Engenharia de Pesca
UFRB

uma abordagem multidisciplinar — inovação, tecnologia e sustentabilidade

Organizadores

Bruno Olivetti de Mattos - Marcelo Carneiro de Freitas

Gislaine Guidelli - Washington Luiz Gomes Tavechio



UFRB Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA

GOVERNO DO BRASIL

DO LADO DO POVO BRASILEIRO

UFRB Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

A obra "Engenharia de Pesca UFRB: uma abordagem multidisciplinar - inovação, tecnologia e sustentabilidade" reúne conhecimentos, experiências e resultados de estudos que foram apoiados pelo MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA) por meio do Termo de Execução Descentralizada (TED) nº 70/2023 (Processo 00350009884202392), que refletem a amplitude e a relevância da Engenharia de Pesca no contexto das Ciências Agrárias e dos desafios contemporâneos relacionados à produção de alimentos, à conservação dos recursos naturais e ao desenvolvimento sustentável

Os capítulos aproximam o conhecimento científico e a realidade produtiva, apresentando estudos e experiências voltados tanto aos sistemas de produção aquícola quanto à pesca artesanal, à conservação da biodiversidade e à valorização das comunidades e dos territórios.

A articulação entre ensino, pesquisa e extensão aparece como elemento fundamental para transformar teoria em soluções aplicáveis, fortalecer a formação profissional e contribuir para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais eficientes, socialmente inclusivos e ambientalmente responsáveis.

Destinada a estudantes, docentes, pesquisadores, profissionais, gestores, produtores e demais interessados, a publicação reafirma o compromisso da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) com a inovação e a construção de soluções sustentáveis para os desafios da pesca e da aquicultura. É uma obra que conecta ciência e prática, produção e conservação, inovação e tradição, consolidando a importância do conhecimento interdisciplinar para um setor mais resiliente e comprometido com o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

NOVA TERRA Editora

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA

GOVERNO DO BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

ISBN: 978-65-83892-40-9

Engenharia de Pesca UFRB: uma abordagem multidisciplinar — inovação, tecnologia e sustentabilidade

Organizadores

Bruno Olivetti de Mattos
Marcelo Carneiro de Freitas
Gislaine Guidelli
Washington Luiz Gomes Tavechio

Os autores são integralmente responsáveis pelo conteúdo publicado.
Esta obra está licenciada sob a Creative Commons Atribuição-Compartilhalgual 4.0 Internacional.

Diagramação: João Augusto Freitas Sena
Capa: Ivânia Paula Freitas de Souza Sena
Revisão: Ianarah Quise Freitas Sena
Editor: Américo Junior Nunes da Silva

10.62987/novaterraeditora.livroe202618

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Engenharia de pesca UFRB [livro eletrônico] : uma abordagem multidisciplinar : inovação, tecnologia e sustentabilidade / organizadores Bruno Olivetti de Mattos...[et al.]. -- Senhor do Bonfim, BA : Nova Terra Editora, 2026.
PDF

Vários autores.
Outros organizadores: Marcelo Carneiro de Freitas, Gislaine Guidelli, Washington Luiz Gomes Tavechio.
Bibliografia.
ISBN 978-65-83892-40-9

1. Aquicultura 2. Desenvolvimento sustentável 3. Engenharia 4. Inovações 5. Recôncavo (BA) - Descrição 6. Pescaria sustentável I. Mattos, Bruno Olivetti de. II. Freitas, Marcelo Carneiro de. III. Guidelli, Gislaine. IV. Tavechio, Washington Luiz Gomes.

26-396022.0 CDD-639.30981

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Aquicultura 639.30981

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Engenharia de Pesca UFRB: uma abordagem multidisciplinar — inovação, tecnologia e sustentabilidade

2026



CONSELHO EDITORIAL

Drª. Ana Maria Vergne de M. Oliveira (UFAL)
Dr. Adson dos Santos Bastos (UNEB)
Dr. Álamo Pimentel (UFSB)
Dr. Adelson Dias de Oliveira (UNIVASF)
Drª. Arlete Ramos dos Santos (UESB)
Drª. Cleide Carvalho de Matos (UFPA)
Dr. Fábio Dantas de Souza Silva (UEFS)
Drª. Edonilce da Rocha Barros (UNEB)
Dr. Elmo de Souza Lima (UFPI)
Dr. João César Abreu de O. Filho (IFCE)
Drª. Jussimária A. dos Santos (UniAraguaia)
Dr. José Aurimar dos S. Angelim (IF-Baiano)
Dr. Luciélio Marinho da Costa (UFPB)
Drª. Mariana Esteves de Oliveira (UFMS)
Drª. Marilene Santos (UFS)
Dr. Rafael Alberto G. González (UPEL e Universidad de Carabobo - UC, Venezuela)
Drª. Rita G. do Nascimento (Flacso-Brasil)
Dr. Roberto Marques (UFRJ)
Drª. Salete Valesan Camba (Flacso-Brasil)
Dr. Salomão Mufarrej Hage (UFPA)
Drª. Terciana Vidal Moura (UFRB)

Sumário

Prefácio **12**

Marcelo Carneiro de Freitas

José Arlindo Pereira

Carta de apresentação **14**

Luciene Mignani

CAPÍTULO 1

Valorização de resíduos de pescado na produção de biojoias como estratégia de economia circular **16**

Marcelo Carneiro de Freitas

Roane São José Santana

Caroline Santos de Sousa

Edvaldo Madureira de Aquino Neto

CAPÍTULO 2

Preferência alimentar e efeitos metabólicos da suplementação com *Arthrospira platensis* em dietas para *Macrobrachium amazonicum* **40**

Elaine Pereira Sodré

André Luís Pereira de Jesus Júnior

Rafael Queiroz-Anjos

Mariana Cutolo de Araujo

CAPÍTULO 3

Leite desnatado fermentado simbiótico à base de morango enriquecido com própolis verde e espirulina: propriedades físico-químicas, viabilidade probiótica e aceitação sensorial **59**

Norma Suely Evangelista-Barreto

Márcia Araújo de Jesus

Milena Gabriel Ribeiro

Jailma Conceição dos Santos

Mile Ane Larissa Costa Muricy

Clarita Silveira Reis

CAPÍTULO 4

Infecção experimental em kinguios (*Carassius auratus*) por *Aeromonas* spp.: definição de métodos para ensaios de desafio **90**

Norma Suely Evangelista-Barreto

Danielle Amorim de Assis de Oliveira

Leopoldo Melo Barreto

Mile Ane Larissa Costa Muricy

Fabiana Ribeiro de Souza

CAPÍTULO 5

Estrutura Populacional da Pescada-Amarela (*Cynoscion acoupa*) em Jaguaripe, Bahia **104**

Mário Rebouças da Silva Júnior

Marcelo Lui Muricy Freire

Clarita Silveira Reis

Mile Ane Larissa Costa Muricy

Joemille Silva dos Santos

Soraia Barreto Aguiar Fonteles

Jose Arlindo Pereira

CAPÍTULO 6

Uso de CalmaSANPlus® para a anestesia de juvenis de apaiari (*Astronotus ocellatus*) **127**

Gleidson Roberto Conceição De Albuquerque

Bruno Olivetti de Mattos

Aline dos Anjos Santos

Thaís Billalba Carvalho

CAPÍTULO 7

Ritmo diário da atividade locomotora em um ciclídeo ornamental, *Thorichthys meeki* **145**

Bianca de Jesus dos Santos

Bruno Olivetti de Mattos

Mariane Silva de Oliveira

João Victor Fraga Araújo

Jonathas Britto Macedo

Rafael Matos Magalhães Silva

José Fernando López-Olmeda

José António Oliver Hernandez

Thaís Billalba Carvalho

CAPÍTULO 8

Integração entre academia e gestão ambiental: desafios e potencialidades no monitoramento da pesca de siris na Reserva Extrativista (RESEX) Marinha da Baía do Iguape 160

Yuri Costa

Gabriel Nunesmaia Rebouças

Ana Carla Leão Filardi

José Amorim Reis-Filho

Luan Castro

Gabriel Barros Gonçalves de Souza

CAPÍTULO 9

Viabilidade técnica e produtiva da fertirrigação por sulcos com efluentes de piscicultura no cultivo de milho 195

Rivã Ribeiro do Nascimento França

Rodrigo de Oliveira Tavares

Bianca de Jesus dos Santos

Leopoldo Melo Barreto

Kelly Anselmo de Souza

Bruno Olivetti de Mattos

CAPÍTULO 10

Ocorrência de cianobactérias em sistemas de piscicultura:

uma revisão **235**

Pamela Silva Veiga

Joanna Karine Gomes de Oliveira

Carla Fernandes Macedo

CAPÍTULO 11

Qualidade da água em reservatórios com piscicultura intensiva **252**

Karine Rocha dos Anjos

Caroline Santos de Sousa

Gilvanda Lima dos Santos da Silva

Carla Fernandes Macedo

CAPÍTULO 12

Caracterização da água em uma região com piscicultura intensiva no Reservatório Pedra do Cavalo, BA **274**

Gilvanda Lima dos Santos da Silva

Caroline Santos de Sousa

Karine Rocha dos Anjos

Jamille Silva dos Santos

Bruno Olivetti de Mattos

Arielson dos Santos Protazio

Carla Fernandes Macedo

CAPÍTULO 13

Parasitos do baiacu, *Sphoeroides greeleyi*, da Ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia **295**

Ana Paula da Silva Celestino

Gislaine Guidelli

Jucimara dos Santos Mota

Washington Luiz Gomes Tavechio

CAPÍTULO 14

Fazendo contas na Colônia Z-92 **316**

Alessandra Bandeira de Azevedo

Ludmila Meira

Ana Paula da Silva

CAPÍTULO 15

Populações naturais: a diversidade genética como ferramenta de conservação da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) 338

Marcelo Lui Muricy Freire

Mile Ane Larissa Costa Muricy

Joemille Silva dos Santos

Soraia Barreto Aguiar Fonteles

CAPÍTULO 16

Variabilidade genética de duas espécies de siri do gênero *Callinectes* 356

Milena Silva de Souza

Joemille Silva dos Santos

Marcelo Lui Muricy Freire

Ricardo Franco Cunha Moreira

Soraia Barreto Aguiar Fonteles

Sobre os organizadores 377

Prefácio

No cenário brasileiro, as Ciências Agrárias desempenham um papel estratégico de grande relevância. Trata-se de um campo essencialmente multidisciplinar, no qual diferentes áreas do conhecimento dialogam e se complementam na busca por soluções sustentáveis voltadas à produção de alimentos e ao uso responsável dos recursos naturais. Nesse amplo universo, destacam-se algumas áreas como Agronomia, Zootecnia, Medicina Veterinária e a Engenharia de Pesca, que convergem em um propósito comum: integrar ciência, tecnologia e inovação para promover a produção e segurança alimentar, o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental.

Esse protagonismo das Ciências Agrárias é sustentado, sobretudo, pelos avanços científicos e tecnológicos, bem como pela forte integração entre pesquisa, ensino e extensão. Nesse contexto, a Engenharia de Pesca assume destaque, particularmente em um país com vasta disponibilidade hídrica e elevado potencial produtivo. Essa área atua diretamente na produção sustentável, no manejo de organismos aquáticos, na qualidade da água e na conservação dos ecossistemas, contribuindo significativamente para o enfrentamento dos desafios relacionados à segurança alimentar e às mudanças ambientais.

Esta obra intitulada *ENGENHARIA DE PESCA UFRB: UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR – INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE,* inserem-se nesse cenário como uma importante contribuição acadêmica e científica. Trata-se de uma coletânea de artigos multidisciplinares que evidenciam a diversidade e a complexidade das Ciências Agrárias, com especial enfoque nas interfaces com a Engenharia de Pesca e o meio ambiente. O livro reúne estudos que traduzem o conhecimento científico em

aplicações práticas, reforçando a conexão entre teoria e realidade produtiva e reafirmando o papel da ciência como instrumento de transformação social e desenvolvimento sustentável.

Ao longo desta obra, o leitor encontrará uma rica diversidade de temas que refletem os desafios e as inovações do setor. Os capítulos abordam aspectos como a qualidade da água, a sanidade de organismos aquáticos, a nutrição e a suplementação alimentar, a variabilidade genética e a estrutura populacional de espécies de interesse econômico, a gestão ambiental e de negócios, além da produção de alimentos e do aproveitamento sustentável de resíduos de pescado, alinhado aos princípios da economia circular.

Espera-se que esta obra proporcione ao leitor não apenas conhecimentos atualizados, mas também inspiração para reflexões, debates e investigações sobre a produção sustentável de organismos aquáticos. Que os temas aqui apresentados contribuam para o fortalecimento das Ciências Agrárias e para o desenvolvimento de soluções inovadoras que promovam o equilíbrio entre produção, conservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico.

Assim, esta obra reafirma o compromisso das Ciências Agrárias, em especial da Engenharia de Pesca, com a construção de um futuro mais sustentável, resiliente e integrado. Desejamos a todos e todas uma excelente leitura e muito aprendizado.

Marcelo Carneiro de Freitas
Docente da Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (CCAAB-UFRB)

José Arlindo Pereira
Docente da Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (CCAAB-UFRB)

Carta de apresentação

O presente trabalho tem como desafio sintetizar e, ao mesmo tempo, abranger uma ampla e relevante gama de temas voltados ao desenvolvimento da aquicultura na região do Recôncavo Baiano. Mais do que evidenciar sua importância, a obra reafirma a aquicultura como um modelo produtivo estratégico, resiliente e fundamental para o fortalecimento da produção de alimentos na região.

Inserida em um contexto de enorme biodiversidade e riqueza hídrica, a aquicultura no Recôncavo Baiano apresenta um potencial singular. A diversidade de espécies nativas e as múltiplas possibilidades de manejo representam não apenas desafios técnicos, mas sobretudo oportunidades para a construção de sistemas produtivos sustentáveis, adaptados às realidades locais e capazes de promover o uso responsável dos recursos naturais.

Nesse cenário, a aquicultura se consolida como uma atividade essencial para a promoção da segurança alimentar e nutricional, contribuindo para a oferta de proteína de alto valor biológico, acessível e de qualidade. Ao mesmo tempo, desempenha papel decisivo na geração de emprego e renda, especialmente em comunidades rurais e costeiras, fortalecendo economias locais e promovendo inclusão social.

O conhecimento técnico-científico apresentado nesta publicação é, portanto, elemento central para impulsionar esse desenvolvimento. Em um contexto global de crescente demanda por alimentos, torna-se imprescindível investir em estudos e tecnologias inovadoras e sustentáveis que ampliem a produção aquícola de forma equilibrada, considerando os aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Cabe destacar o papel fundamental das instituições públicas, da academia e dos diversos atores do setor na promoção de políticas, investimentos e estratégias que garantam

o crescimento ordenado e sustentável da aquicultura no Recôncavo Baiano. O fortalecimento de capacidades locais, a formação de recursos humanos e o incentivo à pesquisa são pilares indispensáveis para esse avanço.

Assim, apresentamos um marco na consolidação da aquicultura no Recôncavo Baiano como vetor de desenvolvimento sustentável, para ampliar e reforçar o papel da aquicultura como solução estratégica para os desafios contemporâneos de produção de alimentos, geração de renda e conservação ambiental.

É, portanto, com grande satisfação que apresento esta publicação em formato de E-book, com o título de *ENGENHARIA DE PESCA UFRB: UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR – INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE*, certa de sua relevante contribuição para o fortalecimento do setor e para o desenvolvimento sustentável da região.

Luciene Mignani

Diretora de Inovação para Agropecuária
Secretaria de Desenvolvimento Rural
Ministério da Agricultura e Pecuária

CAPÍTULO 1

Valorização de resíduos de pescado na produção de biojoias como estratégia de economia circular

Marcelo Carneiro de Freitas[1]
Roane São José Santana[2]
Caroline Santos de Sousa[3]
Edvaldo Madureira de Aquino Neto[4]

Resumo

O aproveitamento de resíduos de pescado constitui uma alternativa para reduzir impactos ambientais, agregar valor aos subprodutos da cadeia produtiva e contribuir para a geração de renda em comunidades pesqueiras. Este artigo aborda o potencial de utilização de escamas e couro de peixe na produção de biojoias, considerando os princípios da economia circular. A partir de revisão da literatura e de experiências desenvolvidas em projetos de pesquisa e extensão da Universidade

[1] Graduação, Mestrado e Doutorado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: marcfreitas@ufrb.edu.br.

[2] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestranda em Biossistemas, Programa de Pós-Graduação em Biossistemas, Universidade Federal do Sul da Bahia E-mail: roane.engpesca@gmail.com.

[3] Técnica em Aquicultura pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA). Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestranda em Engenharia Agrícola pela UFRB. E-mail: carolsousa213@gmail.com.

[4] Graduando em Engenharia de Pesca na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: netomadureira17@gmail.com.

Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), são apresentadas técnicas de beneficiamento de escamas, bem como as etapas do curtimento de peles de peixe para obtenção de couro destinado à confecção de acessórios e produtos artesanais. A produção de biojoias a partir de resíduos de pescado pode integrar aspectos ambientais, econômicos, sociais e culturais, fortalecendo o artesanato e a pesca artesanal. Entretanto, a consolidação dessa alternativa depende do aprimoramento das técnicas de beneficiamento, da organização das cadeias produtivas, da capacitação técnica, da infraestrutura para coleta e processamento dos resíduos e de políticas públicas de incentivo. Conclui-se que a valorização de escamas e couro de peixe apresenta potencial para contribuir com a economia circular, a redução de resíduos e a geração de oportunidades de trabalho e renda, especialmente por meio de ações de pesquisa, extensão e empreendedorismo em comunidades pesqueiras.
Palavras-chave: Economia circular. Processamento de pescado. Empreendedorismo.

Introdução

Os resíduos podem ser definidos como subprodutos remanescentes dos processos produtivos de atividades humanas e animais. Esses materiais podem ser classificados em dois grupos distintos. O primeiro é constituído por resíduos que podem ser descartados ou reaproveitados na produção de farinhas, óleos, silagens e compostagens de pescado, além de sua utilização como fertilizantes. O segundo grupo compreende materiais comestíveis, passíveis de aproveitamento na elaboração de produtos de maior valor agregado destinados à alimentação humana (Vidotti, 2011).

A indústria de beneficiamento de pescado aproveita, em sua maioria, somente o filé, descartando o restante dos resíduos, o que pode representar 50% da matéria prima, a exemplo das nadadeiras, cabeça, vísceras, coluna vertebral, escamas e restos de carne. Porém, há uma preocupação com o

desperdício de matéria prima, já que os resíduos são eliminados, na maioria das vezes, sem considerar os impactos ambientais ou sociais que eles irão causar (Feltes, 2010).

O descarte inadequado dos resíduos provenientes do beneficiamento do pescado em corpos hídricos favorece a proliferação de bactérias aeróbias. Para degradar a matéria orgânica presente, esses microrganismos consomem o oxigênio dissolvido no meio aquático, reduzindo sua concentração na água. Como consequência, pode ocorrer a morte por asfixia de peixes e de outros organismos aeróbios (Sucasas, 2011). Esses impactos resultam na degradação ambiental, afetando solo e água, resultando em riscos à saúde pública, como o surgimento de processos alérgicos, a propagação de doenças e a proliferação de insetos e odores desagradáveis (Moreira & Siqueira 2006).

Embora a decomposição de resíduos sólidos orgânicos possa causar impactos negativos, como o mau cheiro, a proliferação de vetores e a formação de ácidos orgânicos (Matos, 2005), seu uso adequado oferece benefícios significativos. Quando bem manejados, esses resíduos enriquecem o solo com matéria orgânica e nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, otimizando seus atributos químicos e físicos (Sousa et al., 2024)."

Os resíduos devidamente aproveitados podem gerar renda para os beneficiadores e evitaria que estes se tornassem mais fonte de impactos ambientais. Nessa perspectiva, pode-se afirmar que o primeiro passo para resolver essa situação seria mostrar a viabilidade econômica para as empresas de beneficiamento (Stevanato et al., 2001). O aproveitamento do resíduo de pescado traz vantagens para o comércio local e industrial, pois além de sanar o problema de eliminação de resíduos orgânicos, seu aproveitamento agrega valor ao que antes não tinha utilidade (Machado et al. 2020).

Mesmo com pesquisas sendo desenvolvidas para

otimizar o gerenciamento dos resíduos de pescado, grande parte dessa cadeia, principalmente a da pesca artesanal e de indústrias de beneficiamento de pequeno porte continuam realizando o descarte inadequado dos resíduos, ocasionado sérios problemas ambientais (Pinto et al., 2017).

Nesse sentido, a economia circular propõe uma transformação duradoura que minimiza o impacto ambiental das ações humanas (Machado et al., 2020). Diferente do modelo linear, este ciclo utiliza a logística reversa para que insumos sejam reutilizados, recuperados ou reciclados. O objetivo é converter resíduos em novos produtos, fechando o ciclo de produção em vez de descartá-los como rejeitos. O aproveitamento do resíduo de pescado traz vantagens para o comércio local e industrial, pois além de sanar o problema de eliminação de resíduos orgânicos, seu aproveitamento agrega valor ao que antes não tinha utilidade (Machado et al. 2020).

Este artigo retrata o conteúdo de diversas referências sobre o tema, aliados aos trabalhos em projetos de pesquisa, do Curso de Engenharia de Pesca de Pesca da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, realizados pelos autores.

Resíduos de pescado com potencial para biojoias

Biojoias podem ser definidas como adornos que associam materiais naturais e materiais nobres, porém, não há um consenso sobre a definição. Alguns especialistas definem qualquer acessório de moda como colares, brincos, pulseiras, entre outros, produzidos a partir de matéria-prima natural, como sementes, fibras, coco, madeira etc. Entre os principais acessórios produzidos, podem ser destacados os auriculares, cintos, colares, braceletes, peitorais, braçadeiras, pulseiras, tornozeleiras, bolsas, entre outros (Menezes, Muller e Alves, 2017).

As biojoias se caracterizam pela valorização da cultura brasileira, pois se identificam e resgatam elementos da história, crenças, valores e tradições do povo brasileiro, considerando aspectos regionais (SEBRAE, 2012). Esses adereços podem ser criados por artesãos, mas o mercado empreendedor já conta com o biodesigner, que é um profissional que assessora a produção, garantindo que a extração de insumos respeite parâmetros de responsabilidade ambiental e orientando sobre os cuidados técnicos necessários para assegurar a qualidade e a durabilidade das peças (Ramalho de Souza et al., 2012).

O artesanato é importante para o cotidiano das comunidades tradicionais, a partir de sua criatividade e necessidades, cada cultura transforma recursos naturais em diversos produtos, geralmente, essa produção possui caráter familiar, servindo tanto ao uso doméstico quanto à geração de renda para as famílias, contribuindo para a melhoria na qualidade de vida.

O mercado de biojoias é um mercado em expansão e com potencial de exportação. A beleza e originalidade das biojoias, bem como a vertente da sustentabilidade aliada ao desenvolvimento dos produtos, atraem consumidores, fazendo crescer a demanda por sua comercialização. Sendo assim, uma atividade sustentável ao se desenvolver como um empreendimento economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo (SEBRAE, 2012).

O comércio sustentável deve pautar-se pelos princípios do desenvolvimento sustentável, o que implica na prática de preços justos sem abdicar da eficiência econômica. Adicionalmente, é fundamental o estrito cumprimento dos requisitos legais e institucionais da atividade, bem como a transparência junto aos consumidores acerca das práticas de produção e comercialização adotadas (Neto et al., 2016).

No modelo de economia circular, o ciclo produtivo propõe que os materiais por meio da logística reversa, através

da reutilização, recuperação e/ou reciclagem dos materiais se transformem em novos produtos, fechando, assim, o ciclo de produção em vez de serem descartados como lixo (Machado et al., 2020).

O beneficiamento de resíduos pesqueiros surge como uma alternativa sustentável para reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado em lixões, aterros e margens de açudes. As escamas, reconhecidas por sua alta qualidade e durabilidade, tornam-se matéria-prima para o artesanato. Esse aproveitamento gera renda, promove a equidade e fortalece a pesca artesanal nas comunidades (Costa et al., 2016).

Nos estudos de Praia et al. (2020), propuseram como alternativa para o aproveitamento dos resíduos pesqueiros, através da utilização de escamas para confecção de biojoias, sendo confeccionados colares, pulseiras e brincos, podendo ser uma alternativa de renda extra para a comunidade. Vidal-Campello et al. (2020) utilizaram escamas e couro ecológico de tilápia tendo como ferramenta o ecodesign, aproveitando a matéria-prima para o desenvolvimento de biojoias e outros artigos artesanais de decoração.

Arte com escamas: processos e técnicas de produção

O revestimento externo ou tegumento dos peixes é composto por duas camadas: a epiderme, externa de função protetora, e a derme, interna germinativa. Dependendo da espécie ou do grupo de peixes, diversos anexos cutâneos podem estar presentes na derme, tais como glândulas, escamas, placas ósseas, entre outros. A derme da maioria das ordens de peixes possui escamas que variam em seus tipos morfológicos, podendo ser ganoide, óssea (este tipo podendo ser ctenoide ou cicloide) e placoide. Estas escamas arranjam-se em fileiras sobrepostas de forma a cobrir o corpo todo do animal (Moro et

al, 2013).

As escamas ósseas permitem maior flexibilidade do corpo e são encontradas nos teleósteos viventes, sendo compostas por duas finas camadas translúcidas: uma camada superficial óssea calcificada (principalmente fosfato e carbonato de cálcio (Ca3(PO4)2, CaCO3) e outra profunda formada basicamente por colágeno: a camada fibrosa (Bemvenuti; Fischer, 2010).

As escamas podem ser obtidas no comércio local, no processo de descamação das peixarias e acondicionadas em recipientes plásticos, separadamente por espécies para posterior higienização. Para que as escamas sejam utilizadas para uso em artesanato é importante que sejam higienizadas para remoção de materiais orgânicos aderidos e eliminação de odores desagradáveis. As escamas coletadas devem ser inicialmente lavadas para remover resíduos aderidos e depois secadas para sua utilização no artesanato.

O processo de limpeza pode seguir dois ciclos de lavagem em água corrente para retirada de impurezas, sendo que para desodorização e desinfecção, as escamas podem ser imersas por 12 horas em solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, na proporção de 100 mL de água sanitária para 1000 mL de água potável (Figura 1). Após esse tratamento, deve ser realizada nova lavagem em água corrente para eliminar os resíduos químicos e posterior secagem a sombra, dispostas em papel absorvente, com troca frequente, até estarem totalmente secas (Freitas et al., 2024).

Ao final do processo de limpeza, as escamas podem adquirir colorações diferentes, de acordo com o tipo de escama a ser utilizada. No trabalho de Costa et al. (2016), variaram de branca opaca para o camurupim (*Megalops atlanticus*); amarelada opaca para cioba (*Lutjanus analis*) e pescada (*Cynoscion spp.*). Além disso, apresentaram textura lisa e rigidez após secagem para as espécies cioba, pescada e camurupim.

Figura 1 - Processo de lavagem: 1) separação e descongelamento; 2) lavagem em água corrente; 3) preparação da solução com água sanitária; 4 e 5) escamas de molho por 12 horas; 6) escamas após o molho; 7) lavagem final; 8) secagem.



Fonte: Modelo de fluxograma produzido pela IA Gemini.

O processo de tingimento de escamas de peixes consiste em uma etapa de beneficiamento que visa agregar valor estético e ampliar as possibilidades de aplicação desse material nos produtos artesanais. Além disso, o tingimento possibilita a diversificação de cores e padrões, tornando o material mais atrativo para aplicações como biojoias, artesanato e design sustentável.

O procedimento de coloração das escamas geralmente envolve a preparação de uma solução aquosa de corante, na qual as escamas são imersas por um período determinado, permitindo a absorção homogênea da pigmentação. Após os processos prévios de limpeza, desodorização e secagem, as escamas podem ser submetidas à coloração utilizando corantes, sendo a anilina um dos mais empregados devido à sua fácil manipulação, baixo custo e boa capacidade de fixação (Figura 2).

Figura 2 - Escamas coloridas com corantes sintéticos.



Fonte: Projetos de pesquisa dos autores.

Os corantes naturais também podem ser utilizados, apresentando um resultado satisfatório, de baixo custo e fácil metodologia, deixando as escamas com uma colocação mais natural (Veiga, 2015). Além disso, corantes alimentícios já foram utilizados para colorir escamas, evitando a utilização de substâncias químicas corantes, que possam ser mais ofensivas ao uso, promovendo ainda a conscientização sobre a exploração responsável de materiais alternativos (Araújo et al., 2024).

O tempo de exposição, a concentração do corante e a temperatura da solução são fatores que influenciam diretamente a intensidade e uniformidade da coloração, principalmente dependendo do tipo de corante a ser utilizado. Após o tingimento, as escamas passam por etapas de lavagem para remoção do excesso de corante e, posteriormente, são secas em temperatura ambiente ou em estufas para melhor fixação da cor e para serem utilizadas no artesanato.

Para o tingimento natural, podem ser utilizados corantes naturais extraídos de vegetais, a exemplo do chá verde, angico, carqueja, sene, amora miúra, barbatimão, chá de casca de cebola. No trabalho de Veiga et al. (2015), foram utilizadas espécies como: *Morus nigra* (amora miúra), *Parapiptadenia rigida* (angico), *Stryphnodendrun barbadetiman* (barbatimão) e *Baccharis trimera* (carqueja). As escamas tingidas apresentaram aspecto homogêneo, diferenciando a cor através

do uso de cada vegetal diferente e também houve a fixação adequada da cor na peça, consistindo assim, uma metodologia perfeitamente adequada a coloração das escamas de peixes.

No trabalho de Santana (2023), para o tingimento natural, foram utilizados extratos de aroeira (*Schinus terebinthifolia*), barbatimão (*Stryphnodendrun barbadetiman*), cacau (*Theobroma cacao*), chá verde (*Camellia sinensis*) e hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.), os quais foram eficientes, de acordo com a quantidade de extrato colocado, apresentando de cores claras a fortes, diferenciadas de acordo com a concentração do tipo de extrato vegetal utilizado (Figura 3).

Figura 3 - Escamas coloridas com extratos naturais hibiscus (à esquerda) e aroeira (à direita).



Fonte: Projetos de pesquisa dos autores.

A coloração das escamas é variável dependendo do tipo e concentração do corante a ser utilizado e ainda da constituição física da escama, podendo resultar em escamas de cores vibrantes até cores mais opacas de tom suave, permitindo serem utilizadas em diversos adornos, com a possibilidade de escolha de cores pela pessoa que irá utilizar.

Arte com couro de peixe: processos e técnicas de produção

Iniciada na década de 1970, a produção de couro de peixe no Brasil converte resíduos da pesca em materiais nobres e ecológicos. Essa alternativa sustentável entrega a mesma resistência do couro tradicional. O diferencial competitivo reside no processo de curtimento das peles com escamas, que resulta em uma textura exclusiva e de alta durabilidade, tais características conferem ao material um aspecto primoroso, ideal para produtos de alto valor agregado no mercado de moda e acessórios (Ávila, 2018). As peles de peixes são consideradas como um couro exótico e inovador, com aceitação em vários segmentos da confecção (Ingram e Dixon, 1994).

A pele é um subproduto que representa 10% dos resíduos dos peixes e uma aplicação viável para este material é o curtimento, produto este que é uma opção viável de tratamento do resíduo com grande potencial de estudo, além de ser uma inovação nas indústrias de confecções (Matiucci et al., 2021). Fonseca e Fonasier (2006) salientaram que o couro de peixe tem a vantagem de ser um produto resistente e que após seu curtimento, possui características de difícil imitação, o que garante um produto peculiar, de textura e aspecto diferenciado.

A resistência do couro é determinada por diversos fatores, dentre os quais se destacam a espécie de peixe, a idade e o peso do animal, a orientação estrutural da pele (sentido transversal ou longitudinal), as condições de conservação da matéria-prima e o método de curtimento empregado (Gondim et al., 2015).

Para cada espécie de peixe, o curtimento, sua resistência e seu desenho de flor (formado pelas lamélulas de proteção e inserção de escamas), resultam em uma matéria-prima de qualidade e de aspecto peculiar inimitável. O couro de tilápia apresenta um desenho de flor com lamélulas de proteção e

inserção das escamas com maior definição em tamanho e comprimento. O couro de pacu e tambaqui, por sua vez, apresenta um desenho de flor mais suave, ou seja, com lamélulas de menor tamanho e abertura, entretanto, as da pele do pacu são bem menores que as de tambaqui (Franco et al., 2013). A idade e tamanho do peixe também afetam a qualidade do couro (Price, 2005).

Etapas do curtimento de pele de peixe

O processo de curtimento artesanal de peles de peixe, adaptando protocolos clássicos, seguem as seguintes etapas (Figura 5): descongelamento, lavagem, descarne, remolho, caleiro, desencalagem, purga, curtimento, neutralização, tingimento, secagem e amaciamento (Hoinacki, 1989; Souza, 2004; Gondim et al, 2015). As etapas podem ser descritas da seguinte forma:

1) Preparo (1 a 4): A pele é descongelada e lavada para remover impurezas. O descarne remove restos de carne e gordura, enquanto o remolho devolve a umidade natural à pele.
2) Limpeza química (5 a 7): No caleiro, utiliza-se cal para remover escamas e expandir as fibras. A desencalagem e a purga removem os resíduos químicos e enzimas, preparando a estrutura para receber os agentes curtentes.
3) Transformação (8 e 9): O curtimento é a etapa crucial onde a pele se torna imputrescível através de agentes minerais (como cromo) ou vegetais (taninos) (Figura 6). A neutralização ajusta o pH para as etapas finais.
4) Acabamento (10 a 12): O tingimento confere a cor desejada ao couro (Figura 7). Após a secagem controlada, o amaciamento mecânico garante que o produto final tenha a flexibilidade necessária para a

confecção de acessórios e vestuário.

Figura 4 - Fluxograma do processo de curtimento de pele de peixe.



Fonte: Figura criada pelo assistente de IA Google Gemini.

Figura 5 - Couro de tilápia curtido com tanino vegetal de *Eucalyptus citriodora*.



Fonte: Projetos de pesquisa dos autores.

Figura 6 - Couro de tilápia tingido com corantes artificiais.



Fonte: Projetos de pesquisa dos autores.

O curtimento de pele de peixe com agentes minerais, especialmente o cromo, é o método mais utilizado industrialmente, devido à sua rapidez e baixo custo, resultando em um couro macio, versátil e resistente ao calor. O processo utiliza sais de cromo trivalente que se ligam às fibras de colágeno da pele, impedindo sua decomposição. Embora o cromo seja eficiente, ele não é biodegradável, por isso, alguns projetos brasileiros buscam alternativas como o curtimento vegetal ou o uso de amaciantes biodegradáveis para criar um produto "eco-friendly" (Melnikov e Freitas, 2006; Godoy et al. 2010).

O curtimento vegetal fundamentado em taninos oferece vantagens ambientais e tecnológicas significativas, além de demonstrarem desempenho físico-químico otimizado em relação a métodos de curtimento alternativos. Do ponto de vista ecológico, o processo destaca-se pela biodegradabilidade de seus resíduos, o que viabiliza a destinação para compostagem e produção de fertilizantes orgânicos. Tecnologicamente, o método apresenta baixa toxicidade dermatológica, alta afinidade com os substratos proteicos e confere propriedades estéticas superiores, como o incremento do brilho superficial (Lovo e Rosa, 2008).

O método de curtimento ecológico com tanino vegetal, torna-os ambientalmente corretos, diminuindo o impacto no

meio ambiente e ainda assim, conferindo qualidade ao produto, consequentemente ocorrendo aumento de aceitação do produto pelo mercado da confecção em geral. É recomendado que curtimento de peles de peixes de diferentes espécies sejam realizados separadamente, pois cada espécie tem suas particularidades, necessitando de diferentes tempos ou ações durante o processo de curtimento (Souza et al., 2021).

No processo de curtimento de pele de peixe, a ausência de maciez, elasticidade e flexibilidade na textura do couro e a heterogeneidade em coloração podem impossibilitar a utilização deste couro em escala industrial, mas estimula-se o seu uso para produção de artigos de artesanato e acessórios (Franco et al., 2024).

Técnicas de produção de biojoias

A biojoia caracteriza-se como um adorno confeccionado com materiais orgânicos, a exemplo de sementes, fibras naturais, frutos secos, ossos, conchas e outros subprodutos da natureza. Seu diferencial reside no compromisso socioambiental. Os insumos são obtidos via extrativismo sustentável, assegurando que o processo produtivo minimize impactos ecológicos e promova a conservação dos recursos naturais (Menezes et al., 2017).

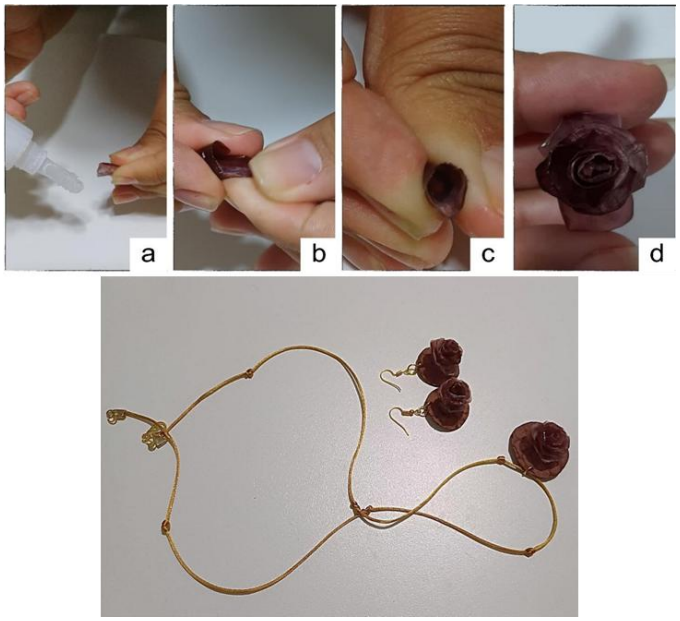
Para a confecção de biojoias com escamas de peixes, podem ser utilizados materiais de fabricação de bijuterias, que são obtidos no comércio local, facilitando o acesso para artesãos populares, através de acessórios para fabricação de pulseiras, brincos e colares. As escamas podem ser utilizadas de forma separada ou sobrepostas, formando características diferenciadas, a exemplo de flores, através da colagem de escamas em formato de espiral, e formando-se a flor a partir de uma base de escama arredondada (Santana, 2023; Costa et al., 2016). A peça produzida de escama pode ser adaptada a outras

peças de bijuterias, como cordões, argolas e fechos para produzir colares, pulseiras e brincos (Figura 4).

Na produção de biojoias, há o predomínio da utilização de materiais de origem natural. A união destes elementos com outros acessórios, tais como arames, aço e ferro são reconhecidos como "joias naturais". Trata-se, portanto, de criações artísticas tipicamente brasileiras, que aproveitam a riqueza de cores, texturas e formas para criação de peças com valor agregado, promovendo a sustentabilidade e valorização cultural (Neto et al., 2016). A utilização de escamas e couro ecológico de peixe utilizando o princípio do ecodesign, pode ser uma estratégia de transformação de subprodutos do pescado em insumos para a confecção de biojoias e peças de decoração, promovendo a valorização do artesanato local. Essa prática otimiza o uso da matéria-prima e diversifica as fontes de renda dentro da cadeia produtiva. (Vidal-Campello et al., 2020).

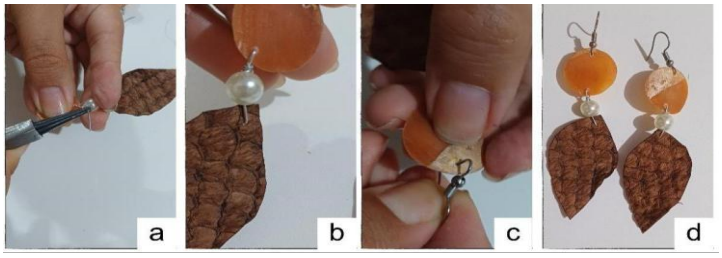
Santana (2023) confeccionou brincos utilizando escamas de camurupim e couro de tilápia, para isso, fez moldes para definir o desenho das peças e fez os devidos recortes na escama e no couro, utilizando ainda, arame, duas pérolas e dois anzóis, finalizando com os acabamentos necessários (Figura 8). Sousa et al. (2026) também confeccionou biojoias a partir de couro de tilápia, que incluíram brincos, pulseiras e colares para servirem de mostruário a ser apresentado em trabalhos de extensão para comunidades pesqueiras tradicionais, com o objetivo de transmitir a técnica de curtimento e a fabricação de biojoias (Figura 9 e 10).

Figura 7 - Confecção de uma peça em formato de rosa: a e b) Início da confecção de um botão de rosa; c) escamas sobrepostas formando a rosa; d) botão de rosa com escamas. Conjunto de colar e brincos produzidos (abaixo).



Fonte: Adaptado de Santana (2023).

Figura 8 - Etapa final da confecção de um brinco utilizando escama e couro de peixe: a) Junção da peça de escama com o couro de peixe; b) Detalhe da junção da peça de escama e couro de peixe; c) Inserção do anzol para brinco; d) Par de brincos confeccionados.



Fonte: Santana (2023).

Figura 9 - Mostruário de bijuterias confeccionadas, utilizando o couro de peixe.



Fonte: Projetos de pesquisa dos autores.

Economia circular no aproveitamento de resíduos de pescado

A economia circular é um modelo centrado na recirculação de fluxos de matéria e energia para mitigar a geração de resíduos. O conceito fundamenta-se na resiliência do sistema e possui aplicabilidade multiescalar, podendo ser aplicado a grandes e pequenos negócios, abrangendo desde microestruturas individuais até sistemas globais de produção e consumo (CNI, 2019). Esse modelo de economia materializa-se por meio da redução da extração de recursos, do estímulo à reutilização e da eficiência operacional, aliados à inovação nos modelos de negócios. Atualmente, a economia circular difunde princípios que integram dimensões não apenas ambientais, mas também políticas, econômicas e sociais (Santos et al., 2023).

A gestão e o aproveitamento dos resíduos de pescado enfrentam barreiras que vão desde a logística de coleta até a falta de conhecimento técnico especializado. Embora cerca de 50% a 70% da matéria-prima processada na indústria pesqueira resulte em resíduos, uma parte significativa ainda é descartada de forma inadequada, causando sérios impactos ambientais e perda de nutrientes valiosos.

O aproveitamento integral do pescado enfrenta desafios multidimensionais que comprometem a sustentabilidade da cadeia produtiva. A transição para um modelo de economia circular é dificultada pelo limitado domínio técnico e sanitário, tanto por parte da iniciativa privada, quanto de órgãos governamentais acerca dos processos de transformação de descartes em coprodutos seguros. Soma-se a isso, a complexidade logística, dada a necessidade de infraestruturas robustas que preservem a integridade biológica dos resíduos dispersos em mercados e indústrias. Do ponto de vista econômico, a viabilidade do setor depende da agregação de valor real aos subprodutos para mitigar custos operacionais que, de outro modo, oneram o produto principal.

Por fim, a ausência de marcos regulatórios específicos e políticas públicas de incentivo ao reuso configura-se como um entrave institucional que retarda a implementação de práticas regenerativas e o fortalecimento da bioeconomia no setor pesqueiro. O resíduo de pescado apresenta expressivo potencial qualitativo para a geração de coprodutos, contrastando com o seu atual descarte em aterros saturados. Para viabilizar a economia circular no setor, é fundamental estabelecer arranjos produtivos locais e um sistema de gerência de resíduos, integrando agentes políticos e sociais em prol da sustentabilidade e do crescimento econômico (Machado et al., 2020).

A implementação da economia circular na pesca artesanal constitui uma oportunidade estratégica para

converter vulnerabilidades setoriais em potencialidades de desenvolvimento. Além de fomentar a inovação e a geração de renda, essa abordagem viabiliza a conservação de recursos naturais e a preservação da identidade cultural. É recomendado que estudos futuros aprofundem a análise sobre as cadeias de valor locais e que sejam estruturadas políticas públicas que incentivem sistematicamente práticas circulares (Silva & Santos, 2025).

A extensão universitária desempenha um papel essencial no contexto da economia circular, ao promover a aplicação de tecnologias simples de curtimento com materiais acessíveis das comunidades, aliado ao trabalho artesanal de confecção de bijuterias e biojoias (Sousa et al., 2016). Freitas et al. (2024) ressaltam que os trabalhos extensionistas com as pescadoras, através de oficinas e reuniões, poderá contribuir para o empreendedorismo dessas profissionais, pois ensinará de forma didática a aplicabilidade da técnica de artesanato, utilizando uma matéria prima de baixo custo, produtos de alta qualidade, utilidade e durabilidade.

Referências

ARAÚJO, M. A. S.; XAVIER, M. V. S.; PEREIRA, K. L. G. Escamas de peixe: coloração com corantes alternativos. **Anais do X CONEDU - Congresso Nacional de Educação**, ISSN: 2358-8829. 2024.

ÁVILA, M. E. **A contribuição do curtume da pele do peixe para a sustentabilidade no município de Balneário Pinhal**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, 2018.

BEMVENUTI, M. A.; FISCHER, L. G. Peixes: morfologia e adaptações. **Caderno de Ecologia Aquática**. v.5, n.2, p. 31-54, 2010.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Economia circular**: caminho estratégico / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 68 p.: il. 2019.

COSTA, W. M. et al. Aproveitamento de resíduos de pescado: o artesanato com escamas de peixe. **Revista de Ciência e Extensão**, v. 12, n. 2, p. 8-17, 2016.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p. 669 – 677, 2010. Versão online. DOI: 10.1590/S1415-43662010000600014.

FONSECA, A.; FONASIER, J. P. Couro de peixe: produtos de moda sustentáveis. In: **2º Colóquio Nacional de Moda, Salvador**, 2006. **Anais**... Salvador: ABEPEM, 2006.

FRANCO, M. G.; CALDAS, J. M. A.; FREITAS, L. S.; MATÃO, F. A.; JESUS, G. S.; TELES, A. M.; FIGUEIREDO, M. B.; ANTÔNIO, Í. G.; BEZERRA, D. C.; BEZERRA, N. P. C. Curtimento de pele de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) com utilização de material vegetal disponível na biodiversidade maranhense. In: Carlos Alberto Martins Cordeiro, Adriana Cristina Bordignon, Norma Suely Evangelista-Barreto (Organizadores). **Ciência e tecnologia do pescado**: tópicos atuais em pesquisa. Volume 3. Guarujá-SP: Científica Digital, 2024. p.8-25.

FRANCO, M.L.R.S.; FRANCO, N.P.; GASPARINO, E.; DORADO, D.M.; PRADO, M.; VESCO, A.P.D. Comparação das peles de tilápia do Nilo, pacu e tambaqui: histologia, composição e resistência. **Arch. Zootec**, v. 62, n. 237, p. 21-32. 2013.

FREITAS, M. C.; SANTANA, R. S. J.; SILVA, G. L. S. Artesanato com escamas de peixes: Uma alternativa para o descarte de resíduos de pescado e agregação de renda para pescadoras de comunidades pesqueiras tradicionais. **Revista Extensão e Cultura da UFRB**, 25ª edição, v.1, p. 108-119. 2024.

FREITAS, T. C. M.; MELNIKOV, P. O uso e os impactos da reciclagem de cromo em indústrias de curtume em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 305-310, out./dez. 2006.

GODOY, L. C.; GASPARINO, E.; FRANCO, M.L.R.S.; FRANCO, N.P.; DOURADO, D. M. Testes físico-mecânicos e físico-químicos do couro

da tilápia vermelha. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 62, n. 2, p.475-480, 2010.

GONDIM, R. D. et al. Curtimento artesanal de couro de tilápia (*Oreochromis* sp.) a partir de três curtentes naturais. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 9, n. 2, p. 172-184, 2015.

HOINACKI, E. **Peles e couros - origens, defeitos e industrialização**. 2.ed.rev. Porto Alegre: Henrique D'Ávila Bertaso, 1989. 319p.

INGRAM, P.; DIXON, G. **Fish leather: a new industry? The Leather Conservation Centre**, Northampton, 1994. 32 p.

LOVO, E. & ROSA, T. M. (2008). Ecodesign: o calçado ecológico economicamente viável. In: **Feira SENAI Paulista de Inovação Tecnológica – Inova SENAI**., 2008.

MACHADO, T. M.; CATAPRETA, L. C.; FURLAN, É. F.; NEIVA, C. R. P. Economia circular e resíduo de pescado. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. v. 55, n. 4, p. 525-535, mai. 2020. DOI: 10.5327/Z2176-947820200677.

MATIUCCI, M. A.; FEIHRMANN, A. C.; OLIVEIRA, G. G.; CORRÊA, S. S. Qualidade de resistência de peles de tilápia e salmão submetidas ao processo de curtimento com tanino vegetal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8. 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17242.

MATOS, S. de S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 24 p.

MENEZES, G. V.; MULLER, A. C.; ALVES, J. D. S. Aproveitamento de resíduos de pescado para elaboração de subprodutos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA**, 20., 2017, Florianópolis. Anais... Florianópolis: CONBEP, 2017.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MORO, G. V.; RODRIGUES, A. P. O.; TORATI, L. S.; BARROSO, R. M.; LUNDSTEDT, L. M. Anatomia e fisiologia de peixes de água doce. **Piscicultura de água doce - Multiplicando conhecimentos, capítulo 2**, Brasília, DF: Embrapa, 440 p. 2013.

NETO, et al. A. D. L. Apostila do Curso: Artesão com biojóias. **PRONATEC**, Fortaleza-CE, p.76, 2016.

PINTO, V., V., B. et al. O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**. Curitiba, PR, v.2, n.2, 15, jul./dez., 2017.

PRAIA, M. N. et al. Mercado de Breves, Marajó, Pará: perfil socioeconômico, ambiental e aproveitamento de resíduos de tambaqui para biojoias. **PUBVET**, v.14, n.1, a493, p.1-12, jan., 2020. DOI: 10.31533/pubvet.v14n1a493.1-12.

PRICE, S. **Opções de valor agregado: pesquisa para o desenvolvimento de adaptações apropriadas para os pesqueiros artesanais da área de Três Marias, Brasil.** Tradução de C. L. de Castro. Canadá: World Fisheries Trust, 2005. 67 p. Relatório.

RAMALHO, S. P. de; PINHEIRO, J. F.; RODRIGUES, A. A.; SOUZA, D. C. Empreendedorismo e desenvolvimento local: o caso da produção de biojoias na Amazônia. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, maio 2012.

SANTANA, R. S. J. **Utilização de escamas de peixes para produção de biojoias**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 68p. 2023.

SANTOS, A. L. M. S.; OLIVEIRA, L. H.; SILVA, L. B.; VIEIRA, R. S. O Conceito de Economia Circular: Uma Nova Abordagem para a Sustentabilidade Econômica e Ambiental. **Revista Interdisciplinar do Vale do Araguaia – REIVA**, v. 6, n. 04, 2023.

SEBRAE. **Produção de Biojoias. Ideias de negócios sustentáveis**, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, Brasília – DF, 64p. 2012.

SILVA, L. T. F.; LIMA, A. S. A INTEGRAÇÃO DA PESCA ARTESANAL COM A ECONOMIA CIRCULAR: POSSIBILIDADES PARA A SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA. In: **II Congresso Brasileiro de Economia Social, Solidária e Cooperativismo** - Universidade Federal de Alagoas, Auditório da Reitoria, Campus A. C. Simões - Maceió, AL, 2025.

SOUSA, C. S. et al. 2026. A utilização do couro de peixe, para produção de produtos artesanais, como renda alternativa para pescadoras de comunidades pesqueiras tradicionais. **Actapesca**, v.4 p.85-91. DOI: 10.46732/Actafish.24.85-91.

SOUSA, S. J. M.; RIBEIRO, D. P.; JESUS, P. P.; AZEVEDO, G. A. Aproveitamento de resíduos de pescado para produção de adubos orgânicos na agricultura: revisão de literatura. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 9, 2024. ISSN 2178-6925.

SOUZA, M. L. R. et al. Morfologia, composição centesimal e alterações ocorridas no processo de curtimento da pele da tilápia do Nilo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, e35810817240, 2021.

SOUZA, M.L.R. et al. Diferentes técnicas de recurtimento em peles de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): qualidade de resistência. **Ensaios Cienc**., Campo Grande, v. 8, n. 2, p. 195, 2004.

STEVANATO, F. B. et al. Aproveitamento de resíduos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de farinha de peixe. **Revista Unimar**, v. 23, n. 1, p. 11-14, 2001.

SUCASAS, L. F. R. Avaliação do resíduo do processamento de pescado e desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva. **Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente** – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 166 f. 2011.

VEIGA, M. C. M. et al. Tingimento natural: Alternativa ecológica no aproveitamento de escamas de peixes. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

VIDAL-CAMPELLO, J. M. A. et al. Aproveitamento de resíduos de Tilápia como alternativa para o desenvolvimento local da comunidade do Açude Saco I, Serra Talhada- PE. **Revista Extensão e Cidadania**. v. 8, n. 14, p. 45-59, jul./dez. 2020. DOI: 10.22481/recuesb.v8i14.7818.

VIDOTTI, R. M. Silagem de Pescado. In: GONÇALVES, A. A. (Org.). **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Atheneu, 2011. p. 399 – 406.

CAPÍTULO 2

Preferência alimentar e efeitos metabólicos da suplementação com *Arthrospira platensis* em dietas para *Macrobrachium amazonicum*

Elaine Pereira Sodré[5]
André Luís Pereira de Jesus Júnior[6]
Rafael Queiroz-Anjos[7]
Mariana Cutolo de Araujo[8]

Resumo

Neste estudo foram avaliados os efeitos metabólicos da suplementação com níveis crescentes de *Arthrospira platensis* (0, 1, 2 e 4%) em dietas isoproteicas (37% PB) para juvenis de *Macrobrachium amazonicum*. No experimento (DIC com 4 tratamentos e 3 repetições cada; 50 dias) foi utilizado 12 unidades de 20 L (densidade de 0,8

[5] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: sodre@ufrb.edu.br.

[6] [2]Graduação em Engenharia de Pesca e Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: andresufrb@gmail.br.

[7] Graduação em Engenharia de Pesca e Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Docente Auxilar na Universidade do Estado da Bahia (UNEB). E-mail: engpesca.queiroz@gmail.com.

[8] Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Mestrado e Doutorado em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (CAUNESP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: mcarcino@ufrb.edu.br.

camarões/L), e foi analisado o desempenho zootécnico (ganho de peso, taxa de crescimento específica, eficiência alimentar, índice hepatossomático e sobrevivência), o consumo de O2 (respirometria), a excreção de nitrogênio amoniacal total e a preferência alimentar. A suplementação de 4% melhorou o ganho de peso, a taxa de crescimento específica e a eficiência alimentar ($p < 0,05$) sem alterar o índice hepatossomático e a sobrevivência ($p > 0,05$). O consumo de O2 tanto em jejum quanto pós-alimentação e a excreção de nitrogênio amoniacal total ($p < 0,05$) foram menores com a crescente inclusão de espirulina. A maior preferência alimentar foi pela dieta com 4% de espirulina ($p < 0,05$). Os resultados indicam que a *A. platensis* otimiza o desempenho zootécnico e o metabolismo da espécie, e também aumenta a atratividade da dieta, atuando como suplemento multifuncional. O nível de 4% é promissor para rações sustentáveis em carcinicultura de *M. amazonicum*, demandando validação prática.
Palavras-chave: Camarão-da-amazônia. Excreção nitrogenada. Metabolismo respiratório. Seleção de dietas.

Introdução

O camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) é uma espécie nativa de elevada importância ecológica e econômica, especialmente na região Norte do Brasil. Sua rusticidade, rápido crescimento e alta taxa de reprodução o tornam uma alternativa promissora para sistemas de cultivo de pequena e média escala, gerando emprego e renda para comunidades ribeirinhas e produtores (Maciel e Valenti, 2009). No entanto, para que o cultivo da espécie possa alcançar o seu potencial, é fundamental desenvolver estratégias nutricionais que otimizem o desempenho zootécnico e o metabolismo da espécie, ao mesmo tempo que reduzam os impactos ambientais da atividade.

Dentre os ingredientes funcionais que vêm sendo estudados na nutrição aquícola, a cianobactéria *Arthrospira platensis* (conhecida popularmente como espirulina) destaca-se por seu excelente perfil nutricional. Esta é rica em proteínas (55-

70% da matéria seca), com perfil balanceado de aminoácidos essenciais (Marjanović et al., 2024). Além do seu perfil proteico, a espirulina é uma excelente fonte de compostos bioativos, como a ficocianina e carotenoides, que são associados a propriedades antioxidantes, os quais têm o potencial de modular e otimizar o metabolismo de crustáceos (Chen et al., 2016; Spínola et al., 2024).

Ainda que estudos prévios tenham demonstrado que o uso da espirulina como ingrediente em dietas favorecem o crescimento de camarões (Radhakrishnan et al., 2016; Pakravan et al., 2017), faltam pesquisas que avaliem esse efeito da espirulina em dietas para o *M. amazonicum*. Além dos efeitos metabólicos associados à respiração e à excreção de nitrogênio amoniacal e à preferência alimentar, visando contribuir com o uso estratégico desse ingrediente na alimentação da espécie.

Diante desse contexto, objetivou-se, no presente estudo, avaliar os efeitos metabólicos da suplementação com níveis crescentes (0, 1, 2 e 4%) de *A. platensis* em dietas para juvenis de *M. amazonicum*. Especificamente, buscou-se determinar o impacto da inclusão sobre o desempenho zootécnico (ganho de peso, taxa de crescimento específica, eficiência alimentar, índice hepatossomático e sobrevivência), o consumo de oxigênio (em jejum e em animais alimentados), a excreção de nitrogênio amoniacal total e a preferência alimentar entre a dieta controle (0%) e a dieta com maior nível de suplementação (4%). A hipótese central do trabalho é que a adição de *A. platensis* às dietas melhora a eficiência energética e proteica e aumenta a atratividade da ração, resultando em melhor desempenho zootécnico e menor impacto ambiental nos sistemas de cultivo.

Materiais e métodos

Condições Gerais

O experimento foi conduzido no Laboratório de

Larvicultura de Camarão da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (LARVCAM/UFRB), em Cruz das Almas, Bahia. Foram utilizados juvenis de *M. amazonicum* com peso inicial de 0,79 ± 0,13 g e comprimento total inicial de 43,05 ± 2,89 mm,, adquiridos de pescador no Rio Paraguaçu (Geolândia, Cabaceiras do Paraguaçu, Bahia; 12° 31' 32" S, 39° 10' 45" W). No laboratório, os animais foram aclimatados por 15 dias em tanques de 1,5 m^3, com filtragem biológica interna e aeração constante. Foram 12 unidades experimentais (Figura 1) constituídas por baldes plásticos de 20 L (15L úteis), cada uma com biofiltro interno individual, aeração constante e controle de temperatura. A densidade de estocagem foi de 0,8 camarões/L (12 indivíduos por unidade).

Figura 1 - Unidades experimentais (baldes de 20 L com biofiltro interno individual) utilizadas no experimento com *Macrobrachium amazonicum* e dietas suplementadas com *Arthrospira platensis*.



Fonte: Acervo próprio.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (dietas suplementadas com 0, 1, 2 e 4% de *A. platensis*) e três repetições, conduzido em

50 dias de alimentação. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia (9h00 e 17h00) a 6% da biomassa viva (3% pela manhã e 3% pela tarde). A qualidade da água foi mantida por sifonagem para remoção de fezes e restos de ração.

Dietas Experimentais

As dietas experimentais semipurificadas foram formuladas isoproteicas (37% PB) para atender às exigências nutricionais de juvenis de *M. amazonicum* (NRC, 2011; Santos et al., 2017), com níveis crescentes de *A. platensis* liofilizada (0, 1, 2 e 4%; Tabela 1). O liofilizado foi fornecido pelo Laboratório de Algocultura da UFRB.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais semipurificadas suplementadas com níveis crescentes de *Arthrospira platensis* (0, 1, 2 e 4%) para juvenis de *Macrobrachium amazonicum*.

Composição (g)	**0%**	**1%**	**2%**	**4%**
Albumina (80% PB)	340	340	340	340
Gelatina	100	100	100	100
Óleo de soja	30	30	30	30
Óleo de peixe	30	30	30	30
Maltodextrina	296	295	294	292
Amido (7% PB)	60	60	60	60
Premix (Vit e Min)[1]	25	25	25	25
Carboximetilcelulose	69	69	69	69
Fosfato bicálcico	50	50	50	50
BHT	2	2	2	2

Arthrospira platensis	0,0	1	2	4

Valores Nutricionais	**0%**	**1%**	**2%**	**4%**
Matéria seca	90,12	91,54	90,52	91,05
Extrato etéreo	11,54	11,72	11,63	11,81
Fibra bruta	6,44	6,51	6,58	6,67
Proteína bruta	37,20	37,39	37,16	37,44
Cinzas	10,61	10,90	10,77	10,27

Proteína bruta (PB); Butilhidroxitolueno (BHT); [A] Composição: Vitamina A, vitamina D3, vitamina E, vitamina K3, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B6, vitamina B12, vitamina C, pantonato de cálcio, niacina, ácido fólico, cloreto de colina, biotina, sulfato de cobre, sulfato de ferro, sulfato de manganês, carbonato de cobalto, iodato de cálcio, selenito de sódio, sulfato de zinco, BHA, etoxiquina, ácido cítrico, inositol, dióxido de silício, óleo mineral. Vitamina A (min) 1000000.00 IU, vitamina D3 (min) 250000.00 IU, vitamina E (min) 12500.00 IU, vitamina K3 (min) 1250.00 mg, vitamina b1 (min) 1875.00 mg, vitamina B2 (min) 1875.00 mg, vitamina B6 (min) 1250.00 mg, vitamina B12 (min) 2500.00 mcg, vitamina C 300 mg, niacina (min) 10.00 g, ácido fólico (min) 625.00 mg, biotina (min) 62.50 mg, colina (min) 50.00 g, cobre (min), ferro (min) 6250.00 mg, manganês (min) 1875.00 mg, cobalto (min) 12.50 mg, iodo (min) 62.50 mg, zinco (min) 6250.00 mg, selênio (min) 12.50 mg, inositol (min) 12,50mg.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A preparação seguiu a seguinte sequência em caldeira metálica: micronutrientes + *A. Platensis*, óleos + BHT, macronutrientes + água a 45°C até formação de massa homogênea peletizável. Os peletes (2,5 mm) foram secos em estufa com ventilação forçada a 50°C por 48 h, cortados, acondicionados em potes e armazenados refrigerados até o uso (Figura 2).

Figura 2 - Dietas experimentais peletizadas suplementadas com níveis crescentes de *Arthrospira platensis* (0, 1, 2 e 4%) para *Macrobrachium amazonicum*.



Fonte: Acervo próprio.

Desempenho Zootécnico

Ao final dos 50 dias experimentais, após jejum de 24 h, foi realizada a despesca, posteriormente, a secagem superficial dos camarões com papel-toalha e a biometria (balança semi-analítica com precisão de 0,01 g). Foi avaliada as variáveis de desempenho zootécnico: ganho de peso (GP, g), taxa de crescimento específica (TCE, %/dia), eficiência alimentar (EA), índice hepatossomático (IHS, %) e sobrevivência (S, %), calculadas pelas seguintes equações:

$$GP = peso\ final - peso\ inicial$$

$$TCE = \frac{ln\ ln\ (peso\ final) - ln\ ln\ (peso\ inicial) * 100}{Dias}$$

$$EA = \frac{Ganho\ de\ peso\ total}{Consumo\ total\ da\ ração}$$

$$ISH = \frac{peso\ do\ hepatopâncreas * 100}{Peso\ do\ camarão}$$

$$S = \frac{Número\ de\ animais\ sobreviventes * 100}{Número\ inicial\ de\ camarões}$$

Consumo de Oxigênio (Respirometria)

Foi avaliado o consumo de oxigênio dos juvenis (CO) em jejum e pós-alimentação. Em jejum ocorreu após 40 dias experimentais e o pós-alimentação (60 min após oferta de ração para os juvenis), após 45 dias experimentais. Quatro camarões por repetição, em jejum de 24 h, foram individualizados em potes de 250 mL por 180 min (adaptado de Taboada et al., 1998) (Figura 3). Os camarões foram devolvidos às suas respectivas unidades experimentais após a realização dos testes. O consumo de O2 foi determinado pela diferença no início e no final, ajustada pelo volume do pote (250 mL), peso individual do camarão e tempo (180 min). Este parâmetro foi medido por oxímetro digital YSI-55 (mg O2/L) e expresso em mg O2/g/min de acordo com a fórmula a seguir:

$$CO = \frac{(O_{2i} - O_{2f}) * v}{m ** l}$$

Onde:

O2i = concentração inicial de oxigênio (mg O2/L)
O2f = concentração final de oxigênio (mg O2/L)
v = volume do pote (L)
m = peso do camarão (g)
t = tempo (min)

Figura 3 - Potes com juvenis de *Macrobrachium amazonicum* utilizados no teste de respirometria.



Fonte: Acervo próprio.

Excreção de Nitrogênio Amoniacal Total

Após as medições do consumo de O2 por 180 min nos potes, coletaram-se 60 mL de água para quantificação de excreção de nitrogênio amoniacal total (NAT), restrita aos camarões em jejum de 24 h. As concentrações de NAT foram determinadas em triplicata por método colorimétrico, com leitura de absorbância a 635 nm em espectrofotômetro (Chaney e Marbach, 1962) e expressas em µg N/g/min.

Preferência Alimentar

Após os 50 dias experimentais, camarões aleatórios (n=5) foram aclimatados individualmente em aquários de 20L com filtragem biológica interna e aeração constante (Figura 4). As dietas suplementadas com 0% e 4% de *A. platensis* foram oferecidas simultaneamente por 60 min em posições alternadas diariamente e equidistantes (15 dias consecutivos), para evitar viés espacial. A quantidade de cada ração diária fornecida foi de ~0,4 gramas por animal. O consumo foi calculado pela diferença entre a dieta ofertada e a não consumida. Esta última foi seca a 60°C por 24 h.

Figura 4 - Aquário individual (20 L) utilizado no teste de preferência alimentar entre dietas com 0% e 4% de *Arthrospira platensis* para *Macrobrachium amazonicum*.



Fonte: Acervo próprio.

Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas no RStudio, com testes prévios de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) para todos os dados. Os dados de desempenho zootécnico, consumo de O2 e excreção de NAT foram submetidos à ANOVA seguida de teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Já os dados de preferência alimentar foram submetidos ao teste t de Student pareado ($\alpha = 0,05$).

Resultados

Desempenho Zootécnico

Os camarões alimentados com 4% de *A. platensis* apresentaram os maiores valores de ganho de peso (GP), taxa de crescimento específica (TCE) e eficiência alimentar (EA) em

relação ao controle ($p < 0,05$) (Tabela 2). Não houve diferença significativa para o índice hepatossomático (IHS) e sobrevivência (S) entre tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 2 - Desempenho zootécnico (média ± DP) de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* alimentados com dietas suplementadas com níveis crescentes de *Arthrospira platensis* (0, 1, 2 e 4%).

Variável	**0%**	**1%**	**2%**	**4%**	***p*-valor**
Ganho de peso	0,26±0,01^{b}	0,34±0,04^{b}	0,36±0,02^{ab}	0,48±0,04^{a}	<0,001
Taxa de crescimento específica	0,06±0,01^{b}	0,12±0,03^{ab}	0,15±0,02^{ab}	0,24±0,03^{a}	<0,001
Eficiência alimentar	0,58±0,02^{c}	0,74±0,09^{b}	0,80±0,05^{b}	1,06±0,10^{a}	<0,001
Índice hepatossomático	3,61±0,15	3,56±0,08	3,55±0,19	3,55±0,07	0,935
Sobrevivência	73,3±6,7	75,6±3,8	77,8±3,8	71,1±3,8	0,399

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Consumo de Oxigênio (Respirometria)

O consumo de oxigênio dos juvenis foi influenciado pela suplementação com *A. platensis* nos dois testes realizados (Tabela 3). Em jejum, o tratamento controle (0%) apresentou o maior consumo de O2, diferindo dos tratamentos com 1, 2 e 4% de suplementação ($p < 0,05$), que apresentaram menores valores e não diferiram entre si. Entre os animais alimentados, também foi observada redução no consumo de O2 com a inclusão de espirulina, sendo o menor valor registrado no tratamento com 4%, que diferiu do controle ($p < 0,05$).

Tabela 3 - Consumo de oxigênio (média ± DP) de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* alimentados com dietas suplementadas com níveis crescentes de *Arthrospira platensis* (0, 1, 2 e 4%), em jejum e alimentados.

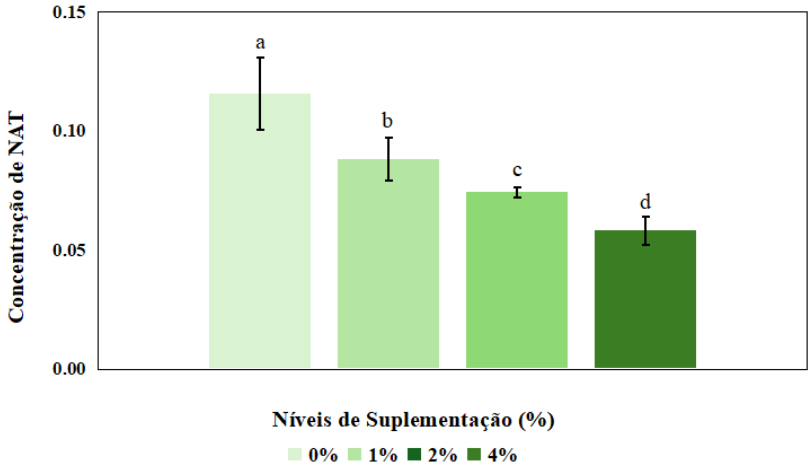
Consumo de O_2	**0%**	**1%**	**2%**	**4%**	***p*-valor**
Jejum	0,010±0,001[a]	0,007±0,001[b]	0,006±0,001[b]	0,006±0,001[b]	<0,001
Alimentados	0,009±0,002[a]	0,007±0,001[a b]	0,007±0,001[a b]	0,006±0,001[b]	0,007

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).
Fonte: Elaborado pelos autores.

Excreção de Nitrogênio Amoniacal Total

A excreção de nitrogênio amoniacal total (NAT) reduziu com o aumento da suplementação de *A. platensis* nas dietas ($p < 0,05$) (Figura 5). Os camarões alimentados com o controle (0%) apresentaram a maior excreção, enquanto os tratamentos com 1%, 2% e 4% resultaram em valores menores. Todos os tratamentos diferiram entre si ($p < 0,05$).

Figura 5 - Concentração de nitrogênio amoniacal total (NAT) excretado por juvenis de *Macrobrachium amazonicum* alimentados com dietas suplementadas com níveis crescentes de *Arthrospira platensis* (0, 1, 2 e 4%). Os valores representam médias ± DP. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

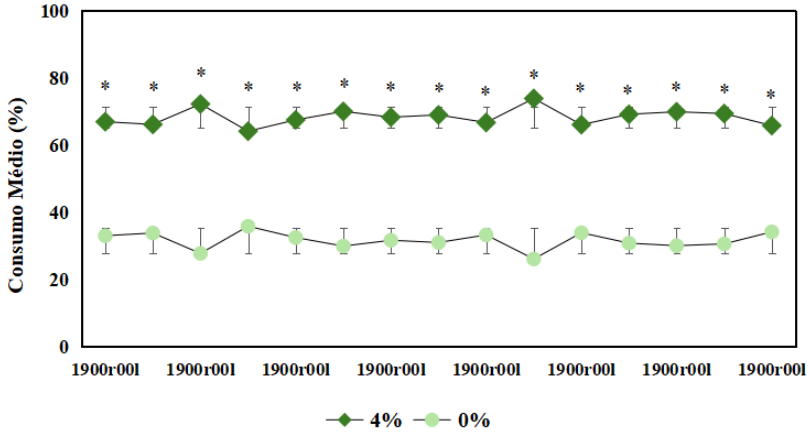


Fonte: Elaborado pelos autores.

Preferência Alimentar

A preferência alimentar dos juvenis de *M. amazonicum* foi avaliada entre a dieta controle (0%) e a dieta com 4% de suplementação (Figura 6). Foi verificado maior consumo da dieta suplementada em relação ao controle ($p < 0,05$). Esse padrão de preferência foi consistente ao longo dos 15 dias de teste.

Figura 6 - Consumo médio (± DP) de dietas com 0% e 4% de *Arthrospira platensis* por juvenis de *Macrobrachium amazonicum* em teste de preferência alimentar de 15 dias (n = 5). Asterisco (*) indica diferença significativa pelo teste t de Student pareado ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

A suplementação da dieta com *A. platensis* em 4% promove melhorias significativas no desempenho zootécnico dos juvenis de *M. amazonicum*. O aumento observado no ganho de peso (GP), na taxa de crescimento específica (TCE) e na eficiência alimentar (EA) no grupo suplementado com 4% corrobora o papel multifuncional dessa cianobactéria como promotor de crescimento e modulador metabólico em camarões (Ahmed et al., 2025).

As variáveis de desempenho zootécnico analisadas foram inferiores quando comparadas a outros estudos com camarões (Macias-Sancho et al., 2014; Radhakrishnan et al., 2016). Isso pode ser explicado pelas propriedades de uma dieta purificada ou semipurificada, que, por serem formuladas com ingredientes refinados, não possuem características que favoreçam a eficiência metabólica (Chen et al., 1993; Chuntapa et al., 1999).

Tais ingredientes, diferentemente de farinhas de peixe ou soja, não possuem compostos bioativos secundários que poderiam potencializar o crescimento, limitando assim, respostas mais acentuadas (NRC, 2011). Nesse contexto, a inclusão de 4% de espirulina destacou-se como um fator determinante para a melhoria dos parâmetros metabólicos.

A ausência de diferenças significativas no índice hepatossomático (IHS) entre os tratamentos sugere que a inclusão da espirulina, mesmo no nível mais elevado, não impôs uma sobrecarga metabólica ao hepatopâncreas. Pelo contrário, a suplementação parece ter otimizado a alocação de energia para o crescimento somático, em vez de promover acúmulo de reservas no órgão (Ashour et al., 2024). Os demais indicadores metabólicos avaliados reforçam essa integração.

O consumo de oxigênio (CO) foi significativamente menor nos camarões alimentados com dietas contendo espirulina, tanto em jejum quanto nos alimentados. Essa redução no consumo de O2 aponta para uma maior eficiência energética, com menor demanda respiratória. Este efeito é atribuído à redução do estresse oxidativo, mediada pelos compostos antioxidantes presentes na microalga, como os carotenoides e a ficocianina, que modulam vias antioxidantes no hepatopâncreas e nos tecidos (Radhakrishnan et al., 2014).

De maneira complementar, a excreção de nitrogênio amoniacal total (NAT) apresentou uma redução significativa com o aumento dos níveis de suplementação. Este padrão é um indicativo de um catabolismo proteico mais eficiente. A suplementação com *A. platensis* parece favorecer a retenção do nitrogênio para a síntese proteica muscular, poupando o nitrogênio para a síntese proteica e reduzindo a excreção de amônia, um subproduto tóxico (Lin et al., 2023; Ding et al., 2025). Essa melhora no metabolismo do nitrogênio não apenas beneficia o animal, mas também contribui para a manutenção de uma melhor qualidade da água nos sistemas de cultivo.

A preferência alimentar dos juvenis por uma dieta suplementada com 4% de *A. platensis*, em comparação à dieta controle (0%), consolida os achados de desempenho. O consumo superior da dieta com a espirulina, observado por 15 dias consecutivos, demonstra sua atratividade. Esse comportamento é impulsionado pela ação de quimiossensores presentes nos camarões (New et al., 2010), que são sensíveis a compostos como o glutamato, abundante na *A. platensis*, demonstrando que este ingrediente é um excelente atrativo em dietas para camarões (Nunes et al., 2006; Silva-Neto et al., 2012).

A integração de todos esses parâmetros (desempenho zootécnico, metabolismo energético e preferência alimentar) permite inferir que a *A. platensis* atua como um suplemento dietético multifuncional para *M. amazonicum*. Esta promove a otimização do metabolismo energético e proteico, resultando em menor gasto energético basal e maior eficiência na utilização do nitrogênio, e também na atratividade e palatabilidade, que estimula o consumo voluntário.

Esses efeitos, em conjunto, favorecem o desempenho zootécnico, com implicações positivas para a sustentabilidade da carcinicultura. A *A. platensis* emerge como alternativa promissora em dietas para camarões, alinhando-se às tendências globais de produção de rações aquícolas mais sustentáveis. Estudos futuros são encorajados para validar esses achados em condições práticas de cultivo, utilizando dietas comerciais e em escalas semi-intensivas de produção.

Conclusão

A suplementação com 4% de *A. platensis* em dietas semipurificadas para juvenis de *M. amazonicum* melhora significativamente o desempenho zootécnico (ganho de peso, taxa de crescimento específica e eficiência alimentar), reduz o consumo de oxigênio e a excreção de nitrogênio amoniacal total,

além de aumentar a preferência alimentar pela dieta suplementada. Esses resultados indicam que a *A. platensis* atua como um suplemento multifuncional, otimizando o metabolismo energético e proteico, e aumentando a atratividade da ração. A inclusão de 4% mostra-se promissora para a formulação de dietas mais sustentáveis e eficientes para a carcinicultura de água doce, embora estudos em escala prática sejam necessários para validar sua aplicabilidade comercial.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Algocultura da UFRB, em especial à Profa. Carla Fernandes Macedo e à Fabiana Ribeiro, por disponibilizarem a espirulina liofilizada utilizada no presente estudo.

Referências

AHMED, R. A. et al. Effects of dietary *Spirulina platensis* supplementation on growth performance, whole body composition, antioxidant activity, histological alterations, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Reports**, v. 40, e02606. 2024. DOI: 10.1016/j.aqrep.2024.102606.

ASHOUR, M. et al. Impact of dietary administration of *Arthrospira platensis* free-lipid biomass on growth performance, body composition, redox status, immune responses, and some related genes of Pacific whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **PLoS ONE**, v. 19, n. 6, e0300748. 2025. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300748.

CHANEY, A. L., & MARBACH, E. P. (1962). Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v. 8, n.2, p. 130–132. 1962. DOI: https://doi.org/10.1093/clinchem/8.2.130.

CHEN, H. Y. Requirements of marine shrimp, *Penaeus monodon*, juveniles for phosphatidylcholine and cholesterol. **Aquaculture**, v. 109, n.2, p. 165–176. 1993. DOI: 10.1016/0044-8486(93)90213-I.

CHEN, Y. Y. et al(Spirulina elicits the activation of innate immunity and increases resistance against *Vibrio alginolyticus* in shrimp. **Fish & Shellfish Immunology,** n. 55, p. 690–698. 2016. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.06.042

CHUNTAPA, B. et al. Optimal lipid:carbohydrate and protein:energy ratios in semi-purified diets for juvenile black tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricius. **Aquaculture Research**, v. 30, n. 11, p. 825–830. 1999. DOI: 10.1046/j.1365-2109.1999.00404.x.

