que podem ser usados, desde que validados, em outras ^{23; 28; 29}.

Como dito anteriormente apesar desses estudos serem importantes para otimização da produção nacional eles ainda são escassos com as espécies de interesse comercial no Brasil, principalmente em espécies amazônicas. Recentemente foi publicado o transcriptoma do tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a diferenciação gonadal ³⁰, esse tipo de estudo gera um arsenal de informações que podem melhorar alguns enigmas nos estudos do eixo HPG das diferentes espécies.

3 | BIOTECNOLOGIAS APLICADAS À REPRODUÇÃO

Com o objetivo de atender à crescente demanda global, a inovação em tecnologia tem se mostrado essencial na aquicultura, e ferramentas biotecnológicas têm sido utilizadas em diferentes espécies de peixes. Um exemplo disso é a edição do DNA e a sua aplicação em uma escala que não é possível em animais de criação terrestres ³¹, visto que a maioria das espécies de peixes apresentam alta fecundidade e fertilização.

A edição pela técnica CRISPR (repetições palindrômicas curtas agrupadas e regularmente espaçadas) permite alterações específicas e direcionadas no genoma das espécies de interesse, modificando suas funções genéticas. Essa forma de edição foi recentemente aplicada com sucesso *in vivo* e/ou em linhagens celulares de várias

espécies da aquicultura, incluindo salmão-do-atlântico (*Salmo salar*)^{32; 33; 34}, ostra-do-pacífico (*Crassostrea gigas*)³⁵ e tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)^{36; 37; 38}. Suas muitas aplicações potenciais incluem a correção de defeitos genéticos, tratamento e prevenção da propagação de doenças, melhora no crescimento e desempenho reprodutivo, eficiência de conversão alimentar e tolerância a estressores ambientais. Outro uso eficaz da técnica é a obtenção de esterilidade total dos animais de produção, evitando a reprodução entre os escapes e animais silvestres, o que é muito significativo para a piscicultura brasileira que usa inúmeros híbridos que podem ser férteis quando atingem a maturidade sexual.

A tecnologia CRISPR tem um enorme potencial para contribuir para a melhoria da quantidade, qualidade e sustentabilidade da produção de animais aquáticos em todo o mundo. No entanto, a aceitação pública é fundamental para que seu potencial seja atingido, e a técnica ainda divide a opinião pública. É importante considerar a natureza das características-alvo e se os benefícios potenciais vão além da produção e do lucro sustentáveis, pois características como a esterilidade animal trazem benefícios para o meio ambiente e para os estoques selvagens, assim como a resistência a doenças proporciona benefícios substanciais para o bem-estar animal.

Apesar da tecnologia CRISPR ainda não ter sido aplicada às espécies amazônicas, recentemente estudos envolvendo biologia molecular têm sido cada vez mais explorados e a principal espécie-alvo é *C. macropomum*. Entre as técnicas mais utilizadas estão o uso de marcadores microssatélites para identificar a origem dos animais³⁹, análise de transcriptoma para avaliação da expressão gênica^{40; 41}, uso de marcadores moleculares para identificação de células-tronco^{42; 43} e a identificação de microRNAs⁴⁴. Outras espécies amazônicas também têm sido alvo de estudos envolvendo microssatélites⁴⁵, filogenia e caracterização molecular de parasitas^{46; 47; 48} e estudo de genes mitocondriais para análise de relações taxonômicas e evolutivas⁴⁹.

Outras técnicas, tais como a manipulação cromossômica, também podem ser aplicadas. A manipulação abrange um sistema de técnicas que têm por objetivo a alteração do número ou a combinação de genomas específicos ou conjuntos cromossômicos⁵⁰. Este processo resulta na produção de uma prole de animais haploides, triploides ou tetraploides, além de indivíduos carregando somente lotes de cromossomos materno (ginogênese) ou paterno (androgênese) por meio de métodos que envolvem a manipulação química, choques de pressão ou choques de temperaturas dos zigotos recém-formados.

Dentre os métodos de manipulação cromossômica, a produção de espécies triploides, por meio de choque térmico, tem sido a mais empregada na piscicultura nacional. Ainda pouco desenvolvida, esta técnica apresenta exemplos de sucesso obtidos em espécies comercialmente importantes, de pequeno porte, como é o caso de *A. altiparanae*⁵¹, e de médio porte, como curimatã (*P. argenteus*)⁵², jundiá-cinza (*Rhamdia quelen*)^{53; 54}, *P. lineatus*⁵⁵, *P. mesopotamicus*⁵⁶ e *C. macropomum*⁵⁷.

O objetivo principal para a produção de peixes triploides envolve a busca por linhagens com maiores taxas de crescimento, rendimento de carcaça e qualidade de carne, uma vez que, usualmente, a triploidia provoca a esterilidade ou infertilidade das espécies⁵⁸. Deste modo, toda a energia outrora convertida para a produção de gametas passa a ser investida em crescimento somático. Outras vantagens específicas podem ser obtidas,

como nos casos de *R. quelen*⁵⁹ e *C. macropomum*⁶⁰, cuja triploidização poderia promover esterilidade, evitando crescimento desproporcional entre os sexos, comumente observado em várias espécies. As desvantagens desta técnica, porém, incluem a dificuldade em se obter proles com 100% de indivíduos triplóides, a exemplo de *C. macropomum*, cuja maior taxa de sucesso reportada foi de 58,8%⁵⁷. Além disso, o choque térmico pode prejudicar o desenvolvimento embrionário, culminando com uma baixa taxa de eclosão, como reportado para *P. lineatus* em que aproximadamente 12% do lote de embriões triploides eclodiram contra 79% do grupo diplóide controle⁵⁵.

A produção de animais ginogenéticos, que envolve dois passos principais: a inativação do genoma espermático por irradiação e; diploidização do genoma do oócito por choque de pressão ou térmico⁵⁰, também pode trazer ganhos significativos para a aquicultura nativa, uma vez que oportuniza a geração de lotes monossexo com genoma exclusivamente materno. Muitas espécies amazônicas apresentam crescimento diferenciado entre os gêneros, com as fêmeas atingindo maior crescimento que os machos, a exemplo de *C. macropomum*⁶⁰ e *R. quelen*⁶¹. Deste modo, é possível realizar a feminização de machos por intervenção hormonal, porém, usualmente esta técnica não produz lotes 100% femininos^{62;63}. Portanto, além da redução dos gastos com a compra de hormônios, a ginogênese pode produzir lotes com totalidade de fêmeas. Cabe aqui salientar que a ginogênese, porém, produz indivíduos homozigóticos, visto que somente os cromossomos maternos são mantidos, provocando, portanto, redução da heterogeneidade da população.

