

Universidade Federal do Rio Grande – FURG
Instituto de Oceanografia
Programa de Pós-Graduação em Aquicultura

Wik Maik Santos Barros

**Influência da temperatura na larvicultura do
peixe rei marinho *Odontesthes argentinensis***

Rio Grande, RS – Brasil

2025

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Instituto de Oceanografia

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura

**Influência da temperatura na larvicultura do peixe rei marinho *Odontesthes
argentinensis***

Wik Maik Santos Barros

Orientador: Dr. Luís André Sampaio

Co-orientador: Dr Lucas Campos Maltez

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Rio Grande - RS – Brasil

2025

=

Ficha Catalográfica

B277i Barros, Wik Maik Santos.
Influência da temperatura na larvicultura do peixe rei marinho
Odontesthes argentinensis / Wik Maik Santos Barros. – 2025.
38 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –
FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS,
2025.

Orientador: Dr. Luís André Sampaio.
Coorientador: Dr. Lucas Campos Maltez.

1. Temperatura 2. Larvas de peixes 3. Desempenho de
crescimento 4. Estresse oxidativo 5. Deformidades esqueléticas
I. Sampaio, Luís André II. Maltez, Lucas Campos III. Título.

CDU 597

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

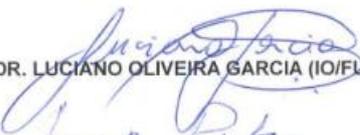


ATA 07/2025

ATA DE DEFESA DA 250ª DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AQUICULTURA.

No dia vinte e oito de fevereiro de dois mil e vinte e cinco, às nove horas e trinta minutos, reuniu-se a Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado em Aquicultura, de **WIK MAIK SANTOS BARROS**, orientado pelo Prof. Dr. Luis Andre Sampaio e coorientado pelo Dr. Lucas Campos Maltez, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Luís André Sampaio (Orientador – IO/FURG), Prof. Dr. Luciano Oliveira Garcia (IO/FURG) e Prof. Dr Sérgio Piedras (UFPel). Título da Dissertação: "INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA LARVICULTURA DO PEIXE-REI MARINHO *Odontesthes argentinensis*". Dando início à defesa, o Coordenador do PPGAq Prof. Dr. Ricardo Vieira Rodrigues, passou a presidência da sessão ao Prof. Dr. Luis André Sampaio, que na qualidade de orientador, passou a palavra para o candidato apresentar a Dissertação. Após ampla discussão entre os membros da Banca e o candidato, a Banca se reuniu sob a presidência do Coordenador. Durante esse encontro ficou estabelecido que as sugestões dos membros da Banca Examinadora devem ser incorporadas na versão final da Dissertação, ficando a cargo do Orientador o cumprimento desta decisão. O candidato **WIK MAIK SANTOS BARROS** foi considerado **APROVADO**, devendo a versão definitiva da Dissertação ser entregue a Secretaria do PPGAq, no prazo estabelecido nas Normas Complementares do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, será assinada pela Banca Examinadora, pelo candidato e pelo Coordenador do PPGAq.


PROF. DR. LUÍS ANDRÉ SAMPAIO (ORIENTADOR – IO/FURG)


PROF. DR. LUCIANO OLIVEIRA GARCIA (IO/FURG)


PROF. DR. SÉRGIO PIEDRAS (UFPel)


WIK MAIK SANTOS BARROS


PROF. DR. RICARDO VIEIRA RODRIGUES (Coordenador do PPGAq)

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho à Deus e minha família em especial meus pais, Francisco Gonzaga de Barros e Maria Sueli dos Santos Barros, que me apoiaram desde o início desta caminhada sempre me aconselhando a me dedicar ao máximo e dar o melhor de mim em todas as tarefas realizadas para obtenção deste tão sonhado título.

A meus amigos que sempre estão presentes seja para me ajudar ou para descontraír. A amigos como Lucas, Olivia e Rafael que sempre são os que aperreio com qualquer coisa, tenho muito a agradecer a vocês.

A todo o suporte do PPGAqui, que desde o início me acolheu como aluno e profissional junto aos Professores que são responsáveis por todos os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos dentro do programa.

Ao Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha, EMA, FURG, e toda a equipe que desde que cheguei aqui me acolheu e sempre tornou os dias aqui mais fáceis, muito obrigado! Agradecimento especial ao professor e orientador Prof. Dr. Luís André Sampaio pelo apoio e suporte e aceite de orientação deste trabalho, que venham mais.

Agradeço a minha segunda casa meus amigos do alojamento, minha família que além de sempre chegar pessoas novas, todos sempre deixam uma boa lembrança, obrigado família por sempre lembrar que estamos aqui para sermos melhores.

Muito obrigado a todos que de qualquer forma me incentivaram.

Sumário

1	RESUMO	6
2	ABSTRACT	7
3	INTRODUÇÃO	8
3.1	AQUICULTURA	8
3.2	PISCICULTURA MARINHA	8
3.3	PEIXE REI - <i>ODONTESTHES ARGENTINENSIS</i>	9
3.4	TEMPERATURA E SEUS EFEITOS NOS PEIXES	11
4	OBJETIVOS	16
4.1	OBJETIVO GERAL	16
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
5	MATERIAL E MÉTODOS	16
5.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	16
5.2	CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA	17
5.3	CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR	17
5.4	PARÂMETROS DE ESTRESSE OXIDATIVO	18
5.5	DEFORMIDADES ESQUELÉTICAS	18
5.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	19
6	RESULTADOS	19
6.1	CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA	19
6.2	CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR (EA)	19
6.3	PARÂMETROS DE ESTRESSE OXIDATIVO	21
6.4	DEFORMIDADES ESQUELÉTICAS	25
7	DISCUSSÃO	25
8	CONCLUSÃO	30
9	REFERENCIAS	31

1 RESUMO

A temperatura é um dos parâmetros de qualidade de água mais importantes para a aquicultura, uma vez que afeta diretamente o metabolismo, comportamento e os processos fisiológicos dos animais, e conseqüentemente, o bem-estar, crescimento e até a sobrevivência. O peixe-rei marinho *Odontesthes argentinensis* é uma espécie que apresenta potencial para a atividade aquícola, entretanto, informações sobre a temperatura ideal para sua criação, nas fases iniciais de vida, ainda são escassas. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da temperatura no desempenho zootécnico, parâmetros de estresse oxidativo e incidência de deformidades esqueléticas na larvicultura do peixe-rei marinho. Para o desenvolvimento do estudo, foram distribuídas larvas recém-eclodidas, em 15 unidades experimentais (200 larvas/UE) de 5 L e então mantidas em diferentes temperaturas: 17, 20, 23, 26 e 29 °C, em triplicata, durante 11 dias. As larvas apresentaram valores crescentes de peso (P) e comprimento total (CT) conforme o aumento da temperatura, na faixa entre 17 e 26 °C. Entretanto, em 29 °C já foi demonstrado um comprometimento do crescimento, sendo os valores de P iguais estatisticamente aos encontrados para o tratamento de 20 °C. Já o CT foi semelhante estatisticamente ao das larvas mantidas a 17 e 20 °C. A sobrevivência não foi afetada significativamente pela temperatura. O consumo de artêmia pelas larvas apresentou uma relação linear positiva com a temperatura. Os peixes mantidos em 20, 23 e 26 °C apresentaram uma melhor eficiência alimentar do que em 17 e 29 °C. A capacidade antioxidante total contra radicais peroxil (ACAP) foi menor em peixes mantidos a 29 °C, enquanto aqueles mantidos a 17 °C apresentaram maior ACAP, ambos diferindo significativamente dos outros tratamentos. Não foram encontradas diferenças entre os tratamentos para os teores de tióis não proteicos (NP-SH). O conteúdo de tiol proteico (P-SH) foi significativamente maior a 23 °C do que a 17 e 20 °C. Os níveis de peroxidação lipídica (LPO) quantificados pelas concentrações de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram maiores em larvas a 17 °C em comparação a 26 e 29 °C. A temperatura de 29 °C induziu o aparecimento de deformidades esqueléticas (escoliose, lordose e cifose) em 89,9% das larvas. Concluindo, 26 °C é a temperatura ideal para a larvicultura de *O. argentinensis*, pois essa temperatura garante o melhor desempenho de crescimento, a manutenção do equilíbrio oxidativo e o desenvolvimento normal das larvas.

Palavras-chave: temperatura, larvas de peixes, desempenho de crescimento, estresse oxidativo, deformidades esqueléticas

2 ABSTRACT

Temperature is one of the most important water quality parameters for aquaculture, as it directly affects the metabolism, behavior and physiological processes of animals, and consequently, their well-being, growth and even survival. The marine silverside *Odontesthes argentinensis* is a species that has potential for aquaculture, however, information about the optimal temperature for its breeding, especially in the early stages of life, is still scarce. Therefore, the objective of this dissertation was to evaluate the effect of temperature on zootechnical performance, oxidative stress parameters and incidence of skeletal deformities in the larviculture of marine silverside. For this purpose, newly hatched larvae were distributed in 15 experimental units (200 larvae in each) of 5 L and then kept at different temperatures: 17, 20, 23, 26 and 29 °C, all in triplicate, for 11 days. The fish showed increasing values of weight (W) and total length (TL) and standard length (SL) as the temperature increased, in the range between 17 and 26 °C. However, at 29 °C, growth impairment was demonstrated, with the values of SL and W being statistically equal to those found for the 20 °C treatment. The SL was statistically similar to that of the fish kept at 17 and 20 °C. Survival was not significantly affected by the temperature. Artemia consumption by larvae showed a positive linear relationship with temperature. Fish kept at 20, 23 and 26°C showed better feed efficiency than those at 17 and 29°C. The total antioxidant capacity against peroxy radicals (ACAP) was lower in fish kept at 29 °C, while those kept at 17 °C showed higher ACAP, both differing significantly from the other treatments. No differences were found between treatments for non-protein thiol contents (NP-SH). Protein thiol content (P-SH) was significantly higher at 23 °C than at 17 and 20 °C. Lipid peroxidation (LPO) levels measured by the quantification of thiobarbituric acid reactive species (TBARS) concentrations were higher in larvae 17 °C compared to 26 and 29 °C. The temperature of 29°C induced the appearance of skeletal deformities (scoliosis, lordosis and kyphosis) in 89.9% of the larvae. In conclusion, 26 °C is the optimal temperature for the larviculture of *O. argentinensis*, since this temperature ensures the best growth performance, the maintenance of the oxidative balance and normal development of larvae.