DING, Y. et al. Metabolic response of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) to acute ammonia nitrogen stress. **Biology** v. 14, n. 5, p. 501. 2025. DOI: 10.3390/biology14050501

LIN, W. et al. A review of the emerging risks of acute ammonia nitrogen toxicity to aquatic decapod crustaceans. **Water,** v. *15*, n. 1, p. 27. 2023. DOI: 10.3390/w15010027

MACIAS SANCHO, J; et al. Fishmeal substitution with *Arthrospira* (*Spirulina platensis*) in a practical dietfor *Litopenaeus vannamei*: Effects on growth and immunological parameters. **Aquaculture**, p. 120–125. 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.028

MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Biology, fisheries, and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*: A review. **Nauplius**, v. *17*, n. 2, p. 61–79. 2009.

MARJANOVIĆ, B. et al. Bioactive compounds from *Spirulina* spp.—Nutritional value, extraction, and application in food industry. **Separations**, v. 11, p. 257. 2024. DOI: 10.3390/separations11090257

National Research Council. Nutrient requirements of fish and shrimp. **National Academies Press.** 2011.

NEW, M. B., VALENTI, W. C., TIDWELL, J. H., D'ABRAMO, L. R., & KUTTY, M. N. (ed) **Freshwater prawns: Biology and farming.** Wiley-Blackwell. 2009. DOI: 10.1002/9781444314649.

NUNES, A. J. P., SÁ, M. V. C., ANDRIOLA-NETO, F. F., & LEMOS, D. Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture,* v. 260, n. 1–4), p. 244–254. 2006. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.06.027

PAKRAVAN, S., AKBARZADEH, A., SAJJADI, M. M., HAJIMORADLOO, A., & NOORI, F. Partial and total replacement of fish meal by marine microalga *Spirulina platensis* in the diet of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Growth, digestive enzyme activities, fatty acid composition and responses to ammonia and hypoxia stress. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 5576–5586. 2019. DOI: https://doi.org/10.1111/are.13379.

RADHAKRISHNAN, S., BELAL, I. E. H., SEENIVASAN, C., MURALISANKAR, T., & BHAVAN, P. S. Impact of fishmeal replacement with *Arthrospira platensis* on growth performance, body composition and digestive enzyme activities of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture Reports**, v. 3, p. 35–44. 2016. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.11.005.

RADHAKRISHNAN, S. et al. Replacement of fishmeal with *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Azolla pinnata* on non-enzymatic and enzymatic antioxidant activities of *Macrobrachium rosenbergii*. **The Journal of Basic & Applied Zoology**, v. 67, n. 2, p. 25–33. https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2013.12.003.

SANTOS, L. D. et al. Níveis crescentes de proteína bruta em dietas práticas para camarão-da-Amazônia. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. *43*, n. 3. 2017. DOI: https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n3p417.

Silva-Neto, J. F. et al. Spirulina meal has acted as a strong feeding attractant for *Litopenaeus vannamei* at a very low dietary inclusion level. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 430–437. 2012. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02846.x

SPÍNOLA, M. P., MENDES, A. R., & PRATES, J. A. M. Chemical composition, bioactivities, and applications of *Spirulina* (*Limnospira platensis*) in food, feed, and medicine. **Foods,** v. 13, p. 36-56. 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/foods13223656.

TABOADA, G. et al. Oxygen consumption and ammonia-N excretion related to protein requirements for growth of white shrimp, *Penaeus setiferus* (L.), juveniles. **Aquaculture Research**, v. *29*, p. 823–833. 1998. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1998.tb01108.x.

CAPÍTULO 3

Leite desnatado fermentado simbiótico à base de morango enriquecido com própolis verde e espirulina: propriedades físico-químicas, viabilidade probiótica e aceitação sensorial

Norma Suely Evangelista-Barreto[9]
Márcia Araújo de Jesus[10]
Milena Gabriel Ribeiro[11]
Jailma Conceição dos Santos[12]
Mile Ane Larissa Costa Muricy[13]
Clarita Silveira Reis[14]

[9] Graduação em Engenharia de Pesca, Mestrado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: nsevangelista@ufrb.edu.br.

[10] Graduação em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Discente de mestrado em Zootecnia (UFRB). E-mail: marcia.araujo8276@gmail.com.

[11] Graduação em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Discente de mestrado em Zootecnia (UFRB). E-mail: mylla-ribeiro@hotmail.com .

[12] Graduação em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: jailmaconceicaodossantos@gmail.com.

[13] Graduação em Engenharia de Pesca, Mestre em Zootecnia (UFRB) pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e doutoranda em Defesa Agropecuária (UFRB). E-mail: mi-leanne@hotmail.com.

[14] Graduação em Engenharia de Pesca, Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e doutoranda em Zootecnia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: claritasreis@gmail.com.

Resumo

Os alimentos com alegação funcional têm recebido atenção crescente devido aos efeitos nutricionais, metabólicos e fisiológicos benéficos à saúde. Entre esses produtos, o leite fermentado se destaca pelo amplo consumo no Brasil e pelo potencial efeito positivo sobre o metabolismo e o fortalecimento do sistema imunológico. Assim, este estudo buscou desenvolver e caracterizar leite fermentado simbiótico desnatado de morango com ingredientes funcionais. Foram elaborados três tratamentos e uma amostra controle: tratamento T1 (0,1% de própolis verde), tratamento T2 (0,3% de espirulina), tratamento T3 (0,1% de própolis verde + 0,3% de espirulina) e AC (amostra controle, sem própolis e espirulina). As amostras foram avaliadas quanto à qualidade microbiológica (coliformes a 35ºC, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e bolores e leveduras), viabilidade do probiótico *Lactobacillus casei* Shirota (Log UFC/g) durante 21 dias de armazenamento a 4ºC, composição centesimal, parâmetros físico-químicos e aceitação sensorial, incluindo testes de atitude e intenção de compra. Todos os tratamentos apresentaram ausência dos microrganismos indicadores avaliados. A viabilidade probiótica foi mantida durante o armazenamento, embora os tratamentos T2 e T3 tenham apresentado redução de 2 ciclos logarítmicos no 21º dia. O tratamento T3 destacou-se pelo maior teor de proteína (5,92%), enquanto o T1 apresentou maior teor de fibra insolúvel (0,72%). Os valores de pH variaram de 3,93 a 4,59 e os de sinérese, de 24,44 a 40,48%. Sensorialmente, as formulações com espirulina apresentaram menor aceitação, principalmente devido à coloração característica do ingrediente. No entanto, todas as amostras apresentaram índice de aceitação superior a 70%. Conclui-se que a adição de espirulina contribui para o aumento do teor proteico do leite fermentado simbiótico mantendo níveis compatíveis com alimentos probióticos, embora possa influenciar negativamente alguns atributos sensoriais.

Palavras-chave: Alimento funcional. Bactérias lácticas. Viabilidade probiótica.

Introdução

O consumo excessivo de alimentos ultraprocessados tem sido associado a impactos negativos à saúde, principalmente devido ao elevado teor de açúcar, sódio e gorduras, fatores que contribuem para dietas nutricionalmente desequilibradas (Araújo; Freitas; Lobo, 2021). Nesse contexto, observa-se um aumento na busca por alimentos mais saudáveis e nutritivos, destacando-se os alimentos com alegação funcional, reconhecidos por exercerem efeitos nutricionais, metabólicos e fisiológicos benéficos ao organismo (Dias; Simas; Lima Júnior, 2020).

Entre os principais grupos de alimentos funcionais estão os probióticos, definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro; os prebióticos, compostos não digeríveis que estimulam seletivamente o crescimento e a atividade de microrganismos benéficos no trato gastrointestinal; e os simbióticos, que consistem na combinação de prebióticos e probióticos, cuja ação sinérgica potencializa os efeitos funcionais desses componentes (Bacardi-Sarmiento, 2021). Paralelamente, ingredientes ricos em compostos bioativos, como antioxidantes, ácidos graxos ômega-3, fibras e compostos fenólicos, têm sido amplamente incorporados à alimentação por sua contribuição na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), incluindo hipertensão, diabetes Mellitus, doenças cardiovasculares e inflamatórias (Gonçalves et al., 2018; Canâis; Braibante, 2019).

O leite e seus derivados constituem uma importante categoria de alimento devido ao seu elevado valor nutricional, sendo fontes de proteínas de alto valor biológico, além de vitaminas e minerais essenciais. O consumo regular desses produtos contribui para a

manutenção de níveis adequados de cálcio no organismo, elemento fundamental para a formação e a manutenção do tecido ósseo e para a regulação de diversos processos fisiológicos (Weaver, 2014). Além disso, o leite desnatado apresenta menor teor de lipídeos e menor valor energético, podendo ser uma alternativa para dietas voltadas à promoção da saúde cardiovascular (Spadoti et al., 2010).

Quando submetido à fermentação por bactérias ácido-láticas, como *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* sp., *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e outras bactérias ácido-lácticas, o leite origina produtos fermentados com propriedades funcionais, resultantes da produção de metabólitos bioativos e compostos de interesse nutricional e sensorial (Lima et al., 2009; Silva et al., 2021). Nesse sentido, a incorporação de ingredientes naturais com propriedades bioativas tem sido investigada como estratégia para ampliar o valor nutricional, funcional e tecnológico desses produtos.

Entre os ingredientes de interesse funcional, destaca-se a própolis verde, amplamente produzida no Brasil e reconhecida por conter compostos bioativos com propriedades antimicrobianas, antioxidantes e imunomoduladoras (Lima et al., 2009). Da mesma forma, a espirulina (*Limnospira* spp.), uma cianobactéria de elevado valor nutricional, apresenta alto teor proteico, além de vitaminas, minerais e compostos antioxidantes, sendo associada a benefícios à saúde, incluindo efeitos imunomoduladores e potencial para a prevenção de doenças metabólicas (Podgórska-Kryszczuk, 2024).

Apesar do crescente interesse na incorporação de ingredientes bioativos em produtos lácteos fermentados, ainda são limitados os estudos que avaliam a combinação de diferentes ingredientes funcionais, como própolis e espirulina, em sistemas simbióticos e os efeitos dessas

combinações sobre as características tecnológicas, microbiológicas e sensoriais desses produtos. Nesse contexto, este estudo buscou desenvolver um leite fermentado simbiótico desnatado de morango enriquecido com própolis verde e espirulina (*Limnospira* spp.), avaliando sua qualidade microbiológica, viabilidade probiótica, composição centesimal, parâmetros físico-químicos e aceitação sensorial.

Materiais e métodos

Obtenção da matéria-prima

A cultura probiótica utilizada foi *Lactobacillus casei* Shirota, obtida comercialmente a partir do leite fermentado yakult®. O extrato de própolis verde a 30% e a microalga *Limnospira* spp. (espirulina) em pó foram adquiridos comercialmente.

Para o preparo da polpa de morango foram adquiridos dois quilogramas de morangos congelados, os quais foram triturados em liquidificador doméstico (Mondial modelo Power Black 550w). A polpa obtida foi adicionada em sacos plásticos de polietileno com capacidade de 1000 mL (15 x 28 x 0,10 cm) e submetida à pasteurização a 65 ºC por 30 minutos. Após o tratamento térmico, as polpas foram resfriadas e armazenadas congeladas a -18 °C até o momento da utilização (Laguna; Egito, 2006).

Elaboração dos leites fermentados

Foram elaboradas três formulações de leite fermentado, além de uma amostra controle (Tabela 1). O processamento das formulações seguiu o método descrito por Karnopp et al. (2017).

Inicialmente, 200 g de leite em pó desnatado reconstituídos em 1 L de água potável foram submetidos à pasteurização a 65 ºC por 30 minutos. Após o tratamento térmico, a mistura foi rapidamente resfriada até 42 ºC e inoculada com 50 mL da cultura probiótica contendo *L. casei* Shirota.

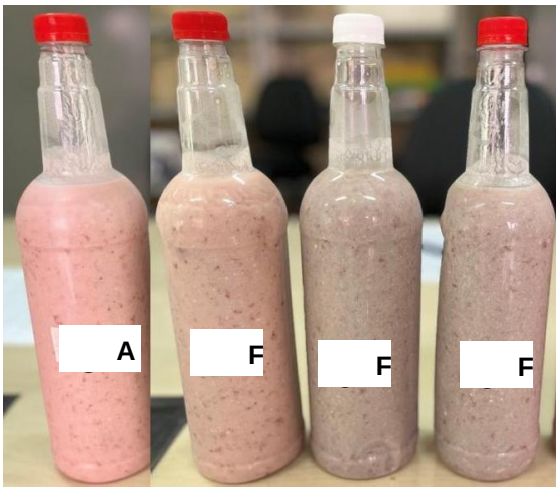
Tabela 1 - Tratamentos do leite fermentado simbiótico desnatado de morango com própolis verde e *Limnospira* spp.

Ingredientes (g ou mL/L de leite)	**Tratamentos**			
	AC	**T1**	**T2**	**T3**
Leite desnatado	1000	1000	1000	1000
Cultura probiótica	50	50	50	50
Polpa de morango	300	300	300	300
Própolis verde	-	1	-	1
Limnospira spp.	-	-	3	3

Fonte: Elaborado pelos autores.

As amostras foram incubadas a 42 ºC por 4 a 5 horas, até atingir pH aproximado de 4,6. Em seguida, os leites fermentados foram resfriados a 7 ºC por 8 horas, período durante o qual ocorreu a quebra da coalhada. Após esse período, foram adicionadas, de acordo com cada formulação, as concentrações de polpa de morango, própolis e espirulina (Tabela 1). As amostras foram acondicionadas em frascos plásticos de 300 mL e armazenadas sob refrigeração (7 ºC) (Figura 1) para a realização das análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais.

Figura 1 - Aspecto visual dos tratamentos do leite fermentado simbiótico: Controle (AC). T1: 0,1% de própolis verde. T2: 0,3% de espirulina e T3: 0,3% de espirulina e 0,1% de própolis verde.



Fonte: Autoria própria.

Análises microbiológicas

Foram realizadas análises microbiológicas para determinação de coliformes a 35 °C, *Escherichia coli,* bolores e leveduras, além da pesquisa de *Salmonella* spp. A viabilidade do probiótico *L. casei* Shirota foi monitorada nos intervalos de 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento a 4 ºC, conforme Instrução Normativa n° 46 de 2007 (Brasil, 2007), e metodologias de acordo com o Bacteriological Analytical Manual (BAM) e descritas por Silva et al. (2010).

Caracterização físico-químicas

As análises de composição centesimal incluíram a determinação de umidade, resíduo mineral (cinzas), proteínas, lipídeos, carboidratos totais e valor energético, realizadas após o período de armazenamento, conforme as

metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Embora os métodos FDN e FDA sejam tradicionalmente utilizados em nutrição animal, foram empregados neste estudo como estimativa das frações fibrosas estruturais do produto

As análises de açúcares redutores (lactose), sinérese e capacidade de retenção de água (CRA) foram realizadas no tempo zero. As análises de pH e de acidez titulável em ácido láctico foram realizadas aos 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento (IAL, 2008).

Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada com 41 avaliadores não treinados, selecionados aleatoriamente, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 57 anos. Todos os avaliadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (parecer de no. 6.453.046). Durante as avaliações sensoriais foram fornecidos água mineral com gás e biscoitos água e sal para limpeza do paladar entre a degustação das amostras.

Aproximadamente 25 gramas de cada amostra foram servidas em copos descartáveis, numerados aleatoriamente. As amostras foram avaliadas quanto aos atributos de cor, aroma, sabor, textura, aspecto e aceitação global, utilizando uma escala hedônica de 9 pontos, variando de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente) (Stevanato et al., 2007).

A atitude do consumidor em relação ao produto foi avaliada por meio de uma escala hedônica de 7 pontos, variando de 1 (só comeria se não tivesse outra opção) a 7 (comeria frequentemente). A intenção de compra também foi avaliada por meio de escala de sete pontos, variando de

1 (nunca compraria) a 7 (compraria sempre) (Stevanato et al., 2007).

Índice de aceitabilidade

O Índice de Aceitabilidade (IA) foi calculado com base na aceitação global, conforme descrito por Storck et al. (2013), utilizando a seguinte equação:

$$AI\ (\%) = (A \times 100)/B$$

Onde: A = média das notas atribuídas ao produto e B = nota máxima da escala hedônica.

Produtos com índice de aceitabilidade igual ou superior a 70% foram considerados aceitáveis pelos avaliadores (Stork et al. 2013).

Análise estatística

Os resultados foram expressos como média±desvio padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida do teste de comparação de médias de Tukey, utilizando o software RStudio® (RStudio Team, 2015). As diferenças entre as médias foram consideradas estatisticamente significativas quando $p<0,05$.

Resultados e discussão

Caracterização microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas dos diferentes tratamentos de leite fermentado durante 21 dias de armazenamento a 4 ºC estão apresentados na Tabela 2. Todas as amostras apresentaram ausência de coliformes a 35

°C, *E. coli, Salmonella* spp. e bolores e leveduras, indicando que o processamento e as condições de manipulação atenderam aos requisitos higiênico-sanitários para produtos lácteos fermentados. Além disso, a incorporação de própolis verde e de espirulina não comprometeu a inocuidade microbiológica do produto.

Tabela 2 - Parâmetros microbiológicos dos leites fermentados simbióticos desnatados de morango com própolis verde e *Limnospira* spp. durante o armazenamento refrigerado.

Formulações	**Tempo (Dias)**	**Coliformes a 35 °C (NMP/g)**	*E. coli* **(NMP/g)**	*Salmonella*	**Bolores e leveduras**
AC	0	<3	<3	Ausente	<10
AC	7	<3	<3	Ausente	<10
AC	14	<3	<3	Ausente	<10
AC	21	<3	<3	Ausente	<10
F1	0	<3	<3	Ausente	<10
F1	7	<3	<3	Ausente	<10
F1	14	<3	<3	Ausente	<10
F1	21	<3	<3	Ausente	<10
F2	0	<3	<3	Ausente	<10
F2	7	<3	<3	Ausente	<10
F2	14	<3	<3	Ausente	<10
F2	21	<3	<3	Ausente	<10
F3	0	<3	<3	Ausente	<10
F3	7	<3	<3	Ausente	<10
F3	14	<3	<3	Ausente	<10
F3	21	<3	<3	Ausente	<10
Limite*		-	<3	Ausente	10^2

AC (amostra controle). F1 = 0,1% de própolis. F2 = 0,3% de espirulina. F3 = 0,1% de própolis e 0,3% de espirulina. *Brasil (2022).
Fonte: Autoria própria.

Produtos lácteos fermentados apresentam elevada perecibilidade e, portanto, requerem rigoroso controle microbiológico durante as etapas de processamento, armazenamento e distribuição. Nesse sentido, a adoção de boas práticas de fabricação é fundamental para garantir a qualidade e segurança desses alimentos, assegurando o atendimento aos padrões microbiológicos estabelecidos para produtos lácteos (Lima et al., 2023).

A Tabela 3 apresenta os valores médios de *L. casei* Shirota (Log UFC/g) nos diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento. Observou-se que a amostra controle (AC) e o tratamento T1 (0,1% de própolis) não diferiram estatisticamente entre si ($p>0,05$) durante os 21 dias de armazenamento, embora tenham apresentado diferença significativa em relação aos tratamentos T2 e T3, que continham espirulina.

Tabela 3 - Contagem de *Lactobacillus casei* Shirota nas amostras de leite fermentado simbiótico desnatado de morango com própolis verde e *Limnospira* spp. durante 21 dias de armazenamento sob refrigeração a 4 °C.

Probiótico (Log UFC/g)	**Tratamentos**	**Tempo (dias)**			
		0	**7**	**14**	**21**
Lactobacillus	AC	9,48aA	9,60aA	9,56abA	10,02aA
Casei	T1	9,44aA	9,20aA	9,58abA	9,97aA
Shirota	T2	9,81aA	9,63aAB	8,59bBC	7,93bC
	T3	9,55aA	9,42aA	9,85aA	7,77bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna e mesma letra maiúscula em uma linha, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a 5%. AC (amostra controle). T1 = 0,1% de própolis verde. T2 = 0,3% de espirulina. T3 = 0,1% de própolis verde e 0,3% de espirulina.
Fonte: Autoria própria.

Ao final do período de armazenamento, verificou-se que a adição de espirulina promoveu redução significativa

($p<0,05$) na viabilidade do probiótico, com decréscimo de aproximadamente dois ciclos logarítmicos em comparação ao tratamento T1 e de três ciclos logarítmicos em relação à amostra controle (AC). Esses resultados indicam que a própolis não comprometeu a viabilidade de *L. casei*, enquanto a espirulina reduziu a sobrevivência de *L. casei* durante o armazenamento refrigerado, possivelmente devido à interação entre compostos bioativos da microalga e o metabolismo das bactérias lácticas. Resultados semelhantes foram observados por Korkmaz; Bilici; korkmaz. (2021) que relataram redução na contagem de *Lactobacillus* spp. em iogurtes adicionados de maca peruana (*Lepidium meyenii*).

A cepa *L. casei* Shirota é amplamente reconhecida por sua elevada capacidade de sobrevivência em produtos lácteos fermentados, mantendo, em condições adequadas, contagens superiores a 10^7–10^8 UFC/g durante o armazenamento refrigerado. No entanto, espera-se uma redução gradual da viabilidade ao longo do tempo, em função de fatores como a acidificação do meio, a disponibilidade de nutrientes e as interações com a matriz alimentar (Sumalapao et al., 2017). Nesse contexto, a redução mais acentuada observada nas formulações contendo espirulina sugere que a interação entre os compostos bioativos da microalga e a matriz láctea desnatada pode ter contribuído para a diminuição da sobrevivência do microrganismo, o que difere do comportamento usual descrito para essa cepa em sistemas lácteos fermentados.

Embora alguns estudos demonstrem que concentrações superiores a 0,5% de *Limnospira* spp. podem favorecer ou manter a viabilidade de bactérias lácticas em produtos fermentados (Beheshtipour et al., 2012; Suyama et al., 2020), outros relatam que concentrações menores ou

interações específicas com a matriz alimentar podem resultar em redução na sobrevivência dessas bactérias (Akalin et al., 2012). O fato de o leite fermentado ter sido elaborado com leite desnatado sugere que as interações entre os compostos da microalga e a matriz láctea podem ter influenciado negativamente a sobrevivência do microrganismo durante o armazenamento.

Segundo Tavakoli; Najafi; Mohebbi (2019), o teor de gordura isoladamente não exerce efeito significativo sobre a sobrevivência de bactérias lácticas, e sim a composição global da matriz alimentar, incluindo lipídeos, proteínas e capacidade tampão, podendo influenciar diretamente a estabilidade desses microrganismos. Nesse contexto, a presença de gordura no leite integral pode atuar como barreira física ou reduzir a interação entre compostos bioativos da espirulina e as células bacterianas, contribuindo para a manutenção da viabilidade probiótica durante o armazenamento.

Em relação à adição de própolis, os resultados indicam ausência de efeito inibitório significativo sobre a viabilidade de *L. casei*, corroborando os achados de Güney e Ertürk (2020), que também não observaram redução na sobrevivência de bactérias lácticas em iogurte suplementado com própolis. Por outro lado, Santos et al. (2019) e Korkmaz; Bilici e Korkmaz (2021) relataram redução na sobrevivência dessas bactérias, embora sem diferenças estatisticamente significativas. Segundo Korkmaz Bilici e Korkmaz (2021), apesar da reconhecida atividade antimicrobiana da própolis contra microrganismos patogênicos, seus efeitos sobre bactérias ácido-láticas ainda não são completamente elucidados.

De acordo com a literatura científica, para que um alimento seja considerado probiótico, o produto final deve apresentar contagem mínima de aproximadamente 10^6

UFC/g ou 7 Log UFC/g de microrganismos viáveis no momento do consumo (Charma et al., 2025). Neste estudo, os tratamentos T2 e T3 apresentaram redução na viabilidade do probiótico durante o armazenamento, o que pode comprometer seu potencial funcional após 21 dias.

Ressalta-se que microrganismos probióticos exercem diversos efeitos benéficos à saúde, incluindo a modulação da microbiota intestinal, o fortalecimento do sistema imunológico e a prevenção ou o alívio de diferentes condições patológicas (Santana et al., 2023). Em particular, espécies do gênero *Lactobacillus* têm sido associadas a propriedades terapêuticas adicionais, como efeitos anti-inflamatórios e potenciais atividades anticarcinogênicos (Rabêlo et al., 2022).

Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal dos leites fermentados são apresentados na Tabela 4. Observa-se que os parâmetros de umidade, cinzas, extrato etéreo, carboidratos e valor energético não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos e a amostra controle (AC), indicando que a adição de própolis e espirulina não promoveu alterações relevantes nessas variáveis.

Em relação ao teor de proteína, os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores significativamente superiores ($p<0,05$) ao da amostra controle (AC). Esse incremento é atribuído à adição de espirulina (Limnospira spp.), reconhecida como fonte proteica de elevado valor biológico, com teores que podem ultrapassar 60% em base seca. Além disso, as proteínas dessa microalga apresentam alta digestibilidade em produtos alimentícios, o que favorece sua aplicação tecnológica (Almeida et al., 2017). Resultados

semelhantes foram observados por Suyama et al. (2020), que relataram aumento no teor proteico em iogurtes enriquecidos com espirulina.

Tabela 4 - Composição centesimal dos leites fermentados simbióticos desnatados de morango com própolis verde e *Limnospira* spp.

Parâmetros	Tratamentos			
	AC	T1	T2	T3
Umidade (%)	87,56±1,50^{ab}	87,90±2,21^{ab}	84,38±2,33^{b}	90,52±0,21^{a}
Cinzas (%)	1,64±0,22^{a}	1,58±0,004^{a}	3,20±2,77^{a}	1,13±0,12^{a}
Proteínas (%)*	3,74±0,06^{b}	3,85±0,12^{b}	4,38±0,08^{a}	4,22±0,15^{a}
Extrato etéreo (%)**	0,0^{a}	0,0^{a}	0,0^{a}	0,0^{a}
Carboidratos	7,05±1,34^{ab}	6,67±2,31^{ab}	8,05±0,44^{a}	4,12±0,29^{b}
Valor energético	43,16±5,44^{ab}	42,07±8,83^{ab}	49,71±1,77^{a}	33,39±0,69^{b}

Médias ±desvio padrão, médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<5,00$). Médias com letras diferentes nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey. AC (amostra controle). T1 = 0,1% de própolis verde. T2 = 0,3% de espirulina. T3 = 0,1% de própolis verde e 0,3% de espirulina. *Mínimo 2,9 (Brasil, 2007), **Máximo 0,5g/100g (Brasil, 2007).
Fonte: Autoria própria.

Todas as amostras apresentaram teor de proteína superior ao mínimo exigido pela legislação brasileira para leites fermentados (Brasil, 2007), o que evidencia conformidade com os padrões legais. A incorporação de *Limnospira* spp. em produtos lácteos tem sido amplamente explorada como estratégia de enriquecimento nutricional, contribuindo não apenas para o aumento do teor proteico, mas também para a melhoria do perfil de aminoácidos e do valor nutricional global do produto (Pietta; Palezi, 2015).

A Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007 (Brasil, 2007), estabelece que, para ser classificado como leite fermentado desnatado, o produto deve conter, no

máximo, 0,5 g de matéria gorda láctea por 100 g. Dessa forma, todos os tratamentos analisados atendem a esse requisito e são classificados como leite fermentado desnatado.

Parâmetros complementares

Em relação ao teor de açúcares redutores em lactose (Tabela 5), os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores significativamente superiores ($p<0,05$) aos da amostra controle (AC) e ao tratamento T1, indicando que as formulações contendo espirulina promoveram aumento nesse parâmetro. Embora *L. casei* Shirota utilize a lactose como fonte de energia durante a fermentação, com consequente produção de ácido láctico (Santos et al., 2020), os resultados observados sugerem que a adição de espirulina pode ter influenciado a dinâmica da matriz alimentar, contribuindo para maior disponibilidade de açúcares redutores em lactose (ARL) nas formulações.

Tabela 5 - Valores de açúcares redutores em ácido láctico (ARL) e frações fibrosas (FDN e FDA) em amostras de leites fermentados simbióticos desnatados de morango com própolis verde e *Limnospira* spp.

Parâmetros	**Tratamentos**			
	AC	**T1**	**T2**	**T3**
ARL (%)	5,55±0,83^{b}	7,42±0,54^{ab}	8,18±0,79^{a}	8,64±0,94^{a}
Fração fibrosa (FDN) (%)	0,79±0,09^{b}	1,01±0,11^{ab}	1,30±0,34^{a}	0,88±0,05^{ab}
Fração fibrosa (FDA) (%)	0,39±0,02^{b}	0,49±0,03^{ab}	0,51±0,04^{a}	0,42±0,06^{ab}

Médias ±desvio padrão, médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<5,00$). Médias com letras diferentes nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey. AC (amostra controle). T1 = 0,1% de própolis verde. T2 = 0,3% de espirulina. T3 = 0,1% de

própolis verde e 0,3% de espirulina. ARL (açúcares redutores em lactose).
Fonte: Autoria própria.

Resultados semelhantes foram relatados por Oriente et al. (2019), que também observaram diferenças significativas ($p<0,05$) nos teores de açúcares redutores em iogurtes de ameixa adicionados com farinha de chia, destacando que a composição e a concentração dos ingredientes adicionados podem interferir nesse parâmetro. Diferentemente do observado por esses autores, neste estudo a incorporação de espirulina esteve associada ao aumento da concentração de açúcares redutores na lactose. Considerando que a lactose é o principal açúcar redutor do leite e um dos responsáveis pelo sabor levemente adocicado do produto (Foppa et al., 2011), esse resultado sugere que a espirulina pode ter modulado a composição do sistema sem comprometer o processo fermentativo.

Quanto às frações fibrosas (FDN e FDA), observou-se que o tratamento T2 diferiu significativamente ($p<0,05$) em relação aos demais tratamentos. Embora os métodos de fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) sejam tradicionalmente empregados em estudos de nutrição animal, neste estudo foram utilizados como indicadores das frações estruturais da matriz alimentar. O aumento observado no tratamento com espirulina pode estar relacionado à presença de polissacarídeos estruturais e de compostos não digeríveis associados à biomassa da microalga.

Embora essas frações não representem diretamente a fibra alimentar no contexto da nutrição humana, seu aumento pode indicar maior presença de componentes estruturais com potencial funcional. Nesse sentido, a incorporação de espirulina pode contribuir indiretamente para o aumento de compostos com efeitos fisiológicos

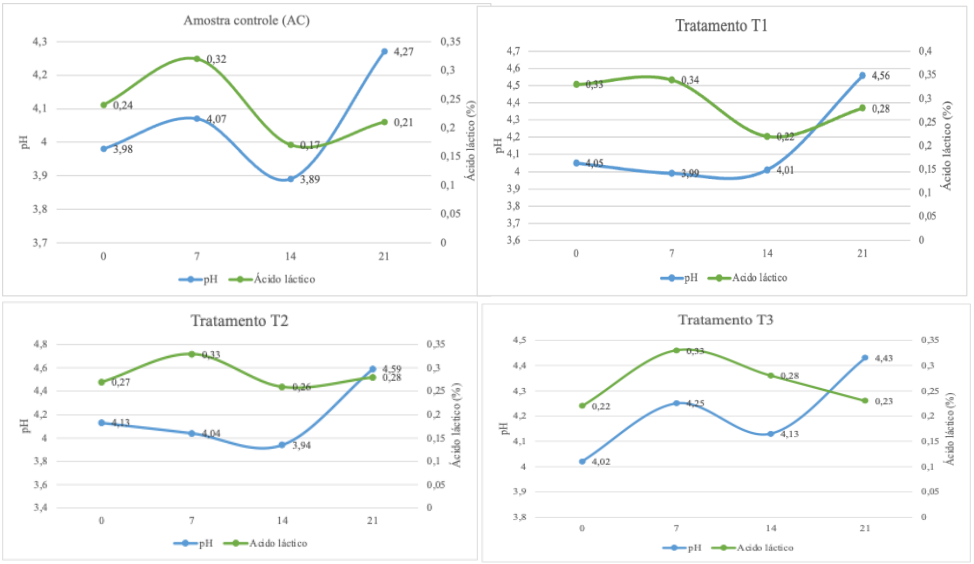
benéficos, uma vez que esses componentes podem atuar de forma semelhante às fibras alimentares, promovendo benefícios à saúde, como a melhora do trânsito intestinal e a modulação da microbiota (Zamarchi; Moleta; Macagnan, 2021).

Caracterização físico-química

Os valores de pH e de acidez titulável no ácido láctico ao longo do período de armazenamento são apresentados na Figura 2. Observou-se comportamento inversamente proporcional entre pH e acidez em alguns tratamentos, especialmente no T2 nos primeiros dias de armazenamento, em que o aumento da acidez foi acompanhado pela redução do pH. No entanto, este comportamento não foi uniforme em todas as formulações ao longo de 21 dias, o que pode estar relacionado às diferenças na capacidade tampão entre as amostras.

A presença de espirulina pode ter influenciado a dinâmica fermentativa, uma vez que essa microalga pode alterar a composição da matriz e reduzir a capacidade tampão do sistema, favorecendo variações mais acentuadas de pH durante a fermentação. Além disso, estudos indicam que a espirulina pode estimular o crescimento de bactérias ácido-láticas (Beheshtipour et al., 2012), o que pode contribuir para alterações na produção de ácido lático.

Figura 2 - Comparação entre pH e ácido lático (g/100g) nos diferentes tratamentos de leite fermentado simbiótico desnatado de morango com própolis verde e *Limnospira* spp.



Fonte: Autoria própria.

Os valores de pH variaram entre 3,92 e 4,59 e, em sua maioria, ficaram dentro da faixa recomendada pela legislação brasileira para leites fermentados (3,6 a 4,5) (Brasil, 2007). A redução do pH ao longo do armazenamento pode ser atribuída à pós-acidificação, processo comum em produtos fermentados, decorrente da atividade residual das bactérias ácido-láticas sob refrigeração (Tavakoli; Naja; Mohebbi, 2019).

Valores baixos de pH são característicos de leites fermentados, devido à produção de ácido láctico pelas bactérias ácido-lácticas durante o processo fermentativo. A acidez titulável, por sua vez, é um importante parâmetro de controle de qualidade, utilizado para avaliar o processamento e o estado de conservação dos produtos lácteos (Foppa et al., 2009).

Os valores de acidez titulável variaram entre 0,16% e 0,33% de ácido láctico, abaixo da faixa estabelecida pela legislação brasileira (0,6% a 2,0%) (Brasil, 2002). Esse resultado pode estar relacionado a fatores como as condições de fermentação, o tempo de incubação e possíveis variações no controle de temperatura durante o armazenamento, que influenciam diretamente a atividade metabólica das bactérias ácido-lácticas (Silva et al., 2012).

Os resultados da capacidade de retenção de água (CRA) e da sinérese são apresentados na Tabela 6. Para a CRA, os tratamentos T1 e T3 diferiram significativamente ($p<0,05$) em relação à amostra controle, indicando que a adição de própolis pode ter influenciado a estrutura do gel formado, possivelmente por interações com proteínas do leite.

Tabela 6 - Composição física dos leites fermentados simbióticos desnatados de morango com própolis verde e *Limnospira* spp.

Parâmetros	**Tratamentos**			
	AC	**T1**	**T2**	**T3**
CRA	34,80±0,35 c	32,17±0,78a	33,57±0,22b c	32,56±0,20a b
Sinérese	24,44±4,55 a	37,23±12,04 a	31,42±10,41 a	40,48±3,41a

Médias seguidas pelas mesmas letras na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey. AC (amostra controle). T1 = 0,1% de própolis verde. T2 = 0,3% de espirulina. T3 = 0,1% de própolis verde e 0,3% de espirulina. CRA (Capacidade de retenção de água).
Fonte: Autoria própria.

A capacidade de retenção de água está diretamente relacionada à estrutura da rede proteica do gel, responsável por reter água e minimizar a liberação de soro. Quando essa

rede apresenta baixa capacidade de retenção, ocorre a sinérese, caracterizada pela liberação de água durante o armazenamento (Lee; Lucey, 2010). Apesar das diferenças observadas para CRA, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos para sinérese, indicando que as modificações estruturais não foram suficientes para alterar significativamente a estabilidade do gel. Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2021), que também não observaram diferenças na sinérese em leites fermentados zero-lactose com buriti (*Mauritia flexuosa)* e probióticos.

Por outro lado, estudos como o de Marçal et al. (2021) relataram diferenças significativas ($p<0,05$) na sinérese em produtos fermentados, evidenciando que esse parâmetro pode ser influenciado pela formulação e pelos ingredientes adicionados. A sinérese está associada à liberação espontânea de água da rede proteica e é influenciada por fatores como pH, temperatura e forças mecânicas (Davanço et al., 2009).

Além disso, valores de pH mais baixos (inferiores a 4,0) podem promover a contração da rede proteica, reduzindo sua capacidade de retenção de água e favorecendo o dessoramento. Em contrapartida, valores de pH mais próximos de 5,0 contribuem para maior firmeza e coesividade do gel (Antunes et al., 2004).

Análise sensorial

Os resultados dos atributos sensoriais dos diferentes tratamentos de leite fermentado são apresentados na Tabela 7. Observa-se que o tratamento T1 (0,1% de própolis verde) não diferiu significativamente ($p>0,05$) em relação à amostra controle (AC) na maioria dos atributos avaliados. Por outro lado, as amostras contendo espirulina (T2 e T3) diferiram

significativamente (p<0,05) da amostra controle em praticamente todos os atributos sensoriais, com exceção da textura no tratamento T2.

Tabela 7 - Média dos atributos sensoriais dos leites fermentados simbióticos desnatados de morango enriquecidos com própolis verde e *Limnospira* spp.

Atributos	**Formulações**							
	AC		**T1**		**T2**		**T3**	
	Média	Md	Média	Md	Média	Md	Média	Md
Sabor	8,12±0,75^{a}	8,0	7,20±1,60^{b}	7,0	7,29±1,31^{b}	8,0	6,54±1,67^{b}	6,0
Aroma	7,73±1,18^{a}	8,0	7,22±1,29^{ab}	7,0	6,85±1,56^{b}	7,0	6,56±1,60^{b}	7,0
Cor	7,90±1,20^{a}	8,0	7,36±1,30^{a}	7,0	5,51±1,90^{b}	6,0	5,56±1,95^{b}	6,0
Textura	7,95±1,02^{a}	8,0	7,58±1,22^{ab}	8,0	7,46±1,34^{ab}	8,0	7,12±1,68^{b}	7,0
Aspecto	7,80±1,03	8,0	7,32±1,37	8,0	6,56±1,78	7,0	6,46±1,70	7,0
AG	8,02±0,76^{a}	8,0	7,20±1,52^{ab}	7,0	6,78±1,75^{b}	7,0	6,41±1,72^{b}	6,0
TA	6,54±0,95^{a}	7,0	5,29±1,83^{b}	6,0	4,93±1,62^{bc}	5,0	4,34±1,88^{c}	5,0
IC	5,98±1,15^{a}	6,0	4,83±1,80^{b}	5,0	4,24±1,73^{bc}	4,0	3,83±2,06^{c}	4,0
ÍA (%)	89,16		79,95		75,34		71,27	

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). Médias seguida com letras diferentes na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey(p<0,05)). AC (amostra controle). T1 = 0,1% de própolis verde. T2 = 0,3% de espirulina. T3 = 0,1% de própolis verde e 0,3% de espirulina. AG: Aceitação geral. TA: teste de atitude. IC: Intenção de compra. IA: Índice de aceitabilidade. Md = mediana.
Fonte: Autoria própria.

O tratamento T1 apresentou os maiores escores de aceitação, com predominância da nota 7 (“gostei moderadamente”), enquanto os tratamentos que contêm espirulina apresentaram escores médios variando entre 5 (“indiferente”) e 7 (“gostei moderadamente”) (Tabela 7).

Ao analisar as medianas das notas, que representam o valor central das avaliações, observa-se que os tratamentos T1 e T2 apresentaram valores entre 7 (“gostei moderadamente”) e 8 (“gostei muito”), com exceção do atributo cor no tratamento T2, que apresentou mediana de 6 (“gostei ligeiramente”). Por outro lado, o tratamento T3

(com espirulina e própolis verde) apresentou as menores medianas, com valor 6 ("gostei ligeiramente") para os atributos cor, sabor e aceitação global, e 7 ("gostei moderadamente") para aroma, textura e aspecto (Tabela 7).

A menor aceitação observada nos tratamentos T2 e T3 é atribuída principalmente às alterações visuais decorrentes da adição da espirulina, que conferiu coloração acinzentada às amostras, descaracterizando o padrão esperado para produtos à base de morango. A cor é um dos principais atributos sensoriais relacionados à aceitação do consumidor, influenciando diretamente a percepção de qualidade do produto (Spence 2015; Azevedo et al., 2020). Além disso, o aroma característico da espirulina, potencializado pela presença simultânea da própolis no tratamento T3, pode ter contribuído negativamente para a avaliação sensorial.

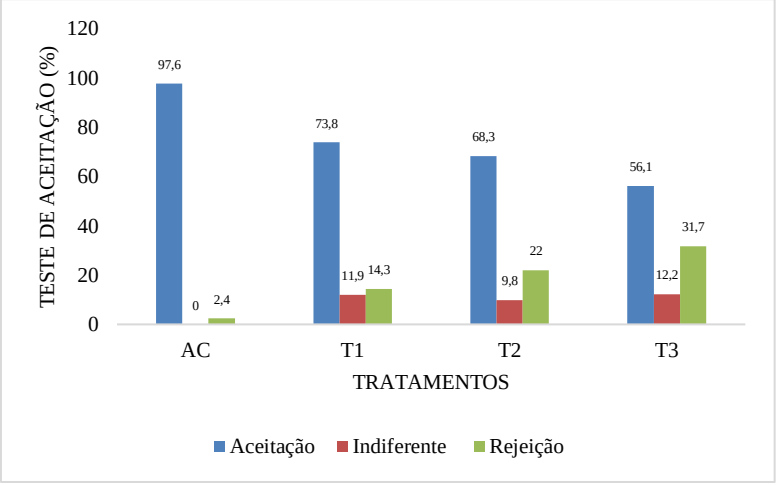
Para que um produto seja considerado aceito, recomenda-se um índice de aceitabilidade (IA%) igual ou superior a 70% (Stork et al. 2013). Nesse estudo, todas as formulações apresentaram IA% acima desse limite, embora os tratamentos T2 (76,21%) e T3 (71,59%) tenham apresentado os menores valores. Esses resultados corroboram os escores hedônicos observados, nos quais as amostras com espirulina apresentaram aceitação classificada de indiferente a ligeiramente positiva.

Resultados semelhantes foram relatados por Barkallah et al. (2017), que observaram menor aceitação sensorial em iogurtes contendo maiores concentrações de microalgas (0,75% e 1%), atribuída principalmente à coloração e ao sabor característico desses ingredientes.

Em relação à atitude de consumo (Figura 3), a amostra controle apresentou o maior percentual de aceitação (97,5%), seguida pelo tratamento T1 (73,2%). Os tratamentos contendo espirulina apresentaram percentuais

de aceitação menores, indicando menor predisposição ao consumo por parte dos avaliadores.

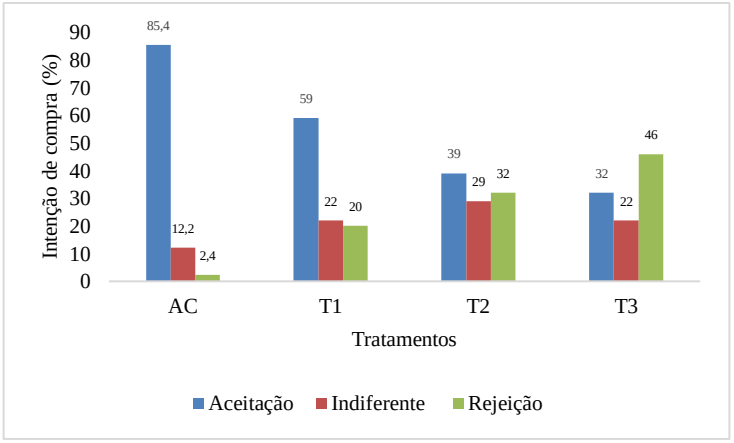
Figura 3 - Percentual de aceitação das amostras de leite fermentado simbiótico desnatado de morango com própolis verde e *Limnospira* spp.



Fonte: Autoria própria.

Quanto à intenção de compra (Figura 4), a amostra controle apresentou o maior percentual (85,4%), seguida pelos tratamentos T1, T2 e T3. A maior aceitação da amostra controle deve estar associada à familiaridade dos consumidores com produtos lácteos fermentados tradicionais, enquanto a menor aceitação dos tratamentos com espirulina e própolis pode estar relacionada à menor familiaridade com esses ingredientes.

Figura 4 - Percentual de intenção de compra das amostras de leites fermentados simbióticos desnatados de morango com própolis verde e *Limnospira* spp.



Fonte: Autoria própria.

Além disso, fatores extrínsecos, como idade, hábitos alimentares e nível de familiaridade com produtos funcionais, podem influenciar a aceitação e a intenção de compra, impactando diretamente a percepção sensorial e a escolha do consumidor (Giuseppina; Schifani; Cemba, 2015).

Conclusão

Os leites fermentados simbióticos desenvolvidos apresentaram qualidade microbiológica adequada, evidenciada pela ausência de microrganismos patogênicos, o que indica que o processamento foi conduzido em condições higiênico-sanitárias satisfatórias. A adição de própolis verde não comprometeu a viabilidade de *L. casei* Shirota, enquanto a incorporação de espirulina reduziu a contagem do probiótico ao final do período de armazenamento.

A inclusão de espirulina (0,3%) contribuiu para o aumento do teor proteico das formulações, evidenciando

seu potencial como ingrediente funcional para enriquecimento nutricional de produtos lácteos. Do ponto de vista sensorial, todas as amostras apresentaram índice de aceitabilidade superior a 70%, embora as formulações contendo espirulina tenham apresentado menor aceitação, principalmente devido a alterações na coloração e no aroma.

Em relação à atitude de consumo e à intenção de compra, o tratamento com apenas própolis (T1) apresentou maior aceitação, enquanto a combinação de própolis e espirulina (T3) apresentou os menores índices. Esses resultados indicam que, apesar do potencial funcional das formulações, aspectos sensoriais ainda representam um desafio para a incorporação de espirulina em leites fermentados. Dessa forma, conclui-se que é viável a elaboração de leite fermentado simbiótico enriquecido com própolis verde e espirulina, desde que sejam adotadas estratégias tecnológicas para minimizar os impactos sensoriais, especialmente relacionados à cor e ao aroma, como a seleção de matrizes frutais mais adequadas ou ajustes na formulação.

Referências

AKALIN, A. S.; UNAL, G.; DINKCI, N.; HAYALOGLU, A. A. Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 7, p. 3617-3628, 2012. DOI: 0.3168/jds.2011-5297

ALMEIDA, L. M. R et al. Estudo prospectivo sobre produtos alimentares incorporados de biomassa de microalgas. **Caderno de Prospecção**, v. 10, n. 4, p. 893-904, 2017. DOI: 10.9771/cp.v10i4.23053

ANTUNES, A. E. C.; CAZETTO, T. F.; CARDELLO, H. M. A. B. Iogurtes desnatados probióticos adicionados de concentrado protéico do soro de leite: perfil de textura, sinérese e análise

sensorial. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 2, p. 105-114, 2004.

ARAÚJO, N. R.; FREITAS, F. M. N. O.; LOBO, R. H. Formation of eating habits in early childhood: benefits of healthy eating. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 15, p. e238101522901, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.22901

AZEVEDO, O. O. da C.; et al. Integral utilization of mango pulp residue in the preparation and sensory evaluation of fermented milk. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e94963557, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3557

BACARDI-SARMIENTO, E. F. Efectos de los probióticos, prebióticos y simbióticos sobre la microbiota intestinal. **EsTuSalud**, v. 3, n. 3, p. 67, 2021.

BARKALLAH, M. et al. Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 84, p. 323-330, 2017. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.071

BEHESHTIPOUR, H. et al. Erratum to: Effects of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. **European Food Research and Technology**, v. 235, p. 1213, 2012. DOI: 10.1007/s00217-012-1843-3.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Nova legislação comentada de produtos lácteos**. Brasília, DF: MAPA, 2002. 327 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 24 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 6 jul. 2022.

CHAKMA, S. et al. Probiotic potential of yogurt: Exploring lactic

acid bacteria for health-enhancing benefits. **Applied Food Research**, v. 5, n. 2, p. 101383, 2025. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101383.

CAÑAS, G. J. S.; BRAIBANTE, M. E. F. A química dos alimentos funcionais. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, p. 216-223, 2019.

DAVANÇO, F. V. et al. Avaliação do efeito do tratamento térmico na capacidade de retenção de água do iogurte através da metodologia de superfície de resposta. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 369, p. 3-7, 2009.

DIAS, S. S.; SIMAS, L.; LIMA JÚNIOR, L. C. Alimentos funcionais na prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis. **Boletim de Conjuntura (BOCA),** v. 4, n. 10, p. 54-61, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.4023172.

FOPPA T.; FERRAREZE, C. K.; CASGRANDE J.; KOCH P. A. Análises físico-químicas do leite em pó comparado ao leite UHT. **Ágora: Revista de Divulgação Científica**, v.16, n.1 p.38-43, 2011. DOI: 10.24302/agora.v16i1.5.

GIUSEPPINA, M.; SCHIFANI, G.; CEMBA, L. Opening the black box of food quality in the short supply chain: Effects of conventions of quality on consumer choice. **Food Quality and Preference**, v. 39, p. 141-146, 2015. DOI: 10.1016/j.foodqual.2014.07.006..

GONÇALVES, N. M.; FERREIRA, I. M.; SILVA, A. M. O.; CARVALHO, M. G. Iogurte com geleia de cajá (*Spondias mombin* l.) adicionado de probióticos: Avaliação microbiológica e aceitação sensorial. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.12, n.1, p.54-63, 2018.

GÜNEY, F.; ERTÜRK, Ö. Determination of the effects of propolis ethanolic extract on some properties of fruit yoghurt during storage. **MKU. Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences**, v. 25, n. 2, p. 145-152, 2020. DOI: 10.37908/mkutbd.694712.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KORKMAZ, I. O.; BILICI, C.; KORKMAZ, S. Sensory, pH, synaeresis, water-holding capacity, and microbiological changes in homemade yogurt prepared with maca (*Lepidium meyenii*) powder and propolis extract. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, p. 100291, 2021. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2020.10029.

KARNOPP, A. R. et al. Optimization of an organic yogurt based on sensorial, nutritional, and functional perspectives. **Food Chemistry**, v. 233, p. 401-411, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.112.

LAGUNA, L. E.; EGITO, A. S. Iogurte batido de leite de cabra adicionado de polpa de frutas tropicais. **Circular Técnica**, 2006. 5 f.

LEE, W. J.; LUCEY, J. A. Formation and physical properties of yogurt. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 9, p. 1127-1136, 2010.

LIMA, C.; LIMA. L.; CERQUEIRA, M.; FERREIRA, E.; ROSA, C. Bactérias do ácido láctico e leveduras associadas com o queijo-de-minas artesanal produzido na região da Serra do Salitre, Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.1, p.266-272, 2009. DOI: 10.1590/S0102-09352009000100037.

LIMA, R. M. M. et al. Análise microbiológica de iogurte tipo sundae dietético e convencional de abacaxi. **Cadernos Macambira**, v. 8, n.1, p.74-78, 2023. DOI: 10.59033/cm.v8iespecial1.1132.

MARÇAL, E. J. A. et al. Elaboration and characteriation of probiotic ferementate with purple grape jelly (*Vitis vinífera* l). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e43010514975, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14975.

ORIENTE, S. F et al. Elaboração e caracterização físico-química de iogurtes de ameixa adicionados da farinha de chia. **Magistra**, v. 30, p. 78-85, 2019.

PIETTA, G. M.; PALEZI, S. C. Desenvolvimento de um iogurte sabor mirtilo a base de kefir e com reduzido teor de lactose. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 6, n. 2, p. 163-172, 2015.

PODGÓRSKA-KRYSZCZUK, I. Spirulina - An invaluable source of macro- and micronutrients with broad biological activity and application potential. **Molecules**, v. 29, n. 22, p. 5387. 2024. DOI: 10.3390/molecules29225387.

RABÊLO, C. A. C. et al. Quantificação da microbiota presente em produtos lácteos industrializados comercializados como probióticos. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar,** v.3, n.5, p.1-10, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i5.1418.

SANTANA, L. O. et al. Microencapsulation of *Lacticaseibacillus*: A systematic review. **Research, Society and Development,** v. 12, n. 14, p. e12121444400, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i14.44400.

SANTOS, M. S. et al. Rheological and sensorial evaluation of yogurt incorporated with red propolis. **Journal of food science and technology,** v.57, p.1080-1089, 2019. DOI: 10.1007/s13197-019-04142-5.

SANTOS, P. S. et al. Consumo de probióticos e os benefícios para a saúde. **Revista Cereus,** v.12, n.1, p.2-15, 2020.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. 4ª ed. São Paulo: Livraria Varela; 2010.

SILVA, L. C. et al. Aspectos microbiológicos, pH e acidez de iogurtes de produção caseira comparados aos industrializados da região de Santa Maria-RS. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v.13, n.1, p.111-120, 2012.

SILVA, A. N.; CAMPOS, D. C. S.; SOUSA, L. O.; CARDOSO, A. V. S. Counting of probiotic microorganisms and refrigerated post-acidification study in lactose free fermented milk with Buriti. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 3817-3833, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-258.

SPADOTI, L. M. et al. Vida útil de leite desnatado pasteurizado lactose-hidrolizado microfiltrado. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde** v.12, n.1, p.61-5, 2010.

SPENCE, C. On the psychological impact of food colour. **Flavour**, v. 4, n. 21, p. 2-16, 2015. DOI: 10.1186/s13411-015-0031-3.

STEVANATO, F. B. et al. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 567-571, 2007. DOI: 10.1590/S0101-20612007000300022.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B.B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Revista Ciência Rural**, v.43, n.3, p. 537-543, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000300027.

SUMALAPAO, D. E. P. et al. Viability kinetics of *Lactobacillus casei* Shirota strain in a commercial fermented milk drink during refrigerated storage. **National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology**, v. 7, n. 11, p. 1242-1246, 2017.

SUYAMA I. M. et al. Aplicação da microalga *Spirulina* spp. em iogurte liofilizado. **Revista Scientia Plena**. v.16, n.2, 2020.

TAVAKOLI, M.; NAJA, M. B. H.; MOHEBBI, M. Effect of the milk fat content and starter culture selection on proteolysis and antioxidant activity of probiotic yogurt. **Heliyon**, v. 5, p. e01204, 2019. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.

WEAVER, C. M. How sound is the science behind the dietary recommendations for dairy? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 99, n. 5, p. 1217S-1222S, 2014. DOI: 10.3945/ajcn.113.073007.

ZAMARCHI, C. T.; MOLETA, M. B.; MACAGNAN, F. T. **Benefícios da aplicação de fibras alimentares á base de polidextrose e inulina em alimentos funcionais: revisão integrativa.** Trabalho de Conclusão de curso- Instituto Federal Santa Catarina, 2021.

CAPÍTULO 4

Infecção experimental em kinguios (*Carassius auratus*) por *Aeromonas* spp.: definição de métodos para ensaios de desafio

Norma Suely Evangelista-Barreto[15]
Danielle Amorim de Assis de Oliveira[16]
Leopoldo Melo Barreto[17]
Mile Ane Larissa Costa Muricy[18]
Fabiana Ribeiro de Souza[19]

Resumo

A padronização de modelos experimentais de infecção em peixes é fundamental para estudos relacionados à sanidade

[15] Graduação em Engenharia de Pesca, Mestrado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Docente Titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: nsevangelista@ufrb.edu.br.

[16] Graduação em Engenharia de Pesca e Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: danielleaaoliveira@aluno.ufrb.edu.br.

[17] Graduação em Engenharia de Pesca e Mestrado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Doutorado em Ciência da Educação pela Universidade do Minho (Braga/Portugal) na área de Educação Ambiental para a Sustentabilidade. Docente Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: leopoldo.barreto@ufrb.edu.br.

[18] Graduação em Engenharia de Pesca e Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Atualmente é doutoranda em Defesa Agropecuária (UFRB). E-mail: mi-leanne@hotmail.com.

[19] Graduação em Engenharia de Pesca e Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Atualmente é doutoranda em Zootecnia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: souzaengpesca@gmail.com.

aquícola, à patogênese e à avaliação de estratégias de controle. Este estudo buscou determinar o método mais eficiente de inoculação de patógenos em kinguios (*Carassius auratus*), utilizando as espécies bacterianas *Aeromonas veronii* e *Aeromonas hydrophila*. Foram comparados dois métodos de infecção: imersão em água contaminada e injeção intramuscular, com 12 peixes distribuídos em quatro grupos experimentais. Os animais foram monitorados por cinco dias quanto à manifestação de sinais clínicos, incluindo letargia, alterações de natação, necrose de nadadeiras e mortalidade. Os resultados demonstraram diferenças significativas tanto entre os métodos de infecção quanto entre os patógenos testados. A infecção por imersão apresentou evolução mais lenta dos sintomas, enquanto a injeção intramuscular resultou em manifestações clínicas mais rápidas e maior taxa de mortalidade, especialmente para *A. hydrophila*. Outro fator observado foi a formação de biofilme nos aquários, o que indica intensa atividade bacteriana. Os parâmetros físico-químicos da água permaneceram estáveis ao longo do experimento. Conclui-se que o método de injeção intramuscular apresenta maior eficiência em ensaios de desafio experimental com *Aeromonas* em kinguos (*C. autatus*), sendo mais adequado para estudos de patogenicidade e avaliação de tratamentos.
Palavras-chave: *Aeromonas veronii*. *Aeromonas hydrophila*. Método de imersão. Intramuscular.

Introdução

A aquicultura ornamental configura-se como um segmento altamente especializado e em expansão no setor aquícola, com crescente relevância econômica em escala global. Segundo Barreto et al. (2025), o Brasil obteve um faturamento de R$ 167,6 milhões em 2023 no aquarismo, consolidando-se como a terceira maior economia no setor pet, que movimentou mundialmente US$ 149,8 bilhões em 2022 e US$ 173,4 bilhões em 2023, com crescimento de 15%.

Nesse contexto, apesar da coleta sustentável ser uma fonte de oferta de peixes ornamentais, a aquicultura ornamental abastece cerca de 90% dos animais que circulam no mercado brasileiro (Brasil, 2023). Dentre os peixes ornamentais, destacam-se espécies de elevada aceitação comercial, como a carpa (*Cyprinus carpio*), o kinguio (*Carassius auratus*), o beta (*Betta splendens*) e o guppy (*Poecilia reticulata*), amplamente valorizados por sua diversidade fenotípica, especialmente em relação à coloração e morfologia (Rezende; Fujimoto, 2021).

Apesar da expressiva expansão do setor, a intensificação dos sistemas de produção e comercialização, frequentemente associada a deficiências no monitoramento da qualidade da água e no manejo sanitário, tem contribuído para o aumento da incidência de enfermidades. Essas condições favorecem o estresse fisiológico dos peixes, comprometendo sua homeostase e tornando-os mais suscetíveis à infecção por patógenos oportunistas. Em sistemas intensivos, o acúmulo de matéria orgânica, variações nos parâmetros físico-químicos da água e altas densidades de estocagem são fatores críticos que favorecem a emergência de doenças bacterianas (Pathinathan, 2024).

Nesse cenário, as bactérias do gênero *Aeromonas* destacam-se como importantes patógenos oportunistas em ambientes aquáticos, sendo amplamente distribuídas na água, nos sedimentos e na microbiota de organismos aquáticos. Essas bactérias Gram-negativas são capazes de causar diversas enfermidades em peixes, incluindo septicemia hemorrágica, lesões cutâneas e necrose tecidual, frequentemente associadas à síndrome conhecida como septicemia hemorrágica por *Aeromonas* (MAS – *Motile Aeromonas Septicemia*). Além disso, apresentam diversos fatores de virulência, como hemolisinas, aerolisinas e enterotoxinas, que contribuem para o estabelecimento e

progressão da infecção nos hospedeiros (Semwal; Kumar; Kumar, 2023).

Em peixes ornamentais, incluindo o kinguio (*Carassius auratus*), as infecções por *Aeromonas* spp. representam um dos principais desafios sanitários do setor, estando associadas a elevadas taxas de morbidade e mortalidade. Estudos demonstram que essas bactérias são frequentemente isoladas de peixes ornamentais com sinais clínicos de septicemia, lesões cutâneas e alterações oculares, com predominância de espécies como *A. veronii* e *A. hydrophila* (Oliveira et al., 2024). Adicionalmente, surtos de aeromoniose em kinguios têm sido relatados em sistemas de produção ornamental, reforçando sua importância como agente etiológico em ambientes de cultivo intensivo (Shameena et al., 2020).

A ocorrência dessas infecções está fortemente relacionada a fatores de estresse ambiental e manejo inadequado, que favorecem a proliferação bacteriana e comprometem o sistema imunológico dos peixes. Entre os principais sinais clínicos observados, destacam-se hemorragias cutâneas, ulcerações, exoftalmia, necrose de nadadeiras e letargia, podendo evoluir rapidamente para mortalidade em condições desfavoráveis (Semwal; Kumar; Kumar., 2023). Além disso, a capacidade de formação de biofilmes por *Aeromonas* spp. contribui para sua persistência nos sistemas de cultivo, dificultando o controle sanitário e aumentando o risco de disseminação entre os indivíduos (Pessoa et al., 2019).

Diante desse contexto, a utilização de modelos experimentais de infecção, como os ensaios de desafio, torna-se essencial para a compreensão da patogenicidade desses microrganismos, bem como para a avaliação de estratégias de controle e prevenção. A padronização de métodos de inoculação é particularmente relevante, uma

vez que diferentes vias de infecção, como imersão e injeção intramuscular podem influenciar diretamente a evolução clínica da doença, a resposta do hospedeiro e a reprodutibilidade dos resultados experimentais.

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido mediante aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), sob o protocolo no. 23007.00025127.2023-48.

Aquisição e manutenção dos peixes

Foram utilizados 12 exemplares juvenis de kinguios (*Carassius auratus*), com peso médio de 3,0 ± 0,5 g, de um lote de 100 animais adquiridos em piscicultura comercial do município de Conceição do Jacuípe, Bahia, Brasil. Os animais foram transportados em sacos plásticos contendo água e oxigênio e, posteriormente, recepcionados no Laboratório Experimental I do Núcleo de Sanidade Aquícola da UFRB.

Antes do experimento, os peixes foram submetidos a um período de aclimatação de 15 dias em tanques de PVC com capacidade de 500 litros, equipado com sistema de filtração biológica e aeração contínua (Figura 1). As condições ambientais foram mantidas dentro dos parâmetros adequados à espécie: pH 7,2 ± 0,4; temperatura de 26 ± 2 ^{o}C; oxigênio dissolvido de 6 ± 2 mg/L; e concentração de amônia e nitrito iguais a 0,0 ppm.

Durante a aclimatação, os peixes foram mantidos sob fotoperíodo de 12 horas claro/escuro, e alimentados uma vez ao dia (09:00h) com ração comercial específica, à taxa de arraçoamento de 5% do peso vivo.

Figura 1 - Tanque de PVC com capacidade de 500 L utilizado para aclimatação dos peixes, equipado com sistema de filtração biológica.



Fonte: Autoria própria.

Os parâmetros físicos e químicos da água (pH, oxigênio dissolvido, amônia e nitrito) foram monitorados duas vezes ao dia (manhã e tarde) com kits comerciais, enquanto a temperatura foi aferida com termômetro de bulbo de mercúrio (Hamilton; Russo; Thurston, 1977). Foram realizadas trocas parciais diárias de 10% do volume de água, visando à manutenção da qualidade de água no sistema (Silva et al., 2015).

Os exemplares que vieram a óbito durante o experimento foram caracterizados resíduos biológicos e descartados conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 5, de 5 de agosto de 1993 em vigor, seguindo as orientações da CEUA.

Obtenção das cepas bacterianas

A cepa de *A. veronii* bv. *sobria* foi isolada de sedimento de piscicultura familiar (Reis et al., 2026), enquanto a cepa de *A. hydrophila* foi obtida do laboratório Pathovet Ltda, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

Obtenção do inóculo bacteriano

As cepas bacterianas foram cultivadas em Ágar Triptose de Soja (TSA) e incubadas a 28 °C por 24 horas. A partir dessas culturas, uma alçada de cada bactéria foi suspensa em tubos contendo 9 mL de solução salina estéril (NaCl 0,85%) até atingir turbidez equivalente ao padrão 0,5 na escala de McFarland (1,5 x 10^8 UFC/mL), confirmada por absorbância entre 0,08 e 0,10 a 625 nm em espectrofotômetro (modelo Spectrum SP 1105).

Posteriormente, foram realizadas diluições seriadas para obtenção das concentrações desejadas, incluindo 1,0 x 10^6 UFC/mL e concentração final de 1,9 x 10^5 UFC/mL, conforme recomendação do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2012).

Ensaio de desafio experimental

Para determinar o método de infecção mais eficiente, foram avaliadas duas vias de inoculação: imersão em água contaminada e injeção intramuscular, com base em metodologias previamente descritas por Rosidah, Haetami e Gradiosa (2021) e Rahman, Suzuki e Kawail (2001), respectivamente.

Foram utilizando 12 peixes, distribuídos aleatoriamente em quatro aquários (n = 3 por unidade experimental), conforme os tratamentos:

1. Tratamento I: imersão com *A. veronii* bv. *sobria*.

2. Tratamento II: imersão com *A. hydrophila.*

3. Tratamento III: injeção intramuscular com *A. veronii* bv. *sobria.*

4. Tratamento IV: injeção intramuscular com *A. hydrophila*.

Após a inoculação, os peixes foram transferidos para aquários de 18 litros, sob temperatura controlada de 26 °C, por 120 horas. Essa mudança foi necessária para facilitar a visualização dos animais, já que os tanques originais permitiam apenas uma visão vertical. Durante este período, os peixes foram monitorados diariamente, com registros fotográficos e de vídeo dos sinais clínicos, como alterações comportamentais (natação errática, letargia), lesões externas (necrose de nadadeiras e do tegumento) e hemorragias.

Durante esse período, não houve alimentação, reposição ou sifonagem da água. As avaliações clínicas foram realizadas duas vezes ao dia, nos períodos da manhã e da tarde.

Resultados e discussão

No Tratamento 1, em que os peixes foram inoculados com *A. veronii* bv. *sobria* pelo método de imersão, observou-se que após 48 horas, apenas um dos três indivíduos apresentava sinais clínicos de letargia. Paralelamente, verificou-se intensa formação de biofilme, evidenciada pelo aumento da turbidez da água. Após 72 horas, os peixes passaram a permanecer predominantemente no fundo do aquário, indicando alteração comportamental compatível com estresse e progressão do quadro infeccioso. A mortalidade foi gradual, com dois indivíduos vindo a óbito após 96 horas, enquanto o terceiro apresentou necrose das nadadeiras, evoluindo para a morte após 120 horas (Figura 2).

Figura 2 - Aquário com peixes infectados por *Aeromonas veronii* bv. *sobria* por meio de imersão, evidenciando letargia e presença de muco.



Fonte: Autoria própria.

Para os ensaios conduzidos com *A. hydrophila* por imersão (Tratamento II), observou-se início mais precoce das alterações comportamentais. Nas primeiras 24 horas, um dos peixes já apresentava apatia e redução da atividade natatória, permanecendo na parte inferior do aquário. Após 96 horas, os demais indivíduos também passaram a apresentar sinais clínicos semelhantes, como letargia e inatividade, sugerindo evolução progressiva da infecção.

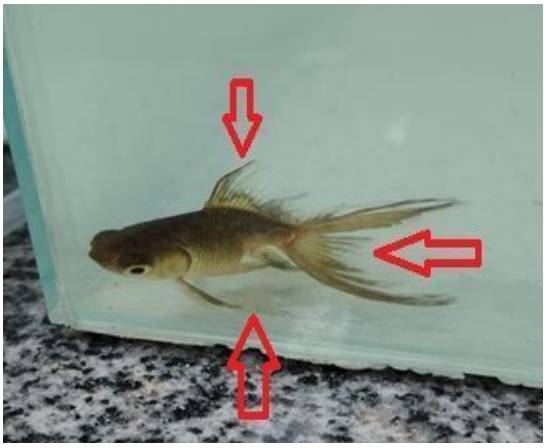
Os parâmetros físico-químicos da água mantiveram-se estáveis ao longo de todo o período experimental, com valores consistentes de pH, temperatura e oxigênio dissolvidos, não sendo observadas variações que indicassem influência desses fatores na manifestação das patologias. Entretanto, no Tratamento IV, correspondente aos peixes infectados por injeção intramuscular com *A. hydrophila*, foi registrada uma discreta elevação nos níveis de amônia, possivelmente associada à decomposição de

matéria orgânica e à deterioração das condições fisiológicas dos animais.

Os peixes infectados com *A. veronii* bv. *sobria* por injeção intramuscular (Tratamento III) não apresentaram sinais clínicos evidentes durante o período inicial de observação. Contudo, após 96 horas, observou-se aumento significativo na formação de biofilme, evidenciado pela coloração esbranquiçada da água, sugerindo intensa atividade bacteriana no sistema. A ausência de manifestações clínicas nesses indivíduos pode estar associada à menor virulência da cepa de *A. veronii* bv. *sobria*, apesar da presença de fatores de virulência, como β-hemólise, amilase e lipase (Reis et al., 2026). Adicionalmente, não se pode descartar a influência da via de infecção na resposta fisiológica dos hospedeiros. Em contraste, *A. hydrophila*, isolada de peixes clinicamente doentes, demonstrou maior potencial patogênico, evidenciado pela progressão mais rápida dos sinais clínicos e maior mortalidade.

Os peixes infectados com *A. hydrophila* por injeção intramuscular (tratamento IV) apresentaram evolução clínica acelerada e elevada taxa de mortalidade. Um dos indivíduos que apresentava hemorragias nas nadadeiras morreu após 24 horas; o segundo, após 48 horas; e o terceiro, que exibia necrose das nadadeiras (Figura 3) e letargia acentuada, após 120 horas da inoculação do patógeno.

Figura 3 - Peixe infectado por *Aeromonas hydrophila* por injeção intramuscular, apresentando apatia, permanência no fundo do aquário e necrose de nadadeiras.



Fonte: Autoria própria.

Conclusão

Os resultados demonstram que a virulência do patógeno e a via de infecção influenciam diretamente a progressão da doença em kinguios (*Carassius auratus*). *Aeromonas hydrophila*, isolada de peixes doentes, apresentou maior patogenicidade, com rápida evolução clínica e elevada mortalidade, especialmente quando administrada por via intramuscular. Em contraste, *A. veronii* bv. *sobria*, isolada de ambiente, apresentou menor expressão clínica da infecção, apesar da presença de fatores de virulência.

A via de injeção intramuscular mostrou-se mais eficiente para indução de infecção experimental, enquanto a imersão resultou em progressão mais gradual, refletindo condições mais próximas à infecção natural. Do ponto de vista prático, esses achados reforçam a necessidade de manejo adequado da qualidade da água, controle da carga orgânica e redução de estressores nos sistemas de

aquicultura ornamental, a fim de minimizar a proliferação de patógenos oportunistas como *Aeromonas* spp.

Assim, compreender a interação entre patógeno, hospedeiro e ambiente é fundamental não apenas para a condução de ensaios experimentais, mas também para o desenvolvimento de estratégias eficazes de biosseguridade na aquicultura ornamental.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pelo financiamento de toda a estrutura física do Núcleo de Sanidade Aquícola do Recôncavo.

Referências

BARRETO, L. M.; SANTOS, F. W. M.; CARVALHO, J. G.; MARTIM, J. Aquariofilia no Brasil: Mapeamento setorial a partir de dados integrados. **Actapesca**, v. 23, p. 215-227, 2025.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Plano de trabalho – Termo de Execução Descentralizada nº 56/2023. Brasília, DF: MPA/UFRB, 2023. Seção 5 – Justificativa e motivação. Disponível em: https://www.gov.br/mpa/.../plano-de-trabalho-ted-56-2023.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.

CLSI. **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically**; Approved Standard - Ninth Edition. CLSI document M07-A9. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute. 2012.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science & Technology**, v. 11, n. 7, p. 714-719, 1977. DOI:

10.1021/es60130a004.

OLIVEIRA, C. H. et al. Characterization of *Aeromonas* isolates from ornamental fish: species, virulence genes, and antimicrobial susceptibility. **Microorganisms**, v. 12, p. 176, 2024. DOI: 10.3390/microorganisms12010176.

PATHINATHAN, P. How stress fuels disease in fish: a hidden threat to aquaculture. **Vigyan Varta**, v. 5, n. 11, p. 168-171, 2024.

PESSOA, R. B. G. et a. The genus *Aeromonas*: A general approach. **Microbial Pathogenesis**, v. 130, p. 81-94, 2019. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.02.036.

RAHMAN, M. H.; SUZUKI, S.; KAWAIL, K. The effect of temperature on *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish, *Carassius auratus.* **Journal of Applied Ichthyology**, v. 17, p. 282-285, 2001. DOI: 10.1046/j.1439-0426.2001.00291.x.

REIS, C. S.; PEREIRA, D. C. S.; SILVA JÚNIOR, M. R.; SOUZA, F. R.; CHAMBÓS, E. D.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Water quality in fish farms: influence of biotic and abiotic factors and the occurrence of multidrug-resistant *Aeromonas* spp. **RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 1-19, 2026. DOI: 10.24857/rgsa.v20n1-017.

REZENDE, F. P.; FUJIMOTO, R. Y. **Peixes ornamentais no Brasil: Mercado, legislação, sistemas de produção e sanidade**. Brasília: Embrapa, 2021. p. 297. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1133452. Acesso em: 13 jun. 2023.

ROSIDAH, M. F. D.; HAETAMI, K.; GRANDIOSA, R. Immunomodulator effect of fish herb solution on bonylip barb (*Osteochillus vitattus*) Infected by *Aeromonas hydrophila* bacteria. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 9, n. 5, p. 234-240, 2021.

SEMWAL, A.; KUMAR, A.; KUMAR N. A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. **Heliyon**, v. 9, p. e14088, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14088.

SHAMEENA, S. S.; KUMAR, K.; KUMAR, S.; KUMAR, S.; RATHORE, G. Virulence characteristics of *Aeromonas veronii* biovars isolated from infected freshwater goldfish (*Carassius auratus*). **Aquaculture**, v. 518, p. 734819, 2020. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.73481.

SILVA, L. P. et al. *Terminalia catappa* L: A medicinal plant from the Caribbean pharmacopeia with anti-*Helicobacter pylori* and antiulcer action in experimental rodent models. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 159, p. 285-295, 2015. DOI: 10.1016/j.jep.2014.11.025.

CAPÍTULO 5

Estrutura populacional da pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*) em Jaguaripe, Bahia

Mário Rebouças da Silva Júnior[20]
Marcelo Lui Muricy Freire[21]
Clarita Silveira Reis[22]
Mile Ane Larissa Costa Muricy[23]
Joemille Silva dos Santos[24]
Soraia Barreto Aguiar Fonteles[25]
Jose Arlindo Pereira[26]

[20] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: mario.reboucas@hotmail.com.

[21] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrando em Zootecnia na UFRB. E-mail: marcelofreire95@gmail.com.

[22] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Zootecnia pela UFRB. Doutoranda em Zootecnia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: claritareis@gmail.com.

[23] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Doutoranda em Defesa Agropecuária na UFRB. E-mail: mi-leanne@hotmail.com.

[24] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Ciência Animal pela UFRB. Doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: joemillesantos@hotmail.com.

[25] Graduação e Mestrado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutorado em Biologia/Genética pela Universidade de São Paulo (USP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: soraiafonteles@ufrb.edu.br.

[26] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestrado e Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSC). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: arlindo@ufrb.edu.br.

Resumo

A pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*) é um dos recursos pesqueiros mais importantes da costa brasileira, apresentando elevado valor comercial e forte associação com ambientes estuarinos ao longo de seu ciclo de vida. O presente estudo teve como objetivo avaliar a estrutura populacional e parâmetros de crescimento da espécie no estuário de Jaguaripe, Bahia. As coletas foram realizadas bimestralmente entre agosto de 2023 e julho de 2024 em sete pontos amostrais distribuídos ao longo do estuário. Foram capturados 36 indivíduos, sendo 15 machos (41,67%) e 21 fêmeas (58,33%), resultando em proporção sexual de 1:1,4. O comprimento total variou entre 53,9 e 95,0 cm (média 65,77±6,18 cm), com maior frequência nas classes de 67–74 cm e 74–81 cm. As fêmeas apresentaram maiores amplitudes de comprimento e peso, enquanto os machos concentraram-se em classes menores. O peso total variou entre 1480 e 8270 g (média 3760,4±1637,6 g). A relação peso-comprimento foi descrita pela equação $Wt = 0{,}012Lt^{2.924}$, com elevado coeficiente de determinação (R^2=0,9357), indicando bom ajuste do modelo. O coeficiente alométrico (θ=2,924) evidenciou crescimento alométrico negativo, sugerindo aumento proporcionalmente maior em comprimento que em peso ao longo do desenvolvimento. Os parâmetros físico-químicos da água indicaram ambiente estuarino mesoalino a polihalino, com salinidade entre 15,05 e 25,65‰ e temperatura entre 26,35 e 32,20 °C, condições compatíveis com a ocorrência da espécie. Todos os indivíduos analisados encontravam-se na fase adulta (>34 cm), reforçando a importância do estuário como área utilizada por contingentes adultos da espécie. Os resultados contribuem para o conhecimento da biologia pesqueira de *C. acoupa* no Nordeste brasileiro e evidenciam a importância de monitoramentos contínuos para subsidiar estratégias futuras de manejo e conservação.

Palavras-chave: Biologia pesqueira. Sciaenidae. Estuários. Relação peso-comprimento. Coeficiente alométrico.

Introdução

A pesca de captura permanece como atividade estratégica para a segurança alimentar e para a economia de comunidades costeiras em todo o mundo. Em 2022, a produção global da pesca de captura atingiu 91 milhões de toneladas, correspondendo a 49% da produção total de organismos aquáticos, estimada em 185 milhões de toneladas. Apesar de sua relevância, a aquicultura superou a pesca de captura pela primeira vez, refletindo mudanças estruturais na exploração de recursos aquáticos e evidenciando a necessidade de manejo sustentável dos estoques naturais (Fao, 2024).

No Brasil, a pesca ocupa posição de destaque na América Latina, sendo o quarto maior produtor regional, com aproximadamente 1,49 milhão de toneladas capturadas em 2022 (Fao, 2024). Entre os recursos pesqueiros explorados na costa brasileira, a família Sciaenidae representa um dos grupos mais importantes, correspondendo a cerca de 22% dos desembarques marinhos (Chao et al., 2015). Esses peixes demersais apresentam ampla distribuição em regiões tropicais e subtropicais, com ciclos de vida associados a ambientes estuarinos e costeiros, que funcionam como áreas essenciais de alimentação, crescimento e recrutamento (De Souza Junior, Nunes & Silvano, 2020; Oliveira et al., 2020).

