



# 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 Livia 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](http://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 ORGANIZADORES .....354**

# NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR DE PEIXES AMAZÔNICOS



SEÇÃO C

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data de Submissão: 27/11/2020

### Bruno Olivetti de Mattos

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cruz das Almas – Bahia  
<https://orcid.org/0000-0002-8341-8423>

### William Alemão Saboia

Universidade Nilton Lins  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/9803111927718090>

### Eduardo César Teixeira Nascimento Filho

Bahia Pesca S/A  
Salvador – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/8302186669526295>

### Aline dos Anjos Santos

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Salvador – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4228705464268394>

### Kayck Amaral Barreto

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cruz das Almas – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/5382545877381730>

### Guilherme Wolff Bueno

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Centro de Aquicultura  
Registro – São Paulo  
<https://orcid.org/0000-0002-1160-020X>

### Rodrigo Fortes-Silva

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0003-0763-4500>

**RESUMO:** A alimentação de organismos aquáticos sempre foi um “dilema” para pesquisadores e produtores, visto que não é possível disponibilizar o alimento como é feito para animais terrestres, permitido o uso mais homogêneos dos nutrientes durante a fase de alimentação. A implementação de alimentadores de auto-demanda “self feeders” na alimentação de peixes, apresenta uma alternativa inovadora, pois permite aos peixes regular o consumo pelo horário que o peixe aciona os alimentadores. A presente revisão tem o objetivo de descrever o funcionamento do sistema de autoalimentacao e discutir sobre a aplicabilidade e viabilidade do mesmo e seu uso para espécies de peixes amazônicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** aquicultura, peixes amazonicos, auto-alimentação, frquencia alimentar, taxa de alimentação.

### USE OF SELF-DEMAND FEEDERS: A REVIEW AND POTENTIAL USE FOR AMAZONIAN FISH

**ABSTRACT:** The implementation of self-feeding feeders in fish feed presents a viable alternative for the best nutrition of fish in aquaculture systems, since this technique allows fish to regulate and reduce feed waste, providing food on schedule That the fish wants to feed, consuming the consumption and the productive indexes, since, with the greater number of feeds during the day, the nutrient digestibility indexes are optimized, positively influenced the nutrient efficiency in the animal metabolism. Thus, the use of feeders opens up new perspectives in aquaculture with emphasis on feeding strategies, promoting food planning in relation to preference and nutritional behavior, as well as increasing efficiency in aquaculture management and discuss the applicability and feasibility of the same and its use for species of

Amazonian fish.

**KEYWORDS:** aquaculture, amazonian fish, self-feeding, self-feeder, feeding behavior.

## 1 | INTRODUÇÃO

A alimentação pode ter um impacto significativo sobre o sucesso da aquicultura (TIAN et al., 2015; XIE et al., 2011). Contudo, poucos avanços sobre sistemas de alimentação ocorreram desde que a aquicultura brasileira foi consolidada. A alimentação clássica de peixes consiste na oferta do alimento e conseqüentemente a observação da saciedade dos peixes pelo tratador, geralmente um número pré-determinado de refeições fornecidas por dia (CHO, 1992). No entanto, este conceito pode ser subjetivo. Além disso, considera-se que a maioria das tabelas de alimentação disponíveis tendem disponibilizar um pouco mais aimento do que os peixes realmente necessitam, resultando em excessos alimentares, poluição do ambiente e baixa eficiência alimentar (CHO, 1992). Horários de alimentação dos peixes são frequentemente estabelecidos pelos gerentes das propriedades, dando preferência aos horários e a carga horária dos funcionários (KOTANI; FUSHIMI, 2011). Nos experimentos clássicos de alimentação de peixes, a taxa e frequência de arraçoamento não levam em consideração o comportamento alimentar dos peixes, mas apenas parâmetros de desempenho.

O sistema de alimentação de auto demanda ou autoalimentação é uma importante ferramenta para o estudo de ritmos de alimentação considerando exclusivamente o comportamento dos peixes (ADRON; GRANT; COWEY, 1973; AZZAYDI et al., 1998; BEACH; BAKER; ROBERTS, 1986; BOUJARD; LEATHERLAND, 1992; GROVE; LOIZIDES; NOTT, 1978; KITAGAWA et al., 2015; LANDLESS, 1976; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1994; TAKAHASHI; MURACHI; MORIWAKI, 1981). O sistema também pode reduzir o desperdício de alimentos, fornecendo alimento no momento exato em que o peixe realiza a demanda no alimentador (MONTROYA; ZAMORA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012). Para estudos em laboratórios, os alimentadores podem ser acoplados a um sistema computacional, permitindo a gravação contínua do comportamento alimentar, incluindo a frequência e horário de preferências alimentares.

Por outro lado, os peixes apresentam uma grande variedade de comportamento alimentar, em comparação com animais terrestres. De acordo com essa variabilidade, os peixes são considerados bons modelos experimentais para estudar a regulação do consumo de alimentos e até mesmo nutrientes (VOLKOFF; PETER, 2006). De acordo com SIMPSON & RAUBENHEIMER, (2001), os peixes são capazes de regular a ingestão de nutrientes, apresentando um alvo nutricional, ou seja, são capazes de regular o consumo de nutrientes específicos. Estudos anteriores demonstram a capacidade dos peixes em regular a ingestão energética (*Salmo salar*, PASPATIS & BOUJARD, 1996) o que é considerado uma capacidade inerente a praticamente todos os animais domésticos. Contudo outros estudos avaliaram esta capacidade de regulação para vários outros nutrientes. como o zinco (*Oncorhynchus mykiss*, CUENCA et al., 1993), a taurina (*Dicentrarchus labrax*, BROTONS-MARTINEZ et al., 2004), as fontes de óleo (*Oreochromis niloticus*, FORTES-SILVA et al., 2010a), a metionina/treonina/triptofano (*Oreochromis niloticus*, FORTES-SILVA et al., 2012) e os macronutrientes como proteínas, gorduras e carboidratos (FORTES-

SILVA; KITAGAWA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2016). Muitos destes estudos, foram realizados considerando sistema de autoalimentação. Desta forma, tal sistema vem contribuindo para o entendimento comportamental e nutricional dos peixes.

Para alguns autores, as investigações relacionadas com a livre escolha pelos peixes, torna-se fundamental para o conhecimento do seu comportamento, mas também possui um viés relacionado ao bem-estar já que os animais se alimentam por suas escolhas (VOLPATO; GONÇALVES-DE-FREITAS; FERNANDES-DE-CASTILHO, 2007). Os benefícios dos estudos comportamentais dos peixes por sistemas de autoalimentação podem também relacionar-se de forma direta com o metabolismo dos peixes (BOUJARD; LEATHERLAND, 1992), por exemplo com o ritmo diário da produção de enzimas digestivas (LÓPEZ-VÁSQUEZ; CASTRO-PÉREZ; VAL, 2009), ou ainda revelar diferenças nas taxas de digestibilidade e síntese de proteínas para a formação de tecido muscular (BOLLIET et al., 2000; GÉLINEAU et al., 1996).

Quando são fornecidas dietas completas com todos os nutrientes em uma única formulação, os peixes só possuem a escolha de aumentar ou diminuir a ingestão dos nutrientes para alcançar o alvo nutricional e assim cumprir a meta do nutriente específico a ser ingerido (FORBES, 2001). Esta abordagem é conhecida como visão dimensional da nutrição (SIMPSON; RAUBENHEIMER, 2001). Embora vários estudos tenham demonstrado a capacidade de peixes para selecionar dietas, poucos estudos abordaram esta temática em peixes tropicais de água doce.

Por outro lado, o comportamento alimentar em peixes merece devida consideração, especialmente para espécies recentemente introduzidas na aquicultura (LÓPEZ-OLMEDA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2010; MADRID; BOUJARD; SANCHEZ-VAZQUEZ, 2001). Os padrões de alimentação apresentam variação entre as diversas espécies de peixes e seus estágios de desenvolvimento, bem como um elevado grau de flexibilidade ou mudança comportamental (BOUJARD; LEATHERLAND, 1992; HOULIHAN; BOUJARD; JOBLING, 2007). Por exemplo, a *Oreochromis niloticus*, que tem sido descrita como um peixe que apresenta plasticidade no comportamento alimentar (FORTES-SILVA et al., 2010a; TOGUYENI et al., 1997; VERA et al., 2009).