Keywords: temperature, fish larvae, growth performance, oxidative stress, skeletal deformities

3 INTRODUÇÃO

3.1 Aquicultura

A aquicultura tem sido praticada há mais de 2.000 anos, no entanto, somente no século XX essa atividade passou a desempenhar um papel significativo na produção de proteína animal (Liao, 2000). Atualmente, a aquicultura é um dos setores alimentícios que mais cresce no mundo e, nas últimas décadas, a atividade mostrou um aumento constante e significativo na sua contribuição para a produção global de pescado (Verdegem et al., 2023).

Dentre os principais fatores que impulsionaram esse crescimento está o aumento populacional mundial, que gera uma demanda cada vez maior por alimento, e a estagnação na produção pesqueira (Thompson & Glaser, 2019). A aquicultura desponta então como uma alternativa viável para a produção de proteínas de alta qualidade (Troell et al., 2014). Nesse sentido, torna-se cada vez mais importante o aprimoramento das tecnologias de produção, visando assim o desenvolvimento sustentável da atividade, culminando no aumento da produtividade e minimização dos impactos ambientais como o uso de espaço e água, bem com a redução de efluentes (Klinger & Naylor, 2012).

Caracterizada por uma elevada diversidade de espécies, sistemas de cultivo e escala de produção (Bush et al., 2019), a aquicultura também tem uma ampla gama de finalidades para os seus produtos. Além da produção de organismos para consumo humano direto, a aquicultura também gera produtos usados no processamento de alimentos, rações, combustíveis, cosméticos, nutracêuticos, produtos farmacêuticos e uma variedade de outros produtos industriais (Stevens et al., 2018).

No ano de 2022 a produção pesqueira atingiu aproximadamente 178 milhões de toneladas, onde 49% disso foi proveniente da aquicultura. A piscicultura é responsável por 89,7 % do que é produzido na aquicultura continental, e por 24,3% do que provém da atividade em ambientes marinhos e costeiros. O Brasil é considerado o 13º maior produtor aquícola mundial, com uma produção total de 738 mil toneladas. A maior parte da produção do país é oriunda principalmente da piscicultura continental (616 mil toneladas) e carcinicultura (113 mil toneladas), onde se destaca a produção de camarões marinhos (FAO, 2024).

3.2 Piscicultura Marinha

A piscicultura marinha é realidade em diversos países no mundo, e contribui com uma produção total de cerca de 8,5 milhões de toneladas de pescado (FAO, 2024).

Entretanto, o setor ainda é pouco desenvolvido no Brasil, apesar do enorme potencial que o país apresenta. Esse potencial está associado ao clima propício, à sua vasta extensão territorial, superior a 8 mil km² e sua zona econômica exclusiva de 3,5 milhões de km² (Smith et al., 2022). Além disso, o país apresenta uma grande diversidade de espécies nativas com características desejáveis para a criação, dentre as quais pode-se mencionar peixe-rei marinho *Odontesthes argentinensis*, robalo-peva *Centropomus parallelus*, a tainha *Mugil liza* e o linguado *Paralichthys orbignyanus* (Baldisserotto & Gomes, 2010).

A introdução do bijupirá *Rachycentron canadum* na piscicultura marinha brasileira motivou pesquisas e gerou iniciativas no setor produtivo, proporcionando ótimas perspectivas para o desenvolvimento da atividade (Sampaio et al., 2010). Porém, ainda existem muitos desafios a serem superados para que a piscicultura marinha supra a demanda nacional e atinja outro nível competitivo com o mercado exterior de maneira sustentável. A carência de insumos e serviços especializados e a ineficiência nas questões legais para cessão de águas públicas e licenciamento ambiental são alguns dos problemas para o crescimento do setor no Brasil (Cavalli et al., 2011). Assim, o desenvolvimento de pacotes tecnológicos adequados para a criação de espécies nativas, que já demonstram potencial para a criação, é outro fator importante para impulsionar a atividade e torná-la viável.

Na piscicultura marinha, a larvicultura é considerada uma das etapas mais críticas para o sucesso da produção. Os altos custos de produção (aquisição de cistos de artêmia e mão de obra), dificuldade da transição do alimento vivo para microdietas e alta taxa de mortalidade, que podem atingir 85% ou mais durante esse período (Mata-Sotress et al., 2015), tornam essa fase complicada na cadeia de produção de peixes marinhos. Apesar dos avanços na compreensão da biologia das larvas e na criação de protocolos de larvicultura para diversas espécies de peixes, manter taxas de sobrevivência altas de maneira consistente e produzir juvenis em quantidade e qualidade adequados ainda é um desafio para o cultivo de peixes marinhos em larga escala (Vallés & Estevez, 2013).

3.3 Peixe rei - *Odontesthes argentinensis*

Os peixes-rei (Atherinopsidae) podem ser encontrados em diversas partes da América do Sul, e costumam formar cardumes em zonas rasas (Helfman., et al 2009; González-Castro et al., 2015). O peixe-rei *O. argentinensis* (Figura 1) é uma espécie

eurialina, encontrada em estuários, lagoas costeiras salobras e águas marinhas rasas ao longo da costa sudoeste do Oceano Atlântico, no sul do Brasil, Uruguai e Argentina (Figura 2), onde é um importante recurso pesqueiro tanto para pesca artesanal quanto para pesca recreativa (Morawicki et al., 2022).

Certas pesquisas indicam atributos favoráveis da espécie para sua domesticação em ambientes controlados, e aspectos vinculados à reprodução, larvicultura e engorda de alevinos já foram estudados (Sampaio, 2006). Costa et al. (2009), descrevem que as larvas de *O. argentinensis* eclodem com tamanho entre 6 a 8 mm e com a boca aberta e os olhos pigmentados, o que possibilita que consigam se nutrir com náuplios de *Artemia* sp. logo no primeiro dia após a eclosão (Führ et al., 2016). Desta forma, o cultivo de rotíferos *Brachionus plicatilis* é dispensado, ao contrário de outras espécies que é comumente utilizado (Dhert et al., 2001). Piedras & Pouey (2004) sugerem, inclusive, que embora resulte em menor crescimento e sobrevivência, o peixe-rei pode ser alimentado com dieta inerte desde a primeira alimentação, e que essa alternativa deve ser mais bem estudada, visando a redução de custo e manejo em cultivos comerciais.

Outro fator relevante para que a produção de *O. argentinensis* seja incentivada é apresentar uma boa tolerância a amplitude de parâmetros ambientais como salinidade (Phonlor & Sampaio, 2002; Sampaio & Phonlor, 2002), temperatura (Strüssmann et al., 1996; Streit Jr. et al, 2010), compostos nitrogenados (Sampaio & Minillo, 1995; Sampaio et al., 2006), fotoperíodo (Freitas et al., 2009) e as elevadas taxas de sobrevivência reportadas durante a larvicultura (Tesser & Sampaio, 2001), as quais indicam a rusticidade da espécie.

Apesar da importância do *O. argentinensis* para a indústria pesqueira regional e do potencial que a espécie apresenta para a aquicultura, a principal dificuldade para a sua produção é o conhecimento ainda limitado sobre os aspectos biológicos relativos ao seu crescimento, reprodução e alimentação (Thompson et al., 2022). Portanto, ainda se faz necessário um melhor entendimento acerca de diversos fatores que podem influenciar na produção, incluindo a determinação das condições ótimas de parâmetros de qualidade de água em cada fase de vida da espécie.



Figura 1. Peixe Rei *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835).



Figura 2. Distribuição do Peixe Rei *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835).
(Fonte: www.fishbase.se)

3.4 Temperatura e seus efeitos nos peixes

Um dos fatores ambientais mais importantes para a aquicultura é a temperatura da água. Esse parâmetro impacta diretamente os organismos ectotérmicos, afetando o metabolismo, comportamento e os processos fisiológicos dos animais, o que pode afetar o bem-estar, o desenvolvimento e crescimento, e a sobrevivência (Volkoff & Rønnestad, 2020; Islam et al., 2021). Cada espécie de peixe apresenta uma faixa ótima de temperatura de cultivo, na qual os peixes têm desempenho ideal, exibindo altas taxas de crescimento e boa condição fisiológica (Casarano et al., 2021).

Trabalhos que avaliem os efeitos da temperatura em *O. argentinensis*, sobretudo em larvas, ainda são limitados. Na literatura, apenas um trabalho foi realizado, onde foi demonstrado o efeito da temperatura na determinação sexual da espécie (temperaturas entre 18 e 21 °C leva a uma predominância de fêmeas), e apresentam dados básicos de crescimento (apenas comprimento) nas larvas mantidas em 18, 21 e 25 °C, demonstrando que na temperatura mais alta, as larvas eram maiores (Strüssmann et al., 1996). Entretanto, sabe-se que o desempenho de crescimento dos peixes em função da temperatura é descrito como uma curva em forma de sino, que tende a melhorar com o aumento da temperatura, até atingir uma temperatura ótima, e em seguida, começa a apresentar redução na performance (Volkoff & Rønnestad, 2020). De acordo com isso, os dados apresentados no estudo de Strüssmann et al. (1996) não permitem concluir qual seria de fato a temperatura ótima para a larvicultura da espécie, a qual poderia ser acima de 25 °C.