Dentro desse grupo destaca-se a pescada-amarela, *Cynoscion acoupa*, espécie amplamente distribuída no Atlântico Ocidental, ocorrendo do Panamá ao sudeste do Brasil (Oliveira et al., 2020; Fishbase, 2023). De elevado valor comercial, é comercializada fresca e processada em diversos mercados nacionais, com preço médio de R$ 47,00 o quilo (Barbosa et al., 2023). Entretanto, a captura predominante de indivíduos juvenis e a intensificação do esforço pesqueiro

têm sido apontadas como fatores responsáveis pela redução do tamanho médio dos exemplares capturados e pelo declínio populacional observado em diferentes regiões do país (Oliveira et al., 2020). Estima-se que cerca de 90% das capturas sejam compostas por indivíduos abaixo do tamanho de maturidade sexual (comprimento total médio de 33,7 cm), o que compromete o recrutamento e a sustentabilidade da espécie (Montaño & Morales, 2013)

A espécie apresenta migração ontogenética entre estuários e zonas costeiras, utilizando ambientes estuarinos como áreas de crescimento juvenil e águas marinhas adjacentes para reprodução (Vane et al., 2018; Oliveira et al., 2020). Essa dependência de múltiplos habitats torna a *C. acoupa* particularmente sensível à sobrepesca e à degradação ambiental. Atualmente, a espécie encontra-se classificada como quase ameaçada no Brasil (ICMBio, 2019) e vulnerável em avaliação global da IUCN, refletindo declínio populacional associado à pesca excessiva, captura ilegal e perda de habitats estuarinos (Chao et al., 2021).

O conhecimento da estrutura populacional é fundamental para compreender a dinâmica dos estoques pesqueiros e subsidiar estratégias de manejo. A distribuição de classes de comprimento e peso permite identificar padrões de recrutamento, crescimento e mortalidade, além de avaliar impactos da exploração pesqueira sobre diferentes fases do ciclo de vida (King, 2007). Para espécies como a *C. acoupa*, cuja maturação sexual ocorre em torno de 40 cm de comprimento total (Almeida et al., 2016; Santana et al., 2023), a captura de indivíduos menores representa risco significativo à sustentabilidade dos estoques.

Considerando a relevância ecológica e socioeconômica da pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*) para a pesca artesanal e comercial ao longo da costa brasileira, bem como a necessidade de ampliar o conhecimento sobre

sua biologia pesqueira em ambientes estuarinos do Nordeste, estudos sobre a estrutura populacional e o crescimento da espécie tornam-se fundamentais para subsidiar estratégias de manejo e conservação. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a estrutura populacional e os parâmetros de crescimento da pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*) no estuário do rio Jaguaripe, Bahia, a partir da análise da distribuição de comprimento, peso, proporção sexual e relação peso-comprimento dos indivíduos amostrados.

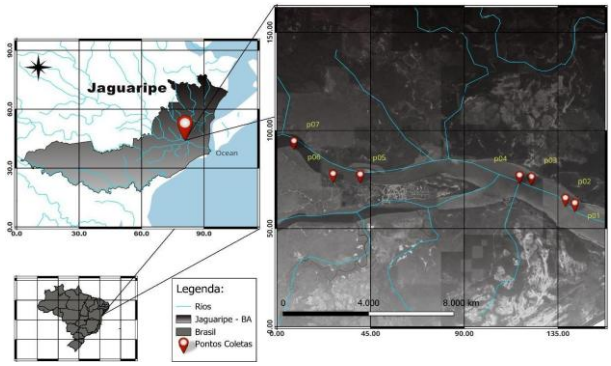
Materiais e métodos

Área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Jaguaripe-BA, conhecido por ser a primeira vila do Recôncavo Baiano. Banhado por rios e águas continentais, Jaguaripe tem na pesca artesanal uma de suas principais fontes de renda. A região foi selecionada com base em relatos da atividade pesqueira local e na relevância comercial da espécie.

Foram estabelecidos sete pontos amostrais distribuídos em quatro regiões distintas: Taparigue, Canto da Fonte, Sereia e Jacaracica (Figura 1). Os pontos p01 e p02, localizados na área conhecida como Taparigue, situam-se a jusante da sede municipal, próximos à foz do rio. Em seguida, os pontos p03 e p04, na região denominada Canto da Fonte, também estão próximos à zona costeira, porém mais próximos da sede urbana. Mais a montante, encontram-se os pontos p05 e p06, na área chamada Sereia, posicionados em uma região mais interiorizada do rio. Por fim, o ponto p07, situado em Jacaracica, representa a área mais afastada tanto da sede municipal quanto da foz do rio, sendo o ponto amostral mais a montante.

Figura 1 - Localização da área de estudo e pontos de coleta dos exemplares (*Cynoscion acoupa*).



Fonte: autoria própria.

Amostragem da população

A pesquisa foi realizada ao longo de doze meses, com coletas bimestrais de exemplares de pescada-amarela (*C. acoupa*) no período de agosto de 2023 a julho de 2024. A captura dos exemplares foi realizada durante o dia, predominantemente em condições de sol e maré cheia, com o apoio de pescadores artesanais locais. A técnica de pesca utilizada foi a rede de espera, com malha variando entre 50x50mm e 70x70mm, além de embarcações motorizadas, canoas a remo e traquetes (Figura 2).

Paralelamente, a qualidade da água foi monitorada em cada coleta, utilizando uma sonda multiparâmetros Water Quality Meter, modelo KR86021, para medir parâmetros físico-químicos. As coordenadas dos pontos de coleta foram georreferenciadas com um GPS Garmin modelo GPSMAP® 60CSx, garantindo a precisão dos dados ambientais.

Figura 2 - Embarcação utilizada para captura dos exemplares (*Cynoscion acoupa*), com o apoio de pescadores artesanais locais.



Fonte: Autoria própria.

Os peixes capturados foram identificados com base em características morfológicas específicas, segundo Menezes e Figueiredo (1980). Após a confirmação da espécie de interesse, os indivíduos foram numerados, medidos quanto ao comprimento total (Ct) e comprimento padrão (Cp) em centímetros, e determinado o peso total (PT) em gramas (Figura 3). A relação peso-comprimento foi estabelecida por meio da equação:

$$W = aL^b$$

Onde:
W = Peso total (g);
a = Fator de condição;
L = Comprimento total (cm);
b = Coeficiente alométrico (LE CREN, 1951).

Figura 3 - Biometria dos exemplares de *Cynoscion acoupa*. A) Medição do comprimento total (Ct) e comprimento padrão (Cp), em centímetros. B) Determinação do peso total (PT), em gramas.



Fonte: Autoria própria.

Após a análise, foi possível caracterizar o crescimento da espécie de acordo com o valor do coeficiente alométrico obtido de acordo com (Harish et al., 2006). A proporção sexual foi calculada como a razão Macho:Fêmeas (M:F), utilizando a fórmula: número total de fêmeas/número total de machos (Vazzoler, 1996).

Resultados e discussão

Os dados na tabela 1 representam as médias e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos estudados ao longo das coletas amostrais.

O pH da água variou de 5,70 a 7,70. Em junho e julho, observou-se o menor pH (5,70), indicando uma acidez maior neste período. Já em outubro a novembro, o pH foi mais alto (7,70), sugerindo condições mais neutras. Essa tendência

pode estar associada ao aumento do aporte de matéria orgânica e à decomposição bacteriana durante períodos de maior influência continental, que favorecem a liberação de CO_2 e consequente redução do pH. Estudos conduzidos na costa Norte do Brasil indicam comportamento semelhante, com águas estuarinas variando de levemente ácidas a neutras, especialmente em áreas sob forte descarga fluvial (Silva Jr.; Castro; Saint-Paul, 2017; De Souza Junior; Nunes; Silvano, 2020).

Tabela 1 - Médias e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos da água durante os períodos de coleta.

Bimestres	pH	Oxigênio (mg/L)	Salinidade (‰)	Temperatura (°C)	Condutividade (µS/cm)
Ago - Set	7,41±0,41	4,75±0,78	16,15±7,42	26,35±1,34	26,08±12,90
Out - Nov	7,70±0,00	8,40±1,13	25,55±4,74	28,70±0,00	36,55±7,71
Dez - Jan	7,30±0,00	7,50±1,27	25,65±6,15	32,10±0,00	39,05±8,13
Fev - Mar	7,51±0,13	8,35±0,35	24,50±4,53	32,20±0,14	34,65±2,19
Abr - Mai	7,02±0,37	3,80±2,40	15,05±5,45	28,75±0,64	23,91±7,91
Jun - Jul	5,70±0,00	7,90±0,00	17,40±0,00	27,10±0,00	39,00±0,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

A concentração de oxigênio dissolvido variou de 3,80 mg/L a 8,40 mg/L. Os menores níveis foram observados em abril e maio (3,80 mg/L), e podem estar relacionados ao aumento da carga orgânica e à estratificação da coluna d'água durante o período chuvoso, favorecendo processos de respiração microbiana e reduzindo a disponibilidade de oxigênio. Valores próximos ou inferiores a 4 mg/L podem representar condições de estresse fisiológico para peixes estuarinos, embora espécies eurialinas apresentem maior tolerância (Whitfield et al., 2023). Já os maiores níveis registrados em outubro e novembro (8,40 mg/L) sugerem

maior renovação hídrica e maior atividade fotossintética, padrão também descrito para estuários amazônicos (Ferreira et al., 2016).

A salinidade variou de 15,05% a 25,65%, indicando ambiente tipicamente mesohalino a polihalino. As maiores salinidades foram registradas em dezembro e janeiro (25,65‰) e outubro e novembro (25,55‰). A redução observada em abril-maio (15,05‰) confirma maior influência fluvial no período chuvoso, enquanto os valores mais elevados em dezembro-janeiro refletem maior intrusão marinha. Esse comportamento sazonal é amplamente descrito para sistemas estuarinos do Maranhão e Pará (Frédou; Asano Filho, 2006; De Souza Junior; Nunes; Silvano, 2020). A plasticidade fisiológica de *C. acoupa* permite sua ocorrência em ampla faixa de salinidade, característica determinante para sua utilização de estuários como áreas de alimentação e crescimento (Oliveira et al., 2020; Vane et al., 2018).

A temperatura da água variou de 26,35ºC a 32,20ºC, refletindo o padrão térmico típico de regiões tropicais costeiras. Os valores mais baixos foram registrados em agosto e setembro (26,35ºC) e os mais altos em dezembro e janeiro (32,10ºC) e fevereiro e março (32,20ºC). Essas variações refletem as mudanças sazonais típicas, com temperaturas mais altas durante o verão e temperaturas mais amenas em outras épocas do ano. Essa faixa térmica está dentro do intervalo ideal para espécies costeiras tropicais, favorecendo taxas metabólicas elevadas e crescimento acelerado (Santana et al., 2023). A estabilidade térmica relativa é considerada fator importante para manutenção da produtividade pesqueira em ambientes tropicais (FAO, 2024).

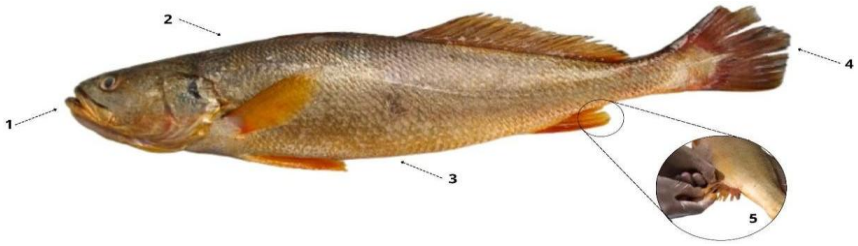
A condutividade variou de 23,91 µS/cm a 39,05 µS/cm, acompanhando as oscilações de salinidade, uma vez

que ambos os parâmetros estão diretamente relacionados à concentração de íons dissolvidos. Os maiores valores foram registrados de dezembro a janeiro (39,05 µS/cm) e junho a julho (39,00 µS/cm), indicando maior influência marinha ou maior presença de íons dissolvidos na água. Os valores mais baixos foram observados em abril a maio (23,91 µS/cm), sugerindo menor concentração de sais dissolvidos, reforçando o efeito diluidor da água doce. Esse padrão já foi descrito para estuários sob regime macromareal da costa amazônica (Silva Jr.; Castro; Saint-Paul, 2017).

De forma geral, os resultados confirmam que o ambiente estudado apresenta dinâmica físico-química sazonal compatível com sistemas estuarinos tropicais, caracterizados por forte influência do regime hidrológico. Essa variabilidade ambiental exerce papel fundamental na estruturação das assembleias de peixes e na dinâmica populacional de espécies estuarino-dependentes, como *Cynoscion acoupa*, que utilizam esses ambientes como áreas de alimentação, crescimento e recrutamento (Oliveira et al., 2020; Whitfield et al., 2023).

Os exemplares de *C. acoupa* analisados apresentaram características morfológicas compatíveis com as descrições taxonômicas da espécie (Menezes; Figueiredo, 1980). A nadadeira dorsal é composta por uma porção anterior com 10 espinhos e uma porção posterior com 1 espinho e de 17 a 22 raios. A nadadeira anal apresentou 2 espinhos e de 7 a 8 raios, enquanto a nadadeira peitoral possui de 15 a 19 raios. Em exemplares adultos, a nadadeira caudal apresentou formato romboidal. Em relação às estruturas branquiais, foram observados rastros relativamente longos, variando de 10 a 16 no primeiro arco branquial (Figura 4).

Figura 4 - Exemplar de *Cynoscion acoupa* destacando suas principais características morfológicas descritas no texto: (1) boca com maxilar inferior proeminente; (2) coloração cinza-prateada, com dorso mais escuro; (3) tonalidade do flanco e da região ventral; (4) nadadeira caudal de formato romboidal; e (5) espinhos e raios da nadadeira anal.



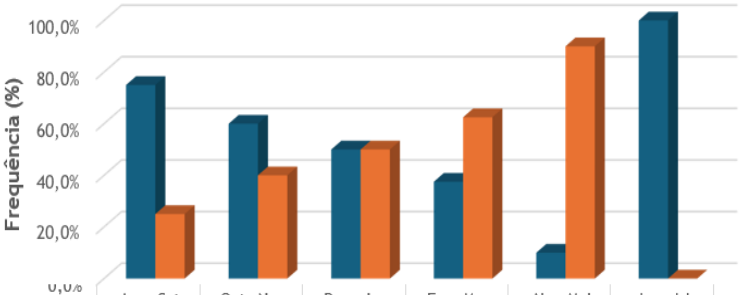
Fonte: Autoria própria.

Quanto à cobertura corporal, observou-se a presença de 80 a 90 séries transversais de escamas acima da linha lateral, estendendo-se até a base da nadadeira caudal. A coloração dos indivíduos apresentou padrão acinzentado na região dorsal e prateada nas regiões laterais e ventrais. As nadadeiras peitorais, pélvicas e anal são claras, enquanto as nadadeiras dorsal e caudal possuem coloração mais escuras, com pigmentação mais intensa nas partes distais.

Durante o período amostral, foram coletados 36 exemplares de pescada amarela (*C. acoupa*), sendo 15 machos (41,67%) e 21 fêmeas (58,33%) (Figura 5), resultando em uma proporção sexual de 1 macho para 1,4 fêmea. Essa predominância de fêmeas foi observada no período como um todo, mas variou ao longo dos bimestres. Nos dois primeiros bimestres (agosto e setembro e outubro e novembro) houve uma predominância de machos, 75% e 60% dos indivíduos coletados, com proporções de 3:1 e 1,5:1, respectivamente. No bimestre dezembro e janeiro foi registrada uma proporção igual entre machos e fêmeas (1:1), marcando uma transição nas frequências relativas.

Essa mudança culminou em abril e maio, com uma predominância absoluta de fêmeas (90%). Curiosamente, no bimestre junho e julho, apenas um indivíduo foi capturado, sendo um macho, o que pode indicar flutuações sazonais marcantes ou limitações no esforço amostral. Esses padrões de variação sugerem que fatores ambientais, biológicos ou comportamentais, como mortalidade, taxa de crescimento e comportamento, que podem atuar de forma distinta entre os sexos, são determinantes na proporção sexual e podem justificar as variações observadas ao longo do tempo e entre populações, evidenciando a importância de estudos contínuos para compreender a dinâmica populacional dessa espécie (Vazzoler, 1996).

Figura 5 – Frequência da ocorrência de machos e fêmeas de *Cynoscion acoupa* por bimestre.



	Ago - Set	Out - Nov	Dez - Jan	Fev - Mar	Abr - Mai	Jun - Jul
Machos	75,0%	60,0%	50,0%	37,5%	10,0%	100,0%
Fêmeas	25,0%	40,0%	50,0%	62,5%	90,0%	0,0%

Fonte: autoria própria.

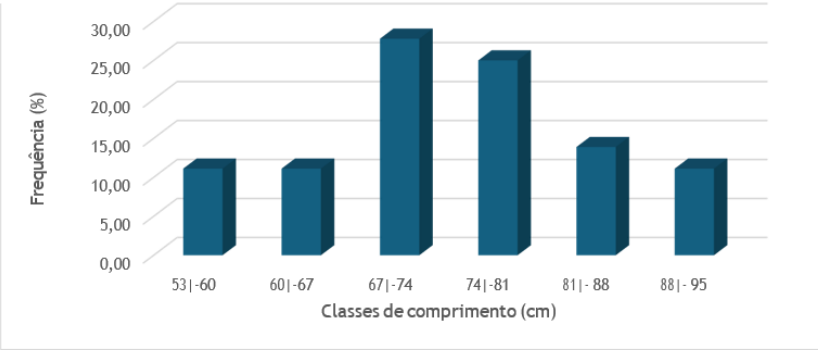
Em comparação com estudos prévios, a proporção observada (1:1,4) é similar à encontrada por Levrel (2012) na Guiana Francesa (1:1,16) e distinta da relatada por Almeida et al. (2016) no Maranhão, onde os machos predominaram (1,35:1). Tais diferenças podem estar associadas ao maior tamanho dos indivíduos, que os torna mais suscetíveis à

captura, alterando as proporções sexuais da população (Oliveira et al., 2020). Jorgensen et al. (2006) sugerem que a proximidade entre as proporções de machos e fêmeas, em determinadas épocas, pode atuar como um mecanismo adaptativo para maximizar a fertilização, uma vez que a agregação de ambos os sexos em proporções equilibradas aumenta as probabilidades de sucesso reprodutivo. Estudos sobre peixes frequentemente relatam uma proporção sexual próxima de 1:1 para a população total.

Contudo, análises detalhadas podem revelar desvios dessa proporção, como o predomínio de machos ou fêmeas em determinadas faixas de comprimento ou períodos específicos do estudo (Vazzoler, 1996), como evidenciada no presente trabalho.

Os exemplares coletados apresentaram amplitude de comprimento total (Lt) variando entre 53,90 e 95,00 cm, com média de 65,77±6,18 cm. Quanto às classes de comprimento, a ocorrência dos indivíduos foi mais expressiva nos intervalos de 67 a 74 cm (27,78%) e 74 e 81 cm (25,00 %), somando juntos mais de 50% dos exemplares, conforme a Figura 6.

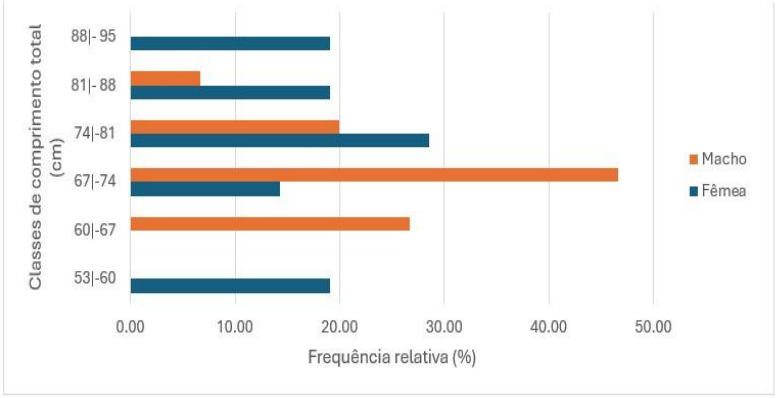
Figura 6 – Distribuição da frequência das classes de comprimento dos indivíduos agrupados de *Cynoscion acoupa* (machos e fêmeas).



Fonte: Autoria própria.

Os machos de *C. acoupa* apresentaram um comprimento total (Lt) variando de 60,40 a 85,00 cm, com uma média de 70,71±5,80 cm, concentrando-se majoritariamente na faixa de 67 a 74 cm (46,70% dos indivíduos) (Figura 7). Já as fêmeas tiveram uma amplitude de comprimento maior, variando de 53,90 a 95,00 cm, com uma média de 76,90±12,44 cm. A maior concentração de fêmeas ocorreu na faixa de 74 a 81 cm (28,6%), e uma distribuição significativa foi observada nas classes de comprimento de 81 a 88 cm e 88 a 95 cm (19% cada). Esses resultados indicam uma tendência de os machos ocuparem faixas de comprimento menores, enquanto as fêmeas predominam nas classes superiores, sugerindo diferenças no crescimento ou na maturação sexual entre os sexos.

Figura 7 – Proporção sexual por classe de comprimentos de *Cynoscion acoupa* durante todo o período amostral.



Fonte: Autoria própria.

Esse padrão está alinhado com estudos como os de Lagemann e Fialho (2014), que descreveram aspectos reprodutivos de *Pachyurus bonariensis*, uma espécie de peixe da família Sciaenidae, mesma da espécie alvo do presente trabalho, observaram uma predominância de fêmeas nas maiores classes de comprimento, associando esse fato à relação positiva entre tamanho corporal e fecundidade. Por outro lado, Almeida et al. (2016) verificaram que os machos de *C. acoupa* geralmente predominam em classes de comprimento menores, com exceção da classe 92-100 cm, onde as fêmeas foram mais frequentes. No entanto, os autores também inferiram que, nesta população, os machos atingem tamanhos máximos maiores que as fêmeas. Essas variações entre estudos sugerem que fatores como fecundidade, comportamento reprodutivo e pressões seletivas podem influenciar o crescimento diferencial entre os sexos em populações de Sciaenidae.

De acordo com as fases ontogenéticas propostas por Ferreira et al. (2016) para a *C. acoupa*, todos os indivíduos analisados encontravam-se na fase adulta (> 34 cm). Esse resultado sugere que a amostragem contemplou

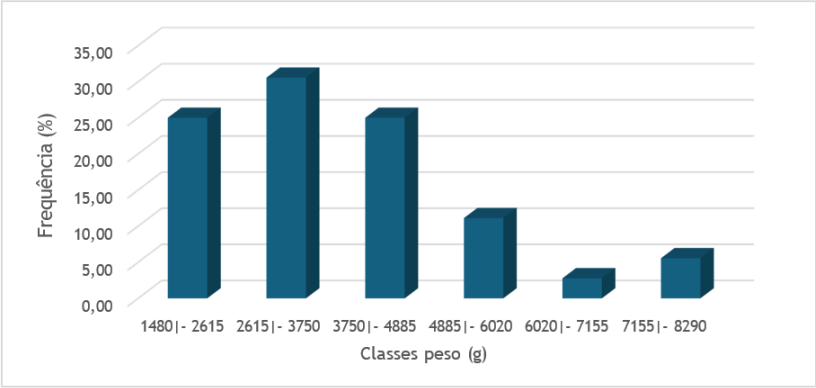
predominantemente indivíduos já inseridos no contingente reprodutivo da população.

As fases ontogenéticas da espécie ocupam diferentes trechos do estuário ao longo do ciclo de vida, sendo fortemente influenciadas pelo gradiente sazonal de salinidade. Conforme descrito por Whitfield et al. (2023), juvenis utilizam o estuário superior como área de alimentação e refúgio contra predadores, especialmente no início da estação chuvosa; subadultos migram para o estuário médio ao final desse período para evitar estresse osmorregulatório; e adultos concentram-se no curso inferior dos estuários e em águas costeiras adjacentes, onde ocorre a desova. Os ovos e larvas são posteriormente transportados pelas marés para regiões mais internas do estuário, favorecendo o recrutamento.

Segundo o gradiente de salinidade proposto por Barletta e Costa (2009), os pontos de coleta deste estudo situaram-se entre o estuário médio (salinidade entre 5 e 20) e o estuário superior (> 20). As salinidades registradas variaram de 15,05 a 25,65, indicando predominância de condições mesohalinas a polihalinas. Esse padrão ambiental é compatível com a ocorrência de indivíduos adultos em áreas estuarinas sob influência marinha, reforçando a conectividade entre o estuário e a zona costeira adjacente no ciclo de vida da espécie.

Os indivíduos estudados apresentaram amplitude de peso total (Wt) variando entre 1480 e 8270 g com média de 3760,4±1637,6 g. Quanto às classes de peso, a ocorrência dos indivíduos foi mais expressiva nos intervalos de 2615 a 3750 g (30,56%), 1480 a 2615 g (25%) e 3750 a 4885 g (25%), as três menores classes de peso, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Distribuição da frequência das classes de peso total para os indivíduos agrupados de *Cynoscion acoupa* (machos e fêmeas).



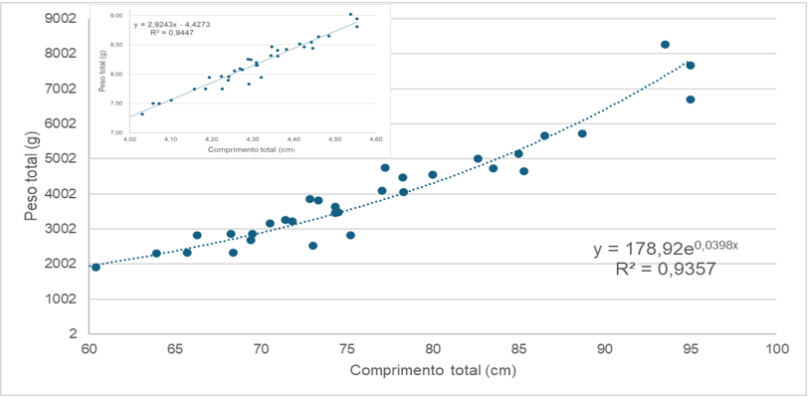
Fonte: Autoria própria

Os machos apresentaram amplitude de peso total (Wt) que variou de 1910 a 5150 g, com média de 3041,7±780,3 g, e as fêmeas apresentaram amplitude de peso total de 1480 a 8270 g, com média de 4273,8±1898,0g. A relação entre sexo e classe de peso evidencia padrões distintos de distribuição entre fêmeas e machos. As fêmeas apresentam maior concentração na classe 3750|-4885, correspondendo a 38,1% do total, enquanto os machos se agrupam predominantemente na classe 2615|-3750, representando 60,0% dos indivíduos desse grupo (Figura 9). Nota-se ainda a ausência de machos nas classes superiores a 6020, sugerindo uma tendência das fêmeas a atingir pesos mais elevados.

A relação entre peso e comprimento para ambos os sexos agrupados foi descrita pela equação $Wt = 0{,}012 \times Lt^{2{,}92}$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9357. Esta relação é apoiada pela linearidade observada entre os logaritmos do peso total (Wt) e do comprimento total (Lt), descrita pela equação $ln\ Wt = 2{,}924\ lnLt - 4{,}427$, apresentando um coeficiente de determinação, ainda mais

elevado (R^2 = 0,9447) (Figura 10). Esses valores de coeficiente de determinação (R^2) indicam uma boa aderência dos pontos empíricos às curvas ajustadas (Almeida et al., 2016).

Figura 9 - Relação peso total e comprimento total e transformação linear correspondente para sexos agrupados de *Cynoscion acoupa*.



Fonte: autoria própria.

O coeficiente alométrico (θ) desempenha um papel importante na interpretação do tipo de crescimento. Quando θ = 3,0, caracteriza-se um crescimento isométrico, em que há proporcionalidade constante entre o comprimento e o peso do organismo, sem alterações na forma corporal ou densidade relativa. Por outro lado, valores de θ diferentes de 3,0 indicam crescimento alométrico, no qual o peso não aumenta proporcionalmente ao comprimento (Ricker, 1975; Harish et al., 2006). Para *C. acoupa*, o coeficiente alométrico estimado neste estudo foi de θ = 2,924 para machos e fêmeas agrupados, evidenciando um crescimento alométrico negativo.

Esse padrão sugere que o aumento do peso da espécie é relativamente menor em relação ao crescimento em comprimento à medida que os indivíduos se desenvolvem. A menor massa corporal em relação ao

comprimento pode estar associada à maturidade sexual e ao gasto energético pós-reprodutivo, caracterizando a alometria negativa. A relação peso-comprimento é um indicador do acúmulo de gordura e desenvolvimento gonadal, alinhando-se a dados de outras espécies de scianídeos no sul do Brasil (Araújo; Vicentini, 2001).

Resultados semelhantes foram relatados por Levrel (2012), que identificou um coeficiente alométrico de $\theta = 2,914$ para *C. acoupa* com sexos agrupados na Guiana Francesa. Almeida et al. (2016) também observaram um crescimento alométrico negativo ($\theta < 3,0$) para *C. acoupa* em análises separadas por sexo, inferindo que machos e fêmeas não apresentaram diferenças significativas nos padrões de crescimento.

Conclusão

A estrutura populacional da pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*) no estuário de Jaguaripe-BA revelou predominância de indivíduos adultos e diferenças nas classes de comprimento entre machos e fêmeas, evidenciando possível dimorfismo sexual em tamanho, padrão de crescimento alométrico negativo, refletindo características biológicas e reprodutivas da espécie. A ocorrência dos indivíduos em faixas de salinidade correspondentes ao estuário médio e superior reforça a relevância desses ambientes no ciclo de vida da espécie, confirmando o papel ecológico dos estuários como áreas de suporte para alimentação, crescimento e manutenção de contingentes adultos.

Embora os dados não permitam estabelecer parâmetros diretos de ordenamento pesqueiro, como tamanho mínimo de captura, as informações obtidas contribuem para algumas informações do conhecimento

sobre a dinâmica populacional de *C. acoupa* na região, contribuindo para reduzir lacunas existentes para o Nordeste brasileiro. Esse tipo de informação é fundamental como base para estudos futuros que integrem aspectos reprodutivos, recrutamento e dinâmica populacional, possibilitando avaliações mais completas sobre o estado dos estoques. Dessa forma, o trabalho fortalece a compreensão da biologia pesqueira da espécie em ambiente estuarino e ressalta a importância de monitoramentos contínuos para subsidiar estratégias futuras de manejo e conservação.

Referências

ALMEIDA, Z. S. et al. Biologia reprodutiva da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) capturada na Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. **Biota Amazônia,** v. 6, n. 1, p. 46-54, 2016. DOI: 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n1p46-54.

ARAÚJO, F. G.; VICENTINI, R. N. Relação peso-comprimento da corvina *Micropogonias furnieri* (Pisces, Sciaenidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 1, p. 133-138, 2001.

BARBOSA, A. J. et al. Molecular authentication by DNA barcoding and multiplex PCR assay reveals mislabeling and commercial fraud of the Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*), an economically important sciaenid marketed in Brazil. **Food Control,** v. 117, p. 107351, 2020. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107351

BARLETTA M. COSTA M. F. 2009. Living and non-living resources exploitation in a tropical semi-arid estuary. **Journal of Coastal Research,** 56: 371 – 375.

CHAO, L.; NALOVIC, M.; WILLIAMS, J. *Cynoscion acoupa*, Acoupa Weakfish. *The IUCN* **Red List of Threatened Species**, 2021. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T154875A46924613.en.

CHAO, N. L. et al. A popular and potentially sustainable fishery resource under pressure–extinction risk and conservation of

Brazilian Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **Global Ecology and Conservation,** v. 4, p. 117-126, 2015. DOI: 10.1016/j.gecco.2015.06.002

DE SOUZA JUNIOR, O. G.; NUNES, J. L. G.; SILVANO, R. A. M. Biology, ecology and behavior of the acoupa weakfish *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801) according to the local knowledge of fishermen in the northern coast of Brazil. **Marine Policy**, v. 115, p. 103870, 2020. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.103870

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action.** Roma, 2024. DOI: 10.4060/cd0683en

FERREIRA, G. V. et al. Plastic debris contamination in the life cycle of Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*) in a tropical estuary. *ICES* **Journal of Marine Science**, v. 73, n. 10, p. 2695-2707, 2016. DOI: 10.1093/icesjms/fsw108.

FRÉDOU, L. F.; ASANO FILHO, M. **Recursos pesqueiros da região norte.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2006.

JORGENSEN, C. et al. The logic of skipped spawning in fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 63, n. 1, p. 200–211, 2006. DOI: 10.1139/f05-210.

KING, M. (2007). *Fisheries Biology,* **Assessment and Management.** Blackwell Publishing Ltd,. DOI: 10.1002/9781118688038.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatis*). **Journal of Animal Ecology,** v. 20, p. 201-219, 1951.

MONTAÑO, O. J. F.; MORALES, I. C. Relative yield-per-recruit and management strategies for *Cynoscion acoupa* (Perciformes: Sciaenidae) in Lake Maracaibo, Venezuela. **Revista de Biología Tropical**, v. 61, n. 1, p. 173–180, 2013. DOI: 10.15517/rbt.v61i1.10943

OLIVEIRA, C. D. et al. Biology and fishery of Acoupa Weakfish *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801): a review. **Neotropical Biology and Conservation,** v. 15, n. 3, p. 333-349, 2020. DOI: 10.3897/neotropical.15.e55563

RICKER, W. E. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. **Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada,** v. 191, p. 1-382, 1975.

SANTANA, F. M. et al. Age and growth of the Acoupa Weakfish (*Cynoscion acoupa*) of the Brazilian Amazonian Coast, through micro and macrostructures in otoliths. **Fisheries Research**, v. 268, p. 106826, 2023. DOI: 10.1016/j.fishres.2023.106826

SILVA JR, M. G.; CASTRO, A. C. L.; SAINT-PAUL, U. Comparative analysis of distribution of intertidal fish assemblages in different estuarine systems on northern coast of Brazil. **Journal of Sustainable Development**, 10(2), 26–36, 2017. DOI: 10.5539/jsd.v10n2p26

VANE, K. et al. Ontogenetic resource utilization and migration reconstruction with δ13C values of essential amino acids in the *Cynoscion acoupa* otolith. **Ecology and Evolution**, v. 8, n. 19, p. 9859–9869, 2018. DOI: 10.1002/ece3.4471

VAZZOLER, A. E. A. de M. **Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática**. Maringá: EDUEM, 1996.

WHITFIELD, A. K. et al. Life-history guilds of fishes associated with estuaries: Opportunism versus dependency. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 2023. DOI: 10.1016/j.ecss.2023.108456

CAPÍTULO 6

Uso de CalmaSANPlus® para a anestesia de juvenis de apaiari (*Astronotus ocellatus*)

Gleidson Roberto Conceição De Albuquerque[27]
Bruno Olivetti de Mattos[28]
Aline dos Anjos Santos[29]
Thaís Billalba Carvalho[30]

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar a melhor concentração do anestésico CalmaSANPlus® (Eugenol e fitoativos de cravo, eucalipto, orégano e canela) para juvenis de apaiari (*Astronotus ocellatus*). Foram utilizados 20 juvenis com peso médio de 47,93 ± 2,29 g e comprimento total médio de 10,10 ±0,16 cm adquiridos de fornecedores da região do Recôncavo da Bahia. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Nutrição e Comportamento Alimentar de

[27] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: gleidsonrca@gmail.com.

[28] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia(UFBA). Docente Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: bruno.mattos@ufrb.edu.br.

[29] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutoranda em Zootecnia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: alineanjoss@hotmail.com.

[30] Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestrado em Biologia Animal pela UNESP. Doutorado em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: thaisbillalba@ufrb.edu.br.

Peixes da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Os peixes foram submetidos a quatro concentrações do produto (100, 200, 300 e 400 µl*L^{-1}) e quatro repetições para cada tratamento, os quais foram monitorados por meio de cronômetro digital. Os seguintes padrões de comportamento do estágio de anestesia foram avaliados: estágio 1 (movimento opercular visivelmente lento ou errático), estágio 2 (perda parcial do equilíbrio e dificuldade de manter a posição normal de natação quando não está em movimento), estágio 3 (perda total do equilíbrio e incapacidade de recuperação da posição natação vertical "barriga para cima") e estágio 4 (falta de reação a qualquer estímulo). Após esse último estágio, os peixes foram transferidos para aquários livres de anestésicos para observação da recuperação da posição normal de natação e capacidade de nadar. Também foi quantificada a frequência ventilatória, considerando o número de aberturas operculares observado em um minuto. Este parâmetro foi analisado para cada peixe no início do isolamento, imediatamente após a adição do anestésico e no início do período de recuperação. O tempo total para os peixes alcançarem o estágio 4 foi maior nas concentrações de 100 e 200 µl*L^{-1}. Já o tempo de recuperação foi maior na concentração de 400 µl*L^{-1}. Considerando a frequência opercular, observou- se aumento no final do experimento somente no tratamento 400 µl*L^{-1}, o que sugere um aumento da demanda de oxigênio nesta condição. Assim, conclui-se que a concentração de 300 µl*L^{-1} de CalmaSANPlus® é a mais indicada para o uso em *Astronotus ocellatus* pois proporciona menor tempo de anestesia e não aumenta a frequência opercular dos peixes.
Palavras-chave: Anestésico. Comportamento. Piscicultura ornamental.

Introdução

De acordo com Rezende e Fujimoto (2021), a piscicultura de peixes ornamentais no Brasil tem crescido para atender a necessidade do mercado interno e externo. Além do aspecto econômico, este setor conta com o contexto ambiental, levando em consideração as espécies que são produzidas em sistema artificial. A importância social dessa prática também contribui para geração de renda de famílias em ambientes rurais e urbanos

(Vieira, 2020).

Na aquicultura, especialmente no setor de peixes ornamentais, o uso de produtos anestésicos tem como propostas bloquear funções sensitivas a fim de se facilitar a realização dos mais diversos cuidados aos animais, desde a realização de procedimentos cirúrgicos quanto a tratamentos de doenças, transportes, entre outras atividades (Bugman, 2015). Os anestésicos são comumente utilizados durante o manejo dos animais aquáticos, entretanto as doses corretas dos diferentes fármacos e para espécies distintas ainda estão em fases de estudos (Fabiani, 2013).

Alguns dos critérios para a escolha do anestésico mais adequado devem considerar fatores como o aspecto econômico, a eficiência do produto e a segurança para o animal. O eugenol e seus derivados são considerados como um dos anestésicos alternativos mais promissores para diversas espécies de peixes. Assim, considera-se importante determinar a menor concentração de anestésico utilizada para uma espécie que proporcione um menor tempo de anestesia e menores alterações em parâmetros fisiológicos, tais como os relacionados com a demanda e consumo de oxigênio (Roubach et al., 2005).

O CalmaSANPlus® é um produto anestésico comercial que possui em sua formulação os seguintes compostos químicos: eugenol, fitoativos de cravo, eucalipto, orégano e canela. O eugenol, principal componente desse produto, apresenta efeito agonista sobre o ácido gama-aminobutírico (GABA) e antagonista sobre o glutamato, que atua sobre os receptores N-metil-d-aspartato (NMDA), ambos com grande importância na transmissão da dor (Aoshima e Hamamoto, 1999).

O GABA é o principal neurotransmissor inibitório do sistema nervoso central, causa anestesia e redução dos movimentos respiratórios e dos batimentos cardíacos (Iggo e Klemm, 1996). Além disso, é um anestésico amplamente utilizado em peixes (Ross e Ross, 2008; Vidal et al. 2008), apesar

de estudo recente (Barbas et al., 2021) evidenciar que os protocolos que sugerem a utilização do eugenol para a eutanásia de peixes devem ser cuidadosamente revistos, pois este composto químico pode ser potencialmente tóxico para o cérebro de tambaqui, *Colossoma macropomum*.

Conforme o fabricante, é sugerido o uso do CalmaSANPlus® na proporção de 10ml para cada 100L de água com imersões variando de 15 a 20 segundos, dependendo da biomassa do peixe. No entanto, as indicações do manual do produto não consideram características específicas de cada espécie e a concentração a ser utilizada. Para este estudo, a espécie escolhida foi o apaiari, *Astronotus ocellatus* que, dentre os ciclídeos ornamentais nativos, possui alto potencial para a aquicultura tropical, com comércio significativo na criação mundial de peixes, sendo sua carne muito valorizada na região Amazônica (Santos et al., 2009). Assim, espera-se determinar a concentração adequada de CalmaSANPlus® que pode ser utilizada para o manejo e biometria de *A. ocellatus*, espéciede interesse para a aquariofilia.

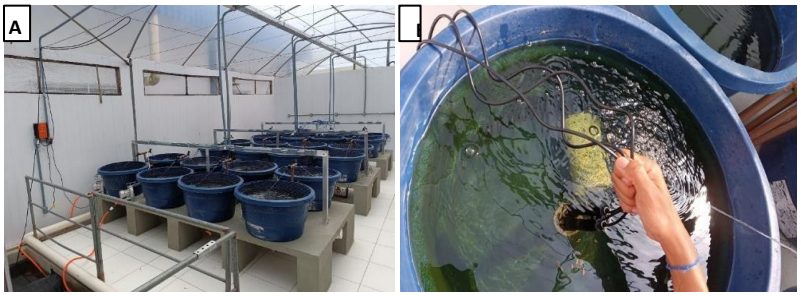
Materiais e método

Este estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição e Comportamento Alimentar de Peixes da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus Cruz das Almas. Os peixes (20 juvenis de apaiari) foram adquiridos de um fornecedor de peixes ornamentais do município de Paulo Afonso, BA.

Os animais foram aclimatados em tanques circulares de polietileno de 310 litros com aeração constante e sistema de recirculação de água (Figura 1). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente duas vezes ao dia, com ração extrusada e conforme exigência nutricional da espécie. Os valores médios de temperatura (26,8±0,05 °C), oxigênio dissolvido (6,58±0,04

mg/L), pH (7,49±0,05) e amônia não ionizada (0,006±0,001 mg/l) foram monitorados com auxílio de medidor multiparâmetro (Akso 88) e teste colorimétrico (LabconTest) (Figura 1).

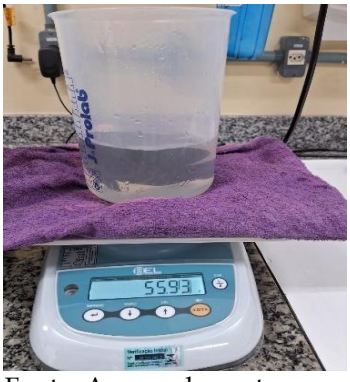
Figura 1 - A- Tanques de aclimatação dos peixes. B- Medida dos parâmetros físicos e químicos da água.



Fonte: Acervo dos autores.

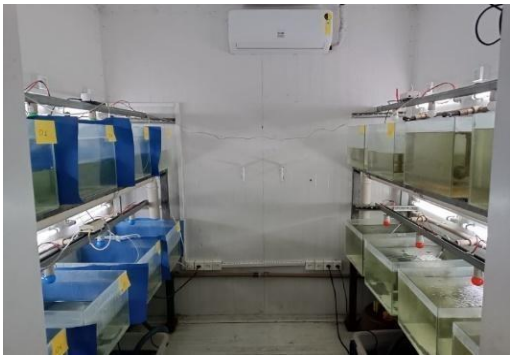
Após o período de aclimatação, foi realizada a biometria (Figura 2) e os peixes foram isolados individualmente em 16 aquários de 50 X 40 X15 cm (28,66 L de volume útil) por no mínimo 72 h (Figura 3). Em seguida, foi adicionado o anestésico (CalmaSANPlus®) em dosagens correspondentes a quatro tratamentos experimentais: 100, 200, 300 e 400 µl * L^{-1}, com quatro repetições para cada tratamento (Figura 4).

Figura 2 - Biometria dos peixes.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 3 - Aquários de isolamento dos animais.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 4 - Adição de anestésico na água, conforme as dosagens correspondentes aos tratamentos experimentais.



Fonte: Acervo dos autores.

Os peixes foram mantidos nos aquários experimentais por um período adequado para a visualização dos padrões de comportamento descritos (Tabela 1). O período de cada estágio foi aferido com o auxílio de um cronômetro digital.

Tabela 1 - Características comportamentais dos peixes de acordo com as diferentes etapas da anestesia.

Estágio	Comportamento
1	Movimento opercular visivelmente lento ou errático.
2	Perda parcial do equilíbrio e dificuldade de manter a posição normal de natação quando não está em movimento.
3	Perda total do equilíbrio e incapacidade de recuperação da posição natação vertical ("barriga para cima").
4	Falta de reação a qualquer estímulo.
Recuperado	Recuperação para a posição normal de natação e capacidade de nadar.

Fonte: Modificado de Woody et al. (2002).

A ausência de reação a qualquer estímulo foi verificada tocando-se a lateral do corpo do peixe com um bastão de vidro. Os animais foram então retirados do tanque de indução quando atingiram o estágio 4 (Tabela 1) e transferidos para um aquário de recuperação com água sem anestésico pelo período de 48h. Após a recuperação, cada peixe foi transferido para tanques de 100 litros com aeração constante e renovação de água, alimentados e monitorados por 96 horas, conforme recomendação de Vidal et al. (2006). Também foi quantificada a frequência ventilatória, considerando o número de aberturas operculares observado em um minuto (Bugman et al., 2016). Este parâmetro foi analisado para cada peixe no início do isolamento e no final do período de recuperação. Também foi quantificado o consumo de oxigênio, considerando a diferença entre as concentrações de oxigênio dissolvido na água antes do isolamento e após o animal atingir o estágio 4 de anestesia.

Os resultados estão expressos como a média ± erro padrão da média. A normalidade dos dados foi previamente avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade da variância também foi verificada pelo teste de Levene. A biometria, os tempos de anestesia e o consumo de oxigênio foram comparados entre os tratamentos experimentais por Análise de Variância (ANOVA), seguida de teste de Duncan para

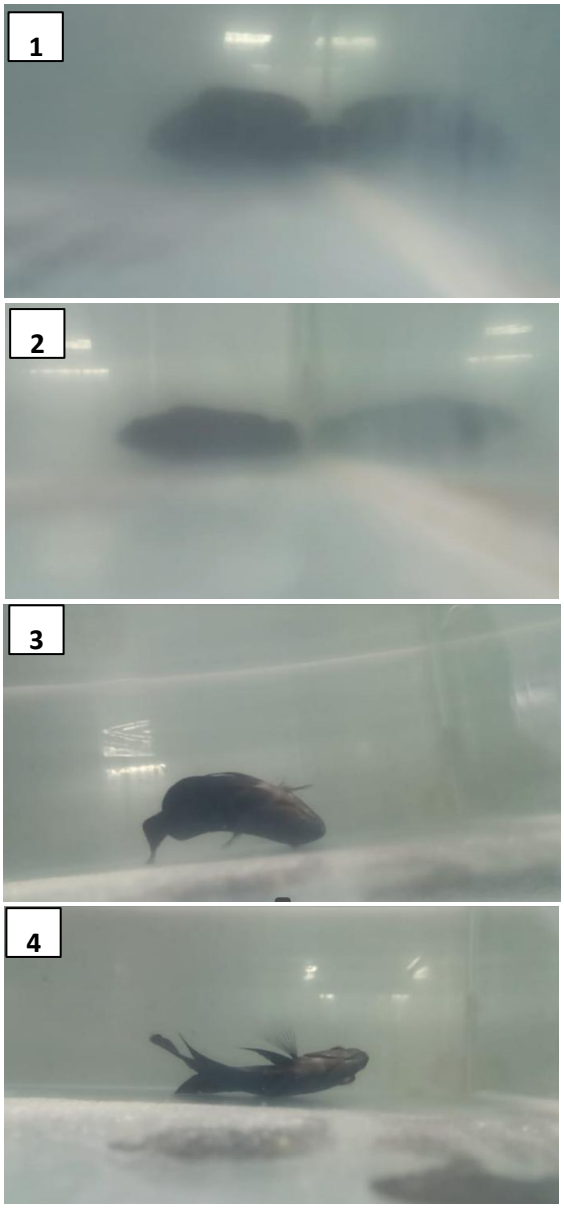
comparações múltiplas. Já as frequências operculares iniciais e finais foram comparadas em cada tratamento experimental por teste t. As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS (versão 20.0, IBM, Armonk, NY) e as diferenças foram consideradas estatisticamente significantes quando $p < 0,05$.

Este experimento foi conduzido de acordo com os princípios éticos do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFRB), sob protocolo nº 23007.00001683.2024-11.

Resultados

Em todos os tratamentos experimentais foram identificados os quatro estágios de anestesia (Figura 5) descritos por Fabiani et al. (2013) para *Brycon hilarii* e Vidal et al. (2008) para *Oreochromis niloticus*. Não houve diferença para o comprimento padrão e o peso corporal dos peixes entre os tratamentos experimentais, indicando que a biomassa não foi um fator que interferiu no efeito da concentração do anestésico (Tabela 2).

Figura 5 - Estágios de anestesia observados para A. ocellatus em todos os tratamentos experimentais (1 a 4).



Fonte: Acervo dos autores.

O tempo de anestesia em cada estágio foi maior para os

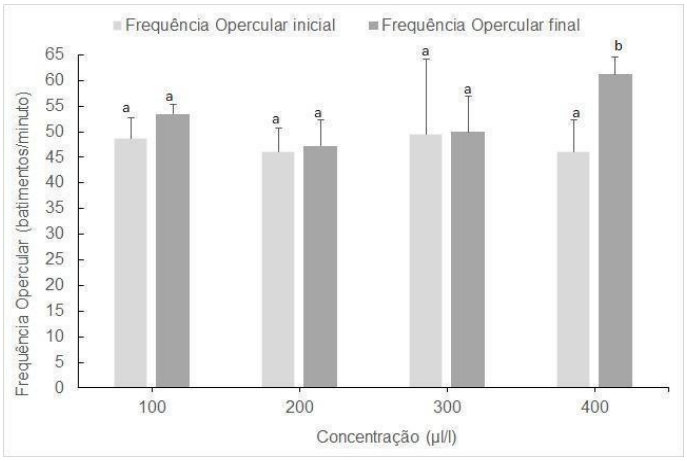
peixes submetidos às menores dosagens (100 e 200 µl*L^{-1}; Tabela 2). Resposta similar foi observada quando considerado o tempo total de anestesia que foi menor para os animais mantidos em 300 e 400 µl*L^{-1} de anestésico (Figura 7). Já o tempo de recuperação foi maior no tratamento de 400 µl * L^{-1} (Figura 7). As frequências operculares inicial e final e o consumo de oxigênio não diferiram entre os tratamentos experimentais (ANOVA, $p>0,05$). No entanto, observou-se um aumento da frequência opercular dos animais mantidos na maior concentração de anestésico (teste t, $p<0,05$; Figura 6).

Tabela 2 - Média (± erro padrão da média) dos parâmetros fisiológicos e comportamentais observados para juvenis de *A. ocellatus* submetidos a diferentes dosagens do anestésico CalmaSANPlus® (100, 200, 300 e 400 µl*L^{-1}). Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos experimentais (ANOVA, $p<0,05$).

Parâmetros	Tratamento (µl * L^{-1})				Valor F	Valor P
	100	200	300	400		
Peso corporal (g)	46,230±5,78	49,070±6,23	47,990±4,14	48,300±4,34	0,051	0,984
Comprimento padrão (cm)	9,820±0,39	10,070±0,41	10,300±0,18	10,140±0,37	0,328	0,805
Consumo de oxigênio (mg/L)	1,000±0,41	0,850±0,41	0,580±0,12	0,570±0,19	0,486	0,698
Estágio de anestesia 1-2 (s)	134,920±36,96b	85,050±32,07ab	32,740±5,34a	43,200±15,94a	3,840	0,034
Estágio de anestesia 2-3 (s)	74,790±13,74b	44,680±7,10ab	32,800±8,14a	31,290±11,12a	3,656	0,039
Estágio de anestesia 3-4 (s)	151,730±36,03b	134,470±37,72b	51,020±6,78a	43,050±10,47a	5,841	0,009

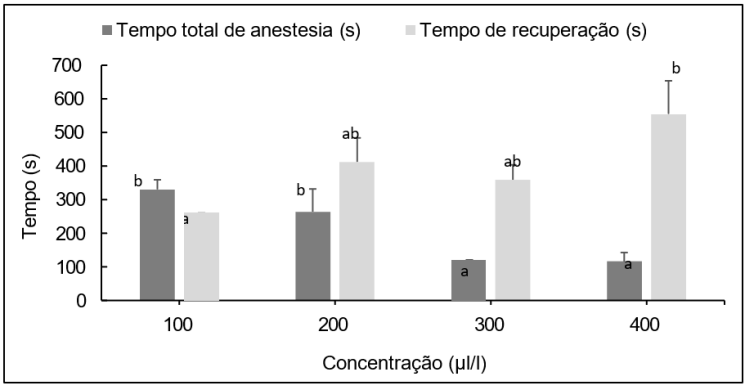
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6 - Média (± erro padrão da média) da frequência opercular inicial e final exibida por juvenis de *A. ocellatus* submetidos a diferentes dosagens do anestésico CalmaSANPlus® (100, 200, 300 e 400 µl*L^{-1}). Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística em cada tratamento. experimental (teste t, p<0,05).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7 - Média (± erro padrão da média) do tempo de anestesia total e de recuperação para juvenis de *A. ocellatus* submetidos a diferentes dosagens do anestésico CalmaSANPlus® (100, 200, 300 e 400 µl*L^{-1}). Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos experimentais (ANOVA, p<0,05).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

As condições de manejo e manutenção na piscicultura, favorecem a exposição dos peixes a diversos agentes estressores que, por sua vez, podem afetar a saúde e o bem-estar desses animais (Conte, 2004). De acordo com Ashley (2006), o uso de anestésicos é uma alternativa para a redução dos efeitos nocivos do estresse sobre os animais.

De fato, a anestesia pode auxiliar na diminuição do estresse, reduzindo a atividade do sistema nervoso central e, consequentemente, a via nociceptiva nos peixes (Almeida, 2018). O anestésico ideal deve produzir anestesia em 3 minutos ou menos e recuperação em menos que 10 minutos; não apresentar toxicidade aos peixes, durante o tratamento; não apresentar problema de segurança para o manipulador; deixar pouco resíduo, após período de depuração de uma hora ou menos; e ter custo acessível (Marking & Meyer, 1985).

Nesse contexto, o anestésico comercial testado (CalmaSANPlus®) apresentou efetividade para uso em juvenis de apaiari, especialmente nas maiores concentrações que apresentaram tempo total de anestesia menor que 3 minutos. O referido produto tem como principal componente o eugenol que apresenta velocidade de ação, pois induz rapidamente à anestesia profunda (Woody et al., 2002; Hajek et al., 2006) e diminui os efeitos do estresse causado pelo manejo (Inoue et al., 2005).

O óleo de cravo tem sido estudado como um potencial anestésico para peixes ornamentais, por ser financeiramente viável e apresentar segurança para humanos e o ambiente, conforme descrito por Mylonas et al. (2005). De acordo com Priborsky e Velisek (2018), as doses anestésicas de óleo de cravo variam de 2,0 a 150 mg *L^{-1} (ver Tabela 3). Esses valores são inferiores ao encontrado neste estudo, onde foi necessária uma maior concentração do produto testado (CalmaSANPlus®) para

que os juvenis de apaiari atingissem o estágio 4 de anestesia em curto tempo (< 3 minutos) e com rápida recuperação (<10 minutos).

De acordo com Javahery et al. (2012), o óleo de cravo é composto de 90–95% de eugenol e iso-eugenol. Já o CalmaSANPlus® é um produto anestésico comercial que possui outros compostos químicos (fitoativos de cravo, eucalipto, orégano e canela), além do eugenol. Assim, é possível que a maior concentração de CalmaSANPlus® em relação ao óleo de cravo seja decorrente da menor porcentagem de eugenol na formulação do referido produto. No entanto, não é possível confirmar essa relação, pois a proporção dos ingredientes ativos do CalmaSANPlus® não é fornecida pelo fabricante.

Tabela 3 - Concentração de óleo de cravo suficiente para promover a anestesia em diferentes espécies de peixes.

Espécie	**Concentração (mg *L^{-1})**	**Referência**
Alosa pseudoharengus	25-40	Berlinsky et al. (2016)
Astronotus ocellatus	80	Silva-Souza et al. (2015)
Astyanax altiparanae	50	Pereira-da-Silva et al. (2009)
Brycon cephalus	40–50	Inoue et al. (2003)
Brycon hilarii	100–150	Fabiani et al. (2013)
Carassius carassius	15,5–100	Endo et al. (1972)
Clarias gariepinus	50	Ogretmen and Gokcek (2013)
Colossoma macropomum	65	Roubach et al. (2005)
Cyprinus carpio	25–100	Hikasa et al. (1986)
Dicentrarchus labrax	40	Mylonas et al. (2005)
Ictalurus punctatus	100	Waterstrat (1999)
Oncorhynchus tschawytscha	20	Cho and Heath (2000)
Oreochromis niloticus	75	Vidal et al. (2008)
Oreochromis niloticus	150–175	Ribeiro et al. (2015)
Pseudoplatystoma	50	Vidal et al. (2006)

corruscans		
Pseudoplatystoma fasciatum	100	Sanchez et al. (2014)
Pterophyllum scalare	90,6	Romaneli et al. (2018)
Pterophyllum scalare	2	Hekimoglu e Ergun (2012)
Seriola dumerili	40	Garcia-Gomez et al. (2002)
Sparus aurata)	40	Mylonas et al. (2005)
Xiphophorus helleri	80	Vartak et al. (2002)

Fonte: *Modificada de Priborsky e Velisek (2018)

Considerando os diferentes tratamentos, observa-se que os peixes mantidos nas maiores concentrações de CalmaSANPlus® apresentaram menor tempo total para a anestesia e maior tempo de recuperação. Essa relação é esperada, pois é necessário maior tempo para a absorção via sistema respiratório (brânquias) e menor tempo para a eliminação da circulação sanguínea de menores concentrações do produto químico (Marking e Meyer, 1985).

Considerando a frequência opercular, observou-se aumento somente no final do experimento e para os peixes mantidos na concentração de 400 µl*L^{-1}, indicando que os animais nesta condição apresentaram aumento na demanda por oxigênio e, provavelmente, esse tratamento atuou como um agente estressor para os peixes.

Conclusão

Conclui-se que a concentração de 300 µl*L^{-1} de CalmaSANPlus® é a mais indicada para o uso anestésico em juvenis de apaiari (*Astronotus ocellatus)*, pois proporciona menor tempo de anestesia e não desencadeia um aumento na demanda de oxigênio para os peixes. Os resultados são significativos para a aquicultura ornamental, oferecendo uma alternativa segura para o manejo de peixes suscetíveis ao estresse.

Referências

ALMEIDA C. M. **Nocicepção Em Peixes:** Uma Revisão Sistemática. TCC (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba-MG, 2018.

AOSHIMA H.; HAMAMOTO K. potentiation of gabaa receptors expressed in *X enophus* oocytes by perfume and phyntoncid. **Biosci. Biotechnol. Biochem**., v.63, p.743-748, 1999.

ASHLEY, P. F. W: Current issues in aquaculture. **Applied Animal Behaviour Science**, v.104, p.199-235, 2006.

AYDIN, B.; AKHAN, S.; GÜMÜŞ, E.; ÖZBAŞ, M. Anesthetic efficacy of clove oil and 2- phenoxyethanol on doctor fish, *Garra rufa* (Heckel, 1843). **Bol. Inst. Pesca**, v.45, p. e506, 2019.

AYDIN, B.; BARBAS, L.A.L. Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. **Aquaculture**, v.520, 734999, 2020.

BARBAS, L.A.L.; TORRES, M.F.; DA COSTA, B.M.P.A.; FEITOSA, M.J.M.; MALTEZ, L.C.; AMADO, L. L.; TODA, Y.P.S.; BATISTA, P.D.S.; CABRAL, D.A.C.; HAMOY, M. Eugenol
induces body immobilization yet evoking an increased neuronal excitability in fish during short-term baths. **Aquat Toxicol.**, v.231, 105734, 2021.

BAERENDS, G.P.; BAERENDS VAN-ROON, J. An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. **Behaviour Suplement**, v.1, p.1–242, 1950.

BUGMAN A. M. Evaluation of the anesthetic efficacy of alfaxalone in oscar fish (*Astronotus ocellatus*). **AJVR**, v.77, p.239-244, 2016.

CARTER, K.M.; WOODLEY, C.M.; BROW, R.S. A review of tricaine methanesulfonate for anesthesia of fish. **Rev. Fish Biol. Fisher**., v.21, p.51–59, 2011.

CONTE, F.S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v.86, p.205-223, 2004.

DE OLIVEIRA, C.P.B. et al. Anaesthesia with eugenol in hybrid

Amazon catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* × *Leiarius marmoratus*) handling: Biochemical and haematological responses. **Aquaculture**, v.501, p.255–259, 2019.

FABIANI, B. M. et al. Benzocaína e eugenol como anestésicos para *Brycon hilarii*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.35, p.113-117, 2013.

FISHBASE. *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831). 4 nov. 2020. Disponível em:https://www.fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=3612&AT=Apaiari. Acesso em: 30 jan. 2025.

FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do apaiari, *Astronotus ocellatus* (Spix) (Pisces, Cichlidae), em cativeiro. Aparelho de reprodução, hábitos de desova e prolificidade. **Revista Brasileira de Biologia**, v.11, p.467-484. 1982.

FONTENELE, O.; NEPOMUCENO, F.H. Exame dos resultados da introdução do *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1849), em açudes do Nordeste do Brasil. **Boletim Técnico do DNOCS** , v.41, p.85-99, 1983.

GILDERHUS, P.A.; MARKING, L.L. Comparative efficacy of 16 anesthetic chemicals on rainbow trout. **N. Am. J. Fisher. Manage**., v.7, p.288–292, 1987.

HAJEK, G.J.; KLYSZEJKO, B.; DZIAMAN, R. The anaesthetic effect of clove oil on common carp, *Cyprinus carpio* L. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v.36, p.93-97, 2006.

IGGO, A.; KLEMM, W.R. Nervos, sinapses e reflexos. In: SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes**: fisiologia dos animais domésticos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.699-713, 1996.

INOUE, L.A.K.A.; AFONSO, L.O.B.; IWAMA, G.K.; MORAES, G. Efeito do óleo de cravo na resposta de estresse do matrinxã (*Brycon cephalus*) submetido ao transporte. **Acta Amazonica**, v.35, p.289-295, 2005.

INOUE, L. A. K. A.; MORAES, G. **Óleo de cravo**: um anestésico alternativo para o manejo de peixes. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 22 p, 2007.

JAVAHERY, S.; NEKOUBIN, H.; MORADLU, A.H. Effect of

anaesthesia with clove oil in fish. **Fish Physiology and Biochemistry**, vol. 38, no. 6, pp. 1545-1552. 30 jun. 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10695-012-9682-5. Acesso em 17 de fev. 2025.

KHUMPIRAPANG, N.; PIKULKAEW, S.; ANUCHAPREEDA, S.; OKONOGI, S. Anesthetic activity of plant essential oils on *Cyprinus carpio* (Koi carp). **Drug Discov. Ther**. 12, p.21–30, 2018.

MARKING, L.L.; MEYER, F.P. Are better fish anesthetics needed in fisheries. **Fisheries**, v.10, p.2-5, 1985.

MYLONAS, C.C.; CARDINALETTI, G.; SIGELAKI, I.; POLZONETTI-MAGNI, A. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. **Aquaculture**, v.246, p.467-481, 2005.

PRIBORSKY, J.; VELISEK, J. A review of three commonly used fish anesthetics. **Reviews in Fisheries Science e Aquaculture**, v.26, p.417–442, 2018.

REZENDE, F. P.; FUJIMOTO, Y. F. **Peixes ornamentais no Brasil**. Vol.1 Brasília: EMBRAPA, 2021.

ROMANELI, R.S et al. Efficacy of benzocaine, eugenol, and menthol as anesthetics for freshwater angelfish. **Journal of Aquatic Animal Health**, v.30, p.210–216, 2018.

ROOHI, Z.; IMANPOOR, M.R. The efficacy of the oils of spearmint and methyl salicylate as new anesthetics and their effect on glucose levels in common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) juveniles. **Aquaculture**, 2015.

ROUBACH, R.; GOMES, L.C.; FONSECA, F.A.L.; VAL, A.L. Eugenol as an effi cacious anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v.36, p.1056-1061, 2005.

ROSS, L.; ROSS, B. **Anesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals**. 3ª ed. Ames, IO: Blackwell Publishing, 2008.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G.; e ZUANON, J. A. S. **Peixes comerciais de Manaus**. Manaus, INPA. 144p. 2009.

SILVA-SOUZA, J. G. et al. Eugenol como anestésico para oscar, *Astronotus ocellatus*. **Archivos de Zootecnia**, v.64, p.205-210, 2015.

TAHERI MIRGHAED, A.; YASARI, M.; MIRZARGAR, S.S.; HOSEINI, S.M. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) anesthesia with myrcene: Efficacy and physiological responses in comparison with eugenol. **Fish Physiol. Biochem.** v.44, p.919–926, 2018.

VELÍŠEK, J.; SVOBODOVÁ, Z.; PIAČKOVÁ, V. Effects of clove oil anaesthesia on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Acta Vet. Brno ,** v.74, p.139–146, 2005.

VIDAL, L. V. O. et al. Eugenol como anestésico para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.1069-1074, 2008.

VIDAL, L. V. O.; ALBINATI, R. C. B.; ALBINATI, A. C. L.; MACÊDO, G.R. Utilização do eugenol como anestésico para o manejo de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). **Acta Scientiarum. Biological Science**s, v.28, p.275-279, 2006.

VIEIRA, M.D.S. **Acondicionamento, Manutenção e Expedição de Animais Ornamentais Marinhos na Empresa TMC Ibéria**. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar Peniche, Instituto Politécnico de Leiria. 2020.

WOODY, C. A.; NELSON, J.; RAMSTAD, K. Clove oil as an anaesthetic for adult sockeye salmon: field trials. **Journal of Fish Biology**, v.60, p.340-347, 2002.

CAPÍTULO 7

Ritmo diário da atividade locomotora em um ciclídeo ornamental, *Thorichthys meeki*

Bianca de Jesus dos Santos[31]
Bruno Olivetti de Mattos[32]
Mariane Silva de Oliveira[33]
João Victor Fraga Araújo[34]
Jonathas Britto Macedo[35]
Rafael Matos Magalhães Silva[36]
José Fernando López-Olmeda[37]
José António Oliver Hernandez[38]
Thaís Billalba Carvalho[39]

[31] Graduanda em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: biancajsanttos@aluno.ufrb.edu.br.

[32] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia(UFBA). Docente Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: bruno.mattos@ufrb.edu.br.

[33] Técnica em Aquicultura pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA). Graduanda em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: marianesilvadeoliveira@aluno.ufrb.edu.br.

[34] [4]Graduando em Ciências Exatas e Tecnológicas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: joaostar07@gmail.com.

[35] Graduando em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: jonathasbritto81@gmail.com.

[36] Graduando em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: rafa.matos.rafa.silva@gmail.com.

[37] Graduado em Ciências Biológicas pela Universidad de Murcia (UMU). Doutorado em Fisiologia Animal pela UMU. Docente titular da UMU. E-mail: jflopez@um.es.

[38] Graduado em Biologia pela Universidad de Murcia (UMU). Técnico Especialista da UMU. E-mail: jaoliver@um.es.

[39] Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestrado em Biologia Animal pela UNESP. Doutorado em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail:

Resumo

O ciclo claro-escuro modula o comportamento e a fisiologia dos animais e podem definir a frequência e a amplitude desses parâmetros. Assim, este trabalho teve por objetivo caracterizar o ritmo circadiano da atividade locomotora em juvenis de um ciclídeo de interesse ornamental, *Thorichthys meeki*. Para isso, 16 peixes foram medidos, pesados e, em seguida, isolados por 72 horas para minimizar o efeito da experiência prévia resultante de contatos sociais durante a fase de aclimatação. Após este período, os animais foram mantidos por 50 dias no aquário para a observação e o registro da atividade locomotora em filmagem contínua com sistema de fotocélulas para quantificar a movimentação. A atividade locomotora foi analisada por meio de actograma e da onda média diária, permitindo a caracterização do padrão rítmico da atividade como crepuscular/noturno da espécie, com média de 23,14 ± 2,68 contagens/dia (87,38% do total de ações) registradas durante a noite, em comparação com 3,34 ± 0,37 contagens/dia (12,620%) durante o período de luz. Com esses resultados identificou-se o ritmo diário do comportamento locomotor para *T. meeki* para o período noturno, o que permitirá sugerir o melhor período de manejo e manipulação desses animais.

Palavras-chave: Comportamento locomotor. Fotoperíodo. Ritmo circadiano. Peixe.

Introdução

Ritmos biológicos são considerados eventos cíclicos que têm como principal regulador os ciclos ambientais, nos quais os animais podem se aclimatar (ex., Sánchez-Vázquez et al., 2019). Os tipos de ritmos podem ser classificados de acordo com sua periodicidade: ritmos ultradianos, que são ciclos que se repetem em intervalos de até 20 horas; circadianos, que são ciclos de 24 horas; e infradianos que são ciclos que se repetem em intervalos maiores do que 28 horas (Schulz & Leuchtenberger, 2006;

thaisbillalba@ufrb.edu.br.

Marques & Menna-Barreto, 2011). Dentre esses ritmos, o ciclo circadiano é considerado um importante fator ambiental sincronizador dos ritmos biológicos em peixes (Veras et al., 2013).

De acordo com Chen et al. (2002), o ciclo claro-escuro é um tipo de ritmo circadiano que afeta uma variedade de funções fisiológicas e comportamentais em peixes. O ritmo circadiano é definido pela ocorrência em um período de 24 horas, de acordo com o tempo de rotação da Terra em torno do seu próprio eixo (Marques & Menna-Barreto, 2011). Essa ritmicidade está relacionada à atividade dos animais e compreende uma série de comportamentos, por exemplo, a busca por alimentos, a defesa e a reprodução (Montoya et al., 2010).

A atividade locomotora também pode ser regida pelo ritmo circadiano da espécie. Essa ritmicidade é investigada em peixes teleósteos e os classifica de acordo com os intervalos de pico da atividade locomotora. Espécies predominantemente diurnas como *Carassius auratus* (Iigo et al., 1994; Iigo & Tabata, 1996; López-Olmeda et al., 2006), *Danio rerio* (Hurd et al., 1998; Blanco-Vives & Sánchez-Vázquez, 2009), *Piaractus brachypomus* (Baras, 2000) e *Oreochromis niloticus* (Toguyene et al., 1997; Fortes-Silva et al., 2010) apresentam o pico de sua atividade registrado no período fótico do dia. Por outro lado, em espécies como *Tinca tinca* (Herrero et al., 2003), *Solea senegalensis* (Bayarri et al., 2004; López-Olmeda et al., 2016) e *Anguilla anguilla* (López-Olmeda et al., 2012), a maior atividade locomotora ocorre no período de escuridão, sendo estas espécies classificadas como predominantemente noturnas. Há também espécies que não apresentam um padrão rítmico claramente definido, sendo conhecidas como arrítmicas, como demonstrado para *Oreochromis niloticus* (Vera et al., 2009). No entanto, estudos comportamentais relacionando os ciclos claro-escuro com a atividade locomotora são ainda muito restritos, especialmente quando consideradas espécies de interesse ornamental (Bahiense

et al., 2022).

A atividade locomotora em peixes também pode ser estimulada por outros fatores, como a temperatura, a disponibilidade de alimentos, a predação e a época reprodutiva (Biswas & Takeuchi, 2002; Shibuya et al., 2012). Apesar disso, a ocorrência de uma maior atividade locomotora em determinadas horas do dia parece ser característica de cada espécie e associada à ontogenia, ao contexto social (Bahiense et al., 2022; Lloyd et al., 2024), ou ainda depender de fatores sensoriais, como a fotossensibilidade (Oliveira et al., 2009). Além de fatores ambientais, a locomoção em peixes é modulada por fatores intrínsecos que atuam de forma direta nas respostas comportamentais, e seus efeitos estão associados ao estado fisiológico do indivíduo (Fu et al., 2022).

As condições ambientais também devem ser consideradas nos sistemas de produção e as práticas rotineiras durante a cadeia produtiva precisam ser alteradas com base em informações dos ritmos biológicos dos animais (Parker, 1984). Nesse contexto, a cronobiologia (estudo dos ciclos/ritmos biológicos dos seres vivos) é uma ferramenta importante que pode auxiliar a alcançar os objetivos da aquicultura. De modo geral, estudar o ritmo circadiano de peixes na aquicultura é fundamental para maximizar o crescimento, otimizar a conversão alimentar e reduzir o estresse dos animais, uma vez que os ritmos biológicos regulam funções fisiológicas e comportamentais importantes, como o metabolismo, a alimentação e a atividade diária (Cowan et al., 2017).

Conhecer o relógio biológico permite ajustar horários de alimentação, iluminação e manejo, aumentando a produtividade e a saúde na produção ou na manutenção em sistema artificial (Cowan et al., 2017; Sánchez-Vázquez et al., 2019). Além disso, as informações geradas podem contribuir para melhorias do bem-estar dos peixes, essencial para práticas de aquariofilia, uma vez que condições ambientais adequadas ao ritmo biológico

promovem melhor saúde e aclimatação em sistemas artificiais (Cowan et al., 2017). Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o ciclo claro-escuro da atividade locomotora em juvenis de boca-de-fogo (*Thorichthys meeki*), uma espécie de ciclídeo de interesse ornamental.

A espécie em estudo é originária da América Central, nativa do México, Belize e Guatemala, atingindo cerca de 10 a 12 cm de comprimento (Abate & Noakes, 2021; Conkel, 1993). De acordo com Barlow (2000), o ciclídeo boca-de-fogo é uma espécie amplamente valorizada na aquariofilia devido à sua combinação de beleza, resistência, exibição de comportamento territorial e organização social. A coloração vermelha intensa na região do assoalho bucal é um dos principais atrativos da espécie, sendo utilizada em exibições de dominância e defesa territorial (Keenleyside, 1991). Além dessas características, *T. meeki* é considerado relativamente resistente e de fácil aclimatação, tolerando uma faixa moderada de condições físico-químicas da água. Essa característica o torna adequado para o aquarismo (Kullander, 1998).

Materiais e métodos

Ética e Aclimatação dos Animais

Este estudo está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais- CEUA/UFRB, protocolo nº 23007.00008742/2025-20.

Os juvenis de boca-de-fogo foram adquiridos em um fornecedor de peixes ornamentais do município de Serrinha, Bahia. O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Comportamento Alimentar de Peixes da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Cruz das Almas, Brasil), sendo os animais aclimatados em um sistema externo com temperatura da

água controlada (29 ± 0,8 °C). A água era recirculada dentro do sistema, que também era composto por filtro mecânico, filtro biológico composto por NanoMídia - MBBR (área superficial total de 687m²/m³; área superficial protegida de 525 m²/m³) e luz UV (intensidade de 95 W).

Parâmetros da água como temperatura, pH, oxigênio e amônia foram medidos diariamente, e os valores 29,00 ± 0,80 °C, 6,55 ± 0,50, 7,80 ± 0,60 mg/l e 0,50 ± 0,10 mg/l, respectivamente, foram considerados em conformidade com a Resolução nº 357, de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), para água doce, classificada em classe II, para uso em aquicultura.

Delineamento Experimental

Dezesseis juvenis de boca-de-fogo foram medidos, pesados e, em seguida, isolados em aquários de 50 X 40 X 15 cm (30L de volume útil) por 72 horas para minimizar o efeito da experiência prévia resultante de contatos sociais durante a fase de aclimatação. Após este período, iniciou-se o registro da atividade locomotora em filmagem contínua com duração de 50 dias.

De acordo com López-Olmeda et al. (2016), em estudos de ritmos circadianos, quando as luzes são acesas (6:00h), esse período é denominado tempo zeitgeber (sincronizador) (ZT), correspondendo a ZT0; e quando as luzes são apagadas (18:00h), esse período corresponde a ZT12. Para a análise da atividade locomotora, cada aquário incluía um sistema para registro que corresponde a fotocélulas com luz infravermelha (Modelo Omron E3S-AD62, Kyoto, Japão) fixadas externamente a 5 cm do fundo do aquário (Figura 1).

Todos os sensores estavam conectados a um sistema de computador para registro e posterior análise no software DIO98USB (Universidade de Murcia, Murcia, Espanha). Cada

vez que um peixe passava pelos sensores, as informações eram enviadas ao computador, gerando um banco de dados ao longo do período experimental, onde os dados de atividade locomotora foram registrados a cada 10 minutos e armazenados para avaliação posterior, conforme realizado por Mattos et al. (2016).

Figura 1 - Aquários experimentais com sistema de filmagem e fotocélulas para registro da atividade locomotora.



Fonte: Acervo dos autores.

Análise dos dados

Os registros da locomoção dos peixes foram analisados com o software El Temps (v.1, Dr. Díez Noguera, Barcelona) para plotagem de actograma e da onda média diária da atividade locomotora. As diferenças entre os períodos de luz e escuridão foram analisadas utilizando o teste t de Student para amostra

independentes. Os resultados são apresentados como média ± erro padrão da média, sendo considerado $p < 0,05$ para a significância estatística.

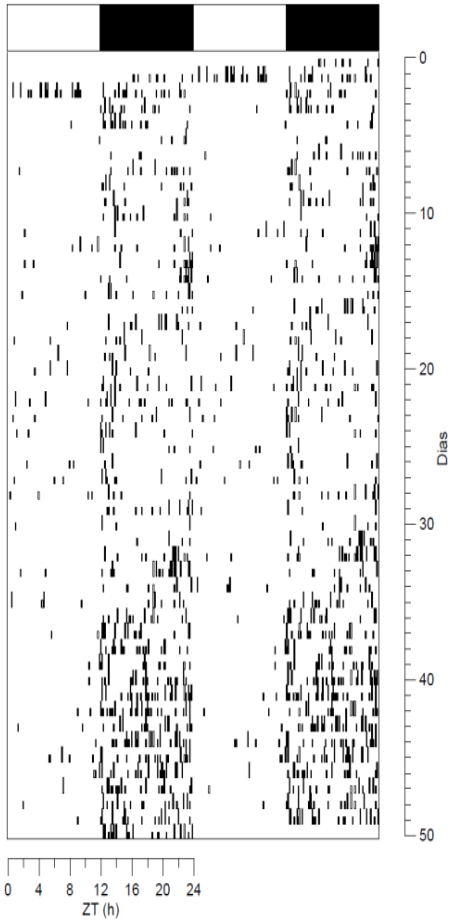
Resultados e discussão

A atividade locomotora de *Thorichthys meeki* foi analisada por meio de actograma e do registro ao longo do tempo (onda média diária), permitindo a caracterização do padrão rítmico da espécie, como crepuscular/noturno, com média de 23,14 ± 2,68 contagens/dia (87,38% do total de ações) registradas no período de escuro, em comparação com 3,34 ± 0,37 contagens/dia (12,620%) durante o período de luz ($F = 66,728$, $p = 0,0001$). Esta condição, está de acordo com Sánchez-Vázquez et al. (1996) que indicam que o padrão rítmico de determinada espécie, deve apresentar ações acima de 65% em determinado período das 24 horas.