O advento dos alimentadores de auto-demanda permitiu estudos mais precisos, sobre como os animais poderiam regular a ingestão de nutrientes (ADRON; GRANT; COWEY, 1973) e esse sistema permite que a alimentação seja realizada no momento exato que o peixe necessite de alimento, reduzindo um possível viés do efeito de um calendário alimentar em horário fixo (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1996).

Desse modo, apesar de vários estudos terem demonstrado a capacidade dos peixes em apresentarem ritmos alimentares, ainda são escassos estudos com peixes amazônicos. Contudo, estas espécies podem ser utilizadas como ferramenta de diversos estudos ainda iniciais, o que poderia promover em um futuro próximo, a maximização da produção aliada a tecnificação nos sistemas de produção. Durante a revisão deste capítulo, iremos falar com maiores detalhes sobre esse sistema e os potenciais usos das espécies amazônicas nestes sistemas que utilizam a tecnificação para melhorias produtivas.

## 21 ALIMENTADORES DE AUTO-DEMANDA “SELF-FEEDERS” E SUAS IMPLICAÇÕES

As pesquisas de bem-estar de peixes estão cada vez mais atuantes (ATTIA et al., 2012; DAVIE; KOPF, 2006; EFSA, 2009; HUNTINGFORD, 2006; OLDFIELD, 2011; SLOMAN et al., 2011), e no caso de peixes se torna fundamental o conhecimento acerca de seu comportamento (BAYARRI et al., 2004; DEL POZO et al., 2012; FARIA; ALMADA, 2008; FARNER, 1985; HELM et al., 2013; HURD et al., 1998; KUMAR BAGHEL; ATANU; PATI, 2015; NOBLE et al., 2007; VERA et al., 2009, 2009), dentre estes o alimentar (FAST; QIN; SZYPER, 1997; HERRERO et al., 2005; MATTOS et al., 2016a, 2016b; NAVARRO-GUILLÉN; YÚFERA; ENGROLA, 2017; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1996; SANCHEZ-VAZQUEZ; TABATA, 1998), de modo que testes de preferência de alimentação se tornam importantes elos do conhecimento para entendimento desses animais (ASHLEY, 2007; ATTIA et al., 2012; FORTES-SILVA; KITAGAWA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2016; HUNTINGFORD, 2006; POLI et al., 2005; VOLPATO, 2007; VOLPATO; GONÇALVES-DE-FREITAS; FERNANDES-DE-CASTILHO, 2007).

Com este conceito, têm-se buscado aprimorar o manejo alimentar, identificando na natureza o padrão que os animais desenvolvem, replicando esses conhecimentos para a melhor alimentação e investigando as necessidades biológicas e metabólicas (ARJONA et al., 2009; COSTAS et al., 2011; GAYE-SIESSEGGGER et al., 2007; LI et al., 2017; NAVARRO-GUILLÉN; YÚFERA; ENGROLA, 2017; PAREDES et al., 2014; POLAKOF et al., 2012). Assim, o comportamento alimentar é um conceito que se deve levar em conta (BRÄNNÄS; STRAND, 2015; CARLBERG et al., 2015; KENTOURI, 1999; LUZ et al., 2017; TWIBELL et al., 2012), e é neste sentido, que se torna indispensável este entendimento, uma vez que, técnicas que buscam desenvolver o conhecimento alimentar podem proporcionar melhorias no manejo e no cultivo desses organismos, como é o caso da auto-alimentação, que configura-se uma importante ferramenta neste processo, pois, é a habilidade que os peixes possuem na assimilação do aprendizado de selecionar os alimentos (ALMAIDA-PAGÁN et al., 2006; FLOOD et al., 2010, 2011; FORTES-SILVA; MARTÍNEZ; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2011; MATTOS et al., 2016b; NAVARRO et al., 2009; RUBIO et al., 2004, 2004; RUBIO; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ; MADRID, 2003a; SANTOS et al., 2016).

Portanto, o sistema de auto alimentação tornou-se uma ferramenta útil para avaliar os ritmos alimentares de peixes e preferências alimentares (AZZAYDI et al., 1998; MONTOYA; ZAMORA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012). Diferentes autores têm desenvolvido vários dispositivos acoplados a computadores para tais pesquisas, usando sensores eletrônicos (BOUJARD et al., 1992), sensores de estiramento (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1994) e fotocélulas infravermelho para detectar demandas alimentares (KITAGAWA et al., 2015). Ao longo dos anos, esses sistemas têm auxiliado a desenvolver protocolos de alimentação com design eficaz, evitando o desperdício de ração e melhorando a utilização dos alimentos pelos peixes (CHO, 1992; FORTES-SILVA; KITAGAWA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2016).

Dessa forma, essa técnica permite aos peixes, regular e diminuir o desperdício de ração, pois fornece alimento no horário exato que o peixe deseja se alimentar, efetivando o consumo e os índices produtivos, pois com o maior número de alimentações ao longo do dia, os índices de digestibilidade dos nutrientes são otimizados, influenciado de modo

positivo a eficiência dos nutrientes no metabolismo animal (FLOOD et al., 2010, 2011; FORTES-SILVA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012; HEILMAN; SPIELER, 1999; MATTOS et al., 2016b; MONTOYA; ZAMORA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012; NAVARRO et al., 2009; PASPATIS; BOUJARD, 1996; RUBIO et al., 2004; SHI et al., 2016; YAMAMOTO et al., 2002).

Portanto, em estudos com diferentes espécies de peixes, foi possível observar a capacidade dos animais em ativar o alimentador de auto demanda e assim compor um ritmo específico de alimentação, sendo pela primeira vez estudo este tipo de sistema nas espécies de peixes amazônicas, como é no caso o pirarucu (*Arapaima gigas*) (ARANDA et al., 2000; BISWAS et al., 2016; CUENCA; DE LA HIGUERA, 1994; FAST; QIN; SZYPER, 1997; MADRID; BOUJARD; SANCHEZ-VAZQUEZ, 2001; MATTOS et al., 2016a; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1994, 1998a), porém, em algumas estações do ano o ritmo alimentar pode variar (BOLLIET; ARANDA; BOUJARD, 2001; BOUJARD; LEATHERLAND, 1992; KULCZYKOWSKA, 2010; REEBS, 2002; VOLKOFF; HOSKINS; TUZIAK, 2010). *Oncorhynchus masou masou* apresentou ritmo diruno com alguns picos nos períodos crepusculares (FLOOD et al., 2011), já *Dicentrarchus labrax* apresentou ritmo de alimentação diurno e noturno (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1998b; SANCHEZ-VÁZQUEZ; MADRID; ZAMORA, 1995), *Tinca tinca*, *Oreochromis niloticus* e *Silurus glanis* apresentaram comportamento alimentar noturno (BOUJARD, 1995; FORTES-SILVA et al., 2010b; HERRERO et al., 2005) e *Trachinotus carolinus*, *Arapaima gigas*, *Carassius auratus* e *Nothobranchius korthausae* são peixes com ritmo alimentar diurno (HEILMAN; SPIELER, 1999; LUCAS-SÁNCHEZ et al., 2011; MATTOS et al., 2016a; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1996).

Em relação ao comportamento alimentar dos peixes, este está diretamente relacionado a três fatores, o ecológico, o comportamental e a regulação endócrina (MACKENZIE; VANPUTTE; LEINER, 1998; VOLKOFF; HOSKINS; TUZIAK, 2010; VOLKOFF; PETER, 2006), sendo que cada espécie ou grupo de peixe apresenta um hábito alimentar específico. Segundo os mesmos autores, de acordo com essa variabilidade de hábitos, os peixes são modelos experimentais de estudo para regulação do comportamento alimentar. Os peixes desenvolveram capacidade de buscar de acordo com suas necessidades de ingestão, nutrientes específicos que possam compor sua dieta (RAUBENHEIMER; SIMPSON, 1999; SIMPSON et al., 2004; SIMPSON; RAUBENHEIMER, 2001). Essa capacidade é certificada em estudos, já citados nesta revisão, em que peixes compõem dietas nutricionalmente equilibradas e regulam a ingestão energética usando alimentadores de auto demanda, demonstrando a habilidade em selecionar dietas a partir de combinações de macronutrientes, obtendo assim os nutrientes necessários para seu desenvolvimento (RAUBENHEIMER; SIMPSON, 1999; SIMPSON et al., 2004; SIMPSON; RAUBENHEIMER, 2001).