Já Streit Jr. et al. (2010) sugerem que para juvenis recém metamorfoseados, a melhor temperatura para a produção é 23 °C, porém a partir de 26 °C já há redução no crescimento, e em torno de 29 °C, a sobrevivência é afetada negativamente. Sabe-se que, de modo geral, a temperatura ótima para crescimento dentro de uma mesma espécie tende a ser menor à medida que os indivíduos crescem (Lindmark et al., 2022). Logo, é fundamental que a determinação da tolerância à temperatura seja feita em diferentes fases da vida dos peixes, podendo otimizar as diferentes etapas da produção, sobretudo quando se trata das fases iniciais de vida dos peixes, quando são particularmente sensíveis e a temperatura exerce forte efeito no desenvolvimento (Yanagitsuru et al., 2021).

A temperatura também pode desencadear alterações no balanço redox dos peixes levando a uma condição de estresse oxidativo (Lushchak, 2011; Da Silva et al., 2024; Kuroski et al., 2025). O estresse oxidativo é definido como aumento transitório ou crônico na concentração de ERO, devido a um aumento na sua produção e/ou ao comprometimento do sistema antioxidante, resultando em aumento nos níveis de dano oxidativo em macromoléculas, como lipídeos, proteínas, DNA e RNA, as quais podem ter suas funções biológicas comprometidas (Halliwell & Gutteridge, 2015).

Durante o metabolismo aeróbico, a redução tetravalente do oxigênio molecular (O₂) na mitocôndria resulta na formação de água. Entretanto, mesmo em condições de homeostase dos organismos, cerca de 1 a 3% do oxigênio metabolizado é apenas

parcialmente reduzido, formando as espécies reativas de oxigênio (ERO), como os radicais superóxido (O_2^-) e hidroxila (OH^\cdot) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (Livingstone, 2003). Para lidar com as ERO, os organismos aeróbicos desenvolveram um sistema antioxidante que é composto por diversas defesas enzimáticas e não enzimáticas que agem impedindo a formação e ação das ERO, ou favorecendo o reparo e a reconstrução de moléculas que sofreram oxidação (Halliwell & Gutteridge, 2015).

Em geral, um maior metabolismo e conseqüentemente, uma maior produção de ERO é esperado em temperaturas mais elevadas (Lushchak, 2011), e esse padrão de resposta é demonstrado em algumas espécies de peixes, resultando em maiores níveis de dano oxidativo e de respostas antioxidantes (Madeira et al., 2013; Da Silva et al., 2024). Entretanto, o estresse oxidativo pode ser induzido por temperaturas fora da faixa adequada para a espécie, tanto em altas quanto em baixas temperaturas. Vinagre et al. (2012) demonstram bem esse padrão em juvenis de seabass *Dicentrarchus labrax*, onde temperaturas abaixo de 18 °C e acima de 28 °C, induziram o aumento nos níveis de LPO e da atividade da catalase, enzima envolvida na decomposição de H_2O_2 em água e oxigênio. Feng et al. (2012) também reportaram uma redução na capacidade antioxidante total do esturjão chinês *Acipenser sinensis* quando mantidos em temperaturas acima (25 e 30 °C) e abaixo (15 °C) de 20 °C, sugerindo um aumento nos níveis de radicais livres e que isso resultou na utilização de defesas antioxidantes para inibir a oxidação, ou ainda pode indicar um comprometimento na produção ou ação do sistema antioxidante.

Além disso, o balanço redox celular pode ser influenciado não só pela produção de radicais livres, incluindo as ERO, e pelo estado do sistema antioxidante. De acordo com isso, uma adaptação fisiológica comumente desencadeada por baixas temperaturas envolve a alteração da composição da membrana celular, o que inclui, principalmente, o aumento nas proporções ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (PUFA), permitindo a manutenção da fluidez de membrana e das suas funções (Hazel, 1995). Entretanto, essa classe de ácidos graxos, por sua estrutura química, são altamente susceptíveis a sofrerem LPO (Crockett, 2008), o que pode justificar níveis mais altos desse tipo de dano oxidativo em peixes mantidos em baixas temperaturas. Kuroski et al. (2025) demonstraram que a redução da temperatura resultou em um aumento nos níveis de dano oxidativo (LPO), e a ativação de defesas antioxidantes em juvenis da miragaia *Pogonias courbina*.

Outro fator que está intimamente ligado à temperatura na criação de larvas de peixes é a morfogênese dos sistemas orgânicos. Mudanças de temperatura podem ocasionar alterações nos processos fisiológicos e de desenvolvimento dos órgãos, tecidos e células que podem ser refletidas no metabolismo, morfologia e comportamento de juvenis e adultos, sendo que essas alterações podem ser transitórias ou permanentes, persistindo até a fase adulta (Pittman et al. 2013).

O desenvolvimento anormal do sistema esquelético dos peixes é um exemplo de como essas mudanças permanentes podem ser relacionadas à temperatura. O esqueleto dos peixes é estruturado em três partes principais: cranial, axial (coluna vertebral e nadadeiras ímpares – dorsal, anal e caudal) e apendicular (nadadeiras pares) (Cubbage & Mabee, 1996). Durante o desenvolvimento larval, a notocorda é a primeira estrutura de sustentação a se formar, e desempenha papel fundamental no suporte corporal e na indução do desenvolvimento da coluna vertebral (Azevedo et al., 2012). Nos estágios iniciais da vida, uma matriz colágena se organiza ao redor da notocorda, conferindo maior rigidez à estrutura e, com o avanço do desenvolvimento da larva, essa matriz passa por um processo de mineralização, resultando na formação dos corpos vertebrais (Bogliione et al., 2013a).

O processo de mineralização do esqueleto axial das larvas de peixe pode sofrer influência de diversos fatores que vão determinar seu desenvolvimento normal. A temperatura desempenha um papel crucial no desenvolvimento esquelético dos peixes, e oscilações térmicas abruptas ou temperaturas fora da faixa ideal podem afetar negativamente o desenvolvimento ósseo, resultando em anomalias como lordose, cifose e escoliose (Gorman & Breden 2007; Georgakopoulou et al., 2010; Wargelius et al. 2010). Segundo Pittman et al (2013), o incremento da temperatura acelera o desenvolvimento do músculo em relação ao osso, elevando o potencial de deformidades ósseas.

Balbuena-Pecino et al. (2019) afirmam que altas temperaturas podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento osteomuscular através da modulação da expressão de diferentes membros do eixo GH/IGFs, genes miogênicos e osteogênicos. Além disso, outros efeitos indiretos da temperatura também podem resultar na ocorrência de deformidades. Temperaturas inadequadas podem resultar em um aumento da demanda metabólica, o que provoca uma utilização mais intensa de lipídios como fonte energética, possivelmente alterando o perfil de ácidos graxos nos peixes e ocasionando, por exemplo,

uma redução nas quantidades de PUFA (Wen et al.,2013). A deficiência desses ácidos graxos é um dos principais fatores de aspecto nutricional que podem comprometer o desenvolvimento esquelético em larvas de peixes (Cahu et al., 2003), em espécies marinhas, devido as maiores exigências (Tocher, 2010). Outro ponto a ser levado em consideração é que a temperatura também afeta diretamente o consumo de alimento nos peixes. Logo, em condições inadequadas de temperatura, esse consumo pode ser afetado a ponto de prejudicar o estado nutricional do peixe.

A temperatura é um parâmetro ambiental que desencadeia diversos efeitos nos peixes, sobretudo nas larvas. Desta maneira é fundamental a determinação de temperatura ótima para a criação da espécie a fim de otimizar a performance de crescimento e taxas de sobrevivência. Estudos que avaliem as respostas de estresse oxidativo e a ocorrência de deformidades esqueléticas frente a diferentes temperaturas ainda não foram desenvolvidos para a espécie. Desta forma, os resultados do presente trabalho podem auxiliar no estabelecimento das melhores condições para a produção de larvas do peixe-rei marinho.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da temperatura na larvicultura do peixe rei *O. argentinensis*.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar a sobrevivência e o crescimento das larvas de peixe-rei *O. argentinensis* submetidas a diferentes temperaturas.
- Avaliar o efeito da temperatura durante a larvicultura no sistema antioxidante e níveis de dano oxidativo em larvas de peixe-rei *O. argentinensis*.
- Avaliar a influência da temperatura na ocorrência de deformidades esqueléticas nas larvas de peixe-rei *O. argentinensis*.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Delineamento Experimental

Todos os protocolos experimentais que envolveram o manejo e a manipulação dos peixes foram previamente aprovados pelo Comissão de Ética em Uso Animal (CEUA) da Universidade Federal de Rio Grande - FURG (Pq013/2014).

As larvas de peixe-rei marinho *O. argentinensis* foram obtidas de ovos naturalmente fertilizados, coletados na Praia do Cassino (32°12'16"S 52°10'41"W Rio Grande, RS Brasil) e transferidos para o Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha (LAPEM) da FURG. Os ovos foram incubados em tanques plásticos de 40 L contendo água do mar com temperatura controlada (20 °C) e aeração contínua até a eclosão das larvas.

As larvas recém-eclodidas (comprimento padrão $7,5 \pm 0,1$ mm; comprimento total $8,0 \pm 0,1$ mm; peso $1,8 \pm 0,2$ mg) foram distribuídas em 15 tanques (5 L). Duzentas larvas foram estocadas em cada unidade experimental, com a temperatura igual a do período de incubação (20 °C). A partir desse momento a temperatura dos tanques foi alterada em 1 °C/hora até que as temperaturas experimentais fossem atingidas: 17, 20, 23, 26 e 29 °C, todas em triplicata. Os tanques foram mantidos em cinco banhos termostatizados (um para cada temperatura experimental), e as temperaturas foram controladas com o uso de aquecedores e/ou de condicionador de ar.

As larvas foram alimentadas exclusivamente com náuplios de *Artemia sp* (INVE®) durante todo o período experimental. A cada 4 h, a densidade de náuplios era

estimada em cada unidade experimental a partir de contagens realizadas em triplicata, e então ajustada conforme o consumo das larvas. Diariamente foram realizadas renovações de água de 80% nos tanques, e a água era repostada nas mesmas temperatura dos diferentes tratamentos, e os demais parâmetros ajustados.