Desse modo, o actograma evidenciou uma distribuição não aleatória da atividade ao longo dos dias, com clara repetição de padrões durante os 50 dias de experimento, indicando a presença de um ritmo biológico consistente (Figura 2). Assim como, o registro da atividade ao longo de 24 horas (onda média diária) também demonstrou um padrão típico noturno de atividade durante a noite (Figura 3).

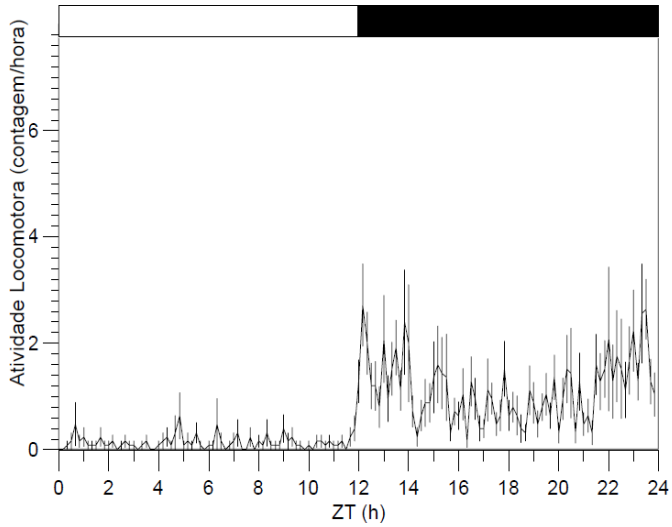
Observou-se maior concentração de eventos locomotores durante o início da fase escura do ciclo claro-escuro, sugerindo que a espécie apresenta comportamento predominantemente crepuscular/noturno. Além disso, a manutenção desse padrão ao longo dos dias demonstra que o ritmo está sincronizado ao fotoperíodo, evidenciando o efeito do ciclo luminoso como principal agente sincronizador (zeitgeber) em vertebrados (Falcón et al., 2010).

Figura 2 - Actograma para a atividade locomotora em Thorichthys meeki durante os 50 dias de experimento. As barras brancas e pretas na parte superior do gráfico indicam a duração das fases clara e escura, respectivamente.



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 - Onda média diária da atividade locomotora em Thorichthys meeki durante os 50 dias de experimento. As barras brancas e pretas na parte superior do gráfico indicam a duração das fases clara (ZT 0-11) e escura (ZT 12-23), respectivamente.



Fonte: Autoria própria.

Com esses resultados, identificou-se o ritmo diário do comportamento locomotor para *T. meeki* para o período noturno, o que permitirá sugerir o melhor período de manejo e manipulação desses animais. Esse perfil reforça a tendência noturna da espécie e confirma a organização temporal observada no actograma. A estabilidade do padrão ao longo do período experimental reforça a natureza não aleatória da atividade observada, sendo consistente com a organização temporal descrita para outros peixes teleósteos (Reebs, 2002; Falcón et al., 2010). Em diversas espécies de peixes, o alinhamento entre ritmos biológicos e práticas de manejo tem sido associado a melhorias no crescimento, no metabolismo e na utilização de nutrientes (Boeuf e Le Bail, 1999; Montoya et al., 2010).

De fato, a sincronização entre o pico de atividade locomotora e o período de oferta alimentar pode aumentar a

eficiência de ingestão e a conversão alimentar, reduzindo perdas e melhorando o desempenho zootécnico (López-Olmeda & Sánchez-Vázquez, 2010). Nesse contexto, a oferta de alimento no início da fase escura pode ser uma estratégia adequada para otimizar a manutenção de *Thorichthys meeki* em sistema artificial.

O controle do fotoperíodo também constitui uma ferramenta fundamental durante a manutenção de peixes em sistemas artificiais, influenciando não apenas o comportamento locomotor, mas também processos fisiológicos como o crescimento, o metabolismo e a reprodução (Boeuf & Le Bail, 1999). A manutenção de ciclos claro-escuro compatíveis com o ritmo circadiano da espécie é essencial para evitar a dessincronização biológica, a qual pode resultar em estresse, comprometimento imunológico e redução do desempenho produtivo (Boeuf & Le Bail, 1999).

A adequação do regime de iluminação às características biológicas da espécie também contribui para a regulação de parâmetros indicadores de gasto energético (Lopes et al. 2022), níveis hormonais (Lopes et al. 2026) e melhoria do bem-estar (Sánchez-Vázquez, et al., 2019).

Conclusão

Os resultados demonstram que *Thorichthys meeki* apresenta um ritmo circadiano bem definido, com atividade locomotora predominantemente noturna e fortemente sincronizada ao ciclo claro-escuro. Esses resultados evidenciam a presença de um sistema de sincronização endógeno, ajustado pelo fotoperíodo, com implicações diretas para estratégias de manejo em aquicultura e aquariofilia. A incorporação desse conhecimento em práticas de criação e manutenção pode promover melhorias no desempenho e no bem-estar desses animais.

Referências

ABATE, M. E.; NOAKES, D. L. G. (eds.). The behavior, ecology and evolution of cichlid fishes. **Cham: Springer**, 2021.

BAHIENSE, R. N. et al. Feeding and locomotor rhythm of the ornamental cichlid fish *Amatitlania* sp. in different social groups. **Journal of Fish Biology,** v. 102, n. 2, p. 508–519, 2022.

BARAS, E. 2000. Day-night alternation prevails over food availability in synchronizing the activity of *Piaractus brachypomus* (Characidae). **Aquat Living Resour**, 13: 115-120.

Barlow, G. W. *The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution*. Cambridge, MA: **Perseus Publishing**, 2000.

BAYARRI, M.J.;, F.J. et al. Daily locomotor activity and melatonin rhythms in Senegal sole (*Solea senegalensis*). **Physiology & Behavior**, 81: 577-583. 2004.

BLANCO-VIVES, B.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J. Synchronization to light and feeding time of circadian rhythms of spawning and locomotor activity in zebrafish. **Physiology & Behavior**, 98: 268-275. 2009.

BISWAS, A.K.; TAKEUCHI, T. Effect of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed adult tilapia *Oreochromis niloticus*: Part II. **Fisheries Science**, Tokyo, V.68, n.3, p. 543-553. 2002.

BOEUF, G.; LE BAIL, P. Y. Does light have an influence on fish growth? **Aquaculture,** 177, 129–152, 1999.

CHEN, W.; NARUSE, M.; TABATA, M. The effect of social interactions on circadian self-feeding rhythms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum. **Physiology & Behavior**, 76: 281– 287. 2002.

CONKEL, D. Cichlids of North and Central America. Neptune City: T.F.H. **Publications**, 1993.

COWAN, M.; AZPELETA, C.; LÓPEZ-OLMEDA, J. F. Rhythms in the endocrine system of fish: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, Berlin, v. 187, n. 8, p. 1057–1089, 2017.

FALCÓN, E.; MIGAUD, L.; MUÑOZ-CUETO, J.A.; CARRILlO, M. Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, 20, 355–387. 2010.

FORTES-SILVA, R.et al. Daily feeding patterns and self-selection of dietary oil in Nile tilapia. **Aquac Res**, 42: 157-160. 2010.

FU, C.W.; HORNG, J.L.; CHOU, M.Y. *Fish Behavior as a Neural Proxy to Reveal Physiological States*. **Frontiers in Physiology**, v. 13, 2022.

HURD, M.W.; DEBRUYNE, J.; STRAUME, M.; CAHILL, G.M. Circadian rhythms of locomotor activity in zebrafish. **Physiology & Behavior**, 65: p. 465-472. 1998.

IIGO, M.; KEZUKA, H.; SUZUKI, T.; TABATA, M.; AINDA, K. Melatonin signal transducion in the goldfish, *Carassius auratus.* Neurosci. **Biobehav. R**., 18: 563-569. 1994.

IIGO, M.; TABATA, M. Circadian rhythms of locomotor activity in the golsfish *Carassius auratus.* **Physiology & Behavio**., 60: 775-781. 1996.

KEENLEYSIDE, M. H. A. (ed.). **Cichlid fishes: behaviour, ecology and evolution.** London: Chapman & Hall, 1991.

KULLANDER, S. O. A phylogeny and classification of the South and Central American cichlidae (Teleostei: Perciformes). In: MALABARBA, L. R. et al. (eds.). **Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes**. Porto Alegre: EDIPUCRS. p. 461–498. 1998.

LLOYD, E.; RASTOGI, A.; HOLTZ, N.; AARONSON, B.; ALBERTSON, C.; KEENE, A. C. Ontogeny and social context regulate the circadian activity patterns of Lake Malawi cichlids. **Journal of Comparative Physiology** B,194: 299–313, 2024.

LÓPEZ-OLMEDA, J.F.; MADRID, J.A.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J. Melatonin effects on food intake and activity rhythms in two fish species with different activity patterns: diurnal (goldfish) and nocturnal (tench). Comp. Biochem. **Physiol. A**, 144: 180-187. 2006.

LÓPEZ-OLMEDA, J. F.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Feeding rhythms in fish: from behavioral to molecular approach. **Chronobiology International,** v. 27, n. 1, p. 158–173, 2010.

LÓPEZ-OLMEDA, J.F. et al. Daily rhythms in the somatotropic axis of Senegalese sole (*Solea senegalensis*): the time of day influences the response to GH administration. **Chronobiol**. Int. 33(3): 257-67. 2016.

LÓPEZ-OLMEDA, J.F. et al. Daily rhythms of digestive physiology, metabolism and behavior in the European eel (*Anguilla anguilla*). **Aquac. Int.** 20, 1085–1096. 2012.

MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. Ritmos Biológicos. In: Yamamoto, M.A.; Volpato, G.L. (Eds.). **Comportamento Animal.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p.109-122, 2011.

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, p. 118–123, 2016.

MONTOYA, A. et al. Feeding time synchronizes daily rhythms of behaviour and digestive physiology in fish. **Chronobiology International**, 27, 1209–1229, 2010.

OLIVEIRA, C. et al. Daily and circadian melatonin release *in vitro* by the pineal organ of two nocturnal teleost species: Senegal sole (*Solea senegalensis*) and tench (*Tincatinca*). Comparative Biochemistry and Physiology. **Part A**, 153: 297-302. 2009.

PARKER, N. C. Chronobiologic approach to aquaculture. **Transactions of the American Fisheries Society,** *113*, 545–552. 1984.

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

SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J.; LÓPEZ-OLMEDA, J. F.; VERA, L. M. **Fish welfare and biological rhythms: time to regulate.** dA.Derecho Animal (Forum of Animal Law Studies), 10: 93-97, 2019a.

SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. et al. *Environmental Cycles, Melatonin, and Circadian Control of Stress Response in Fish***. Frontiers in Endocrinology**, v. 10, art. 279, 2019b.

SÁNCHEZ-VÁZQUEZ FJ, MADRID JA, ZAMORA S, IIGO M, TABATA M. Demand- feeding and locomotor circadian rhythms in the goldfish, *Carassius auratus*: dual and independent phasing. **Physiology**

& Behavior, 60:665-674, 1996.

SCHULZ, U.H.; LEUCHTENBERGER, C. 2006. Activity patterns of South American silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Brazilian Journal Biology**, 66: 565-574.

SHIBUYA, A.; ZUANON, J.; TANAKA, S. 2012. Feeding behavior of the Neotropical freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Elasmobranchii: Potamotrygonidae). **Neotropical Ichthyology**, 10(1): 189-196.

VERA, L.M.; CAIRNS, L.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J.; MIGAUD, H. 2009. Circadian rhythms of locomotor activity in the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Chronobiol Int,** 26: 666-681.

VERAS, G.C. et al. Ritmos biológicos e fotoperíodo em peixes. **Archivos de Zootecnia,** 62: 25-43, 2013.

CAPÍTULO 8

Integração entre academia e gestão ambiental: desafios e potencialidades no monitoramento da pesca de siris na Reserva Extrativista (RESEX) Marinha da Baía do Iguape

Yuri Costa[40]
Gabriel Nunesmaia Rebouças[41]
Ana Carla Leão Filardi[42]
José Amorim Reis-Filho[43]
Luan Castro[44]
Gabriel Barros Gonçalves de Souza[45]

[40] Graduação em Oceanografia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento pela UFBA. Doutorado em Ecologia pela UFBA. Docente Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: yuricost@ufrb.edu.br.

[41] Graduação em Oceanologia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Analista Ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBIO). E-mail: gabriel.reboucas@icmbio.gov.br.

[42] Graduação em Oceanologia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Analista Ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBIO). E-mail: ana-carla.filardi@icmbio.gov.br.

[43] [4]Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestrado e Doutorado em Ecologia e Biomonitoramento pela UFBA. Pesquisador Associado na UFBA. E-mail: amorim_agua@yahoo.com.br

[44] Graduando em Oceanografia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: luanccastro20@gmail.com.

[45] Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Santa Cruz (UESC). Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutorado em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente Assistente na UFBA. E-mail: gabrielsouza@ufba.br.

Resumo

Este capítulo discute a integração entre academia, gestão ambiental e comunidades tradicionais no monitoramento e manejo da pesca de siris na Reserva Extrativista (RESEX) Marinha da Baía do Iguape, Bahia. A partir da cooperação entre universidades, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e comunidades pesqueiras, são apresentados desafios e resultados da produção participativa de conhecimento. Aborda-se o papel das universidades e do ICMBio na geração, sistematização e aplicação de conhecimentos científicos e tradicionais, destacando instrumentos de pesquisa e gestão participativa. Em seguida, caracteriza-se a importância socioambiental da RESEX, considerando a forte relação das comunidades com a pesca e a mariscagem e os impactos das transformações ambientais no estuário. O capítulo apresenta a experiência de monitoramento pesqueiro participativo realizada entre 2010 e 2015, destacando a atuação de monitores comunitários e os benefícios da coprodução do conhecimento, incluindo o fortalecimento da autonomia local e da gestão dos recursos naturais. A análise dos dados evidencia a relevância da pesca de siris ao longo do gradiente estuarino e demonstra variações na abundância, biomassa e estrutura populacional das espécies em diferentes comunidades. Entre os resultados, destaca-se a predominância de *Callinectes danae*, a ocorrência de indivíduos juvenis e reprodutivos e diferenças no tamanho e na biomassa dos indivíduos ao longo do gradiente de salinidade, indicando possíveis áreas prioritárias para o manejo e a necessidade de monitoramento contínuo. Também são discutidos os desafios relacionados à utilização de nomes populares na identificação das espécies e a importância da integração entre etnotaxonomia e taxonomia científica. Por fim, são apresentadas perspectivas para o fortalecimento de protocolos compartilhados, monitoramento de longo prazo e

estratégias de manejo adaptativo, ressaltando que a articulação entre ciência, gestão e conhecimento tradicional pode qualificar decisões, fortalecer a governança participativa e contribuir para a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade dos modos de vida locais.
Palavras-chave: Ciência participativa. Sistemas sococioecológicos. Etnotaxonomia RESEX. Marinha da Baía do Iguape.

Introdução

A interação entre universidades públicas e órgãos gestores de unidades de conservação constitui um campo fértil de cooperação, no qual diferentes competências institucionais se complementam na produção de conhecimento aplicado à gestão socioambiental. De um lado, instituições acadêmicas (i.e., universidades, centros de pesquisa) reúnem especialistas em múltiplas áreas, infraestrutura laboratorial, programas de graduação e pós-graduação e uma força de trabalho em formação, estudantes motivados a enfrentar problemas reais, socialmente relevantes e metodologicamente desafiadores.

De outro lado, a gestão territorial, representada por instituições públicas como o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), acumula experiência cotidiana junto às comunidades tradicionais, conhecimento prático sobre dinâmicas locais e a capacidade de identificar demandas urgentes relacionadas à conservação e ao uso sustentável dos recursos naturais. No contexto da Reserva Extrativista (RESEX), na Marinha da Baía do Iguape, localizada na região do Recôncavo Baiano (Bahia), essa complementaridade ganha especial relevância, pois articula pesquisa científica, saberes tradicionais e instrumentos previstos no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) para enfrentar desafios como monitoramento pesqueiro, avaliação de impactos, fortalecimento comunitário e geração de

subsídios técnicos para a tomada de decisão.

As seções seguintes exploram diferentes dimensões dessa parceria, evidenciando como a integração entre ciência, gestão e sociedade pode ampliar a compreensão dos sistemas socioecológicos e fortalecer estratégias de conservação aliadas à manutenção dos modos de vida locais.

Pontes entre ciência e gestão: o papel do ICMBio na articulação com as universidades

Uma das finalidades do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), criado em 2007, é fomentar e executar programas de pesquisa, proteção, preservação e conservação da biodiversidade e de educação ambiental. Nesse contexto, o conhecimento científico e o conhecimento tradicional e local são extremamente importantes para a gestão das Unidades de Conservação.

A parceria entre Universidades e Órgãos Ambientais é essencial para a conservação e gestão ambiental, constituindo um dos principais pontos de referência para a tomada de decisão. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985/2000, estabelece, entre seus objetivos, "*proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental*" e "*promover a educação e interpretação ambiental*". No SNUC, a pesquisa científica é permitida e incentivada, nas categorias Reserva Extrativista, Floresta Nacional e Reserva de Desenvolvimento Sustentável. Nas demais categorias, a pesquisa científica está prevista de outras maneiras.

O artigo 32 da Lei nº 9.985/2000 dá destaque para a pesquisa científica. Prevê que os "órgãos executores" (no caso da RESEX Marinha da Baía de Iguape, o ICMBio) se articulem com a comunidade científica "*com o propósito de incentivar o desenvolvimento de pesquisas sobre a fauna, a flora e a ecologia das*

unidades de conservação e sobre formas de uso sustentável dos recursos naturais, valorizando-se o conhecimento das populações tradicionais". Obviamente, a realização de pesquisas científicas nas Unidades de Conservação depende de aprovação prévia e está sujeita à fiscalização. Vamos nos deter aqui ao âmbito federal, no qual o ICMBio é o órgão executor do SNUC e o gestor da RESEX Marinha da Baía de Iguape.

Para além do que está previsto no SNUC, a parceria entre a pesquisa científica, especialmente aquela realizada pelas universidades públicas, e o ICMBio está na base da criação das Unidades de Conservação. A indicação de uma área com relevância ecológica e/ou socioecológica-cultural, para se tornar uma Unidade de Conservação (UC), ocorre a partir de pesquisas científicas e estudos técnicos. Toda proposta de criação de Unidade de Conservação passa por uma etapa preliminar, na qual se avalia a relevância da demanda, e uma etapa analítica, que contempla a realização de estudos técnicos e levantamentos em campo, bem como a sistematização de dados secundários que permitam identificar a localização, dimensão, limites e categoria preliminar da proposta UC. Esses estudos técnicos abrangem a caracterização ambiental, socioeconômica, paisagística, recreacional, produtiva, e cultural da área.

Em geral, as universidades públicas se destacam entre as instituições que realizam esses estudos técnicos e as pesquisas científicas que embasam a criação de UCs. No caso da RESEX Marinha da Baía de Iguape, os primeiros mapas do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), um grande projeto iniciado em 1996, que envolveu mais de 1000 cientistas, técnicos de órgãos públicos e de organizações não-governamentais e lideranças do movimento social, já apontavam a Baía de Todos os Santos como área prioritária para a conservação da zona costeira e marinha e o Recôncavo Baiano e a Baía de Todos os Santos, para a conservação da Mata Atlântica. Na rede de parcerias do

PROBIO, as universidades envolvidas eram, majoritariamente, federais e estaduais (MMA, 2003; 2006).

As universidades públicas se sobressaem também na participação em outras linhas de atuação nas UCs. É bastante comum ter representantes das universidades como membros nos Conselhos Deliberativos ou Consultivos, atuando diretamente na gestão participativa das UCs. Na RESEX Marinha da Baía de Iguape, o Conselho Deliberativo conta com a presença de representantes da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS e da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB.

Eles contribuem com subsídios técnico-científicos em diversos temas e discussões; divulgam pesquisas sobre temáticas que interessam à UC; realizam pesquisas voltadas a atender demandas específicas da UC; auxiliam as associações comunitárias na elaboração de projetos para obtenção de financiamento por meio de editais; executam projetos de conservação, de valorização cultural e desenvolvimento socioeconômico na UC, entre outros.

Outra linha de atuação muito frequente é a realização de pesquisas sobre aspectos diversos das UCs, nos diferentes níveis de formação oferecidos pelas universidades: monografias e trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses. Esses trabalhos abrangem diferentes áreas do conhecimento, possibilitando ampliar a base de dados e informações disponíveis sobre a área, que podem ser úteis à gestão da UC, especialmente através das publicações geradas. Muitas vezes os trabalhos contemplam um recorte da área, por exemplo, a Baía de Iguape, a comunidade de São Francisco do Paraguaçu, aspectos ecológicos de uma área de manguezal dentro da UC, a contaminação do sedimento na Baía de Iguape, etc. Cada um oferece determinado nível de aprofundamento e detalhe.

Alguns exemplos de projetos desenvolvidos na RESEX Marinha da Baía de Iguape, resultado da parceria entre universidades, ICMBio e comunidades beneficiárias são:

- Projeto "*Biriba é pau é madeira, Biriba é para plantar": plano-piloto de reflorestamento e manejo sustentável de madeiras relacionadas à produção de instrumentos musicais da Capoeira no Recôncavo Baiano*" (UFBA e IPHAN);
- Projeto "*Inovação e tecnologia social como chaves para o desenvolvimento da ostreicultura entre mulheres quilombolas pescadoras da comunidade de Santiago do Iguape, RESEX Marinha da Baía do Iguape – BA*" (UFRB);
- Projeto "*Avaliação populacional do siri tinga (Callinectes danae; família Portunidae) na RESEX Marinha da Baía de Iguape/BA: subsídios à gestão compartilhada e adaptativa da pesca*" (2025, PIBIC/ICMBIO, UFBA e UFRB);
- Curso de graduação para populações tradicionais, no âmbito do Programa Universidade Aberta do Brasil (UAB) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em fase de elaboração, envolvendo ICMBio, UFBA, UFRB e CAPES.

A partir do desenvolvimento de parcerias com as universidades, ao longo do tempo as UCs podem indicar linhas prioritárias de pesquisa. Os Planos de Manejo das UCs, por exemplo, definem as necessidades de estudos e pesquisas de cada unidade, que são revisadas e atualizadas periodicamente. A depender do contexto da UC, o Plano de Manejo pode incluir, também, plano de pesquisa e monitoramento da biodiversidade, plano de uso sustentável de recursos naturais, entre outros planos específicos. Há, ainda, os Acordos de Cooperação Técnica, que podem ser estabelecidos entre o ICMBio e as universidades (bem como outras instituições), formalizado por um Plano de Trabalho específico, com prazo pré-estabelecido, a ser cumprido por ambas as partes.

Através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do ICMBio - PIBIC/ICMBio, criado em 2008, com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), são desenvolvidos trabalhos de iniciação

científica sob orientação de servidores do ICMBio. Através do PIBIC/ICMBio, alunos(as) de graduação das universidades desenvolvem projetos de pesquisa em diversas linhas relacionadas ao manejo de áreas protegidas e conservação da biodiversidade. Em geral, são estabelecidas parcerias com algum laboratório da universidade e os docentes também colaboram. É muito comum que a pesquisa do PIBIC/ICMBio resulte no trabalho de conclusão de curso do(a) aluno(a). A RESEX Marinha da Baía de Iguape tem recebido alunos e alunas nesse programa ao longo dos anos, possibilitando maior aproximação com a UEFS, UFRB, UFBA, entre outras.

O ICMBio possui um Plano Estratégico de Pesquisa e Gestão do Conhecimento (PEP-ICMBio), atualizado periodicamente, que tem como objetivo nortear a pesquisa e contribuir com a gestão do conhecimento no ICMBio, fortalecendo seu papel como instituição científica, voltada à conservação da biodiversidade, com ênfase na gestão de unidades de conservação e proteção das espécies ameaçadas de extinção. O PEP-ICMBio norteia tanto a demanda de conhecimento para tomada de decisão e gestão do ICMBio quanto para outros atores e colaboradores atuantes na gestão, pesquisa, educação e inovação, de modo que possam contribuir com o conhecimento aplicado para a conservação da sociobiodiversidade no território nacional. Esse documento é essencial e deve sempre ser considerado no âmbito das parcerias entre o ICMBio e as universidades.

O ICMBio desenvolve também o Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade (Programa MONITORA), um programa de longa duração, voltado ao monitoramento do estado da biodiversidade e serviços ecossistêmicos associados, utilizando protocolos padronizados, para gerar subsídios específicos para a gestão. Esse Programa foi elaborado em parceria com diversas instituições de pesquisa do país e é frequentemente desenvolvido junto com as universidades

parceiras (ICMBio, 2019). A RESEX Marinha da Baía de Iguape executa o Componente Manguezal: Vegetação de Mangue e Caranguejo-Uçá, do Subprograma Marinho Costeiro, em parceria com a UFRB. A RESEX Marinha da Baía de Iguape está sujeita a diversas fontes de impacto socioambiental, que representam risco para a conservação ecológica e os modos de vida das comunidades beneficiárias.

É imprescindível que as universidades ampliem as pesquisas e os estudos que possibilitem entender a correlação entre os empreendimentos e os problemas encontrados na área, bem como indicar medidas de recuperação e/ou mitigação. Essas pesquisas subsidiam o Ministério Público em Ações Civis Públicas e processos judiciais, que visam proteger as comunidades e os ecossistemas.

Destacamos a importância do desenvolvimento de programas e projetos de monitoramento independentes, que podem ser realizados pelas universidades, como instrumentos extremamente importantes para compreender e acompanhar as interferências das atividades capazes de produzir impactos ambientais na UC. Somente com monitoramento contínuo e tecnicamente qualificado é possível estabelecer correlações confiáveis, identificar alterações, definir medidas mitigatórias e prevenir impactos ambientais ao longo do tempo; bem como, em caso de acidente ou desastre ambiental, averiguar a participação ou não de um empreendimento e avaliar o grau de impacto, caso exista.

Ressalta-se a importância de suplementar o conhecimento científico com o conhecimento tradicional e local. Para tal, é muito importante a inclusão de discentes oriundos das comunidades beneficiárias nas universidades e o incentivo para a realização de pesquisas na área da RESEX. Adicionalmente, é de grande relevância para a gestão da UC que as universidades também direcionem pesquisas para o conhecimento tradicional e local das comunidades beneficiárias, além de considerá-lo e

incorporá-lo nas pesquisas, sempre que possível.

Conservar usando, usar conservando: o papel das reservas extrativistas na manutenção dos sistemas socioecológicos

A RESEX Marinha da Baía de Iguape, criada pelo Decreto s/n de 11 de agosto de 2000, é uma Unidade de Conservação (UC) Federal de interesse ecológico e social, que tem como objetivo garantir a exploração autossustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pela população extrativista da região. Sua missão é garantir a sustentabilidade dos modos de vida e a proteção da cultura das comunidades tradicionais beneficiárias, que utilizam os recursos naturais nas atividades de pesca (incluindo a mariscagem), agricultura familiar, extrativismo vegetal e artesanato (Brasil, 2000).

A RESEX compreende um perímetro aproximado de 163.510,22 km e 10.074,42 ha (Brasil, 2009). Abrange o subsistema estuarino formado pelo baixo curso do Rio Paraguaçu, a Baía de Iguape e parte do Canal de São Roque; além da maior área protegida de manguezais da Baía de Todos os Santos (BTS) e de áreas remanescentes de Mata Atlântica. Esses ambientes oferecem alimento, abrigo e áreas de reprodução para diversas espécies de peixes, crustáceos e moluscos, além de mamíferos e aves marinhas e costeiras, incluindo espécies migratórias e ameaçadas de extinção. Entre as espécies ameaçadas de extinção, destacamos o mero *Epinephelus Itajara*; o cavalo-marinho *Hippocampus reidi*; o boto-cinza *Sotalia guianensis*; a tartaruga-verde *Chelonia mydas*; a tartaruga-oliva *Lepidochelys olivacea*; e a tartaruga-de-pente *Eretmochelys imbricata* (Portarias MMA nº 444/2014, nº 445/2014 e nº 148/2022).

Tudo indica que se trata da RESEX com o maior contingente de populações tradicionais do Brasil: são 8.295

famílias já homologadas como beneficiárias, conforme atualização do levantamento de famílias realizado em 2025 e homologação pelo Conselho Deliberativo, em janeiro de 2026. Infelizmente, grande parte dessas pessoas vive com parâmetros de renda abaixo da linha de pobreza. Os municípios de Cachoeira, São Félix e Maragogipe, que compõem os limites territoriais da UC, possuem baixos valores de PIB e IDH. São cerca de 99 comunidades beneficiárias, das quais 26 já estão reconhecidas pela Fundação Cultural Palmares como remanescentes de quilombo (ICMBIO, 2009).

A pesca e a mariscagem são de extrema relevância socioeconômica para as comunidades tradicionais da Baía de Iguape (PROST, 2007). Cabe destacar também a enorme riqueza cultural dessas comunidades, envolvendo celebrações, rituais religiosos, músicas, danças, produtos, culinária, saberes e práticas tradicionais como: o samba de roda; o bumba meu boi; a capoeira e a confecção do berimbau; os bordejos de canoas e saveiros a vela; a produção de azeite de dendê e leite de coco; os festejos de Iemanjá, de São Bartolomeu, de São Cosme e São Damião; as diversas artes de pesca, como a pesca de curral e a pesca coletiva de "andarilho" (Melo *et al*., 2017); entre muitas outras manifestações culturais, as quais, inclusive, estão sendo registradas com a aplicação da metodologia de Inventário Nacional de Referências Culturais – INRC, em parceria entre o IPHAN e o ICMBio.

Entre os muitos desafios de gestão da UC, de conservação da sociobiodiversidade e de promoção do desenvolvimento socioeconômico das comunidades beneficiárias, destacam-se os riscos e impactos socioambientais associados à implementação de grandes empreendimentos na região. A implantação da Barragem (em 1986) e, posteriormente, da Usina Hidrelétrica (UHE) de Pedra do Cavalo (em 2005) ocasionou mudanças drásticas na dinâmica ecossistêmica da Baía de Iguape (Lessa, Genz *et al*., 2009). As alterações hidrológicas e de salinidade

decorrentes vêm causando impactos graves nas populações das espécies estuarinas e na socioeconomia pesqueira da região (Prost, 2007).

O Estaleiro de São Roque, utilizado para manutenção e desmonte de plataformas de exploração de óleo e gás, contribuiu para a disseminação de espécies exóticas invasoras de coral-sol (*Tubastraea spp*.). Já o empreendimento portuário ENSEADA Indústria Naval ocasionou a alteração dos limites da RESEX, a perda de áreas de manguezal e de áreas de pesca utilizadas tradicionalmente; a perda de qualidade de vida de comunidades do entorno (associada a movimentação de veículos pesados); além de implicar em riscos potenciais de contaminação decorrente de acidentes portuários envolvendo cargas perigosas e dragagens, por exemplo; e implicar em aumento do ruído subaquático, o que pode ser devastador para a população residente de boto-cinza (*Sotalia guianensis*), espécie ameaçada de extinção.

Outro grande desafio atual é a construção e operação da ponte ligando Salvador à Ilha de Itaparica. As obras da ponte podem acentuar impactos e riscos mencionados para o empreendimento ENSEADA Indústria Naval, ao utilizar como canteiro de obra o Estaleiro de São Roque, que é muito próximo da área da RESEX. Provavelmente, será intensificado o tráfego de embarcações e veículos de grande porte, gerando ruídos e suspensão de poeira e detritos de materiais de obra, além de aumentar o risco de acidentes nas rodovias precárias da região. Quando em operação, entre outros possíveis impactos socioambientais, a ponte possui o potencial de aumentar o número de habitantes, o trânsito de veículos, a especulação imobiliária e os preços dos imóveis na região, sendo que o acesso à moradia já é um grande problema para muitas famílias de populações tradicionais.

Cabe salientar que, até o momento, a RESEX e as lideranças comunitárias não foram envolvidas adequadamente

no processo de licenciamento ambiental conduzido pelo órgão ambiental do Estado. Assim como ocorreu com os demais empreendimentos supracitados, até então, não houve consultas prévias, livres e informadas às comunidades potencialmente afetadas pela construção da ponte, como preconizado pela Convenção 169 da OIT (Decreto 10.088, de 05 de novembro de 2024).

Além dos dados: o papel dos monitores comunitários no fortalecimento da autonomia e gestão pesqueira local

A aproximação com comunidades tradicionais requer processos baseados no consentimento prévio, no respeito sociocultural e na compreensão das dinâmicas internas que estruturam suas relações com o território e com os recursos naturais. Esses sistemas locais de uso e significado não se restringem a práticas produtivas, mas integram valores simbólicos, normas de governança, conhecimentos ecológicos acumulados e formas próprias de organização social, que orientam decisões sobre acesso, manejo e conservação dos bens comuns (Reis-Filho et al., 2023).

Nesse contexto, iniciativas externas de diagnóstico ou monitoramento tendem a alcançar maior legitimidade e efetividade quando construídas de forma participativa, por meio de processos de escuta, negociação e definição conjunta de objetivos, perguntas e métodos (Renck et al., 2023). A coprodução do conhecimento permite alinhar agendas científicas às demandas e percepções locais, favorecendo a geração de informações socialmente relevantes sobre o estado dos recursos, as transformações socioambientais em curso e os fatores de pressão percebidos pelas próprias comunidades (Reis-Filho et al., 2024).

Em cenários mais favoráveis, esse processo pode evoluir para a construção compartilhada de estratégias de conservação e

uso sustentável, articulando segurança de meios de vida, justiça socioambiental e manutenção da integridade ecológica (Thompson et al., 2019). Tal abordagem dialoga com os princípios da conservação convivial, ao reconhecer a interdependência entre pessoas e natureza e promover arranjos de gestão que valorizem a convivência, a autonomia local e a responsabilidade compartilhada sobre os sistemas socioecológicos (Buscher; Fletcher, 2020).

Entre 2010 e 2015, foi implementado um programa de monitoramento pesqueiro participativo no setor oeste da Baía de Todos os Santos, com ênfase na Baía de Iguape, envolvendo comunidades tradicionais cuja base socioambiental e cultural está profundamente enraizada na pesca artesanal, incluindo a captura de peixes, crustáceos, moluscos e práticas de mariscagem. O processo iniciou-se com a aproximação e o diálogo com lideranças e atores locais para apresentação da proposta, construção compartilhada do racional metodológico e obtenção da anuência das partes interessadas.

Os monitores comunitários foram selecionados com base em indicações das próprias comunidades, garantindo legitimidade social e aderência às dinâmicas locais. O monitoramento teve caráter diário, sendo integrado às rotinas produtivas, à organização social e aos ritmos naturais do sistema socioecológico, com realização periódica de devolutivas para validação e discussão dos resultados (Figura 1).

Figura 1 - Etapas do monitoramento pesqueiro participativo na Baía de Iguape (2010–2015): primeiros contatos e articulação comunitária, operacionalização das atividades de campo por monitores locais e momentos de devolutiva e validação dos resultados junto às comunidades.



Fonte: Elaboração própria (2026)

Para além dos resultados diretamente associados aos objetivos operacionais do monitoramento, a iniciativa gerou benefícios intangíveis de elevada relevância socioambiental, como o fortalecimento da percepção crítica das comunidades sobre suas próprias práticas produtivas, ampliando processos de empoderamento, autonomia e autodeterminação. No campo científico, a experiência resultou em importantes produtos acadêmicos que evidenciaram a elevada produtividade pesqueira da Baía de Iguape e a forte dependência das comunidades locais em relação à pesca e à mariscagem como base de subsistência e renda (Reis-Filho et al., 2018).

O engajamento comunitário também demonstrou capacidade de transbordamento para outras iniciativas de ciência participativa, como o monitoramento de pressões sobre populações de cavalos-marinhos, espécie ameaçada e sensível a

perturbações ambientais (Reis-Filho, 2023). Sob a perspectiva da cadeia de valor, os resultados indicaram que mulheres, majoritariamente marisqueiras, podem alcançar maior rentabilidade por unidade de biomassa beneficiada em comparação às atividades predominantemente masculinas, como a captura de peixes e siris (Reis-Filho et al., 2025).

Adicionalmente, observou-se um efeito indireto do programa sobre a conservação do mero (*Epinephelus itajara*), espécie ameaçada, uma vez que o fortalecimento do processo participativo levou pescadores a adotarem, de forma espontânea, a prática de soltura de indivíduos capturados vivos como captura incidental (Leduc et al., 2026). Em conjunto, esses resultados evidenciam que os ganhos da experiência foram diversos, integrados e multifacetados, reforçando o potencial transformador de arranjos colaborativos entre academia e sociedade e sua contribuição para processos de conservação convivial.

O gradiente estuarino como cenário de gestão

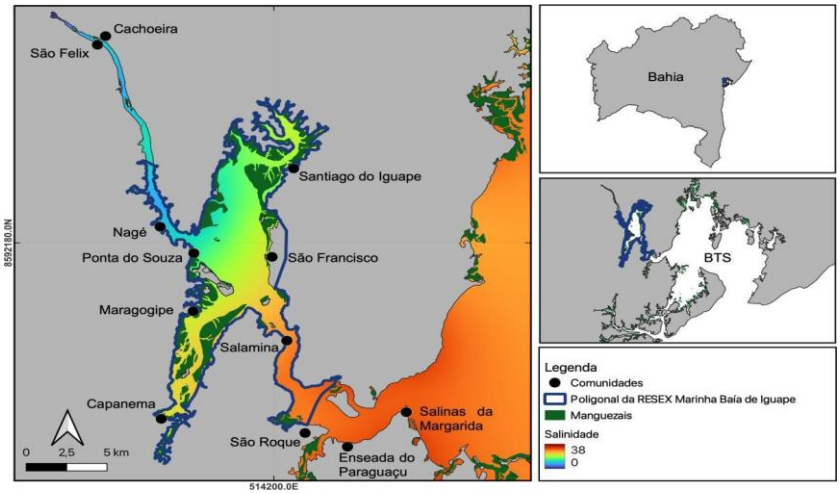
O monitoramento Pesqueiro Participativo foi realizado em 12 comunidades pesqueiras, das quais nove estão inseridas na poligonal que delimita a RESEX Marinha da Baía do Iguape (Figura 2). Estas comunidades exploram recursos pesqueiros ao longo de um gradiente de salinidade que varia da condição marinha, com salinidades em torno de 35 na altura de Salinas da Margarida até a salinidade zero, condição similar aos rios, na altura das comunidades de Cachoeira e São Felix (Lessa, Genz, *et al.*, 2009).

Essa variação de salinidade é resultado da mistura de massas de água marinha com fluvial, que os torna um dos ecossistemas mais produtivos do globo (Mclusky, Elliott, 2008). Entretanto, alterações na salinidade podem afetar as comunidades biológicas (plantas e animais) que habitam os

estuários (Costa, Martins, *et al.*, 2023, Smyth, Elliott, 2016) e, consequentemente, a atividade pesqueira. Particularmente, no estuário do Rio Paraguaçu, a presença da Barragem de Pedra do Cavalo, em atividade desde 1986 e convertida em hidrelétrica em 2005, tem potencial para produzir alterações no regime de salinidade no baixo curso do estuário e gerar desequilíbrio ambiental, caso não seja obedecida a vazão ecológica para este estuário (Genz, Lessa, *et al.*, 2008).

Diante desse contexto, o monitoramento contínuo da atividade pesqueira no estuário do Rio Paraguaçu é fundamental para avaliação dos estoques dos recursos pesqueiros e manutenção dos meios de vida das comunidades tradicionais de pesca.

Figura 2 - Reserva Extrativista Marinha da Baía do Iguape, evidenciando a poligonal da RESEX (linha azul), as comunidades tradicionais que utilizam os recursos pesqueiros do estuário do Paraguaçu (pontos pretos) e o gradiente de salinidade.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Durante o Monitoramento Pesqueiro Participativo foi

produzido um banco de dados que conta com informações de desembarque dos recursos pesqueiros (ex., peixes, camarões, siris e ostras) nas 12 comunidades. Nesta seção iremos abordar os resultados da síntese geral de algumas das informações mais relevantes para a captura de siris, que é um recurso pesqueiro que apresenta grande abrangência no estuário do Paraguaçu. A captura de siris foi registrada em todas as comunidades no período que abrange os anos de 2012 e 2013 com exceção de Salaminas. Ao todo, foram identificados 55 portos onde houve registro de desembarque de siris.

A comunidade que possui maior quantidade de portos com desembarque de siris foi Capanema, com 19 portos, enquanto em comunidades como Santiago do Iguape e Maragogipe o maior volume de desembarque se concentrou em apenas um porto. O monitoramento diário registrou informações como tipo de embarcação utilizada, tempo de pescaria, quantidade de armadilhas ('gaiolas'), número de indivíduos capturados, peso e tamanho dos indivíduos.

De modo geral, a captura de siris é realizada principalmente usando as chamas 'canoas de pau' ou canoas de fibra, movidas a remo ou 'motor de rabeta'. Os organismos são capturados usando armadilhas chamadas de 'gaiolas' (Figura 3A), que são confeccionadas em PVC ou vergalhão de metal e cobertas com tela de nylon. Como isca, são utilizados peixes, como por exemplo, o xangó (*Cetengraulis edentulus*). A captura de siris é uma atividade que vai além da pesca 'na maré' (estuário), movimentando outros atores como as catadeiras, responsáveis pelo beneficiamento do 'siri catado' (Figura 3B).

Figura 3 - (A) Captura dos siris, realizada tipicamente usando 'canoas de pau' e gaiolas (armadilhas confeccionadas em PVC e tela em nylon) e **(B)** beneficiamento do 'siri catado', onde após a captura o siri é cozido em salmoura e sua carne é extraída manualmente com auxílio de facas.

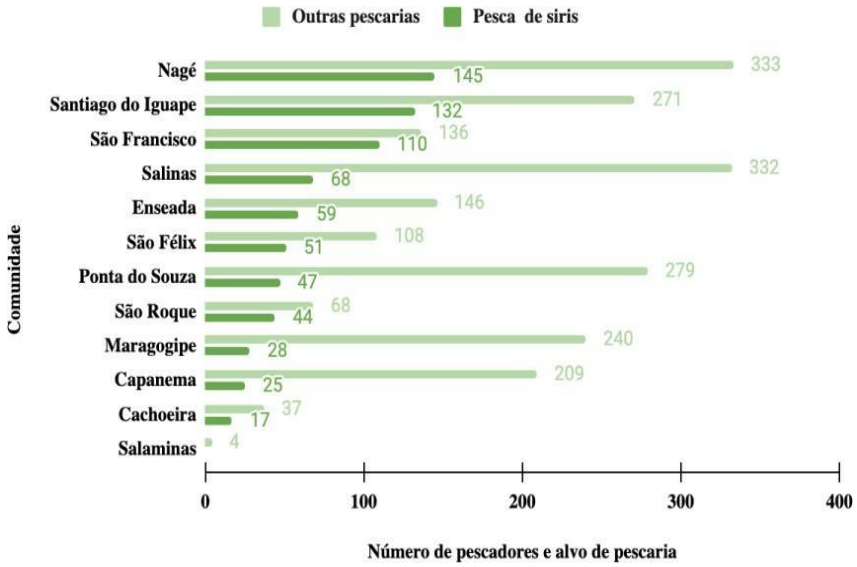


Fonte: Costa (2013); Rodin (2021).

Uma das características mais relevantes sobre pesca do siri no estuário do Rio Paraguaçu é que este tipo de pescaria é, muitas vezes, realizado concomitantemente a pescarias que tem como objetivo outros alvos de pesca. Durante o monitoramento foram colhidas informações de 2.163 pescadores, dos quais 989 pescadores estiveram dedicados também à captura dos siris (Figura 4). Este resultado evidencia que a captura de siris é uma atividade realizada de forma complementar ou concomitante com outras modalidades.

Por exemplo, o pescador sai com as gaiolas de captura de siris e redes de arrasto ou espera, lança as gaiolas que permanecem por cerca de quatro a seis horas no pesqueiro, enquanto o pescador se dedica a outro alvo de pesca como o camarão com rede de '*reça*' (arrasto por derivação). Ao final da pescaria de camarão, o pescador recolhe as gaiolas e pode obter dois recursos pesqueiros distintos. O cenário narrado acima não representa uma regra, podendo o pescador desempenhar a pescaria de cada espécie alvo em dias distintos.

Figura 4 - Pescadores dedicados à captura de siris e outros alvos de pesca. O número de pescadores que capturam siris é representado pelas barras verde escuro e os pescadores que capturam outros alvos de pesca são representados pelas barras verde claro.



Fonte: Elaboração própria (2026).

O número de gaiolas usadas para a captura dos siris também varia entre comunidades, com valores médios de gaiola por pescador que partem inicialmente de três, em Enseada do Paraguaçu, até 120, em Nagé. Esta informação é importante para a gestão, pois um número elevado de gaiolas pode indicar uma potencial pressão de captura sobre os estoques pesqueiros. Estudos focados na distribuição espacial dos pesqueiros e captura dos siris nestas áreas podem auxiliar numa avaliação em relação à sobrepesca.

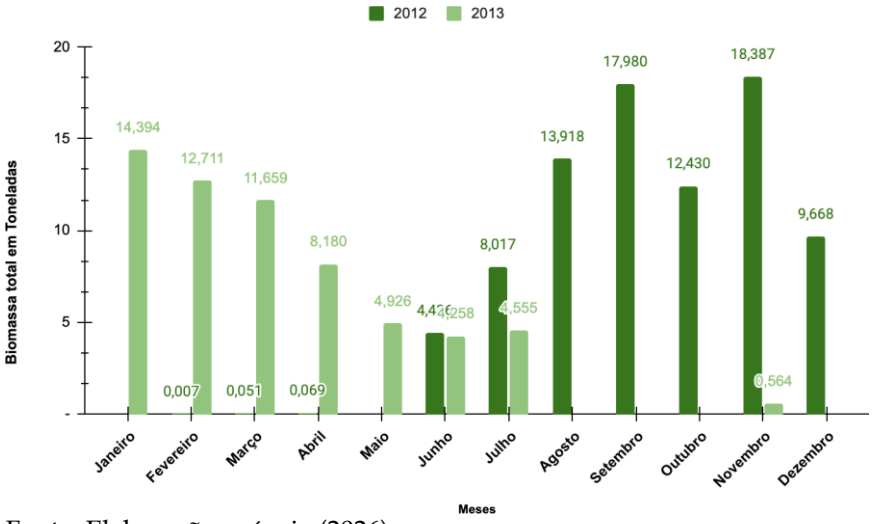
Adicionalmente, uma análise espacial pode auxiliar na identificação de quais pesqueiros são mais explorados pelas comunidades conjuntamente através da sobreposição das áreas de pesca. Esse tipo de informação pode ser útil em discussões

sobre o manejo participativo para definição sobre limitações da quantidade máxima de gaiolas e tamanho da abertura das malhas.

Um dos maiores problemas da estatística pesqueira no Brasil é a produção de uma série contínua, consistente e com metodologia padronizada a fim de que os dados obtidos sejam passíveis de comparação. Em termos da biomassa total dos siris capturados nas 12 comunidades Pesqueiras do Paraguaçu, podemos observar que os dados da série de 2012 e 2013 apresentaram lacunas nos registros (Figura 5). Porém, ao se sobrepor as duas séries, podemos ter um panorama de como varia a captura ao longo do ano, com meses com maior captura associados possivelmente ao verão na BTS (período seco hidrológico na BTS) (Lessa, Genz, *et al.*, 2009).

Para além das lacunas de coleta de informação, a análise desses dados nos fornecem informações valiosas e inéditas como o padrão relativamente regular e a ordem de grandeza da captura de siris no estuário do Paraguaçu, que pode chegar a pouco mais de 18 toneladas em um único mês, somando todas as comunidades. Essa informação é relevante pois pode apontar para a viabilidade de exploração sustentável desse recurso do ponto de vista da bioeconomia azul. Para tanto, é necessário um refinamento destas informações para identificar quais comunidades são as mais produtivas, quais as espécies que fornecem maior biomassa e quais regiões ou espécies estariam ameaçadas de sobre-exploração a fim de se propor estratégia de manejo adequadas para garantir a exploração sustentável do recurso.

Figura 5 - Biomassa total de siris capturada em 2012 e 2013. A biomassa mensal foi obtida através da soma da contribuição de cada comunidade.



Fonte: Elaboração própria (2026).

A participação da comunidade através dos monitores locais representa, sem sombra de dúvidas, um ganho na construção do banco de dados do monitoramento. A familiaridade do monitor com os pescadores e as espécies capturadas permite um registro mais completo do pescado desembarcado, graças ao uso dos nomes populares durante o registro. Essa abordagem se mostrou bastante eficaz, pois em uma mesma comunidade a etnotaxonomia se mostra bastante consistente.

Entretanto, durante a construção do catálogo das espécies capturadas no estuário do Rio Paraguaçu (Costa et al., in prep), identificamos que a mesma espécie de siri possui nomes populares distintos nas diferentes comunidades. Por exemplo, o *Callinectes danae* pode ser chamado de 'siri tinga', na comunidade de Santiago do Iguape, e de 'siri de Coroa', pela comunidade de São Roque, que, por sua vez, irá atribuir o nome siri tinga a outra espécie, como *C. ornatus*. Dessa forma temos um conjunto

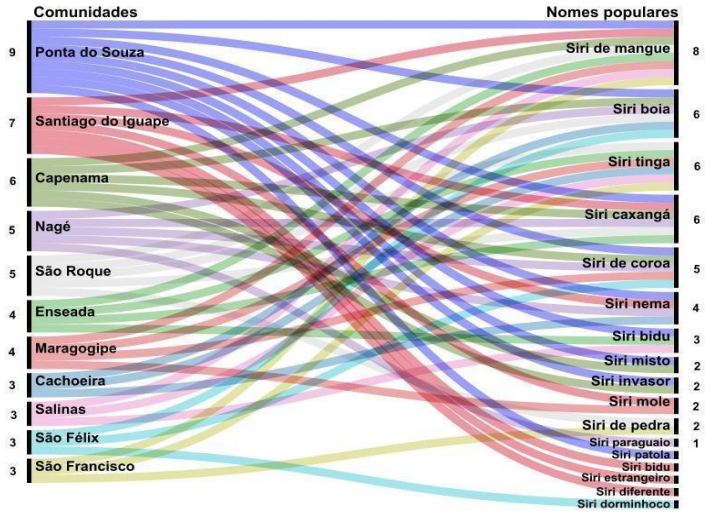
compartilhado de nomes populares que a depender da comunidade irá representar diferentes espécies (Figura 6).

Considerando os ganhos com o uso da etnotaxonomia no monitoramento (principalmente o treinamento do monitor local na identificação taxonômica), esforços devem ser empreendidos no sentido de realizar uma desambiguação dos nomes populares em relação à taxonomia acadêmica. Tal esforço se justifica pelo ganho metodológico e principalmente pela contribuição em direção à maior autonomia das comunidades nas decisões sobre sustentabilidade dos seus recursos, seguindo as tipologias indicadas por Arnstein em 1969 (Morf, Moodie, *et al.*, 2019).

Estudos básicos podem analisar se de fato existe influência da salinidade sobre a ocorrência e abundância das espécies ao longo do gradiente no estuário do Paraguaçu. Este resultado poderá fornecer subsídios para uma investigação baseada em um monitoramento de longo prazo para detecção de mudanças da distribuição espacial. Por exemplo, relatos de pescadores durante campanhas realizadas em 2025 registraram na comunidade de Ponta do Souza a ocorrência do *Achelous spinimanus* que, segundo os pescadores, aquele siri nunca havia sido capturado nos pesqueiros daquela região do estuário.

Portanto, a construção de um catálogo com os nomes populares e equivalência ao nome científico correspondente para cada comunidade representa uma ferramenta indispensável para que dados de monitoramento fornecidos pela comunidade sejam utilizados em análises acadêmicas formais para subsidiar avaliações por parte da gestão, como o exemplo da mudança da salinidade causado por intervenção humana local (e.g., barragens) ou efeitos globais como mudanças climáticas.

Figura 6 - Nomes populares relacionados à captura de siris nas comunidades pesqueiras da Resex Marinha Baía do Iguape entre os anos de 2012 e 2013.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Variação da captura de siris ao longo do gradiente de salinidade: evidências científicas para o manejo pesqueiro

Conforme descrito anteriormente, a pesca de siris é de fundamental importância para a subsistência das comunidades pesqueiras da RESEX da Baía do Iguape, sendo um dos principais recursos pesqueiros capturados na região. Uma vez que há diversas espécies de siri capturadas neste sistema pesqueiro, é fundamental compreender como as diferentes espécies se distribuem ao longo do gradiente de salinidade estuarino, de modo a subsidiar adequadamente a gestão deste importante recurso pesqueiro.

Os resultados apresentados a seguir derivam de um estudo empírico conduzido no âmbito de bolsas PIBIC-ICMBio em parceria com a gestão da RESEX da Baía do Iguape, com o objetivo de compreender como a captura de siris varia ao longo

do gradiente de salinidade em áreas tradicionalmente utilizadas pela pesca artesanal. Ao integrar métodos científicos padronizados - como o uso experimental de armadilhas (i.e., gaiolas) e a análise espacial da abundância, biomassa e estrutura populacional - com o conhecimento territorial das comunidades usuárias da RESEX da Baía do Iguape, a pesquisa contribuiu com uma demanda desta unidade de conservação e buscou fornecer informações aplicadas ao manejo das espécies em cada região.

Essa abordagem exemplifica a proposta central deste capítulo: demonstrar como a produção acadêmica, quando articulada às demandas da gestão e à realidade socioecológica local, pode transformar dados ecológicos em subsídios concretos para o ordenamento pesqueiro, a conservação dos estoques e o fortalecimento dos modos de vida associados à sociobiodiversidade estuarina.

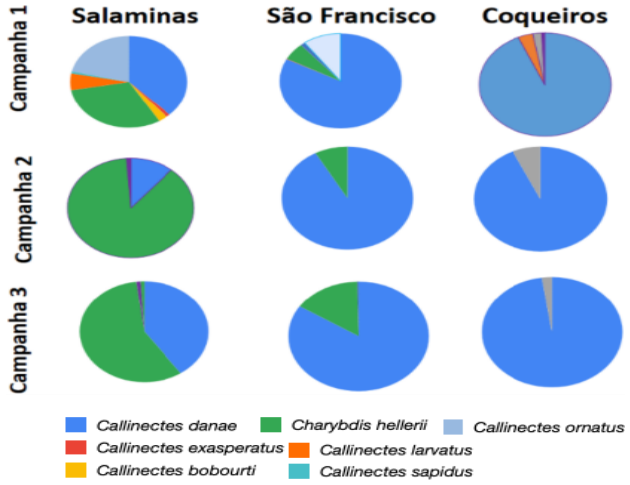
O monitoramento empírico, realizado com armadilhas ao longo do gradiente estuarino, foi conduzido em três campanhas amostrais em três localidades: Salaminas (porção mais salina), São Francisco (seção intermediária) e Coqueiros (porção menos salina). Foi observada uma assembleia de siris fortemente dominada por *Callinectes danae*, responsável por cerca de 70% dos 1.932 indivíduos capturados (Figura 7). Este mesmo padrão já foi reportado em estudos anteriores realizados nas comunidades de São Francisco e Santiago do Iguape (Serafim Jr, Sousa, *et al.*, 2022). A predominância dessa espécie ao longo de diferentes faixas de salinidade confirma sua elevada plasticidade ecológica e explica sua centralidade na pesca artesanal regional.

A maior frequência de juvenis em relação aos adultos indica áreas de recrutamento ativo, especialmente nas porções internas do estuário, sugerindo que esses ambientes funcionam como zonas de crescimento populacional. A presença de fêmeas ovígeras e indivíduos em muda demonstra que processos reprodutivos e de desenvolvimento estão ocorrendo simultaneamente nas áreas tradicionalmente utilizadas pelas

comunidades pesqueiras. Do ponto de vista da gestão, esses achados preliminares são particularmente relevantes, pois indicam que a atividade de captura pode estar incidindo diretamente sobre estágios sensíveis do ciclo de vida da espécie.

Mais estudos sobre a dinâmica populacional ao longo do estuário são necessários para validar estes resultados encontrados e podem contribuir para a construção de estratégias de conservação, como períodos de defeso localizados, ajustes no tipo de petrecho ou definição de áreas prioritárias de proteção. O registro de outras espécies de *Callinectes* em baixa abundância, além da ocorrência do siri invasor *Charybdis hellerii*, evidencia a importância do monitoramento contínuo como ferramenta de detecção precoce de mudanças ecológicas com potencial impacto sobre a pesca.

Figura 7 - Proporção das sete espécies de siris capturados nas três campanhas de monitoramento empírico realizadas.



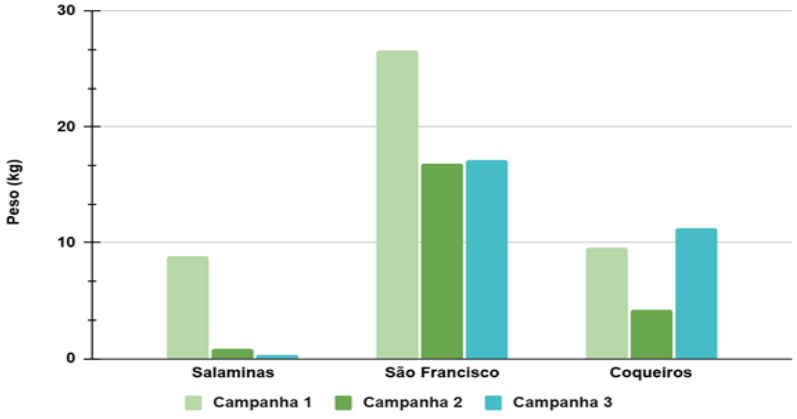
Fonte: Elaboração própria (2026).

A biomassa total do *C. danae* variou de forma clara entre as comunidades distribuídas ao longo do gradiente de salinidade, refletindo a influência direta das condições

estuarinas sobre a disponibilidade do recurso (Figura 8). A comunidade de São Francisco, situada na Baía de Iguape e submetida a condições poli-mesohalinas, apresentou os maiores valores de biomassa capturada, sugerindo que zonas intermediárias do estuário oferecem condições particularmente favoráveis ao desenvolvimento da espécie.

Em contraste, Salaminas, localizada no canal mais próximo à influência marinha, e Nagé, com salinidades oligohalinas que chegam a valores próximos de zero, registraram menores contribuições relativas. Esse padrão evidencia que a produtividade pesqueira não é homogênea, mas responde à interação entre salinidade, hidrodinâmica, oferta de abrigo e disponibilidade alimentar. Para a gestão territorial, os resultados sugerem que, no estuário do Rio Paraguaçu, a zona de transição (i.e., médio estuário) concentra maior potencial de captura e, portanto, demandariam maior atenção em termos de ordenamento do esforço pesqueiro, evitando sobreexploração de zonas-chave para manutenção dos estoques.

Figura 8 - Biomassa total por campanha em quilos (Kg) para o siri C. danae nas comunidades de Salaminas, São Francisco e Coqueiros.



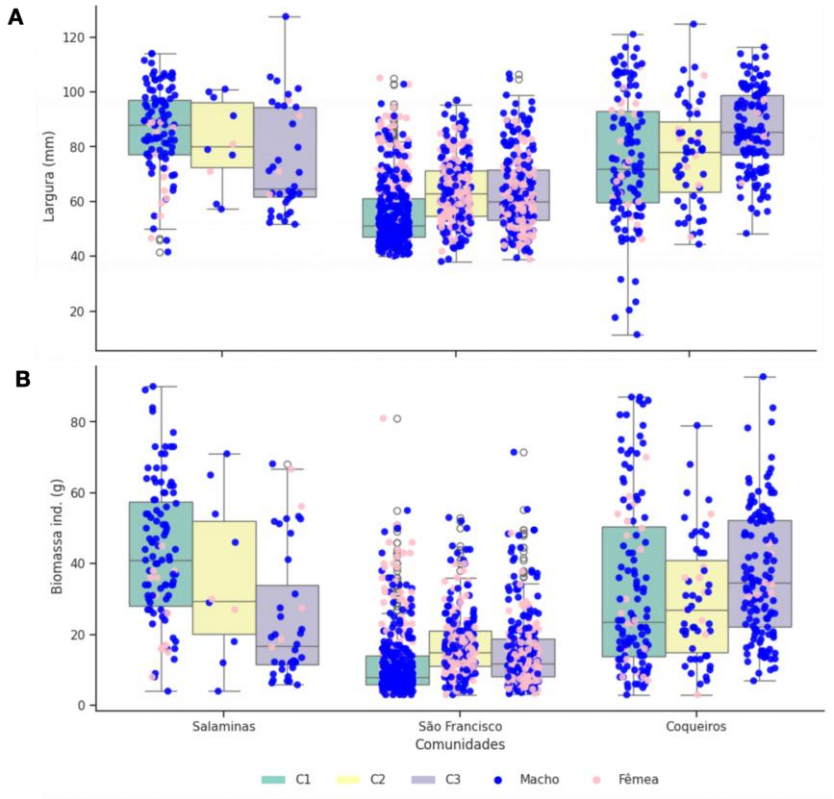
Fonte: Elaboração própria (2026)

A análise conjunta do tamanho médio e da biomassa individual de *Callinectes danae* revela um padrão importante para a interpretação ecológica e pesqueira dos resultados. Embora a comunidade de São Francisco tenha apresentado a maior biomassa total capturada, os indivíduos ali registrados exibiram, de forma consistente, menores dimensões corporais (Figura 9A) e menor biomassa por indivíduo (Figura 9B) quando comparados às demais localidades.

Em contraste, Coqueiros, e, em especial, Salaminas, apresentaram indivíduos relativamente maiores e mais pesados, ainda que com menor contribuição para a biomassa total. Esse aparente paradoxo indica que a elevada biomassa desembarcada em São Francisco não decorre do porte dos organismos, mas sim de uma captura numericamente mais intensa, composta majoritariamente por indivíduos pequenos. Tal configuração pode ser interpretada como um indicativo de maior pressão de pesca local (Heino et al., 2002), com possível remoção precoce dos indivíduos antes que atinjam classes de tamanho mais elevadas, o que tende a "rejuvenescer" a estrutura populacional (law, 2000).

Esse tipo de resposta é amplamente discutido na literatura pesqueira como um sinal de exploração elevada, podendo levar a alterações no crescimento, na mortalidade e até em padrões reprodutivos da população, com potenciais implicações para a reposição do estoque e para a sustentabilidade da atividade no longo prazo, aspecto particularmente relevante para a gestão adaptativa em sistemas estuarinos explorados pela pesca artesanal (Jørgensen, Enberg, *et al.*, 2007).

Figura 9 - (A). Largura da carapaça do C. danae (em centímetros) por comunidade em cada campanha. Os pontos representam o valor da largura para cada indivíduo macho (azul) e fêmea (rosa) capturados e (B) Biomassa de cada indivíduo da espécie C. danae capturado em gramas por campanha em cada comunidade.



Fonte: Elaboração própria (2026)

Perspectivas, desafios e oportunidades da interação entre gestão e academia

A interação entre academia e gestão de unidades de conservação, como a Reserva Extrativista Marinha da Baía do Iguape, revela-se simultaneamente desafiadora e estratégica. Do lado acadêmico, pesquisadores dispõem de arcabouço teórico, metodologias padronizadas, instrumentos analíticos e a

responsabilidade institucional de formar recursos humanos e responder a questões socialmente relevantes; entretanto, muitas vezes enfrentam limitações de continuidade de financiamento, prazos curtos de projetos e dificuldades de traduzir resultados em recomendações operacionais. Já a gestão, atuando diretamente no território e em contato cotidiano com pescadores e marisqueiras ao longo do estuário do Rio Paraguaçu, possui conhecimento empírico acumulado, clareza sobre demandas urgentes e legitimidade social, mas lida com equipes reduzidas, alta carga administrativa e escassez de suporte técnico contínuo.

Nesse contexto, os desafios concentram-se em alinhar tempos institucionais distintos, integrar linguagens (científica e tradicional) e transformar dados em instrumentos efetivos de manejo. As perspectivas, por sua vez, apontam para a construção de protocolos compartilhados de monitoramento, validação cruzada entre etnoconhecimento e ciência e formação de profissionais híbridos, capazes de transitar entre pesquisa e gestão.

As oportunidades emergem justamente dessa complementaridade: quando o conhecimento aplicado da gestão orienta perguntas científicas mais aderentes à realidade, e a academia devolve análises, sistematizações e tecnologias sociais que fortalecem o manejo participativo, cria-se um ciclo virtuoso capaz de qualificar decisões, reduzir incertezas e promover a sustentabilidade ecológica e socioeconômica dos sistemas pesqueiros.

A experiência também evidencia o potencial da cooperação entre academia e órgãos ambientais para viabilizar programas de monitoramento participativo capazes de produzir informações robustas, socialmente legitimadas e diretamente aplicáveis à gestão. Ao articular rigor científico, conhecimento local e demandas institucionais, essa interface fortalece a governança adaptativa e amplia a efetividade de políticas de uso e conservação dos recursos. Contudo, a manutenção de

iniciativas dessa natureza representa um desafio significativo em contextos de financiamento científico limitado e de elevada instabilidade institucional.

Programas ambiciosos e de longo prazo, como o monitoramento participativo, demandam continuidade operacional, apoio técnico permanente e investimentos estáveis, condições ainda pouco consolidadas no cenário nacional. Superar essas limitações requer o fortalecimento de mecanismos institucionais e financeiros que reconheçam o monitoramento participativo não como projeto pontual, mas como instrumento estratégico e permanente de gestão socioambiental e de promoção da conservação convivial.

A análise da distribuição espacial das diferentes espécies de siri ao longo do gradiente de salinidade no estuário do Rio Paraguaçu permitiu identificar as espécies de maior relevância em termos de abundância e biomassa, bem como compreender em quais locais as espécies ocorrem em menor ou maior quantidade. Em termos de gestão, tais informações podem subsidiar medidas de manejo dos recursos considerando o contexto local de acordo com a ocorrência de cada espécie.

Entretanto, é fundamental que o monitoramento empírico seja mantido para identificar possíveis alterações temporais nos padrões espaciais identificados. Adicionalmente, é fundamental que o estudo empírico seja coproduzido com pescadores locais, de modo a identificar particularidades que só o saber tradicional tem propriedade para relatar.

É válido ressaltar que a grande variedade de nomes populares atribuídos a cada espécie de siri, que converge ou diverge ao longo do estuário, também precisa ser devidamente analisada, de modo a coproduzir um guia de identificação das espécies (denominado 'etnoguia' por alguns) para a RESEX da Baía do Iguape.

Referências

BRASIL. 2000. **Decreto de 11 de agosto de 2000**. Cria a Reserva Extrativista Marinha da Baía de Iguape, no Estado da Bahia, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 ago. 2000.

BRASIL. 2000. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. 2003. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

BRASIL. 2009. **Lei nº 12.058, de 13 de outubro de 2009**. Dispõe sobre os limites da Reserva Extrativista Marinha da Baía de Iguape, no Estado da Bahia. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 out. 2009.

BRASIL. 2014. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014**. Reconhece as espécies de fauna ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 dez. 2014.

BRASIL. 2014. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014**. Lista nacional oficial de espécies de peixes e invertebrados aquáticos ameaçados de extinção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 dez. 2014.

BRASIL. 2019. **Decreto nº 10.088, de 5 de novembro de 2019**. Promulga a Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho – OIT sobre Povos Indígenas e Tribais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2019. Atualizado em 2024.

BRASIL. 2022. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022.** Atualiza as listas nacionais de espécies ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jun. 2022.

BÜSCHER, B.; FLETCHER, R. The conservation revolution: radical ideas for saving nature beyond the Anthropocene. London: Verso, 2020.

COSTA, Y. et al. Trends of sea-level rise effects on estuaries and estimates of future saline intrusion. **Ocean & Coastal Management**, v. 236, p. 106490, 2023. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2023.106490.

GENZ, F.; LESSA, G. C.; CIRANO, M. Vazão mínima para estuários: um estudo de caso no Rio Paraguaçu-BA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 73–82, 2008.

HEINO, M.; GODØ, O. R. Fisheries-induced selection pressures in the context of sustainable fisheries. **Bulletin of Marine Science**, v. 70, n. 2, p. 639–656, 2002.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Dados institucionais da Reserva Extrativista Marinha da Baía de Iguape**. Brasília, DF, 2009.

ICMBio. 2019. **Estratégia integrada de monitoramento marinho costeiro**: Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade do ICMBio (MONITORA) - subprograma Marinho e Costeiro. / Katia Torres Ribeiro, Laura Shizue Moriga Masuda e Leonardo Kenji Miyashita (organizadores). - 1 ed -Brasília: ICMBio, 2019.

JØRGENSEN, C. et al. Managing evolving fish stocks. **Science**, v. 318, p. 1247–1248, 2007. DOI: 10.1126/science.1148089.

LAW, R. Fishing, selection, and phenotypic evolution. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, n. 3, p. 659–668, 2000. DOI: 10.1006/jmsc.2000.0731.

LEDUC, A. O. H. C. et al. Testing the linkages between participatory monitoring, perception and compliance as a pathway to conserve threatened species. **Biodiversity and Conservation**, 2026. No prelo.

LESSA, G. C. et al. Oceanografia física. In: EDUFBA (org.). **Baía de Todos os Santos**: aspectos oceanográficos. Salvador: EDUFBA, 2009.

MCLUSKY, D. S.; ELLIOTT, M. **The estuarine ecosystem: ecology, threats and management**. 3. ed. New York: Oxford University Press, 2008.

MELO, H. S. **Uma abordagem metodológica para a avaliação ambiental estratégica para a pesca: um estudo de caso**. 2017. 169 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MMA. 2003. **Mapa das áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**.

Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO. Brasília: MMA, 2003. Escala 1:7.500.000.

MMA. 2006. **PROBIO**: dez anos de atuação = PROBIO: ten years of activities / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2006.

MORF, A. et al. Towards sustainability of marine governance: challenges and enablers for stakeholder integration in transboundary marine spatial planning in the Baltic Sea. **Ocean and Coastal Management**, v. 177, p. 200–212, 2019.

PROST, C. Efeitos da barragem Pedra do Cavalo sobre a pesca artesanal na Baía do Iguape. In: **ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS SOBRE BARRAGENS**,
2., 2007, Salvador. Anais… Salvador: UFBA, 2007. CD-ROM.

REIS-FILHO, J. A. et al. Fisherwomen's activities are as complex, salient, and profitable as those performed by fishermen: a study from vulnerable traditional fishery communities. **Fisheries Research**, 2025.

REIS-FILHO, J. A. et al. I fish, therefore I monitor: participatory monitoring to assess inland small-scale fisheries. **Environmental Management**, v. 72, p. 540–557, 2023.

REIS-FILHO, J. A. et al. Pesca artesanal e captura de organismos ornamentais na Baía de Todos os Santos. In: HATJE, V.; DANTAS, L. M. V.; ANDRADE, J. B. (org.). **Baía de Todos os Santos**: avanços nos estudos de longo prazo. Salvador: EDUFBA, 2018.

REIS-FILHO, J. A. Participatory actions of artisanal fishers reveal spatial-temporal trends of seahorse catches as basis for future management. **Fishery Science**, v. 89, p. 317–329, 2023.

REIS-FILHO, J. A.; HATJE, V.; BARROS, F. Navigating blue justice: policy gaps and conflicts in coastal development from small-scale fisher perspectives. **One Earth**, v. 7,
n. 10, p. 1786–1802, 2024.

RENCK, V. et al. Taking fishers' knowledge and its implications to fisheries policy seriously. **Ecology and Society**, v. 28, n. 2, 2023.

SERAFIM JR., M.; SOUSA, E. R.; ROCHA, S. S. Cadeia produtiva do siri na Resex-Mar da Baía do Iguape. In: **Engenharia de pesc**a: pesquisas acadêmicas. Cruz das Almas: Editora UFRB, 2022.

SMYTH, K.; ELLIOTT, M. Effects of changing salinity on the ecology of the marine environment. In: **Stressors in the Marine Environmen**t. Oxford: Oxford University Press, 2016. p. 161–174.

THOMPSON, K.-L. et al. "We monitor by living here": community-based actualization of an environmental monitoring program grounded in Indigenous Knowledge. **FACETS**, v. 4, n. 1, p. 293–314, 2019.

CAPÍTULO 9

Viabilidade técnica e produtiva da fertirrigação por sulcos com efluentes de piscicultura no cultivo de milho

Rivã Ribeiro do Nascimento França[46]
Rodrigo de Oliveira Tavares[47]
Bianca de Jesus dos Santos[48]
Leopoldo Melo Barreto[49]
Kelly Anselmo de Souza[50]
Bruno Olivetti de Mattos[51]

Resumo

Este estudo teve como objetivo desenvolver, implementar e avaliar, em escala piloto, um sistema de fertirrigação por sulcos de baixo custo, utilizando efluentes de piscicultura no cultivo de milho (*Zea mays* L.),

[46] Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: rivfrana@yahoo.com.br.

[47]Graduando em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: rodrigodeoliveiratavares@ufrb.edu.br.

[48] Graduanda em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: biancajsanttos@gmail.com.

[49] Graduação e Mestrado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutorado em Ciência da Educação pela Universidade do Minho (UMINHO-Portugal). Docente Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: leopoldo.barreto@ufrb.edu.br.

[50] Graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Ciências Agrárias pela UFRB. Doutorando em Engenharia Agrícola na UFRB. E-mail: kellyanselmo@aluno.ufrb.edu.br.

[51] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia(UFBA). Docente Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: bruno.mattos@ufrb.edu.br.

visando à integração entre aquicultura e agricultura familiar no semiárido baiano. Trata-se de uma investigação de caráter técnico-exploratório, conduzida em delineamento não casualizado, com foco na geração de evidências empíricas para o manejo sustentável da água. O experimento foi realizado em uma área util 30 m² no Núcleo de Estudos em Engenharia de Pesca e Aquicultura (NEPA/UFRB). O sistema foi projetado para operar por gravidade, sendo constituído por nove sulcos com 6 m de comprimento, declividade média de 2% e distribuição de vazão por orifícios de 5 mm. Foram avaliados parâmetros hidráulicos, incluindo vazão, velocidade de escoamento, número de Froude e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), bem como variáveis agronômicas, como altura de plantas, diâmetro do colmo, produção de espigas e biomassa foliar. O sistema apresentou CUC de 79,11%, indicando adequada distribuição hídrica. As vazões médias por sulco variaram de 0,0790 a 0,0897 $L \cdot s^{-1}$, valores inferiores à vazão máxima não erosiva (0,369 $L \cdot s^{-1}$), o que reduz o risco de degradação do solo. O escoamento ocorreu em regime subcrítico (Fr < 1), favorecendo a infiltração ao longo do perfil. Ao final do ciclo produtivo, obtiveram-se 43 espigas de milho totalizando uma produtividade de 8,014 kg de espigas sem palha em 25 m². A biomassa foliar apresentou teor médio de umidade de 66,79%. Conclui-se que o sistema de fertirrigação por sulcos com efluente aquícola é tecnicamente viável, promovendo o uso eficiente da água e nutrientes. Além disso, configura-se como uma alternativa sustentável e acessível para a agricultura familiar em regiões semiáridas, podendo subsidiar o desenvolvimento de estudos futuros em sistemas integrados de produção.
Palavras-chave: Aquaponia; Hidráulica agrícola; Reuso de água; Semiárido; Irrigação por sulco; *Zea mays* L.

Introdução

A irrigação por sulco tem origem nas antigas civilizações que precisavam de alguma forma irrigar suas plantações para alimentar suas populações. Por meio de uma forma simples e eficiente, a água era conduzida por gravidade entre as fileiras das plantas. De acordo com Costa (2022), a irrigação é uma tecnologia que visa levar água às plantas para suprir suas necessidades hídricas. Essa técnica de levar a água até as plantas têm origem nos primórdios da agricultura irrigada referida como

"molhação".

Nessa prática, a água é levada às plantas cultivadas sem grande rigor agronômico, apenas atendendo às necessidades hídricas do solo. Isso ocorria por volta de 6.000 a.C., nas regiões do Egito e Mesopotâmia, utilizando as águas dos rios Nilo, Tigre e Eufrates. A irrigação por sulco passou por várias evoluções, sendo desenvolvida pelos mesopotâmios com a irrigação artificial que desviava o curso da água para áreas de plantio, posteriormente, os egípcios utilizavam as cheias do rio para fertilizar o campo e irrigar.

Scaloppi (2021) relata que a irrigação por sulco vem crescendo em nível mundial e sendo adotada em várias culturas agrícolas como milho, algodão, soja, frutíferas e olerícolas. Porém, em estudos dos Atlas de Irrigação, essas áreas não são mencionadas, sendo estudadas apenas a área de irrigação por superfície. A irrigação por sulco é um tipo de irrigação por superfície em que a água é aplicada por canais chamados de sulcos; o intuito do sistema é que a água infiltre no perfil do solo, proporcionando a umidade ideal para a cultura a ser implantada (Testezlaf, 2017).

A área irrigada no Brasil totaliza uma área de 8,2 milhões de hectares, dos quais 2,9 milhões de hectares referem-se à fertirrigação e reuso de água, com um potencial de expansão da área irrigada para aproximadamente 55 milhões de hectares. O Brasil está em um seleto grupo em área equipada para irrigação (Atlas Irrigação, 2021; Ferreira, 2026). No Brasil, foi sancionada a Lei de n° 12.787/2013, que institui a Política Nacional de Irrigação e estabelece diretrizes para planos e projetos de irrigação, infraestrutura, manejo sustentável do solo e recursos hídricos, e incentivo à pesquisa científica (Brasil, 2013). A lei também contempla o agricultor familiar, que se enquadra como agricultor irrigante familiar que pratica a irrigação, contemplando os pequenos produtores.

Inoue *et al* (2022) mencionam que a piscicultura, bem

manejada e integrada à agricultura familiar, aumenta a produtividade por meio de sinergias entre os sistemas. O milho verde (*Zea mays* L.), devido ao seu ciclo curto, é frequentemente manejado com dinâmica similar à hortaliça, é amplamente utilizado na culinária em diversos pratos como sucos, sorvetes, biscoitos, pamonha e outros alimentos. (Filho *et al.,* 2021). Segundo Ribeiro (2014), em um estudo sobre o estado da arte da cultura do milho, foram analisados artigos publicados nos dez anos anteriores a 2014, evidenciando a importância da cultura, manejo e produção.