Assim sendo, a seleção de dietas foi pesquisado inicialmente utilizando alimentadores a demanda (ADRON; GRANT; COWEY, 1973), oportunizando aos peixes selecionarem macronutrientes específicos. Adaptações ao longo dos anos foram necessárias, para possibilitar melhor adequação do método as diferentes espécies de peixes e também para peixes de menor tamanho, que são incapazes de acionar os alimentadores. Ainda, a popularização do uso de computadores nos anos oitenta e noventa, permitiu que novos



sistemas fossem desenvolvidos para registrar com precisão a atividade de demanda alimentar dos peixes, assegurando um monitoramento da preferência e comportamento alimentar eficiente (CUENCA; DE LA HIGUERA, 1994; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1994).

De acordo com SIMPSON & RAUBENHEIMER, (2001), a técnica de auto-alimentação é uma prática bem sucedida e aplicável aos estudos de seleção de dietas, sendo uma estratégia importante para investigação da preferência nutricional em peixes, na qual se baseiam na proposição de RICHTER, (1922), denominada “sabedoria nutricional”. Essa proposição esta relacionada ao ato dos animais selecionarem dietas que atendam as necessidades nutricionais e que não seja um fenômeno aleatório, mantendo o equilíbrio metabólico do animal. Assim, a escolha de uma dieta está relacionada aos efeitos benéficos que esta pode promover, fazendo com que a seleção seja determinada pelo *status* metabólico.

Por meio dessa estratégia, realizaram-se estudos investigando em muitas espécies de peixes a habilidade em selecionar dietas, em função de seus hábitos alimentares. Assim, diversas pesquisas foram realizadas utilizando esta técnica, como estudos com o *Solea senegalensis*, que foi possível observar a capacidade de seleção de dietas deste peixe, contendo 68,00% de proteína (P), 16,30 % de carboidrato (C) e 15,70 % de lipídio (L) (RUBIO et al., 2009), já para a *Oncorhynchus mykiss* foi observado a seleção de 63,80% de P, 17,70% de C e 18,50% de L (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1999) e para o *Dicentrarchus labrax* foi constatado 55,00% de P, 23,00% de C e 22,00% de L (RUBIO; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ; MADRID, 2003b), sendo essas espécies de peixes carnívoras. Quando pesquisado o comportamento alimentar de espécies onívoras, a seleção das dietas pelos peixes, apresenta alvo nutricional diferente em relação aos carnívoros, como é o caso da *Oreochromis niloticus*, que demonstrou selecionar 45,40% de P, 32,20% de C e 22,40% de L (FORTES-SILVA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012), e o *Carassius auratus*, que selecionou 18,90% de P, 47,40% de C e 33,80% de L (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1998a). Como citado anteriormente, pela primeira vez este estudo foi desenvolvido com o pirarucu (MATTOS et al., 2016b), sendo que esta espécie de peixe apresentou a seguinte forma de seleção de nutrientes: 56,3% P, 24,2% C, 19,5% L e consumiram 150-151 kJ/kg PC/dia de energia. Ainda, para verificar o hábito alimentar carnívoro da espécie, foi feito dois desafios para verificar se os peixes sustentavam a ingestão de energia aumentando o consumo de proteína. O desafio 01 foi diluir os nutrientes em 50% da sua quantidade inicial e o desafio 02 foi restringir proteína na alimentação. No desafio 01 os peixes aumentaram o consumo de proteína diluída para poder obter o valor inicial e no desafio 02, quando havia restrição de proteína, eles não conseguiram sustentar a ingestão anterior. Comprovando por meio deste, o potencial carnívoro da espécie e consumo de nutrientes dos mesmos, promovendo dessa forma pela primeira vez um estudo que possibilitasse ao pirarucu selecionar nutrientes de forma livre.

Diante de todos os benefícios descritos no uso do sistema de auto-alimentação, nota-se sua importância na nutrição de peixes. Contudo, na utilização deste sistema, pode-se verificar algumas desvantagens, como o custo elevado para a instalação, a participação de mão de obra especializada para condução dos trabalhos, a grande variedade de espécies de peixe que podem comprometer o uso de determinados alimentadores, devido os diferentes hábitos alimentares, promovendo reestruturação dos sistemas, ainda, podemos citar o

uso desta metodologia para peixes de menor porte, pois este não apresentam capacidade de acionamento de determinados alimentadores, fazendo com que seja estabelecida uma outra forma de condução dos trabalhos, o que pode acarretar em maiores custos e provável redução na eficiência, e por fim, o treinamento dos peixes que pode comprometer o funcionamento, caso não seja realizado de maneira correta.

### 3 | COMPORTAMENTO ALIMENTAR EM PEIXES

O comportamento dos peixes é regido inicialmente por suas demandas diárias, como a busca por alimentos (ADAMS; JOHNSEN; ZHOU, 1988; FERREIRA et al., 1998; HARA, 1993), a procriação da espécie com diferentes estratégias (AZEVEDO; MALABARBA; BURNS, 2010; JAMIESON, 1991; PECIO; BURNS; WEITZMAN, 2007; VAZZOLER, 1996) e a sobrevivência (FERREIRA et al., 1998; GERKING, 1994; MAHER; LOTT, 1995). Esse comportamento é relacionado da mesma forma que para os outros animais, ou seja, o peixe apesar de estar em ambiente aquático, em nada difere da sua essência comportamental animal (SABINO, 1999). Como o foco principal deste estudo é a questão alimentar, iremos neste item descrever sobre tal comportamento.

Assim sendo, a questão alimentar é de grande importância para os peixes, pois relaciona-se com todas atividades e desenvolvimento desses organismos (DILL, 1983; WOOTTON, 1999). Segundo VOLKOFF & PETER, (2006), a ingestão dos alimentos, os hábitos alimentares, os mecanismos de detecção de alimentos, a preferência alimentar e a frequência de alimentação são fatores que estão intimamente correlacionados com o complexo comportamento alimentar. Dessa maneira, temos que, para a busca por alimentos os peixes desenvolveram três sistemas de conhecimento alimentar, sendo estes, o aprendizado a curto prazo, a memória intermediária através de efeitos parental e a memória ancestral que engloba o efeito genético no fenótipo (FORTES-SILVA; KITAGAWA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2016).

A memória alimentar, segundo FORTES-SILVA et al., (2016), advém da carga genética dos organismos, por meio de uma carga gerada e de expectativas, por exemplo, sobre os tipos de alimentos que podem ser encontrados. Porém, esse conhecimento alimentar segundo FORBES, (2001), potencializa a memorização de experiências positivas e/ou negativas, proporcionando aos organismos a associação de uma percepção alimentar de acordo com suas necessidades intrínsecas. Essas experiências permitem aos organismos avaliarem o quão um alimento satisfaz ou não as demandas nutricionais, proporcionando a estes a escolha por determinados alimentos, o que influi diretamente em sua alimentação (FORTES-SILVA; KITAGAWA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2016).

Segundo SIMPSON & RAUBENHEIMER, (1996) e BERTHOUD et al., (2012), existem três tipos de aprendizados que os organismos podem associar a consequências nutricionais: a aprendizagem de associações positivas, a aprendizagem de aversões e respostas não associativas. Assim, o conhecimento adquirido pode influenciar nas estratégias de buscas por alimentos, como relatado por DILL, (1983), que infere que o estado nutricional dos organismos pode influenciar no consumo de determinados itens alimentares, fazendo com que a busca por alimento não seja por necessidades mas sim por oportunidades, mesmo que altere o gasto energético.