A temperatura e oxigênio dissolvido ($6,7 \pm 0,8 \text{ mg L}^{-1}$; oxímetro 550A, YSI), salinidade ($30,6 \pm 1,3$; refratômetro ATAGO, PAL-06S), pH ($8,13 \pm 1,01$; pHmetro 100A ECOSENSE, YSI), alcalinidade ($143,7 \pm 15,0 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$; Eaton et al., 2005), nitrito ($0,1 \pm 0,2 \text{ mg NO}_2\text{-N L}^{-1}$; Bendschneider & Robinson 1952) e amônia total ($0,73 \pm 0,6 \text{ mg N-TAN L}^{-1}$; UNESCO, 1983) foram monitorados diariamente e mantidos em condições adequadas para peixes marinhos. As temperaturas reais mantidas dos diferentes tratamentos propostos foram: $17,1 \pm 0,2$; $19,8 \pm 0,1$; $23,4 \pm 0,1$; $25,9 \pm 0,3$ e $28,3 \pm 0,7$. O fotoperíodo foi mantido em 24 h luz, com intensidade luminosa de aproximadamente 2.000 lux. O experimento teve duração de 11 dias.

5.2 Crescimento e Sobrevivência

Ao final do experimento todos os animais foram contabilizados para determinação da sobrevivência:

$$\text{Sobrevivência (\%)} = (\text{número final de peixes} / \text{número inicial de peixes}) \times 100.$$

Para a realização das biometrias foram coletados 25 peixes no início, e por tanque ao final do período experimental foram fixados em formol tamponado 10% por 24 h, e então preservados em álcool 70%. Em seguida foram pesadas individualmente em balança de precisão (peso) e medidos com paquímetro digital (comprimento total e padrão).

5.3 Consumo e Eficiência Alimentar

A estimativa do consumo total e a eficiência alimentar (EA) das larvas durante o período experimental foram calculadas da seguinte forma:

$$\text{Consumo (artêmias / peixe)} = \text{total de artêmias ofertadas ao longo dos 11 dias} / \text{número de peixes vivos ao final do experimento}$$

Eficiência Alimentar (peso ganho mg/ 1.000 artêmias ofertadas) = ganho de peso (peso final – peso inicial) (mg) / (consumo (artêmias/peixe) / 1000)

5.4 Parâmetros de Estresse Oxidativo

Ao final do experimento 15 larvas de cada tanque foram coletadas, eutanasiadas utilizando uma concentração letal de benzocaína (300 mg/l), e em seguida armazenadas em tubo eppendorf e congeladas em nitrogênio líquido. As amostras foram mantidas em um ultra freezer a -80°C até o momento da homogeneização em solução tampão (1/5; p/v) contendo Tris-HCl (100 µl), EDTA (2 µl) e MgCl₂ (5 mM) (Da Rocha et al., 2009), a qual foi realizada com auxílio de um sonicador (QSonica[®], Q55). Esse procedimento foi realizado com as larvas inteiras (um pool de 15 larvas por tanque), totalizando um n=3 por temperatura. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 20 minutos a 10.000 x g a 4°C. Os sobrenadantes resultantes foram armazenados a -80°C até o momento das análises.

Para a realização da análise da concentração de proteína, nas amostras, foi utilizado um kit comercial (Labtest[®], Brasil), de acordo com o método do biureto. A capacidade antioxidante total contra radicais peroxil (ACAP) foi determinada segundo Amado et al. (2009), utilizando os homogeneizados previamente padronizados em 2 mg/ml de proteína. Os resultados da ACAP estão expressos em fluorescência relativa, utilizando os dados de fluorimetria líquida após 30 minutos de leitura (Monserrat et al., 2014). Para fins de interpretação dos resultados, quanto maior a fluorescência relativa menor a capacidade antioxidante da amostra.

A concentração de tióis proteicos (P-SH) e não-proteicos (NP-SH) foi determinada com base na reação do 5,5'-Ditiobis (ácido 2-nitrobenzóico) (DTNB) com os grupos sulfidril (SH) presente nas amostras, segundo o método proposto por Sedlak & Lindsay (1968).

Os níveis de peroxidação lipídica (LPO) foram determinados pela quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), como o malondialdeído (MDA), um produto final da LPO (Oakes & Van Der Kraak, 2003). Todas as análises foram realizadas em microplacas de 96 poços utilizando um espectrofluorímetro (Biotek[®], Synergy HT).

5.5 Deformidades Esqueléticas

Após a realização das biometrias, as larvas foram fixadas em formol tamponado 10% por 24 h, e então preservadas em álcool 70%. As larvas fixadas foram observadas em estereomicroscópio (Nikon® SMZ 800) e avaliadas quanto à presença ou ausência de deformidades esqueléticas. As deformidades encontradas na coluna vertebral foram classificadas em: lordose, cifose e escoliose segundo (Eissa et al.,2021)

5.6 Análises Estatísticas

A normalidade e a homocedasticidade dos dados foram verificadas usando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A transformação de rank foi aplicada para os dados de TBARS, uma vez que não eram homocedásticos. Em seguida, foi realizada ANOVA de uma via, seguido pelo teste *post-hoc* de Tukey para determinar as diferenças entre os tratamentos. Uma regressão linear simples foi aplicada para determinar o padrão de variação do consumo de artêmia pelas larvas em função da temperatura. O nível mínimo de significância foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$) para todas as análises. Todos os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão.

6 RESULTADOS

6.1 Crescimento e Sobrevivência

A temperatura teve um impacto benéfico no peso e no tamanho dos peixes, onde os valores crescentes da temperatura 17 a 26°C, apresentaram-se significativamente diferentes entre todas as temperaturas dentro dessa faixa ($P < 0,05$). As larvas mantidas na maior temperatura (29 °C) apresentaram redução no crescimento, com valores de CP e peso iguais estatisticamente aos encontrados nos peixes mantidos em 20 °C, e de CT com relação a 17 e 20 °C. Não houve diferença estatística na sobrevivência dos peixes entre os tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 1).

6.2 Consumo e Eficiência Alimentar (EA)

O aumento da temperatura levou a um maior consumo de artêmias pelas larvas, conforme um modelo de regressão linear descrito pela equação $y = 767,92x - 91,90$ ($R^2 = 0,9561$; $p = 0,004$) (Figura 3). A EA foi significativamente maior ($P < 0,05$) nas temperaturas de 20, 23 e 26 °C do que em 17 e 29 °C (Figura 4).

Tabela 1 – Parâmetros de desempenho zootécnico e sobrevivência (Média ± Desvio Padrão) de larvas de *Odontesthes argentinensis* mantidas em diferentes temperaturas durante 11 dias.

	Temperatura (°C)				
	17	20	23	26	29
Comprimento padrão (mm)	10,2±0,6 ^d	12,1±0,1 ^c	13,5±0,2 ^b	14,2 ± 0,1 ^a	11,2 ± 0,6 ^c
Comprimento Total (mm)	11,6±0,5 ^d	13,9±0,2 ^c	15,2±0,2 ^b	16,6±0,3 ^a	13,0±0,9 ^{cd}
Peso (mg)	7,3±1,5 ^d	14,1±0,3 ^c	20,7±1,4 ^b	26,7±1,8 ^a	14,2±1,1 ^c
Sobrevivência (%)	63,2±19,1 ^a	70,9±9,6 ^a	57,6±1,6 ^a	66,9±13,3 ^a	47,1±10,8 ^a

Letras diferentes nas mesmas linhas indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

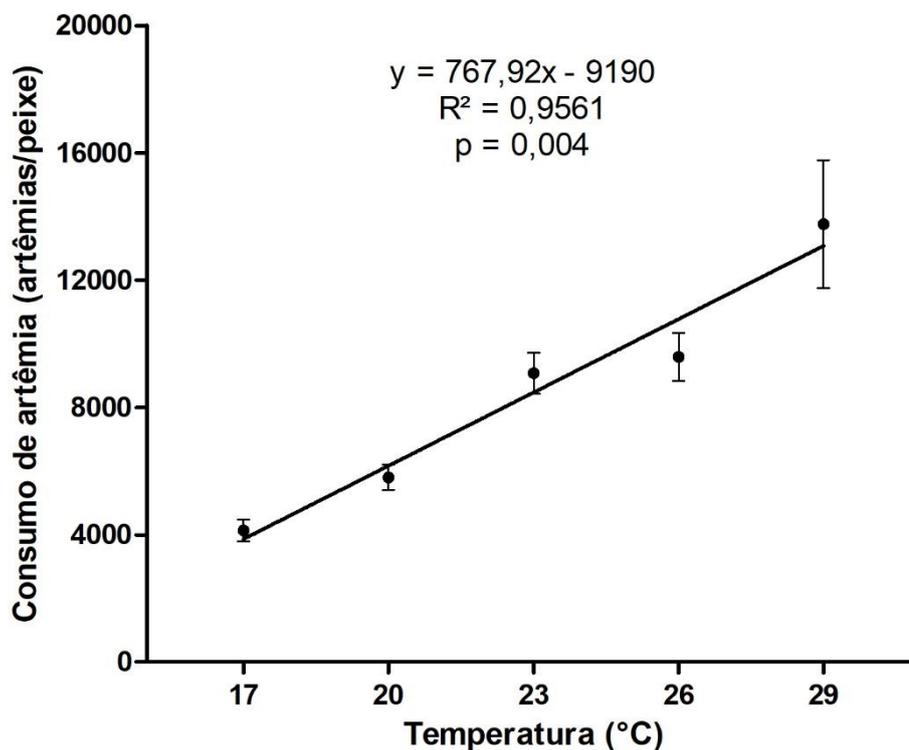


Figura 3 – Consumo total de artêmia (Média ± Desvio Padrão) pelas larvas de *Odontesthes argentinensis* mantidas em diferentes temperaturas ao longo de 11 dias ajustado a uma regressão linear.