Outra técnica que tem sido aprimorada em todo o mundo, mas ainda não influenciou a produção aquícola brasileira é o transplante de células germinativas⁶⁴. Inicialmente desenvolvida para o zebrafish (*Danio rerio*)⁶⁵, esta técnica se baseia na transferência de células germinativas tronco (células germinativas primordiais, oogônias ou espermatogônias) de um animal doador para um animal receptor, cuja gametogênese tenha sido deprimida. Estas células, então, colonizam as gônadas dos animais receptores e ali se diferenciam em gametas geneticamente provenientes da espécie doadora⁸.

Apesar de ainda pouco difundido no Brasil, o transplante de células germinativas tem potencial para impulsionar a reprodução de espécies de peixes amazônicos, principalmente, daquelas espécies que precisam de grandes áreas para a reprodução e/ou de difícil reprodução, como é o caso de *A. gigas*. Células germinativas tronco podem ser extraídas de suas gônadas e transplantadas em espécies de menor porte, cuja reprodução em laboratório esteja dominada. A espécie receptora por sua vez produzirá oócitos e espermatozoides doadores que serão fertilizados artificialmente para a produção de proles da espécie alvo. Tal aplicação já tem sido utilizada na tentativa de reprodução de espécies comerciais de grande porte mundialmente importantes, como o esturjão (*Acipenser sinensis*)^{66; 67; 68} e o atum (*Thunnus maccoyii*)^{69; 70}. No Brasil, porém, somente duas observações de sucesso do transplante de células germinativas para espécies nativas são conhecidas. Ambos os estudos descrevem o transplante interespecífico de espermatogônias entre machos adultos. No primeiro, uma pequena quantidade de espermatozoides de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) é produzida pelo *A. altiparanae*⁶⁴. Já o segundo descreve o sucesso na obtenção do sêmen de *R. quelen*, utilizando *O. niloticus* como receptora⁷¹. Apesar de pertencerem a diferentes ordens, os machos de *O. niloticus* foram capazes de desenvolver a espermatogênese e produzir espermatozoides de *R. quelen*. Tal resultado evidencia

a possibilidade de utilização de *O. niloticus*, cuja espermatogênese pode ser facilmente depletada por choque de temperatura ⁷², como receptora para o transplante de outras espécies amazônicas de alto valor comercial ou para a preservação de germoplasma de espécies ameaçadas.

4.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE GAMETAS

Devido à diversidade de espécies de peixes amazônicos, várias estratégias reprodutivas podem ser adotadas para a propagação das espécies, dentre elas, a mais comum é a fertilização externa ⁷³. A fertilização externa ocorre quando os peixes liberam seus gametas na água e logo após o contato com a água ocorre a ativação das células espermáticas e conseqüentemente a entrada na micrópila dos oócitos e fertilização ⁷⁴. Entretanto, para que a fertilização possa ser exitosa, os gametas precisam apresentar qualidade satisfatória ^{75; 76}. Neste sentido, vários parâmetros podem ser avaliados para realizar estas estimativas, tanto para machos quanto para fêmeas ⁷⁷.

A avaliação da qualidade dos gametas femininos é limitada pela estimativa das taxas de fertilização, eclosão e de larvas normais ⁷⁸ além da estimativa do número total de oócitos produzidos ⁷⁹. Isso se deve principalmente em função da necessidade de fertilização imediata e/ou a curto tempo pós-extrusão, pois os oócitos perdem rapidamente a qualidade após a retirada das fêmeas ⁸⁰. Neste sentido, a estimativa da qualidade antes da fertilização acaba sendo limitada aos aspectos subjetivos de aparência, sendo a coloração e tamanho uniforme, ausência de sangue e líquido ovariano os principais parâmetros que podem ser avaliados ⁸¹. Entretanto, por serem subjetivos, limitações de verificação da real qualidade são constantemente verificadas, ou seja, apesar de todas as características indicarem que os oócitos têm boa qualidade, muitas vezes isso não se reflete em bons resultados nas taxas de fertilização ou eclosão ^{82 87}. Assim, algumas alternativas podem ser utilizadas, como o é caso da aplicação do azul de trypan ⁸³, que coram os oócitos ruins, por serem permeáveis ao corante ⁸⁴. A imersão de oócitos durante 3 e 5 minutos com a concentração de 0,2 e 0,4% do corante já se mostrou eficaz para uma espécie de surubim sul-americano ⁸⁵.

Em machos a qualidade espermática pode ser avaliada a partir da análise de parâmetros espermáticos pós-coleta e submetidos à ativação por diferentes ativadores ⁸⁶, já que os espermatozoides são imóveis no testículo e só entram em movimento após o contato com uma solução geralmente hipo-osmótica ao plasma seminal ⁸⁷. Porém, antes da ativação espermática a qualidade pode ser estimada com a avaliação dos parâmetros de integridade de membrana ⁸⁸ integridade de DNA ⁸⁹, metilação de DNA ⁹⁰, peroxidação lipídica ⁹¹, estresse oxidativo ⁹² e índices de alterações morfológicas ⁹³. Além disso, determinação da concentração espermática ⁹⁴, pH e composição do plasma seminal ⁹⁵ também podem ser avaliados. Apesar dos parâmetros citados serem importantes nas avaliações da qualidade, a avaliação da motilidade espermática subjetiva ⁹⁶ e objetiva ⁹⁷ são fundamentais para a determinação da capacidade de natação dos espermatozoides. Neste sentido, nos últimos anos, a aplicação de ferramentas computadorizadas conhecidas como CASA (*Computer Assisted Sperm Analysis*) têm sido muito utilizadas ⁹⁸, pois apresentam padrões de avaliações precisos sobre o percentual de células móveis, velocidades e comportamentos das células ⁹⁹ possibilitando a avaliação mais precisa da qualidade dos

gametas de espécies amazônicas de interesse produtivo, tais como *C. macropomum*^{100; 101}, matrinxã (*B. cephalus* - sinônimo *B. amazonicus*)¹⁰² e jundiá-amazônico (*Leiurus marmoratus*)¹⁰³.

5 | TECNOLOGIAS APLICADAS À CONSERVAÇÃO DE GAMETAS

A criopreservação é uma técnica considerada clássica para conservação de genes de interesse, a partir do congelamento de materiais biológicos em temperatura extrema ($-196^{\circ}\text{C} = \text{N}_2$ líquido). De acordo com Bozkurt¹⁰⁴ é possível armazenar os materiais biológicos como inalterados por séculos com a capacidade de recuperar a funcionalidade da célula após o processo de descongelamento. Para este objetivo, tradicionalmente os protocolos de criopreservação (composições solúveis) contam com a presença de crioprotetores intracelulares e extensores. Este texto é voltado para a criopreservação de espermatozoides das espécies amazônicas, já que o desenvolvimento da técnica para embriões e tecido ovariano está distante em organismos aquáticos.