Dessa forma, o meio oportuniza aos organismos aquáticos diversas conformações alimentares, seja pela oscilação dos recursos, seja pelas alterações ambientais espaciais. Assim sendo, os organismos aquáticos podem alterar seu comportamento alimentar, ou seja, o ambiente favorece a determinadas espécies a plasticidade trófica (ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001), como descrito por HAHN et al., (1997), em que a espécie de peixe *Plagioscion squamosissimus* alterou os itens de sua dieta de acordo com a disponibilidade alimentar no ambiente, da mesma forma que GOULDING, (1980), que relatou esse tipo de comportamento para as espécies de peixes redondas amazônicas (*Colossoma macropomum*, *Mylossoma* spp. e *Myleus* spp.) em determinadas épocas do ano. Contudo, existem espécies que preferem manter seu padrão nutricional ao ter que alterar a estratégia alimentar (BARTUMEUS et al., 2005). Dessa maneira, nessas situações, o comportamento dos peixes está diretamente relacionado com a capacidade de assimilar e compreender as variações ambientais dos itens alimentares, podendo ser benéfico ou não para determinadas espécies, dependendo do hábito e comportamento alimentário (HOLT; JOHNSTON, 2011).

Diante deste cenário, GERKING, (1994) sugeriu a seguinte classificação alimentar aos peixes: generalistas que não apresentam preferência alimentar (*Oligosarcus jenynsii* – NUNES & HARTZ, 2006; *Trachelyopterus lucenai* - MORESCO & BEMVENUTTI, 2005; *Plagioscion squamosissimus* – HAHN et al., 1997), especialistas que detêm uma dieta restrita com adaptações morfológicas tróficas (*Schizodon nasutus*, *Schizodon intermedius*, *Steindachnerina insculpta* – BENNEMANN et al., 2000; *Bryconamericus stramineus* – CASATTI & CASTRO, 1998; *Bryconops giacopinii* - SABINO & ZUANON, 1998) e oportunistas que se alimentam de itens fora de seu leque nutricional e/ou de itens em abundância (*Bryconamericus microcephalus* - REZENDE & MAZZONI, 2003; *Astyanax rivularis* - CASATTI & CASTRO, 1998; *Deuterodon langei* e *Astyanax* spp. – ARANHA et al., 1998); *Knodus moenkhausii* - CENEVIVA-BASTOS & CASATTI, 2007). Entretanto, essa classificação pode ser alterada devido a plasticidade trófica das espécies e as variações ambientais (ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001; KEENLEYSIDE, 1979; VAZZOLER, 1996), porém, esta forma de categorização dos peixes se torna importante para o estudo nutricional, uma vez que, a partir deste ponto, pode-se desenvolver pesquisas e monitoramento de seu comportamento alimentar, proporcionando melhores indicadores para a nutrição dos peixes e/ou práticas de preservação ambiental em diferentes corpos hídricos, favorecendo políticas públicas visando a melhoria nos índices produtivos e/ou conservação ambiental.

#### **4 | APRENDIZAGEM DOS PEIXES EM AUTO-SELECIONAR DIETAS COM ALIMENTADORES DE AUTO-DEMANDA “SELF-FEEDERS”**

Como relatado anteriormente, o comportamento alimentar está baseado em um tripé (FORTES-SILVA; KITAGAWA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2016), porém, nesse tópico será abordado com maior grau de importância a aprendizagem e o mecanismo para auto-seleção de dietas, não que a memória parental e a memória ancestral não tenham importância, é que esta revisão visa o aprendizado dos peixes em auto-selecionar dietas, utilizando alimentadores de auto-demanda “self feeders”.

Os peixes advindos da aquicultura exibem uma ampla variedade de comportamento alimentar em comparação com os animais terrestres. Os peixes são considerados bons modelos experimentais para estudar a regulação da ingestão de nutrientes (VOLKOFF; PETER, 2006) e possuem considerável plasticidade para ritmos de alimentação (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1996). De acordo com SIMPSON & RAUBENHEIMER, (2001), os peixes são capazes de regular a ingestão de nutrientes e defender um alvo nutricional.

Assim sendo, segundo FORTES-SILVA et al., (2016), a aprendizagem em auto-selecionar dietas por meio da busca e do auto-conhecimento, faz com que os peixes possam avaliar se determinados alimentos satisfazem ou não suas necessidades nutricionais, promovendo um conhecimento apurado, permitindo dessa maneira, que estes mensurem suas consequências futuras de acordo com suas escolhas.

Essa capacidade baseia-se na “sabedoria nutricional” observado em estudos realizados com diferentes espécies de peixes carnívoros, como *Solea senegalensis* (RUBIO et al., 2009), *Oncorhynchus mykiss* (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1999) e *Dicentrarchus labrax* (RUBIO; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ; MADRID, 2003a) e peixes onívoros como *Oreochromis niloticus* (FORTES-SILVA & SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012) e *Carassius auratus* (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1998a). A auto-seleção de nutrientes poderia ser usada para otimizar a composição de dietas dos peixes de cultivo (BRÄNNÅS; STRAND, 2015), e permitir o desenvolvimento de programas mais eficientes de alimentação (KITAGAWA et al., 2015). Além disso, os estudos que contemplam os peixes como guia para projetar dietas, podem fornecer dados sobre mecanismos de regulação da ingestão de nutrientes (FORTES-SILVA; MARTÍNEZ; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2011; FORTES-SILVA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012), e também sobre o bem-estar dos peixes de acordo com opções de seleção de alimentos livres (KULCZYKOWSKA; SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 2010; VOLPATO; GONÇALVES-DE-FREITAS; FERNANDES-DE-CASTILHO, 2007).

Corroborando com este pensamento, SIMPSON & RAUBENHEIMER, (1996) e BERTHOUD et al., (2012), relataram três sistema de aprendizado:

- aprendizagem de associações positivas;
- aprendizagem de aversões;
- respostas não associativas

Aliado a esse processo, o conhecimento alimentar dos peixes pode ser um ponto importante na aprendizagem, uma vez que a busca pelo alimento se torna mais específica ao invés de ser aleatória (BARTUMEUS et al., 2005; VISWANATHAN et al., 1999). Assim sendo, alguns mecanismos como o alimentador a demanda, se tornaram ferramentas importantes para a auto-seleção de dietas e conseqüentemente favoreceram a técnica de aprendizado aos peixes, de modo que investigações a cerca do comportamento alimentar de peixes se tornaram viáveis.

De acordo com SIMPSON & RAUBENHEIMER (2001), devido ao desenvolvimento do alimentador a demanda, foi possível que peixes selecionassem dietas de sua preferência alimentar por meio do aprendizado nutricional e a ação de demanda, por meio da escolha. Assim sendo, esta metodologia se tornou uma maneira de facilitar o entendimento a cerca do aprendizado dos peixes e ainda proporcionou avaliações do comportamento alimentar

em peixes.

Dessa maneira, o sistema de alimentação por alimentadores de auto demanda configurou-se como um importante instrumento para estudos dos ritmos de alimentação (AZZAYDI et al., 1998). Este sistema permite ainda, diminuir o desperdício de alimento, além de fornecer a dieta no horário exato que o peixe deseja se alimentar (FORTES-SILVA; VIEIRA-ROSA, 2012). Vários dispositivos de alimentação foram desenvolvidos e evoluindo com o tempo, como o sensor de toque (ADRON; GRANT; COWEY, 1973; GROVE; LOIZIDES; NOTT, 1978; LANDLESS, 1976), uma roda de catraca com pequenos furos que contém pastilhas alimentares individuais (TAKAHASHI; MURACHI; MORIWAKI, 1981), a rotação de um disco com buracos perfurados em torno da periferia e operados por um motor síncrono (BEACH; BAKER; ROBERTS, 1986), sensor elétrico (BOUJARD et al., 1992), sensor de estiramento (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1994) e sensor de presença – fotocélula com luz infravermelha (KITAGAWA et al., 2015). Esses dispositivos são acoplados a um microcomputador que permite a gravação contínua do comportamento alimentar e o horário de preferência de alimentação dos peixes. Desse modo, o desenvolvimento de sistemas de auto-alimentação é um importante instrumento para avaliações do comportamento alimentar de peixes (CHO, 1992; FORTES-SILVA; MARTÍNEZ; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2011).