6.3 Parâmetros de Estresse Oxidativo

A ACAP apresentou os maiores valores (menor capacidade antioxidante) nos peixes mantidos em 29 °C, enquanto os mantidos em 17 °C, apresentaram os menores valores (maior capacidade antioxidante), em ambos os casos diferindo significativamente dos demais tratamentos ($P < 0,05$). Já os tratamentos de 20, 23 e 26 °C, apresentaram valores intermediários e não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$) (Figura 5).

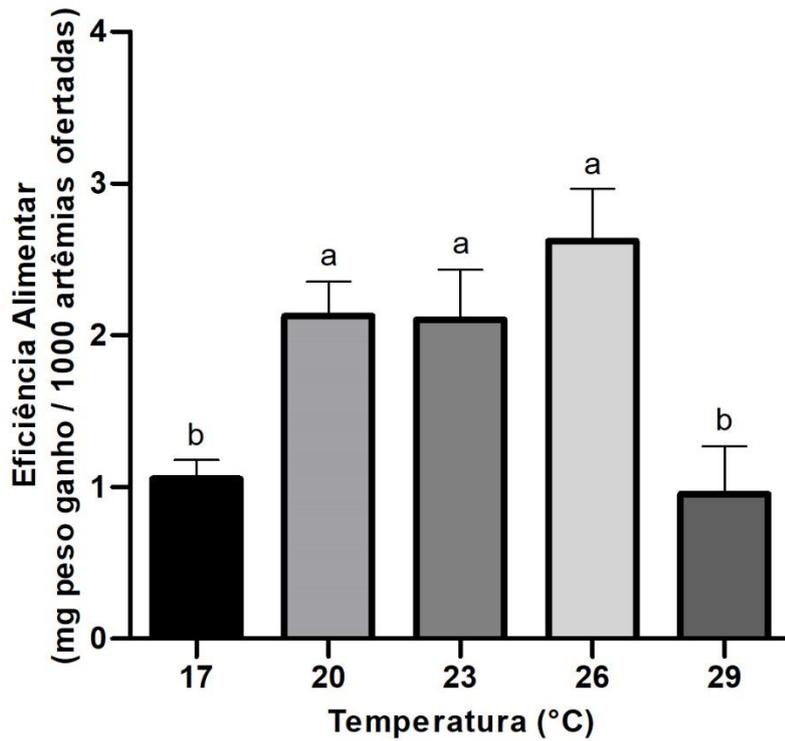


Figura 4 – Eficiência alimentar (Média \pm Desvio Padrão) de larvas de *Odontesthes argentinensis* alimentadas com náuplios de artêmia em diferentes temperaturas durante 11 dias. Letras diferentes acima das colunas indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Os teores de NP-SH não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos (Figura 6), enquanto os de P-SH foram significativamente maiores nas larvas mantidos a 23 °C quando comparados aos submetidos a 17 e 20 °C ($P < 0,05$) (Figura 7).

Os níveis de TBARS apresentaram-se significativamente maiores na temperatura de 17 °C em relação aos tratamentos de 26 e 29 °C (Figura 8).

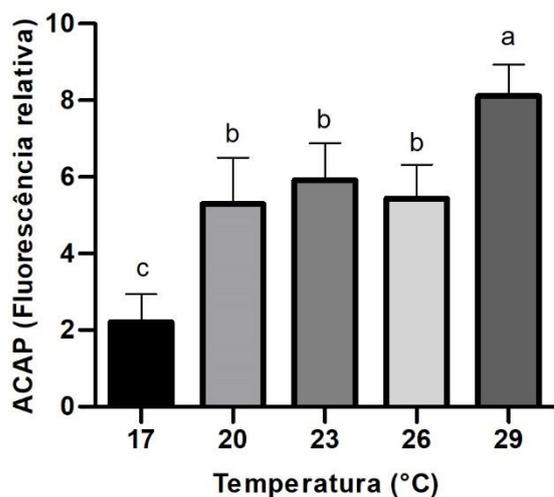


Figura 5 – Capacidade antioxidante total contra radicais peroxil (ACAP) (Média \pm Desvio Padrão) em larvas de *Odontesthes argentinensis* mantidas em diferentes temperaturas. Letras diferentes acima das colunas indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

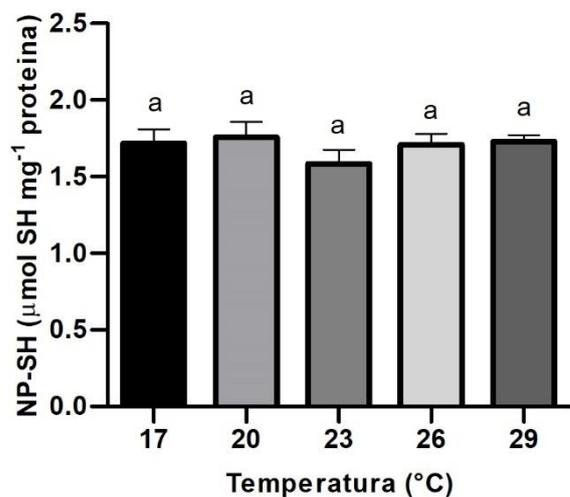


Figura 6 – Concentração de tióis não-proteicos (NP-SH) (Média \pm Desvio Padrão) em larvas de *Odontesthes argentinensis* mantidas em diferentes temperaturas. Letras diferentes acima das colunas indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

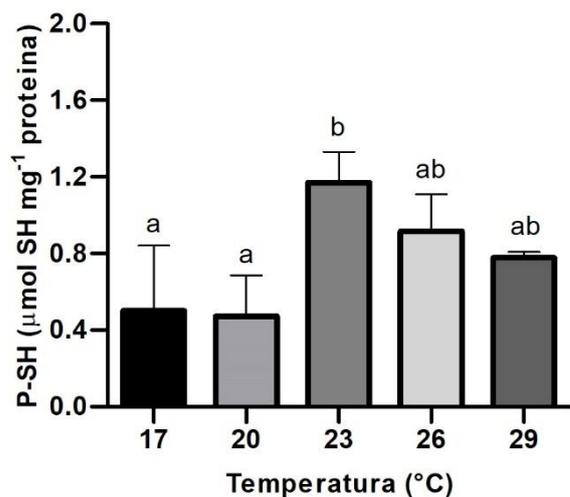


Figura 7 – Concentração de tióis proteicos (P-SH) (Média ± Desvio Padrão) em larvas de *Odontesthes argentinensis* mantidas em diferentes temperaturas. Letras diferentes acima das colunas indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

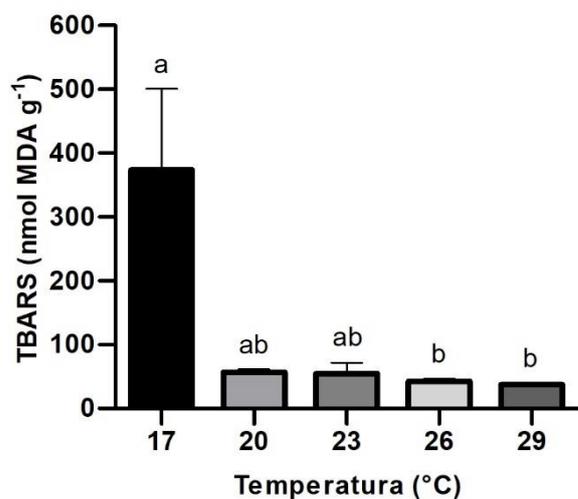


Figura 8 – Concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (Média ± Desvio Padrão) em larvas de *Odontesthes argentinensis* mantidas em diferentes temperaturas. Letras diferentes acima das colunas indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

6.4 Deformidades Esqueléticas

Foram observadas anomalias esqueléticas em 89,9 % das larvas criadas em 29°C. Dentre as alterações encontradas, 69,3 % das larvas apresentaram escoliose, 30,7% lordose e 15,3% cifose. Os peixes que apresentaram cifose tinham escoliose associada. Nas demais temperaturas não foram observadas deformidades (Figura 9).

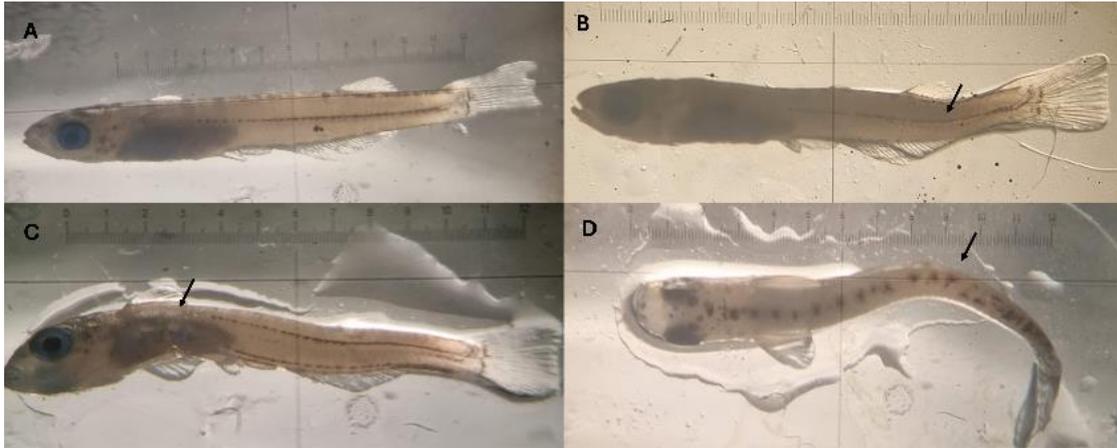


Figura 9 – Anomalias no esqueleto axial de larvas de peixe-rei *Odontesthes argentinensis* indicados por setas pretas. (A) larva normal; (B) lordose: dobramento dorsolateral da notocorda; (C) cifose: dobramento ventrodorsal da notocorda; (D) escoliose: dobramento látero-lateral no eixo corpóreo.