E, para fins de conhecimento, é importante salientar que o experimento foi desenvolvido para atender à demanda de descarte da água dos tanques de piscicultura, configurando-se como um sistema de molhação, com base nos princípios de fertirrigação e um experimento em teste, possibilitando vários estudos futuros. Portanto, é um experimento exploratório e de caráter empírico-investigativo, possibilitando a realização de diversos estudos futuros. Dessa forma, o presente estudo consiste em um projeto piloto (ou relato de caso) que visa desenvolver, implementar e avaliar, de forma exploratória, um sistema de fertirrigação por sulco de baixo custo que utiliza efluentes de tanque de piscicultura.

Fundamentação teórica

Métodos de Irrigação por Sulco e Dinâmica Hídrica

A definição do termo irrigação varia conforme a interpretação dos estudiosos da área ao longo da história. Para um entendimento mais simples, a irrigação pode ser definida como o ato de levar água até a planta. No meio científico, é compreendida como uma técnica e forma artificial utilizada para aplicar água às plantas, de modo a satisfazer suas necessidades hídricas (Testezlaf, 2017).

Lazarovitch (2023), comenta que a irrigação por sulco, apesar de ter sido substituída em muitos locais por sistemas pressurizados, ainda é amplamente utilizada em países em desenvolvimento. Nessa técnica, os solutos são transportados por canais com declividade, nos quais a água escoa superficialmente. A irrigação por sulco é, portanto, um método de distribuição de água sobre o solo, movendo-se conforme a declividade do terreno. As principais formas de irrigação por superfície incluem: Irrigação por sulco, por inundação, por faixas e por bordaduras.

De acordo com Pennacchi (2022), a irrigação por sulco utiliza canais construídos com uma declividade pré-definida, permitindo que a água escoe pelo sulco e infiltre-se no solo, molhando as entrelinhas das culturas. Amer (2007) menciona que a irrigação por sulco apresenta três características que devem ser consideradas no dimensionamento do sistema: As propriedades do solo, a taxa de avanço da água no sulco e o recuo da água após o fechamento da entrada. O autor também discute a importância de compreender a relação entre o avanço da água e sua infiltração ao longo do sulco, destacando a relevância de estudar as taxas de avanço e recessão.

A irrigação por sulco possui vantagens e desvantagens em relação a outros métodos de irrigação. Entre as vantagens estão a simplicidade operacional, o baixo consumo de energia, a ausência de interferência dos ventos e a adaptabilidade a diversas culturas. Em contrapartida, apresenta desvantagens, como a necessidade de muita mão de obra, exigência de áreas bem niveladas, baixa eficiência em solos de textura arenosa e riscos ambientais decorrentes de manejo inadequado.

Bisognin *et al*. (2024), enfatizam que o planejamento da irrigação por sulco deve sempre considerar a declividade natural do terreno, de modo que a água entre pelos sulcos nas partes mais altas e avance até as mais baixas. O tempo que a água leva para percorrer todo o sulco é chamado de tempo de avanço, e o

momento em que atinge o final do sulco é conhecido como tempo de oportunidade. Em estudo, observou que o uso de sulcos revestidos com lona apresentou melhor desempenho em relação ao método tradicional, reduzindo perda de percolação profunda em até 11,4 mm por turno de rega em comparação aos métodos tradicionais (Quintanilha, 2022).

No Brasil, a irrigação por sulco ainda é pouco explorada, principalmente nas regiões semiáridas, onde há escassez de água e baixa pluviosidade. Apesar disso, existem projetos voltados ao reuso de efluentes da piscicultura para fins agrícolas, representando uma alternativa promissora para o fortalecimento da agricultura familiar.

Manejo e Convivência como o Semiárido e a Agricultura Família

A convivência com o semiárido brasileiro exige técnicas adaptadas às condições locais. Schistek (2013) reflete que o termo "seca" não deve ser interpretado de forma absoluta, pois, no semiárido brasileiro há precipitação, embora distribuída de forma irregular e com baixos índices anuais. O autor relembra os períodos de estiagem entre 1979 e 1983, marcados por miséria e fome, ressaltando que muitos conhecimentos presentes em livros e manuais de agronomia precisam ser adaptados à realidade do semiárido. Atualmente, a convivência com o semiárido é uma realidade diferente, marcada pelo fortalecimento da agricultura familiar, pela organização de associações e cooperativas e pela adoção de tecnologias sociais que ajudam o sertanejo a enfrentar a escassez hídrica.

Baptista e Campos (2013), destacam que essa convivência tem sido fortalecida pela seleção de plantas mais resistentes à seca, pela ampliação do crédito rural, pelo desenvolvimento de tecnologias de captação e armazenamento de água, além de práticas como a fenação e o cultivo de plantas forrageiras. Araujo et al (2019), salientam que a irrigação por sulco se configura como

uma alternativa de baixo custo de investimento inicial (estimado entre R$ 1.500,00 e R$ 2.000,00) para pequenas propriedades com vazões operacionais de aproximadamente 2,4 m³, apresentado facilidade de operação e manutenção quando comparado aos sistemas pressurizados convencionais.

Reuso de Efluentes da Piscicultura e Regulamentação ambiental

Nesse contexto, sistemas de piscicultura em tanques revestidos com geomembrana representam uma inovação importante. A reutilização da água proveniente desses tanques para irrigação e adubação de culturas permite ao agricultor elaborar técnicas integradas de criação de peixes e produção vegetal. Ao realizar a troca da água dos tanques, o produtor pode direcionar o efluente para a irrigação por sulco, promovendo o aproveitamento racional da água e dos nutrientes.

É fundamental, entretanto, compreender as diferenças entre aproveitamento, reuso e efluentes. O efluente constitui a água descartada dos tanques de peixes contendo resíduos orgânicos e nutrientes. O reuso da água, por sua vez, é o aproveitamento planejado dessa água para fins benéficos, como a agricultura. Assim, a água da piscicultura é considerada um tipo de efluente, e, quando utilizada de forma segura e analisada quanto aos parâmetros químicos, físicos e biológicos, torna-se uma água de reuso.

A Resolução CONAMA nº 503/2021 estabelece critérios para o reuso de efluentes na fertirrigação, porém, não aborda especificamente o reuso de águas oriundas da piscicultura sendo voltada, principalmente, para indústrias de alimentos, bebidas, laticínios e frigoríficos.

Já a Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), normatiza sobre o reuso direto não potável de água nas modalidades agrícola e florestal, apresentando diretrizes para o manejo seguro

e controle de riscos ambientais. O artigo 2º desta resolução define efluente não estabilizado como aquele resultante de processos físicos, químicos ou biológicos ainda em atividade, e estabelece que a fertirrigação é a técnica que utiliza a irrigação para aplicar nutrientes ao solo, seja de origem orgânica ou inorgânica.

Ressalta-se que o marco regulatório referente ao reúso de água passou por processo de atualização em 2026, devendo eventuais alterações posteriores ser consideradas conforme o texto definitivo e sua entrada em vigor. De acordo com Brito (2021), a quimigação é uma prática semelhante, em que fertilizantes, turfas líquidas, microrganismos e outros produtos são aplicados por meio do sistema de irrigação.

Nesse contexto, produtos como turfa líquida e microrganismos podem ser adicionados diretamente a um tanque de 100 litros, sendo posteriormente distribuídos pelos sulcos, auxiliando na fertilização e na absorção de nutrientes pelo solo.

Da Experimentação Empírica ao Método Científico

O desenvolvimento deste estudo fundamentou-se em uma abordagem de caráter técnico, empírico, científico e investigativo. Esses termos descrevem um processo de pesquisa rigoroso e sistematizado, baseado em observação, teste e análise dos resultados.

Assim, surgiu a ideia de desenvolver um sistema de irrigação por sulco que aproveitasse o efluente antes descartado. A partir de uma abordagem empírica e investigativa, as limitações de recursos transformaram cada ação em um pequeno experimento prático, que envolveu etapas como observação das condições do terreno, estudo da declividade, construção dos sulcos, definição da cultura, análise do tipo de solo e determinação da vazão disponível.

A ação empírica baseou-se em tentativas e erros:

escavação, medições de altura, testes de vazão e verificação da uniformidade da distribuição da água. Já o princípio técnico-científico consistiu na aplicação de métodos sistemáticos, formulação de hipóteses, observação de resultados e condução de experimentos com rigor e racionalidade, demonstrando que a ciência não depende necessariamente de equipamentos caros, mas de uma metodologia bem estruturada.

Ademais, iniciativas de integração entre aquicultura e produção vegetal ganham respaldo crescente em políticas públicas de inovação tecnológicas, a exemplo de certificações e selo de identificação para alimentos originados de sistema integrados de produção sustentável (Cortes *et al*., 2026).

Materiais e métodos

O projeto foi realizado na área adjacente ao tanque de criação de peixes, no Núcleo de Estudos em Engenharia de Pesca e Aquicultura (NEPA), coordenadas 12°39'41,05''S 39°05'06,04''W, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas. O clima local é classificado como Af (tropical úmido) com médias anuais de precipitação de 1.084 mm, temperatura média de 24,8°C e umidade relativa do ar de 80% (Koppen Brasil, 2026). Segundo o censo agropecuário de 2017, o município possui 1.436 estabelecimentos agropecuários, ocupando uma área total de 6.070 ha (IBGE, 2017). O sistema de irrigação adotado foi por sulcos em pequena escala, com comprimento médio de 6 m, declividade aproximada de 2%.

A lâmina superficial (EGV) foi estimada a partir da equação de Manning, considerando coeficiente de rugosidade n= 0,02, esse coeficiente foi selecionado por representar o estado real dos sulcos de terra: reto, uniforme e sem obstruções vegetais, limpos e sem nenhuma obstrução que impeça da água escorrer livremente pelo sulco. Foram calculados parâmetros hidráulicos como área molhada, raio hidráulico, velocidade média do

escoamento e número de Froude, a fim de caracterizar o regime de escoamento nos sulcos.

Levantamento da área e construção dos sulcos

O levantamento da área foi realizado com mangueira de nível para verificar os pontos de declividade do terreno e identificar a tendência de escoamento da água. O terreno apresentou dimensões de 5 m X 6 m, totalizando 30 m² de área total. Foram construídos 9 canais (sulcos) com 20 cm de largura, e profundidade máxima de 30 cm, separados por camalhões com espaçamento de 40 cm.

Os sulcos foram construídos em linha reta, característica que favorece maior infiltração no início e menor no final, o que pode ocasionar assoreamento ao longo do uso. No início do projeto, adotou-se uma vazão constante, sendo posteriormente utilizado um tanque de 100 litros para uma redução de vazão, permitindo maior infiltração e aumento do tempo de irrigação.

Foi aplicada a vazão máxima não erosiva, definida como a quantidade de água que pode escoar pelos canais sem causar erosão. Após observações, verificou-se que valores acima de 0,369 $L \cdot s^{-1}$, poderiam provocar erosão, enquanto valores inferiores garantiam uma infiltração mais uniforme.

Foi feita a coleta da água em uma proveta de 1 litros de cada canal na tubulação de 32 mm com furos de 5mm em cada saída dos sulcos, distribuído a água nos canais laterais. Depois, foi aplicado o cálculo da vazão máxima não erosiva.

$$Q_{máx} = \frac{C}{S^a} \quad (1).$$

Onde:

Qmáx: Vazão máxima não erosiva

a: Expoente empírico do solo associado a função de coesão e estabilidade dos agregados fornecido em tabela;

S: É a declividade longitudinal do solo (%);
C: Coeficiente empírico em função da textura do solo fornecido em tabela.

A declividade foi calculada a partir da equação:

$$Declividade\ \% = \frac{Diferença\ de\ altura\ (m)}{Distância\ horizontal\ (m)}\ x\ 100 \qquad (2).$$

Implantação da cultura

Foram selecionadas sementes de milho híbrido AG 1051, com espaçamento de 40 cm entre as plantas e duas sementes por cova, totalizando uma população de 56 plantas, em 4 camalhões.

O 5° camalhão foi cultivado com milho crioulo, com 12 plantas adotando o mesmo espaçamento, porém o Criolo foi plantado com 15 dias de diferença. Assim, o total de plantas foi 68 em 19,2 m².

Delineamento e coleta de dados

Considerando as limitações de recursos e o caráter exploratório inicial do estudo de natureza (investigativo e empírico), optou-se por configurá-lo como um estudo de caso (ou unidade de validação agronômica) e um delineamento não casualizado.

Vale destacar que o experimento não possui um delineamento experimental e sim uma área experimental no qual foram medidos parâmetro fitotécnicos: altura das plantas de milho em estágio final fenológico; massa fresca e seca; número total de folhas; número de folhas por plantas; diâmetro do caule; número de espigas, tamanho e diâmetro. Também foi elaborado balanço hídrico da cultura do milho para um período de 120 dias, considerando o plantio realizado em 18 de junho de 2024 e

adotando um CAD= 40 mm.

Os dados climáticos foram obtidos no INMET no sistema SISDAGRO, onde foram observadas as variáveis: precipitação, evapotranspiração, temperatura, umidade relativa, balanço hídrico e irrigação.

A lâmina líquida (LL) foi determinada a partir de diferença entre ETc e a precipitação efetiva (Pe), enquanto a lâmina bruta (LB), foi calculado considerando eficiência de aplicação de 60% conforme o recomendado para o sistema de irrigação por sulco. O balanço hídrico diário foi utilizado para estimar déficit e excedente hídrico no solo. Também foi calculado o CUC em %, que é definido pela fórmula:

$$CUC = 100 * \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| xi - \bar{x} \right|}{n * \bar{x}}\right) \quad (3).$$

CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);
xi: Lâmina de água coletada (ou vazão) em cada ponto de amostragem;
$\bar{x}$: Média aritmética de todas as lâminas (ou vazões) coletadas;
$|\ xi\ - \bar{x}|$**:** Valor absoluto do desvio de cada ponto em relação à média;
n: Número total de pontos de amostragem.

Devido à dificuldade orçamentária da Universidade, não foi possível fazer análise de solo para ver a condições química, física e biológica do solo, dificultando muito o entendimento do comportamento do sistema.

Foi estimado o tirante normal do canal (EGV) escoamento gradual variado a partir da equação de Manning, expressado a espessura de lâmina de água no sulco para isso foi utilizado a equação de Manning, isolada para o tirante:

$$h = \left(\frac{Q\ X\ n}{b\ x\ \sqrt{S}}\right)^{\frac{3}{5}} \quad (4)$$

Parâmetros hidráulicos adotados no modelo: Coeficiente de Manning (**n**): 0,020 m;
Largura do sulco (**b**): 0,20;
Declividade do sulco (**S**): 0,020 ($m \cdot m^{-1}$);
vazão de cada sulco (**Q**): ($m^3 \cdot s^{-1}$).

Também foi aplicado a equação empírica do tempo de aplicação da água para os sulcos que está definida por:

$$T = GIR * \frac{A}{Q*60} \quad (5).$$

T: Tempo de irrigação em (mim);
GIR: É a necessidade bruta de irrigação (mm);
A: Área (m^2);
Q: Vazão em litros por segundo ($L \cdot s^{-1}$).
60: Constante que converte segundo para minutos.

Logo, o tempo de irrigação no experimento é de aproximadamente de 6,02 *min*.
Vale ressaltar que esse tempo só ocorre, se todos os sulcos estiverem recebendo a vazão máxima não erosiva de (0,369 $L \cdot s^{-1}$), como o sistema funciona por gravidade e as obstruções proveniente de sólido da água da piscicultura e não por pressurização essa vazão varia bastante.

Também foi feito o cálculo de De wit (1958) transpiration and crop yields para estabelece a relação quantitativa entre a evapotranspiração da cultura e a produção de matéria seca:

$$Y = m\ * \left(\frac{ETc}{ETo}\right) \quad (6).$$

onde:
Y: É a produção total de matéria seca (kg·ha^{-1} ou g·planta^{-1});
m: É o coeficiente de proporcionalidade da característica da cultura (kg·ha^{-1}.mm^{-1});
ETc: É a evapotranspiração acumulada da cultura (mm);
ETo: É a evapotranspiração de referência acumulada do período (mm).

Resultados e discussão

O sistema de irrigação por sulco do tipo "molhação" integrado à piscicultura possibilitou, simultaneamente, a produção vegetal do milho (*Zea mays* L.) e a criação de peixes. A água proveniente dos tanques de piscicultura em geomembrana que anteriormente era descartada após as trocas, passou a ser reaproveitada no sistema de irrigação, reduzindo o descarte direto no ambiente e promovendo o uso racional da água. Segundo Coelho *et al* (2017), a irrigação por gravidade é um dos métodos tradicionais de condução de água até a planta, sendo preferencialmente indicado para culturas de ciclo curto e com menor espaçamento, característica compatível com o cultivo do milho adotado neste estudo.

A vazão de entrada nos sulcos foi determinada por meio de coleta volumétrica em intervalos de 10 segundos. Ressalta-se que a vazão varia em função da altura da coluna de água e da pressão disponível na tubulação, característica típicas de sistemas que operam por gravidade. A uniformidade de distribuição de vazão pelo orifício de 5 mm (CUC) apresentou valor de 79,11%, classificando como satisfatório para um sistema de irrigação por sulcos de baixo custo.

Entretanto, é importante salientar que essa uniformidade se refere exclusivamente à vazão de saída dos orifícios de 5 mm e não garante, necessariamente, que a água tenha alcançado o final de todos os sulcos. Assim, mesmo com

um CUC satisfatório, torna-se essencial avaliar o avanço da água ao longo de cada sulco, podendo ser necessário prolongar o tempo de funcionamento do sistema para assegurar a adequada distribuição hídrica até o final dos canais.

Tabela 1 - Vazão média por canal medida em volume (ml) por tempo (10 segundos) e análise estatística para a determinação da uniformidade de aplicação no sistema de irrigação.

Vazão de cada canal em ml (Ø do furo de 5 mm) em 10 segundos

Canal (Sulco)	Média ($mL \cdot 10s^{-1}$)	Vazão ($L \cdot s^{-1}$)	Media $m^3 \cdot h^{-1}$	Comparação com Q_{max} (0,369 $L \cdot s^{-1}$)
1° Canal	852,5	0,0853	0,3069	Abaixo
2° Canal	872,5	0,0873	0,3141	Abaixo
3° Canal	790,0	0,0790	0,2844	Abaixo
4° Canal	897,5	0,0898	0,3231	Abaixo
5° Canal	815,0	0,0815	0,2934	Abaixo
6° Canal	802,5	0,0803	0,2889	Abaixo

Fonte: Autoria própria (2026). Dados coletados em campo.

Apesar da uniformidade de 79,11%, os valores de vazão observados em ($L \cdot s^{-1}$) foram significativamente inferiores à vazão máxima não erosiva (Qmax), calculado em 0,369 $L \cdot s^{-1}$. Esse resultado indica que, mesmo com a alta variabilidade de vazão entre os sulcos, o sistema apresentou ampla margem de segurança quanto ao risco de erosão em solo de textura média, reforçando sua viabilidade técnica. Em estudo realizado com diferente intervalo de vazão (0,7 - 0,8 $L \cdot s^{-1}$), em um solo com

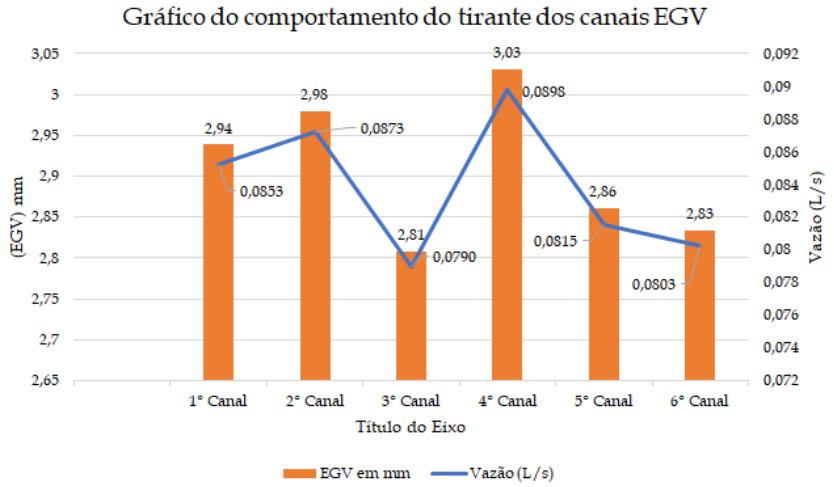
textura franco arenoso, foi observado que o CUC médio acima de 90% provocou erosão e perda de solo corresponde a 1,4 $t \cdot ha^{-1}$ ano^{-1}. (Araújo, 2014).

Mazarei *et al* (2021), em estudo conduzido em uma usina de cana de açúcar no semiárido do sudoeste do Irã, com uma precipitação média anual de 266 mm e evapotranspiração de 2.788 mm, avaliaram sistema de irrigação por sulco em uma área cultivada de aproximadamente 12.000 ha. Os autores utilizaram hidrojatos de baixa pressão e coeficiente de Manning para estimar resistência ao fluxo, bem como a velocidade e a vazão do escoamento nos sulcos.

No presente estudo, o coeficiente de Manning não foi aplicado, uma vez que a profundidade dos sulcos variou ao longo de seu comprimento. A equação de Manning pressupõe profundidade hidráulica constante, condição que não foi atendida no sistema avaliado.

Tourasse (1965) descreve métodos para o cálculo da altura da lâmina líquida em canais de seção retangular a partir da vazão e da declividade, considerando um regime permanente gradualmente variando. No sistema avaliado, adotaram-se parâmetro constante de declividade, enquanto a lâmina de água variou em função das diferenças de profundidade dos sulcos ao longo do seu comprimento.

Figura 1 -Comportamento do tirante normal EGV em função da vazão nos sulcos de irrigação.



Fonte: Elaboração própria (2026), com base na estimativa do tirante normal obtida pela equação de Manning, isolada, considerando o escoamento gradual no sulco.

Os valores estimados de EGV, variando entre 2,81 mm e 3,03 mm, refletem pequenas diferenças nas vazões aplicadas entre os sulcos (Figura 1). Essas variações estão associadas ao funcionamento do sistema de irrigação por gravidade, no qual a vazão disponível pode sofrer alteração em função da redução do nível de água no reservatório ao longo do tempo de operação. Ressalta-se que os valores de EGV representam lâmina líquida de água escoando sobre a superfície do sulco, e não a lâmina efetivamente armazenada no perfil do solo.

Além disso, tais valores correspondem às condições hidráulicas observadas no trecho final do sulco, e podendo variar em função do comportamento hidráulico da linha principal de distribuição, especialmente devido à eventual presença de detritos ou matéria orgânica transportados pela tubulação.

Figura 2 - Construção e disposição dos sulcos de irrigação em pequena escala, com comprimento aproximado de 6 m, evidenciando o aproveitamento do espaço disponível da área experimental em formato retangular. A declividade média de 2% favorece a condução da água ao longo do sulco até o trecho final, contribuindo para uma distribuição hidráulica adequada.



Fonte: Acervo próprio (2026).

A disposição e a geometria dos sulcos de irrigação, construídos em pequena escala com o comprimento útil de 6,0 m e declividade longitudinal média de 2,0% são apresentados na figura dois. Essa configuração espacial foi projetada para otimizar a condução gravítica da água proveniente dos tanques de cultivo e promover uma distribuição hidráulica proporcional.

A integração hidráulica entre a vazão aplicada pelos orifícios e o tirante de água gerado nos sulcos (figura 1) apresenta os parâmetros hidráulicos do escoamento nos sulcos de irrigação, bem como os respectivos tirantes normais estimados (EGV), obtidos a partir da equação de Manning isolada. Observa-se que pequenas variações de vazão resultaram em diferenças sutis na espessura da lâmina de água, com valores entre 2,80 mm e 3,03 mm, comportamento típico de sistema de irrigação por sulcos em pequena escala.

Tabela 2 - Parâmetro hidráulicos do escoamento.

Canal	Área molhada (m^2)	Raio hidráulico (m)	Velocidade ($m \cdot s^{-1}$)	Número de Froude
1º	0,000588	0,00285	0,145	0,854
2º	0,000596	0,00289	0,146	0,856
3º	0,000561	0,00273	0,141	0,848
4º	0,000606	0,00294	0,148	0,859
5º	0,000572	0,00278	0,142	0,851
6º	0,000567	0,00276	0,142	0,849

Fonte: Elaboração própria (2026).

Azevedo *et al*. (2003), ao avaliarem a irrigação por sulco em solo arenoso com comprimento de 100 m, observaram a necessidade de aplicação de uma lâmina da ordem de 60 mm, considerando parâmetros hidráulicos específicos do sistema. Esse resultado evidencia que o desempenho da irrigação por sulco é fortemente influenciado pela interação entre comprimentos do sulco, lâmina aplicada e textura do solo.

Em sulcos de menores comprimentos, aplicação de lâminas elevadas tende a comprometer a eficiência do sistema, especialmente em solo de textura mais argilosa, nos quais a menor taxa de infiltração favorece o aumento do escoamento superficial e, consequentemente, das perdas no final do sulco. Nesse contexto, a combinação de sulcos curtos, lâminas elevadas e solo argiloso resulta em menor eficiência hidráulica do sistema.

Por outro lado, em sulcos de maior comprimento ocorre o efeito inverso, sobretudo em solos arenosos, nos quais as elevadas taxas de infiltração exigem a aplicação de lâminas maiores para garantir que a água alcance adequadamente o trecho final do sulco.

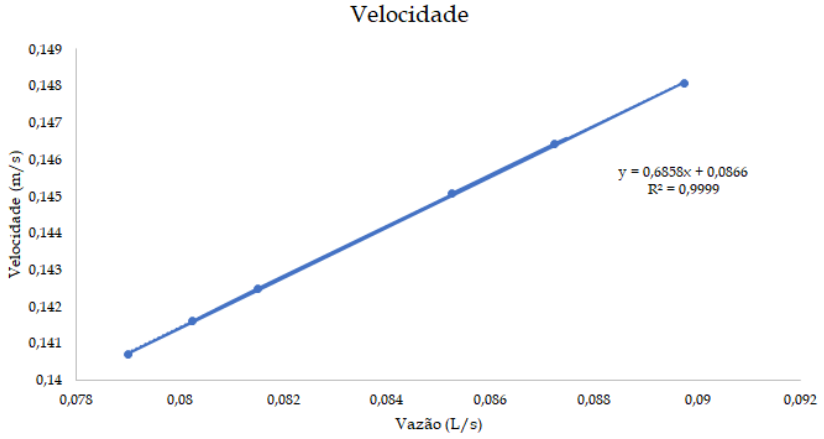
No presente estudo, os valores de área molhada e raio hidráulico, velocidade média e números de Froudes (Tabela 2), indicam escoamento subcrítico em todos os sulcos (Fr <1), com

lâmina superficial reduzidas, o que demonstra compatibilidade entre a vazão aplicada, o comprimento do sulco e as condições hidráulica do escoamento, favorecendo a uniformidade da irrigação.

O regime subcrítico, evidenciado pelos valores do número de Froude, caracteriza um escoamento lento e controlado, permitindo maior tempo de contato da água com o solo, o que favorece a infiltração e a umidificação da zona radicular das plantas. Além disso, as menores velocidades reduzem o risco de erosão laminar, aspecto relevante em sistema de irrigação por gravidade.

Na Figura 3, observa- se a relação linear positiva entre vazão aplicada e a velocidade média do escoamento nos sulcos, com elevado coeficiente de determinação (R^2= 0,9999), indicando o comportamento hidráulico consistente entre os canais (sulcos), avaliados. Consequentemente, um eventual aumento da vazão promoveria elevação gradual da velocidade do escoamento, mantendo-se ainda dentro do regime subcrítico (Fr < 1), o que favorece a estabilidade do fluxo e reduz o risco de perdas por erosão ou escoamento superficial excessivo.

Figura 3 - Relação vazão ($L.s^{-1}$) com a velocidade ($m.s^{-1}$) nos canais.



Fonte: Elaboração própria (2026).

O coeficiente angular da reta de regressão (0,6858) corresponde à inclinação da relação linear entre a vazão aplicada e a velocidade média de escoamento, indicando a taxa de variação da velocidade em função da vazão. No intervalo analisado, observou-se uma variação reduzida da vazão (0,078 a 0,092 $L.s^{-1}$), refletindo em incrementos discretos na velocidade média do escoamento.

Esse comportamento sugere a manutenção de condições hidráulicas homogêneas ao longo dos sulcos, especialmente em relação à declividade, que permaneceu praticamente constante entre os canais. Como consequência, as variações de vazão resultaram em alterações proporcionais na velocidade do escoamento. Essa relação linear é corroborada pelo elevado coeficiente de determinação (R^2 próximo de 1), indicando alta consistência hidráulica e baixa dispersão dos dados experimentais.

O valor do coeficiente angular da regressão confirma a sensibilidade da velocidade do escoamento às variações de vazão, evidenciando comportamento hidráulico uniforme no sistema de irrigação por sulcos, sob condições semelhantes de carga hidráulica e geometria dos canais. A evapotranspiração média da cultura (ETc) durante o período de avaliação foi de 1,97 mm dia^{-1}, valor próximo à evapotranspiração de referência (ETo = 1,92 mm dia^{-1}), indicando elevada demanda atmosférica. A precipitação média diária (1,78 mm dia^{-1}) mostrou-se inferior à ETc, evidenciando que as chuvas não foram suficientes para suprir a demanda hídrica da cultura, o que reforça a necessidade de irrigação suplementar.

De acordo com Shaw et al. (2023), a estimativa da evapotranspiração das culturas é fundamental para a determinação da demanda hídrica e para o adequado dimensionamento de sistemas de irrigação. Os autores destacam ainda, que estudos conduzidos no distrito de Kurnool, Índia,

demonstraram a importância dessa estimativa no manejo da irrigação por sulcos, abordagem semelhante à adotada no presente estudo para o cultivo de milho no município de Cruz das Almas, Bahia. A Figura 4 ilustra a dinâmica da água no solo após a aplicação da irrigação por sulco. Observa-se o movimento lateral e ascendente da água (B → A), característico do fluxo capilar, impulsionado pelo potencial matricial do solo.

Figura 4 - Movimentação da água no solo após a irrigação entre os sulcos.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Esse processo favorece a redistribuição da água em direção às regiões de menor potencial, promovendo o suprimento hídrico da zona radicular do milho, inclusive em áreas adjacentes aos sulcos. Tal comportamento é mais pronunciado em solos de textura média a fina e com boa estrutura, como os franco-argilosos.

O movimento descendente da água no solo (B → C), caracterizado como fluxo gravitacional, ocorre após a fase de molhamento, quando a água infiltra verticalmente no perfil do solo, predominando enquanto os macroporos permanecem saturados. Esse processo representa a fase inicial da infiltração e contribui para o armazenamento hídrico em camadas mais profundas.

De forma integrada, os fluxos gravitacional e capilar evidenciam a atuação conjunta dos potenciais gravitacional e matricial no controle da redistribuição da água no solo, sendo determinantes para a eficiência hidráulica de sistemas de irrigação por sulcos. A análise estatística da circunferência e do comprimento das espigas (Tabela 3) revelou baixa variabilidade para a circunferência, com coeficientes de variação entre 4,60% e 5,65%, indicando elevada uniformidade estrutural e consistência na classificação por classes de tamanho.

Em contrapartida, o comprimento das espigas apresentou maior variabilidade relativa (CV entre 4,13% e 9,85%), sugerindo maior sensibilidade dessa variável às condições de cultivo, especialmente à disponibilidade hídrica, à redistribuição da água no solo e à competição intraespecífica.

Tabela 3 - Estatística descritiva da circunferência e do comprimento das espigas de milho sem palha, por classe de tamanho.

Classe	Variável	Média	Desvio padrão	Variância	CV (%)	Mediana
Grande	Circunferência (mm)	52,49	2,97	8,81	5,65	52,3
	Comprimento (cm)	19,83	0,85	0,73	4,31	20
Médio	Circunferência (mm)	48,16	2,22	4,91	4,6	47,85
	Comprimento (cm)	17,99	1,77	3,14	9,85	18,05
Pequeno	Circunferência (mm)	45,89	2,45	5,99	5,33	45,5
	Comprimento (cm)	13,7	1,25	1,56	9,13	13,5

Fonte: Elaboração própria (2026).

Resultados reportados por Oliveira et al. (2015), ao avaliarem a cultivar de milho AG 1051, observaram comprimento médio de espiga sem palha de 17,29 cm (grupo ab) e diâmetro médio de 47,6 mm (grupo a). As letras associadas às médias correspondem ao agrupamento estatístico pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), no qual médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si.

Em comparação com os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que as espigas classificadas como de menor porte apresentaram comprimento médio de 13,7 cm e circunferência

de 45,89 mm, confirmando sua inferioridade dimensional em relação aos valores reportados na literatura.

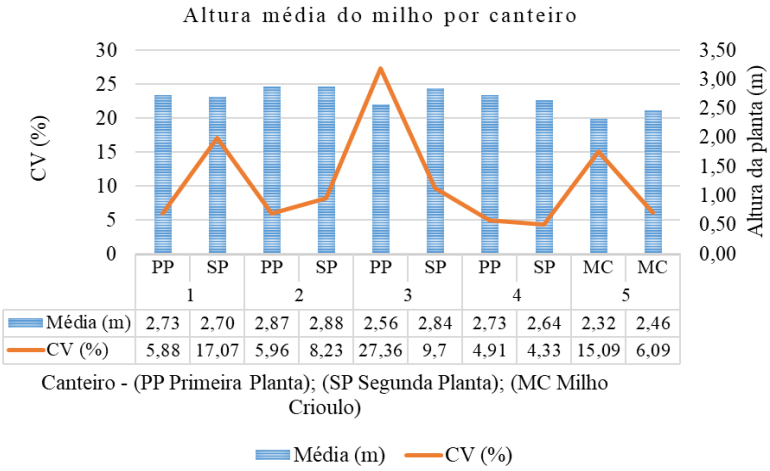
Resultados semelhantes foram descritos por Setu et al. (2023), que observaram incremento no comprimento e na circunferência das espigas em sistemas de irrigação por sulcos sob maior intensidade de molhamento, evidenciando a influência direta do regime hídrico sobre o desenvolvimento morfológico da cultura.

A variabilidade morfológica do milho e relação com a irrigação mostraram diferença entre as classes de plantas (grande, médias, pequenas). As espigas classificadas como grandes apresentaram maiores valores de variação (52,49 mm) de circunferência e comprimento de (19,83mm), além de menores coeficientes de variação, indicando crescimento mais uniforme. O fluxo ascendente lateral, associado a ação capilar, promoveu redistribuição da água no sulco para a zona radicular, contribuindo para o suprimento hídrico das plantas. Simultaneamente, ocorreu o fluxo descendente, associado a água gravitacional responsável pela infiltração ao longo do perfil do solo.

Ao final do ciclo foram colhidas 43 espigas de milho, totalizando 12,827 kg com palha e 8,014 kg sem palha em uma área experimental de 25 m². Esses valores refletem o desempenho produtivo compatível com o padrão morfológico observado com maior contribuição das classes média e grande, que concentraram as espigas de melhor desenvolvimento. A Figura 5 apresenta a média da altura das plantas de milho por canteiro, associado ao coeficiente de variação (CV%), evidenciado a resposta morfológica da cultura às condições hidráulicas do sistema de irrigação por sulco e ao manejo hídrico adotado. Observou-se que os canteiros com vazões mais estáveis e melhor controle do escoamento apresentaram menores coeficientes de variação, como observado no canteiro 4, em que os valores de CV foram inferiores a 5%, indicando distribuição

mais uniforme da água, e crescimento mais homogêneo das plantas.

Figura 5 - Estatística descritiva da altura da planta.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Pequenas falhas na reposição hídrica durante períodos críticos do desenvolvimento da cultura, especialmente na fase vegetativa avançada (V8 a V9), refletiram diretamente na variabilidade do crescimento das plantas, conforme evidenciado pelos valores do coeficiente de variação (CV) apresentados no Figura 5. Essas fases são reconhecidas como altamente sensíveis ao déficit hídrico, uma vez que está associado a definição do potencial produtivo da cultura.

A hidráulica dos sulcos, mesmo apresentando pequenas variações de vazão, exerce influência significativa sobre a redistribuição da água no solo e, consequentemente, sobre a uniformidade do crescimento das plantas. Esses resultados indicam que, embora o sistema de irrigação por sulco tenha operado de forma funcional e tecnicamente adequado, um controle mais rigoroso da vazão e da lâmina aplicada pode contribuir para a melhoria da uniformidade do crescimento do

milho, reduzindo a variabilidade morfológica entre plantas.

Setu *et al*. (2023) observaram que, em sistema de irrigação por sulco aplicado à cultura do milho, a reposição hídrica correspondente a 100% da evapotranspiração da cultural (ETc) durante a fase reprodutiva (R6) proporcionou maior altura média das plantas em comparação a outros métodos de irrigação por sulco e diferentes frequência de aplicação

Os autores destacam que sistema de irrigação por sulco alternado e fixo, associado ao nível, 75% e 50% da ETc, apresentaram menor eficiência quando comparados ao sistema convencional com reposição plena de 100%. No presente estudo, a cultura do milho atingiu altura média de aproximadamente 2,80 m sob irrigação por sulcos com reposição integral da lâmina requerida. Em comparação com os dados apresentados na Figura 1, observa-se altura máxima média de 2,88 m, indicando maior desempenho vegetativo em determinados canteiros.

Esse comportamento sugere variações na eficiência hidráulica ao longo do sistema, possivelmente associadas a diferenças na carga hidráulica disponível, expressa em metros de coluna d'água (mca), bem como à presença de detritos orgânicos na água de irrigação. Tais fatores podem influenciar diretamente a vazão nos sulcos, afetando a distribuição da água e, consequentemente, o desenvolvimento da cultura. Estudos internacionais comparado diferentes sistemas de irrigação, como pivô central, gotejamento subterrâneo e irrigação por sulcos, associado a níveis de reposição hídrica de 100%, 80%, 60% e condições de sequeiro.

Mohammed e Irmak, (2022). Relatam que o sistema de irrigação de pivô central apresentou as maiores produtividades de milho, enquanto a irrigação por sulco demonstrou limitações, mesmo sob irrigação plena. Os mesmos autores observaram que o desenvolvimento vegetativo do milho sob pivô central e gotejamento subterrâneo foi superior quando comparado à irrigação por sulco, mesmo com a aplicação de

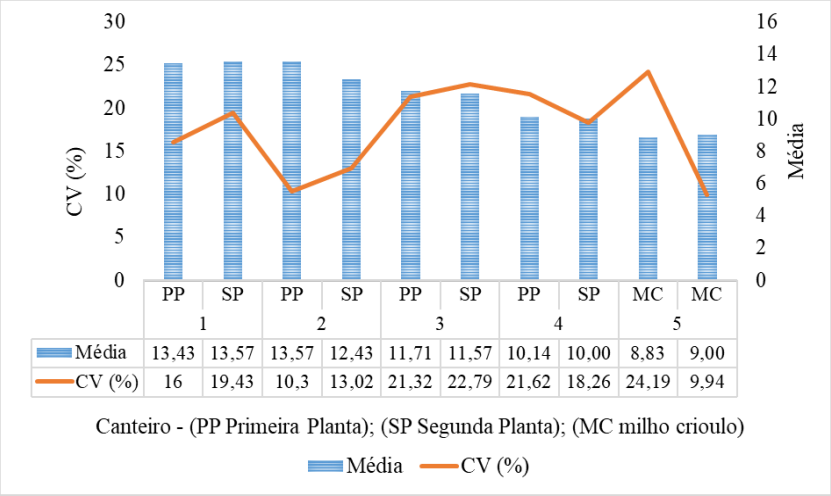
100% da lâmina da água. No entanto, os resultados obtidos no presente estudo divergem parcialmente dessa conclusão, demonstrando que o manejo hidrodinâmico adequado é o fator determinante para a eficiência do sistema de sulco.

Os coeficientes de variação observados indicam a ocorrência de efeitos associados à histerese hídrica do solo, uma vez que as condições físicas do solo variaram entre os canteiros, influenciadas pela taxa de infiltração e pelo avanço da água ao longo dos sulcos. Dessa forma, a interação entre hidráulica do sistema, característica do solo e manejo da irrigação mostrou-se determinante para a resposta morfológica da cultura.

Silva (2015), em sua dissertação, observou que a aplicação de 100% de esgoto doméstico tratado, em lâmina correspondente a 150% de evapotranspiração, resultou em um desempenho de 1,72 metros de altura aos 90 dias após plantio DAP, na variedade de milho catingueira, apresentou melhor desempenho na altura.

A autora ressalta que a variedade utilizada de milho utilizado foi a catingueira sendo uma variedade precoce diferente da variedade AG1051. Mesmo assim, isso comprova que tanto o ciclo quanto a características genéticas, ambas responderam positivamente à aplicação de efluente demonstrando que, em condições edafoclimáticas diferentes, o uso de água residual pode ser uma alternativa eficiente de adubação.

Figura 6 - Estatística descritiva no número médio de folhas por canteiro.



Fonte: Elaboração própria (2026).

A análise conjunta do número médio de folhas e da altura das plantas evidencia que o desenvolvimento vegetativo do milho não responde de forma linear aos mesmos fatores de manejo hídricos. Observa-se que os canteiros 1 e 2 apresentaram maior emissão foliar, enquanto o canteiro 2 destacou-se pelo maior crescimento em altura.

Esse comportamento sugere que, embora a disponibilidade hídrica inicial favorece a emissão de folhas, o alongamento do colmo está mais associado à redistribuição da água no perfil do solo e à manutenção do suprimento hídrico ao longo do ciclo. A uniformidade hidráulica do sistema de irrigação por sulco indica que essa diferença decorre principalmente de processos de infiltração, armazenamento e fluxo capilar da água no solo, e não de variações expressivas na vazão aplicada entre os canteiros.

Abou Seeda *et al*. (2020), ao avaliarem a eficiência da gestão tecnológica em sistema de irrigação, destacam que a irrigação por sulco permanece como um dos métodos

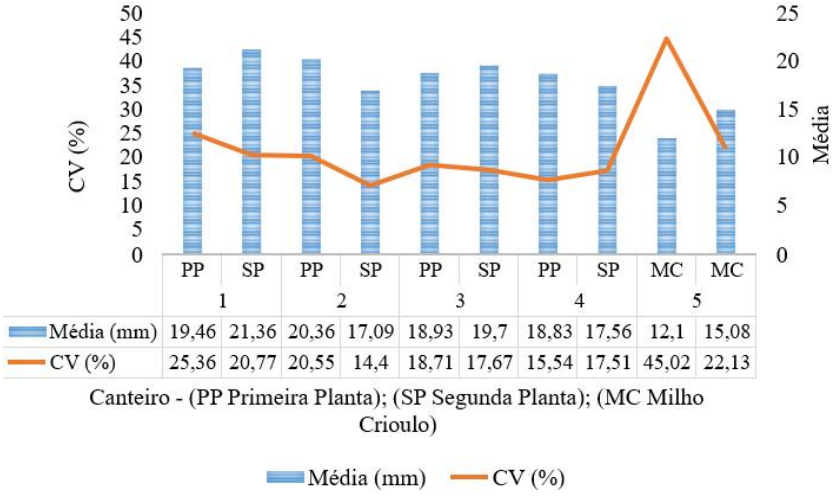
tradicionais mais utilizados, sendo considerado eficiente quando corretamente projetada e manejada. Os autores ressaltam que grande parte das ineficiências observadas nesse tipo de sistema está associada à ausência de critérios técnicos no projeto, à presença de área desniveladas e a execução sem conhecimento hidráulico adequado. Mesmo após décadas de uso e evolução do conhecimento técnico a irrigação por sulco ainda é frequentemente conduzida de forma inadequada, resultando em perdas de eficiências e produtividade da cultura.

Modelos matemáticos e programas como WinSRFR, SURDEV e SIRMOD, além de novos aplicativos em desenvolvimento para plataformas móveis , como o FIEA app, têm sido amplamente utilizados para avaliar o desempenho da irrigação por sulco. Essas ferramentas são consideradas programas de alta precisão para o dimensionamento e manejo desse tipo de irrigação (Kumwenda *et al*., 2026).

Nie *et al* (2024), destacam que a eficiência da irrigação associada a uma gestão científica dos recursos hídricos é fundamental para mitigar a escassez de água e garantir a segurança alimentar regional. Para isso, são empregadas tecnologias, como o WinSRFR, que permite estimar a lâmina de infiltração necessária no solo, e o (AquaCrop), modelo de simulação de culturas desenvolvido pela FAO, amplamente utilizado para prever o rendimento agrícola em resposta à disponibilidade de hídrica.

Apesar de o sistema operar majoritariamente em regime subcrítico, essas variações sutis na vazão influenciaram o tempo de avanço da água, a profundidade do escoamento e, consequentemente, a lâmina aplicada ao longo do sulco. Na Figura 7, a análise do diâmetro do colmo da planta indica um bom desenvolvimento estrutural do colmo, que é adequado para a sustentação da planta e condições hídricas suficientes para o crescimento vegetativo.

Figura 7 - Estatística descritiva para o diâmetro do caule do milho.



Fonte: Elaboração própria, (2026).

Os resultados do diâmetro do colmo, apresentados no gráfico 3, mostra que o sistema de irrigação por sulco, quando operado sob regime subcrítico, alcança níveis satisfatório de estabilidade biométrica, refletidos em coeficientes de variação (CV) inferiores a 15%, valor considerado adequado para experimentos agronômicos e superando as expectativas de heterogeneidade típica de métodos de superfície tradicionais.

O diâmetro do caule do milho apresentou variações entre os canteiros, com valores médios mais elevados nos canteiros 1 a 4, indicando adequado desenvolvimento estrutural das plantas sob irrigação por sulcos. Os coeficientes de variações moderados observados entre os canteiros sugerem relativa uniformidade no crescimento radial do colmo, compatível com o desempenho hidráulico estável do sistema. Em contraste, o milho crioulo apresentou menor diâmetro médio e elevado coeficiente da variação, evidenciando maior sensibilidade às variações na disponibilidade hídrica e a redistribuição da água no solo.

Oliveira *et al* (2022) também obtiveram o mesmo achado em resultado do aumento do diâmetro do colmo da planta sobre o aumento da lâmina de irrigação na evapotranspiração da cultura (%ETc), onde foi observado que o maior diâmetro médio do colmo foi de (26,4 mm) sob uma lâmina de 98% da ETc. Entretanto, tal comportamento não foi observado no presente estudo, no qual o maior diâmetro médio registrado foi de 21,36 mm, indicado que fatores como condições hidráulicas do sulco, redistribuição da água no solo e característica do sistema podem ter limitados a resposta do colmo ao suprimento.

No presente estudo, aplicação de microrganismo eficientes (EM) via quimigação pode ter potencializado o desenvolvimento vegetativo e o alongamento do colmo do milho. Embora Xu et al (2026), tenha conduzido com a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), seus achados oferecem suporte a esta pesquisa, visto que ambas culturas responderam positivamente, à simbiose microbiana para a mitigação de estresses abiótico e otimização do uso da água.

A biomassa produzida no sistema apresentou média de 0,057 g de massa fresca e 0,019 g de massa seca, com coeficiente de variação superior a 20%, indicando variabilidade moderada entre as amostras. Em contraste, o teor de umidade apresentou CV de apenas 3,63%, evidenciando elevada uniformidade hídrica do sistema, o que reforça a eficiência do manejo da irrigação quanto à manutenção do conteúdo de água nos tecidos vegetais.

Tabela 4: Estatística descritiva da biomassa da folha produzida no sistema.

Amostra	PMF (g)	PMS (g)	Perda de água (g)	Teor de umidade (%)
Massa total	0,452	0,15	0,302	66,81
Média	0,057	0,019	0,038	66,79
Desvio-padrão	0,0119	0,0043	0,008	2,43
CV (%)	21,05	22,76	21,09	3,63

Fonte: Elaboração própria (2026).
PMF(g): Peso da massa fresca; **PMS(g):** Peso da massa seca.

A determinação do teor de umidade revelou que a amostra apresentou massa fresca total de 0,452g e massa seca total acumulada de 0,150g, resultado em perda de água de 0,302g. Esse valor corresponde a um teor de umidade de 66,81%, indicando que a água constitui a maior fração da massa do material analisado.

A média de teor de umidade, de 66,79%, mostrou-se praticamente idêntica ao valor obtido para a massa total, evidenciando uniformidade entre as repetições e boa representatividade amostral. O desvio padrão de 2,43% e o coeficiente de variação (CV) de 3,63% caracterizam baixa variabilidade, indicando elevada precisão experimental para essa variável.

Assim, quanto maior a transpiração efetiva da planta em relação à demanda atmosférica, maior será a produção de biomassa seca. Os resultados da tabela 4 evidenciam que a biomassa foliar apresentou elevado teor de umidade (66,79%), confirmando que a água constitui a principal fração da massa fresca. Esse padrão reforça a proposição de De Wit (1958), segundo a qual a produção de matéria seca é governada pela transpiração relativa à demanda atmosférica.

Nesse contexto, a massa seca total acumulada observada (0,150g), pode ser interpretada como resultado direto da

eficiência fisiológica das plantas em converter a água transpirada em matéria orgânica, corroborando a hipótese de que fator determinante é a espécies cultivada, e não a disponibilidade de nutrientes, desde que não haja deficiências nutricionais severas.

O cálculo da constante de m a partir dos dados experimentais, resultou em 0,1466. Embora esse valor seja bem inferior aos relatados na literatura para a cultura do milho em escala de campo (Kirkham, 2005), é importante destacar que a biomassa avaliada nesse estudo refere-se exclusivamente à fração foliar do milho em pequena escala experimental, enquanto os valores de referência consideram a produção total de biomassa (parte aérea e raízes) por unidade de área ($kg \cdot ha^{-1}$).

Ainda assim, os resultados demonstram que, em climas secos e com alta radiação, a biomassa gerada no sistema foi governada principalmente pelas características fisiológicas da espécie de milho e pelas condições climáticas locais, reforçando a importância do manejo hídrico adequado na eficiência produtiva do sistema.

Considerações finais

Os resultados demonstram que o sistema de fertirrigação em sulcos utilizando efluente de aquicultura é tecnicamente e operacionalmente viável, representando uma alternativa sustentável e de baixo custo para agricultores familiares em regiões semiáridas. A integração da aquicultura com a agricultura mostrou-se eficaz para o reuso de água e nutrientes, contribuindo para a melhoria da gestão ambiental e da eficiência no uso dos recursos.

Hidraulicamente, o sistema apresentou desempenho satisfatório, com um coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 79,11% e condições de fluxo subcrítico, que favorecem a infiltração e minimizam os riscos de erosão do solo. As taxas de fluxo aplicadas permaneceram abaixo do limiar

erosivo, reforçando a adequação do sistema sob condições de baixo insumo.

Do ponto de vista agronômico, o rendimento do milho (8,014 kg de espigas descascadas em 25 m²) indica o potencial produtivo do sistema, mesmo em escala piloto. O teor de umidade da biomassa foliar (66,79%) sugere disponibilidade adequada de água ao longo do ciclo da cultura.

De maneira geral, a simplicidade do sistema, o baixo custo de implementação e a independência de fontes externas de energia sustentam sua aplicabilidade e escalabilidade em ambientes com recursos limitados. Estudos adicionais são recomendados para avaliar os impactos na qualidade do solo e da água, a viabilidade econômica e o desempenho em condições de maior escala.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) pelo suporte estrutural e técnico para a realização deste trabalho. Aos colegas e técnicos que auxiliaram na montagem do sistema e coleta de dados em campo. Ao apoio indireto de programas de extensão universitária (PROEXC) que incentivam a integração entre pesquisa e agricultura familiar. Este estudo foi conduzido sem financiamento específico, contando apenas com recursos próprios e materiais disponíveis institucionalmente.

Referências

ABOU SEEDA, M. A.; YASSEN, A. A.; ABOU EL-NOUR, E. A. A.; HAMMAD, S. A. Management of Furrow Irrigation Technology and Its Risk Assessments: A review. **Middle East Journal of Applied Sciences**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 590-616, Out. / Dez. 2020. DOI: doi.org. Disponível em: www.curresweb.com. Acesso em: 29 dez. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: 2ª ed. ANA, 2017. Disponível

em: Atlas Irrigação. Acesso em: 09 set. 2026.

AMER, KAMAL. H. Surface irrigation evaluation based on analytical interrelation among water infiltration, advance, and recession. **Proceedings of irrigation association**. San Diego, California. p.433 – 445. Dez. 2007. Disponível em: surface irrigation evaluation based on analytical interrelation among water infiltration, advance, and recession. Acesso em: 27 dez. 2025.

ARAUJO, D. F.; COSTA, R. N.; MATEOS, L. Pros and cons of furrow irrigation on smallholdings in northeast Brazil. **Agricultura water management.** Elsevier B.V. [s.l.]. V.22, p. 25-33. Jul. 2019.

ARAÚJO, D. F. **Medida da Erosão na Irrigação por Sulcos com Vistas à Conservação de Água e Solo.** 2014. 113f. Tese. (Doutorado em Engenharia Agricola – Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas do Semiárido). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2014.

AZEVEDO, C. A. V.; PORDEUS, R. V.; SILVEIRA, J. I.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D.; Influência da lâmina requerida no desempenho da irrigação por sulco. **Irriga.** Botucatu, SP, V.8, n.1, p.51-62, jan-abr, 2003.

BAPTISTA. N, Q. CAMPOS, C. H Convivência com o Semiárido Brasileiro e suas Potencialidades. *In*: CONTIN, I. L.; SCHROEDER, E. O. (org.). **Convivência com o semiárido brasileiro**: Autonomia e protagonismo social. Brasília, DF: Editora IABS, 2013. p. 41-53.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n° 503, de 14 de dezembro de 2021**. Define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. Brasília, DF: CONAMA, 2005.

BRASIL. **Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013**. Dispõe da Política Nacional de Irrigação. Diário Oficial da União: Brasília, DF. 11 jan. 2013.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010**. Estabelece diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, e dá outras providências. Brasília, DF: CNRH, 2010.

BRITO, R. A. L. Quimigação. *In*: **Agência de Informação Tecnológica:** Milho. Brasília, DF: Embrapa, [s.l.]. 2021. Disponível em: <Quimigação

- Portal Embrapa>. Acesso em: 28 dez.2025.

BISOGNIN, B. P.; BASTOS, L. R.; ALVES, L. M. Como planejar irrigação por sulco em declividade**. Revista Cultivar** [s.l.]. ed. 242. Jan. 2024.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; PARIZOTTO, I.; SILVA, T. S. M. **Sistemas e manejo deirrigação de baixo custo para agricultura familiar**. 2.ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2017. 45 p.

CÔRTES, N. A. M.; PESSOA, W. V.; SOUZA, C. C. V.; SANTOS, V. M. Aquaponia e Extensão: Uma Intervenção Tecnológica de Impacto Socioambiental. **Diversitas Journal** [s.l.]. v.10, n.1. Set/. Out. 2026. p. 01-19.

COSTA, L. Origem da irrigação. **Revista AuE Irrigação Digital.** [s.l.]. Ano.3, n.30. Jul. 2022.

FERREIRA, L. S. Panorama da agricultura irrigada no Brasil em 2025. **Agroadvance**: Escola de negócios agro. Piracicaba, SP.

FILHO, I. A. P. et al. **Milho verde.** AGEITEC: Embrapa. DF. Dez. 2021.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cruz das Almas - BA**: Mapa municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

INOUE, L. A. K. A.; SILVA, T. S. C.; RODRIGUES, L. A. **O papel da piscicultura na agricultura familiar**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. DF. Set. 2022.

KOPPEN BRASIL. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros**. [S.l.]: GitHub Pages, 2026.

KIRKHAM, MB. Water and Yield**.** *In*: **Principles of Soil and Plant Water Relations 27-**[s.l.]. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005. cap. 27, p. 469-484.

KUMWENDA *et al.* FIEA: An android tool for sustainable furrow irrigation. **Smart Agricultural Technology**, [s.l.], v.13, n.101704, mar. 2026.

MAZAREI, R.; MOHAMMADI, A. S.; EBRAHIMIAN, H.; NASERI, A. A. Temporal variability of infiltration and roughness coefficients and

furrow irrigation performance under different inflow rates. **Agricultural Water Management.** Elsevier B.V. [s.l.]. V.245, n.106465. Fev. 2021.

MOHAMMED.T.; IRMAK. S. Maize response to coupled irrigation and nitrogen fertilization under center pivot, subsurface drip and surface (furrow) irrigation: Soil-water dynamics and crop evapotranspiration. **Agricultural Water Management.** Elsevier B.V. [s.l.]. V.267, n.107634. Jun. 2022.

NIE, W.; MA, Y.; FENG, Z.; LI, G. Optimization of furrow irrigation programs of summer maize by using the AquaCrop model and WinSRFR software. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, v. 40, n. 18, p. 51-61, 2024.

OLIVEIRA, I. J.; DIOGENES, H. C.; PUPO, J. R.; FONTES, J. R. A. Comportamento de cultivares de milho verde em terra firme no Amazonas. **Circular técnico 49**. Embrapa. Manaus, AM. p.6. nov. 2015.

OLIVEIRA, D. B.; MELO, M. R. M.; CARDOSO.; J. A. E.; LAMBERT.; R. A. Avaliação fisiológica do milho (*zea mays)* sob diferentes lâminas de irrigação, no município de Itumbiara – GO. **Enciclopédia Biosfera,** Goiânia, v.10, n.18, p. 582-591, 2014.

OLIVEIRA, J. R. S.; KOETZ, M.; SILVA, E. M. B. S.; SILVA, T. J. A. Desempenho do minimilho submetido a lâminas de irrigação e densidades de plantio no cerrado Mato-Grossense. **Irriga.** Centro-Oeste. Botucatu, SP. v. 27, n. 2, p. 374-390, abril-junho, 2022

LAZAROVITCH *et al*. Chapter Two - Modeling of irrigation and related processes with HYDRUS. In: SPARKS, Donald L. (ed.). **Advances in Agronomy**. [S.I.]: Elsevier, 2023. V. 181, cap.2, p. 79-181.

PENNACCHI, J. P. **Irrigação por superfície: Como funciona, tipos e quando vale a pena**. Aegro. Porto Alegre, RS. Dez. 2022.

QUINTANILHA, R. R. **Estudo comparativo do manejo e sistema de irrigação entre sulcos revestidos e sulcos sem revestimentos, de baixo custo para agricultura familiar.** Goiânia, GO: Pontifícia Universidade Católica de Goiás 2022.

RIBEIRO, S. S. Cultura do milho no Brasil: Revisão bibliográfica. **semana acadêmica revista científica**. Fortaleza, CE, V.01, n.000049. Jan.

2014.

SCHISTEK, H. Semiárido Brasileiro: uma região mal compreendida. *In*: CONTIN, I. L.; SCHROEDER, E. O. (org.). **Convivência com o semiárido brasileiro**: Autonomia e protagonismo social. Brasília, DF: Editora IABS, 2013. p. 41-53.

SCALOPPI, E. J.; Irrigação de baixo custo por sulco. *In*: PAOLINELLI, A.; NETO, D. D.; MANTOVANI, E. C. (org.). **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil:** Técnica e Cultura. (org.). Piracicaba, SP: ESALQ-USP, 2021. p. 175-194.

SETU, T.; LEGESE, T.; TEKLIE, G.; GEBEYHU, B. Effect of furrow irrigation systems and irrigation levels on maize agronomy and water use efficiency in Arba Minch, Southern, Ethiopia. **Heliyon**. Cell Prees [s.l.]. v.9, n.7. Jul. 2023.

SHAW, S. K.; SHARMA, A.; KHATUA, K, K.; OLIVETO, G.; An Integrated Approach to Evaluating Crop Water Requirements and Irrigation Schedule for Optimizing Furrow Irrigation Design Parameters in Kurnool District, India. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).** Water, [s.l.]. v.15, n.10. maio. 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/15/10/1801. Acesso em: 28 dez. 2025.

SILVA, L. T. **Cultivo de milho irrigado com esgoto doméstico tratado: Alternativa técnica e econômica para o pequeno agricultor no semiárido baiano.** 2015. 77f. Dissertação. (Mestre em Engenharia Ambiental e Urbana). Universidade Federal da Bahia. Salvador, Ba, 2015..

SMORVILLE, C. **Produção de alimentos em aquaponia de pequena escala**: Cultivo integrado de peixe e plantas. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Porto Alegre, RS: SEAPI/DDPA, 2023. Disponível em: 11110536-livro-aquaponia-traduzido-fao-final.pdf. Acesso em: 27 dez. 2025.

TESTEZLAF, R. **Irrigação:** Métodos, sistemas e aplicações. Campinas, SP: faculdade de engenharia agrícola/ UNICAMP, 2017.

TOURASSE, N. Cálculo direto das alturas de água nos condutos livres. **Revista DAE.** São Paulo, SP. n.115, p. 60-73. Dez. 1978.

XU, Y.; LIUC, X.; LIU, Z.; PAN, T.; CHEN, F.; WANG, J.; HUANG, X. Effects of ridge- furrow mulching system and limited supplementary irrigation on soil microbial community structure, function and carbon emissions. **Agricultural Water Management.** Elsevier B.V. [s.l.]. V.318, n.109746. Set. 2026.

CAPÍTULO 10

Ocorrência de cianobactérias em sistemas de piscicultura: uma revisão

Pamela Silva Veiga[52]
Joanna Karine Gomes de Oliveira[53]
Carla Fernandes Macedo[54]

Resumo

A intensificação da piscicultura continental no Brasil tem contribuído para o aumento do aporte de nutrientes em reservatórios, favorecendo processos de eutrofização e a recorrente ocorrência de florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas. O presente trabalho foi realizado a partir de uma análise integrada de estudos brasileiros publicados a partir de 2010, com foco na composição taxonômica, nos fatores ambientais associados e nas implicações ecotoxicológicas das cianobactérias em sistemas de piscicultura. Os resultados indicam predominância de gêneros como *Microcystis* sp., *Raphidiopsis* sp., *Dolichospermum* sp. e *Planktothrix* sp., especialmente em

[52] Graduanda em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: pamelaveiga@aluno.ufrb.edu.br.

[53] Técnica em Agropecuária pelo Instituto Federal Baiano (IFBAIANO). Graduação em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestranda em Genética, Biodiversidade e Conservação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). E-mail: joannakgoliveira@gmail.com.

[54] Graduação em Biologia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutorado em Aquicultura de Águas Continentais pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: cfmacedo@ufrb.edu.br.

ambientes caracterizados por elevadas concentrações de fósforo, estabilidade térmica da coluna d'água e baixa renovação hídrica. A detecção de microcistinas em reservatórios utilizados para piscicultura evidencia risco ambiental e potencial impacto sanitário, reforçando a relevância do monitoramento limnológico e toxicológico. A sazonalidade, particularmente o período seco, atua como fator amplificador da intensidade das florações, consolidando a eutrofização como principal elemento estruturador da comunidade fitoplanctônica em ambientes produtivos tropicais. Conclui-se que a adoção de estratégias integradas de gestão, envolvendo controle da carga nutricional e monitoramento contínuo da qualidade da água, é fundamental para assegurar a sustentabilidade ambiental e produtiva da piscicultura brasileira.
Palavras-chave: Cianobactérias. Eutrofização. Manejo aquícola.

Introdução

A piscicultura intensiva consolidou-se nas últimas décadas como uma das principais estratégias para suprir a crescente demanda mundial por proteína de origem animal, destacando-se como um dos segmentos mais dinâmicos da aquicultura (Fao, 2024). O aumento da densidade de estocagem, a intensificação no fornecimento de ração e a limitação da renovação hídrica, características desse modelo produtivo, promovem modificações significativas na qualidade da água (Kubitza, 2017), especialmente no que se refere ao enriquecimento por nutrientes, como nitrogênio e fósforo (Boyd, 2019).

O enriquecimento nutricional favorece processos de eutrofização artificial nos sistemas de cultivo, criando condições propícias para o desenvolvimento de florações fitoplanctônicas (Tundisi e Tundisi, 2012). Nesse contexto, as cianobactérias assumem papel de destaque, uma vez que apresentam elevada plasticidade ecológica, rápida taxa de crescimento e capacidade competitiva em ambientes com alta disponibilidade de

nutrientes e temperaturas elevadas (Reynolds, 2006; Huisman, 2018), condições frequentemente observadas em pisciculturas intensivas. As cianobactérias são microrganismos procariontes fotossintetizantes que desempenham papel ecológico fundamental como produtores primários na base da cadeia trófica aquática, embora também possam estar associadas à produção de toxinas e a desequilíbrios em ambientes aquáticos (Madigan et al., 2018).

Do ponto de vista ecológico, a dominância de cianobactérias em pisciculturas está frequentemente associada ao processo de eutrofização cultural, caracterizado pelo enriquecimento artificial de nitrogênio e fósforo decorrente do aporte de ração e da excreção metabólica dos peixes cultivados (Beveridge, 2004; Esteves, 2011). A relação desbalanceada entre nutrientes, aliada à reduzida renovação hídrica, contribui para a seleção de espécies com maior eficiência na assimilação de nutrientes e tolerância a altas concentrações de matéria orgânica (Schindler, 2006; Smith, 2003).

A ocorrência de cianobactérias em viveiros escavados e sistemas de tanques-rede tem sido registrada em diferentes regiões do mundo, com predominância de gêneros potencialmente produtores de cianotoxinas, como *Microcystis* sp., *Dolichospermum* sp., *Planktothrix* sp. e *Raphidiopsis* sp. (Bittencourt-Oliveira et al., 2014). Além de alterarem a transparência e a dinâmica ecológica da água, essas florações podem comprometer o desempenho zootécnico dos peixes, afetar a qualidade do pescado e representar risco à saúde animal e humana quando associadas à produção de toxinas, como as microcistinas (Kubitza, 2017).

Do ponto de vista produtivo, a intensificação aquícola pode atuar como fator indutor da dominância de cianobactérias, especialmente em sistemas com elevada carga orgânica e manejo nutricional inadequado. A deposição de resíduos de ração e excretas eleva a concentração de nutrientes dissolvidos,

contribuindo para a instabilidade limnológica e para a substituição de comunidades fitoplanctônicas mais diversificadas por populações dominadas por cianobactérias (Costa et al., 2017).

Apesar do reconhecimento crescente desse problema, observa-se que os estudos voltados especificamente à ocorrência de cianobactérias em sistemas de piscicultura intensiva ainda se encontram dispersos na literatura, muitas vezes associados a investigações mais amplas sobre qualidade da água ou eutrofização. Tal cenário evidencia a necessidade de sistematização e análise integrada das informações disponíveis, de modo a compreender padrões de ocorrência, fatores determinantes e implicações para a sustentabilidade da produção aquícola.

Diante desse contexto, o presente capítulo teve como objetivo analisar a literatura científica acerca da ocorrência de cianobactérias, com ênfase nos principais gêneros identificados em sistemas de piscicultura intensiva de água doce, as condições ambientais associadas à proliferação e os potenciais impactos produtivos e sanitários relacionados à presença dessas cianobactérias.

Materiais e métodos

A elaboração deste capítulo fundamentou-se em revisão bibliográfica de caráter qualitativo, com foco na ocorrência de cianobactérias em sistemas de piscicultura intensiva de água doce. A proposta consistiu em reunir, organizar e analisar estudos científicos que abordassem a dinâmica desses microrganismos em ambientes aquícolas, considerando tanto sua frequência quanto os fatores ambientais associados.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Web of Science, Scopus, ScienceDirect, PubMed, SciELO e Google Scholar, selecionadas pela abrangência e relevância na

indexação de periódicos das áreas de aquicultura, limnologia e microbiologia ambiental. Foram utilizados descritores em inglês e português, combinados por meio de operadores booleanos (AND, OR), a fim de ampliar e refinar os resultados. Entre os principais termos empregados destacam-se: “cyanobacteria”, “cyanobacterial bloom”, “intensive aquaculture”, “fish farming”, “aquaculture ponds”, “cage culture”, “microcystin”, “cyanotoxin”, “cianobactérias”, “piscicultura intensiva” e “tanques-rede”.

No contexto desta revisão literária, foram considerados artigos publicados entre 2010 e 2026, priorizando estudos originais conduzidos em sistemas intensivos de produção aquícola. Como critérios de inclusão, foram selecionados trabalhos que apresentassem dados quantitativos de ocorrência ou densidade de cianobactérias, identificação de gêneros predominantes e/ou análise da relação entre variáveis limnológicas e florações em ambientes de cultivo. Estudos exclusivamente laboratoriais, revisões sem aplicação direta à piscicultura e pesquisas realizadas em ambientes marinhos foram excluídos da análise.

A seleção dos estudos ocorreu em três etapas: inicialmente, procedeu-se à identificação dos trabalhos nas bases de dados; em seguida, realizou-se a triagem por meio da leitura de títulos e resumos; por fim, os textos completos foram analisados quanto à aderência ao tema proposto. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, foram selecionados 17 estudos para compor a discussão apresentada neste capítulo.

Os artigos selecionados foram organizados de acordo com a região geográfica, principais gêneros de cianobactérias identificados, densidades celulares registradas e variáveis ambientais associadas. Essa sistematização possibilitou a construção de uma análise comparativa, destacando padrões recorrentes, divergências metodológicas e lacunas existentes na literatura sobre a ocorrência de cianobactérias em pisciculturas

intensivas.

Resultados e discussão

Da análise integrada dos estudos brasileiros publicados a partir de 2010 foi evidenciado um padrão consistente de dominância de cianobactérias potencialmente toxigênicas em reservatórios e sistemas aquícolas submetidos a diferentes graus de eutrofização. Entre os gêneros registrados, *Microcystis* sp. foi o mais recorrente, seguido por *Raphidiopsis* sp. (sinônimo taxonômico de *Cylindrospermopsis* sp.), *Dolichospermum* sp., *Planktothrix* sp., *Aphanizomenon* sp., *Synechococcus* sp. e *Limnothrix* sp. (Tabela 1). A elevada biomassa de gêneros potencialmente toxigênicos, como *Microcystis* sp., *Raphidiopsis* sp. e *Dolichospermum* sp., compromete a qualidade da água em virtude da redução da transparência, oscilações no oxigênio dissolvido e aumento da matéria orgânica, condições que favorecem o estresse fisiológico dos peixes e impactam negativamente no desempenho zootécnico (Moraes, 2020; Barçante, 2024).

Em sistemas de piscicultura em tanques-rede inseridos em reservatórios eutrofizados, a ocorrência recorrente de florações de cianobactérias representa um fator de risco produtivo e sanitário significativo. Silva et al. (2013) registraram a ocorrência frequente de *Microcystis aeruginosa*, *Planktothrix* sp. e *Dolichospermum* sp. em reservatórios do Nordeste brasileiro, associando as florações a elevadas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo, e à estabilidade da coluna d'água durante períodos de estiagem (Figura 1). De maneira complementar, Bittencourt-Oliveira, Santos e Moura (2010) confirmaram, por análises moleculares, a presença de genes responsáveis pela biossíntese de microcistinas, evidenciando o potencial toxigênico das linhagens encontradas em reservatórios nordestinos.

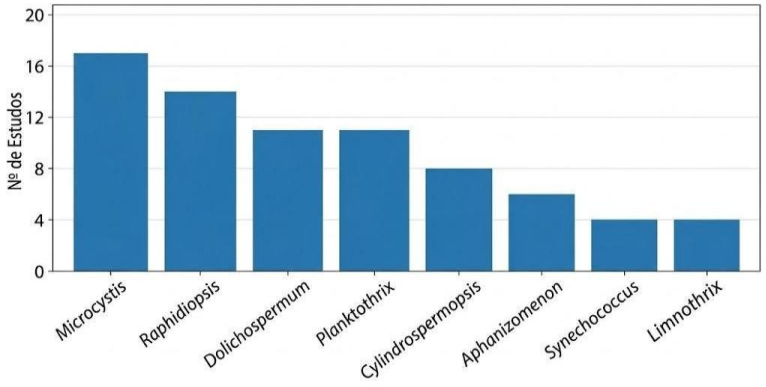
Já em sistemas de piscicultura em viveiros, Costa *et al.*

(2017) observaram florações de *Microcystis aeruginosa* e *Raphidiopsis raciborskii* em tanques de produção no estado do Mato Grosso, relacionando a predominância dessas espécies ao enriquecimento nutricional decorrente do manejo alimentar.

Tabela 1 – Síntese comparativa dos estudos brasileiros sobre ocorrência, florações e potencial toxigênico de cianobactérias em ambientes aquícolas e reservatórios (2010–2026) .

Autor (Ano)	Estado/Região	Tipo de Sistema	Principais Gêneros/Espécies Registradas	Principais Achados
Bittencourt-Oliveira; Santos; Moura (2010)	Nordeste	Reservatórios públicos	*Microcystis* sp.; *Raphidiopsis raciborskii*	Detecção de genes associados à produção de microcistinas
Silva *et al.* (2013)	Pernambuco	Reservatórios eutrofizados	*Microcystis aeruginosa*; *Planktothrix* sp.; *Dolichospermum sp.*	Florações relacionadas à eutrofização e fatores físico-químicos
Lopes *et al.* (2015)	Ceará (semiárido)	Reservatórios	*Cylindrospermopsis raciborskii*	Dominância associada à sazonalidade e eutrofização
Costa *et al.* (2017)	Mato Grosso	Tanques de piscicultura	*Microcystis aeruginosa*; *Raphidiopsis raciborskii*	Florações vinculadas ao manejo alimentar e qualidade da água
Barros *et al.* (2017)	Ceará	Reservatórios	*Cylindrospermopsis* sp.	Florações correlacionadas com variáveis climáticas e hidrológicas
Falcone-Dias *et al.* (2020)	São Paulo	Tanques-rede com peixes	*Microcystis* sp.; *Synechococcus* sp.; *Limnothrix* sp.	Microcistinas detectadas em sistema intensivo de piscicultura
Albuquerque *et al.* (2020)	Paraíba	Reservatórios eutrofizados	*Microcystis aeruginosa*	Alta biomassa fitoplanctônica e risco ecotoxicológico
Santos *et al.* (2019)	Nordeste	Tanques / viveiros	*Aphanizomenon* sp., *Microcystis* sp.	Florações associadas à estabilidade térmica e enriquecimento nutricional
Pinheiro-Menescal *et al.* (2023)	Bahia	Viveiros	29 espécies (ex.: *Microcystis aeruginosa*; *Planktolyngbya limnetica*; *Planktothrix*)	Densidade máxima 697 cél/mL; 20 eventos de florações
Moreira (2021)	Bahia	Reservatórios urbanos/rurais	*Microcystis* sp., *Dolichospermum* sp.	Associação entre eutrofização e dominância de cianobactérias
Almeida (2025)	SP – Sudeste	Reservatórios de abastecimento	*Microcystis* sp., *Dolichospermum* sp., *Cylindrospermopsis* sp.	Identificação de metabólitos bioativos e potencial ecotoxicológico
Moraes (2020)	SP – Sudeste	Reservatórios subtropicais	*Microcystis* sp., *Raphidiopsis* sp., *Dolichospermum* sp.	Variação sazonal e fatores hidrodinâmicos
Schaker (2013)	SP – Sudeste	Ambientes lênticos experimentais	*Cylindrospermopsis raciborskii*	Caracterização genômica e produção de cilindrospermopsina
Brito (2024)	DF – Centro-Oeste	Lagoas de estabilização (ETE)	*Microcystis* sp., *Planktothrix* sp.	Persistência em efluentes tratados
Barçante (2024)	MG – Sudeste	Reservatório urbano tropical	*Microcystis* sp., *Dolichospermum* sp., *Planktothrix* sp.	Avaliação de medidas de restauração
Dantas Filho *et al.* (2025)	Brasil (revisão)	Abastecimento e piscicultura	*Microcystis* sp., *Raphidiopsis* sp., *Dolichospermum* sp.	Síntese dos riscos sanitários e estratégias de controle
Aragão-Tavares *et al.* (2026)	Nordeste	Reservatórios públicos	*Microcystis* sp., *Aphanizomenon* sp., *Raphidiopsis* sp.	Frequência de gêneros potencialmente toxigênicos.

Figura 1 - Frequência de gêneros de cianobactérias em estudos brasileiros publicados a partir de 2010.



Fonte: Autoral (2026).

Esses resultados reforçam que o aporte contínuo de matéria orgânica e nutrientes dissolvidos favorece condições propícias à proliferação de cianobactérias oportunistas.

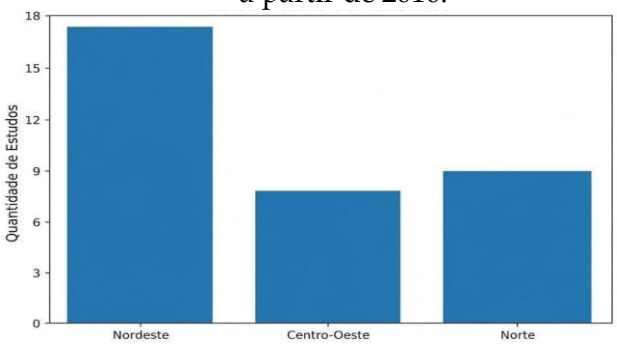
Estudos conduzidos em reservatórios hidrelétricos com piscicultura em tanques-rede indicaram a presença simultânea de *Microcystis* sp., *Synechococcus* sp. e *Limnothrix* sp., com detecção de microcistinas em concentrações de até 1,59 $\mu g \cdot L^{-1}$ (Falcone-Dias et al., 2020). Esse achado é particularmente relevante, pois evidencia não apenas a ocorrência estrutural das cianobactérias, mas também a efetiva produção de toxinas em ambientes produtivos, reforçando o risco potencial à qualidade da água e à sanidade aquícola.

Observa-se que o número de estudos que reportam a ocorrência de cianobactérias é mais elevado na região Nordeste em comparação às demais regiões do país (Figura 2). Esse padrão pode estar relacionado tanto à maior concentração de investigações científicas nessa região quanto a características ambientais mais específicas, como a irregularidade no regime de chuvas, os períodos prolongados de estiagem e as elevadas taxas de evaporação, típicas de áreas semiáridas, condições essas que favorecem a redução do volume hídrico, o aumento da

concentração de nutrientes e a maior estabilidade da coluna d'água, criando um ambiente propício à ocorrência recorrente de florações de cianobactérias (Dantas et al., 2012; Brasil et al., 2016).

Na região Nordeste, especificamente na Bahia, no monitoramento realizado por Pinheiro-Menescal et al. (2023) no reservatório Joanes I, foram identificadas 29 espécies distribuídas em 15 famílias, com destaque para *Microcystis* sp., *Dolichospermum* sp. e *Planktothrix* sp., associadas a condições de eutrofização. Os autores observaram elevada biomassa fitoplanctônica, recorrência de florações ao longo do período amostral e a presença de genes relacionados à produção de cianotoxinas, indicando potencial risco à qualidade da água. Esses resultados evidenciam a dominância de grupos funcionalmente adaptados a ambientes enriquecidos por nutrientes, padrão recorrente em ecossistemas aquáticos tropicais (Pinheiro-Menescal et al., 2023).

Figura 2 – Distribuição regional dos estudos brasileiros sobre ocorrência de cianobactérias em sistemas aquícolas publicados a partir de 2010.