Diversos autores trabalharam com esse sistema afim de buscar o padrão de seleção de dietas de espécies de importância produtiva, como foi o caso de:

- *Arapaima gigas* (MATTOS et al., 2016b)
- *Carassius auratus* (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1998a);
- *Dicentrarchus labrax* (ARANDA et al., 2000);
- *Dicentrarchus labrax* (RUBIO; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ; MADRID, 2003a);
- *Dicentrarchus labrax* (RUBIO et al., 2004);
- *Diplodus puntazzo* (VIVAS et al., 2006);
- *Oncorhynchus masou masou* (FLOOD et al., 2011);
- *Oncorhynchus mykiss* (RAILSBACK et al., 2005);
- *Oncorhynchus mykiss* (SÁNCHEZ-VÁZQUEZ et al., 1999);
- *Oreochromis niloticus* (FORTES-SILVA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012);
- *Salmo salar* (FRASER; METCALFE, 1997);
- *Salmo trutta* (BREMSET, 2000);
- *Salvelinus alpinus* (LINNER et al., 1990);
- *Solea senegalensis* (RUBIO et al., 2009);
- *Sparus aurata* (MONTROYA; ZAMORA; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012).

Desse modo, estratégias alimentares, incluindo rações com maior atrato-palatabilidade, adequação no tamanho do pellet, frequência alimentar ótima, controle do consumo e rações mais digestivas, tem um impacto significativo sobre a produtividade de empreendimentos aquícolas (Mizanur e Bai, 2014; Biswas et al., 2010). Atualmente, nas pisciculturas comerciais, principalmente no Amazonas, as rações não apresentam tamanho de pellets adequados para as diferentes fases do cultivo e são ofertadas manualmente lançando a ração no viveiro com um número pré-determinado de refeições, que varia de 2 a 4 alimentações por dia (Pantoja-Lima et al., 2015).

Esta prática alimentar é subjetiva, pois geralmente é fornecida a quantidade de alimento acima das exigências e das quantidades nutricionais que os peixes realmente necessitam, resultando em excessos alimentares, baixa eficiência alimentar, aumento dos resíduos nitrogenados e fosfatados, poluição ambiental e perdas econômicas (Oliveira, 2009). Assim, o advento de alimentadores automáticos, pode promover a maior eficiência no manejo alimentar das espécies amazônicas, impactando o desenvolvimento dos peixes, promovendo melhores índices na conversão alimentar e melhorias na qualidade da água da piscicultura, devido a maior frequência alimentar no manejo, proporcionando melhores índices de digestibilidade, influenciando de modo positivo a eficiência dos nutrientes no metabolismo animal, devido o maior número de refeições ao longo do dia (Fortes-Silva e Sánchez-Vázquez, 2012). Estudos com o tambaqui (estudo não publicado), umas das principais espécies de peixes amazônicas, demonstrou a capacidade deste peixe em aprender auto-selecionar seu alimento por meio dos alimentadores de auto-demanda “self-feeders” logo nos primeiros dias, assim como, os parâmetros zootécnicos e dados de economicidade, demonstraram melhores índices quando o manejo alimentar utilizado foi o alimentar a demanda.

## 5 | CONCLUSÃO

A utilização do sistema de auto demanda para alimentação é eficiente, pois promove bom desempenho dos peixes e reduz o desperdício de alimento, propagando também a avaliação correta do hábito alimentar dos peixes. Esses resultados demonstraram que é possível utilizar peixes amazônicos como guia, para fornecer ferramentas úteis para o setor da aquicultura, desenvolvendo protocolos de alimentos de boa qualidade nutritiva e de preferência alimentar.

Ainda, os resultados das pesquisas com alimentadores automáticos demonstraram que independentemente da fonte alimentar e da espécie de peixe, a metodologia descrita ao longo da revisão, pode auxiliar a aquicultura, no que tange as estratégias de alimentação dos peixes, incluindo horários e cronogramas alimentares precisos. Portanto, a partir de investigações detalhadas sobre o ritmo de alimentação, o produtor poderá efetivar sua produção.

Assim sendo, os sistemas descritos nesta revisão podem servir de modelo para investigações de regulação da ingestão alimentar, bem como estabelecer uma gestão da aquicultura, por meio do conhecimento do ritmo alimentar dos peixes, promovendo a construção de um planejamento alimentar preciso, sendo o peixe o guia, diminuindo desperdícios de rações e proporcionando melhorias na qualidade da água.

## AGRADECIMENTOS

Os autores desta pesquisa agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão de bolsas de estudos aos discentes envolvidos nesta publicação. Este trabalho foi apoiado de maneira direta pelos projetos aprovados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Grant 477408/2013-3) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) (RED0004/2013 e PNE013/2014) concedidas ao Dr. Rodrigo Fortes.

## REFERÊNCIAS

- ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 425–434, 2001.
- ADAMS, M. A.; JOHNSEN, P. B.; ZHOU, H.-Q. Chemical enhancement of feeding for the herbivorous fish *Tilapia zillii*. **Aquaculture**, v. 72, p. 95–107, 1988.
- ADRON, J. W.; GRANT, P. T.; COWEY, C. B. A system for the quantitative study of the learning capacity of rainbow trout and its application to the study of food preferences and behaviour. **Journal of Fish Biology**, v. 5, p. 625–636, 1973.
- ALMAIDA-PAGÁN, P. F. et al. Macronutrient selection through post-ingestive signals in sharpnose seabream fed gelatine capsules and challenged with protein dilution. **Physiology and Behavior**, v. 88, n. 4–5, p. 550–558, 2006.
- ARANDA, A. et al. Self-design of fish diets by means of self-feeders: validation of procedures. **Journal of physiology and biochemistry**, v. 56, n. 3, p. 155–166, 2000.
- ARANHA, J. M. R.; TAKEUTI, D. F.; YOSHIMURA, T. M. Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 46, p. 951–959, 1998.
- ARJONA, F. J. et al. Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: Implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. **Aquaculture**, v. 287, p. 419–426, 2009.
- ASHLEY, P. J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 104, n. 3–4, p. 199–235, 2007.
- ATTIA, J. et al. Demand feeding and welfare in farmed fish. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 38, n. 1, p. 107–118, 2012.
- AZEVEDO, M. A.; MALABARBA, L. R.; BURNS, J. R. Reproductive biology and development of gill glands in the inseminating characid, *Macropsobrycon uruguayanae* Eigenmann, 1915 (Cheirodontinae: Compsurini). **Neotropical Ichthyology**, v. 8, p. 87–96, 2010.
- AZZAYDI, M. et al. Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand-feeding and time restricted demand feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Aquaculture**, v. 9, n. 163, p. 285–296, 1998.
- BARTUMEUS, F. et al. Animal Search Strategies: A Quantitative Random Walk Analysis. **Ecological Society of America**, v. 86, n. 11, p. 3078–3087, 2005.

BAYARRI, M. J. et al. Daily locomotor activity and melatonin rhythms in Senegal sole (*Solea senegalensis*). **Physiology and Behavior**, v. 81, n. 4, p. 577–583, 2004.

BEACH, M. A.; BAKER, G. E.; ROBERTS, M. G. An Accurate Demand Feeder for Fish, Suitable for Microcomputer Control. **Physiology & Behavior**, v. 36, p. 397–399, 1986.

BENNEMANN, S. T.; SHIBATTA, O. A.; GARAVELLO, J. C. **Peixes do rio Tibagi: uma abordagem ecológica**. [s.l.] Londrina, Eduel. p. 62, 2000.

BERTHOUD, H.-R. et al. Neural and metabolic regulation of macronutrient intake and selection. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v. 71, p. 390–400, 2012.

BISWAS, A. et al. Combined effect of photoperiod and self-feeder on the growth performance of striped knifejaw, *Oplegnathus fasciatus*. **Aquaculture**, v. 452, p. 183–187, 2016.

Biswas, G., Thirunavukkarasu, A. R., Sundaray, J. K., Kailasam, M. 2010. Optimization of feeding frequency of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fry reared in net cages under brackishwater environment. **Aquaculture**, v. 305, p. 26-31.

BOLLIET, V. et al. Effect of feeding time on digestibility, growth performance and protein metabolism in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: interactions with dietary fat levels. **Aquatic Living Resources**, v. 13, p. 107–113, 2000.

BOLLIET, V.; ARANDA, A.; BOUJARD, T. Demand-feeding rhythm in rainbow trout and European catfish: Synchronisation by photoperiod and food availability. **Physiology and Behavior**, v. 73, n. 4, p. 625–633, 2001.