7 DISCUSSÃO

A temperatura corporal de espécies ectotérmicas é determinada pela temperatura da água, a qual tem efeito direto sobre o seu comportamento e diversos processos bioquímicos e fisiológicos (Alfonso et al., 2021). Determinar a temperatura ótima é fundamental para otimizar a performance e manter o bem-estar e saúde dos animais, especialmente nas fases iniciais de vida, onde embriões e larvas são particularmente sensíveis e afetados por este fator (Yanagitsuru et al., 2021).

O desempenho térmico dos peixes é descrito como uma curva em forma de sino, que tende a melhorar com o aumento da temperatura, até atingir uma temperatura ótima, e a partir desse ponto, já começa a ter o comprometimento da performance (Volkoff & Rønnestad, 2020). Esse padrão foi evidenciado para as larvas de peixe-rei, que apresentaram incremento no crescimento (peso e comprimento) conforme o aumento da temperatura até 26 °C. Esses resultados estão de acordo com o reportado por Strüssmann et al. (1996), nos quais as larvas de *O. argentinensis* apresentam maior crescimento à

medida que se aumenta a temperatura numa faixa entre 18 e 25 °C. Por outro lado, no presente estudo, já houve uma redução do desempenho nos peixes mantidos em 29 °C. Streit Jr. et al. (2010) também demonstraram essa queda no crescimento, a partir de 26 °C, além de uma menor sobrevivência em juvenis da mesma espécie criados a 29 °C. Os resultados dos estudos com larvas e juvenis mostram que a temperatura ideal para a produção do peixe-rei marinho é maior durante a fase larval (26°C), do que na fase de juvenil (23°C).

O aumento da temperatura tem efeitos antagônicos que podem afetar o crescimento dos peixes: um negativo devido à maior demanda energética para manutenção do metabolismo, e portanto, menos energia disponível para crescimento; e um positivo por levar à um maior consumo alimentar e/ou à uma melhor eficiência dos processos envolvidos na digestão, o que pode favorecer o crescimento (Xiao-Jun & Ruyung, 1992). O aumento linear do consumo de artêmia foi demonstrado para as larvas de peixe-rei conforme aumento da temperatura. Esse consumo crescente de alimento, e a manutenção da eficiência de seu aproveitamento entre 20 e 26 °C explicam os resultados de maior ganho de peso e comprimento nessas temperaturas, e sugerem que essa faixa de temperatura possa ser considerada adequada para a espécie, e que as diferenças no crescimento são reflexo apenas do maior consumo de alimento.

Por outro lado, baixas temperaturas além de reduzirem o consumo de alimento dos peixes, também podem piorar a eficiência alimentar, o que resulta em menor crescimento, conforme demonstrado no tratamento de 17 °C. O mesmo foi demonstrado para juvenis de miragaia *Pogonias courbina* mantidas em 23 °C, com relação as mantidas em 26 e 29 °C (Kuroski et al., 2025).

Apesar do maior consumo de artêmias pelas larvas mantidas em 29 °C, foi demonstrado uma redução no crescimento, o que pode ser atribuído a redução da eficiência alimentar. Vale ressaltar que a temperatura fora das faixas adequadas para a espécie, pode ser um fator ambiental capaz de induzir o estresse nos animais, o que leva a uma maior demanda energética para manutenção da homeostase, reduzindo assim a alocação de energia para o crescimento (Sokolova et al., 2012), justificando a menor eficiência alimentar nas temperaturas de 17 e 29 °C.

O estresse oxidativo é uma condição que também pode ser desencadeado nos peixes em função da temperatura da água (Lushchak, 2011). Para lidar com a produção

ROS, os organismos apresentam um complexo sistema antioxidante, o qual inclui uma grande variedade de compostos de baixo peso molecular e enzimas (Martínez-Álvarez et al. 2005). A ACAP é um marcador que fornece uma avaliação do estado desse sistema antioxidante, de maneira geral, sem fazer distinção entre defesas específicas (Amado et al., 2009). No presente estudo, o aumento da temperatura levou a uma redução na ACAP das larvas de peixe-rei. Em geral, isso poderia ser explicado por um maior gasto de antioxidantes relacionado a um maior metabolismo e conseqüentemente de maior produção de ROS em temperaturas mais altas (Lushchak, 2011). Essa resposta se aplica bem para as temperaturas entre 20 e 29 °C, aonde na temperatura mais elevada existe uma menor ACAP, e os níveis de dano oxidativo (TBARS e P-SH) não diferem das outras temperaturas. Isso sugere, que apesar de uma possível maior produção de ROS devido as taxas metabólicas mais elevadas, o sistema de defesa antioxidante foi eficiente na manutenção do balanço redox.

Entretanto, uma explicação adicional para o padrão observado seria uma regulação positiva das defesas antioxidantes desencadeada pela redução das temperaturas, visto que os dados de TBARS demonstram níveis muito mais elevados de LPO na temperatura de 17 °C. Esses resultados de maior capacidade anti-oxidante no frio podem indicar uma resposta protetiva ativada por uma possível condição pró-oxidante (Hermes-Lima et al., 2015), que pode ser induzida pelo estresse térmico da baixa temperatura aumentando a produção de ROS (Vinagre et al., 2012), e/ou a um maior risco de dano oxidativo nas membranas celulares devido ao aumento nos níveis de ácidos graxos poliinsaturados (Crockett, 2008).

Um ajuste celular comumente desencadeado por baixas temperaturas é a regulação dos constituintes das membranas biológicas, o que inclui, particularmente, o aumento nas proporções ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (PUFA) nos animais tolerantes ao frio, permitindo a manutenção da fluidez de membrana e das suas funções (Hazel, 1995). Entretanto, o aumento da quantidade de PUFA, resulta em uma maior disponibilidade de substrato para ocorrer a LPO, que é uma reação em cadeia iniciada por um radical hidroxil, que leva dano oxidativo em lipídeos, principalmente de PUFA, os quais são mais susceptíveis a serem oxidados (Halliwell & Gutteridge, 2015).

Grupos sulfidril (-SH) são sensíveis à oxidação, sendo assim, a redução no conteúdo de P-SH é aplicado como um indicativo de aumento do dano oxidativo em

proteínas (Mitton et al., 2016). Apesar de diferir significativamente apenas do tratamento de 23 °C, as duas temperaturas mais baixas apresentam os menores teores de P-SH, sugerindo também um possível aumento nos níveis de oxidação proteica nessa condição. A glutathiona (GSH) é o principal antioxidante não enzimático, sendo o NP-SH composto predominante por GSH na maioria das células (Dickinson & Forman, 2002). A GSH tem papel importante contra a formação de radicais livres, na manutenção da homeostase do grupo tiol e do equilíbrio redox celular, bem como atua na detoxificação de agentes eletrofilicos (Halliwell & Gutteridge, 2015). No presente estudo, não foi evidenciado efeito da temperatura sobre as concentrações de NP-SH, e possivelmente no conteúdo de GSH nas larvas de peixe-rei.

Wen et al. (2021) demonstraram que temperaturas mais baixas (13 e 17 °C em comparação com 20 e 25 °C) levaram ao aumento dos níveis de cortisol, indicando uma condição de estresse, da atividade da enzima antioxidante catalase e dos níveis de LPO, bem como uma regulação positiva em genes e enzimas que apresentam papel importante na manutenção do balanço de ácidos graxos poliinsaturados no baiacu *Takifugu fasciatus*. Resultados semelhantes também foram reportados para a miragaia *P. courbina* quando mantidas nas temperaturas 23, 26 e 29 °C. Os autores demonstraram que a redução da temperatura levou a um aumento nos níveis de dano oxidativo proteico e lipídico, também mensurados pela quantificação de P-SH e TBARS, respectivamente, e aumento na ACAP (Kuroski et al, 2025).

As larvas de peixes marinhos passam por grandes mudanças funcionais e morfológicas nessa etapa de vida, e muitas deformidades, podem aparecer durante o desenvolvimento larval. A incidência de deformidades esqueléticas representa um problema sério na piscicultura (Georgakopoulou et al., 2010), uma vez que impactam negativamente não só a larvicultura, como a qualidade dos juvenis produzidos, comprometendo a capacidade de natação, o crescimento, a eficiência alimentar e a sobrevivência, prejudicando a produção (Boglione et al., 2013).

A temperatura é considerada o fator ambiental mais importante para o surgimento de anomalias na coluna vertebral de peixes (Wargelius et al. 2010). No presente estudo, uma elevada incidência de anomalias no esqueleto axial, que incluem a lordose, escoliose e cifose, foram observadas na maior temperatura testada, corroborando com os achados

por Georgakopoulou et al. (2010), Balbuena-Pecino et al. (2019) e Rodríguez-Ibarra et al. (2024).

Os mecanismos de ação da temperatura que levam ao desenvolvimento de deformidades nos peixes ainda são pouco esclarecidos. Esses mecanismos podem estar correlacionados com alterações de mecanismos moleculares envolvidos no desenvolvimento ósseo. Entretanto, o efeito indireto da temperatura no desenvolvimento ósseo é bem descrito, e pode ser dar, principalmente, por deficiências nutricionais (Georgakopoulou et al., 2010).

Balbuena-Pecino et al. (2019) sugerem que o aumento da temperatura da água pode comprometer crescimento e desenvolvimento osteomuscular por meio da modulação da expressão de diferentes membros do eixo GH/IGFs, genes miogênicos e osteogênicos, ao mesmo tempo em que acelera a utilização de lipídios como fonte de energia, de forma menos eficiente do que em temperaturas ideais. Wen et al. (2013) demonstram essa dinâmica do metabolismo lipídico no peixe marinho *Inimicus japonicus*, a qual resulta em baixas concentrações de PUFA, por exemplo. A deficiência desses ácidos graxos é um dos principais fatores nutricionais que podem comprometer o desenvolvimento esquelético em larvas de peixes (Cahu et al., 2003), sobretudo em espécies marinhas, devido as maiores exigências nesse sentido (Tocher, 2010). As larvas de peixe-rei no presente estudo foram alimentadas exclusivamente com náuplios de artêmia, e sabe-se que o aporte nutricional oferecido por esses organismos tende a diminuir com o aumento da temperatura, principalmente no que diz respeito a quantidade de PUFA (Ritar et al., 2004).