Cinquenta anos depois do primeiro registro de Polge et al.¹⁰⁵, foi publicado o primeiro estudo com espécie amazônica por Farias et al.¹⁰⁶. Apenas seis espécies amazônicas foram estudadas até o momento, representando 25% do total de artigos publicados com criopreservação seminal de peixes neotropicais sul americanos. Uma particularidade comum foi observada nestas espécies, a vocação para a atividade piscícola, o que justifica *C. macropomum* possuir a maior número de publicação (55% do total). Por consequência, esta espécie conta com um protocolo de criopreservação seminal mais desenvolvido. É importante ressaltar também, que os estudos desenvolvidos usando esta biotécnica ocorreram em centros de pesquisas brasileiros e colombianos.

Quanto aos protocolos de criopreservação, diferentes combinações de crioprotetores e extensores já foram testados para as seis espécies amazônicas. Para *C. macropomum* os protocolos com diferentes crioprotetores intracelulares de: Varela Jr. et al.¹⁰⁷ (amidas e DMSO), de Carneiro et al.¹⁰⁸ (metilglicol) e Lenz et al.¹⁰⁹ (metanol) os resultados foram semelhantes e portanto recomendável para utilização. Um estudo complementar importante foi desenvolvido por Mello et al.⁹⁰, que provaram ser o DMSO e etilenoglicol os crioprotetores de menor citotoxicidade. Para a pirapitinga (*Piaractus brachypomum*), outra espécie da família Serrasalminidae, tem um potencial uso comercial do sêmen criopreservado, já que o macho desta espécie é usado para produzir o híbrido tambatinga, utilizado na piscicultura brasileira. A partir dos estudos iniciais desenvolvidos na Colômbia por Fresneda et al.¹¹⁰, o protocolo foi complementado por Ramirez-Merlano et al.¹¹¹ recomendando o envase em macrotubos de 2,5 ou 5 mL. Um protocolo alternativo usando metilglicol como crioprotetor intracelular foi proposto por Nascimento et al.¹¹².

Quanto a espécie *B. amazonicus* (sinonímia de *B. siebenthalae* e *B. cephalus*), cinco estudos com criopreservação seminal foram desenvolvidos, sendo dois brasileiros e três colombianos, destacando-se o estudo de Cruz-Casallas et al.¹¹³. Estes estudos usaram como referência a pesquisa de Carolsfeld et al.¹¹⁴ com outra espécie de Bryconidae (*B. orbignyanus*), em que o protocolo foi composto com DMSO diluído em glicose¹¹³.

Poucos estudos de criopreservação seminal foram desenvolvidos até o momento

com bagres amazônicos, muito embora inúmeras espécies despertem significativo interesse na piscicultura, seja no Brasil ou na Colômbia. Neste sentido, duas espécies do gênero *Pseudoplatystoma* (bagre rayado *P. metaense* e cachara *P. fasciatum*) foram investigadas por pesquisadores colombianos e uma particularidade interessante foi observada. Para ambas o protocolo deve conter DMSO ^{111; 115}, contrário a recomendação de Carosfeld et al. ¹¹⁴ para outra espécie do gênero (não amazônica), pintado *P. corruscans*.

O interesse por jundiá *L. marmoratus* para a piscicultura brasileira, ocorreu a partir do uso de machos no cruzamento com alguma espécie do gênero *Pseudoplatystoma* para a produção do híbrido denominado pintado amazônico. Dois estudos foram desenvolvidos com esta espécie, destacando que não houve a necessidade de uso de crioprotetor interno clássico (DMSO, metanol, etc), apenas um açúcar complexo, a trealose ¹⁰³. O estudo recente de Borges et al. ¹¹⁶, confirmou a necessidade de uso de um açúcar complexo para compor um protocolo de criopreservação de sêmen de *L. marmoratus*, pois os resultados não foram minimamente relevantes usando glicose.

O uso de bancos de germoplasma de espécies amazônicas tem uma perspectiva promissora e imediata de utilização na piscicultura Brasileira, em especial na produção de híbridos. Por outro lado, a manutenção de reserva genética em bancos de germoplasma, para uso a médio longo prazo, em programas de melhoramento genético das espécies amazônicas deve ser priorizada. Para isso os protocolos devem continuar a ser aprimorados a fim de torná-los eficientes e assertivos e não apenas especulativos.

6 I TECNOLOGIAS APLICADAS AO MANEJO DE REPRODUTORES

Os primeiros trabalhos com reprodução induzida de peixes reofílicos foram desenvolvidos na década de 30, mas resultados expressivos ocorreram apenas a partir da década de 70 ¹⁵. Desde então, pesquisas têm sido aplicadas principalmente no (i) aprimoramento do protocolo tradicional de reprodução com extrato de hipófise de carpa ^{117; 118}, tais como a associação de extrato de hipófise de carpa com prostaglandina ¹¹⁹ e na utilização de outros indutores hormonais, como o Ovopel® ¹²⁰; e (ii) ajustes no manejo reprodutivo (ex: dose inseminante ¹²¹ e sistemas reprodutivos ¹²²). Embora estas pesquisas tenham contribuído para reprodução de peixes reofílicos, ainda há poucas tecnologias desenvolvidas para estas espécies.

A reprodução dos peixes reofílicos no ambiente natural é desencadeada principalmente pelo fotoperíodo, temperatura e chuvas ¹²³. Interessante observar que o período reprodutivo em laboratório é distinto entre as espécies reofílicas em diferentes regiões do Brasil como, por exemplo, para *C. macropomum*, cujo sucesso na reprodução induzida geralmente ocorre entre os meses de novembro e fevereiro em Mato Grosso (Região Centro-Oeste), mas em Manaus (Região Norte) este período é maior. Dessa forma, pode-se inferir que controlar o fotoperíodo, temperatura e volume de água no laboratório pode proporcionar uma maior amplitude na reprodução destas espécies, atualmente concentrada em poucos meses em grande parte do Brasil. No entanto, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias aplicadas para este propósito.

Pesquisas recentes têm mostrado que os peixes reofílicos podem retornar à

reprodução após uma nova indução hormonal em um mesmo período reprodutivo, tais como observado para fêmeas de *C. macropomum*⁷⁹. Neste sentido, talvez o controle de alguns fatores ambientais no laboratório permita obter mais reproduções ao longo do ano nas diferentes espécies reofílicas. Este cenário ganha ainda mais importância em programas de melhoramento genético de peixes, pois seria possível maximizar a utilização de fêmeas e de machos de alto valor genético (*Estimated Breeding Value* - EBV). Todavia, na ausência de melhoramento genético se torna fundamental a identificação dos peixes com microchip objetivando conhecer o histórico reprodutivo e também auxiliar, juntamente com análise molecular, o direcionamento reprodutivo para evitar cruzamentos endogâmicos, os quais além de diminuir a viabilidade da progênie pode ocasionar redução no desempenho zootécnico desta. Este controle é importante, pois a maximização na utilização de machos e fêmeas na reprodução ocasionará redução no número efetivo de reprodutores.