BOUJARD, T. et al. Description of a modular, low cost, eater meter for the study of feeding behavior and food preferences in fish. **Physiology and Behavior**, v. 52, n. 6, p. 1101–1106, 1992.

BOUJARD, T. Diel rhythms of feeding activity in the European catfish, *Silurus glanis*. **Physiology and Behavior**, v. 58, n. 4, p. 641–645, 1995.

BOUJARD, T.; LEATHERLAND, J. F. Circadian rhythms and feeding time in fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v. 35, n. 2, p. 109–131, 1992.

BRÄNNÄS, E.; STRAND, Å. A test of “nutritional wisdom” in perch (*Perca fluviatilis*) by self-selection of encapsulated macronutrients. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 171, p. 219–225, 2015.

BREMSET, G. Seasonal and diel changes in behaviour, microhabitat use and preferences by young pool-dwelling Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 59, n. 2, p. 163–179, 2000.

BROTONS-MARTINEZ, J. et al. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchus labrax* fry fed with demand-feeders. **Fisheries Science**, v. 70, p. 74–79, 2004.

CARLBERG, H. et al. Using self-selection to evaluate the acceptance of a new diet formulation by farmed fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 171, p. 226–232, 2015.

CASATTI, L.; CASTRO, R. M. C. Fish community of the São Francisco river headwaters riffles, southeastern Brazil. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 9, p. 229–242, 1998.



CENEVIVA-BASTOS, M.; CASATTI, L. Oportunismo alimentar de *Knodus moenkhausii* (Teleostei, Characidae): uma espécie abundante em riachos do noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, n. 3, p. 7–15, 2007.

CHO, C. Y. Feeding Systems for Rainbow-Trout and Other Salmonids with Reference to Current Estimates of Energy and Protein-Requirements. **Aquaculture**, v. 100, n. 1–3, p. 107–123, 1992.

COSTAS, B. et al. Physiological responses of Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) after stress challenge: Effects on non-specific immune parameters, plasma free amino acids and energy metabolism. **Aquaculture**, v. 316, p. 68–76, 2011.

CUENCA, E.; DIZ, M.; DE LA HIGUERA, G. Self-selection of a diet covering zinc needs in the trout. In: [s.l.] in: Kaushik, S., Luquet, J. (Eds.), *Fish Nutrition in Practice*. INRA, 413-418p., 1993.

CUENCA, E. M.; DE LA HIGUERA, M. A microcomputer-controlled demand feeder for the study of feeding behavior in fish. **Physiology and Behavior**, v. 55, n. 6, p. 1135–1136, 1994.

DAVIE, P.; KOPF, R. Physiology, behaviour and welfare of fish during recreational fishing and after release. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 54, p. 161–172, 2006.

DEL POZO, A. et al. Daily rhythms of clock gene expression, glycaemia and digestive physiology in diurnal/nocturnal European seabass. **Physiology and Behavior**, v. 106, n. 4, p. 446–450, 2012.

DILL, L. M. Adaptive Flexibility in the Foraging Behavior of Fishes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 40, p. 398–408, 1983.

EFSA. **Scientific opinion of the panel on animal health and welfare on a request from the European Commission on welfare aspect of the main systems of stunning and killing of farmed seabass and seabream**. EFSA J. 1010, 1–52, 2009

FARIA, C.; ALMADA, V. C. Tidal activity rhythms and depth distribution of rocky shore fish in an altered intertidal environment. **Acta Ethologica**, v. 11, n. 2, p. 123–126, 2008.

FARNER, D. S. Annual rhythms. **Annual review of physiology**, v. 47, n. 1, p. 65–82, 1985.

FAST, A. W.; QIN, T.; SZYPER, J. P. A new method for assessing fish feeding rhythms using demand feeders and automated data acquisition. **Aquacultural Engineering**, v. 16, n. 97, p. 213–220, 1997.

FERREIRA, C. E. L. et al. Herbivory by the Dusky Damselfish *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830) in a tropical rocky shore: effects on the benthic community. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 229, p. 241–264, 1998.

FLOOD, M. J. et al. Growing amago and rainbow trout in duoculture with self-feeding systems: Implications for production and welfare. **Aquaculture**, v. 309, n. 1–4, p. 137–142, 2010.

FLOOD, M. J. et al. Examining the daily feeding rhythms of amago *Oncorhynchus masou masou* using self-feeding systems. **Aquaculture**, v. 318, n. 1–2, p. 244–247, 2011.

FORBES, J. M. Consequences of feeding for future feeding. **Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology**, v. 128, n. 3, p. 463–470, 2001.

FORTES-SILVA, R. et al. Daily feeding patterns and self-selection of dietary oil in Nile tilapia. **Aquaculture Research**, v. 42, n. 1, p. 157–160, 2010a.

- FORTES-SILVA, R. et al. Daily rhythms of locomotor activity, feeding behavior and dietary selection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology**, v. 156, n. 4, p. 445–450, 2010b.
- FORTES-SILVA, R. et al. Dietary self-selection of protein-unbalanced diets supplemented with three essential amino acids in Nile tilapia. **Physiology and Behavior**, v. 105, n. 3, p. 639–644, 2012.
- FORTES-SILVA, R.; KITAGAWA, A.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Dietary self-selection in fish: a new approach to studying fish nutrition and feeding behavior. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 26, n. 1, p. 39–51, 2016.
- FORTES-SILVA, R.; MARTÍNEZ, F. J.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Macronutrient selection in Nile tilapia fed gelatin capsules and challenged with protein dilution/restriction. **Physiology and Behavior**, v. 102, n. 3–4, p. 356–360, 2011.
- FORTES-SILVA, R.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Use of self-feeders to evaluate macronutrient self-selection and energy intake regulation in Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 326–329, p. 168–172, 2012.
- FORTES-SILVA, R.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J.; MARTÍNEZ, F. J. Effects of pretreating a plant-based diet with phytase on diet selection and nutrient utilization in European sea bass. **Aquaculture**, v. 319, n. 3–4, p. 417–422, 2011.
- FORTES-SILVA, R.; VIEIRA-ROSA, P. Autosseleção de dietas: Um novo enfoque para estudos de nutrição e frequência alimentar em peixes marinhos e de água doce. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, n. 2, p. 1740–1754, 2012.
- FRASER, N. H. C.; METCALFE, N. B. The costs of becoming nocturnal: feeding efficiency in relation to light intensity in juvenile Atlantic Salmon. **Functional Ecology**, v. 11, p. 385–391, 1997.
- GAYE-SIESSEGGGER, J. et al. Influence of dietary non-essential amino acid profile on growth performance and amino acid metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 146, p. 71–77, 2007.
- GÉLINEAU, A. et al. Effect of feeding time on hepatic nucleic acid, plasma T3, T4, and gh concentrations in rainbow trout. **Physiology & Behavior**, v. 59, p. 1061–1067, 1996.
- GERKING, S. D. **Feeding ecology of fish**. [s.l.] San Diego, California, Academic Press, 416p., 1994.
- GOULDING, M. **The Fishes and the Forest. Explorations in Amazonian Natural History**. [s.l.] Berkeley, University of California Press, p.280, 1980.
- GROVE, D. J.; LOIZIDES, L. G.; NOTT, J. Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. **Journal of Fish Biology**, v. 12, p. 507–516, 1978.
- HAHN, N. S.; AGOSTINHO, A. A.; GOITEIN, R. Feeding Ecology os curvina *Plagioscion squamosissimus* (HECHEL, 1840) (Osteichthyes, Perciformes) in the Itaipu reservoir and Porto Rico Floodplain. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 9, n. November 1983, p. 11–22, 1997.
- HARA, T. J. Role of olfaction in fish behaviour. In: [s.l.] In: Pitcher, T.J. (Ed.). *Behaviour of teleost fishes*. 2ed., London: Chapman & Hall 171-199 p., 1993.
- HEILMAN, M. J.; SPIELER, R. E. The daily feeding rhythm to demand feeders and the effects of timed meal-feeding on the growth of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. **Aquaculture**, v. 180, n. 1–2, p. 53–64, 1999.