8 CONCLUSÃO

- As larvas de peixe-rei apresentaram maior crescimento conforme o aumento da temperatura até 26 °C. Entretanto, em 29 °C, foi evidenciado o comprometimento do crescimento dos peixes.
- A sobrevivência não foi afetada pelas temperaturas testadas.
- O consumo de artêmia pelas larvas de peixe-rei apresenta uma relação linear positiva com o aumento da temperatura no intervalo entre 17 e 29 °C, porém, o aproveitamento desse alimento é prejudicado nas temperaturas extremas testadas.
- As temperaturas extremas desencadearam alterações do balanço oxidativo dos peixes. Em 29 °C, os peixes apresentam uma diminuição na capacidade antioxidante, enquanto em 17 °C, apresentam níveis mais elevados de dano oxidativo, e uma modulação do sistema antioxidante para lidar essa condição.
- A temperatura de 29 °C levou a uma elevada incidência (89,9 %) de deformidades esqueléticas na coluna vertebral (lordose, cifose e escoliose) das larvas de peixe-rei.
- Os efeitos negativos encontrados nas larvas mantidas em 17 e 29 °C demonstram que essas temperaturas estão fora de uma faixa ótima para a espécie e, portanto, devem ser evitadas.
- A larvicultura do peixe-rei deve ser realizada 26 °C como a temperatura ótima para se obter os melhores resultados em termos de crescimento das larvas.

9 REFERENCIAS

- Alfonso, S., Gesto, M., Sadoul, B. 2021. Temperature increase and its effects on fish stress physiology in the context of global warming. *Journal of Fish Biology*, 98, (06), 1496-1508. <https://doi.org/10.1111/jfb.14599>
- Amado, L.L., Garcia, M.L., Ramos, P.B., Freitas, R.F., Zafalon, B., Ferreira, J.L.R., Yunes, J.S., Monserrat, J.M. 2009. A method to measure total antioxidant capacity against peroxy radicals in aquatic organisms: application to evaluate microcystins toxicity. *Science of The Total Environment*. 407, 2115-2123. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.038>
- Azevedo, T.P., Witten, P.E., Huysseune, A., Bensimon-Brito, A., Winkler, C., TO, T.T., Palmeirin, I. 2012. Interrelationship and modularity of notochord and somites: a comparative view on zebrafish and chicken vertebral body development. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 3. 316-319, <https://doi.org/10.1201/9781315155975>
- Balbuena-Pecino, S., Riera-Heredia, N., Vélez, E. J., Gutiérrez, J., Navarro, I., Riera-Codina, M., Capilla, E. 2019. Temperature affects musculoskeletal development and muscle lipid metabolism of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Frontiers in Endocrinology*, 10, 173. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00173>
- Baldisserotto, B., Gomes, L.C., 2010. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. segunda ed. Editora da UFSM, Santa Maria.
- Boglione, C., Gisbert, E., Gavaia, P., E. Witten, P., Moren, M., Fontagné, S. e Koumoundouros, G. 2013, Anomalias esqueléticas em larvas e juvenis de peixes europeus criados. Parte 2: principais tipologias, ocorrências e fatores causais. *Reviews in Aquaculture*, 5. 121-167. <https://doi.org/10.1111/raq.12016>
- Bush, S.R., Belton, B., Little, D.C., Islam, Md.S. 2019. Emerging trends in aquaculture value chain research. *Aquaculture*. 498, 428-434 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.077>
- Cahu, C., Infante, J.Z., Takeuchi, T. 2003. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture*, 227, 245-258. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00507-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00507-6).
- Cascarano, M.C., Stavrakidis-Zachou, O., Mladineo, I., Thompson, K.D., Papandroulakis, N., Katharios, P. 2021. Mediterranean Aquaculture in a Changing Climate: Temperature Effects on Pathogens and Diseases of Three Farmed Fish Species. *Pathogens*, 10, 1205. <https://doi.org/10.3390/pathogens10091205>
- Cavalli, R.O., Domingues, E.C., Hamilton, S., 2011. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40, 155-164.
- Costa, M.P.V., Perazzo, M., Silva, R.Z., Sampaio, L.A., Cousin, J. C. B. 2009. Morfogenia larval microanatômica do peixe-rei marinho *Odontesthes argentinensis* (atheriniformes,

atherinopsidae) do Rio Grande do Sul – Brasil: entre a eclosão e o 30º dia. *Biociências*, 17, 91 – 105.

Cubbage, C.C. Mabee P.M. 1996. Development of the cranium and paired fins in the zebrafish *Danio rerio* (*Ostariophysi, Cyprinidae*). *Journal of morphology* 229:121-160. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4687\(199608\)229:2%3C121::AID-JMOR1%3E3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4687(199608)229:2%3C121::AID-JMOR1%3E3.0.CO;2-4)

Crockett, E.L. 2008. The cold but not hard fats in ectotherms: consequences of lipid restructuring on susceptibility of biological membranes to peroxidation, a review. *Journal of Comparative Physiology B*, 178, 795-809. <https://doi.org/10.1007/s00360-008-0275-7>

Da Silva, D.O., Ratko, J., Côrrea, A.P.N., da Silva, N.G., Pereira, D.M.C., Schleger, I.C., Donatti, L. 2024. Assessing physiological responses and oxidative stress effects in *Rhamdia voulezi* exposed to high temperatures. *Fish Physiology and Biochemistry*, 50, 617-633. <https://doi.org/10.1007/s10695-023-01294-2>

De buen, F. 1953. Os peixe rei (familia Atherinidae) na fauna uruguaia, com descrição de novas espécies *Boletim Do Instituto Oceanográfico*, 4(1-2), 03–80. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241953000100001>

Dickinson, D.A., Forman, H.J. 2002. Cellular glutathione and thiols metabolism. *Biochemical pharmacology*, 64(5-6), 1019-1026. [https://doi.org/10.1016/S0006-2952\(02\)01172-3](https://doi.org/10.1016/S0006-2952(02)01172-3)

Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G., Sorgeloos, P. 2001. Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture* 200, 129–146. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00697-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00697-4)

Eissa, A.E., Abu-Seida, A.M., Ismail, M.M., Abu-Elala, N.M e Abdelsalam, M. 2021, Uma visão geral abrangente das deformidades esqueléticas mais comuns em peixes. *Aquaculture Research*, 52: 2391-2402. <https://doi.org/10.1111/are.15125>

FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome.

Feng, G.P., Zhuang, P., Zhang, L.Z., Duan, M., Liu, J.Y. 2012. Effects of temperature on oxidative stress biomarkers in juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser Sinensis*) under laboratory conditions. *Advanced Materials Research*, 343, 497-504. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.343-344.497>

Freitas, L.S., Rodrigues, R.V., Okamoto, M.H., Louzada, L.R., & Sampaio, L.A. 2009. Effects of photoperiod on survival and growth of the marine pejerrey *Odontesthes argentinensis* larvae. *Aquaculture Research*, 40, 252-255 <https://doi:10.1111/j.1365-2109.2008.02080.x>

Führ, F., Tesser, M.B., Rodrigues, R.V., Pedron, J., Romano, L.A. 2016. Artemia enriched with hydrolyzed yeast improves growth and stress resistance of marine pejerrey

Odontesthes argentinensis larvae. *Aquaculture* 450, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.018>

Georgakopoulou, E., Katharios, P., Divanach, P., Koumoundouros, G. 2010. Effect of temperature on the development of skeletal deformities in gilthead seabream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 308, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.08.006>

González-Castro, M., Rosso, J.J., Mabragaña, E., Díaz de Astarloa, J.M. 2015. Surfing among species, populations and morphotypes: Inferring boundaries between two species of new world silversides (Atherinopsidae). *Comptes Rendus. Biologies.* 339, 10–23. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2015.11.004>

Gorman, K.F., & Breden, F. 2007. Teleosts as models for human vertebral stability and deformity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 145, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.10.004>

Halliwell, B., & Gutteridge, JMC. 2015. *Radicais livres em biologia e medicina*, 5^a ed. Oxford: Clarendon Press.

Hazel, J. R. 1995. Thermal adaptation in biological membranes: is homeoviscous adaptation the explanation?. *Annual review of physiology*, 57, 19-42.

Helfman, S. Collette, BB. Facey, De, Bowen BW. 2009. A diversidade de peixes, biologia, evolução e ecologia. *Wiley-Blackwell*, Oxford,

Hermes-Lima, M., Moreira, D.C., Rivera-Ingraham, G.A., Giraud-Billoud, M., Genaro-Mattos, T.C., Campos, É.G. 2015. Preparation for oxidative stress under hypoxia and metabolic depression: Revisiting the proposal two decades later. *Free Radical Biology and Medicine*, 89, 1122-1143. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.07.156>

Islam, M.J., Kunzmann, A., Slater, M.J. 2022. Responses of aquaculture fish to climate change-induced extreme temperatures: *Journal of the World Aquaculture Society* . 53, 314-366. <https://doi.org/10.1111/jwas.12853>

Klinger, D., & Naylor, R. 2012. Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 247-276. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-021111-161531>

Kuroski, F., Maltez, L. C., Menossi, O., Oliveira, T. P., Gamboa, B. J., Okamoto, M. H., & Sampaio, L. A. 2025. Influence of temperature on growth and oxidative status of juvenile Southern black drum (*Pogonias courbina*). *Aquaculture Reports*, 40, 102560. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102560>

Liao, I, C. 2000. Aquaculture Development: Challenges for the 21st Century. *Aquaculture Science*. 48, 273 – 278. <https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.48.273>