Um aspecto importante que precisa ser considerado nas espécies reofílicas é que as fêmeas permanecem apenas um determinado período aptas a desova (por migração ou indução hormonal), sendo que após este período se inicia a reabsorção dos oócitos, processo que dura entre três e cinco meses¹²⁴. Dessa forma, estas fêmeas estariam aptas novamente para a reprodução apenas no próximo período reprodutivo. Portanto, para maximização na utilização de fêmeas em um mesmo período é necessário monitoramento do momento reprodutivo destas.

Por fim, a utilização da tecnologia de bioflocos (BFT) tem produzido resultados promissores em peixes. Esta tecnologia pode ser interessante para aplicação na fase de reprodução, considerando principalmente (i) a transformação de compostos nitrogenados tóxicos para peixes em formas não tóxicas, sendo esta transformação realizada por microrganismos presentes nos flocos¹²⁵; e (ii) a presença de agregados microbianos, os quais representam uma fonte contínua de alimento natural para os peixes¹²⁶, proporcionando inclusive diminuição na quantidade de ração comercial fornecida, como se pode observar no trabalho de García-Rios e al.¹²⁷. A qualidade nutricional de agregados microbianos presentes na BFT é comparável e/ou superior em relação às rações comerciais em termos de proteína e lipídeos, além de contribuir com outros nutrientes¹²⁸. Estes aspectos têm grande importância considerando que não foram determinadas a exigência nutricional para várias espécies reofílicas na fase de reprodução. Portanto, esta tecnologia associada às questões abordadas anteriormente poderão proporcionar grande impacto na reprodução de peixes reofílicos.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos temas abordados no presente capítulo, fica evidente que as técnicas e ferramentas utilizadas para a avaliação de parâmetros reprodutivos em peixes são necessárias para a evolução nesta área, principalmente em se tratando de espécies amazônicas. Muitas tecnologias existentes ainda não são aplicadas no setor produtivo, pois são restritas a laboratórios que procuram compreender como os processos ocorrem e como eles podem ser melhorados. Algumas tecnologias que podem ser utilizadas pelo setor produtivo ainda não são empregadas, e muito se deve pelo baixo profissionalismo verificado em muitas propriedades, o que impede a aplicação em escala. Importante

destacar que novas tecnologias devem ser desenvolvidas para contornar os principais gargalos atualmente observados na reprodução das espécies amazônicas. Por fim, a cadeia produtiva destas espécies deve evoluir em paralelo com outros setores, tais como o melhoramento genético, sistemas de produção, nutrição e sanidade, e assim alcançar uma produção competitiva.

REFERÊNCIAS

- ¹ FAO. **The State of world Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action.** Rome: FAO, 2020.
- ² SAMARIN, A. M.; SAMARIN, A. M.; POLICAR, T. **Cellular and molecular changes associated with fish oocyte ageing.** Reviews in Aquaculture, v. 11, n. 3, p. 619-630, Aug 2019.
- ³ RIESCO, M. F. et al. **Effect of low sperm quality on progeny: a study on zebrafish as model species.** Scientific Reports, v. 9, Aug 1 2019..
- ⁴ ROBLES, V. et al. **Molecular basis of spermatogenesis and sperm quality.** General and Comparative Endocrinology, v. 245, p. 5-9, May 2017.
- ⁵ _____. **Biology of teleost primordial germ cells (PGCs) and spermatogonia: Biotechnological applications.** Aquaculture, v. 472, p. 4-20, Apr 1 2017.
- ⁶ CABRITA, E. et al. **Factors enhancing fish sperm quality and emerging tools for sperm analysis.** Aquaculture, v. 432, p. 389-401, Aug 2014.
- ⁷ DE SIQUEIRA-SILVA, D. H. et al. **Biotechnology applied to fish reproduction: tools for conservation.** Fish Physiology and Biochemistry, v. 44, n. 6, p. 1469-1485, Dec 2018.
- ⁸ YOSHIKAZI, G. et al. **Spermatogonial transplantation in fish: A novel method for the preservation of genetic resources.** Comparative Biochemistry and Physiology D-Genomics & Proteomics, v. 6, n. 1, p. 55-61, Mar 2011.
- ⁹ ARAI, K. **Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan.** Aquaculture, v. 197, n. 1-4, p. 24, 2001.
- ¹⁰ ZOHAR, Y. et al. **Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish.** General and Comparative Endocrinology, v. 165, n. 3, p. 438-455, Feb 2010.
- ¹¹ MIGAUD, H.; DAVIE, A.; TAYLOR, J. F. **Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species.** Journal of Fish Biology, v. 76, n. 1, p. 27-68, Jan 2010..
- ¹² LUBZENS, E. et al. **Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed.** General and Comparative Endocrinology, v. 165, n. 3, p. 367-389, 2010.
- ¹³ SCHOLZ, S. et al. **Induction of vitellogenin in vivo and in vitro in the model teleost medaka (*Oryzias latipes*): comparison of gene expression and protein levels.** Marine Environmental Research, v. 57, n. 3, p. 235-244, Apr 2004.
- ¹⁴ ZOHAR, Y.; MYLONAS, C. C. **Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes.** Aquaculture, v. 197, n. 1-4, p. 99-136, Jun 1 2001.