- HELM, B. et al. Annual rhythms that underlie phenology: biological time-keeping meets environmental change. **Proceedings of the Royal Society B. Biological sciences**, v. 280, p. 20130016, 2013.
- HERRERO, M. J. et al. Demand-feeding rhythms and feeding-entrainment of locomotor activity rhythms in tench (*Tinca tinca*). **Physiology and Behavior**, v. 84, n. 4, p. 595–605, 2005.
- HOLT, D. E.; JOHNSTON, C. E. Can you hear the dinner bell? Response of cyprinid fishes to environmental acoustic cues. **Animal Behaviour**, v. 82, p. 529–534, 2011.
- HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. **Food Intake in Fish**. [s.l.] Blackwell Science Ltd, Oxford (UK). 422p., 2007. v. 210
- HUNTINGFORD, F. A. Issues in Fish Welfare. v. 44, p. 332–372, 2006.
- HURD, M. W. et al. Circadian rhythms of locomotor activity in zebrafish. **Physiology and Behavior**, v. 65, n. 3, p. 465–472, 1998.
- JAMIESON, B. G. M. Fish Evolution and Systematics: Evidence from Spermatozoa. With a survey of lophophorate, echinoderm and protochordate sperm and an account of gamete cryopreservation. In: [s.l.] Cambridge University Press, Cambridge. p.319, 1991. v. 5p. 721–723.
- KEENLEYSIDE, M. H. A. **Diversity and Adaptation in Fish Behaviour**. [s.l.] Zoophysiology, Vol. 11, Springer- Verlag, Berlin, p. 208, 1979.
- KENTOURI, M. P. C. B. P. T. M. Feeding and growth responses of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared by four feeding methods. **Aquaculture**, v. 175, n. 3–4, p. 293–305, 1999.
- KITAGAWA, A. T. et al. Feeding behavior and the effect of photoperiod on the performance and hematological parameters of the pacama catfish (*Lophiosilurus alexandri*). **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 171, p. 211–218, 2015.
- KOTANI, T.; FUSHIMI, H. Determination of appropriate feeding schedules from diel feeding rhythms in finfish larviculture. **Aquaculture**, v. 315, n. 1–2, p. 104–113, 2011.
- KULCZYKOWSKA, E. **Biological Clock in Fish**. [s.l.: s.n.].
- KULCZYKOWSKA, E.; SÁNCHEZ VÁZQUEZ, F. J. Neurohormonal regulation of feed intake and response to nutrients in fish: Aspects of feeding rhythm and stress. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 5, p. 654–667, 2010.
- KUMAR BAGHEL, K.; ATANU, & PATI, K. Biological Rhythm Research Pheromones as time cues for circadian rhythms in fish. **Biological Rhythm Research**, v. 46, n. 5, p. 659–669, 2015.
- LANDLESS, P. J. Demand-feeding behaviour of rainbow trout. **Aquaculture**, v. 7, p. 11–25, 1976.
- LEE, K. P.; BEHMER, S. T.; SIMPSON, S. J. Nutrient regulation in relation to diet breadth: a comparison of *Heliothis* sister species and a hybrid. **The Journal of experimental biology**, v. 209, n. Pt 11, p. 2076–84, 2006.
- LI, Q. et al. Effects of dietary lipid sources on growth performance, lipid metabolism and antioxidant status of juvenile Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, p. 500–510, 2017.

LINNER, J. et al. Diel and seasonal locomotor activity patterns in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). **Journal of Fish Biology**, v. 37, p. 675–685, 1990.

LÓPEZ-OLMEDA, J. F.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Feeding rhythms in fish: from behavioral to molecular approach. In: [s.l.] In: Kulczykowska, E., Popek, W., Kapoor, B.G. (eds.), *Biological clock in fish*, Science Publishers, Enfield, New Hampshire, 155-184p., 2010.

LÓPEZ-VÁSQUEZ, K.; CASTRO-PÉREZ, C. A.; VAL, A. L. Digestive enzymes of eight amazonian teleosts with different feeding habits. **Journal of Fish Biology**, v. 74, n. 7, p. 1620–1628, 2009.

LUCAS-SÁNCHEZ, A. et al. Age-related changes in fatty acid profile and locomotor activity rhythms in *Nothobranchius korthausae*. **Experimental Gerontology**, v. 46, n. 12, p. 970–978, 2011.

LUZ, R. K. et al. European seabass (*Dicentrarchus labrax*) ability to discriminate between diets made with different dietary fat sources. **Aquaculture Nutrition**, n. March 2016, p. 1–9, 2017.

MACKENZIE, D. S.; VANPUTTE, C. M.; LEINER, K. A. Nutrient regulation of endocrine function in fish. **Aquaculture**, v. 161, p. 3–25, 1998.

MADRID, J. A.; BOUJARD, T.; SANCHEZ-VAZQUEZ, F. J. **Feeding Rhythms**. [s.l.] In: Houlihan, D., Boujard, T., Jobling, M. (Eds.), *Food Intake Fish*, Wiley-Blackwell, Oxford, 189–215., 2001.

MAHER, C. R.; LOTT, D. F. Definitions of territoriality used in the study of variation in vertebrate spacing systems. **Animal Behaviour**, v. 49, p. 1581–1597, 1995.

MATTOS, B. O. et al. Self-feeder systems and infrared sensors to evaluate the daily feeding and locomotor rhythms of Pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivated in outdoor tanks. **Aquaculture**, v. 457, 2016a.

MATTOS, B. O. D. et al. Daily self-feeding activity rhythms and dietary self-selection of pirarucu (*Arapaima gigas*). **Aquaculture**, v. 465, 2016b.

MAZZONI, R.; REZENDE, C. F. Seasonal diet shift in a Tetragonopterinae (Oateichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, RJ, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, p. 69–74, 2003.

MIZANUR, R. M.; BAI, S. C. The optimum feeding frequency in growing Korean Rockfish (*Sebastes schlegelii*) rearing at the temperature of 15°C and 19°C. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, p. 1319 – 1327, 2014.

MONTOYA, A.; ZAMORA, S.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Dietary selection by gilthead sea bream (*Sparus aurata*) provided with unbalanced mixed-macronutrient feeds dispensed from self-feeders. **Aquaculture**, v. 358–359, p. 35–40, 2012.

MORESCO, A.; BEMVENUTTI, M. . Morphologic features and feeding analysis of the black catfish *Trachelyopterus lucenai* Bertoletti, Pezzi da Silva & Pereira (Siluriformes, Auchenipteridae). **Acta Limnologica Brasileira**, v. 17, p. 37–44, 2005.

NAVARRO-GUILLÉN, C.; YÚFERA, M.; ENGROLA, S. Daily feeding and protein metabolism rhythms in Senegalese sole post-larvae. **Biology Open**, v. 6, p. 77–82, 2017.

NAVARRO, D. B. et al. Daily feeding rhythms of Senegalese sole under laboratory and farming conditions using self-feeding systems. **Aquaculture**, v. 291, n. 1–2, p. 130–135, 2009.

NOBLE, C. et al. The impact of environmental variables on the feeding rhythms and daily feed intake of cage-held 1+ Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v. 269, n. 1–4, p. 290–298, 2007.

NUNES, D. M.; HARTZ, S. M. Feeding dynamics and ecomorphology of *Oligosarcus jenynsii* (Gunther, 1864) and *Oligosarcus robustus* (Menezes, 1969) in the Lagoa Fortaleza, southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, p. 121–132, 2006.

OLDFIELD, R. G. Aggression and welfare in a common aquarium fish, the Midas cichlid. **Journal of applied animal welfare science : JAAWS**, v. 14, n. 4, p. 340–60, 2011.

Oliveira, R.C. O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.2, n.1, p. 71-89, 2009.

PANTOJA-LIMA, J., SANTOS, S. M. DOS S., OLIVEIRA, A. T. DE, ARAÚJO, R. L., SILVA, J. A. L. DA, ARIDE, P. H. R. Pró-rural aquicultura: relatos das principais ações de extensão tecnológica e um panorama do setor aquícola do Estado do Amazonas, Brasil. **Nexus Revista de Extensão do IFAM**. v. 1, n.1, p. 36-46, 2015.

PAREDES, J. F. et al. Circadian rhythms of gene expression of lipid metabolism in Gilthead Sea bream liver: Synchronisation to light and feeding time. **Chronobiology International**, v. 31, n. 5, p. 613–626, 2014.