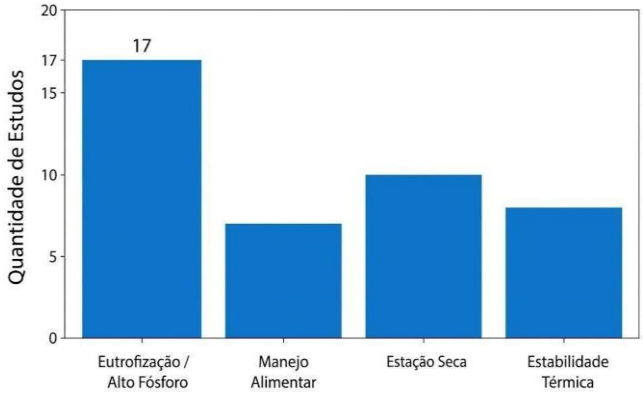
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Outros estudos regionais corroboram esse padrão. Barros *et al*. (2017) registraram a dominância de *Raphidiopsis raciborskii* (*C. raciborskii*) em reservatórios do semiárido, associando sua ocorrência às altas temperaturas e à estabilidade hídrica. Estudos

adicionais evidenciam que o aumento da biomassa fitoplanctônica está diretamente relacionado ao estado com maior trofia dos reservatórios, reforçando a importância de variáveis limnológicas, como fósforo total, nitrogênio dissolvido e transparência da água na estruturação da comunidade cianobacteriana (Bittencourt-Oliveira et al., 2014; Vasconcellos et al., 2022).

Vasconcellos et al. (2022) demonstraram que os padrões de floração em reservatórios localizados em regiões próximas ao litoral e sob maior influência de condições climáticas marítimas ou, ainda, dos situados em áreas continentais com maior influência oceânica e maior amplitude térmica na região Nordeste apresentam forte dependência sazonal, com maior intensidade durante períodos de menor precipitação (Figura 3). Esse comportamento também foi evidenciado por Huisman et al. (2018), que associaram a estabilidade térmica da coluna d'água ao aumento da densidade de *Microcystis* sp. e *Aphanizomenon* sp. em sistemas aquícolas.

Figura 3 – Principais fatores associados às florações de cianobactérias em sistemas aquícolas brasileiros publicados a partir de 2010.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Por outro lado, em reservatórios da região Sudeste foi observado que a variabilidade espaço-temporal das comunidades está diretamente associada à disponibilidade de nutrientes e à estratificação térmica da coluna d'água, condição que promove maior estabilidade do sistema, favorecendo eventos de dominância fitoplanctônica (moraes, 2020; Almeida, 2025).

Na abordagem genômica aplicada por Schaker (2013,) foi confirmada a presença de genes relacionados à biossíntese de cilindrospermopsina em isolados brasileiros de *Raphidiopsis raciborskii* (*C. raciborskii*), evidenciando o risco toxicológico potencial dessas populações. Em sistemas sujeitos à influência antrópica direta, como lagoas de estabilização e reservatórios urbanos, foi observada a persistência de florações, mesmo após intervenções de manejo, indicando que estratégias pontuais de mitigação apresentam eficácia limitada quando não acompanhadas de controle da carga nutricional (Brito, 2024; Barçante, 2024).

De maneira geral, os resultados analisados convergem para três aspectos centrais:

1. **Predominância de gêneros toxigênicos**, especialmente *Microcystis* sp. e *Raphidiopsis* sp., em diferentes regiões brasileiras;
2. **Influência direta da eutrofização**, frequentemente relacionada ao aporte de nutrientes oriundos de atividades aquícolas e usos múltiplos dos reservatórios;
3. **Forte componente sazonal**, com intensificação das florações durante a estação seca.

Do ponto de vista ecotoxicológico, a detecção de microcistinas em ambientes destinados à produção aquícola reforça a necessidade de monitoramento sistemático, não apenas para a manutenção da qualidade da água, mas também para a proteção da saúde animal e humana. A convergência de estudos nacionais e internacionais sugere que sistemas produtivos

inseridos em ambientes tropicais tendem a apresentar maior vulnerabilidade à eutrofização induzida, em função de condições climáticas favoráveis ao crescimento fitoplanctônico, como elevadas temperaturas, alta incidência de radiação solar e intensificação da ciclagem de nutrientes (Huisman et al., 2018; Paerl et al., 2018).

Além disso, em sistemas aquícolas, o aporte contínuo de nutrientes oriundos da alimentação e excreção dos peixes cultivados pode intensificar esse processo, especialmente quando associado a práticas de manejo inadequadas (Fao 2024). Nesse contexto, a recorrência de florações de cianobactérias potencialmente tóxicas representa um fator de risco que pode comprometer a sustentabilidade da piscicultura a médio e longo prazo.

Além disso, estudos demonstram que cepas brasileiras apresentam genes associados à biossíntese de cianotoxinas, como a cilindrospermopsina, indicando potencial toxicológico relevante em ambientes aquícolas (Schaker, 2013; Almeida, 2025). A exposição crônica a microcistinas pode ocasionar alterações hepáticas, comprometimento imunológico e redução no crescimento dos organismos cultivados, refletindo diretamente na produtividade e na qualidade do pescado. Sob a perspectiva sanitária, a possibilidade de bioacumulação dessas toxinas em tecidos comestíveis impõe riscos à saúde humana e exige monitoramento sistemático, especialmente em sistemas utilizados simultaneamente para aquicultura e abastecimento público (Dantas Filho et al., 2025).

Em âmbito nacional, uma revisão sistemática recente destaca que sistemas de abastecimento público e piscicultura apresentam vulnerabilidade crescente frente ao processo de eutrofização, reforçando a necessidade de monitoramento integrado com análises químicas e moleculares para detecção precoce de cianotoxinas (Dantas Filho et al., 2025). De forma convergente, os resultados dos estudos analisados nesta revisão

indicam que a intensificação das atividades antrópicas e as alterações climáticas constituem fatores determinantes para a expansão e recorrência de florações de cianobactérias no Brasil.

Diante desse cenário, torna-se indispensável a adoção de estratégias de gestão voltadas ao controle da carga nutricional, associadas ao monitoramento contínuo da comunidade fitoplanctônica e de cianotoxinas, como medidas essenciais para mitigar riscos ambientais e produtivos. Assim, os impactos das florações não se restringem à dimensão ecológica, mas configuram um problema econômico e de saúde pública, reforçando a necessidade de aplicação de métodos analíticos sensíveis para detecção precoce de cianotoxinas.

Conclusão

A sustentabilidade da piscicultura em ambientes tropicais depende da adoção de práticas de manejo que controlem o aporte de nutrientes, promovam condições adequadas de circulação e reduzam o tempo de residência da água, quando possível. A gestão integrada dos sistemas aquícolas deve considerar a dinâmica das cianobactérias como componente central do planejamento produtivo.

Existe a necessidade de ampliação das pesquisas em diferentes regiões hidroclimáticas do Brasil, considerando as particularidades ambientais e produtivas de cada contexto, especialmente por meio de abordagens integradas que combinem dados limnológicos, moleculares e ecotoxicológicos, a fim de fortalecer as bases científicas para o manejo sustentável da piscicultura brasileira. Dessa forma, o monitoramento contínuo e o manejo preventivo configuram-se como ferramentas indispensáveis para a sustentabilidade ambiental, produtiva e sanitária da piscicultura brasileira.

Referências

ALMEIDA, É. C. de. **Chemical and ecotoxicological characterization of cyanobacteria: from understudied metabolites to biotechnological potential.** 2025. Tese (Doutorado em Toxicologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025. DOI: 10.11606/T.9.2025.tde-22052025-103638.

ARAGÃO-TAVARES, N. K.; MOURA, A. do N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. do C. Cyanobacterial community in reservoirs of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 17, n. 1, p. 127-140, 2026. DOI: 10.18817/repesca.v17i1.460.

BARÇANTE, B. **Florações de cianobactérias em um reservatório urbano tropical submetido a medidas de restauração: dinâmica da comunidade e cianotoxinas.** 2024. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

BEVERIDGE, M. C. M. **Cage aquaculture.** 3. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. et al. Cyanobacteria, microcystins and cylindrospermopsin in public drinking supply reservoirs of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências,** Rio de Janeiro, v. 86, n. 1, p. 297-309, 2014. DOI: 10.1590/0001-3765201302512.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; SANTOS, D. M. S.; MOURA, A. N. C. Toxic cyanobacteria in reservoirs in northeastern Brazil: detection using molecular methods. **Brazilian Journal of Biology,** São Carlos, v. 70, n. 3, p. 747-755, 2010.

BOYD, C. E. **Water quality: an introduction**. 3. ed. Cham: Springer Nature, 2019.

BRASIL, J. et al. Effects of environmental conditions on phytoplankton in a tropical semi-arid reservoir. **Hydrobiologia,** v. 778, p. 163–177, 2016.

BRITO, S. da S. **Cianobactérias em efluente de lagoas de estabilização de alta taxa e a problemática associada ao corpo receptor: estudo de caso da ETE Paranoá – Distrito Federal**. 2024. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de

Brasília, Brasília, 2024.

COSTA, R. L. et al. Florações de cianobactérias potencialmente tóxicas em tanques de piscicultura da região Centro-Sul do estado de Mato Grosso. **Biodiversidade,** Cuiabá, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2017.

DANTAS FILHO, J. V. et al. Cyanotoxins in water supply and fish farming: a systematic review of occurrence, risks and control strategies. *RNACTI* – **Revista de Ciências, Tecnologia & Inovação**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2025.

DANTAS, E. W. et al. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia,** v. 24, n. 4, p. 367–376, 2012.

ESTEVES, F. A. (ed.). **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FALCONE-DIAS, M. F. et al. Occurrence of cyanobacteria and microcystins in hydroelectric reservoirs used for fish farming in Brazil. **Journal of Water and Health,** v. 18, n. 6, p. 983-994, 2020. DOI: 10.2166/wh.2020.089.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The state of world fisheries and aquaculture** *2024*. Rome: FAO, 2024.

HUISMAN, J. et al. Cyanobacterial blooms. **Nature Reviews Microbiology**, v. 16, n. 8, p. 471-483, 2018. DOI: 10.1038/s41579-018-0040-1.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3. ed. Jundiaí: F. Kubitza, 2017.

MADIGAN, M. T. et al. **Brock: biologia dos microrganismos**. 15. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

MORAES, M. de A. B. **Spatial and temporal variability of cyanobacteria in two subtropical reservoirs: community composition, molecular and cyanotoxin analyses.** 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020. DOI: 10.11606/T.18.2020.tde-09062021-103549.

PAERL, H. W.; HUISMAN, J. Blooms like it hot. **Science,** v. 320, n. 5872, p. 57-58, 2008.

PAERL, H. W. et al. Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. **Harmful Algae**, v. 54, p. 213–222, 2018.

PINHEIRO MENESCAL, M. T. A. et al. Identification of cyanobacteria and its potential toxins in the Joanes I Reservoir, Bahia, Brazil. **Toxins, Basel,** v. 15, n. 1, p. 51, 2023. DOI: 10.3390/toxins15010051.

REYNOLDS, C. S. **The ecology of phytoplankton.** Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

SCHAKER, P. D. C. **Análise genômica de isolados brasileiros de Cylindrospermopsis raciborskii com enfoque em cilindrospermopsina e fixação biológica de N_2.** 2013. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. DOI: 10.11606/D.11.2013.tde-26032013-164819.

SCHINDLER, D. W. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. **Limnology and Oceanography**, v. 51, n. 1, p. 356-363, 2006.

SILVA, E. M. et al. Ocorrência de cianobactérias no reservatório de Mundaú, Pernambuco, no período de janeiro de 2010 a novembro de 2011. **Vigilância Sanitária em Debate**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 65-72, 2013.

SMITH, V. H. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems is a global problem. **Environmental Science and Pollution Research,** v. 10, n. 2, p. 126-139, 2003.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. **Recirculating aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

VASCONCELLOS, C. et al. Patterns of cyanobacterial blooms and toxin production in coastal and inland reservoirs of northeastern Brazil.

Brazilian Journal of Limnology, v. 42, n. 2, p. 185-198, 2022.

CAPÍTULO 11

Qualidade da água em reservatórios com piscicultura intensiva

Karine Rocha dos Anjos[55]
Caroline Santos de Sousa[56]
Gilvanda Lima dos Santos da Silva[57]
Carla Fernandes Macedo[58]

Resumo

A aquicultura é uma atividade em expansão, impulsionada pelo desenvolvimento de tecnologias de cultivo, como os sistemas em tanques-rede, que contribuem para o aumento da produção e fortalecimento da cadeia produtiva. No Brasil, a piscicultura apresenta grande relevância, com destaque para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus)*, espécie amplamente produzida devido à sua adaptação às condições ambientais e ao bom desempenho produtivo. A qualidade da água é um dos principais fatores que influenciam no sucesso da produção, uma vez que parâmetros como oxigênio dissolvido,

[55] Graduanda em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: karineanjos@aluno.ufrb.edu.br.

[56] Técnica em Aquicultura pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA). Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestranda em Engenharia Agrícola pela UFRB. E-mail: carolines@aluno.ufrb.edu.br.

[57] Graduanda em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: gilvannda@aluno.ufrb.edu.br.

[58] Graduação em Biologia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutorado em Aquicultura de Águas Continentais pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: cfmacedo@ufrb.edu.br.

temperatura, pH e compostos nitrogenados interferem diretamente no bem-estar, crescimento e produtividade dos peixes. Alterações podem provocar estresse fisiológico, redução do desempenho produtivo e impactos ambientais, como a eutrofização e a ocorrência de florações de cianobactérias potencialmente tóxicas. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo reunir informações sobre a produção de tilápias em tanques-rede, com ênfase na influência da qualidade da água sobre o ambiente aquático e o desempenho dos peixes. Para isso, foi realizada uma revisão narrativa da literatura, considerando publicações relacionadas à qualidade da água em reservatórios com pisciculturas em tanques-rede entre 2000-2025. Os resultados indicam que, embora muitos sistemas apresentem condições adequadas para o cultivo, ainda são observadas variações nos parâmetros de qualidade da água, que podem comprometer o equilíbrio do ambiente aquático e a eficiência produtiva. Dessa forma, o monitoramento contínuo da qualidade da água e a adoção de práticas adequadas de manejo são fundamentais para garantir a sustentabilidade ambiental e a viabilidade da piscicultura em tanques-rede.
Palavras-chave: Produção aquícola. Manejo. Monitoramento.

Introdução

A aquicultura tem se consolidado nas últimas décadas como um dos setores agropecuários de maior crescimento em escala global, impulsionada pela ampliação da demanda por proteína de alto valor biológico e pela limitação dos estoques pesqueiros naturais. De acordo com o relatório "The State of World Fisheries and Aquaculture" (Sofia, 2024), a produção aquícola mundial alcançou 130,9 milhões de toneladas em 2022, sendo que, desse montante, 94,4 milhões de toneladas referem-se à produção de animais aquáticos, representando 51% do total de pescado destinado ao consumo humano.

Esses números evidenciam o papel central da aquicultura no abastecimento nutricional e sua relevância estratégica para a segurança alimentar e sustentabilidade global. O aprimoramento

tecnológico, incluindo a intensificação de sistemas de cultivo em tanque-rede, tem contribuído significativamente para esse crescimento, fortalecendo a cadeia produtiva e ampliando a oferta de pescado (Degefu, 2011).

O Brasil consolidou-se como o quarto maior produtor mundial de tilápia (*Oreochromis niloticus*), espécie que constitui a principal base da piscicultura nacional. Segundo o Anuário da piscicultura (Peixe BR, 2025), a produção corresponde a aproximadamente 65% dos peixes cultivados. Dados do IBGE (2024) reforçam essa predominância, indicando que a espécie representa 68,9% do volume produzido, resultado de sua rusticidade, elevada tolerância a variações ambientais e expressivo e favorável desempenho zootécnico.

O sistema de cultivo em tanque-rede tem apresentado expansão significativa, especialmente na região Nordeste, favorecido pela ampla disponibilidade de reservatórios artificiais (Sussel, 2011; Melo Junior, 2023). Essa modalidade produtiva configura-se como alternativa estratégica para o desenvolvimento regional, por possibilitar o aproveitamento de corpos hídricos já existentes e reduzir custos estruturais (Brandão et al., 2021). Contudo, a intensificação do sistema exige maior rigor no monitoramento ambiental e na gestão de recursos hídricos, a fim de assegurar a sustentabilidade da atividade e prever impactos sobre os ecossistemas aquáticos.

No estado da Bahia, aproximadamente 500 barragens encontram-se cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), sob fiscalização do INEMA, sendo provavelmente 7,5% da disponibilidade hídrica destinada à produção aquícola (Ana, 2025). De acordo com a Peixe Br (2025), o estado está entre os dez maiores produtores de pescado cultivado, com uma produção de 36.450 toneladas, das quais a tilápia corresponde cerca de 32.000 toneladas, gerando uma receita de exportação estimada de US$ 296.200.

Entre os principais polos produtivos destaca-se o

reservatório de Sobradinho, cuja capacidade instalada para cultivo em tanques-rede alcança aproximadamente 10.000 m³ de volume produtivo, com processamento em torno de 1.220.000 kg de tilápia em 2016 (Embrapa, 2017). Na região do submédio São Francisco (SBSF) foram registradas 165 unidades de piscicultura, concentradas principalmente no reservatório de Moxotó, com produção anual estimada em 50 mil toneladas (Tenório et al., 2017). De acordo com o mapa da piscicultura da Associação Brasileira da Piscicultura (2025), o estado da Bahia apresenta predominância do cultivo em tanques-rede, com cerca de 5.408 estruturas, número superior ao de viveiros (3.072) destinados à piscicultura.

A atividade aquícola distribui-se em diferentes municípios produtores, incluindo Glória, Barreiras, Casa Nova, Cabaceiras do Paraguaçu, Correntina, Paulo Afonso, Canudos e Valença, com destaque para o cultivo de tilápia e, em menor escala, peixes nativos e outros (Carpa, Truta e Panga) (Peixe BR, 2025). Esses dados evidenciam a importância socioeconômica da atividade para o estado, entretanto, também indicam necessidade de planejamento ambiental criterioso, especialmente em sistemas intensivos que operam em corpos d'água de usos múltiplos.

A qualidade da água constitui fator determinante para o desempenho produtivo nos sistemas aquícolas, uma vez que influencia diretamente no bem-estar, crescimento e produtividade dos peixes (Fao, 2018; Leira, 2017). Parâmetros como oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez e concentração de nutrientes devem ser mantidos dentro de faixas adequadas, conforme as normativas vigentes, a exemplo da Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece padrões de qualidade da água para diferentes classes de corpos hídricos, e da Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes.

Alterações nessas variáveis podem desencadear estresse

fisiológico, comprometimento no desempenho zootécnico e, em situações críticas, mortalidade (Abdel-Tawwab, 2019). Dessa maneira, estudos conduzidos em reservatórios brasileiros demonstram que o manejo adequado e o respeito à capacidade de suporte ambiental são essenciais para prevenir processos de eutrofização e assegurar a sustentabilidade da atividade (Feiden et al, 2015). Assim, o monitoramento contínuo das variáveis físico-químicas, biológicas e nutrientes configura-se como prática indispensável para a manutenção do equilíbrio ambiental e o sucesso da piscicultura em tanques-rede (Winter, 2021).

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender de que maneira a qualidade da água influencia na produção de peixes, considerando reflexos sobre o ambiente aquático e no desempenho dos organismos cultivados. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a influência da qualidade de água no desempenho produtivo da tilápia cultivada em sistemas de tanques-rede no Brasil, considerando a conversão alimentar.

A partir da identificação e síntese de informações da literatura, em relação às concentrações dos parâmetros da água e nutrientes obtidos nos sistemas de cultivo, os valores foram comparados aos limites estabelecidos pela legislação ambiental brasileira (CONAMA 357/2005). Além disso, foi investigado o manejo mais favorável para o cultivo em tanques-rede e tecnologias modernas empregadas na área.

Materiais e métodos

Foi utilizada revisão narrativa através de uma análise extensa da literatura, visando à atualização do conhecimento sobre tanques-rede em reservatórios. A seleção dos artigos para a presente revisão ocorreu a partir de busca nas seguintes bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SciELO), ScienceDirect e Google Acadêmico. Utilizou-se o Portal de

Periódicos Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) como fonte de referências.

Os descritores selecionados foram: "qualidade da água", "reservatórios", "nordeste" e "tanques-rede", bem como, em inglês, "water quality", "reservoir", "northeast" e "net-cage". Foram incluídas as publicações que apresentavam essas expressões no título, nas palavras-chave ou informaram explicitamente no resumo a relação com produção de peixes em tanques-rede em reservatórios. Além disso, foram considerados descritores complementares diretamente relacionados ao objetivo do estudo, como "monitoramento", "manejo" e "conversão alimentar", a fim de ampliar a abrangência e a especificidade dos resultados obtidos.

Como período de busca, foram utilizados os últimos vinte e cinco anos de produção, de 2000 a 2025, sendo consultados artigos em português e em inglês. Os dados foram analisados e plotados para elaboração de uma listagem dos reservatórios com tanques-rede, assim como os peixes produzidos nos trabalhos consultados. A partir desses estudos, foram verificados os efeitos de alterações da qualidade da água no ambiente aquático e na produção de peixes.

Resultados e discussão

No total, foram obtidos 73 artigos, a partir dos descritores nas bases de dados utilizadas nos anos pré-definidos, sendo excluídos os artigos que não atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos. Após esse procedimento, 46 artigos foram separados para leitura dos resumos e, destes, 15 foram selecionados por se enquadrarem ao objetivo da pesquisa. Dentre os trabalhos adicionados nas tabelas, foram citados somente os autores que obtiveram valores de variáveis que não se enquadram no limite recomendado pela legislação vigente.

A partir dos resultados obtidos foi observada variação

nos valores das variáveis físico-químicas e de nutrientes nos cultivos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede no Brasil (Tabela 1). De modo geral, a maioria dos estudos (54%) analisados apresentou pelo menos um parâmetro em desacordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água de classe II, evidenciando inconsistências recorrentes na qualidade da água e possíveis limitações ao enquadramento desses sistemas nos padrões estabelecidos pela legislação ambiental.

A temperatura da água, por exemplo, variou de 24 a 30º C, de acordo com o recomendado pela resolução, indicando que, na maioria dos estudos (60 %), os cultivos permaneceram próximos da faixa ideal (27 à 32º C) para o cultivo da tilápia (Mengistu et al. 2020). Já em relação ao oxigênio dissolvido, os valores variaram de 3,1 a 12,7 mg/L, evidenciando em 50% dos trabalhos valores abaixo do recomendado (>5 mg/L). E, em relação ao pH, os valores variaram entre 5,1 a 7,7, abrangendo concentrações abaixo do recomendado (6,5 a 8,5).

Entre os nutrientes nitrogenados, as concentrações de amônia variaram de 0,01 a 0,403 mg/L, com valores acima do limite recomendado (<0,05 mg/L), com o nitrito variando de 0,01 a 0,89 mg/L, e alguns valores ultrapassando o limite recomendado (abaixo de 0,3 mg/L). Já o nitrogênio total variou de 0 a 3,6 mg/L, sendo que em um dos trabalhos o valor estava acima do recomendado (2,18 mg/L). Quanto ao fósforo, houve variação de 0,007 a 2,35 mg/L, com algumas concentrações (28 %) superiores à recomendada (<0,05 mg/L).

Tabela 1: Valores de variáveis físico-químicas e nutrientes em cultivos intensivos de tilápia (*O. niloticus)* em tanques-rede no Brasil comparados aos limites recomendados pela legislação brasileira.

Locais/autores	**Variáveis**	**Dados registrados**	**CONAMA-357/05**
Ceará - (Moura et al, 2019); Palmas - Silva (2022); Minas Gerais - Teixeira (2015); São Paulo - (Leonardo et al., 2011)	Temperatura e Oxigênio dissolvido	24 a 30 ºC e 3,1 a 12,7 mg/L	25 a 30º C e acima de 5 mg/L
Pará - (Correia et al., 2020); São Paulo - Cigliano (2009); Pará - (Tatagiba et al., 2022); Espírito Santo - Miranda (2014).	pH	5,1 a 7,77	6,5 a 8,5
Pará - (Correia et al., 2020); Mato Grosso -	Amônia	0,01 a 0,403 mg/L	< 0,05 mg/L

(Costa et al., 2017); Lagoa Baixa Verde (MG) - Teixeira (2015).			
Pará - (Tatagiba et al., 2022); São Paulo - (Sipaúba-Tavares et al., 2016)	Alcalinidade	0,66 a 55,5 mg/L	> 30 mg/L
São Paulo - (David et al., 2015).	Dureza total	17 a 40 mg/L	55 a 200 mg/L
São Paulo - (David et al., 2015); Pará - (Correia et al., 2020); Pará - (Tatagiba et al., 2022); Linhares (ES) - Miranda (2014).	Nitrito	0,01 a 0,89 mg/L	< 0,3 mg/L
Pará - (Correia et al., 2020); Mato Grosso - (Costa et al.,	Fósforo total	0,007 a 2,35 mg/L	< 0,050 mg/L

2017); Tocantins - (Rosanova et al 2019); Pará - (Tatagiba et al., 2022). .			
São Paulo - Cigliano (2009); Pará - (Tatagiba et al., 2022).	Nitrogênio total	0,21 a 3,16 mg/L	< 2,18 mg/L

Fonte: Elaborado pelos autores.

A qualidade da água constitui elemento central na eficiência produtiva da piscicultura, influenciando diretamente nos processos fisiológicos, bem-estar e desempenho zootécnico dos peixes. Como o ambiente aquático é o local onde os animais realizam as atividades vitais, como respiração, excreção, alimentação e reprodução, desvios nos valores aceitáveis dos parâmetros físico-químicos pode provocar efeitos metabólicos adversos (Schutter & Vieira Filho, 2018; Castor, 2023).

Concentrações de oxigênio dissolvido e variações no pH diferentes do recomendado na legislação vigente (Tabela 1), assim como ocorrência de hipóxia e mortalidade de animais, especialmente em sistemas com elevada densidade de estocagem e maior demanda metabólica, podem causar stress e menor desempenho zootécnico (Senar, 2019; Leal et al., 2023). Alterações em outras variáveis, como turbidez e compostos nitrogenados, como a amônia não ionizada (NH_3) e o nitrito (NO_2^-), também comprometem o bem estar dos peixes, podendo causar distúrbios respiratórios, danos branquiais e imunossupressão (Cavali & Lopes, 2017; Araújo et al., 2021).

Em alguns estudos, a ocorrência de cianobactérias foi associada a condições de baixo oxigênio nos ambientes de cultivo (Tabela 2). O mesmo fato foi observado por Melo (2015), no reservatório de Furnas, onde cianobactérias (*Cylindrospermopsis raciborskii*) foram encontradas em concentrações de oxigênio de 4,5 mg/L. Altas concentrações de cianobactérias foram relatadas por Krüger (2014) no reservatório de Nova Avanhandava, localizado no estado de São Paulo, onde foram registradas *Microcystis e Cylindrospermopsis* de forma qualitativa, sem contagem direta de células, mas com valores de fósforo total entre 40 e 120 µg/L (acima do limite estabelecido pela legislação), o que provavelmente pode justificar a ocorrência dessas espécies.

Tabela 2 - Ocorrência de cianobactérias em relação aos limites recomendados na legislação brasileira.

Local/autores	**Condição do local**	**Espécies/Gêneros mencionados**
Reservatório de Furnas (MG) - Melo (2015)	Baixo oxigênio dissolvido (4,5 mg/L)	*Cylindrospermopsis raciborskii*
Lago Palminhas (ES) - Miranda Lopes (2018)	Altas concentrações de nutrientes.	*Cylindrospermopsis raciborskii*
Reservatório de Nova Avanhandava (SP) - Krüger (2019)	Nitrogênio amoniacal (0,354 mg/L); Baixo teor de oxigênio (4,4 mg/L).	*Microcystis e Cylindrospermopsis*

Pantanal de Miranda (MS) – (Vieira et al., 2009)	Fósforo total elevado (até 754 µg/L).	*Microcystis, Oscillatoria, Planktothrix, Cylindrospermopsis*

Fonte: Elaborado pelos autores.

De uma maneira geral, tanto condições ambientais, quanto a qualidade da água dos ambientes de cultivo irão influenciar no desempenho produtivo da tilápia em sistemas aquícolas. Foi observado que nos sistemas com boas condições de qualidade da água, foi obtida uma melhor conversão alimentar (Tabela 3). No Reservatório de Chavantes, por exemplo, o peso médio inicial dos peixes foi de 35 g alcançando no final do ciclo produtivo 789 g, com uma conversão alimentar que variou de 1,4 a 1,9.

Nesse sistema, a qualidade da água foi considerada adequada para o cultivo em virtude dos parâmetros estarem de acordo com a legislação. O mesmo padrão foi observado no sistema aquícola em Pariquera-Açu, onde a conversão alimentar foi de 1,40. Já no reservatório do Rosário, no Ceará, foi registrada uma conversão alimentar de 1,7, sendo as condições ambientais consideradas desfavoráveis, decorrente de uma seca severa associada a baixos níveis de oxigênio dissolvido.

Em Botucatu (São Paulo), os valores de conversão alimentar e ganho de peso médio diário variaram de 1,04 e 1,65 a 1,14 e 2,33, respectivamente, com uma taxa de sobrevivência de 100%, porém, apresentando valores de oxigênio um pouco abaixo do recomendado. A redução do oxigênio está relacionada à decomposição da matéria orgânica e ao enriquecimento de nutrientes, intensificando o estresse fisiológico dos peixes (Siedt et al., 2023) e consequentemente influenciando na conversão alimentar (Tabela 3).

Tabela 3 - Desempenho produtivo de tilápias em relação às condições ambientais em sistemas aquícolas brasileiros.

Local/ Autor	Peso inicial (g)	Peso final (g)	GPMD (g/dia)	CA/FCR	Sobrevivência (%)	Qualidade da água
Reservatório de Chavantes (SP) - (Bueno et al., 2023)	35	789	3,59	1,40 - 1,90	N/A	Adequada: Condições consideradas ideais para o cultivo de peixes neotropicais.
Parnaíba (PI) - (Costa et al., 2025)	5,0	20,3	0,49 - 0,51	0,86 - 0,94	96,6 - 100%	Ruim: pH abaixo do recomendado na legislação e temperatura elevada.
Pariquera-Açú (SP) - (Leonardo et al., 2018)	5	N/A	N/A	1,40	N/A	Boa: Valores médios atenderam aos requisitos recomendados para a espécie.
Reservatório do Rosário (CE) - (Melo Júnior et al., 2023)	N/A	N/A	N/A	1,70	N/A	Ruim: Depreciação das condições devido a seca severa.
Jaboticabal (SP) - (Sipaúba-Tavares et al., 2016).	20	230	0,80	N/A	85	Ruim: Sistema eutrofizado com baixo oxigênio.
Botucatu (SP) - Sousa (2007)	16	250	1,14 - 2,33	1,04 - 1,65	100	Regular: Baixo nível de oxigênio.
Monte Alegre do Sul (SP) - (Frascá-Scorvo et al., 2019)	N/A	500	N/A	N/A	N/A	Boa: Somente a turbidez estava elevada no inverno.

Legenda: GPMD (ganho de peso médio diário); CA/FCR (Conversão alimentar aparente). Fonte: Elaborado pelos autores.

O desempenho zootécnico dos peixes está diretamente condicionado às características do ambiente aquático, uma vez que alterações nos parâmetros físico-químicos podem impor

maior custo energético para manutenção da homeostase, desviando energia do crescimento e reprodução e comprometendo o bem-estar dos animais (Menon et al., 2023). A temperatura, por exemplo, quando fora da faixa tolerável pela espécie pode induzir estresse metabólico, alterar a atividade enzimática e aumentar o consumo de oxigênio (Islan, 2021), sendo que essa alteração, assim como no oxigênio, favorece um maior gasto de energia dos peixes, reduzindo o ganho de peso, visto que eles não irão se alimentar devido ao estresse.

O desempenho produtivo da tilápia pode ser avaliado tanto pelo GPMD, quanto pela conversão alimentar, pois esses indicadores refletem o quanto o peixe cresceu por dia e a quantidade de ração necessária no manejo alimentar (Queiroz et al., 2021). Entre os trabalhos analisados na Tabela 3, observou-se que o fracionamento da alimentação pode diminuir a conversão alimentar, gerando uma redução na quantidade de ração desperdiçada e consequentemente minimizar o teor de carga orgânica nos reservatórios.

O bom manejo é fundamental para o sucesso produtivo, pois o aumento da densidade de estocagem pode ocasionar estresse nos peixes e consequentemente, reduzir a imunidade dos animais (Costa et al., 2025). De acordo com Queiroz et. al. (2021), as boas práticas de manejo (BPM) para o cultivo de tilápia em tanques-rede consiste no monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água, utilização de linhagens com melhoramento genético, quantidades adequadas de ciclos durante o ano, observação do comportamento dos peixes em temperaturas mais baixas, sendo avaliado o desempenho zootécnico dos animais baseando-se no ganho de peso total, biomassa final, ganho de peso/dia, conversão alimentar e a taxa de sobrevivência.

Cultivo de animais com melhor qualidade da água são mais eficientes, com maior crescimento dos peixes, pois o aumento de nutrientes no corpo hídrico contribui para a redução

do oxigênio, aumento da biomassa fitoplanctônica, ocasionando um maior risco de eutrofização do sistema (Paerl & Otten, 2013; Le Moal et al., 2019). Esse desequilíbrio compromete a resiliência ecológica e, como já foi visto anteriormente, favorece eventos críticos, como hipóxia, florações de cianobactérias e oscilações de pH, com impactos diretos sobre o desempenho zootécnico e a qualidade da água.

A piscicultura em tanques-rede está condicionada à capacidade de suporte ambiental, entendida como limite máximo de biomassa que o ecossistema pode sustentar sem comprometer sua integridade ecológica e os usos múltiplos do corpo hídrico (Beveridge, 2004), tendo em vista a habilidade do sistema em diluir, transformar e reciclar nutrientes, sem alterações significativas de sua estrutura trófica (Souza, 2006; Tundisi, 2011).

Nesse contexto, a sustentabilidade da piscicultura em reservatório depende da compreensão de fatores como profundidade do reservatório, taxa de renovação de água, decomposição microbiana e sedimentação da matéria orgânica, os quais vão influenciar na capacidade do ambiente de assimilar as cargas orgânicas e de nutrientes (Beveridge & Brummett, 2015; Esteves 2011).

As práticas ideais de manejo do cultivo em tanques-rede incluem o ajuste da densidade de estocagem, o manejo alimentar de ração em quantidades compatíveis com a biomassa de organismos e o monitoramento das variáveis físico-químicas (Mramba; Kahindi, 2023). Parâmetros de qualidade da água com valores em não conformidade com a legislação, associados ao estresse, podem causar mortalidade e prejuízo econômico na piscicultura intensiva (Aura et al., 2025), assim como o manejo inadequado pode gerar acúmulo de resíduos e aporte de nutrientes, favorecendo processos de eutrofização (Le Moal et al., 2019). De acordo com Sipaúba-Tavares et al. (2018), ração e fezes podem favorecer a proliferação de cianobactérias

potencialmente tóxicas e influenciar na qualidade da água de reservatórios e corpos hídricos aquáticos utilizados pela comunidade local, podendo comprometer múltiplos usos, como abastecimento, irrigação e recreação (Tatagiba et al., 2022).

A intensificação da piscicultura em tanques-rede tem impulsionado a adoção de tecnologias mais eficientes, como sensores multiparamétricos, boias inteligentes com telemetria e plataformas digitais em nuvem, voltadas ao monitoramento contínuo da qualidade da água e à otimização do manejo produtivo, buscando compatibilizar eficiência e sustentabilidade (Melo Júnior et al., 2023).

Seguem alguns exemplos de estudos que têm contribuído para uma maior compreensão do assunto e melhorias no processo de produção sustentável: Castro e Nogueira (2023) apresentaram um sistema de classificação da qualidade da água para rápida identificação de riscos ambientais; Bueno et al. (2023) e Saraiva et al. (2023) utilizaram modelagem da produção e dispersão de resíduos como ferramentas para estimar a carga de nutrientes e a capacidade de suporte dos reservatórios que, na prática, podem simular diferentes cenários de produção, permitindo estimar a quantidade máxima de biomassa que o sistema aquático pode suportar sem comprometer a qualidade da água.

Winter e Mota (2021) aplicaram sistemas automatizados de monitoramento e arraçoamento integrados à Internet das Coisas (IoT), possibilitando o acompanhamento contínuo das condições ambientais e o ajuste dinâmico da alimentação em cultivos de tilápia em tanques-rede; Mastelini e Mollo Neto (2024) desenvolveram um aplicativo especialista para análise da qualidade da água em piscicultura de tilápias em tanques-rede para classificar cenários ambientais (péssimo, ruim, bom ou ótimo) a partir de variáveis como temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia e transparência, com recomendações mitigadoras e interface amigável para uso em campo.

Andrade et al. (2025) e Luiz Junior (2025) utilizaram aplicativos móveis, sensores multiparamétricos e plataformas com telemetria em nuvem como ferramentas para digitalização do manejo aquícola. Em conjunto, esses avanços consolidam três frentes de inovação: monitoramento ambiental contínuo, automação alimentar com IoT e modelagem ecológica para estimativa da capacidade de suporte, configurando a transição para a aquicultura de precisão, especialmente em regiões semiáridas sujeitas a maior variabilidade hidrológica (Gouiza et al., 2024).

Diante desse cenário, o monitoramento sistemático da qualidade da água constitui ferramenta indispensável ao manejo eficiente, permitindo ajustes na densidade de estocagem, oferta de ração e posicionamento das estruturas de cultivo, assegurando produtividade com sustentabilidade ambiental (Yusoff et al., 2024; Correa et al., 2020; Rosanova et al., 2019).

Conclusão

A análise da literatura evidencia que mesmo em sistemas considerados adequados para o cultivo em tanques-rede, são recorrentes a redução nos níveis de oxigênio dissolvido, variações de pH e aumento das concentrações de nutrientes, como fósforo e compostos nitrogenados, com ocorrência de valores em desacordos com os limites estabelecidos pela legislação ambiental. Esses resultados indicam que a manutenção da qualidade da água ainda representa um desafio relevante em sistemas de piscicultura intensiva em tanques-rede, com implicações diretas sobre o desempenho produtivo dos peixes.

A sustentabilidade da piscicultura em reservatórios está diretamente associada à capacidade de suporte ambiental e à adoção de estratégias de manejo baseadas no monitoramento contínuo das variáveis físico-químicas e biológicas. Além disso,

fatores como dinâmica hidrológica e condições climáticas devem ser considerados no planejamento produtivo, especialmente em regiões mais suscetíveis a variações ambientais.

Dessa forma, a consolidação da piscicultura intensiva em tanque-rede depende da integração entre gestão ambiental, boas práticas de manejo e uso de tecnologias de monitoramento, visando à eficiência produtiva aliada à conservação dos ecossistemas aquáticos e os múltiplos usos dos reservatórios.

Referências

ANDRADE, A. V.; SILVA, J. P.; OLIVEIRA, R. S.; et al. **Aplicação da internet das coisas (IoT) no monitoramento automatizado de tanques de piscicultura no estado de Pernambuco.** Observatório Latino-Americano, v. 6, n. 1, p. 55–68, 2025.

AURA, Christopher Mulanda; AWANDU, Hezron; MZIRI, Venny; AWUOR, Fonda Jane; NYAMWEYA, Chrispine S.; MUSA, Safina; OSORE, Melckzedeck. Unbundling fish kills associated losses and compliance aspects in lacustrine cage aquaculture farms. **Aquaculture, Fish and Fisheries**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1002/aff2.70101.

BEVERIDGE, Malcolm CM; BRUMMETT, Randall E. **Aquicultura e o meio ambiente.**
Ecologia das pescas de água doce, p. 794-803, 2015.

BEVERIDGE, Malcolm C. M. Cage Aquaculture. 3. ed. Ames: Blackwell Publishing Professional, 2004. viii + 368 p. ISBN 1–4051–0842–8.

BUENO, G. W.; RIBEIRO, F. A. S.; SANTOS, V. B.; et al. **Modeling of waste outputs in the aquatic environment from a commercial cage farm under neotropical climate conditions.** Aquaculture Research, v. 54, n. 2, p. 447–460, 2023. DOI: 10.1111/are.16012.
BRANDÃO, Heleno et al. **Fish-food interaction network around cage fish farming in a neotropical reservoir.** Acta Limnologica Brasiliensia, v. 33, p. e18, 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento,

bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 mai. 2011.

CICIGLIANO, Gláucio Doreide. **Qualidade da água de uma piscicultura em tanques-rede no rio São José dos Dourados, Ilha Solteira – SP.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2009.

COSTA, Regiane Luiza da; TODESCHINI, Thaiana; RIBEIRO, Marcelo Junior Pereira; TEIXEIRA-OLIVEIRA, Márcia. **Florações de cianobactérias potencialmente tóxicas em tanques de pisciculturas da região centro-sul do estado de Mato Grosso.** Biodiversidade, v. 16, n. 1, p. 33-45, 2017.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia.** 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, v. 790, 2011.

FEIDEN, I. F., OLIVEIRA, J. D. S., DIEMER, O., & FEIDEN, A.. (2015). **Qualidade da água, capacidade de suporte e melhor período para criação de peixes em tanques-rede no reservatório de Salto Caxias. Engenharia Sanitaria E Ambiental,** 20(4), 589–594. https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040114845.

GOUIZA, Nissrine; JEBARI, Hakim; REKLAOUI, Kamal. **IoT na agricultura inteligente: uma análise.** Em: Conferência Internacional sobre Sistemas Inteligentes Avançados para o Desenvolvimento Sustentável. Cham: Springer Nature Suíça, 2023. p. 149-161.

KRÜGER, Paulo Cézar Guimarães von. Avaliação da estrutura vertical da coluna d'água em áreas aquícolas do reservatório de Nova Avanhandava. 2014. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (CAUNESP), Jaboticabal, 2014.

LE MOAL, Morgane et al. **Eutrophication: a new wine in an old**

bottle?. Science of the total environment, v. 651, p. 1-11, 2019.

LEONARDO, Antonio Baccarin; TROMBETA, Thiago Pompermayer Machado, LEVI Tadao, Erico; BUENO, Guilherme. Índice de estado trófico e qualidade da água na produção de tilápias em represa rural na região da Mata Atlântica. Archivos de Zootecnia, v. 67, n. 258, 2018.

LUIZ JUNIOR, Olavo José. **Plataforma de monitoramento automatizado de CO_2 e qualidade da água em piscicultura com tecnologias abertas.** 2025. 88 f. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2025.

MASTELINI, Vinícius; MOLLO NETO, José. **Aplicativo para análise da qualidade da água para piscicultura de tilápias em tanques-rede.** Revista Arace – Ciências Agrárias e Ambientais, v. 3, n. 2, p. 45–56, 2024. Disponível em: https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/716/1049.

MELO, Gabriela Lage. **Influência de tanques-rede na comunidade fitoplanctônica e na qualidade da água em um reservatório tropical: avaliação em duas dimensões espaciais.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

MELO JÚNIOR, H.d.N.; DE PAULA FILHO, F.J.; MENEZES, J.M.C.; DE ARAÚJO, J.A.S.; GONÇALVES SANTANA, J.E.; MELO, H.V.S.; Vieira, R.d.S.; DE MORAIS OLIVEIRA-

TINTINO, C.D.; TINTINO, S.R.; COUTINHO, H.D.M.; et al. **Impacts of the Residual Trace Metals of Aquaculture in Net Cages on the Quality of Sediment.** Life 2023, 13, 338. https://doi.org/10.3390/life13020338.

MENGISTU, S. B.; MULER, H. A.; BENZIE, J. A. H.; KOMEN, H. **A systematic literature**
review of the major factors causing yield gap by affecting growth, feed conversion ratio and survival in Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Reviews in Aquaculture (2020) 12, 524-541. doi: 10.1111/raq.12331.

MIRANDA LOPES, Taciana Onesorge. **Biomonitoramento da criação**

de tilápia (Oreochromis niloticus L.) em tanques-rede em parques aquícolas do Brasil, com ênfase em toxicidade e detecção de off-flavor. 2018. Tese (Doutorado em Ecologia de Ecossistemas) – Universidade Vila Velha, Vila Velha, 2018.

MORO, G. V.; CYRINO, J. E. P.; FRACALOSSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. **Qualidade da água na piscicultura: monitoramento e manejo.** Brasília: Embrapa, 2013. 120 p.

PAERL, Hans W.; OTTEN, Timothy G. **Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls**. Microbial ecology, v. 65, n. 4, p. 995-1010, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FEIRA DE SANTANA. **Projeto de pesca em tanques de rede produz 7 toneladas de tilápia em Ipuaçu.** Feira de Santana, 22 abr. 2019. Disponível em: Acessar a notícia. Acesso em: 8 fev. 2026.

QUEIROZ, J. F. et al. **Recomendações práticas para avaliação da qualidade da água na produção de tilápia em tanques-rede.** Circular técnica. Jaguariúna, SP. Abril, 2021.

SIEDT, M. et al. **Microbial degradation of plant residues rapidly causes long-lasting hypoxia in soil upon irri ation and affects leaching of nitrogen and metals.** *Soil Systems*, v. 7, art. 62, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/soilsystems7020062.

SARAIVA, I. AL et al. **Desenvolvimento de uma Plataforma IoT para Monitoramento da Qualidade da Água na Piscicultura.** In: Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI. Vol. 1. N. 2. 2023.

TENÓRIO, R. A.; SILVA, E. M. da; CAMPECHE, D. F. B. **O polo de piscicultura do Submédio e Baixo São Francisco – SBSF.** Cadernos do Semiárido: Riquezas & Oportunidades, v. 12, n. 12, p. 23-33, 2017.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no século XXI**. Oficina de textos, 2011.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, Takako Matsumura. **Limnologia. Oficina de textos,** 2016.

WINTER, L.; MOTA, S. H. R. **Sistema automatizado de monitoramento e arraçoamento aplicado à criação de tilápias em**

tanques-rede. Revista Thêma et Scientia, v. 11, n. 2, p. 142–155, 2021. Disponível em: https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/1320.

VIEIRA, B. H.; PEREIRA, R. H. G.; DERBÓCIO, A. M. **Análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica de um ecossistema aquático utilizado para o cultivo de peixes em tanque-rede, Pantanal de Miranda, MS.** Boletim do instituto de pesca, v. 35, n. 4, p. 567-576, 2009.

CAPÍTULO 12

Caracterização da água em uma região com piscicultura intensiva no Reservatório Pedra do Cavalo, BA

Gilvanda Lima dos Santos da Silva[59]
Caroline Santos de Sousa[60]
Karine Rocha dos Anjos[61]
Jamille Silva dos Santos[62]
Bruno Olivetti de Mattos[63]
Arielson dos Santos Protazio[64]
Carla Fernandes Macedo[65]

[59] Graduanda em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: gilvannda@aluno.ufrb.edu.br.

[60] Técnica em Aquicultura pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA). Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestranda em Engenharia Agrícola pela UFRB. E-mail: carolines@aluno.ufrb.edu.br.

[61] Graduanda em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: karineanjos@aluno.ufrb.edu.br.

[62] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Especialização em Meio Ambiente e Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IFBAIANO). Mestranda em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: jamillesilvadossantos@gmail.com.

[63] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia(UFBA). Docente Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: bruno.mattos@ufrb.edu.br.

[64] Graduação em Biologia pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas/Zoologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Docente Assistente na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: arielsonprotazio@ufrb.edu.br.

[65] Graduação em Biologia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutorado em Aquicultura de Águas Continentais pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail:

Resumo

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a água em um cultivo intensivo de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) no reservatório de Pedra do Cavalo, Bahia, assim como verificar possíveis variações espaciais e temporais das variáveis físico-químicas e dos nutrientes na região estudada. As coletas foram realizadas mensalmente entre abril e dezembro de 2025, em quatro pontos amostrais, incluindo áreas a montante, jusante e entre os tanques de cultivo. Foram analisados temperatura, condutividade elétrica, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, clorofila-a, fósforo total e sólidos totais. Os resultados indicaram baixa variabilidade espacial para a maioria dos parâmetros, com coeficientes de variação mais elevados para oxigênio dissolvido e clorofila-a. A condutividade apresentou pequena amplitude entre os pontos, sugerindo uma homogeneidade da água. Os valores de pH mantiveram-se próximos da neutralidade, enquanto a turbidez e a clorofila-a indicaram baixa biomassa fitoplanctônica, caracterizando a região como mesotrófica. A análise sazonal evidenciou influência do regime pluviométrico, principalmente sobre turbidez e oxigênio dissolvido. Os resultados sugerem que, durante o período estudado, a atividade aquícola não causou alterações limnológicas significativas e comprometimento da qualidade da água.

Palavras-chave: Reservatórios tropicais. Qualidade da água. Piscicultura. Tanques-rede

Introdução

A relevância da aquicultura na oferta global de proteínas atingiu um marco inédito em 2022, quando a produção cultivada superou a pesca extrativa. Segundo dados da Fao (2024), o setor alcançou 94,4 milhões de toneladas, o equivalente a 51% do total de animais aquáticos produzidos mundialmente. Em contrapartida, a pesca de captura contribuiu com os 49% remanescentes (91 milhões de toneladas) (Fao, 2024). A Fao

cfmacedo@ufrb.edu.br.

também estima que em 2027 a produção ultrapasse 100 milhões e alcance 110 milhões de toneladas em 2032, totalizando 205 milhões de toneladas (aquicultura + captura), incluindo peixes, camarões, ostras e mexilhões (Fao, 2024). Esses dados refletem o crescimento contínuo do setor, que visa atender à demanda crescente de pescado, impulsionada pelo aumento populacional, urbanização, elevação da renda e preferências alimentares (Embrapa, 2018).

No Brasil, a piscicultura vem se fortalecendo como uma das principais atividades aquícolas, contribuindo de forma significativa para a segurança alimentar, geração de renda e desenvolvimento regional (MPA, 2024). Nas últimas décadas houve um crescimento expressivo da produção de peixes e, em 2024, alcançou aproximadamente 970 mil toneladas, com crescimento de 9,2% em relação ao ano anterior, com a tilápia correspondendo a 68,4% da produção total (Peixe BR, 2024, 2025).

A intensificação com tanques-rede em corpos d'água públicos consolidou-se como um pilar da piscicultura nacional, totalizando a produção 140.952 toneladas em 2019 (Associação Brasileira de Piscicultura, 2019). O referido sistema de criação é tecnicamente vantajoso em relação ao método tradicional de escavação, devido ao menor investimento inicial e redução de odores indesejados no produto e, além disso, o tanque-rede oferece proteção contra predadores e competidores por utilizar telas sobres os tanques, embora ainda seja vulnerável a parasitas e bactérias presentes na água (Ono; Kubitza, 2003).

Reservatórios hidrelétricos apresentam grande variabilidade quanto à área inundada, volume de armazenamento e histórico de utilização para atividades produtivas, características que influenciam diretamente no potencial de desenvolvimento da piscicultura em tanques-rede. No Brasil, a ampla disponibilidade de reservatórios artificiais tem sido considerada um fator estratégico para a expansão da

aquicultura continental, especialmente para o cultivo de tilápia em sistemas intensivos (Valenti et al., 2021; Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008).

Reservatórios de grande porte, como Sobradinho e Ilha Solteira, apresentam extensas áreas de lâmina d'água e elevados volumes de armazenamento, condições que favorecem a implantação de parques aquícolas e a expansão da produção de pescado (Ana, 2016). O reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, por exemplo, localizado no rio Paraná, possui área aproximada de 1.195 km² e volume de armazenamento superior a 21 km³, sendo considerado um dos maiores reservatórios do sistema hidrelétrico brasileiro e um importante polo de produção aquícola em águas continentais (Aneel, 2008; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2008).

De forma semelhante, o reservatório de Sobradinho, localizado no rio São Francisco, apresenta área inundada superior a 4.200 km² e volume aproximado de 34 km³, estando entre os maiores reservatórios artificiais do mundo e desempenhando papel relevante no desenvolvimento da piscicultura na região Nordeste (Ana, 2016). Outro reservatório de destaque é o de Chavantes, localizado no rio Paranapanema, na divisa entre os estados de São Paulo e Paraná, com área inundada de aproximadamente 428 km², potência instalada de cerca de 414 MW e início de operação na década de 1970 (CTG Brasil, 2026; Chavantes, 2026). Segundo os relatórios citados, o referido reservatório integra o sistema hidrológico do rio Paranapanema e é utilizado para diferentes usos múltiplos da água, incluindo abastecimento, lazer, pesca e aquicultura, sendo frequentemente utilizado em estudos limnológicos e pesquisas sobre impactos ambientais da piscicultura em reservatórios tropicais.

Em contraste, reservatórios de menor dimensão, como Pedra do Cavalo, situado no rio Paraguaçu, no estado da Bahia, apresentam área e volume inferiores quando comparados aos

grandes reservatórios nacionais; contudo, esses ambientes apresentam potencial crescente para o desenvolvimento da piscicultura regional, especialmente por meio da implantação de sistemas de cultivo intensivo em tanques-rede (Inema, 2018; Valenti et al., 2021).

Dessa maneira, o Nordeste brasileiro tem expandido significativamente a piscicultura intensiva em reservatórios públicos, sendo favorecido pela disponibilidade hídrica, condições climáticas tropicais e políticas de incentivo à aquicultura (Brabo et al., 2018), fato que tem desempenhado papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico de comunidades rurais e promovido inclusão produtiva e diversificação das atividades agropecuárias. No entanto, a intensificação da produção aquícola em ambientes represados pode ocasionar alterações nos processos limnológicos, com aumento das cargas de nutrientes, matéria orgânica e sólidos em suspensão e favorecendo a eutrofização (Wetzel, 2001; Cunha, Calijuri & Lamparelli, 2013).

Um fator fundamental nesse processo é a densidade de estocagem de peixes, considerada uma variável crítica na aquicultura intensiva por afetar diretamente as características físico-químicas do meio aquático (Eler, 2000). Pesquisas experimentais demonstram que densidades mais elevadas de peixes podem reduzir significativamente a concentração de oxigênio dissolvido, aumentar níveis de nutrientes (como nitrogênio e fósforo) e promover maiores turbidez e material em suspensão na água, condições que alteram a qualidade da água e exercem pressão ecológica sobre o sistema aquático (Eler, 2000).

Já na piscicultura de tanques-rede, um dos conceitos centrais para o sucesso produtivo é a densidade de estocagem, definida como a quantidade de peixes por unidade de volume de água (geralmente expressa em kg/m³ ou número de indivíduos/m³) (Embrapa, 2009), determinante para o crescimento, conversão alimentar e viabilidade econômica da

produção, visando otimizar o espaço e o recurso hídrico (Embrapa, 2009; Queiroz, 2021).

Contudo, a busca por maior produtividade e aumento progressivo da densidade de estocagem se torna um dilema: ganho produtivo versus capacidade suporte ambiental do reservatório, pois pode ocorrer degradação da qualidade da água, escapes de organismos e eutrofização (Beveridge, 2004; Zaniboni-Filho, 2018; Henry-Silva et al., 2019). Dessa maneira, alterações físico-químicas provocadas pelo aumento da densidade de animais são particularmente relevantes em sistemas represados, como reservatórios de abastecimento público, onde a renovação natural da água pode ser limitada, favorecendo acúmulo de nutrientes e dejetos (Beveridge, 2004; Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008; Wetzel, 2001).

Essas condições não só representam um risco para o desempenho produtivo e bem-estar das espécies cultivadas, como também podem afetar negativamente outros usos da água, de acordo com os limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente (Resolução CONAMA nº 357/2005) (Brasil, 2005; Américo; Carvalho, 2012; Crispim et al., 2014).

Tendo em vista o exposto, a intensificação da eutrofização, devido a deposição de resíduos resultantes de rações e excretas de peixes, pode comprometer a sustentabilidade ambiental do sistema, além de gerar conflitos com usos prioritários, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005; Américo-Pinheiro; Carvalho, 2012; Crispim et al., 2014). Por outro lado, na abordagem mais atual, a estratégia de mitigação (Piscicultura 4.0) pode combinar rações de alta qualidade e digestibilidade com sistemas eficientes de aeração e tecnologias avançadas com monitoramento em tempo real, garantindo um aumento seguro da densidade de estocagem com redução significativa do impacto ambiental e maior sustentabilidade da atividade (Queiroz, 2021). Dessa maneira, visando os usos múltiplos dos

reservatórios e uma piscicultura sustentável, é necessário conhecer a dinâmica do sistema através do monitoramento ambiental.

Nesse contexto, estudos de monitoramento, como a presente caracterização limnológica de uma região com cultivo intensivo de tilápia no reservatório de Pedra do Cavalo, podem contribuir para subsidiar estratégias de manejo sustentável e formulação de políticas públicas voltadas à conservação dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento de parâmetros físicos e químicos favorece o entendimento da dinâmica das variáveis no decorrer do tempo e influência de fatores sazonais, como chuvas e estiagens. Assim, essa compreensão pode contribuir para solucionar possíveis impactos negativos da piscicultura, assim como para indicar a necessidade do equilíbrio entre produção sustentável e usos múltiplos dos recursos hídricos.

Materiais e métodos

Área de estudo

O reservatório de Pedra do Cavalo está localizado na região do Recôncavo Baiano, integra a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu e desempenha papel estratégico no abastecimento de água para a Região Metropolitana de Salvador, assim como é responsável pelo controle de cheias, geração de energia, irrigação e produção de peixes em tanques-rede (Ana, 2017). O referido Reservatório foi implantado em 1980 e constitui um sistema hídrico de grande relevância regional (Genz, 2006), estando inserido em uma Área de Proteção Ambiental e com importância ecológica e socioeconômica (Silva et al., 2020).

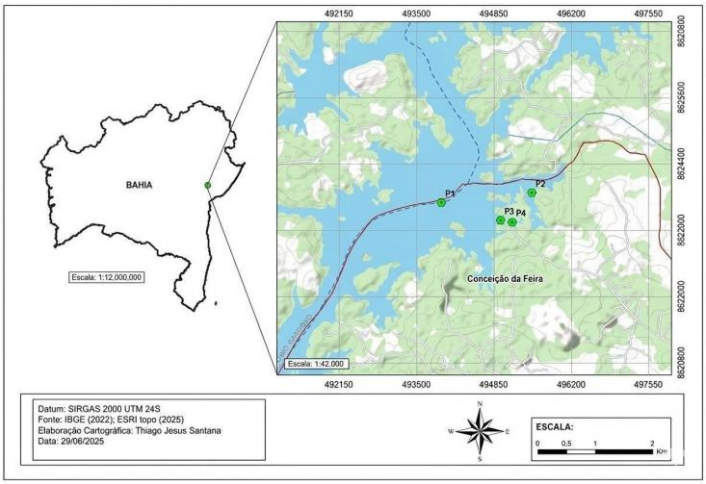
De acordo com a classificação climática atualizada de Köppen-Geiger, a região do Recôncavo Baiano é caracterizada por clima tropical úmido a subúmido (Aw), com temperatura

média anual superior a 24 °C e precipitação concentrada especialmente entre abril e julho (Peel; Finlayson; Mcmahon, 2007; IBGE, 2012).

Amostragens e análises das variáveis da água

O presente estudo foi realizado em uma área de abrangência de uma piscicultura intensiva com 16 tanques-rede, com densidade normal de estocagem de 385 peixes por tanque, sendo a dimensão dos tanques 2x2 m com 1,5 m de profundidade. Para avaliação temporal e espacial das variáveis da água foram realizadas amostragens mensais durante o período de abril a dezembro de 2025, em quatro estações de coleta, sendo: P1 (a montante da piscicultura de tanques-rede) (12°26’59.3” S e 039°03’20.9” W); P2 (a jusante da piscicultura) (12º26'53.5"S e 039º02'28.5"W); P3 e P4 (distribuídos entre os tanques-rede, com localização 12º27'09.9"S e 039º02'46.5"W; 12º27'10.3"S e 039º02'42.8"W, respectivamente, GPSMAP 76CS/Garmin). Os pontos a montante e jusante (P1 e P2) estão distanciados entre 3 e 4 km dos tanques-rede (Figura 1). As profundidades médias nas estações P1, P2, P3 e P4 foram 40, 20, 21 e 10,5 m, respectivamente.

Figura 1 - Localização do reservatório da Pedra do Cavalo, na Bahia, Brasil, mostrando os quatro locais de amostragens em negrito (P1, P2, P3 e P4).



Fonte: Elaborado pelos autores.

As amostragens abrangeram períodos de transição sazonal do semiárido baiano, com influência de período chuvoso e seco e coletas na camada superficial da coluna d'água. As variáveis do estudo foram mensuradas nos quatro pontos de amostragens no período da manhã, sendo medidos *in loco* os seguintes parâmetros abióticos: transparência da água (m) (com disco de Secchi), temperatura (°C), condutividade elétrica (µS/cm), pH e oxigênio dissolvido (mg/L) com uma sonda multiparâmetros Hanna (ou modelo equivalente).

Em laboratório, a água foi filtrada para análise gravimétrica do material em suspensão, de acordo com Greenberg et al. (1992), e posteriores análises de clorofila (Nush,1980) e fósforo total (Murphy e Riley, 1962). Para isso, uma parte da água de cada amostra foi filtrada em filtros de membrana de 0,45 µm para clorofila (µg/L) e sólidos totais (mg/L). Uma parte da água bruta de cada amostra foi armazenada sob refrigeração (4 °C) para análise de fósforo total (Murphy e Riley, 1962). As referidas análises foram conduzidas

no Laboratório de Qualidade da Água do Núcleo de Estudos em Pesca e Aquicultura da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Análise dos dados

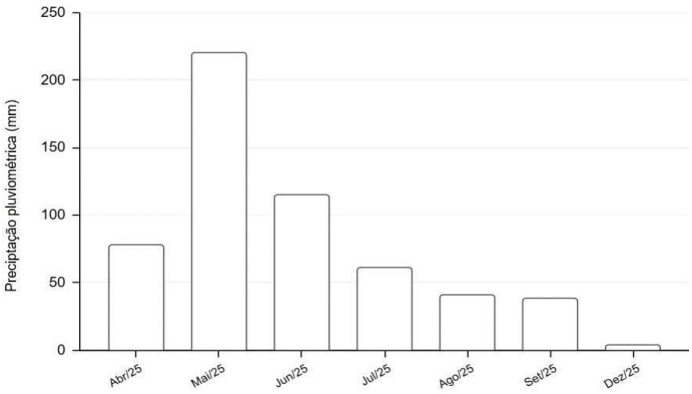
Foram utilizados modelos lineares mistos para verificar a existência de variação nos parâmetros físico-químicos da superfície d'água. Em cada modelo o ponto de amostragem foi considerado efeito fixo e o período de coleta aleatório. Um modelo foi ajustado para cada variável físico-química e na análise de variância (ANOVA) foi verificada a significância do efeito do ponto de amostragem.

Para efeitos significativos, foram realizadas comparações múltiplas (pós-hoc) dos pontos por médias marginais estimadas (EMMeans), com ajuste de Tukey, sendo as variáveis Condutividade, Clorofila, Fósforo Total e Sólidos Totais log transformadas. As análises foram realizadas no programa R, com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Resultados e discussão

Os dados referentes à precipitação pluviométrica da região, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estão apresentados na Figura 2. Houve variação na precipitação ao longo do período analisado, com maior acumulado mensal em maio de 2025 (220 mm), enquanto os menores valores foram registrados em agosto e setembro (40 mm) e dezembro (5 mm), padrão que indica uma redução gradual das chuvas após o pico pluviométrico no início do período. No entanto, os maiores valores das precipitações pluviométricas não coincidiram com as maiores temperaturas, que ocorreram nos meses de abril e dezembro de 2025 (Figura 3).

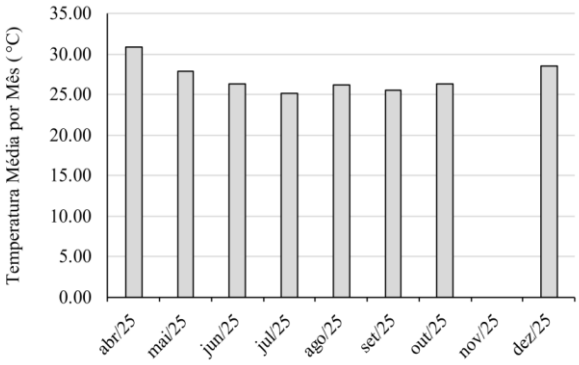
Figura 2 - Precipitação (barras brancas) entre abril e dezembro de 2025 na região onde se localiza o reservatório de Pedra do Cavalo.



Fonte: INMET, 2025.

Dos resultados das variáveis físicas e químicas nos quatro pontos amostrados na região da piscicultura intensiva no Reservatório de Pedra do Cavalo (Tabela 1), pode-se destacar uma variação da temperatura (25,0 a 31,5 °C no P1) e o oxigênio dissolvido (5,28 mg/L no P3 e 14,40 mg/L no P4) com valor médio 8,62 mg/L. Quanto ao pH da água, houve variação de 5,83 no P1 a 7,55 no P3, sendo o valor médio 6,80. A condutividade elétrica variou de 343 µS/cm no ponto P1 a 373 µS/cm nos pontos P2 e P3, com valor médio de 351 µS/cm.

Figura 3 - Temperatura da água de superfície (°C) nos pontos de coleta durante o período amostrado (abril a dezembro de 2025).



Fonte: Dados de campo coletados pelo autor (2025).

Tabela 1 – Dados físicos e químicos nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no reservatório de Pedra do Cavalo (Bahia, Brasil), entre abril e dezembro de 2025.

Ponto		Temp	Cond	pH	SST	Transp	Chl a	OD	PT
P1	Média	27.04	357.75	6.52	2.89	2.89	3.18	8.76	0.11
	SD	2.17	9.63	0.50	0.64	0.64	1.80	2.83	0.03
	CV%	8.01	2.69	7.67	22.00	22.00	56.73	32.32	25.71
	Mx	31.5	369	7.08	3.70	3.70	6.41	13.4	0.13
	Mn	25	343	5.83	2.10	2.10	1.07	5.43	0.07
P2	Média	27.04	361.25	6.78	3.66	3.66	2.52	8.70	0.11
	SD	1.68	9.18	0.48	0.55	0.55	1.03	3.04	0.03
	CV%	6.21	2.54	7.01	15.00	15.00	40.96	35.02	27.18
	Mx	30.3	373	7.28	4.60	4.60	4.27	13.5	0.14
	Mn	25.3	351	5.91	3.00	3.00	1.07	5.50	0.07
P3	Média	27.2	361.5	6.83	3.28	3.28	2.58	8.62	0.10
	SD	1.74	8.60	0.52	0.37	0.37	1.20	3.35	0.03
	CV%	6.39	2.38	7.58	11.25	11.25	46.55	38.83	28.14
	Mx	30.5	373	7.55	3.80	3.80	4.27	14.2	0.14
	Mn	25.3	352	5.9	2.65	2.65	1.07	5.28	0.07
P4	Média	27.2	361.8	6.8	3.21	3.2	2.6	8.89	0.11
	SD	1.98	8.76	0.54	0.51	0.51	1.12	3.14	0.02
	CV%	7.26	2.42	8.01	15.82	15.82	42.23	35.32	20.33
	Mx	31.2	372	7.36	4.20	4.2	4.27	14.4	0.14
	Mn	25.3	351	5.92	2.65	2.65	1.07	5.56	0.08

SD = Desvio Padrão; VC% = Coeficiente de variação percentual; Mx-Mn = Valores máximo e mínimo; Temp = Temperatura (°C); Cond = Condutividade (µS/cm); SST = Sólidos Suspensos Totais (mg/L); Transp = Transparência (m); Chl a = Clorofila-a (µg/L); OD = oxigênio dissolvido (mg/L); PT = Fósforo total (mg/L).
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Já a transparência da água variou de 2,10 m no P1 a 4,60 m no P2, com média de 3,21 e os sólidos suspensos totais de 0,40 mg L^{-1} no P4 a 6,6 mg/L no P1, com média de 2,0 mg/L. Já a concentração de clorofila-a alcançou 6,41 µg/L no P1, com valor médio de 4,27 µg/L, e o fósforo variou de 0,07 mg/L a 0,14 mg/L, sendo os maiores valores nos pontos 2, 3 e 4, com valor médio de 0,11 mg/L.

Quando comparada a área da piscicultura de tanques-rede (P3 e P4) com os outros dois pontos mais afastados (P1 e P2), em relação aos parâmetros e variáveis físicas e químicas, os valores obtidos em todos os pontos estavam dentro do limite recomendado pela legislação vigente (Tabela 2).

Tabela 2 - Média ± desvio padrão (DP) das variáveis da água na região dos tanques-rede (P3 e P4) e na área mais afastada da criação de piscicultura (P1 e P2).

Variáveis	Área de Criação Tanques-rede MÉDIA ± DP	Pontos P1 e P2 MÉDIA ± DP	CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005
Temperatura (ºC)	27,21 ± 1,80	27,04 ± 0,35	N. A*
Condutividade (µS/cm)	361,63 ± 8,39	359,5 ± 0,32	N. A*
pH	6,81 ± 0,51	6,65 ± 0,01	6,0 - 9,0
Transparência (m)	3,25 ± 0,43	3,27 ± 0,06	≤ 100
Clorofila-a (µg/L)	2,62 ± 1,12	2,85 ± 0,54	≤ 30 µg/L
OD (mg/L)	8,76 ± 3,14	10,39 ± 2,49	≥ 5 mg/L
Fósforo Total (mg/L)	0,10 ± 0,02	0,09 ± 0,03	≤ 0,030 (lênticos) / ≤ 0,050
Sólidos Totais (mg/L)	2,52 ± 1,58	2,54 ± 1,51	≤ 500 mg/L

*N. A (Não Aplicável); OD = Oxigênio Dissolvido (mg/L).
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Observa-se na Tabela 2 que para a maioria dos parâmetros, os valores encontrados nas duas áreas foram muito próximos e dentro dos limites preconizados pela legislação

ambiental vigente (CONAMA, 2005). O oxigênio dissolvido apresentou médias elevadas (8,76 ± 3,14 mg/L na área de cultivo e 10,39 ± 2,49 mg/L nos outros pontos), indicando boa condição de aeração, provavelmente favorecida pela renovação hídrica do reservatório e pela baixa densidade de estocagem adotada. Os valores médios do fósforo total, no entanto, estiveram acima do limite (≤ 0,075 mg/L) estabelecido para ambientes intermediários pelo CONAMA 357/2005 na área de tanques-rede (0,10 ± 0,02 mg/L).

No entanto, segundo Araújo e Ostrensky (2019), em sistemas de tanques-rede instalados em grandes reservatórios, o impacto local do fósforo é frequentemente diluído pela alta taxa de renovação da água. E, no presente estudo, os valores mais elevados de fósforo provavelmente refletem também contribuições difusas da bacia hidrográfica, como agricultura, efluentes domésticos e outros.

O menor valor registrado de oxigênio dissolvido na área de abrangência da piscicultura pode ter ocorrido por influência da atividade aquícola, pois em tanques-rede a elevada biomassa de peixes e o aporte contínuo de matéria orgânica oriunda de ração não consumida e excreção podem aumentar significativamente a demanda bioquímica de oxigênio na água e no sedimento (Beveridge, 2004). Esse processo pode ocorrer em virtude da decomposição microbiana da matéria orgânica, que consome oxigênio dissolvido, podendo gerar gradientes locais de oxigenação nas proximidades das estruturas de cultivo (Price et al., 2015). Em reservatórios tropicais esse efeito pode ser amplificado em períodos de maior estratificação térmica, quando a mistura da coluna d'água é reduzida.

Estudos conduzidos em reservatórios brasileiros com piscicultura intensiva demonstram padrões semelhantes aos encontrados no presente estudo. Mercante et al. (2011) ao avaliarem áreas de cultivo no reservatório de Ilha Solteira observaram redução do oxigênio dissolvido em áreas próximas

às gaiolas de produção e associaram ao aumento da respiração microbiana e decomposição de resíduos orgânicos. Resultados semelhantes foram relatados por Ramos et al. (2013) em reservatórios do Sudeste brasileiro. No entanto, os valores mínimos observados no presente estudo permaneceram acima de 5 mg L^{-1}, valor limite considerado seguro para a maioria das espécies cultivadas e compatível com ambientes aquáticos considerados adequados para a manutenção da vida aquática (CONAMA, 2005; Boyd, 2015).

As análises com modelos lineares mistos também revelaram a existência de estrutura espacial, com as variáveis pH, Condutividade e Transparência apresentando efeito significativo (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise de Variância (ANOVA) dos parâmetros físico-químicos e o efeito do ponto de amostragem. Variáveis significativas em negrito.

Parâmetros	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Graus de Liberdade	F	*p*
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	22,350	7,450	3,21	0,68	0,57
pH	0,492	0,164	3,21	3,85	**0,02**
Temperatura (ºC)	0,443	0,148	3,21	1,64	0,21
Condutividade (µS/cm)	0,001	0,000	3,21	5,36	**0,01**
Transparência (m)	2,428	0,809	3,21	5,92	**0,00**
Clorofila (µg/L)	0,140	0,047	3,21	0,81	0,50
Fósforo Total (mg/L)	0,173	0,058	3,21	2,84	0,06
Sólidos Totais (mg/L)	0,198	0,066	3,21	0,28	0,84

Fonte: dados dos autores

Nas comparações entre pontos de amostragem das médias marginais estimadas, com ajuste de Tukey das variáveis significativas na ANOVA (Tabela 4), não foi obtido um gradiente nítido de variação. Os pontos de amostragem estão distribuídos aleatoriamente ao longo do espaço físico-químico, indicando

ausência de variação espacial e um possível efeito temporal na variação dos dados, o que se alinha à ausência de efeito espacial indicado nos modelos lineares mistos.

Tabela 4 – Comparações entre pontos de amostragem com médias marginais estimadas (EMMeans), com ajuste de Tukey, das variáveis significativas na ANOVA. Variáveis significativas em negrito.

Parâmetro	Comparação	Estimativa	Graus de Liberdade	Razão t	*p*
pH	Ponto 1 x Ponto 2	-0,259	21	-2,509	0,09
pH	Ponto 1 x Ponto 3	-0,309	21	-2,994	**0,03**
pH	Ponto 1 x Ponto 4	-0,283	21	-2,74	0,06
pH	Ponto 2 x Ponto 3	-0,050	21	-0,485	0,96
pH	Ponto 2 x Ponto 4	-0,024	21	-0,23	1,00
pH	Ponto 3 x Ponto 4	0,026	21	0,255	0,99
Condutividade	Ponto 1 x Ponto 2	-0,010	21	-3,034	**0,03**
Condutividade	Ponto 1 x Ponto 3	-0,010	21	-3,259	**0,02**
Condutividade	Ponto 1 x Ponto 4	-0,011	21	-3,471	**0,01**
Condutividade	Ponto 2 x Ponto 3	-0,001	21	-0,225	1,00
Condutividade	Ponto 2 x Ponto 4	-0,001	21	-0,437	0,97
Condutividade	Ponto 3 x Ponto 4	-0,001	21	-0,212	1,00
Transparência	Ponto 1 x Ponto 2	-0,775	21	-4,192	**0,00**
Transparência	Ponto 1 x Ponto 3	-0,394	21	-2,13	0,18
Transparência	Ponto 1 x Ponto 4	-0,325	21	-1,758	0,32
Transparência	Ponto 2 x Ponto 3	0,381	21	2,062	0,20
Transparência	Ponto 2 x Ponto 4	0,450	21	2,434	0,10
Transparência	Ponto 3 x Ponto 4	0,069	21	0,372	0,98

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No presente estudo, a qualidade da água foi influenciada significativamente pela sazonalidade, sendo esse fato corroborado por Sousa *et al.* (2020), que ressaltam que a

temperatura e a precipitação exercem papel fundamental, podendo influenciar diretamente no aporte de sólidos totais, metabolismo e diluição de nutrientes.

A caracterização limnológica do reservatório de Pedra do Cavalo (BA) indica uma condição de conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe II, embora o enriquecimento por nutrientes em pontos específicos exija atenção continuada. A manutenção de níveis elevados de oxigênio dissolvido demonstra uma eficiente capacidade de aeração e renovação hídrica do sistema. Esse cenário corrobora os achados de Mallasen *et al.* (2012) no reservatório de Ilha Solteira (SP), onde a hidrodinâmica favorável mitigou os impactos da carga orgânica metabólica da piscicultura intensiva, mantendo o oxigênio acima de 4,0 mg/L.

De uma maneira geral, os valores obtidos das variáveis no presente trabalho estão de acordo com outros estudos. Quanto ao pH, a predominância de valores próximos a 7,0 assemelha-se ao perfil encontrado em Ilha Solteira e Itupararanga, onde o pH neutro é associado à boa capacidade de tamponamento do sistema. A leve acidez observada pontualmente pode refletir a influência da decomposição da matéria orgânica ou o aporte de efluentes a montante, fenômeno similar ao reportado por César et al. (2020) no reservatório de Peti.

Já a condutividade elétrica é significativamente superior à encontrada em sistemas do Sudeste, como Itupararanga (65-70 µS/cm) e Ilha Solteira (30-50 µS/cm). Esse patamar elevado é condizente com reservatórios situados em regiões de clima semiárido ou sob influência de períodos de estiagem, onde a alta taxa de evaporação e a menor renovação hídrica concentram os íons dissolvidos. Segundo Sousa et al. (2020), no semiárido nordestino, valores de condutividade acima de 300 µS/cm são esperados quando o balanço hídrico é negativo, refletindo a carga mineral e o acúmulo de nutrientes no corpo d'água.

A qualidade óptica, representada pela transparência média

de 3,21 m, indica que a zona eufótica permanece preservada, favorecendo os processos autotróficos. Esse valor é superior ao observado em Itupararanga durante o período chuvoso, onde o aporte de sólidos via erosão laminar reduz drasticamente a penetração de luz. No entanto, os baixos teores de Sólidos Suspensos Totais e de clorofila-a no presente estudo indicam que a carga orgânica da piscicultura é atualmente assimilada sem causar florações algais excessivas ou turbidez.

Quanto ao fósforo total, o aporte excessivo é um desafio comum em reservatórios multiuso, como evidenciado por César et al. (2020) no reservatório de Peti, onde a ausência de tratamento de esgoto em municípios a montante pode ser um vetor de degradação tão crítico quanto a própria piscicultura.

De uma maneira geral, o fato de não ter sido obtida diferença espacial significativa demonstra uma perturbação de baixa intensidade da piscicultura intensiva não compromete a qualidade da água global do reservatório. Essa evidência é corroborada com os dados de Mallasen *et al.* (2012), indicando que, se houve boa renovação hídrica e manejo alimentar adequado, o sistema aquático possui capacidade de assimilação para mitigar a carga orgânica residual. Dessa forma, a piscicultura em Pedra do Cavalo apresenta baixo impacto imediato, mas sua sustentabilidade depende da adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) e de um monitoramento integrado que considere as pressões antrópicas em toda a bacia hidrográfica.