- ¹⁵ ZANIBONI FILHO, E.; WEINGARTNER, M. **Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, v. 31, n. 3, p. 8, 2007.
- ¹⁶ MYLONAS, C. C.; FOSTIER, A.; ZANUY, S. **Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction.** General and Comparative Endocrinology, v. 165, n. 3, p. 516-534, Feb 2010.
- ¹⁷ VENTURIERI, R.; BERNARDINO, G. **Hormônios na Reprodução Artificial de Peixes.** Panorama da Aquicultura. Rio de Janeiro: Panorama da Aquicultura. 9: 10 p. 1999.
- ¹⁸ POWELL, J. F. F. et al. **Primary structure of three forms of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) from the pacu brain.** Regulatory Peptides, v. 68, n. 3, p. 189-195, Feb 1997.
- ¹⁹ SOMOZA, G. M. et al. **Immunoreactive GNRH suggesting a 3rd form of GNRH in addition to CLLGNRH and SGNRH in the brain and pituitary-gland of *Prochilodus-lineatus* (Characiformes).** General and Comparative Endocrinology, v. 94, n. 1, p. 44-52, Apr 1994.
- ²⁰ GOMES, C. C.; COSTA, F. G.; BORELLA, M. I. **Distribution of GnRH in the brain of the freshwater teleost *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000).** Micron, v. 52-53, p. 33-38, Sep-Oct 2013.
- ²¹ CHEHADE, C. et al. **Molecular characterization of different preproGnRHs in *Astyanax altiparanae* (Characiformes): Effects of GnRH on female reproduction.** Molecular Reproduction and Development, v. 87, n. 6, p. 720-734, Jun 2020.
- ²² DE JESUS, L. W. O. et al. **Gonadotropin subunits of the characiform *Astyanax altiparanae*: Molecular characterization, spatiotemporal expression and their possible role on female reproductive dysfunction in captivity.** General and Comparative Endocrinology, v. 246, p. 150-163, May 2017.
- ²³ MOREIRA, R. C. et al. **The involvement of gonadotropins and gonadal steroids in the ovulatory dysfunction of the potamodromous *Salminus hilarii* (Teleostei: Characidae) in captivity.** Fish Physiology and Biochemistry, v. 41, n. 6, p. 1435-1447, Dec 2015.
- ²⁴ BORELLA, M. I.; VENTURIERI, R.; MANCERA, J. M. **Immunocytochemical identification of adenohipophyseal cells in the pirarucu (*Arapaima gigas*), an Amazonian basal teleost.** Fish Physiology and Biochemistry, v. 35, n. 1, p. 3-16, Mar 2009..
- ²⁵ FARIA, M. T. et al. **Isolation of the pituitary gonadotrophic alpha-subunit hormone of the giant amazonian fish: pirarucu (*Arapaima gigas*).** Fish Physiology and Biochemistry, v. 39, n. 3, p. 683-693, Jun 2013.
- ²⁶ SEVILHANO, T. et al. **Molecular cloning and characterization of pirarucu (*Arapaima gigas*) follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone beta-subunit cDNAs.** Plos One, v. 12, n. 8, Aug 28 2017.
- ²⁷ KURADOMI, R. Y.; FORESTI, F.; BATLOUNI, S. R. **The effects of sGnRHα implants on *Piaractus mesopotamicus* female breeders. An approach addressed to aquaculture.** Aquaculture International, v. 25, n. 6, p. 2259-2273, Dec 2017.
- ²⁸ AMARAL, J. S.; VENTURIERI, R. L.; MOREIRA, R. G. **Gonadal steroids and energy availability during ovarian maturation stages of the Amazonian pirarucu *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae) in the wild.** Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular & Integrative Physiology, v. 230, p. 106-114, Apr 2019.

- ²⁹ BRAMBILA-SOUZA, G. et al. **Thermal manipulation and GnRH α therapy applied to the reproduction of lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax altiparanae* females (Characiformes: Characidae) during the non-breeding season.** *General and Comparative Endocrinology*, v. 279, p. 120-128, Aug 2019.
- ³⁰ CAVALCANTE LOBO, I. K. et al. **Transcriptome of tambaqui *Colossoma macropomum* during gonad differentiation: Different molecular signals leading to sex identity.** *Genomics*, v. 112, n. 3, p. 2478-2488, May 2020.
- ³¹ GRATACAP, R. L. et al. **Potential of Genome Editing to Improve Aquaculture Breeding and Production.** *Trends in Genetics*, v. 35, n. 9, p. 672-684, Sep 2019.
- ³² EDVARDSEN, R. B. et al. **Targeted Mutagenesis in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Using the CRISPR/Cas9 System Induces Complete Knockout Individuals in the F0 Generation.** *Plos One*, v. 9, n. 9, Sep 25 2014.
- ³³ WARGELIUS, A. et al. **Dnd knockout ablates germ cells and demonstrates germ cell independent sex differentiation in Atlantic salmon.** *Scientific Reports*, v. 6, Feb 18 2016.
- ³⁴ DATSOMOR, A. K. et al. **CRISPR/Cas9-mediated editing of Delta 5 and Delta 6 desaturases impairs Delta 8-desaturation and docosahexaenoic acid synthesis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.).** *Scientific Reports*, v. 9, Nov 15 2019.
- ³⁵ YU, H. et al. **Targeted Gene Disruption in Pacific Oyster Based on CRISPR/Cas9 Ribonucleoprotein Complexes.** *Marine Biotechnology*, v. 21, n. 3, p. 301-309, Jun 2019.
- ³⁶ LI, M. et al. **Efficient and Heritable Gene Targeting in Tilapia by CRISPR/Cas9.** *Genetics*, v. 197, n. 2, p. 591-U219, Jun 2014.
- ³⁷ FENG, R. et al. **Retinoic acid homeostasis through *aldh1a2* and *cyp26a1* mediates meiotic entry in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).** *Scientific Reports*, v. 5, May 15 2015.
- ³⁸ JIANG, D. et al. **CRISPR/Cas9-induced disruption of *wt1a* and *wt1b* reveals their different roles in kidney and gonad development in Nile tilapia.** *Developmental Biology*, v. 428, n. 1, p. 63-73, Aug 1 2017.
- ³⁹ AGUIAR, J. D. P. et al. **Tracing individuals and populations of the tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), from Brazilian hatcheries using microsatellite markers.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 6, p. 2998-3004, Apr 2019.
- ⁴⁰ GOMES, F. et al. **Comparative analysis of the transcriptome of the Amazonian fish species *Colossoma macropomum* (tambaqui) and hybrid tambacu by next generation sequencing.** *Plos One*, v. 14, n. 2, Feb 25 2019.
- ⁴¹ MACHADO, A. M. et al. **From the Amazon: A comprehensive liver transcriptome dataset of the teleost fish tambaqui, *Colossoma macropomum*.** *Data in Brief*, v. 23, Apr 2019.
- ⁴² VASCONCELOS, A. C. N. et al. **Isolation and characterization of a germ cell marker in teleost fish *Colossoma macropomum*.** *Gene*, v. 683, p. 54-60, Jan 2019.
- ⁴³ _____. **The germ cell marker dead end reveals alternatively spliced transcripts with dissimilar expression.** *Scientific Reports*, v. 9, Feb 2019.