PASPATIS, M.; BOUJARD, T. A comparative study of automatic feeding and self-feeding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets of different energy levels. **Aquaculture**, v. 145, n. 1–4, p. 245–257, 1996.

PECIO, A.; BURNS, J. R.; WEITZMAN, S. H. Comparison of spermiogenesis in the externally fertilizing *Hemigrammus erythrozonus* and the inseminating *Corynopoma riisei* (Teleostei: Characiformes: Characidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 5, p. 457–470, 2007.

POLAKOF, S. et al. Glucose metabolism in fish: A review. **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, v. 182, n. 8, p. 1015–1045, 2012.

POLI, B. M. et al. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. **Aquaculture International**, v. 13, p. 29–49, 2005.

RAILSBACK, S. F. et al. Tests of theory for diel variation in salmonid feeding activity and habitat use. **Ecology**, v. 86, n. 4, p. 947–959, 2005.

RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON, S. J. Integrating nutrition: A geometrical approach. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 91, n. 1, p. 67–82, 1999.

REEBS, S. G. Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 12, p. 349–371, 2002.

REZENDE, C. F.; MAZZONI, R. Aspectos da alimentação de *Bryconamericus microcephalus* (Characiformes, Tetragonopterinae) no córrego Andorinha, Ilha Grande – RJ. **Biota Neotropica**, v. 3, p. 1–6, 2003.

RICHTER, C. P. A behavioristic study of the activity of the rat. **Comp Psychol Monog**, v. 1, p. 1–54, 1922.

RUBIO, V. C. et al. Self-feeding of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) under laboratory and farming conditions using a string sensor. **Aquaculture**, v. 233, n. 1–4, p. 393–403, 2004.

RUBIO, V. C. et al. Macronutrient self-selection in *Solea senegalensis* fed macronutrient diets and challenged with dietary protein dilutions. **Aquaculture**, v. 291, n. 1–2, p. 95–100, 2009.

- RUBIO, V. C.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J.; MADRID, J. A. Macronutrient selection through postingestive signals in sea bass fed on gelatine capsules. **Physiology and Behavior**, v. 78, n. 4–5, p. 795–803, 2003a.
- RUBIO, V. C.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J.; MADRID, J. A. Nocturnal feeding reduces sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) pellet-catching ability. **Aquaculture**, v. 220, n. 1–4, p. 697–705, 2003b.
- SABINO, J. Comportamento de peixes de riachos: métodos de estudo para uma abordagem naturalística. In: [s.l.] In: CARAMASCHI, E. P., MAZZONI, R. & PERES-NETO, P. R. eds. *Ecologia de peixes de riachos. Série Oecologia Brasiliensis*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ. p.183-208., 1999.
- SABINO, J.; ZUANON, J. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 8, p. 201–210, 1998.
- SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. et al. Design and performance of an accurate demand feeder for the study of feeding behaviour in sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. **Physiology & Behavior**, v. 56, n. 4, p. 789–794, 1994.
- SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. et al. Demand feeding and locomotor circadian rhythms in the goldfish, *Carassius auratus*: Dual and independent phasing. **Physiology and Behavior**, v. 60, n. 2, p. 665–674, 1996.
- SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. et al. Selection of macronutrients by goldfish operating self-feeders. **Physiology and Behavior**, v. 65, n. 2, p. 211–218, 1998a.
- SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. et al. Annual Rhythms of Demand-Feeding Activity in Sea Bass: Evidence of a Seasonal Phase Inversion of the Diel Feeding Pattern. **Chronobiology International**, v. 15, p. 607–622, 1998b.
- SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. et al. Macronutrient self-selection through demand-feeders in rainbow trout. **Physiology and Behavior**, v. 66, n. 1, p. 45–51, 1999.
- SANCHEZ-VÁZQUEZ, F. J.; MADRID, J. A.; ZAMORA, S. Circadian Rhythms of Feeding Activity in Sea Bass, *Dicentrarchus labrax* L.: Dual Phasing Capacity of Diel Demand-Feeding Pattern. **Journal of Biological Rhythms**, v. 10, p. 256–266, 1995.
- SANCHEZ-VAZQUEZ, F. J.; TABATA, M. Circadian rhythms of demand-feeding and locomotor activity in rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, v. 52, n. 2, p. 255–267, 1998.
- SANTOS, A. D. A. et al. Synchronization to light and mealtime of the circadian rhythms of self-feeding behavior and locomotor activity of white shrimps (*Litopenaeus vannamei*). **Comparative Biochemistry and Physiology -Part A : Molecular and Integrative Physiology**, v. 199, p. 54–61, 2016.
- SHI, C. et al. Time-restricted self-feeding causes fin damage of Atlantic salmon. **Aquaculture International**, p. 1–9, 2016.
- SIMPSON, S. J. et al. Optimal foraging when regulating intake of multiple nutrients. **Animal Behaviour**, v. 68, n. 6, p. 1299–1311, 2004.
- SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D. Feeding behaviour, sensory physiology and nutrient feedback: a unifying model. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 80, p. 55–64, 1996.
- SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D. A framework for the study of macronutrient intake in fish. **Aquaculture Research**, v. 32, n. 6, p. 421–432, 2001.

SLOMAN, K. A. et al. The effects of mixed-species assemblage on the behaviour and welfare of fish held in home aquaria. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 135, n. 1–2, p. 160–168, 2011.

TAKAHASHI, M.; MURACHI, S.; MORIWAKI, S. A feeding device for fishes designed for experimental use. **NIPPON SUISAN GAKKAISHI**, v. 47, p. 1131–1134, 1981.

TIAN, H.-Y. et al. Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. **Aquaculture**, v. 437, p. 60–66, 2015.

TOGUYENI, A. et al. Feeding behaviour and food utilisation in tilapia, *Oreochromis niloticus*: Effect of sex ratio and relationship with the endocrine status. **Physiology and Behavior**, v. 62, n. 2, p. 273–279, 1997.

TWIBELL, R. G. et al. Effects of fish meal- and fish oil-free diets on growth responses and fatty acid composition of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture**, v. 360–361, p. 69–77, 2012.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. [s.l.: s.n.].

VERA, L. M. et al. Circadian rhythms of locomotor activity in the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Chronobiology international**, v. 26, n. 4, p. 666–681, 2009.

VISWANATHAN, G. M. et al. Optimizing the success of random searches. **Nature**, v. 401, n. 6756, p. 911–914, 1999.

VIVAS, M. et al. Dietary self-selection in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) fed paired macronutrient feeds and challenged with protein dilution. **Aquaculture**, v. 251, n. 2–4, p. 430–437, 2006.

VOLKOFF, H.; HOSKINS, L. J.; TUZIAK, S. M. Influence of intrinsic signals and environmental cues on the endocrine control of feeding in fish: Potential application in aquaculture. **General and Comparative Endocrinology**, v. 167, n. 3, p. 352–359, 2010.

VOLKOFF, H.; PETER, R. E. Feeding Behavior of Fish and Its Control. **Zebrafish**, v. 3, p. 131–140, 2006.

VOLPATO, G. L. Considerações metodológicas sobre os testes de preferência na avaliação do bem-estar em peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 1964, p. 53–61, 2007.

VOLPATO, G. L.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E.; FERNANDES-DE-CASTILHO, M. Insights into the concept of fish welfare. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 75, n. 2, p. 165–171, 2007.

WOOTTON, R. . J. **Ecology of teleost fish**. [s.l.] The Netherlands: Kluwer Academic Publishers , p.386., 1999.

XIE, F. et al. The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson) larvae. **Aquaculture**, v. 311, p. 162–167, 2011.

YAMAMOTO, T. et al. Influence of feeding diets with and without fish meal by hand and by self-feeders on feed intake, growth and nutrient utilization of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 214, n. 1–4, p. 289–305, 2002.

## Organização



Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Amazonas



*AquaUFRB*



**PPGCARP**  
Programa de Pós-graduação em  
Ciência Animal e Recursos Pesqueiros



# Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e  
Difusão de Tecnologias

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://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  
Ciência Animal e Recursos Pesqueiros



# Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e  
Difusão de Tecnologias

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021