- Lindmark, M., Ohlberger, J., & Gårdmark, A. 2022. Optimum growth temperature declines with body size within fish species. *Global Change Biology*, 28, 2259-2271. <https://doi.org/10.1111/gcb.16067>
- Livingstone, D.R., 2003. Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 154, 427-430.
- Lushchak, V.I. 2011. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatic toxicology*, 101, 13-30. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.10.006>
- Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H.N., Vinagre, C., & Diniz, M.S. 2013. Influence of temperature in thermal and oxidative stress responses in estuarine fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 166, 237-243. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.06.008>
- Martínez-Álvarez, R.M., Morales, A.E., Sanz, A. 2005. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish Biology and fisheries*, 15, 75-88. <https://doi.org/10.1007/s11160-005-7846-4>
- Mata-sotress, J.Á, Lazo, J.P e Baron- Sevilla, B. 2015. Larval rearing of marine fish: The need for innovation and improvement in the industry. *Aquaculture*, 448, 238-248. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.037>
- Mitton, F.M., Ferreira, J.L. R., Gonzalez, M., Miglioranza, K.S., Monserrat, J.M. 2016. Antioxidant responses in soybean and alfalfa plants grown in DDTs contaminated soils: Useful variables for selecting plants for soil phytoremediation?. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 130, 17-21. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.12.005>
- Morawicki, S., Solimano, P.J., Volpedo, A.V. 2022. Unravelling Stock Spatial Structure of Silverside *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) from the North Argentinian Coast by Otoliths Shape Analysis. *Fishes* 7, 155. <https://doi.org/10.3390/fishes7040155>
- Pittman, K., Yúfera, M., Pavlidis, M., Audrey, A.J., Koven, W., Ribeiro, L., Zambonino-Infante, J. L., Tandler, A. 2013. Fantastically plastic: Fish larvae equipped for a new world. *Reviews in Aquaculture*, 5(S1), 224–267. <https://doi.org/10.1111/raq.12034>
- Piedras, S.R.N., Pouey, J.L.O.F. 2004. Alimentação de alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) com dietas naturais e artificiais. *Ciência Rural*, 34, 1203-1206. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000400036>
- Phonlor G, Sampaio LA. 1992. Effects of salinity on growth and survival of *Odonthestes argentinensis* larvae. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 35: 153-155.
- Ritar, A.J., Dunstan, G.A., Nelson, M.M., Brown, M.R., Nichols, P.D., Thomas, CW., Smith, E.G., Crear, B.J., Kolkovski, S. 2004. Nutritional and bacterial profiles of juvenile *Artemia* fed different enrichments and during starvation. *Aquaculture*, 239(1-4), 351-373. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.06.016>

- Sampaio L.A., Phonlor G. 1992. Freshwater tolerance of marine and estuarine metamorphic larvae of *Odontesthes argentinensis* (Pisces: Atherinidae). *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 35: 85-90.
- Sampaio L.A., Minillo A. 1995. Acute toxicity of ammonia to marine silverside larvae (*Odontesthes argentinensis*) under different temperatures. *European Aquaculture Society Special Publication*. 24: 390-393.
- Sampaio, L. A. 2006. Production of "pejerrey" *Odontesthes argentinensis* fingerlings: A review of current techniques. *Biocell*, 30, 121-123.
- Sampaio, L.A. Freitas, L.S. Okamoto, M.H. Louzada, L.R. Rodrigues, R.V. Robaldo, R.B. 2007. Effects of salinity on Brazilian flounder *Paralichthys orbignyana* from fertilization to juvenile settlement. *Aquaculture*, 262, 340-346. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.09.046>.
- Sampaio, L.A., Pissetti, T.L., Morena, M. 2006. Acute toxicity of nitrite on larvae of the marine pejerrey *Odontesthes argentinensis* (Teleostei, Atherinopsidae). *Ciência Rural*, 36, 1008-1010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000300048>
- Sampaio, L.A., Tesser, M.B., Wasielesky Junior, W. 2010. Advances in mariculture on the first decade of the XXI century: marine fish and shrimp culture. *Revista Brasileira Zootecnia*. 39, 102-111. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300012>
- Sanches, E.G., Azevedo, V.G. de, Costa, M.R. da. 2011. Criação da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae) alimentada com rejeito de pesca e ração úmida em tanques-rede. *Atlântica (Rio Grande)*, 29, 121-126. <https://doi.org/10.5088/atlantica.v29i2.707>
- Sedlak, J., Lindsay, R.H. 1968. Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Analytical biochemistry*, 25, 192-205.
- Seoka, M., Yamada, S., Iwata, Y., Yanagisawa, T., Nakagawa, T., Kumai, H. 2003. Differences in the biochemical content of buoyant and non-buoyant eggs of the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, 216, 355-362. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00459-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00459-3)
- Sokolova, I. M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G., Sukhotin, A.A. 2012. Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Marine environmental research*, 79, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>
- Smith, J., Johnson, A., Williams, R. 2022. Os impactos da poluição marinha nas populações de peixes e sistemas de aquicultura. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 10 <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104979>
- Stevens, J.R., Newton, R.W., Tlustý, M., Little, D.C. 2018. The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. *Marine Policy*. 90, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.12.027>

- Streit Jr, D.P., Tesser, M.B., Burkert, D., Castaño Sanchez, C., Sampaio, L. A. 2010. Survival and growth of juvenile marine pejerrey, *Odontesthes argentinensis*, reared at different temperatures. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41, 931-935. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00436.x>
- Strüssmann, C.A., Calsina Cota, J.C., Phonlor, G., Higuchi, H., Takashima, F. 1996. Temperature effects on sex differentiation of two South American atherinids, *Odontesthes argentinensis* and *Patagonina hatcheri*. *Environmental Biology of Fishes*, 47, 143-154. <https://doi.org/10.1007/BF00005037>
- Tesser, M.B., Sampaio, L. A. 2001. Growth of pejerrey larvae (*Odontesthes argentinensis*) fed on different prey densities. *Atlântica, Rio Grande*, 23, 97-100.
- Tesser, M.B., Sampaio, L.A. 2006. Criação de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes argentinensis*) em diferentes taxas de arraçoamento. *Ciência Rural* 36, 1278–1282. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400036>
- Thompson, A.N., Glaser, S.M. 2019. Produtividade global da aquicultura, sustentabilidade ambiental e adaptabilidade às mudanças climáticas. *Gestão Ambiental* 63, 159–172. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1117-3>
- Thompson, G.A., Biolé, F., Volpedo, A.V. 2022. Seasonal and ontogenetic change in diet composition of wild new world silverside *Odontesthes argentinensis* in temperate coastal area (South America). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 270, 107830. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107830>
- Tocher, D.R. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture research*, 41, 717-732. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x>
- Troell, M., Naylor, R.L., Metian, M., Beveridge, M., Tyedmers, P.H., Folke, C., Arrow, K.J., Barrett, S., Crépin, A., Ehrlich, P.R., Gren, Å., Kautsky, N., Levin, S.A., Nyborg, K., Österblom, H., Polasky, S., Scheffer, M., Walker, B.H., Xepapadeas, T., & De Zeeuw, A. 2014. Does aquaculture add resilience to the global food system?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 13257-13263. <https://doi.org/10.1073/pnas.1404067111>
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring., 12th ed, Manual and Guides 12. Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris.
- Valenti, W.C., Kimparab, J.M., Pretoc B.L., Moraes-Valenti P. 2018. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*. 88, 402 – 413. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>
- Vallés, R. Estevez, A. 2013. Light conditions for larval rearing of meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*. 376-379, 15-19. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.11.011>

- Verdegem, M., Buschmann, A.H., U. Win Latt, U., Dalsgaard, A.J.T., Lpovatelli, A. 2023. The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. *Journal of the World Aquaculture Society*. 54, 206-250. <https://doi.org/10.1111/jwas.12963>
- Vinagre, C., Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H.N., Diniz, M. 2012. Effect of temperature on oxidative stress in fish: Lipid peroxidation and catalase activity in the muscle of juvenile seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Ecological indicators*, 23, 274-279. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.009>
- Volkoff, H., Rønnestad, I. 2020. Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature* 7, 307–320. <https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1765950>
- Wargelius, A., Fjellidal, P.G., Grini, A., Gil-Martens, L., Kvamme, B.O., Hansen, T. 2010. MMP-13 (matrix metalloproteinase 13) expression might be an indicator for increased ECM remodelling and early signs of vertebral compression in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 366–371. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01441.x>
- Wen, W., Huang, X., Chen, Q., Feng, L., Wei, L. 2013. Temperature effects on early development and biochemical dynamics of a marine fish, *Inimicus japonicus*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 442, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.01.025>
- Wen, X., Chu, P., Xu, J., Wei, X., Fu, D., Wang, T., Yin, S. 2021. Combined effects of low temperature and salinity on the immune response, antioxidant capacity and lipid metabolism in the pufferfish (*Takifugu fasciatus*). *Aquaculture*, 531, 735866. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735866>
- Xiao-Jun, X., Ruyung, S. 1992. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growth rate as a function of ration level, body weight, and temperature. *Journal of Fish Biology*, 40(5), 719-730. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02619.x>
- Yanagitsuru, Y.R., Main, M.A., Lewis, L.S., Hobbs, J.A., Hung, T.C., Connon, R.E., Fangué, N.A. 2021. Effects of temperature on hatching and growth performance of embryos and yolk-sac larvae of a threatened estuarine fish: Longfin smelt (*Spirinchus thaleichthys*). *Aquaculture*, 537, 736502. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736502>

=

Ficha Catalográfica

B277i Barros, Wik Maik Santos.
Influência da temperatura na larvicultura do peixe rei marinho
Odontesthes argentinensis / Wik Maik Santos Barros. – 2025.
38 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –
FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS,
2025.

Orientador: Dr. Luís André Sampaio.
Coorientador: Dr. Lucas Campos Maltez.

1. Temperatura 2. Larvas de peixes 3. Desempenho de
crescimento 4. Estresse oxidativo 5. Deformidades esqueléticas
I. Sampaio, Luís André II. Maltez, Lucas Campos III. Título.

CDU 597

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344