- ⁴⁴ GOMES, F. et al. **Identification and characterization of the expression profile of the microRNAs in the Amazon species *Colossoma macropomum* by next generation sequencing.** Genomics, v. 109, n. 2, p. 67-74, Mar 2017.
- ⁴⁵ CARVALHO, D. C. et al. **Microsatellite markers for the Amazon peacock bass (*Cichla piquiti*).** Molecular Ecology Resources, v. 9, n. 1, p. 239-241, Jan 2009.
- ⁴⁶ AZEVEDO, C. et al. **Ultrastructure and phylogeny of *Glugea arabica* n. sp (Microsporidia), infecting the marine fish *Epinephelus polyphkadion* from the Red Sea.** European Journal of Protistology, v. 52, p. 11-21, Feb 2016.
- ⁴⁷ CASAL, G. et al. **A new microsporidian parasite, *Potasporea morhaphis* n. gen., n. sp (Microsporidia) infecting the Teleostean fish, *Potamorhaphis guianensis* from the River Amazon. Morphological, ultrastructural and molecular characterization.** Parasitology, v. 135, n. 9, p. 1053-1064, Aug 2008.
- ⁴⁸ MATHEWS, P. D. et al. **Morphology and 18S rDNA sequencing of *Henneguya peruviansis* n. sp (Cnidaria: Myxosporea), a parasite of the Amazonian ornamental fish *Hyphessobrycon loretoensis* from Peru: A myxosporean dispersal approach.** Acta Tropica, v. 187, p. 207-213, Nov 2018.
- ⁴⁹ ALEJANDRO GARCIA, D. et al. **Molecular systematics of the freshwater stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) of the Amazon, Orinoco, Magdalena, Esequibo, Caribbean, and Maracaibo basins (Colombia - Venezuela): evidence from three mitochondrial genes.** Mitochondrial DNA Part A, v. 27, n. 6, p. 4479-4491, 2016.
- ⁵⁰ ARAI, K.; FUJIMOTO, T. Chromosome manipulation techniques and applications to aquaculture. In: WANG, H.-P.; PIEFFER, F., et al (Ed.). **Sex Control in Aquaculture.** Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. cap. 06, p.137-142.
- ⁵¹ ADAMOV, N. S. D. et al. **Triploid Induction in the Yellowtail Tetra, *Astyanax altiparanae*, Using Temperature Shock: Tools for Conservation and Aquaculture.** Journal of the World Aquaculture Society, v. 48, n. 5, p. 741-750, Oct 2017..
- ⁵² VASCONCELOS, L. M. D. **Manipulação cromossômica em curimabtã-pacu *Prochilodus argentus* (Spix & Agassiz, 1829): Indução à triploidia.** 2017. 62 (Dissertação). Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal rural de Pernambuco - UFRPE, Recife.
- ⁵³ DA SILVA, F. S. D. et al. **Triploidy induction by cold shock in the South American catfish, *Rhamdia quelen* (Siluriformes) (Quoy & Gaimard, 1824).** Aquaculture, v. 272, p. S110-S114, 2007..
- ⁵⁴ GARCIA, S. et al. **Induction of triploidy in *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) by double-temperature shock.** Latin American Journal of Aquatic Research, v. 45, n. 1, p. 209-212, Mar 2017.
- ⁵⁵ YASUI, G. S. et al. **Triploidization in the streaked prochilod *Prochilodus lineatus* inferred by flow cytometry, blood smears and karyological approaches.** Journal of Applied Ichthyology, v. 36, n. 3, p. 339-344, Jun 2020.
- ⁵⁶ FORESTI, F.; OLIVEIRA, C.; CARVALHO, E. D. **Ploidy evaluation in the pacu fish, *Piaractus mesopotamicus* (Pisces, Characiformes): Techniques and comments.** Revista Brasileira de Biologia, v. 54, p. 7, 1994.
- ⁵⁷ SATO, L. S. et al. **Triploidy in tambaqui *Colossoma macropomum* identified by chromosomes of fish larvae.** Journal of Aquaculture & Marine Biology, v. 9, n. 3, p. 5, 2020.

- ⁵⁸ DO NASCIMENTO, N. F. et al. **Growth, fatty acid composition, and reproductive parameters of diploid and triploid yellowtail tetra *Astyanax altiparanae***. *Aquaculture*, v. 471, p. 163-171, Mar 2017.
- ⁵⁹ FRACALOSSO, D. M. et al. **Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e do dourado, *Salminus brasiliensis*, em viveiros de terra na região sul do Brasil**. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 26, n. 3, p. 8, 2004.
- ⁶⁰ ALMEIDA, F. L. et al. **Early puberty of farmed tambaqui (*Colossoma macropomum*): Possible influence of male sexual maturation on harvest weight**. *Aquaculture*, v. 452, p. 224-232, Feb 2016.
- ⁶¹ GHIRALDELLI, L. et al. **Gonadal development of jundiá, *Rhamdia quelen* (Teleostei, Siluriformes), in earthen ponds in southern Brazil**. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 29, n. 4, p. 349-356, Oct-Dec 2007.
- ⁶² AMARAL JUNIOR, H.; NUNES, M. F. S.; GARCIA, S. **Analysis of different dosages of hormone in the diet, to define a protocol of feminization of Jundiá *Rhamdia quelen***. *Revista Eletrônica de Veterinária*, v. IX, n. 12, p. 7, 2008.
- ⁶³ REIS, V. R.; ALMEIDA, F. L. **Effect of 17 beta-oestradiol on the sex ratio of tambaqui, *Colossoma macropomum***. *Aquaculture Research*, v. 50, n. 1, p. 154-161, Jan 2019.
- ⁶⁴ DE SIQUEIRA-SILVA, D. H. et al. **Preliminary study on testicular germ cell isolation and transplantation in an endangered endemic species *Brycon orbignyanus***. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. on line, p. 10, 01 Apr 2019.
- ⁶⁵ LIN, S. et al. **Production of germ-line chimeras in Zebrafish by cell transplants from generically pigmented to albino embryos**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 89, n. 10, p. 4519-4523, May 1992.
- ⁶⁶ PSENICKA, M. et al. **Isolation and transplantation of sturgeon early-stage germ cells**. *Theriogenology*, v. 83, n. 6, p. 1085-1092, Apr 1 2015.
- ⁶⁷ XIE, X. et al. **Optimization of in vitro culture conditions of sturgeon germ cells for purpose of surrogate production**. *Animals*, v. 9, n. 3, Mar 21 2019.
- ⁶⁸ YE, H. et al. **Establishment of intraperitoneal germ cell transplantation for critically endangered Chinese sturgeon *Acipenser sinensis***. *Theriogenology*, v. 94, p. 37-47, May 2017.
- ⁶⁹ BAR, I. et al. **Assessment of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) as a surrogate host for the production of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) seed via spermatogonial germ cell transplantation**. *Reproduction Fertility and Development*, v. 28, n. 12, p. 2051-2064, 2016.
- ⁷⁰ KAWAMURA, W. et al. **Suitability of hybrid mackerel (*Scomber australasicus* x *S. japonicus*) with germ cell-less sterile gonads as a recipient for transplantation of bluefin tuna germ cells**. *General and Comparative Endocrinology*, v. 295, p. 10, 02 June 2020.
- ⁷¹ SILVA, M. A. et al. **Successful xenogeneic germ cell transplantation from Jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) into adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) testes**. *General and Comparative Endocrinology*, v. 230, p. 48-56, May 1 2016.
- ⁷² LACERDA, S. et al. **A New and Fast Technique to Generate Offspring after Germ Cells Transplantation in Adult Fish: The Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Model**. *Plos One*, v. 5, n. 5, 2010.