Conclusão

De uma maneira geral, os parâmetros de qualidade da água permaneceram dentro de padrões compatíveis com ambientes de boa qualidade ambiental não eutrofizados. Provavelmente a grande profundidade e circulação da água do Reservatório, aliadas ao manejo alimentar e densidade de peixes adequados, resultaram em uma qualidade da água favorável.

Entretanto, recomenda-se um monitoramento das condições ambientais, especialmente considerando a possibilidade de intensificação produtiva futura e a importância do reservatório para abastecimento público e usos múltiplos. A adoção de práticas de manejo sustentável possibilita o equilíbrio entre produção aquícola e conservação do recurso hídrico.

Referências

AMÉRICO, J. H. P.; CARVALHO, E. D. Impactos ambientais da piscicultura em tanques-rede em reservatórios. **Bioikos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 47–58, 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. Washington, DC: APHA, 1992.

ARAÚJO, A. I.; OSTRENSKY, A. Impactos ambientais da aquicultura em tanques-rede. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário Peixe BR da Piscicultura 2020**: ano base 2019. São Paulo: Peixe BR, 2020. Disponível em: http://www.peixebr.com.br. Acesso em: 18 jan. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361–369, 1977.

CÉSAR, G. C. L. et al. Avaliação da qualidade da água do reservatório da UsinaHidrelétrica de Peti, Minas Gerais. **Revista Geociências** (UNESP), [s. l.], v. 39, n. 4, p. 1069-1082, 2020.

CTG BRASIL. UHE Chavantes. São Paulo: **CTG Brasil**, 2026.

Disponível em: https://www.ctgbr.com.br/unidade/uhe-chavantes/. Acesso em: 11 abr. 2026

EMBRAPA. Piscicultura em tanques-rede. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica, 2009**. (Coleção CRIAR). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128301/1/ CRIAR-Piscicultura- em-tanques-rede-ed01-2009.pdf. Acesso em: 1 mar. 2026.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Relatório técnico da Barragem Pedra do Cavalo**. Salvador: INEMA, 2019. Disponível em: https://www.inema.ba.gov.br. Acesso em: 1 mar. 2026.

KONZEN, G. B.; FIGUEIREDO, J. A. S.; QUEVEDO, D. M. Histórico dos parâmetros de qualidade da água – um estudo sobre o Rio Sinos/Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 75, n. 2 (supl.), p. 1-9, 2015.

MALLASEN, M. *et al*. Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 15-30, 2012.

OLIVEIRA, E. G. de *et al.* Efeito da densidade de estocagem no desempenho produtivo da tilápia-do-nilo (Oreochromisniloticus) cultivada em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1729-1734, 2007.

PEDRAZZI, F. J. M. *et al*. Avaliação da qualidade da água no reservatório de Itupararanga, Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 33, n. 1,
p. 26-38, 2014.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, 2007.

PONTES, A. C. L. Estudo dos índices de estado trófico em reservatórios do semiárido. 2022. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

PROENÇA, D. C. *et al.* Densidade de estocagem no cultivo de tilápia do Nilo em sistema de bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,

Brasília, v. 52, n. 11, p. 1111-1115, 2017.

QUEIROZ, J. F. (org.). **Recomendações práticas para avaliação da qualidade da água na produção de tilápia em tanques-rede**. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 1 mar. 2026.

UNESP. Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP). **Boletim Técnico**: manejo e densidade de estocagem na produção de tilápias. Jaboticabal: CAUNESP, 2024.

CAPÍTULO 13

Parasitos do baiacu, *Sphoeroides greeleyi*, da Ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia

Ana Paula da Silva Celestino[66]
Gislaine Guidelli[67]
Jucimara dos Santos Mota[68]
Washington Luiz Gomes Tavechio[69]

Resumo

A espécie *Sphoeroides greeleyi* é conhecida no Brasil como baiacu-pintado, baiacu-de-areia, baiacu-mirim, baiacu-pinima ou simplesmente baiacu e, na língua inglesa, *green puffer*. O conhecimento de sua fauna parasitária era restrito a uma descrição de espécie de acantocéfalo adulto. Neste trabalho, ampliam-se os registros para 18 táxons, não tendo sido registrado o acantocéfalo. Uma espécie de Isopoda representa o primeiro registro em Tetraodontidae no Brasil. Os níveis de parasitismo também são apresentados. Trematoda predominou quanto à riqueza de táxons e abundância, devido ao hábito

[66] Graduação em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: anapaulasilva@aluno.ufrb.edu.br.
[67] Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela UEM. Doutora em Ciências Ambientais, Área de Concentração Ictioparasitologia pela UEM. Docente Associado 4 na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: gguidelli@ufrb.edu.br.
[68] Graduação em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: karineanjos@aluno.ufrb.edu.br.
[69] Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestrado em Zootecnia (Ciência Animal) pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Pesquisador e Técnico de Laboratório na UFRB. E-mail: tavechio@ufrb.edu.br.

alimentar dos peixes, que os tornam expostos a moluscos, primeiros hospedeiros intermediários de trematódeos. O táxon mais prevalente e abundante foi o trematódeo Heterophyidae (metacercária), parasito importante para outros Tetraodontidae, seguido do cestoide *Nybelinia* sp. (plerocercoide). De forma geral, as prevalências observadas diferem da registrada para outras espécies de tetraodontídeos, quase sempre mais baixas, sendo muitos dos parasitos encontrados, como *Stephanostomum* sp., provavelmente acidentais. Metade dos táxons eram larvas, indicando a importância do peixe nas transmissões parasitárias e na teia trófica regional, apesar de ser, hipoteticamente, pouco consumido por predadores piscívoros.
Palavras-chave: Tetraodontidae. Baiacu-areia. Fauna parasitária.

Introdução

Os peixes abrigam uma diversidade parasitária significativamente elevada, fenômeno que pode ser atribuído à trajetória evolutiva desses animais, durante a qual estabeleceram associações com uma ampla gama de formas de invertebrados (Thatcher, 2006). Em todos os ecossistemas aquáticos, os peixes desempenham o papel de hospedeiros para, no mínimo, uma espécie de parasito (Eiras, Velloso e Pereira, 2016) mas, via de regra, abrigam comunidades desses organismos (Luque, 2004).

Entre os peixes frequentemente estudados para parasitos, encontram-se os Tetraodontidae (Fajer-Ávila et al., 2011; Martínez-Aquino et al., 2020; Lima, Santos, Tavares-Dias, 2023), comuns no Brasil, e que figuram como espécies constantes na Bahia de Todos os Santos (Santos e Santos, 2014). A família abrange 28 gêneros e 205 espécies distribuídas em áreas tropicais e subtropicais do Atlântico, Índico e Pacífico, com muitas espécies capazes de habitar águas salobras e doces (Froese e Pauly, 2025).

Uma das espécies de tetraodontídeos ocorrentes no Brasil é *Sphoeroides greeleyi*, foco deste trabalho, considerada constante e residente na Ilha de Itaparica (Sousa, Santos e Ramos, 2019). É

conhecida popularmente como baiacu, baiacu-pintado, baiacu-de-areia, baiacu-mirim, baiacu-pinima, são carnívoros e abundantes em águas rasas do litoral brasileiro, com papel na manutenção das cadeias tróficas (Schultz, Favaro, Spach, 2002). Isso sugere um forte potencial para hospedar parasitos de transmissão trófica, especialmente larvas, que se desenvolvem como adultos em aves e mamíferos piscívoros, podendo afetar de diferentes maneiras tanto peixes quanto outros animais (Barber e Wright, 2005; Poulin, 2007).

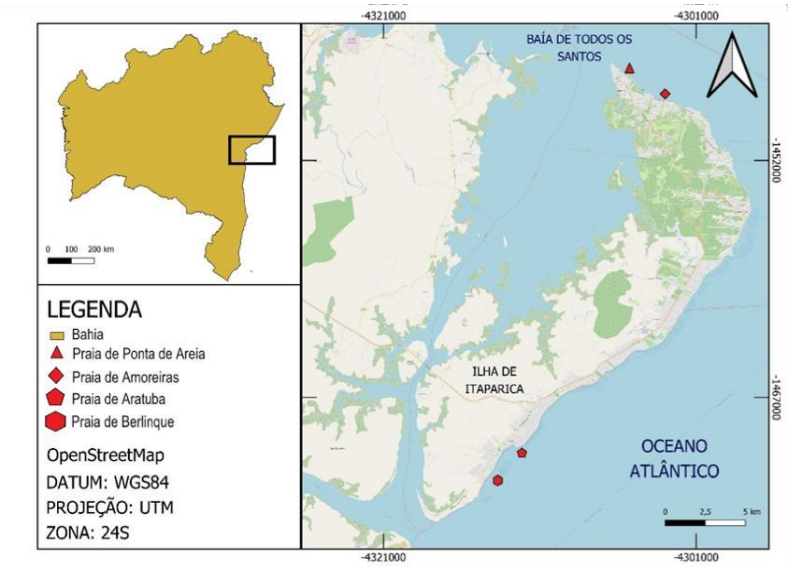
Apesar da sua relevância ecológica, há escassez de informações sobre a fauna parasitária de *S. greeleyi*, com o registro de uma espécie de acantocéfalo Echinorhynchidae, na baía de Paranaguá, no Paraná (Thatcher, 2001; Eiras et al., 2016). Neste contexto, o presente trabalho visa listar a fauna parasitária de *Sphoeroides greeleyi* da Ilha de Itaparica e seus níveis de infecção, ainda desconhecidos.

Materiais e métodos

Amostragem dos hospedeiros

A Ilha de Itaparica compreende os municípios de Vera Cruz (13º06'S – 38º45'W) e Itaparica (12º53'18" S - 38º40'43'W). Um total de 76 espécimes de *S. greeleyi* foram provenientes de quatro praias da Ilha de Itaparica (Figura 1), entre junho de 2011 e dezembro de 2018, com rede de arrasto manual de malha 12 mm entre nós, 1,7 m de altura e 13 m de comprimento. Os exemplares, medindo de 3,6 cm a 11 cm de comprimento total, foram fixados em formol a 10% e preservados em álcool a 70%.

Figura 1 - Área de estudo na Ilha de Itaparica, destacando locais de coleta em quatro praias. ▲Praia de Ponta de Areia, ◆ Praia de Amoreiras, ⬟ Praia de Aratuba e ⬢ Praia de Berlinque.



Fonte: autoral, utilizando QGIS - Geographic Information System, Versão 3.16 - http://qgis.osgeo.org, 2024.

Coleta dos parasitos

As análises parasitológicas foram realizadas de acordo com Eiras, Takemoto e Pavanelli (2000), no Laboratório de Parasitologia de Organismos Aquáticos do Núcleo de Sanidade Aquícola da UFRB. Foram observados a superfície corporal, as cavidades nasais, a boca, os olhos, as brânquias e as nadadeiras. Os órgãos internos foram retirados por uma incisão ventral e separados em placas de vidro com soro fisiológico 0,6%, para análise sob estereomicroscópio.

Os parasitos foram retirados e conservados em álcool 70%. Posteriormente, procedeu-se a quantificação dos morfotipo, para o cálculo dos níveis de parasitismo - Prevalência, Intensidade média e Abundância média (Bush et al., 1997). Foram preparadas lâminas temporárias e permanentes para

análise. Para a identificação taxonômica foram consultadas bibliografias específicas do grupo encontrado: Cestoda (Palm, 1997; Moravec e Fajer-Avila, 2000); Copepoda (May-tec et al., 2022); Isopoda (Thatcher et al., 2003); Monogenea (Vidal-Martínez e Mendoza-Franco, 2008); Nematoda (Luque et al., 2011) e Trematoda (Al-Zubaidy, 2011; Gibson, Jones, Bray, 2002; Jones, Bray, Gibson, 2005; Kohn, Fernandes e Cohen, 2007).

Resultados e discussão

Composição da parasitofauna

Todos os peixes apresentaram-se parasitados. Foram identificados 18 táxons entre os 5.509 espécimes quantificados (Tabela 1, Figuras 2 e 3). Considerando-se que o único parasito registrado na literatura para o hospedeiro é o acantocéfalo *Brasacanthus sphoeroides*, sendo *S. greeleyi* o hospedeiro-tipo (Thatcher, 2001), todos os parasitos listados aqui constituem novos registros. Dessa forma, enfatiza-se a relevância do presente trabalho para o reconhecimento da biodiversidade de parasitos brasileiros, seus espectros de hospedeiros e distribuição geográfica.

Trematoda predominou em número de táxons, considerando-se adultos e larvas, refletindo a proximidade que os moluscos gastrópodes, principais primeiros hospedeiros intermediários do grupo, têm com o peixe hospedeiro, *S. greeleyi*. Este peixe tem os gastrópodes como item alimentar muito importante (Lima et al., 2018) estando exposto, em seus sítios de forrageamento, tanto às formas infectantes liberadas pelos moluscos, quanto aos segundos hospedeiros intermediários que são infectados por elas.

Oito táxons (44,4%) têm a cadeia alimentar como via de transmissão: *Nybelinia* sp., *Bianium plicitum*, *Helicometrina nimia*, *Xystretum* sp., *Capillaria (Neocapillaria) carioca*, *Contracaecum* sp.,

Cucullanus dodsworthi e *Hysterothylacium* sp. A sua riqueza parece estar relacionada ao hábito alimentar generalista de *S. greeleyi*, que tem um amplo conjunto de itens alimentares, além de moluscos Bivalvia e Gastropoda, também Amphipoda Gammaridae, entre outros (Lima et al., 2018), que são hospedeiros intermediários de alguns Trematoda, Cestoda, Nematoda e Acanthocephala (Shaw et al., 2020). Ressalta-se a importância dos estudos da alimentação natural dos hospedeiros em suas áreas de ocorrência, visando propor hipóteses sobre os ciclos de vida dos parasitos de *S. greeleyi*.

Tabela 1 - Níveis de parasitismo em baiacu, *Sphoeroides greeleyi* (Tretraodontidae) na Ilha de Itaparica, Bahia.

Parasitos	%	IM	AM	NO	PP
PLATYHELMINTHES					
Cestoda					
Nybelinia sp.[in; 5]	43,4	4,36	1,89	144	33
Monogenea					
Heterobothrium lamothei [br, 1]	1,31	1	1,31	1	1
Trematoda					
Ascocotyle morfotipo 1 [o, nd, 4]	25	3,31	0,82	63	19
Ascocotyle morfotipo 3 [co, 5]	1,31	1	1,31	1	1
Bianium plicitum [in, 1]	26,3	9,9	2,6	198	20
Hemiuridae morfotipo 1 [in, 3]	1,31	2	0,02	2	1
Hemiuridae morfotipo 2 [in, 3]	22,3	2	0,44	34	17
Helicometrina nimia [in, 1]	13,1	2	0,26	20	10
Heterophyidae [br, o, nd, 4]	72,3	77	55,7	4.23	55
Stephanostomum sp. [r, 4]	28,9	45,8	13,2	1.008	22
Xystretum sp. [bx, 1]	2,63	5	0,13	10	2

NEMATODA					
Capillaria (Neocapillaria) carioca in, 1	1,31	1	1,31	1	1
Contracaecum sp. in, 2	1,31	1	1,31	1	1
Cucullanus dodsworthi in, 1	7,89	1	0,06	6	6
Hysterothylacium sp. in, 2	2,63	1	0,02	2	2
ARTHROPODA					
Branchiura					
Argulus sp. br, 1	1,31	1	1,31	1	1
Copepoda					
Pseudochondracanthus diceraus br, 1	18,4	2,78	0,51	39	14
Isopoda					
Cymothoa sp. *br, 1*	1,31	1	1,31	1	1

Prevalência (%), Abundância média (AM), Intensidade média (IM), NP= Número de parasitos, PP = Número de peixes parasitados Tamanho da amostra = 76 peixes. Sítios de infecção: o = olhos; nd = nadadeiras; co = coração; in = intestino; br = brânquias; r = rins; bx = bexiga urinária. 1 = adulto; 2 = larva; 3 = metacercária livre; 4 = metacercária encistada; 5 = plerocercoide.
Fonte: autoral.

Metacercárias de heterofiídeos que obtiveram maiores niveis de parasitismo foram registradas em *S. testudineus* por Scholz, Aguirre-Macedo e Salgado-Maldonado (2001) (grafada no registro como *Sphaeroides testudineus*) e Pech et al. (2009) no México, localidade onde esses parasitos são bastante prevalentes. A elevada prevalência de metacercárias de Heterophyidae e outros trematódeos em *S. greeleyi* sugere que esses peixes também desempenham um papel essencial como hospedeiros intermediários para a conclusão do ciclo de vida desses parasitos. Assim, a presença dessas metacercárias em seus tecidos pode indicar a circulação dos parasitos na área, evidenciando também possíveis relações predatórias com aves e/ou mamíferos locais (geralmente os hospedeiros definitivos),

apesar dos seus variados mecanismos de defesa.

A identificação morfológica ao nível de gênero e/ou espécie para os trematódeos Heterophyidae (Figura 3A, 3B e 3D) e Hemiuridae (Figura 3C, 3G) não foi possível por estarem em estágio de metacercária e tamanho reduzido, sendo necessários estudos moleculares complementares. Típico da família Heterophyidae, *Ascocotyle* sp. (Figura 3A, 3B e 3D) é comum em peixes enquanto larva, além de aves e mamíferos piscívoros na fase adulta (Scholz, Aguirre-Macedo e Salgado-Maldonado, 2001).

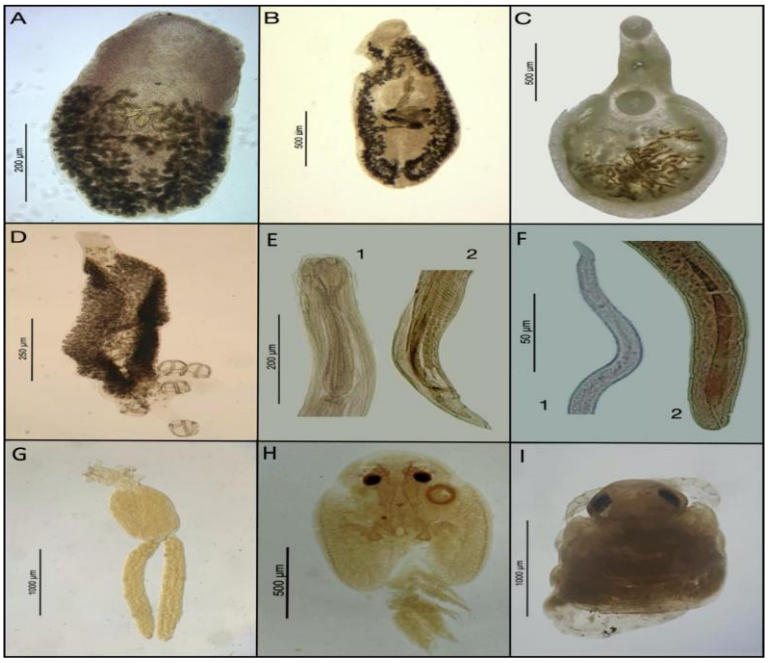
Nybelinia sp. (Figura 3E) emergiu como o segundo táxon mais prevalente na amostra. De acordo com Eiras, Velloso e Pereira (2016) e Pavanelli, Takemoto e Eiras (2013), são frequentemente encontrados em peixes, utilizando-os como hospedeiros intermediários ou paratênicos (de espera). Não há registros documentados na literatura de *Nybelinia* sp. em *Sphoeroides*. Em *Lagocephalus laevigatus* do México o parasito teve prevalência relativamente baixa (9,68%) (Pantoja et al., 2023). Os valores observados sugerem que os peixes possivelmente ingerem com frequência copépodes infectados com larvas procercoides, o que os torna hospedeiros intermediários ou paratênicos, indicando importante contribuição para o ciclo de vida desses parasitos.

Os adultos são encontrados em peixes cartilaginosos (Naidenova, Nigmatullin, Gaevskaya, 1985; Palm et al., 2009). Chondrichthyes predadores de Tetraodontidae em suas áreas nativas incluem, segundo Ulman et al. (2021), o tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*) e o tubarão-limão (*Negaprion brevirostris*). Além destes, os autores destacam peixes ósseos, a exemplo dos peixes-lagarto (*Synodus* spp.), de bagres (*Arius* spp.), do beijupirá (*Rachycentron canadum*), do atum (*Katsuwonus pelamis*); serpentes-marinhas (*Enhydrina* spp.) e invertebrados, tais como as tamarutacas (Stomatopoda) e o polvo comum (*Octopus vulgaris*).

Os Hemiuridae (Figura 3C e 3G) são trematódeos

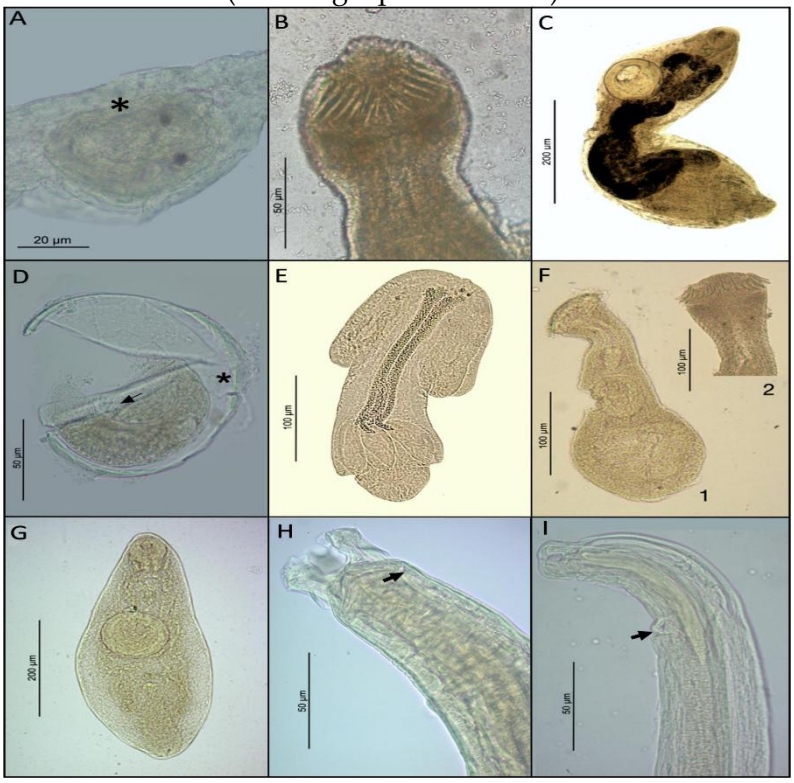
digenéticos que utilizam os peixes como hospedeiros intermediários e definitivos (Gibson, Jones, Bray, 2002). Na literatura não foram encontrados registros da ocorrência de *Ascocotyle* sp. e Hemiuridae em espécies do gênero *Sphoeroides.*

Figura 2 - Parasitos adultos do baiacu, *Sphoeroides greeleyi*, da Ilha de Itaparica, Bahia. A - *Bianium plicitum* (Lepocreadiidae); B - *Helicometrina nimia* (Opecoelidae); C - *Xystretum* sp. (Gorgoderidae); D - *Heterobothrium lamothei* (Diclidophoridae); E - Macho de *Cucullanus dodsworthi*, 1. Região do esôfago e 2. Cauda; F - Macho de *Capillaria (Neocapillaria) carioca* (Capillariidae), 1. Extremidade anterior e 2. Cauda; G - *Pseudochondracanthus diceraus* (Chondracanthidae); H - *Argulus* sp. (Argulidae); I - Extremidade cefálica de *Cymothoa* sp. (Cymothoidae).



Fonte: Laboratório de Parasitologia de Organismos Aquáticos do Núcleo de Sanidade Aquícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Figura 3 - Fases larvais em Sphoeroides greeleyi, da Ilha de Itaparica, Bahia. A - Ascocotyle morfotipo 1 (Heterophyidae) (*Asterisco: cisto do parasito); B - Ascocotyle morfotipo 3; C - Hemiuridade gên. e. esp. 1; D - Heterophyidae (Seta estreita: espinhos orais; Asterisco: cisto do parasito); E – Nybelinia sp. (Tentaculariidae); F - Stephanostomum sp. (Acanthocolpidae); G - Hemiuridade gên. e. esp. 2; H - Contracaecum sp. (Anisakidae) e I - Hysterothylacium sp. (Raphidascarididae) (Seta larga: poro excretor).



Fonte: Laboratório de Parasitologia de Organismos Aquáticos do Núcleo de Sanidade Aquícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

O parasito *Stephanostomum* sp. (Figura 3F) ocorreu em apenas um hospedeiro. Em pesquisa de Rodríguez-Santiago et al. (2023), registrou-se o parasito em *S. testudineus* no México, com prevalência alta (70%). Isso pode indicar que *S. greeleyi,* que

compartilha nichos e recursos com *S. testudineus* na região, não seja o hospedeiro ideal para estes parasitos, tendo sido infectados de forma acidental.

O ciclo de vida de espécies de *Bianium* inclui larvas encontradas em gastrópodes e metacercárias em outros invertebrados e/ou peixes. Os adultos, em geral, parasitam o intestino de Tetraodontiformes (Bray, Cribb; Barker, 1996; Jones et al., 2005), o que explica os altos níveis de parasitismo observados para *Bianium plicitum* (Figura 2A e Tabela 1). Os resultados são consistentes com estudos anteriores que relataram níveis de parasitismo elevados em duas outras espécies de Tetraodontidae (Fajer-Ávila et al., 2004; Pantoja et al., 2023). Nossos achados corroboram ainda a importância dos Tetraodontidae da Ilha de Itaparica, Bahia como hospedeiros definitivos apropriados para que esses parasitos completem seu ciclo de vida, contribuindo para sua permanência no ecossistema.

Helicometrina nimia (Figura 2B) pode parasitar diversas famílias de peixes marinhos (Roumbedakis et al., 2014). Não existem informações anteriores sobre os níveis de parasitismo de *H. nimia* (Figura 2B) em Tetraodontiformes. As informações disponíveis referem-se a registros antigos apenas da ocorrência em *Lagocephalus laevigatus* (Travassos et al., 1967 citado por Eiras, Velloso e Pereira , 2016) e *Sphoeroides spengleri* (Nahhas e Cable, 1964).

O gênero *Xystretrum* (Figura 2C) é encontrado exclusivamente em peixes marinhos, com predomínio em Tetraodontiformes (Cutmore et al., 2013) e taxonomia complexa e ainda em resolução. Conforme Martínez-Aquino et al. (2020), mesmo com a utilização de dados morfológicos e moleculares, a identificação das espécies é difícil. Por esta razão optou-se por realizar a identificação ao nível genérico para *S. greeleyi*. Para *Xystretrum solidum* os níveis de parasitismos em *S. testudineus* no México apresentaram valores mais altos que o presente

(Rodríguez-Santiago et al., 2023).

O ectoparasito *Heterobothrium lamothei* (Figura 2D), possui ciclo de vida monoxênico, dispensando hospedeiros intermediários (Morsy *et al.*, 2021). O parasito foi documentado infectando as brânquias de *S. testudineus* em águas mexicanas. Vidal-Martínez e Mendoza-Franco (2008) observaram níveis de parasitismo relativamente baixos. Posteriormente, Pech et al. (2009) associaram tanto o peixe quanto seus helmintos como bioindicadores de poluição química. Esses resultados são consistentes com os achados do presente estudo, que também identificou níveis baixos de parasitismo e sua ocorrência na Ilha de Itaparica pode futuramente auxiliar no monitoramento da qualidade das praias.

Dentre os nematóides, *Cucullanus dodsworthi* (Figura 2E) e *Capillaria (Neocapillaria) carioca* (Figura 2F) foram originalmente descritas no Brasil sendo *Sphoeroides testudineus* o hospedeiro-tipo (Eiras, Velloso e Pereira , 2016). *Capillaria (N.) carioca* é a única espécie de Capillariidae conhecida por parasitar Tetraodontiformes (Moravec et al., 1995). No entanto, o conhecimento sobre a biologia desses capilariídeos é limitado, principalmente devido aos desafios na classificação taxonômica, baseada na morfologia (Moravec, Nagasawa, Madinabeitia, 2010). No presente estudo tal parasito foi observado em apenas um dos ambientes estudados (praia de Amoreiras), com baixa prevalência..

Diversas espécies de *Cucullanus* parasitam várias espécies de peixes (Rodríguez, Bañón, Ramilo, 2019). Estudos conduzidos no México mostraram níveis de parasitismo baixos para Cucullanidae (Pech et al., 2009) e *Cucullanus* sp. (Rodriguez-Santiago *et al.*, 2023) ambos em *S. testudineus*, resultados similares aos encontrados neste estudo.

Espécies do gênero *Hysterothylacium* podem parasitar peixes, tanto na fase larval quanto adulta (Luque *et al.*, 2011). Os níveis de parasitismo observados para larvas dos nematoides

Contracaecum sp. e *Hysterothylacium* sp. foram relativamente baixos. Pech et al. (2009) observaram valores superiores a este estudo para ambos os parasitos e Rodríguez-Santiago *et al.* (2023) para *Hysterothylacium* sp. em *S. testudineus* no México. A baixa prevalência destes nematóides em *S. greeleyi* pode sugerir que os mesmos atuem como hospedeiro paratênico ou sejam também infecções acidentais. Algumas espécies de *Contracaecum,* por exemplo, não possuem especificidade de hospedeiros intermediários/paratênicos, podendo infectar várias espécies de peixes e outros organismos aquáticos para aumentar suas chances de sobrevivência e propagação (Mhaisen e Abdul-Ameer, 2021), o que pode aumentar as chances de uma infecção acidental.

Crustáceos são comumente encontrados como parasitos em peixes marinhos, sendo os copépodes e isópodes destacados como parasitos de relevância. Em extenso levantamento de Isopoda, realizado por Bunkley-Williams et al. (2006), em 187 espécies de peixes na Venezuela, incluindo *S. greeleyi*, foram observadas 12 espécies de peixes parasitadas e nenhum Isopoda em *S. greeleyi*. Aqui, o único espécime de Isopoda observado apresentava até o 3º pereonito (tórax), o que possibilitou a identificação do gênero *Cymothoa* (Figura 2I), devido ao céfalon distinto, não lobado e imerso no 1º pereonito, fronte arredondada e olhos presentes. *Cymothoa* spp. foram registradas por Bunkley-Williams *et al.* (2006) em quatro espécies (Carangidae, Haemulidae, Priacanthidae) e mais 18 espécies por outros autores citados por eles, nenhuma delas sendo Tetraodontidae.

No Brasil, não há registros de Isopoda em tetraodontídeos. Recentemente, Virgilio et al. (2020) estudaram 83 espécies de peixes para Isopoda, estando 34 parasitadas por estes organismos, o que não incluiu um tetraodontídeo. Assim, este é um primeiro registro não somente para a espécie hospedeira, mas para a família Tetraodontidae.

O gênero *Argulus* é diverso, ocorrendo tanto em água doce quanto salgada, possibilitando parasitar uma diversidade de espécies de peixes (Malta e Silva, 1986). Entretanto, para *S. greeleyi*, os níveis de parasitismo por *Argulus* sp. (Figura 2H) foram baixos. O mesmo parasito ocorre em *Lagocephalus laevigatus* com maior prevalência (9%) (May-tec, Baños-Ojeda, Mendoza-Franco, 2022). Em *Sphoeroides* este representa o primeiro registro. No Brasil, há registro de *Argulus pestifer* em Tetraodontidae, especificamente em *Colomesus asellus* (Lima, Santos, Tavares-Dias, 2023), com prevalência extremamente baixa (0,9).

Por outro lado, copépodes *Pseudochondracanthus diceraus* (Figura 2G) foram observados em *Sphoeroides nephelus*, *S. parvus*, *S. spengleri* e *S. testudineus* (May-tec, Baños-Ojeda, Mendoza-Franco, 2022), assim como em *S. annulatus* no México (Fajer-Ávila et al., 2011). Todos estes tiveram níveis de parasitismo elevados, como os registrados aqui, demonstrando a importância do gênero de peixes para o parasito e sugerindo uma possível especificidade filogenética de tais parasitos.

Conclusão

O conjunto de resultados obtidos demonstra que os esforços para levantamentos da diversidade de parasitos no Brasil são necessários e têm muito a revelar. O hospedeiro, ainda tão pouco estudado, apesar de ter um parasito descrito anteriormente, mostrou 18 novos registros de parasitos dos principais grupos taxonômicos. Revelou ainda que, apesar de ser um peixe, hipoteticamente, pouco predado devido aos seus eficientes mecanismos de defesa, parece ser um importante elo na teia alimentar e no ciclo de vida de parasitos na região, esclarecendo ou indicando questões ecológicas locais.

Estudos como este, portanto, contribuem não apenas para o conhecimento da diversidade parasitária em

Tetraodontidae, mas também para a compreensão dos sistemas ecológicos em que a espécie *S. greeleyi* está inserida. A partir destes primeiros registros da fauna do peixe, futuras investigações poderão explorar mais profundamente as interações parasito-hospedeiro locais.

Agradecimentos

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pelo financiamento de toda a estrutura física do Núcleo de Sanidade Aquícola do Recôncavo. À Bióloga Luiza Teles Barbosa Ferreira pela cessão dos peixes.

Referências

AL-ZUBAIDY, A. Digenetic Trematodes (Acanthocolpidae Lühe, 1906: Genus *Stephanostomum* Looss, 1899) From Red Sea Fishes, Yemen Coast. **Journal of King Abdulaziz University** - Marine Sciences, v. 22, p. 65-75, 2011.

BARBER, I; WRIGHT, H. A. Effects of parasites on fish behavior: interactions with host physiology. In: SLUMBER, Edward (Ed.). **Fish Physiology and Behaviour**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, v. 1, p. 109-207, 2005.

BRAY, R. A., CRIBB, T .H.; BARKER, S. C. Diploproctodaeinae (Digenea: Lepocreadiidae) from the coastal fishes of Queensland, Australia, with a review of the subfamily. **Journal of Natural History**, v.30, n. 3 p. 317-366, 1996.

BUNKLEY-WILLIAMS, L. *et al*. Isopods (Isopoda: Aegidae, Cymothoidae, Gnathiidae) associated with Venezuelan marine fishes (Elasmobranchii, Actinopterygii). **Revista de Biología Tropical**, v. 54, p. 175-188, 2006.

BUSH, A. O. *et al*. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al*. revisited. **Journal of Parasitology**, v. 83, n. 4, p. 575 - 583, 1997.

CAMPBELL, R. A. Family Gorgoderidae Looss, 1899. In: BRAY, R. A., GIBSON, D. I.; JONES, A. (Ed.) **Keys to the Trematoda**. Vol. 3. Wallinford: CABI Publishing and the Natural History Museum, Wallingford, p. 191–213, 2008.

CUTMORE, S. C. *et al*. Phylogenetic relationships of the Gorgoderidae (Platyhelminthes: Trematoda), including the proposal of a new subfamily (Degeneriinae n. subfam.). **Parasitology Research**, v. 112, p. 3063-3074, 2013.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. 1ºed. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 171 p, 2000.

EIRAS, J. C.; VELLOSO, A. L.; PEREIRA, J. JR. **Parasitos de peixes marinhos da América do Sul.** Rio Grande: Editora da FURG, p. 444p, 2016.

FAJER-ÁVILA, E. J. *et al.* Pathology caused by adult *Pseudochondracanthus diceraus* (Copepoda: Chondracanthidae), a parasite of bullseye pufferfish *Sphoeroides annulatus*. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 46, n. 3, p. 293-302, 2011.

FAJER-ÁVILA, E. J *et al*. Patterns of Occurrence of the Platyhelminth Parasites of the Wild Bullseye Puffer (*Sphoeroides annulatus*) off Sinaloa, Mexico. **The Journal of Parasitology**, v. 90, n. 2, p. 415 - 418, 2004.

FROESE, R.; PAULY, D. (Ed.). **FishBase**. World Wide Web electronic publication. Versão 11/2025. (Disponível em www.fishbase.org). Acesso em 18/01/2026.

GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. **Keys to the Trematoda**. Wallingford: CABI Publicação e o Museu de História Natural, Vol. 1, 1-305p. 2002.

JONES, E.; BRAY, R. A.; GIBSON, D. I. (Eds.). **Keys to the Trematoda** Wallingford: International and the Natural History Museum. v. 2, p. 443-545, 2005.

KOHN, A.; FERNANDES, B. M. M.; COHEN, S. C. **Trematódeos parasitas de peixes da América do Sul**. Rio de Janeiro: Imprint Express Ltda, p. 318, 2007.

LIMA, C. S. S. *et al*. Strategies of resource partitioning between two sympatric puffer fishes in a tropical hypersaline estuary, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**. v. 101. p.1105-1119, 2018.

LIMA, E. S.; SANTOS, C. B. R; TAVARES-DIAS, M. Parasitas metazoários em *Colomesus asellus* (Pisces: Tetraodontidae) do Rio Amazonas, no Brasil: um estudo ecológico, anual e sazonal. **Journal of Natural History**, v. 57, n. 13-16, p. 885-903, 2023.

LUQUE, J. L. Biologia, epidemiologia e controle de parasitos de peixes. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.13, n. 1, p. 161-163, 2004**.**

LUQUE, J. L. *et al*. Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. **Zootaxa**, v. 3082, n. 1, p. 1–8, 2011.

MALTA, J. C. O.; SILVA, E. N. S. *Argulua amazonicus* n. sp., crustáceo parasito de peixes da Amazônia Brasileira (Branchiura: Argulidae). **Amazoniana**, v. IX, n. 4., p. 485-492, 1986.

MARTÍNEZ-AQUINO, A. *et al*. New morphological and molecular data for *Xystretrum solidum* (Gorgoderidae, Gorgoderinae) from *Sphoeroides testudineus* (Tetraodontiformes, Tetraodontidae) in Mexican waters. **Zookeys**, v. 925, p. 141–161, 2020.

MAY-TEC, A. L.; BAÑOS-OJEDA, C.; MENDOZA-FRANCO, E. F. Parasitic crustaceans (Branchiura and Copepoda) parasitizing the gills of puffer fish species (Tetraodontidae) from the coast of Campeche, Gulf of Mexico. **ZooKeys**, v. 1089, p. 73, 2022.

MHAISEN, F. T.; ABDUL-AMEER, K. N. Checklist of fish hosts of species of *Contracaecum* Railliet & Henry, 1912 (Nematoda: Ascaridida: Anisakidae) in Iraq. **Biological and Applied Environmental Research**, v. 5, n. 2,
p. 281-306, 2021.

MORAVEC F.; NAGASAWA. K.; MADINABEITIA, I. A new species of *Capillaria* (Nematoda: Capillariidae) from the intestine of the marine fish *Acanthopagrus schlegelii schlegelii* (Sparidae) from Japan. **The Journal of Parasitology**, v. 96.n. 4 p. 771-773. 2010.

MORAVEC, F.; FAJER-AVILA, E. *Huffmanela mexicana* n.

sp.(Nematoda: Trichosomoididae) from the marine fish *Sphoeroides annulatus* in Mexico. **Journal of Parasitology**, v. 86, n. 6, p. 1229-1231, 2000.

MORAVEC, F. *et al*. Redescription of the male and first description of the female of *Capillaria carioca* Freitas et Lent, 1935 (Nematoda: Capillariidae), a parasite of the marine fish *Sphoeroides testudineus*. **Parasitology Research**, v. 81, p. 668 - 671, 1995.

MORSY, K. *et al*. Morphology and molecular phylogeny of *Heterobothrium lamothei* (Monogenea: Diclidophoridae), a gill parasite infecting the tiger puffer fish *Lagocephalus sceleratus* (Tetraodontidae). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, p. 1117-1127, 2021.

MOTA, J. S. **Diversidade da fauna de parasitos do baiacu-mirim, *Sphoeroides testudineus* (Tetraodontidae), de águas costeiras da Bahia**. Trabalho de Conclusão de Cruso (Bacharelado em Biologia - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia). 2024. 47 p.

NAHHAS, M. F.; CABLE, R. M. Digenetic and Aspidogastrid Trematodes from marine fishes of Curaçao and Jamaica. **Tulane Studies in Zoology and Botany**, v. 11, n. 5, p. 167-228, 1964.

NAIDENOVA, N. N.; NIGMATULLIN, Ch. M; GAEVSKAYA, A. V. The helminth fauna and host– parasite relations of squids *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson)(Cephalopoda, Ommastrephidae) in the Indian Ocean and the Red Sea. **NOAA Technical Report NMFS**, v. 25, p. 113-116, 1985.

NASCIMENTO, L. **Comportamento da linha da costa nos últimos 50 anos e o risco de prejuízos econômicos na face oceânica da Ilha de Itaparica - Bahia**. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Salvador-BA, 2012.

PALACIOS-SÁNCHEZ S.; VEGA-CENDEJAS M. E. Cambios alimentícios em três espécies de *Sphoeroides* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) posterior al huracán Isidoro en Bocana de la Carbonera, Sureste del Golfo de Mexico. **Revista de Biologia Tropical** 58:1223–1235, 2010.

PALM, H. W. Cestoides de Trypanorhyncha de Peixes Comerciais de Águas Costeiras do Nordeste brasileiro.

Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 92, n. 1, p. 69-79, 1997.

PANTOJA, E. R. *et al.*. Parasitic helminths of smooth puffer *Lagocephalus laevigatus* (Linnaeus, 1766) (Tetraodontidae) in Chachalacas, Veracruz. **Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan**, v. 11, n. 1, p. 67-78, 2023.

PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. (Org.). **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. 1a Ed., Maringá : EDUEM, p. 452, 2013.

PECH, D. *et al*. The checkered puffer (*Sphoeroides testudineus*) and its helminths as bioindicators of chemical pollution in Yucatan coastal lagoons. **Science of the total environment,** v. 407, n. 7, p. 2315-2324, 2009.

POULIN, R**. Evolutionary ecology of parasites**. 2a Ed. New Jersey: Princeton University Press, 342 p. 2007.

RODRÍGUEZ-SANTIAGO, M. A. *et al*. Fauna parasitaria de cuatro especies de peces globo (Tetraodontiformes) del sureste de México. **SIBIUAS Revista De La Dirección General De Bibliotecas.** v, 1. n, 1. p, 18-27. 2023.

RODRÍGUEZ, H.; BAÑÓN, R.; RAMILO, A. The hidden companion of non-native fishes in north-east Atlantic waters. **Journal of Fish Diseases**, v. 42, n. 7, p. 1013-1021, 2019.

ROUMBEDAKIS, K. *et al*. *Helicometrina nimia* Linton, 1910 (Digenea: Opecoelidae) in dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei: Serranidae) from southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 472-479, 2014.

SANTOS, G. T. S.; SANTOS, A. C. A. Ocorrência, distribuição e aspectos da biologia de peixes da família Tetraodontidae (Actinopterygii, Tetraodontiformes) na Baía de Todos os Santos, BA. **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, n. 27, 2014.

SCHOLZ, T.; AGUIRRE-MACEDO, M. L.; SALGADO-MALDONADO, G. Trematodes of the family
Heterophyidae (Digenea) in Mexico: a review of species and new host and geographical records. **Journal of Natural History**, Mexico, v. 35, n. 12, p. 1733–1772, Dez. 2001.

SCHULTZ, Y. D.; FAVARO, L. F.; SPACH, H. L. Aspectos reprodutivos de *Sphoeroides greeleyi* (Gilbert), Pisces, Osteichthyes, Tetraodontidae, da gamboa do Baguaçu, Baia de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 65 - 76, 2002.

SEDUR - Secretaria de Desenvolvimento Urbano-BA. **Diagnóstico da Ilha de Itaparica.** Relatório (Contratação de serviços especializados de consultoria para a realização de estudos urbanísticos e a elaboração, com participação social, dos instrumentos de política urbana, essenciais e estratégicos relacionados ao desenvolvimento socioeconômico da macroárea de influência da ponte Salvador – Itaparica/SVO. DEMACAMP, Instituto Pólis e Oficina Consultores, 352 p, 2014.

SHAMSI, S. Parasite loss or parasite gain? Story of *Contracaecum* nematodes in antipodean waters. **Parasite Epidemiology and Control 3**: e00087. p.01 -07. 2019.
SHAW, J. C. *et al*.. High parasite diversity in the amphipod *Gammarus lacustris* in a subarctic lake. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 21, 2020.

SKINNER, P. P. D. **Viagens e turismo: A Colônia Hippie e os aspectos contemporâneos da Praia de Berlinque**. Monografia (Ciencias Sociais) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal da Bahia. Salvador/BA, 2014.

SOUSA, E. R.; SANTOS, H. R. G.; RAMOS, F. M. Ictiofauna da praia de Berlinque, Ilha de Itaparica, município de Vera Cruz – BA. In: SILVA, D. A. S. (Org.) **Agronomia:** elo da cadeia produtiva, Ponta Grossa: Atena Editora, v. 6., p. 33-43, 2019.
SOUZA, J. L.; SILVA, I. R. Avaliação da qualidade ambiental das praias da Ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 469-484, 2015.

THATCHER, V. E. **Amazon Fish Parasites**. Pensoft Published; Sofia-Moscow. 2a ed. p.508, 2006.

THATCHER, V. E. *Brasacanthus sphoeroides* gen. n., sp. n. (Acanthocephala, Echinorhynchidae) from a coastal marine fish of Parana State, Brazil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 4, p. 1319 -1323, 2001.

THATCHER, V. E. *et al*. Comparative morphology of *Cymothoa* spp. (Isopoda, Cymothoidae) from Brazilian fishes, with the description of

Cymothoa catarinensis sp. nov. and redescriptions of *C. excisa* Perty and *C. oestrum* (Linnaeus). **Revista brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 541-552, 2003.

ULMAN *et al*. Low Pufferfish and Lionfish Predation in Their Native and Invaded Ranges Suggests Human Control Mechanisms May Be Necessary to Control Their Mediterranean Abundances. **Front. Mar. Sci.** v. 8, p. 670413, 2021. doi: 10.3389/fmars.2021.670413.

VIDAL-MARTÍNEZ, V. M.; MENDOZA-FRANCO, E. F. *Heterobothrium lamothei* n. sp. (Monogenea: Diclidophoridae) from the gills of *Sphoeroides testudineus* (Pisces: Tetraodontidae) from the coast of Yucatán, Mexico. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v.79, p. 89-93, 2008.

VIRGILIO, L. R. *et al*. De O. Isopods Cymothoidae ectoparasites of fish from the Amazon. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 29, n. 4, p. e017920, 2020.

CAPÍTULO 14

Fazendo contas na Colônia Z-92

Alessandra Bandeira de Azevedo[70]
Ludmila Meira[71]
Ana Paula da Silva[72]

Resumo

Este estudo tem como objetivo analisar a aplicação do Estudo de Viabilidade Econômica (EVE) como instrumento de apoio à gestão em empreendimentos coletivos da aquicultura familiar. A pesquisa foi desenvolvida no contexto do projeto "Ciência na Mesa", no âmbito de uma parceria entre a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e a Colônia de Pescadores e Aquicultores Z-92, localizada no município de Conceição da Feira (BA), tendo como objeto empírico a produção de tilápia em sistema de tanques-rede. Metodologicamente, adotou-se a abordagem de pesquisa-ação, com uso de análise documental, entrevistas e realização de oficinas formativas, fundamentadas na metodologia de incubação de cooperativas populares e no método CAPINA de EVE. Os resultados evidenciam que a sistematização dos custos, receitas, depreciação, margem de contribuição e ponto de equilíbrio possibilitou maior compreensão do processo produtivo pelos pescadores, qualificando a tomada de decisão coletiva. Conclui-se que o EVE, além de instrumento técnico, constitui

[70] Graduação em Administração pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestrado e Doutorado em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: aless@ufrb.edu.br.

[71] Graduação, Mestrado e Doutorado em Administração pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Docente Adjunto na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: ludmilameira@ufrb.edu.br.

[72] Graduanda em Tecnologia em Gestão de Cooperativas na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: paulasilvast68@gmail.com.

ferramenta pedagógica e política, contribuindo para o fortalecimento da gestão democrática ao subsidiar decisões mais conscientes sobre produção, comercialização e distribuição das sobras no âmbito do empreendimento coletivo.
Palavras-chave: Viabilidade Econômica. Autogestão. Aquicultura familiar.

Introdução

Este capítulo relata o resultado de uma parceria entre o curso de Engenharia de Pesca e o Programa Cooperativa Escola do curso superior de tecnologia em Gestão de Cooperativas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). A parceria se deu no âmbito do projeto "Peixe na mesa do pescador e dos alunos: uma ação conjunta na aquicultura familiar visando a inovação e a capacitação no campo" coordenado pelo professor Bruno Olivetti e financiado pelo edital Ciência na Mesa.

Os editais do governo da Bahia, denominados Ciência na Mesa, compõem o Programa Bahia Mais Inovadora, liderado pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (Secti), com algumas ações executadas Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia (Fapesb) e têm o objetivo de reunir soluções inovadoras para desenvolver ferramentas que auxiliem na erradicação da pobreza na Bahia.

No âmbito desse projeto, foram desenvolvidas ações junto a pescadores artesanais da Colônia Z92, que fica situada no Povoado da Estrada Grande, no município de Conceição da Feira, a 120 km da capital Salvador, criada em 2007, por um grupo de pescadores. A participação do Programa Cooperativa Escola teve como foco a formação em gestão e análise de viabilidade econômica da produção da tilápia em sistema de tanques-rede.

A atividade pesqueira não é algo novo ou pertencente a um grupo de pessoas específico, mas está ligada a sobrevivência de outrora, que usava as mãos para fazer o pescado, mas, com o

passar dos tempos foram aperfeiçoando-se no que tange ferramentas de uso para caça de peixes atrelado a evolução da agricultura. Muitos camponeses passaram a morar perto de rios para fazer o pescado para sua sobrevivência. Os povos que habitavam as margens do Rio Nilo, por exemplo, começaram a ter o domínio da tecelagem e passaram a produzir as primeiras, redes, lanças, linhas e varas de pesca.

Aquicultura familiar é o sistema de produção aquícola conduzido por unidade familiar, em pequena escala, com predominância de mão de obra da família, gestão integrada ao domicílio e foco em autoconsumo, segurança alimentar e renda complementar, com inserção em circuitos curtos ou coletivos de comercialização (Bueno et al., 2014).

Em termos de gestão de cooperativas, vale destacar que a aquicultura familiar tende a se fortalecer quando há organização coletiva para compra de insumos, assistência técnica, beneficiamento e comercialização, porque a escala individual costuma ser pequena e a cooperação reduz custos e aumenta poder de negociação (Sousa et al., 2018).

Apesar da existência de estudos sobre aquicultura familiar e de iniciativas de apoio técnico à produção, ainda são limitadas as análises que integram, de forma sistemática, instrumentos de gestão econômica, como o Estudo de Viabilidade Econômica (EVE), a processos participativos de formação e tomada de decisão em empreendimentos coletivos. Em especial, observa-se uma carência de pesquisas que investiguem como esses instrumentos são apropriados pelos próprios sujeitos, no caso pescadores artesanais, e de que maneira influenciam decisões concretas sobre organização produtiva, comercialização e distribuição das sobras**.**

Destarte, este capítulo tem como objetivo: Analisar a contribuição do Estudo de Viabilidade Econômica (EVE), desenvolvido no âmbito da extensão universitária, para o fortalecimento da gestão democrática e da autogestão em um

empreendimento coletivo de aquicultura familiar.

Materiais e métodos

O percurso metodológico deste trabalho baseia-se na abordagem de pesquisa-ação defendida por Thiollent (1986), considerada mais apropriada para atuar de forma imbricada entre pesquisa e extensão.

> […] a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. (Thiollent, 1986, p.14)

As técnicas de coleta de dados foram diversificadas e incluíram análise documental, entrevista e realização de oficinas. Para análise documental, os principais documentos consultados foram: estatuto e regimento da cooperativa (para compreender a organização do quadro social) e dados compilados da pesquisa de professores e estudantes de Engenharia de Pesca (para compor o estudo de viabilidade econômica).

Para realização da entrevista realizada em 17 de abril de 2025, um roteiro foi elaborado com objetivo sondar quais formulários e rotinas administrativas já eram desenvolvidas na Colônia e, assim, subsidiar a realização da Oficina sobre Rotinas Administrativas. Por fim, foram realizadas 04 oficinas: I - Diagnóstico Participativo "Linha do Tempo", em 21 de fevereiro de 2025; II - Rotinas Administrativas em 16 de junho de 2025; III -Organização do Quadro Social (OQS), em 17 de julho de 2025; e IV -Estudo de Viabilidade Econômica (EVE), em 26 de setembro de 2025.

As ações foram fundamentadas na metodologia de

Incubação de cooperativas populares (Cançado, Cançado, 2009) e na Cartilha de Estudo de viabilidade econômica na agricultura familiar (Azevedo, Alves e Lacerda, 2018) que, por sua vez, baseia-se no método da Cooperação e Apoio a Projetos de Inspiração Alternativa (Capina).

Na oficina Rotinas Administrativas foram desenvolvidas dinâmicas introdutórias e ferramentas como controle de vendas, escala de trabalho, formulário de ocorrências das gaiolas (tanque-rede). Já a Oficina OQS levou os colonos a refletirem sobre seu Estatuto e Regimento Interno identificando os cargos e funções estabelecidos nestes documentos. Por fim, o EVE que foi desenvolvido em reuniões com o coordenador do Projeto e posteriormente discutido com os pescadores.

Resultados e discussão

A presente subseção estrutura-se em duas partes complementares. Inicialmente, procede-se à caracterização e contextualização da Colônia Z-92, tomada como unidade empírica central deste estudo, considerando seus aspectos históricos, organizacionais e territoriais. Em seguida, apresenta-se o estudo de viabilidade econômica e seus conceitos, elaborado em diálogo com os pescadores, destacando os principais parâmetros técnicos adotados e as percepções dos participantes.

Contextualização da Colônia

Segundo Luz (2025), a Colônia de Pescadores e Aquicultores Z-92 está localizada no rio Jacuípe, importante afluente do Rio Paraguaçu, nas proximidades do reservatório da Usina Hidrelétrica de Pedra do Cavalo, no município de Conceição da Feira, estado da Bahia, região Nordeste do Brasil. A área apresenta relevância estratégica para a atividade pesqueira e aquícola, em função de suas características

hidrológicas e da proximidade com um importante reservatório artificial.

A organização é composta por 16 pescadores artesanais, cuja principal atividade econômica é o extrativismo pesqueiro. Paralelamente, os integrantes da Colônia desenvolvem atividades de piscicultura em sistema de tanques-rede, caracterizando uma estratégia de diversificação produtiva e de complementação de renda.

> Quanto a piscicultura, os integrantes da Colônia desempenham os manejos diários da produção, atuando em duplas de forma escalonada em turnos de trabalho, realizando plantões de 24 horas a cada 8 dias, sendo desenvolvidas atividades como repicagens, povoamentos e manutenções nas estruturas (Luz, 2025, p. 21).

Criada em 2007, por um grupo de pescadores, a Associação de Pescadores, em seu início, tinha um quadro de 230 associados, e, em sua maioria, os meios de sua produção constituíam-se de forma artesanal. Mas, em 16 de dezembro de 2014, fundaram a Colônia de Pescadores Z92, com um número de associados bem menor. A Colônia passou a realizar suas atividades em parceria com a UFRB, atividades nas quais incluem trabalho de pesquisa com produção de tilápias, estudo da qualidade da água e EVE (Estudo de Viabilidade Econômica).

Os pescadores, em contrapartida, cederam o espaço e as informações necessárias para a equipe de pesquisadores. A Colônia Z-92 conta com um quadro de 22 associados, divididos em funções, como Presidente, Tesoureira, Secretária, Conselho Fiscal e associados que atuam no setor pesqueiro. Todas essas funções estão estabelecidas no estatuto social da associação.

No âmbito das oficinas, constatou-se que o acesso ao mercado pela Colônia Z-92 ocorre, em sua maioria, por canais indiretos, sendo a comercialização realizada principalmente por meio de atravessadores. Verificou-se que apenas uma parcela

minoritária dos colonos acessa o mercado institucional de forma individualizada, especialmente por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Ademais, identificou-se que uma pequena fração da produção é destinada à feira local. Esse cenário evidencia limitações na organização coletiva para inserção mais qualificada no mercado convencional e para a ampliação da agregação de valor ao produto.

Conceitos para a compreensão do EVE

Para a compreensão do funcionamento do EVE, torna-se necessário o entendimento prévio de determinados conceitos e definições utilizados na elaboração deste estudo. Nesse sentido, apresenta-se, a seguir (Quadro 1), os principais conceitos, conforme as formulações propostas pelo grupo CAPINA (Cooperação e Apoio a Projetos de Inspiração Alternativa).

Quadro 1 - Termos e definições para compreensão do EVE

Termo	Definição
Custo fixo	Compreende todos os custos necessários para a manutenção da produção, independentemente do volume produzido.
Custo variável	Refere-se aos custos diretamente associados à produção do produto final, variando conforme a quantidade produzida.
Investimento	Corresponde ao conjunto de recursos aplicados para a implantação ou abertura do empreendimento.
Vida útil do equipamento	Período estimado de funcionamento adequado do equipamento, geralmente informado pelo fabricante, podendo variar conforme o uso.
Depreciação	Valor que deve ser reservado ao longo da vida útil do equipamento para viabilizar sua substituição futura.
Manutenção	Recursos destinados à realização de reparos e ajustes necessários nos equipamentos durante sua vida útil.
Despesa	Total de recursos financeiros despendidos no processo

	produtivo. Somatório dos custos fixos e variáveis.
Receita	Corresponde ao total de recursos financeiros obtidos por meio da comercialização dos produtos gerados.
Margem de contribuição	Refere-se ao valor remanescente após a subtração das despesas da receita (Receita – Despesa = Margem de contribuição).
Ponto de equilíbrio	Indica a quantidade mínima de produtos que deve ser comercializada para que a receita seja suficiente para cobrir os custos e despesas, sem que haja geração de prejuízo.

Fonte: CAPINA (2004).

A execução do Estudo de Viabilidade Econômica (EVE) deve iniciar-se a partir de uma discussão coletiva acerca do que está sendo ou será produzido pelo grupo, considerando aspectos como o espaço destinado à produção, os investimentos necessários, os equipamentos disponíveis, a matéria-prima utilizada, bem como a quantidade produzida e comercializada, entre outros fatores relevantes. O primeiro passo para a construção do EVE consiste em reunir o grupo ou a família responsável pela produção (neste caso, pescadores), com o objetivo de discutir a compreensão de cada participante acerca do processo produtivo e verificar o interesse em participar do processo de aprendizagem.

Em seguida, torna-se necessário definir quais produtos serão analisados prioritariamente. Por se tratar de um estudo de natureza econômica, a análise deve ser realizada individualmente para cada produto já produzido ou que se pretenda produzir, uma vez que cada item apresenta características e especificidades próprias.

O segundo momento corresponde à etapa teórica do estudo. Nessa fase, são abordados os conceitos de custos fixos e variáveis da produção, os custos de investimento necessários e, consequentemente, os valores de depreciação e manutenção dos

equipamentos utilizados no processo produtivo. Também são considerados os aspectos relacionados às despesas e receitas, bem como à formação do preço de venda do produto final, o que envolve o cálculo da margem de contribuição e do ponto de equilíbrio.

A terceira etapa consiste na integração e análise dos dados obtidos ao longo do estudo. Nesse momento, busca-se avaliar o processo de construção do EVE, verificando a viabilidade econômica da produção, o rendimento obtido com determinada quantidade produzida, o volume passível de comercialização e se a receita proveniente das vendas é suficiente para cobrir todos os custos envolvidos.

De acordo com o grupo Capina (2004), a fase inicial do EVE envolve a formulação e resposta a questões fundamentais relacionadas aos objetivos da produção, tais como: "O que será produzido?" e "Qual a quantidade pretendida?". Os cálculos econômicos a serem realizados decorrem, portanto, das respostas a essas indagações.

Desse modo, torna-se essencial o levantamento sistemático dos custos, dos preços e das quantidades a serem comercializadas, desenvolvendo tais aspectos de forma coletiva e assegurando a participação efetiva de todos os envolvidos no processo. A seguir, apresentam-se os parâmetros utilizados para a execução do Estudo de Viabilidade Econômica na Colônia Z92:

Quanto tempo dura um ciclo produtivo da tilápia? Quantas tilápias podem ser produzidas por tanque?

No caso da Colônia Z92, a produção foi realizada em 16 tanques redes da Colônia. Para adaptar a técnica do EVE à realidade da aquicultura, foi necessário considerar como unidade de tempo o ciclo produtivo de cultivo da tilápia, que, no caso específico estudado, durou 178 dias, quase 6 meses. O tempo do ciclo depende do objetivo da produção. O estudo de

Luz (2025), por exemplo, analisou a produção de juvenil e considerou 81 dias, alcançando uma média de 186g por juvenil.

No EVE aqui descrito, o objetivo foi a comercialização em atacado para uma empresa que possuísse estrutura de logística com caminhão refrigerado e estrutura de beneficiamento, pois a Colônia ainda não possui uma unidade de beneficiamento que permita o acesso ao mercado convencional cumprindo as exigências sanitárias necessárias. O tamanho estimado da tilápia seria de cerca de 1kg para comercialização.

Cabe destacar a existência de nichos de mercado com maior potencial de agregação de valor, a exemplo do segmento de restaurantes de culinária japonesa. Contudo, a inserção nesse mercado exige a produção de peixes com peso final em torno de 2 kg, o que implica ampliação do tempo de engorda. Ademais, o manejo alimentar torna-se mais oneroso, uma vez que as rações variam conforme as fases do ciclo produtivo e apresentam custos mais elevados para peixes de maior porte. Ressalta-se, entretanto, que o presente estudo não contemplou esse segmento, em razão dos desafios operacionais e das limitações logísticas inerentes ao empreendimento coletivo.

Quais matérias-primas precisam ser adquiridas? Qual o custo?

No sistema produtivo de tilápia, os principais insumos são os juvenis e a ração. No presente estudo, buscou-se otimizar o desempenho produtivo por meio da seleção criteriosa dos juvenis e da utilização de formulações de ração específicas para cada fase de engorda. Tais estratégias resultaram em ganhos expressivos na taxa de crescimento e na conversão alimentar, contribuindo para maior eficiência no uso dos insumos. Destaca-se que todo o processo foi acompanhado e monitorado por estudantes e docentes do curso de Engenharia de Pesca, o que conferiu maior rigor técnico às práticas adotadas.

Para fins de sistematização dos cálculos, adotou-se um

valor médio para os custos ao longo do ciclo produtivo. Considerando o consumo total de ração, foram utilizados 312,97 sacos, ao custo unitário de R$ 91,90, totalizando R$ 28.762,13 para a produção nos 16 tanques-rede, considerando um ciclo completo de 5,9 meses ou 178 dias.

No que se refere ao custo de aquisição dos juvenis, adotou-se o valor do milheiro de R$ 1.130,00. Para fins de cálculo, considerou-se o quantitativo final de peixes produzidos ao término do ciclo produtivo, distribuído entre os 16 tanques-rede, resultando em uma média de 339 peixes por unidade. Assim, desconsiderando as perdas ao longo do ciclo, estimou-se a necessidade total de 5.424 juvenis para o início da produção, correspondendo a 339 indivíduos por tanque-rede em um ciclo de 178 dias.

Há necessidade de equipamentos específicos? Qual a vida útil deles? Qual a estimativa do valor de revenda?

Na produção de tilápia da Colônia Z-92, realizou-se o levantamento dos principais equipamentos envolvidos no processo produtivo. Para fins de cálculo da depreciação, foram considerados 16 tanques-rede, um freezer horizontal de 400 litros, uma embarcação, um motor e uma geladeira de pequeno porte.

Considerando uma vida útil estimada de 10 anos, foram definidos os valores residuais dos principais equipamentos utilizados na produção, os quais servem de base para o cálculo da depreciação. Os tanques-rede, o conjunto dos 16 tanques, avaliado em R$ 40.000,00, possui valor de revenda estimado em R$ 4.800,00. O freezer horizontal de 400 litros, adquirido por R$ 3.500,00, apresenta valor de revenda de R$ 500,00.

Por sua vez, a geladeira de pequeno porte, com preço de aquisição de R$ 1.500,00, possui valor de revenda estimado em R$ 200,00. A embarcação, estimada em R$ 8.000,00, e o motor, no

valor de R$ 4.000,00, foram consideradas como sucata ao final de 10 anos, sem valor de revenda. Esses parâmetros permitem estimar, de forma mais precisa, a depreciação anual/mensal dos equipamentos e a necessidade de reposição ao longo do tempo.

Qual o preço praticado pelo mercado para esse produto?

O mercado de tilápia apresenta diferentes segmentações, que abrangem desde a produção de juvenis a partir de alevinos, conforme evidenciado na pesquisa de Luz (2025) na Colônia Z-92, até a inserção em mercados institucionais, circuitos curtos de comercialização e no mercado convencional. Este ainda pode ser segmentado conforme valorização do produto como bares e restaurantes, peixarias, empresas de beneficiamento ou, ainda, para segmentos mais especializados, a exemplo de restaurantes de culinária japonesa. Para fins desse Estudo de Viabilidade Econômica (EVE), considerou-se a comercialização em escala de atacado, direcionada a empresa com estrutura de logística e beneficiamento compatível com as condições atuais da Colônia Z-92. Nessa configuração, adotou-se o preço praticado de R$ 8,50 por quilograma de pescado.

Após a obtenção das respostas a essas questões, torna-se possível identificar quais elementos necessitam de cálculo e como proceder em cada etapa da análise econômica.

Tabela 1 - Valores de Referência da Colônia Z92 para o EVE

Parâmetro	Quantidade	Unidade de medida
Quantidade De Tanques	16	Tanque
Quantidade Peixe Por Tanque	339	Peixe
Quantidade A Produzir	5424	Peixe
Qtd De Milheiro Adquirida	5,424	Milheiro
Ciclo	178	Dias
Ciclo	5,9333	Meses
Peso Médio Final Por Peixe	0,941	Kg

Juvenil (Biomassa Por Tanque Incial)	11,55	Kg
Valor Do Milheiro Juvenil	R$ 1.130,00	R$
Investimento Inicial Em Juvenil (Milheiro x Qtd Prod)	R$ 6.129,12	R$
Ração Total (Saco) Ciclo Final	312,97	Sacos
Ração Total Ao Final Do Ciclo	7.824,30	Kg
Preço Da Ração	R$ 91,90	R$
Valor Da Ração Ciclo	R$ 28.762,13	R$
Peixe (Biomassa Por Tanque Final Do Ciclo)	5.105,05	Kg
Preço De Venda	R$ 8,50	R$
Receita Ao Final Do Ciclo	R$ 43.392,93	R$
Quantidade De Trabalhadores	17	Pescadores

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

Passo 01: Cálculo da depreciação dos equipamentos

O cálculo da depreciação tem como finalidade estimar o valor que deve ser reservado periodicamente, mensal ou anualmente, de acordo com a vida útil do investimento. Esse montante acumulado é utilizado futuramente para a substituição de equipamentos ou aquisição de novos bens de capital, assegurando a continuidade das atividades produtivas sem comprometer o equilíbrio financeiro do empreendimento.

A depreciação é calculada a partir da diferença entre o preço de compra do equipamento e seu valor residual, ou seja, o valor estimado ao final de sua vida útil. Essa diferença corresponde à perda total de valor do bem. Em seguida, divide-se esse valor pelo número de anos de vida útil para obter a perda anual e, posteriormente, pelo número de meses do ano para obter a perda mensal.

Tabela 02 - Cálculo da depreciação dos equipamentos na Colônia Z92. Valores em reais (R$)

Máquina ou equipamento	Preço de compra A	Valor de revenda B	Perda de valor residual (C = A-B)	Vida útil em anos D	Perda de valor anual (E=C/D)	Perda de valor mensal (F=E/12)
Tanque-rede	2.500,00	0	2.500,00	10	250,00	20,83
16 Tanques	40.000,00	4800	35.200,00	10	3.520,00	293,33
Freezer horizontal 400 L	3.500,00	500	3.000,00	10	300,00	25,00
Barco	8.000,00	0	8.000,00	10	800,00	66,67
Motor	4.000,00	0	4.000,00	10	400,00	33,33
Geladeira pequena	1.500,00	200	1.300,00	10	130,00	10,83
TOTAL	**59.500,00**	**5.500,00**	**54.000,00**	**70,00**	**5.400,00**	**429,17**

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

Dessa forma, recomenda-se reservar mensalmente o valor de R$ 429,17 para a reposição dos equipamentos ao final de sua vida útil, estimada em 10 anos. Embora o valor final possa variar em função de alterações no mercado ou inovações tecnológicas, esse procedimento assegura a constituição de um fundo de reposição que contribui para a sustentabilidade econômica do empreendimento. É considerado um custo fixo.

Passo 02: Cálculo dos custos fixos e variáveis

O cálculo dos custos fixos e variáveis constitui etapa fundamental do Estudo de Viabilidade Econômica. O custo fixo corresponde à soma de todos os gastos que devem ser pagos regularmente, independentemente da quantidade produzida. Entre esses itens, destacam-se despesas como energia elétrica, aluguel, depreciação de equipamentos, taxas de manutenção. Na Colônia Z92 foram considerados além da depreciação; a mão de obra do responsável pelo controle da ração, luz, limpeza, internet

e gás. Conforme tabela 03, o custo fixo mensal da Colônia Z92 foi estimado em R$ 968,61.

Tabela 03 - Cálculo dos custos fixos da Colônia Z92

Custos Fixos	Por Mês	Por Ciclo
Depreciação	R$ 429,17	R$ 2.546,39
Mão de obra (Responsável pela ração)	R$ 168,54	R$ 1.000,00
Luz	185,9	R$ 1.103,01
Água	não paga	
Limpeza	50	R$ 296,67
Internet	60	R$ 356,00
Gás	75	R$ 445,00
CUSTO FIXO MENSAL (C F M)	**R$ 968,61**	**R$ 5.747,06**

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

O custo variável, por sua vez, representa o conjunto de gastos que variam conforme o volume de produção. Assim, esse valor aumenta ou diminui de acordo com a quantidade de tanques-rede inseridos no processo de produção em determinado período. No caso da Colônia Z92, foram considerados os principais custos variáveis que foram a aquisição de ração e os peixes juvenis.

Para o cálculo do custo variável, foi necessário desagregar os dados originalmente registrados na pesquisa, que estavam apresentados para o conjunto dos 16 tanques ao longo de um ciclo produtivo. Assim, partiu-se do custo total do ciclo (A) e realizou-se sua divisão pelo número de tanques, obtendo-se o custo por unidade produtiva (B = A ÷ 16).

Em seguida, para tornar a análise compatível com o acompanhamento financeiro, esse valor foi convertido para uma base mensal, considerando a duração média do ciclo (C = B ÷ 5,933), **resultando em aproximadamente R$ 367,56 por tanque ao mês.** Além disso, ao considerar a produtividade média de 399

peixes por tanque-rede, foi possível estimar o custo unitário por peixe (Custo unitário = B ÷ 399), ampliando a utilidade dos dados para o estudo de viabilidade econômica, como demonstramos a seguir.

Tabela 04 - Custo variável da Colônia Z-92.

Custos variáveis totais para 16 tanques em 01 ciclo	**A - Custo Total 16 tanques/ciclo**
Ração (Total do ciclo em 16 tanques)	R$ 28.762,13
Juvenil (Total do ciclo em 16 tanques)	R$ 6.129,12
Custos variáveis por cada tanque-rede em 01 ciclo	B - Custo por tanque/ciclo [B= A/16]
Ração por Tanque (Total do ciclo/16)	R$ 1.797,63
Juvenil por Tanque (Total do ciclo/16)	R$ 383,07
Custos variáveis mensais por cada tanque	C - Custo por tanque ao mês [C = B/5,933 meses]
Ração por Tanque (Mensal por tanque)	R$ 302,97
Juvenil por Tanque (Mensal por tanque)	R$ 64,56
CUSTO VARIÁVEL MENSAL POR TANQUE	**R$ 367,53**

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

Passo 03: Custo unitário do produto (tilápia)

As despesas mensais correspondem ao somatório dos custos fixos mensais e dos custos variáveis mensais incorridos durante o período de produção. Esse valor representa o total despendido pelo grupo produtor em determinado mês, considerando todos os insumos, serviços e recursos utilizados no processo produtivo.

Para o cálculo do custo unitário da tilápia da Colônia Z92, parte-se da soma do custo fixo mensal por tanque e do custo variável mensal por tanque, obtendo-se o custo total mensal por tanque-rede. Esse valor, estimado em R$ 428,07 por tanque, é então dividido pela produtividade média de 339 peixes por tanque, conforme a expressão: Custo unitário mensal = (Custo fixo mensal + Custo variável mensal) ÷ produtividade. Como resultado, chega-se ao custo mensal unitário de aproximadamente R$ 1,26 por peixe. Para fins de análise do ciclo produtivo completo, esse valor mensal é projetado para a duração do ciclo, resultando em um custo unitário de R$ 7,49 por peixe por ciclo.

Tabela 05 -Custo unitário do meu produto: (Custo fixo mensal+custo variável mensal)

Custo	Valor	Unid. Medida
Custo unit por tanque	R$ 428,07	por tanque
Produtividade por gaiola	339	unid
Custo Mensal Unitário (Por Peixe)	R$ 1,26	peixe
Custo Por Ciclo Unitário (Por Peixe)	R$ 7,49	peixe ciclo
Custo Variável Tanque Mensal	R$ 367,53	tanque mensal
Custo Variàvel Tanque Ciclo	R$ 2.180,70	tanque ciclo

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

Passo 04: Cálculo das receitas

A receita corresponde ao valor total obtido com a venda do produto. A partir desse resultado, torna-se possível avaliar, em conjunto com o custo de produção, se a receita é suficiente para cobrir todos os custos e gerar resultado positivo.

Para o cálculo a seguir, adotou-se o preço definido pelo comprador final, uma empresa de beneficiamento com capacidade logística e operacional para absorver toda a

produção, garantindo a comercialização e o pagamento. O preço de venda foi de R$ 8,50 kg. Cada tilápia chegou a um peso médio de 0,941 kg. Deste modo, a receita ao final do ciclo de produção, considerando os 16 tanques foi de R$ 43.392,93.

Tabela 06 - Cálculo das receitas da Colônia Z-92.

Parâmetro	**Valor**
Preço	R$ 8,50
Estimativa De Kg Por Tanque	319,065625
Estimativa De Receita Por Tanque	R$ 2.712,06
Estimativa De Receita Por 16 Tanques	R$ 43.392,93

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

Passo 06: Cálculo da margem de contribuição

A margem de contribuição corresponde ao valor remanescente da venda de cada unidade do produto após a dedução dos custos variáveis unitários. Esse valor é destinado, primeiramente, ao pagamento dos custos fixos e, posteriormente, à formação do lucro. Margem de contribuição = preço líquido de venda (R$ 2.712,06) menos o total do custo variável. No caso da Colônia Z92 o valor da margem de contribuição por tanque, considerando um ciclo completo foi de 531,35.

Tabela 07 - Margem de contribuição (Mg) por tanque em um ciclo completo.

Preço líquido de venda (tanque/ciclo)	R$ 2.712,06
Custo variável.(tanque/ciclo)	R$ 2.180,70
MG TANQUE CICLO	R$ 531,35

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

Passo 07: Cálculo do ponto de equilíbrio

O ponto de equilíbrio representa a quantidade mínima de unidades que devem ser vendidas mensalmente para que o empreendimento consiga cobrir todos os seus custos fixos e variáveis, sem gerar prejuízo. As vendas que ultrapassam esse valor passam a representar resultado positivo (lucro).

O ponto de equilíbrio (PE) foi calculado a partir da relação entre o custo fixo e a margem de contribuição, conforme a expressão PE = Custo fixo ÷ Margem de contribuição. O resultado indica a necessidade de 10,8159 tanques por ciclo para que a receita seja suficiente para cobrir os custos totais, sem geração de prejuízo. Esse indicador evidencia o nível mínimo de utilização da capacidade produtiva necessário para a sustentabilidade econômica do empreendimento.

Resultado da Oficina de EVE

Kraychete (2024) destaca que os empreendimentos coletivos podem adotar diferentes formas de remuneração, como a distribuição das sobras conforme critérios definidos pelos associados, a remuneração fixa mensal, o pagamento por função, por hora trabalhada ou por unidade produzida, bem como a contratação de trabalhadores assalariados, podendo, inclusive, combinar esses modelos.

No caso da Colônia Z-92, os resultados do EVE foram apresentados aos pescadores em reunião, com o objetivo de apoiar a decisão sobre a divisão das sobras. Foi reforçada a importância de reservar parte dos recursos para garantir o ciclo produtivo seginte. Ainda assim, o grupo decidiu dividir as sobras, considerando que o novo ciclo seria viabilizado por doação de alevinos e pelo uso da ração remanescente, já adquirida com recursos anterores. Destacou- se, porém, que essa decisão poderia impactar nos resultados futuros, pois alevinos

doados tendem a apresentar maior variação de desempenho e a ração, quando não planejada por fase, reduz a eficiência produtiva.

Conclusão

A adoção de uma gestão democrática e participativa configura-se como um elemento fundamental para o fortalecimento de organizações coletivas, especialmente em contextos como o das colônias de pescadores. Ao promover a inclusão dos associados nos processos decisórios, esse modelo de gestão contribui para maior transparência, co-responsabilidade e engajamento, aspectos essenciais para a construção de soluções mais adequadas às demandas locais.

Além disso, a participação ativa dos membros favorece o desenvolvimento de capacidades organizacionais e o fortalecimento do capital social, elementos indispensáveis para a sustentabilidade das iniciativas comunitárias. Esses aspectos foram trabalhados com a direção da colônia por 1 semestre, tempo que durou a participação da Cooperativa Escola da UFRB no Projeto Ciência na Mesa.

Nesse cenário, a Cooperativa Escola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) atuou como agente articulador entre conhecimento acadêmico e práticas da colônia. Por meio de suas oficinas, a cooperativa contribuiu para a formação de estudantes e para o apoio técnico a Colônia de Pescadores Z-92. Essa interação possibilitou a troca de saberes e o despertar para a necessidade de uma gestão mais profissionalizada, fortalecendo tanto a dimensão educativa quanto o impacto social das atividades desenvolvidas.

Por fim, o estudo de viabilidade econômica realizado na Colônia de Pescadores Z-92 evidenciou a importância de uma análise criteriosa dos aspectos financeiros para a sustentabilidade do negócio e a autonomia dos pescadores ao

definir os preços de venda do pescado. A compreensão dos custos, receitas e depreciação permite uma melhor tomada de decisão, reduzindo incertezas e ampliando as possibilidades de crescimento e permanência da atividade pesqueira. Assim, conclui-se que a integração entre gestão participativa, apoio institucional e planejamento econômico constitui um caminho essencial para a consolidação de empreendimentos sustentáveis e resilientes no contexto da pesca artesanal.

Ainda há muito por fazer, o tempo do desenvolvimento da atuação da Cooperativa Escola foi curto, um semestre, mas cumpriu o objetivo de despertar o interesse dos pescadores por uma gestão mais democrática e profissional.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (Peixe BR). **Anuário da Piscicultura Brasileira 2024**. São Paulo: Peixe BR, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim da Aquicultura e Pesca no Brasil.** Brasília: MPA, 2024.