- ⁷³ VAZZOLER, A. E. A. D. M. **Biologia de reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá: EDUEM: 196 p. 1996.
- ⁷⁴ GANECO, L. N.; FRANCESCHINI-VICENTINI, I. B.; NAKAGHI, L. S. O. **Structural analysis of fertilization in the fish *Brycon orbignyanus*.** *Zygote*, v. 17, n. 2, p. 93-99, May 2009.
- ⁷⁵ SANCHES, E. A. et al. **Time and temperature on the storage of oocytes from jundia catfish, *Rhamdia quelen*.** *Aquaculture*, v. 319, n. 3-4, p. 453-458, Oct 1 2011.
- ⁷⁶ ROMAGOSA, E. **Biologia reprodutiva e fisiologia de peixes em confinamento: o cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* como modelo.** In: CYRINO, J. E. P. e URBINATI, E. C. (Ed.). **Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aqüicultura.** Jaboticabal: AQUABIO, 2006. p.108-116.
- ⁷⁷ BOBE, J.; LABBE, C. **Egg and sperm quality in fish.** *General and Comparative Endocrinology*, v. 165, n. 3, p. 535-548, 2010.
- ⁷⁸ VIVEIROS, A. T. M. et al. **Gamete quality of streaked prochilod *Prochilodus lineatus* (Characiformes) after GnRH α and dopamine antagonist treatment.** *Zygote*, v. 23, n. 2, p. 212-221, Apr 2015.
- ⁷⁹ PIRES, L. B. et al. ***Colossoma macropomum* females can reproduce more than once in the same reproductive period.** *Animal Reproduction Science*, v. 196, p. 138-142, Sep 2018.
- ⁸⁰ SANCHES, E. A. et al. **Storage of *Steindachneridion parahybae* oocytes at different temperatures.** *Animal Reproduction Science*, v. 151, n. 3-4, p. 262-268, DEC 2014.
- ⁸¹ _____. **Inseminating dose and water volume applied to the artificial fertilization of *Steindachneridion parahybae* (Steindachner, 1877) (Siluriformes: Pimelodidae): Brazilian endangered fish.** *Neotropical Ichthyology*, v. 14, n. 1, 2016.
- ⁸² OKAWARA, R. Y. et al. **Ovulation and initial rearing of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) larvae from different accumulated thermal units.** *Ichthyological Research*, v. 62, n. 4, p. 495-503, Nov 2015.
- ⁸³ GODOY, L. C. et al. **A study on the vitrification of stage III zebrafish (*Danio rerio*) ovarian follicles.** *Cryobiology*, v. 67, n. 3, p. 347-354, Dec 2013.
- ⁸⁴ LOPES, T. D. S. et al. **Surubim-do-Paraíba oocytes viability after being exposed to different cryoprotectants.** *Ciencia Rural*, v. 48, n. 6, 2018.
- ⁸⁵ SANCHES, E. A. et al. **Utilização de azul de trypan para a estimativa a viabilidade de ovócitos em *Steindachneridion parahybae*.** V Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática - AQUACIÊNCIA. Palmas: Aquabio, 2012. p.
- ⁸⁶ FRANCA, T. S. et al. **Impact of activation solutions on fresh and frozen-thawed sperm motility and fertilization success for two species of migratory freshwater fishes.** *Theriogenology*, v. 149, p. 6-15, Jun 2020.
- ⁸⁷ COSSON, J. **Frenetic activation of fish spermatozoa flagella entails short-term motility, portending their precocious decadence.** *Journal of Fish Biology*, v. 76, n. 1, p. 240-279, 2010.
- ⁸⁸ CALDAS, J. S.; GODOY, L. **Sperm characterization of the endangered Amazonian fish *Hypancistrus zebra*: Basic knowledge for reproduction and conservation strategies.** *Animal Reproduction Science*, v. 204, p. 117-124, May 2019.

- ⁸⁹ KURADOMI, R. Y. et al. **Effects of re-stripping on the seminal characteristics of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) during the breeding season.** General and Comparative Endocrinology, v. 225, p. 162-173, Jan 2016.
- ⁹⁰ DE MELLO, F. et al. **The effect of cryoprotectant agents on DNA methylation patterns and progeny development in the spermatozoa of *Colossoma macropomum*.** General and Comparative Endocrinology, v. 245, p. 94-101, May 2017.
- ⁹¹ PEREIRA, F. A. et al. **Reduced glutathione and atp in the seminal cryopreservation of tambaqui.** Cryoletters, v. 39, n. 6, p. 371-379, Nov 2018.
- ⁹² DA COSTA, B. B. et al. **Effects of cysteine supplementation on the quality of cryopreserved sperm of South American silver catfish.** Aquaculture Research, v. 51, n. 2, Feb 2020.
- ⁹³ PASTRANA, Y. M. et al. **A fructose-based extender protects *Colossoma macropomum* spermatozoa against chilling injuries.** Aquaculture Research, v. 50, n. 2, p. 521-528, Feb 2019.
- ⁹⁴ SANCHES, E. A. et al. **Sperm concentration estimate of fish semen using spermatocrit method.** Revista Brasileira De Zootecnia, v. 40, n. 6, p. 1163-1167, Jun 2011.
- ⁹⁵ LEITE, J. S. et al. **Seasonal variation in seminal quality in brazilian bocachico (Teleostei, Characiformes).** Revista Caatinga, v. 31, n. 3, p. 759-766, Jul-Sep 2018.
- ⁹⁶ BASHIYO-SILVA, C. et al. **Hormonal induction of *Brycon cephalus* (Characiformes, Characidae) to spermiation using D-ala6, pro9net-mGnRH + metoclopramide.** Zygote, v. 24, n. 3, p. 319-325, Jun 2016.
- ⁹⁷ WILSON-LEEDY, J. G.; INGERMANN, R. L. **Development of a novel CASA system based on open source software for characterization of zebrafish sperm motility parameters.** Theriogenology, v. 67, n. 3, p. 661-672, 2007..
- ⁹⁸ SANCHES, E. A. et al. **Sperm motility parameters for *Steindachneridion parahybae* based on open-source software.** Journal of Applied Ichthyology, v. 29, p. 1114-1122, 2013.
- ⁹⁹ PINHEIRO, J. P. S. et al. **Aluminum, at an environmental concentration, associated with acidic pH and high water temperature, causes impairment of sperm quality in the freshwater teleost *Astyanax altiparanae* (Teleostei: Characidae).** Environmental Pollution, v. 262, Jul 2020.
- ¹⁰⁰ PIRES, L. B. et al. **Sperm quality of *Colossoma macropomum* after room-temperature and cold storage.** Journal of Applied Ichthyology, v. 35, n. 3, p. 747-753, Jun 2019.
- ¹⁰¹ _____. **Semen characteristics of *Colossoma macropomum* from three successive sample collections in the same reproductive cycle.** Aquaculture Research, v. 48, n. 9, p. 5104-5110, Sep 2017.
- ¹⁰² BASHIYO-SILVA, C. **Indução a espermiacão e criopreservação do sêmen de *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei: Characidae).** 2014. 75 (Dissertação). Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, São Paulo State University - Unesp
- ¹⁰³ GHELLER, S. M. M. et al. **Use of trehalose in the semen cryopreservation of Amazonian catfish *Leiarius marmoratus*.** Cryobiology, v. 87, p. 74-77, Apr 2019.
- ¹⁰⁴ BOZKURT, Y. Introductory chapter: Application fields of cryopreservation biotechnology. In: BOZKURT, Y. (Ed.). **Cryopreservation Biotechnology in Biomedical and Biological Sciences.** London: IntechOpen Publishing, 2018. cap. 01, p.1-4.

- ¹⁰⁵ POLGE, C.; SMITH, A. U.; PARKES, A. S. **Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures.** *Nature*, v. 164, n. 4172, p. 666-666, 1949.
- ¹⁰⁶ FARIAS, J. O. et al. **Avaliação “in vitro” e “in vivo” do sêmen de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservado a temperatura ambiente e criopreservado em água de coco.** *Revista Científica de Produção Animal*, v. 1, n. 1, p. 44-58, 1999.
- ¹⁰⁷ VARELA, A. S. et al. **Methods of cryopreservation of Tambaqui semen, *Colossoma macropomum*.** *Animal Reproduction Science*, v. 157, p. 71-77, Jun 2015.
- ¹⁰⁸ CARNEIRO, P. C. F. et al. **Cryopreservation of tambaqui (*Colossoma macropomum*) semen: extenders, cryoprotectants, dilution ratios and freezing methods.** *Cryoletters*, v. 33, n. 5, p. 385-393, Sep-Oct 2012.
- ¹⁰⁹ LENZ, D. R. et al. **Avaliação de diferentes crioprotetores e tempos de descongelamento de sêmen de tambaqui *Colossoma macropomun*.** *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 42, n. 1, p. 36-41, 2018.
- ¹¹⁰ FRESNEDA, A. et al. **Espermiación inducida y crioconservación de semen de Cachama Blanca (*Piaractus brachyomus*).** *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 17, p. 46-52, 2004.
- ¹¹¹ RAMIREZ-MERLANO, J. A. et al. **Cryopreservation effects on the sperm quality of cachama blanca *Piaractus brachyomus* (Cuvier 1818).** *Aquaculture Research*, v. 42, n. 6, p. 738-745, May 2011.
- ¹¹² NASCIMENTO, A. F. et al. **Out-of-season sperm cryopreserved in different media of the Amazonian freshwater fish pirapitinga (*Piaractus brachyomus*).** *Animal Reproduction Science*, v. 118, n. 2-4, p. 324-329, 2010..
- ¹¹³ CRUZ CASALLAS, P. E.; MEDINA ROBLES, V. M.; VELASCO SANTAMARÍA, Y. M. **Evaluación de diferentes crioprotectores para la crioconservación de espermatozoides de yamú (*Brycon amazonicus*).** *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 19, n. 2, p. 152-159, 2006.
- ¹¹⁴ CAROLSFELD, J. et al. **Cryopreservation of sperm in Brazilian migratory fish conservation.** *Journal of Fish Biology*, v. 63, n. 2, p. 472-489, 2003.
- ¹¹⁵ PIZÓN ARCINIEGAS, S. M.; MOJICA RODRÍGUEZ, J. E.; CRUZ CASALLAS, P. E. **Ensayos preliminares sobre crioconservación de semen de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1766).** *Orinoquia*, v. 9, n. 2, p. 28-37, 2005.
- ¹¹⁶ BORGES, A. M. et al. **Ultrastructure and sperm cryopreservation of the amazon catfish (*Leiarius marmoratus*) in captivity.** *Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia*, v. 72, n. 1, p. 253-262, Jan-Feb 2020.
- ¹¹⁷ WOYNAROVICH, E.; HORVÁTH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais: manual de extensão.** Brasília: FAO/CODEVASF/CNPq, 1983. 225p.
- ¹¹⁸ ROMAGOSA, E. **Avanços na reprodução de peixes migradores.** In: CYRINO, J. E. P.; FURUYA, W. M., et al (Ed.). **Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura III.** Jaboticabal: AQUABIO, 2008. p.1-16.
- ¹¹⁹ CRISCUOLO-URBINATI, E. et al. **The administration of exogenous prostaglandin may improve ovulation in pacu (*Piaractus mesopotamicus*).** *Theriogenology*, v. 78, n. 9, p. 2087-2094, Dec 2012.

- ¹²⁰ SOUZA, F. N. et al. **Ovopel((R)) and carp pituitary extract for induction of reproduction in *Colossoma macropomum* females.** *Animal Reproduction Science*, v. 195, p. 53-57, Aug 2018.
- ¹²¹ LEITE, L. V. et al. **Determination of insemination dose and embryonic development in the artificial fertilization of tambaqui (*Colossoma macropomum*).** *Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia*, v. 65, n. 2, p. 421-429, Apr 2013.
- ¹²² POVH, J. A. et al. **Microsatellite analysis of pacu broodstocks used in the stocking program of Paranapanema River, Brazil.** *Scientia Agricola*, v. 68, n. 3, p. 308-313, May-Jun 2011.
- ¹²³ HARVEY, B.; CAROLSFELD; J. **Induced breeding in tropical fish culture.** Ottawa: IDRC, 1993. 144
- ¹²⁴ BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. **Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água doce.** Jaboticabal: Funep, 2014.
- ¹²⁵ EMERENCIANO, M. G. C. et al. **Biofloc technology (BFT): A tool for water quality management in aquaculture.** In: HLANGANANI, T. (Ed.). **Water Quality.** London: InTech, 2017. p.91-109.
- ¹²⁶ BECERRIL-CORTÉS, D. et al. **Nutritional importance for aquaculture and ecological function of microorganisms that make up Biofloc, a review.** *International Journal of Aquatic Science*, v. 8, n. 2, p. 69-77, 2017.
- ¹²⁷ GARCIA-RIOS, L. et al. **Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications.** *Aquaculture*, v. 502, p. 26-31, Mar 15 2019.
- ¹²⁸ CRAB, R. et al. **Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges.** *Aquaculture*, v. 356, p. 351-356, Aug 1 2012.

Organização



Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia



**INSTITUTO
FEDERAL**
Amazonas



AquaUFRB



PPGCARP
Programa de Pós-graduação em
Ciências Animal e Recursos Pesqueiros



Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e
Difusão de Tecnologias

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021

Organização



Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia



**INSTITUTO
FEDERAL**
Amazonas



AquaUFBR



PPGCARP
Programa de Pós-graduação em
Ciências Animal e Recursos Pesqueiros



Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e
Difusão de Tecnologias

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021