AZEVEDO, Alessandra Bandeira Antunes; ALVES, Adelaine dos Santos; LACERDA, Tamara Rangel de. **Estudo de viabilidade econômica na agricultura familiar.** Cruz das Almas, BA: UFRB, 2018. 81p.

BUENO, Guilherme Wolff; LEMAINSKI, Diogenes; ROUBACH, Rodrigo; MATOS, Flavia Tavares De; AZEVEDO, Denise Barros De; MATTOS, Bruno Olivetti. Inserção econômica e produtiva da aquicultura familiar em águas públicas brasileiras: um olhar sobre o desenvolvimento sustentável. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 475-496, maio/ago. 2014. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1082845. Acesso em: Abr, 2026

CANÇADO, Airton Cardoso; CANÇADO, Anne Caroline Moura

Guimarães. **Incubação de cooperativas populares: metodologia dos indicadores de desempenho** - 2. ed. - Palmas-TO: Futura, 2009

CAPINA. Cooperação e Apoio a Projetos de Inspiração Alternativa (org.). **Puxando o fio da meada: viabilidade econômica de empreendimentos associativos solidários e populares**. São Paulo: ADS/CUT, 2004. 54p.

KRAYCHETE, Gabriel. **Viabilidade Econômica dos Empreendimentos da Economia Popular e Solidária**: Noções Básicas. ELO/SEIVA. 2024

LUZ, Kleiton Potzz Santos**. Análise de custeio do ciclo produtivo do cultivo de juvenis de tilápia (Oreochromis niloticus) em tanques-rede**: estudo de caso na Colônia de Pescadores e Aquicultores Z-92 em Conceição da Feira. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2025.

SILVA, Adriano. **Pesca artesanal brasileira. Aspectos conceituais, históricos, institucionais e prospectivos.** Palmas, To: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. Disponível em: bpd3.pdf. Acesso em: 01 de novembro de 2025.

SOUSA, Diego Neves de; KATO, Hellen Christina de Almeida; MILAGRES, Cleiton Silva Ferreira; FREITAS, Alexandre Aires de. Organização social e produtiva de pescadores para agregação de valor ao pescado em mercados institucionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 11, n. 1, p. 85-96, 2018.Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1100353. Acesso em: Mar, 2026

THIOLLENT. Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez; 1986, p. 14-46

CAPÍTULO 15

Populações naturais: a diversidade genética como ferramenta de conservação da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*)

Marcelo Lui Muricy Freire[73]
Mile Ane Larissa Costa Muricy[74]
Joemille Silva dos Santos[75]
Ricardo Franco Cunha Moreira[76]
Soraia Barreto Aguiar Fonteles[77]

Resumo

A pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*) é uma espécie estuarino-costeira de elevada importância econômica no Nordeste brasileiro. Estudos sobre variabilidade genética são fundamentais para compreender a

[73] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrando em Zootecnia na UFRB. E-mail: marcelofreire95@gmail.com.

[74] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Doutoranda em Defesa Agropecuária na UFRB. E-mail: mi-leanne@hotmail.com.

[75] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Ciência Animal pela UFRB. Doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: joemillesantos@hotmail.com.

[76] Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Mestrado em Ciências Agrárias (Fitotecnia) pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutorado em Agronomia (Genética e melhoramento) pela UNESP/FCAV. E-mail: ricardofcm@gmail.com.

[77] Graduação e Mestrado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutorado em Biologia/Genética pela Universidade de São Paulo (USP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: soraiafonteles@ufrb.edu.br.

dinâmica populacional e subsidiar estratégias de manejo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade genética e a estrutura populacional de *C. acoupa* no estuário do rio Jaguaripe, Bahia, utilizando marcadores ISSR. Foram analisados 63 indivíduos distribuídos em seis pontos de coleta. A amplificação foi realizada com nove primers ISSR: ISSR 1 $(AG)_8T$, ISSR 2 $(AG)_8C$, ISSR 6 $(AG)_8YC$, ISSR 7 $(AG)_8YC$, ISSR 12 $(AC)_8YG$, ISSR 13 $(GGAC)_3A$, ISSR 15 $(GGAC)_3T$, ISSR 18 $(TAGG)_4$ e ISSR 21 $(AAGC)_4$. Os marcadores revelaram níveis moderados de variabilidade genética, com 71,43% de *loci* polimórficos, diversidade de Nei média (h = 0,1503) e índice de Shannon (I = 0,2406). A similaridade média entre os indivíduos foi de 0,53, variando de 0,04 (indivíduos 19 e 20, mais semelhantes) a 0,67 (indivíduos 54 e 01, mais distantes geneticamente). A análise de agrupamento pelo método UPGMA, baseada no índice de Dice, apresentou coeficiente de correlação cofenética de 0,8966, indicando alta consistência da representação hierárquica. Tanto o dendrograma quanto a Análise de Coordenadas Principais (PCoA) evidenciaram ampla sobreposição entre indivíduos de diferentes locais de coleta, sem formação de agrupamentos espaciais definidos. Os resultados indicam ausência de estruturação genética evidente e sugerem elevada conectividade entre as áreas amostradas, caracterizando a população como uma unidade genética coesa no estuário do rio Jaguaripe.
Palavras-chave: Diversidade genética. ISSR. Pescada amarela.

Introdução

A pesca artesanal desempenha papel fundamental para comunidades costeiras, sendo, em muitas regiões, a principal fonte de alimento e renda (Oliveira *et al.*, 2021). Além de sustentar economicamente famílias e preservar saberes tradicionais (Silveira; Ferreira, 2024), essa atividade depende diretamente da manutenção dos estoques naturais explorados. Entretanto, a instabilidade de preços, a limitação de infraestrutura e a crescente pressão sobre os recursos pesqueiros tornam essas comunidades particularmente vulneráveis a

oscilações na abundância das espécies-alvo (Carvalho *et al.*, 2020; Jimenez *et al.*, 2020).

Nesse contexto, destaca-se *Cynoscion acoupa* (pescada amarela), espécie de elevado valor comercial e uma das principais fontes de renda da pesca artesanal em diversas regiões do litoral brasileiro (Souza Júnior *et al.*, 2020). Sua importância econômica e alimentar é amplamente reconhecida (Barbosa *et al.*, 2020) contudo, relatos de pescadores e evidências científicas indicam declínio populacional, e a espécie encontra-se atualmente classificada como "vulnerável" (Brígida *et al.*, 2024; Chao *et al.*, 2021; Santana *et al.*, 2023). Diante desse cenário, torna-se imprescindível compreender não apenas a dinâmica demográfica da espécie, mas também sua estrutura genética.

Sob esse olhar, a diversidade genética intraespecífica representa a base da capacidade adaptativa das populações frente a pressões ambientais e antrópicas (Kershaw, 2024; Nei, 1983). Populações com maior variabilidade genética tendem a apresentar maior resiliência, enquanto a redução dessa diversidade pode resultar em perda de aptidão, aumento da endogamia e maior vulnerabilidade a distúrbios (Femerling *et al.*, 2023; Frankham, 2010). Em espécies exploradas pela pesca artesanal, a erosão genética pode ocorrer antes mesmo de quedas evidentes nos índices de captura, tornando-se um sinal precoce de risco à sustentabilidade (Shaw *et al.*, 2025).

A avaliação dessa variabilidade depende do uso de ferramentas moleculares adequadas. Marcadores genéticos permitem quantificar a diversidade e analisar sua distribuição dentro e entre populações (Sing; Raigar; Chahota, 2022). Entre eles, os marcadores ISSR destacam-se por serem multiloco, reprodutíveis, de baixo custo e independentes de informações genômicas prévias (Zambom *et al.*, 2025), possibilitando estimativas de índices como os de Nei e Shannon (Meira *et al.*, 2020; Tomaz *et al.*, 2020). Essas informações são essenciais para delimitar unidades de manejo e orientar decisões mais alinhadas

à realidade biológica da espécie (Garrett *et al.*, 2025; Wang *et al.*, 2023).

Diante da importância socioeconômica de *C. acoupa* para a pesca artesanal e da necessidade de subsídios científicos para sua gestão, o presente estudo teve como objetivo analisar a diversidade genética de uma população de pescada-amarela, visando ampliar o conhecimento sobre sua variabilidade intrapopulacional e contribuir para estratégias de manejo sustentável do recurso.

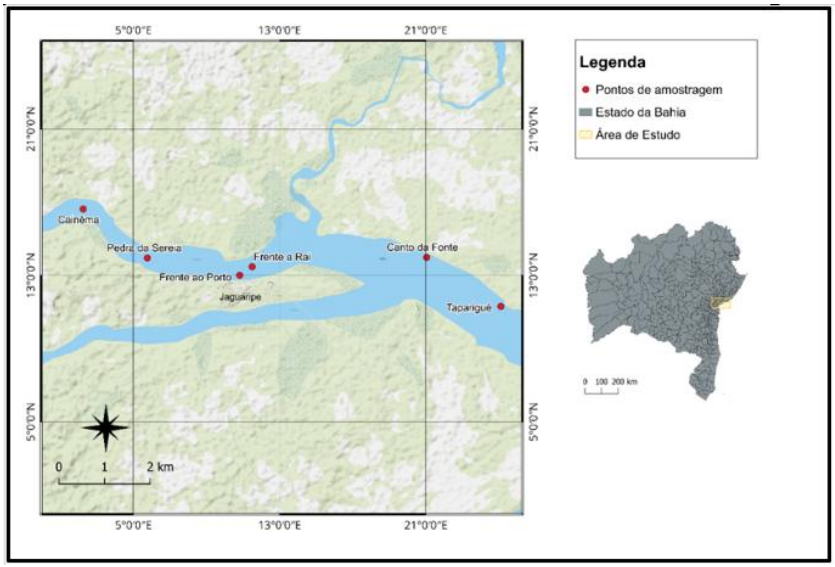
Materiais e métodos

Amostragem

O estudo foi realizado no município de Jaguaripe, localizado na região do Baixo Sul da Bahia (13°06'53.4"S 38°53'35.3"W). O rio Jaguaripe têm uma extensão aproximada de 107 km e sua bacia possui área de drenagem de cerca de 2.200 km² (Lessa *et al.*, 2009) e atravessa uma área com influência estuarina significativa, marcada por manguezais, marés e uso tradicional de recursos pesqueiros. As coletas foram realizadas entre os anos de 2023 e 2025, em seis pontos pesqueiros distribuídos ao longo do rio (Figura 1) (Tabela 1). As amostragens ocorreram durante atividades pesqueiras tradicionais, por meio do acompanhamento de um pescador local durante suas jornadas de trabalho. A pescada amarela foi capturada com o uso de redes de emalhar, uma arte de pesca comum na região e por uma arte de pesca fixa chamada curral.

Os espécimes foram identificados com base em chaves taxonômicas e em suas características merísticas. Para cada indivíduo, foi coletada uma amostra da nadadeira caudal e registradas as coordenadas geográficas do ponto de coleta.

Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta da *C. acoupa* no rio Jaguaripe, município de Jaguaripe – BA.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 - Identificação dos pontos de coleta, com respectivas coordenadas geográficas e número de amostras de *C. acoupa* obtidas em cada local no rio Jaguaripe – BA.

Nome (Coordenadas)	Nº de amostras
Taparigué (13°07′03.0″S 38°50′28.1″W)	2
Pedra da Sereia (13°06′28.8″S 38°54′45.2″W)	28
Canto da Fonte (13°06′28.4″S 38°51′22.1″W)	22
Cainêma (13°05′54.1″S 38°55′31.9″W)	4
Frente ao Porto (13°06'41"S 38°53'38"W)	3
Frente a Rai (13°06'35"S 38°53'29"W)	4
Total	63

Fonte: Autoria própria.

As amostras da nadadeira caudal foram acondicionadas em microtubos de 2 ml do tipo *eppendorf*, identificadas

individualmente e preservadas em álcool etílico absoluto (99,5%). O material biológico foi, em seguida, transportado ao Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos (LAGOA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), campus de Cruz das Almas, para processamento e análises genéticas.

Extração do DNA

O DNA das amostras biológicas foi extraído seguindo o protocolo de fenol-clorofórmio descrito por Sambrook *et al.* (1989) com algumas modificações.

As amostras foram previamente secas a 37 °C para remoção do álcool residual e submetidas à lise em 500 µL de tampão TE (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 8,0), com adição de 25 µL de SDS 10% e 15 µL de Proteinase K (20 mg/mL), sendo incubadas a 37 °C por 48 h. A purificação foi realizada com fenol tamponado, seguida de extração com clorofórmio:álcool isoamílico (24:1), com centrifugações a 12.000 rpm por 10 min.

O sobrenadante foi recuperado e o DNA precipitado com NaCl 5 M e etanol absoluto (99,5%), com incubação a −20 °C por 24 h. O pellet foi lavado com etanol 70% gelado, seco à temperatura ambiente e ressuspendido em 200 µL de tampão TE. As amostras foram armazenadas a −20 °C até as análises posteriores.

Controle de qualidade do DNA

A pureza do DNA foi avaliada por espectrofotometria, a partir das razões de absorbância A260/A280 e A260/A230. Valores entre 1,8–2,0 para A260/A280 indicaram baixa contaminação por proteínas, enquanto valores superiores a 2,0 para A260/A230 indicaram ausência significativa de sais e solventes orgânicos (Sophian; Syukur, 2021; Utaminingsih, 2022). As amostras foram diluídas em tampão TE (1:30) e

analisadas nos comprimentos de onda de 230, 260 e 280 nm, utilizando TE como branco. A partir das leituras, foram estimadas as razões de pureza e a concentração de DNA (ng/µL).

A integridade do DNA foi verificada por eletroforese em gel de agarose 1% preparado em tampão TBE 1X, contendo brometo de etídio. As amostras foram submetidas a 100 V por 40 minutos. Após a corrida, o gel foi visualizado em transiluminador UV e documentado em sistema de fotodocumentação, permitindo a avaliação da integridade do material genômico.

Amplificação do DNA - ISSR

A amplificação dos marcadores ISSR foi realizada por PCR em termociclador Veriti (*Applied Biosystems*). O protocolo consistiu em desnaturação inicial a 94 °C por 2 min, seguida de 35 ciclos de 94 °C por 40 s, anelamento entre 51–54 °C por 45 s (conforme o primer) e extensão a 72 °C por 1 min, com extensão final a 72 °C por 5 min e resfriamento a 4 °C. Foram testados 25 *primers* ISSR, dos quais nove foram selecionados com base na qualidade e reprodutibilidade das bandas obtidas. As reações de PCR foram preparadas em volume final de 16–24 µL, contendo DNA diluído, tampão PCR 10X, $MgCl_2$, dNTPs, Taq DNA polimerase e água ultrapura. Ajustes pontuais na composição da mistura foram realizados quando necessário para otimização da amplificação.

Os produtos amplificados foram separados por eletroforese em gel de agarose a 2% contendo brometo de etídio, utilizando marcador molecular de 100 pb. A corrida foi realizada em tampão TBE 1X a 100 V por 1 h e 40 min. As bandas foram visualizadas sob luz UV e registradas em sistema de fotodocumentação.

Os perfis de bandas obtidos foram analisados no software *GelAnalyzer* 23.1 (Lazar Jr.; Lazar, 2007), sendo

construídas matrizes binárias com base na presença (1) ou ausência (0) das bandas amplificadas.

Análises de dados

Para a análise dos dados genéticos, foram utilizados softwares especializados. O programa POPGENE versão 1.32 (Yeh *et al.*, 1999) foi empregado para estimar a diversidade genética, considerando parâmetros como a percentagem de bandas polimórficas (PBP), o índice de Shannon (I) e a diversidade de Nei (H).

O dendrograma foi construído com base na estimativa de distância genética seguindo a metodologia de Nei (1978), utilizando o método UPGMA, que calcula médias ponderadas entre pares. As distâncias genéticas foram estimadas a partir do coeficiente de similaridade de Dice, amplamente utilizado em análises com marcadores dominantes por atribuir maior peso às bandas compartilhadas entre os indivíduos. Para garantir a confiabilidade dos resultados, o processo foi repetido 1.000 vezes por meio da técnica de *bootstrapping*. Todas as análises foram realizadas no software DARwin versão 6.0, conforme descrito por Marie Perrier, Alexandre Flori e Florence Bonnot (2003).

Resultados e discussão

Nas amostras analisadas, a razão A260/A280 variou de 1,54 a 2,22, enquanto a concentração de DNA apresentou valores entre 6,00 e 829,50 ng/µL. Entre elas, destacou-se a amostra 48, que apresentou A260/A280 = 1,81 e A260/A230 = 2,01, valores compatíveis com DNA de boa qualidade e adequados para análises moleculares subsequentes. De modo geral, razões A260/A280 entre 1,7 e 2,0 são consideradas indicativas de baixa contaminação por proteínas, enquanto valores de A260/A230 superiores a 2,0 sugerem reduzida presença de compostos

orgânicos, como fenóis e polissacarídeos (Mainkar *et al.*, 2023; Versmessen *et al.*, 2024). Assim, os resultados obtidos indicam que a maior parte das amostras apresentou qualidade satisfatória para as etapas posteriores de amplificação e análise genética.

Os marcadores ISSR revelaram níveis moderados de variabilidade genética na população avaliada, com 71,43% de *loci* polimórficos, diversidade de Nei média h = 0,1503, e índice de Shannon I = 0,2406 (Tabela 3).

Tabela 3 - Marcadores moleculares utilizados no estudo com suas respectivas sequências e temperatura de anelamento para amplificação de DNA da *C. acoupa*

Pop.	N	Na	Ne	H	I	NLA	NLP	PLP (%)
Rio Jaguaripe	63	1,7143 (σ± 0,4537)	1,2384 (σ± 0,3122)	0,1503 (σ± 0,1713)	0,2406 (σ± 0,2448)	119	85	71,43

Pop.= população; N= tamanho da população; Na= número de alelos observados; σ= desvio padrão; Ne= número efetivo de alelos (Kimura & Crow (1964); H= diversidade genética de Nei (1973); I= índice de informação de Shannon Lewontin (1972); NLA= Número de *loci* analisados; NLP= Número de *loci* polimórficos; PLP= Percentual de *loci* polimórficos.
Fonte: Autoria própria.

A análise da diversidade genética da população de *Cynoscion acoupa* do rio Jaguaripe, baseada em marcadores ISSR, revelou níveis consideráveis de variabilidade intrapopulacional. Foram analisados 119 *loci* (NLA), dos quais 85 apresentaram polimorfismo, resultando em um percentual de *loc*i polimórficos (PLP) de 71,43%. Esse valor é indicativo de elevada variabilidade genética, uma vez que quando a porcentagem de bandas/*loci* polimórficos se aproxima ou ultrapassa 90%, é descrita como alta e adequada para estudos de diversidade e diferenciação de espécies/populações (Bielikova et al., 2021; Mar'ie; Allam, 2019).

Assim, o alto PLP observado sugere que a população mantém uma base genética ampla, o que pode refletir histórico recente sem gargalos populacionais severos e possível conectividade com outras áreas costeiras.

A diversidade genética estimada pelo índice de Nei indica, normalmente em populações naturais, diversidade moderada (Zheng *et al.*, 2019). Isso é consistente com os valores de diversidade genética relatados em peixes (Kumla *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2006; Nguyen; Duong, 2022). O valor obtido, portanto, sugere que a população do rio Jaguaripe mantém variabilidade genética suficiente para sustentar potencial adaptativo, embora não se encontre em níveis extremamente elevados.

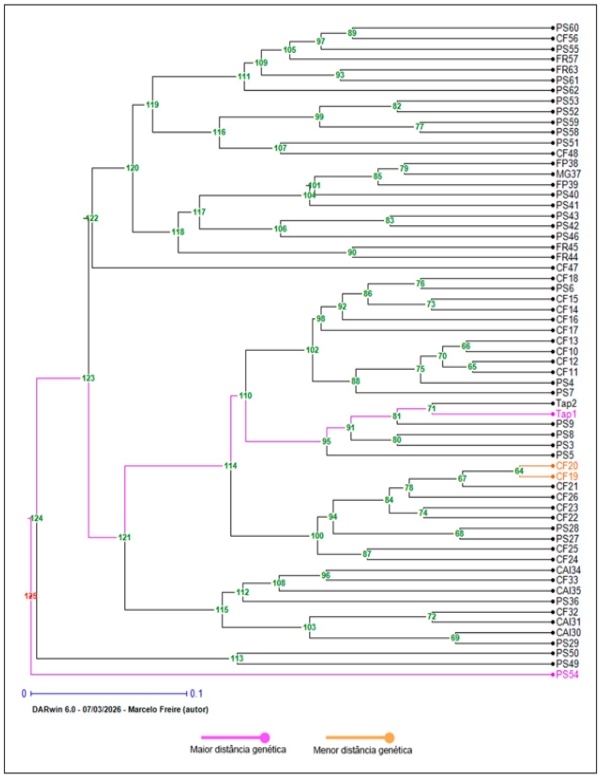
Esse resultado pode estar associado ao fluxo gênico proporcionado pela conectividade costeira, característica comum a espécies estuarino-marinhas, como *C. acoupa*, que apresentam fases de vida com ampla dispersão larval. (Matos; Lucena, 2006). O índice de Shannon em estudos com ISSR, acompanham de perto o índice de Nei (h): populações com h baixo (≈0,15–0,20) costumam ter I ≈0,24–0,30, interpretados como baixa a moderada diversidade (Félix *et al.*, 2020).

Por considerar simultaneamente a riqueza e a distribuição das frequências alélicas, o valor encontrado reforça a presença de diversidade genética relevante na população, dois grupos com mesmo h podem ter I diferente se um tiver mais alelos raros e distribuição mais uniforme (Konopiński, 2020; Kuznetsov, 2022). Contudo a presença de variabilidade moderada sugere que a população da *C. acoupa* possui tamanho efetivo suficientemente alto para manter alelos raros e evitar efeitos severos de deriva genética.

Além disso, a partir da matriz de dissimilaridade calculada pelo índice de Dice, foi construída uma análise de agrupamento pelo método UPGMA (Figura 2). O dendrograma indicou a formação de dois grandes grupos, com algumas subdivisões internas. No entanto, os indivíduos não se

organizaram de acordo com os seis locais de coleta (Taparigué, Pedra da Sereia, Canto da Fonte, Cainêma, Frente do Porto e Frente à Rai). Amostras de diferentes pontos apareceram misturadas ao longo da árvore, sem a formação de grupos exclusivos por área.

Figura 2 - Dendrograma da população de C. acoupa gerado pelo método UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade.



Fonte: Autoria própria.

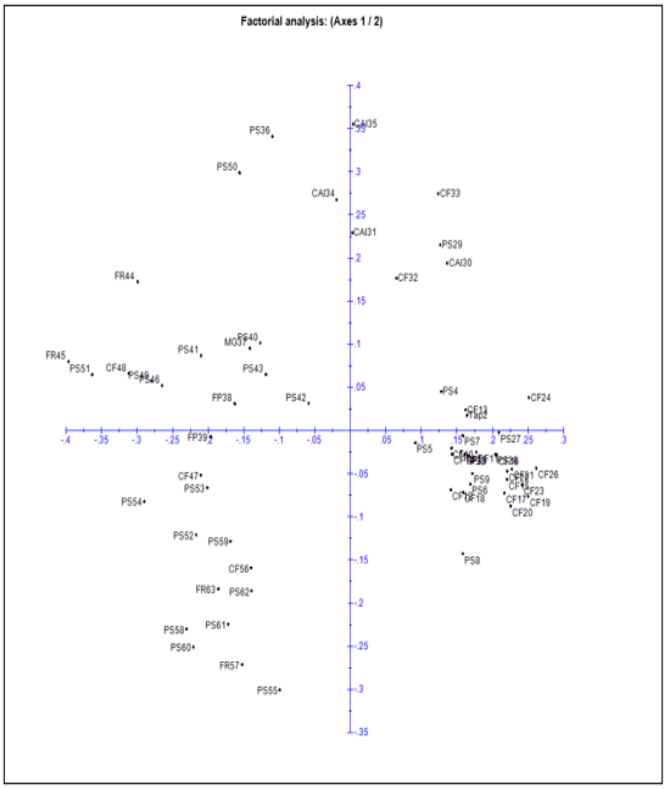
A escala de dissimilaridade apresentada no dendrograma variou de 0 a 0,1, demonstrando que a distância genética entre os indivíduos é baixa. A maioria dos agrupamentos ocorreu em valores inferiores a 0,1, o que indica alta similaridade genética dentro da população e reduzida divergência entre as amostras.

A análise de similaridade baseada permitiu avaliar as relações genéticas entre os genótipos de *C. acoupa*. Os indivíduos PS54 e TAP1 apresentaram a maior distância genética (0,67), indicando menor similaridade entre si. Por outro lado, os indivíduos CF19 e CF20 apresentaram a menor distância (0,04), demonstrando alta similaridade genética. O valor médio de similaridade estimado foi de 0,53, indicando nível intermediário de variação genética entre os indivíduos analisados.

O coeficiente de correlação cofenética (CCC) foi de r = 0,8966, indicando que o dendrograma representa de forma consistente a matriz de dissimilaridade original (Sokal; Rohlf, 1962). Estudos aplicados em genética com marcadores ISSR consideram valores > 0,80 frequentemente interpretados como um bom a muito bom ajuste, indicando alta confiabilidade na estrutura de grupos (Tomaz *et al.*, 2020).

A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) confirmou o padrão observado no dendrograma (Figura 3). Embora haja uma leve tendência de separação ao longo do primeiro eixo, os indivíduos dos diferentes locais apresentam ampla sobreposição no gráfico, sem formação de agrupamentos bem definidos por ponto de coleta. De forma geral, os resultados indicam que a variabilidade genética está distribuída entre os indivíduos, mas não organizada espacialmente de acordo com os locais amostrados. Esse padrão sugere que há conectividade genética entre as áreas estudadas, possivelmente associada ao fluxo gênico contínuo ao longo da região costeira.

Figura 3 - Análise de Coordenadas Principais (PCoA) da população de C. acoupa, baseada na matriz de dissimilaridade genética.



Fonte: Autoria própria.

Assim os resultados indicam que a população de *Cynoscion acoupa* do rio Jaguaripe mantém níveis satisfatórios de variabilidade genética, sem evidências de estruturação espacial acentuada ou sinais de empobrecimento genético recente, configurando-se como uma unidade presumivelmente panmítica, o que favorece sua resiliência e deve ser considerado em estratégias de manejo e conservação. Esse cenário sugere que a população apresenta estabilidade e conectividade entre os pontos amostrados. Ainda assim, a manutenção dessa condição depende de práticas de manejo adequadas, como o controle da

pressão pesqueira e a preservação de áreas essenciais ao ciclo de vida da espécie, garantindo a conservação da diversidade genética ao longo do tempo.

Conclusão

Com base nos marcadores ISSR analisados, a população de *Cynoscion acoupa* do rio Jaguaripe apresenta níveis moderados de variabilidade genética e ausência de estruturação espacial evidente entre os pontos de coleta. Os resultados indicam alta similaridade entre os indivíduos e sugerem que a população se comporta como uma unidade genética coesa na área estudada. Possivelmente, isso reforça a importância da manutenção de práticas de manejo que assegurem a conservação dessa variabilidade ao longo do tempo.

Referências

BARBOSA, A.; SAMPAIO, I.; SILVA, E.; ALCÂNTARA, J.; SANTOS, S. Molecular authentication by DNA barcoding and multiplex PCR assay reveals mislabeling and commercial fraud of the acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*), an economically important sciaenid marketed in Brazil. **Food Control,** v. 117, p. 107351, 2020. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107351.

BIELIKOVA, O. Y. et al. Genetic structure of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes, Salmonidae) from aquaculture by DNA-markers. **Biosystems Diversity**, v. 29, n. 1, p.28-32, 2021. DOI: 10.15421/012104.

BRÍGIDA, N. et al. Authentication of sushi and sashimi products from northeastern Pará, coastal Amazon, by DNA barcoding reveals commercial frauds and potential threats to human health and environment. **Food Control**, v. 166, 2024. DOI: 10.1016/j.foodcont.2024.110724.

CARVALHO, I. F. S. et al. Fishing characterization in a fishing community in the town of Paço do Lumiar, Maranhão, Brazil /

Caracterização da pesca em uma comunidade de pesqueira na cidade do Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil. **Brazilian Journal of Development,** Curitiba, v. 6, n. 10, p. 81471–81482, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n10-537.

CHAO, L.; NALOVIC, M.; WILLIAMS, J. ***Cynoscion acoupa***. The IUCN Red List of Threatened Species, 2021: e.T154875A46924613, 2021. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T154875A46924613.en.

FÉLIX, F. et al. Applications of ISSR markers in studies of genetic diversity of *Pityrocarpa moniliformis*. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, 2020. DOI: 10.1590/1983-21252020v33n417rc.

FEMERLING, G. et al. Genetic load and adaptive potential of a recovered avian species that narrowly avoided extinction. **Molecular Biology and Evolution,** v. 40, n. 12, 2023. DOI: 10.1093/molbev/msad256.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Maintenance of genetic diversity. I**n: FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 182–206. DOI: 10.1017/CBO9780511809002.012.

GARRETT, M.; CONWAY, C.; WAITS, L.; HOHENLOHE, P. Genetic variation and metapopulation structure inform recovery goals in a threatened species. **Genes,** v. 16, n. 6, p. 694, 2025. DOI: 10.3390/genes16060694.

JIMENEZ, É. A. et al. Value chain dynamics and the socioeconomic drivers of small-scale fisheries on the amazon coast: a case study in the state of Amapá, Brazil. **Marine Policy,** v. 115, e103856, 2020. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.103856.

KERSHAW, F. Protecting genetic diversity to benefit nature and society. **Open Access Government**, p. 392–393, 2024. DOI: 10.56367/oag-042-11389

KONOPIŃSKI, M. K. Shannon diversity index: a call to replace the original Shannon's formula with unbiased estimator in the population genetics studies. **PeerJ,** v. 8, 2020. DOI: 10.7717/peerj.9391.

KUMLA, S.; DOOLGINDACHBAPORN, S.; SUDMOON, R.;

SATTAYASAI, N. Genetic variation, population structure and identification of yellow catfish, *Mystus nemurus* (C&V) in Thailand using RAPD, ISSR and SCAR marker. **Molecular Biology Reports**, v. 39, p. 5201–5210, 2011. DOI: 10.1007/s11033-011-1317-x.

KUZNETSOV, V. M. Information-entropy approach to the analysis of genetic diversity of populations (analytical review). **Agricultural Science Euro-North-East**, v. 23, n. 2, 2022. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.159-173.

LAZAR JR., I.; LAZAR SR., I. **GelAnalyzer**, versão 23.1.1. Disponível em: www.gelanalyzer.com

LESSA, G. C. et al. **Oceanografia física**. In: HATJE, V.; ANDRADE, J. B. de (org.). Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos. Salvador: EDUFBA, 2009. p. 67–119. Disponível em: https://goat.fis.ufba.br/uploads/userfiles/286.pdf. Acesso em 02 nov. 2024.

LIU, Y.-G.; CHEN, S.-L.; LI, J.; LI, B.-F. Genetic diversity in three Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) populations revealed by ISSR markers. **Aquaculture,** v. 255, n. 1–4, p. 565–572, 2006. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.032.

MAINKAR, P. et al. Development of modified CTAB and Trizol protocols to isolate high molecular weight (HMW) RNA from polyphenol and polysaccharides rich pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Plos One**, v. 18, 2023. DOI: 10.1371/journal.pone.0291949.

MAR'IE, Z. A.; ALLAM, M. Usage of Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) marker in assessing the genetic variation of six parrotfish species from the Egyptian Red Sea. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, **Physiology and Molecular Biology**, v. 11, n. 3, p. 109–116, 2019. DOI: 0.21608/eajbsc.2019.63943.

MATOS, I. P.; LUCENA, F. Descrição da pesca da pescada-amarela, *Cynoscion acoupa*, da costa do Pará. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 39, p. 66–73, 2006. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/53940. Acesso em 12 nov. 2024.

MEIRA, M. R.; SANTOS, L. H. T.; ANJOS, Q. Q. A.; SANTOS, B. E. F.; GUIMARÃES, L. S.; SILVA, C. B. M. C. Caracterização molecular de

Prosopis juliflora (Sw.) DC. por meio de marcadores moleculares e índices de similaridade genética. **Biotemas,** v. 33, p. 1–9, 2020. DOI: 10.5007/2175-7925.2020.e70282.

NEI, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. Proceedings of the **National Academy of Sciences of the United States of America,** v. 70, n. 12, p. 3321–3323, 1973. DOI: 10.1073/pnas.70.12.3321.

NGUYEN, M. T. L.; DUONG, Y. T. Genetic diversity of the migratory Mekong endemic catfish species *Pangasius macronema* populating along the Hau and Tien Rivers. **Science and Technology Development Journal,** v. 25, n. 1, p. 2314–2321, 2022. DOI: 10.32508/stdj.v25i1.3881.

OLIVEIRA, T.; DE JESUS COSTA, J.; DE ALMEIDA, G. Pesca artesanal, políticas públicas e a pandemia de covid-19: desafios para as comunidades costeiras de Sergipe / Artisan fisheries, public policies and the covid-19 pandemic: challenges for Sergipe's coastal communities. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 15952-15970, 2021. DOI: https://doi.org/10.34117/BJDV7N2-290.

PERRIER, X. et al. (ed.). Genetic diversity of cultivated tropical plants. **Enfield: Science Publishers**, 2003. p. 43–76.

SAMBROOK, J.; FRITSCH, E. R.; MANIATIS, T. **Molecular cloning: a laboratory manual.** 2 edição. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989.

SANTANA, F et al. Age and growth of the acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*) of the Brazilian Amazonian Coast, through micro and macrostructures in otoliths. **Fisheries Research**, v. 268, p. 106826, dec. 2023. DOI: 10.1016/j.fishres.2023.106826

SHAW, R. E. *et al.* Global meta-analysis shows action is needed to halt genetic diversity loss. **Nature,** v. 638, n. 1, p. 704–710, 2025. DOI: 10.1038/s41586-024-08458-x

SILVEIRA, M. F.; FERREIRA, B. P. Temporal changes in a small-scale artisanal reef fishery in Brazil: coastal development and its impacts. **Marine Policy,** v. 165, 2024. DOI: 10.1016/j.marpol.2024.106186

SINGH, H. P.; RAIGAR, O. P.; CHAHOTA, R. K. Estimation of genetic diversity and its exploitation in plant breeding. **The Botanical Review**,

v. 88, n. 1, p. 413–435, 2022. DOI: 10.1007/s12229-021-09274-y

SOKAL, R.; ROHLF, F. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11, n. 2, p. 33–40, 1962. DOI: 10.2307/1217208.

SOPHIAN, A.; SYUKUR, A. Analysis of purity and concentration of isolated DNA in making raw DNA of rat species. Eruditio: Indonesia **Journal of Food and Drug Safety**, v. 1, n. 2, p. 1–5, 2021. DOI: /10.54384/eruditio.v1i2.75.

SOUZA JÚNIOR, O. G.; NUNES, J. L. G.; SILVANO, R. A. M. Biology, ecology and behavior of the acoupa weakfish *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801) according to the local knowledge of fishermen in the northern coast of Brazil. **Marine Policy**, v. 115, p. 103870, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103870.

TOMAZ, F. L. DE S. et al. Coeficientes de similaridade para avaliação da diversidade genética em pinhão-manso por marcadores ISSR. **Nativa,** v. 8, n. 4, p. 456–463, 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i4.9685

UTAMININGSIH, S.; SOPHIAN, A. Analysis of purity and concentration of DNA isolation results on chondroitin samples. BiosciED: **Journal of Biological Science and Education**, v. 3, n. 2, p. 56-61, 2022. DOI: 10.37304/bed.v3i2.5425

VERSMESSEN, N. et al. Comparison of DeNovix, NanoDrop and Qubit for DNA quantification and impurity detection of bacterial DNA extracts. **Plos One**, v. 19, 2024. DOI: 10.1371/journal.pone.0305650

WANG, T.-R. et al. Adaptive divergence and genetic vulnerability of relict species under climate change: a case study of **Pterocarya macroptera.** Annals of Botany, v. 132, n. 2, p. 241–254, 2023. DOI: 10.1093/aob/mcad083

ZAMBOM, A. F. et al. Molecular characterization and genetic variability of traditional common bean accessions. **Revista Delos**, v. 18, n. 68, e5461, 2025. DOI: 10.55905/rdelosv18.n68-060

ZHENG, P.-L.; CHENG, J.-R.; CHEN, L.-Q.; ZHOU, M.-Q. Assessment of genetic diversity of an endangered species Fraxinus hupehensis based on ISSR markers. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca,** v. 47, n. 4, p. 1308–1315, 2019. DOI: 10.15835/nbha47411696

CAPÍTULO 16

Variabilidade genética de duas espécies de siri do gênero *Callinectes*

Milena Silva de Souza[78]
Joemille Silva dos Santos[79]
Marcelo Lui Muricy Freire[80]
Ricardo Franco Cunha Moreira[81]
Soraia Barreto Aguiar Fonteles[82]

Resumo

A pesca artesanal representa uma atividade com relevante importância socioeconômica junto às comunidades ribeirinhas da Baía de Todos os Santos (BTS). Entre os pescados capturados, os siris se destacam por ser uma importante fonte de recurso alimentar, sendo explorados ao longo de toda baía. Visando melhor compreensão da sua distribuição

[78] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: milenassouz@gmail.com.

[79] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrado em Ciência Animal pela UFRB. Doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: joemillesantos@hotmail.com.

[80] Graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrando em Zootecnia na UFRB. E-mail: marcelofreire95@gmail.com.

[81] Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Mestrado em Ciências Agrárias (Fitotecnia) pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutorado em Agronomia (Genética e melhoramento) pela UNESP/FCAV. E-mail: ricardofcm@gmail.com.

[82] Graduação e Mestrado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutorado em Biologia/Genética pela Universidade de São Paulo (USP). Docente Titular na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: soraiafonteles@ufrb.edu.br.

populacional e tendência demográfica, bem como fornecer informações de cunho genético para o monitoramento dos estoques e elaboração de estratégias de manejo e conservação, o presente trabalho analisou a variabilidade genética, de duas espécies de siris, *Callinectes danae* e *Callinectes ornatus,* por meio de marcadores moleculares ISSR, em Saubara e São Francisco do Paraguaçu. Analisou-se um total de 73 indivíduos distribuídos entre as duas espécies e as duas localidades, utilizando três iniciadores ISSR, (GA)8C, (AACC)4, (TAGG)4. Os marcadores ISSR se mostraram eficientes ao diferenciar as duas espécies de siri formando dois grupos distintos, caracterizando assim, uma diferença genética entre *C. danae* e *C. ornatus*. Para ambas as espécies, houve homogeneidade entre as populações, indicando a existência de fluxo gênico entre Saubara e São Francisco do Paraguaçu.
Palavras-chaves: Siri. Genética. Baía de Todos os Santos.

Introdução

A pesca artesanal é fundamental para a subsistência de diversas comunidades costeiras, especialmente em regiões estuarinas. No entanto, a intensificação da exploração pesqueira, associada a pressões como poluição e degradação de habitats, tem provocado alterações na dinâmica das populações marinhas. Evidências recentes indicam que a sobrepesca pode reduzir a diversidade genética, gerar gargalos populacionais e comprometer o potencial adaptativo das espécies (Karachaliou *et al.*, 2025; Oosthuizen *et al.*, 2024; Singer *et al.*, 2023). Além disso, a pesca seletiva pode induzir mudanças evolutivas, favorecendo genótipos associados à maturação precoce e menor tamanho corporal ao longo do tempo (Han *et al.*, 2025; Sun *et al.*, 2025).

Nesse cenário, a diversidade genética assume papel central no manejo sustentável, pois populações geneticamente diversas apresentam maior capacidade de adaptação a mudanças ambientais e manutenção de seus estoques (Petrou *et al.*, 2021). O conhecimento da estrutura genética permite definir

unidades de manejo mais adequadas, evitando a exploração excessiva de populações distintas e contribuindo para a conservação de adaptações locais (Andersson *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2025;).

Essa discussão é especialmente relevante na Baía de Todos os Santos (BTS), um dos principais sistemas estuarinos do Nordeste brasileiro. A BTS abriga extensas áreas de manguezais, recifes e fundos lamosos, sustentando elevada biodiversidade e intensa atividade pesqueira artesanal (Nascimento *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2024; Ramos *et al.*, 2024). Nesse sentido, os manguezais desempenham papel essencial como berçários naturais, oferecendo abrigo e alimento para juvenis de peixes e crustáceos, o que favorece a produtividade pesqueira (Oliveira *et al.*, 2021; Wanjiru *et al.*, 2022). A conservação desses ambientes é, portanto, indispensável para manter os serviços ecossistêmicos e o sustento das populações locais (Sarkar *et al.*, 2024).

Entre os recursos explorados na região, destacam-se os siris do gênero *Callinectes*, particularmente *Callinectes danae* e *Callinectes ornatus*, espécies de importância ecológica e socioeconômica. Estudos indicam que *C. danae* apresenta alta conectividade genética ao longo da costa brasileira, sugerindo a existência de um único estoque nacional (Peres *et al.*, 2020). Em contraste, *C. ornatus* apresenta estrutura genética associada a barreiras oceanográficas, como a pluma Amazônica-Orinoco, que limita o fluxo gênico entre populações (Peres; Mantelatto, 2020). Apesar desses avanços, ainda são escassos estudos voltados à caracterização genética dessas espécies em escala regional, especialmente na Baía de Todos os Santos.

De modo geral, a estrutura genética de crustáceos marinhos está intimamente relacionada à dispersão larval, que influencia o grau de conectividade entre populações. Espécies com maior capacidade dispersiva tendem a apresentar menor diferenciação genética, embora barreiras ambientais e comportamentos larvais possam restringir o fluxo gênico e gerar

subdivisões populacionais (Jahnke *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2023; Mendiola; Ravago-Gotanco, 2020). Para investigar esses padrões, marcadores moleculares como os ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*) têm sido amplamente utilizados por sua eficiência na detecção de polimorfismos e na avaliação da variabilidade genética em invertebrados marinhos (Abdelghany *et al.*, 2023; Naguib *et al.*, 2024).

Diante da importância ecológica e socioeconômica das espécies *C. danae* e *C. ornatus*, e da necessidade de dados genéticos que apoiem a gestão pesqueira e a conservação da biodiversidade na Baía de Todos os Santos, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a variabilidade genética dessas duas espécies em diferentes pontos da BTS, fornecendo subsídios para o monitoramento dos estoques e o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável.

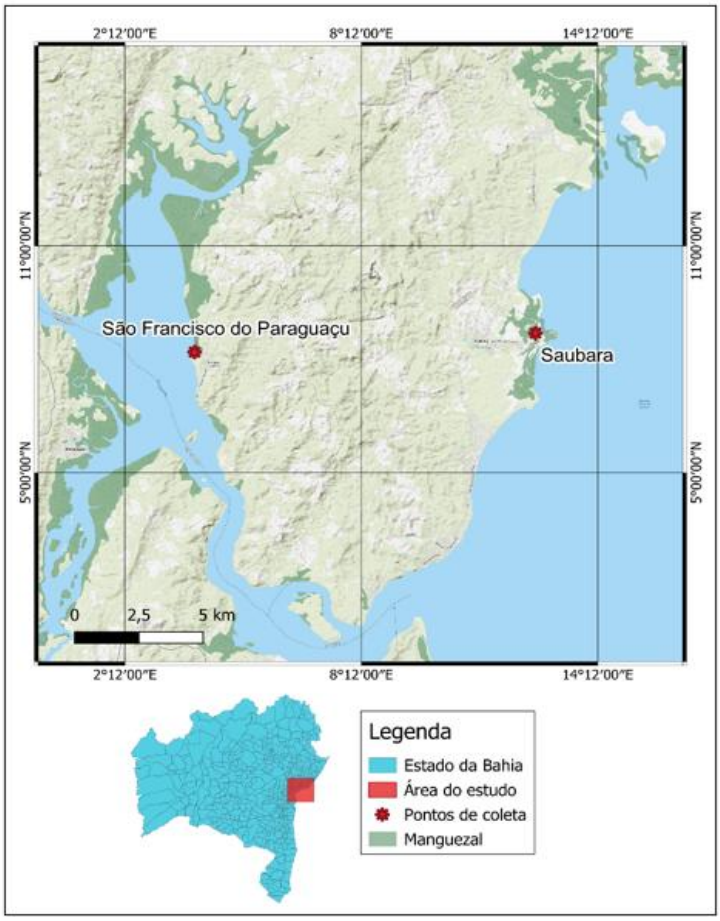
Materiais e métodos

Coleta

A amostragem foi realizada durante o período de maio de 2014 à abril de 2015 na Baía de Todos os Santos, localizada no litoral nordeste do Brasil banhando a terceira maior cidade brasileira, Salvador, capital da Bahia. Centrada entre a latitude de 12°50′ S e a longitude de 38°38′ W, apresenta uma área de 1.233 km, sendo a segunda maior baía do Brasil, atrás apenas da baía de São Marcos, no Maranhão (Hatje; Andrade, 2009).

O material biológico foi proveniente de duas espécies de siris do gênero *Calinectes: C. danae* e *C. ornatus,* capturados em duas localidades da Baía de Todos os Santos, no município de Saubara e na vila de São Francisco do Paraguaçu pertencente à cidade de Cachoeira (Figura 1).

Figura 1 - Pontos de coleta na Baía de Todos os Santos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A captura em ambiente natural foi realizada por pescadores artesanais, que utilizam como armadilhas de pesca, gaiolas tipo manzuá (Figura 2). As gaiolas foram levadas até os pontos de coleta em canoas de madeira ou de fibra, com capacidade de 20 e 45 armadilhas, respectivamente.

Figura 2 - Armadilhas e embarcações artesanais no porto de Saubara utilizadas na captura dos siris.



Fonte: Acervo dos autores.

O material recebido no porto de cada localidade foi colocado em sacos plásticos, acondicionados em isopor com gelo e transportados para o Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos (LAGOA) do NEPA da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), campus de Cruz das Almas-BA, onde foi realizado o estudo.

Em laboratório retirou-se tecidos dos pereiópodos dos exemplares, fixados em álcool 95% em tubo tipo *eppendorf*, devidamente numerados, etiquetados, e armazenados em refrigerador até que as extrações de DNA fossem iniciadas. Analisou-se um total de 73 indivíduos, distribuídos entre as duas espécies e os dois locais de estudo (Tabela 1).

Tabela 1: Total de indivíduos avaliados no estudo.

Local	***C. danae***	***C. ornatus***
Saubara	21	16
São Francisco do Paraguaçu	17	19
Total	38	35

Fonte: Elaborado pelos autores.

Extração do DNA

O processo de extração de DNA foi realizado utilizando o protocolo de Fenol – Clorofórmio, pela metodologia proposta por Sambrook *et al.* (1989) com algumas modificações. Fragmentos do tecido da musculatura associada aos pereiópodos foram colocados em tubos tipo *eppendorf* (microtubos) deixados 10 min. em estufa a 37°C para retirar o excesso de álcool da fixação. Feito isso o material foi picotado e colocado em tampão de extração, acrescentado SDS, água destilada e proteinase K e deixando *orvenight* em banho-maria a 37°C.

Após essa etapa foram realizadas as lavagens com fenol e álcool isoamílico-clorifórmio, em seguida o material foi agitado e centrifugado em cada uma das lavagens, o sobrenadante foi retirado e colocado em um novo tubo e descartado o precipitado. Posteriormente, foi adicionado o NaCl 6M em um volume correspondente a 10% do volume final; agitou-se cuidadosamente e acrescentou-se etanol absoluto gelado em um volume correspondente a 2,5 vezes o volume que ficou no tubo, depois o material foi centrifugado e lavado com etanol 70%. No final os tubos foram postos inclinados para secar em papel filtro, depois de secos, foi adicionado TE (tampão) e deixado por 48h em banho-maria a 37°C, para diluição do DNA.

Quantificação do DNA

A análise da qualidade e quantidade do DNA extraído foi realizada através do sistema gel de agarose (1%) por eletroforese com brometo de etídio (1,5 µl) e corante marcador, azul de bromofenol (3,0 µl). Decorrente a corrida, a foto do gel foi registrada no transluminador UV, através do sistema de foto-documentação L-PIX (*Locus Biotecnologia-Molecular Imaging*). A concentração de DNA foi estimada visualmente utilizando o DNA *lambda* como referencial.

Amplificação via ISSR

Treze iniciadores de ISSR foram testados sendo que três demonstraram boa resolução, os quais foram selecionados para as análises. A amplificação do DNA foi realizada a partir da utilização do aparelho termociclador *Applied Biosystems*, através da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR). Foi utilizado um mix de reação de PCR contendo:13,75 µl de água Mili-Q, 5,0 µl de DNTP, 2,5 µl de Tampão, 3,0 µl de Magnésio, 2,5 µl de *Primer*, 0,2 µl de Taq, 3,0 µl de DNA (diluição de 4:100).

As amplificações de PCR consistiram numa etapa inicial de desnaturação do DNA à 94°C por 4min; seguido por 35 ciclos, cada um apresentando 0:40 min de desnaturação à 94°C; 0:30 min para o anelamento do iniciador à temperatura específica de cada *primer* (Tabela 2); 1:30 min de extensão do fragmento do DNA à 72°C; seguido de uma extensão final por 7 min e 72°C.

Após a PCR as amostras foram analisadas através de eletroforese em gel de agarose (2%), TBE 1X e coradas com brometo de etídio por 3h e conduzida a 60 volts. Após o tempo estimado, o gel foi visualizado e fotodocumentado em transluminador UV, através do equipamento L-PIX (*Locus Biotecnologia-Molecular Imaging*), utilizando o marcador *ladder* de 100 pb (*New Egland Biolabs, Inc., Bervely,* MA) como padrão de peso molecular para o tamanho de bandas.

Tabela 2 - Iniciadores ISSR selecionados na análise de variabilidade genética de *C. danae* e *C. ornatus.*

Primers	**Sequência 5′ – 3′**	**Anelamento**
ISSR 4	(GA)8C	49°C
ISSR 16	(AACC)4	54°C
ISSR 18	(TAGG)4	56°C

Fonte: Elaborado pelos autores.

Análises estatísticas

A eficiência de cada primer foi avaliada considerando o número de loci polimórficos e monomórficos, o tamanho dos fragmentos (pb) em comparação com o padrão molecular, a porcentagem de bandas polimórficas (P), o conteúdo de informação polimórfica (PIC), além da razão multiplex efetiva (EMR) e do índice de marcador (MI), indicadores utilizados para estimar a capacidade dos marcadores em detectar polimorfismos e a eficiência geral da técnica (Serrote *et al.*, 2020).

Utilizou-se o programa DARwin 6.0 (Perrier; Jacquemoud-Collet, 2014). Os resultados obtidos a partir da visualização dos géis foram transformados em matrizes numéricas binárias com presença (1) e ausência de banda (0), para os fragmentos amplificados, incluindo as bandas de intensidade média e fracas. O *loco* foi considerado polimórfico quando a frequência do alelo mais presente não foi superior a 0,99. A partir da matriz binária, foi realizado o agrupamento de similaridade pelo método das médias não ponderadas das distâncias gênicas (UPGMA-*Unweighted Pair Group Method Averages*) e obtido os agrupamentos hierárquicos das análises.

Resultados e discussão

De modo geral os marcadores avaliados apresentaram alto desempenho na detecção de polimorfismos, evidenciado pela taxa de polimorfismo de 100% em todos os casos (Tabela 3).

Tabela 3 - *Primers* utilizados e informações moleculares das amostras de *C. danae* e *C. ornatus*.

Primers	NLP	NLM	TF (pb)	P(%)	PIC	EMR	MI
ISSR 4	8	0	1100 – 2072	100	0.64	0.88	0.56

ISSR 16	10	0	1000 – 2072	100	0.91	1.37	1.24
ISSR 18	6	0	800 – 2072	100	0.50	0.49	0.25
Total	**24**			100	**0.68**		

T.A.=Temperatura de anelamento; NLP=Número de locos polimórificos; NLM=Número de locos monomórficos; T.F.=Tamanho do fragmento; P=Porcentagem

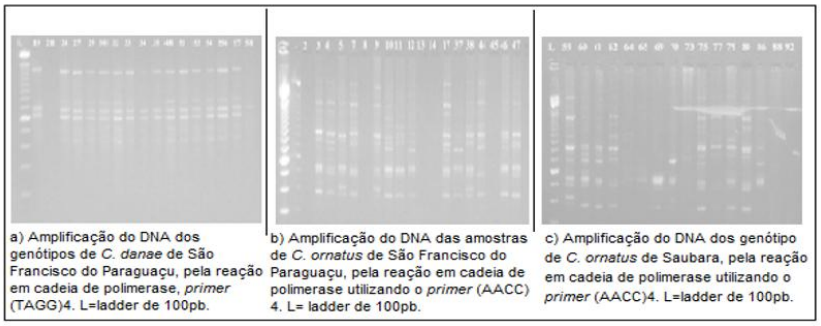
O *primer* ISSR 16 (AACC)4 destacou-se como o mais informativo, gerando o maior número de *locos* polimórficos (NLP=10) e os maiores valores de PIC (0,91), EMR (1,37) e MI (1,24), indicando elevada capacidade discriminatória e eficiência na análise da diversidade genética. No conjunto, os 24 *locos* polimórficos obtidos confirmam a eficiência do ISSR para revelar variabilidade genética nas amostras estudadas, sendo o *primer* ISSR 16 o mais indicado para estudos futuros de diversidade e estrutura genética.

Esses resultados são consistentes com os achados de Jebali *et al.* (2023), que utilizaram marcadores ISSRs para análises genéticas em *Callinectes sapidus* na Tunísia. Os autores relataram que cinco *primers* ISSR geraram 50 *loci*, dos quais 49 foram polimórficos (98%), com fragmentos variando de 250 a 2000 pb e de 8 a 12 bandas por marcador. Apenas o *primer* UBC 811 apresentou um *locus* monomórfico, e os valores de PIC variaram de 0,239 (UBC 844) a 0,375 (UBC 898), indicando também bom poder informativo dos marcadores. Assim, tanto no presente estudo quanto no de Jebali *et al.* (2023), os marcadores ISSR demonstraram eficiência para a detecção de polimorfismos e para a caracterização da diversidade genética em espécies do gênero *Callinectes*.

A Figura 3 ilustra os perfis eletroforéticos obtidos com os primers ISSR, evidenciando os padrões de bandas gerados na amplificação das populações amostradas de C. danae e C.

ornatus. Esses perfis refletem o alto grau de polimorfismo observado nos resultados e reforçam a eficiência dos primers na discriminação genética entre indivíduos e espécies.

Figura 3 – Amplificação do DNA dos genótipos de *C. danae* e *C. ornatus* e os primes utilizados



a) Amplificação do DNA dos genótipos de *C. danae* de São Francisco do Paraguaçu, pela reação em cadeia de polimerase, *primer* (TAGG)4. L=ladder de 100pb.

b) Amplificação do DNA das amostras de *C. ornatus* de São Francisco do Paraguaçu, pela reação em cadeia de polimerase utilizando o *primer* (AACC) 4. L= ladder de 100pb.

c) Amplificação do DNA dos genótipo de *C. ornatus* de Saubara, pela reação em cadeia de polimerase utilizando o *primer* (AACC)4. L=ladder de 100pb.

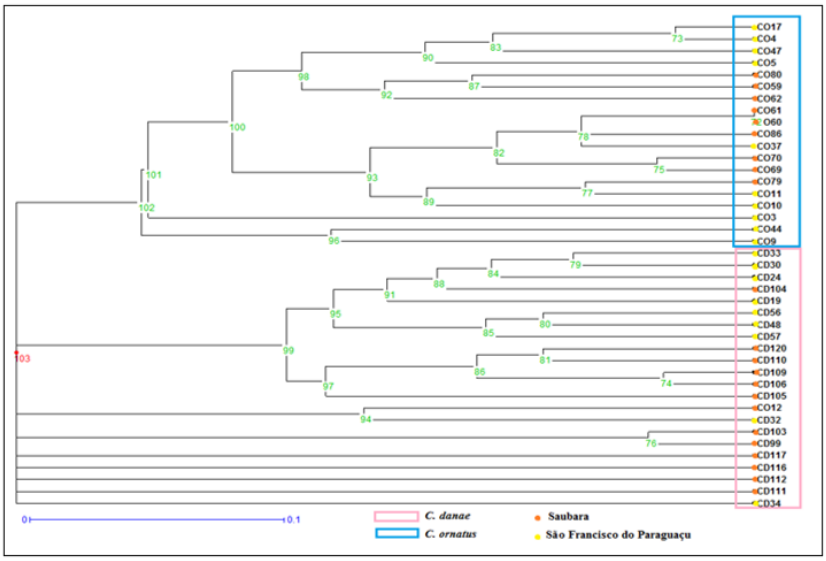
Fonte: Elaborado pelos autores.

As eletroforeses apresentadas evidenciam a eficiência dos *primers* ISSR na amplificação e detecção de polimorfismos entre os genótipos analisados. Na foto (a), referente a *C. danae* de São Francisco do Paraguaçu com o *primer* (TAGG)4, observa-se um padrão de bandas bem definido e variável entre os indivíduos, indicando diversidade genética intrapopulacional. Na foto (b), com amostras de *C. ornatus* da mesma localidade amplificadas com o *primer* (AACC) 4, nota-se maior número e intensidade de bandas, sugerindo alto poder informativo desse *primer* para discriminar genótipos. Já na foto (c), referente a *C. ornatus* de Saubara, também com o *primer* (AACC)4, o perfil de bandas difere daquele observado em São Francisco do Paraguaçu, indicando variação genética entre populações. Em conjunto, os padrões de amplificação confirmam a utilidade dos marcadores ISSR para revelar variabilidade genética tanto entre indivíduos quanto entre populações das espécies estudadas.

A Figura 4 sintetiza os resultados da análise genética

conjunta das duas espécies (*C. danae* e *C. ornatus*) nas duas populações amostradas (Saubara e São Francisco do Paraguaçu), evidenciando os padrões de agrupamento e similaridade entre os indivíduos.

Figura 4 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA indicando a formação de dois grupos distintos para C. danae e C. ornatus.



Fonte: Elaborado pelos autores.

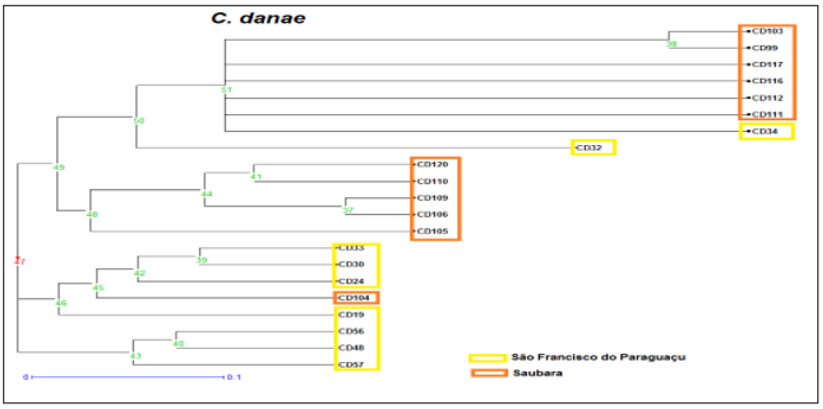
Observou-se a formação de dois grandes grupos genéticos, caracterizando uma diferenciação clara entre as duas espécies analisadas. O primeiro grupo foi composto por indivíduos de *C. ornatus* e o segundo por *C. danae*, com exceção da amostra CO12, inicialmente identificada como *C. ornatus*, mas que se agrupou com *C. danae*, possivelmente devido a erro de identificação morfológica. Esse resultado evidencia a eficiência dos marcadores ISSR na discriminação entre espécies, indicando seu potencial como marcadores espécie-específicos para o gênero *Callinectes*.

Esses achados estão em consonância com Peres *et al.*

(2020), que demonstraram que *C. danae* representa uma única espécie ao longo de toda a costa brasileira, podendo ser considerada um único estoque genético, sem diferenciação populacional significativa. Segundo os autores, a ausência de estrutura genética é atribuída ao alto potencial de dispersão larval e ao amplo nicho ecológico da espécie. No presente estudo, embora tenham sido detectados dois agrupamentos distintos, essa separação reflete principalmente diferenças interespecíficas, reforçando a validade taxonômica das espécies e sugerindo elevada conectividade genética dentro de cada uma.

Por outro lado, Weber e Levy (2000) observaram estruturação genética em *C. danae* no sul do Brasil, indicando subpopulações distintas. Peres *et al*. (2020) explicam esse contraste pela possível não neutralidade das alozimas utilizadas naquele estudo, que podem estar sob seleção. E que ainda assim, o fluxo gênico estimado (2–7 migrantes por geração) é suficiente para evitar a estruturação genética, uma vez que um único migrante por geração já é considerado capaz de homogeneizar populações. Ao analisar a estrutura populacional de *C. danae* (Figura 5), observou-se homogeneidade genética significativa entre os indivíduos amostrados.

Figura 5 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA indicando os agrupamentos de similaridade entre os genótipos de Saubara e São Francisco do Paraguaçu para C. danae

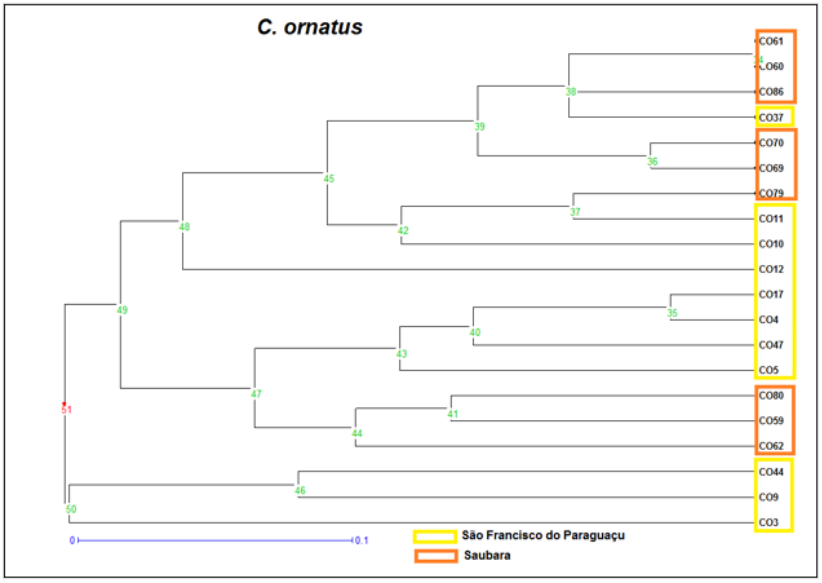


Fonte: Elaborado pelos autores.

No primeiro grupo formado, o genótipo CD34, de São Francisco do Paraguaçu, apresentou alta similaridade com os genótipos provenientes de Saubara, seguido pelo genótipo CD32. De forma semelhante, o genótipo CD104, de Saubara, agrupou-se com as amostras CD24, CD30 e CD33 oriundas de São Francisco do Paraguaçu, reforçando a ausência de diferenciação populacional entre as localidades. *C. danae* é um dos siris mais prevalentes em áreas costeiras rasas e, embora existam informações sobre sua ecologia e padrões reprodutivos, poucos estudos têm se dedicado à delimitação de seus estoques genéticos (Peres *et al.*, 2020).

Em contraste com o padrão observado para *C. danae*, a análise de *C. ornatus* (Figura 6) revelou a formação de dois grupos geneticamente diferenciados.

Figura 6 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA indicando os agrupamentos de similaridade entre os genótipos de Saubara e São Francisco do Paraguaçu para C. ornatus.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O primeiro grupo apresentou elevada homogeneidade genética entre as duas localidades amostradas. Em contraste, o segundo grupo foi composto apenas por indivíduos de São Francisco do Paraguaçu e manteve-se distinto dos demais, devido à baixa similaridade em relação ao primeiro grupo. Destaca-se ainda a proximidade da amostra CO37, de São Francisco do Paraguaçu, com os indivíduos de Saubara, formando o primeiro subgrupo, assim como o agrupamento de CO79, de Saubara, com CO10 e CO11, de São Francisco do Paraguaçu.

De modo geral, as análises de agrupamento revelaram baixa divergência interpopulacional e alta divergência intrapopulacional, com elevada homogeneidade genética entre Saubara e São Francisco do Paraguaçu, tanto para *C. danae*

quanto para *C. ornatus*. Esse padrão indica intenso fluxo gênico entre populações, semelhante ao observado em outros caranguejos amplamente distribuídos, como *Cardisoma guanhumi*, *Uca annulipes* e *Ucides cordatus*.

Tal cenário pode ser explicado pelo ciclo de vida dos siris, que envolve migração reprodutiva das fêmeas para áreas de maior salinidade, associada à ação das correntes marinhas no transporte larval e à alta fecundidade das fêmeas, que podem carregar até 1,5 milhão de ovos (Cowan, 1983). Esses fatores favorecem a conectividade genética entre áreas costeiras próximas.

Sob essa perspectiva, as diferenças ambientais entre Saubara e São Francisco do Paraguaçu, especialmente quanto à salinidade, não parecem atuar como barreiras efetivas ao fluxo gênico, visto o elevado grau de homogeneidade observado. A ausência de obstáculos físicos ou ecológicos relevantes, aliada à alta dispersão larval, contribui para a manutenção de um conjunto gênico compartilhado entre populações.

Do ponto de vista evolutivo, a proximidade genética entre *C. danae* e *C. ornatus*, já apontada por Weber *et al.* (2003) como uma das mais estreitas dentro do gênero Callinectes, ajuda a explicar o padrão de agrupamento observado. Embora os indivíduos se separem em dois grupos principais correspondentes às espécies, essa relação próxima justifica a similaridade genética relativamente elevada entre elas, sem comprometer a distinção interespecífica evidenciada pelos marcadores ISSR.

No contexto da exploração pesqueira, a intensa pressão sobre os estoques naturais pode atuar como força seletiva, reforçando a necessidade de compreender a distribuição da diversidade genética intra e interpovoamentos. Assim, a análise da diversidade genética em espécies marinhas é essencial para entender como fatores históricos e ambientais moldam suas populações, revelando padrões de fluxo gênico, evolução e

diferenciação, além de subsidiar estratégias de conservação da biodiversidade (Nishikawa *et al*., 2021).

Nesse sentido, os dados do presente estudo indicam que as populações de *C. danae* e *C. ornatus* compartilham alelos em comum entre as áreas amostradas, o que favorece a elaboração de estratégias de manejo integradas. Por fim, políticas públicas e medidas de conservação podem ser aplicadas de forma conjunta às populações de Saubara e São Francisco do Paraguaçu, visando à manutenção da variabilidade genética e à sustentabilidade do recurso pesqueiro do gênero *Callinectes*.

Conclusão

Foi formado um banco de dados de DNA preservado de 73 amostras distribuídas entre as espécies *C.danae* e *C. ornatus.*

Os marcadores ISSR utilizados foram eficientes para o estudo das espécies, com potencial para ser marcadores espécie-específico. A análise da variabilidade genética mostrou homogeneidade significativa entre as populações de Saubara e São Francisco do Paraguaçu, tanto para *C. danae* quanto para *C. ornatus,* indicando a existência de fluxo gênico entre elas e consequentemente a troca de alelos. Com isso, tanto o estuário de Saubara quanto o de São Francisco do Paraguaçu poderão ser estabelecidos como áreas de preservação do potencial genético das espécies, objetivando futuras estratégias de manejo em ambientes sobrexplorados.

Referências

ABDELGHANY, F. et al. Genetic differentiation of five sea cucumber species from the Red Sea, Hurghada, Egypt. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e27198, 2023. DOI: 10.1590/1519-6984.271983.

ANDERSSON, L. et al. How fish population genomics can promote

sustainable fisheries: a road map. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 12, p. 1–20, 2023. DOI: 10.1146/annurev-animal-021122-102933.

CARVALHO, F. M. DE. et al. Finding microbial composition and biological processes as predictive signature to access the ongoing status of mangrove preservation. **International Microbiology**, v. 27, p. 1485–1500, 2024. DOI: 10.1007/s10123-024-00492-z.

COWAN, L. Hatchery Production of crabs in Japan. In: International Conference on Warm Water Culture Crustacea, 1., 1983, Hawaii. Proceedings… Hawaii:Brigham Young University, 1983. p. 215-220.

HAN, K. et al. Genomic evidence for fisheries-induced evolution in Eastern Baltic cod. **Science Advances**, v. 11, n. 26, 2025. DOI: 10.1126/sciadv.adr9889.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. (organizadores). Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos / - Salvador : EDUFBA, 2009. 306 p. : il.

JAHNKE, M. et al. Seascape genomics identify adaptive barriers correlated to tidal amplitude in the shore crab *Carcinus maenas*. **Molecular Ecology**, v. 31, n. 7, p. 1980–1994, 2022. DOI: 10.1111/mec.16371.

JEBALI, C.; FASSATOUI, C.; ROMDHANE, M. S. Applying ISSR markers for genetic analysis of the invasive Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Portunidae) from Ghar El Melh Lagoon (Tunisia). **Genetics & Biodiversity Journal**, v. 7, n. 2, p. 66–74, 2023. DOI: 10.46325/gabj.v7i2.359.

KARACHALIOU, E. et al. Urbanisation is associated with reduced genetic diversity in marine fish populations. **Molecular Ecology**, v. 34, n. 7, 2025. DOI: 10.1111/mec.17711.

MARTINS, S.; MAROCHI, M.; MASUNARI, S.; SCHUBART, C. Comparing the effect of larval dispersal strategies on morphological versus genetic differentiation in two neotropical fiddler crabs. **Marine Ecology**, v. 45, n. 1, e12783, 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/maec.12783.

MENDIOLA, M.; RAVAGO-GOTANCO, R. Genetic differentiation and signatures of local adaptation revealed by RADseq for a highly

dispersive mud crab *Scylla olivacea* (Herbst, 1796) in the Sulu Sea. **Ecology and Evolution**, v. 11, n. 12, p. 7951–7969, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/ece3.7625.

NAGUIB, N. et al. Using ISSR markers to detect genetic variation for marine turtles populations in Egypt loggerhead (*Caretta caretta*) and green turtles (*Chelonia mydas*). **Journal of Aquaculture & Marine Biology**, v. 13, n. 1, 2024. DOI: https://doi.org/10.15406/jamb.2024.13.00394.

NASCIMENTO, M. et al. Estudo de compostos poliaromáticos não convencionais e mercúrio na Baía de Todos os Santos, Brasil: avanços recentes e contribuição para melhor compreensão do ambiente marinho. **Química Nova**, v. 46, n. 6, p. 668–682, 2023. DOI: 10.21577/0100-4042.20230067.

NISHIKAWA, K.S.; NEGRI, M.; MANTELATTO, F.L. Unexpected Absence of Population Structure and High Genetic Diversity of the Western Atlantic Hermit Crab *Clibanarius antillensis* Stimpson, 1859 (Decapoda: Diogenidae) Based on Mitochondrial Markers and Morphological Data. *Diversity* **2021**, *13*, 56. DOI: 10.3390/d13020056.

OLIVEIRA, R.; MORAES, L.; SANTOS, A. Diet composition of abundant fish species in the shallow waters of the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 43, e52230, 2021. DOI: 10.4025/actascibiolsci.v43i1.52230.

OOSTHUIZEN, C.; MANN, B.; BLOOMER, P.; HOAREAU, T. Genetic consequences in the southern African endemic seabream *Polysteganus undulosus* (Sparidae) after eight decades of overfishing. **African Journal of Marine Science**, v. 46, n. 3, p. 205–216, 2024. DOI: 10.2989/1814232x.2024.2384454.

PERES, P. et al. Lack of population genetic structure among Brazilian populations of *Callinectes danae* (Brachyura: Portunidae): implication for management and conservation. **Regional Studies in Marine Science**, v. 37, p. 101336, 2020. DOI: 10.1016/j.rsma.2020.101336.

PERES, P.; MANTELATTO, F. Salinity tolerance explains the contrasting phylogeographic patterns of two swimming crabs species along the tropical western Atlantic. **Evolutionary Ecology**, v. 34, p. 589–609, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s10682-020-10057-x.

PERRIER X, JACQUEMOUD-COLLET JP. Darwin software. Disponível em: http://darwin.cirad.fr/ Acesso em: 02 nov. 2014.

PETROU, EL. et al. Functional genetic diversity in an exploited marine species and its relevance to fisheries management. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 288, n. 1945, 2021. DOI: 10.1098/rspb.2020.2398.

RAMOS, M. et al. Soil contamination and biomarkers in *Ucides cordatus* in mangroves from Baía de Todos os Santos, Bahia, Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 235, p. 218, 2024. DOI: 10.1007/s11270-024-07037-0,

SAMBROOK, J. H.; FRITSCH, E. F.; MANIATS, T. Molecular Clonig. A Laboratory Manual. 2ª ed., Cold Spring Habor. 1989 SEVERINO, E.; MUSIELLO, J. F.; MOURA, A. A. S.; BRANCO, G. M. P.; ANÉO, V. O. C. Biologia reprodutiva de fêmeas de callinectes danae (decapoda,portunidae) no complexo estuarino-lagunar de iguape e cananéia (sp). Bol. Inst. Pesca, v.38, n.1, p. 31-41, 2012.

SARKAR, P. et al. Contribution of mangrove ecosystem services to local livelihoods in the Indian Sundarbans. **Sustainability**, v. 16, n. 16, e6804, 2024. DOI: 10.3390/su16166804.

SERROTE, C. et al. Determining the Polymorphism Information Content of a molecular marker. **Gene**, v. 726, 144175, 2020. DOI: 10.1016/J.GENE.2019.144175.

SINGER, D. et al. Unlocking foraminiferal genetic diversity on estuarine mudflats with eDNA metabarcoding. **The Science of the Total Environment**, v. 902, p. 165983, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165983.

SUN, P. et al. Genomic adaptation of marine medaka (*Oryzias melastigma*) under artificial life-history selection. **Molecular Ecology**, v. 34, n. 14, 2025. DOI: 10.1111/mec.17833.

WANJIRU, C.; RUECKERT, S.; HUXHAM, M. Composition and structure of the mangrove fish and crustacean communities of Vanga Bay, Kenya. **Western Indian Ocean Journal of Marine Science**, v. 20, n. 2, p. 1–?, 2022. DOI: 10.4314/wiojms.v20i2.3.

WEBER, L. I.; LEVY, J. A. Genetic population structure of the

swimming crab *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda) in southern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 420, p. 203–210, 2000. DOI: 10.1023/A:1003992630229.

WEBER, L. I.; PUCHNICK, A.; LAMEGO, J. P.; LEVY, J. A. Genetic relationships among the most common swimming crabs of southern Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, v. 23, n. 1, p. 201–211, 2003. DOI: 10.1163/20021975-99990327.

YANG, T.; SUN, Y.; XIAO, P. Genome-wide genetic diversity and population structure of *Sillago sinica* (Perciformes, Sillaginidae) from the coastal waters of China: implications for phylogeographic pattern and fishery management. **Biology**, v. 14, n. 10, p. 1329, 2025. DOI: 10.3390/biology14101329.

Sobre os organizadores

Bruno Olivetti de Mattos
Engenheiro de Pesca pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2007), Mestre em Zootecnia na área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos pela Universidade Federal de Lavras (2010), MBA Executivo em Gerenciamento de Projetos concluído pela AVM (2016), Doutor em Zootecnia na área de concentração de Produção de Monogástricos e Aquicultura pela Universidade Federal da Bahia (2018), com Doutorado Sanduíche concluído na Universidad de Murcia (Espanha) em Comportamento Alimentar, Bem-Estar e Fisiologia de organismos aquáticos. Tem experiência em nutrição, alimentação, produção, manejo, beneficiamento, aproveitamento de resíduos, gestão e coordenação de projetos que envolvam organismos e sistemas aquáticos, administração e gerenciamento de projetos de produção aquícola, atuando na gestão global da aquicultura e na prestação de consultoria e assessoria técnica. Atuou como Consultor da FAO/ONU e do Ministério da Pesca e Aquicultura. Atuou como Professor Colaborador/Voluntário no IFAM (Instituto Federal do Amazonas) Campus Avançado de Manacapuru e Professor Efetivo no IFAM Campus Lábrea, como também foi Coordenador do Curso Técnico em Recursos Pesqueiros. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) Campus Cruz das Almas atuando no curso de Engenharia de Pesca, é Coordenador do bioterio de animais aquáticos da UFRB, Coordenador do Grupo de Pesquisa em Produção Aquicola e Comportamento de Animais Aquáticos (PACAAq) do CNPq e professor colaborador do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia e do Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia da UFRB e da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Marcelo Carneiro de Freitas
Graduação, Mestrado e Doutorado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Atualmente é Professor Associado do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), vinculado ao curso de Engenharia de Pesca. É líder do Grupo de Estudo em Ciências Pesqueiras Marinhas e Continentais (CPMAC) e atua como pesquisador no Núcleo de Estudos em Pesca e Aquicultura (NEPA), ambos grupos de pesquisa certificados pelo CNPq. Atua na área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, com ênfase em: Dinâmica de Populações Pesqueiras, Tecnologia Pesqueira, Tecnologia do

Pescado, Gestão da Pesca Artesanal e Educação Ambiental.

Gislaine Guidelli
Bióloga (1996), Mestre em Ciências Ambientais (2000) e Doutora em Ciências (2006) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), na área de concentração em Ictioparasitologia. Docente Associada do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, na área de Zoologia. Atua na pesquisa das relações parasito-hospedeiro, parasitologia de peixes e ostras e ictiologia. Coordena projetos na área de sanidade e parasitologia em sistemas de produção de peixes e parasitos de peixes silvestres marinhos e dulcícolas. É Líder do Grupo de Pesquisa e Coordenadora do Laboratório de Parasitologia de Organismos Aquáticos do Núcleo de Sanidade Aquícola do Recôncavo, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Washington Luiz Gomes Tavechio
Biólogo pela Universidade Estadual de Maringá (2000), Mestre em Zootecnia na área de concentração de Produção e Nutrição de Animais Não Ruminantes e Aquicultura pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2010). Possui experiência em produção, genética, nutrição e manejo de organismos aquáticos focado em peixes, camarões e moluscos bivalves, limnologia, ecologia e parasitologia de peixes e ostras e sanidade de organismos aquáticos focado na prevenção e controle de doenças parasitárias e microbianas em peixes utilizando produtos químicos e plantas medicinais. Atuou como consultor privado e coordenador de projeto de desenvolvimento tecnológico industrial em qualidade da água tendo participado da criação da Norma ABNT NBR 14908. Atuou como Professor Auxiliar na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) nos cursos de graduação em Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas. Atualmente é pesquisador e vice-líder do grupo de pesquisa em Parasitologia de Organismos Aquáticos e técnico do Núcleo de Sanidade Aquícola do Recôncavo e Núcleo de Estudos em Pesca e Aqüicultura integrando equipes de ensino, pesquisa e extensão no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).



NOVA TERRA
Editora

ISBN: 978-65-83892-40-9

