

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DOS ESPECTROS DE LUZ NO DESENVOLVIMENTO DE PÓS-
LARVAS DE *Amphilophus citrinellus* (GUNTHER,1864)**

Jefferson Wayne da Silva Cartaxo

SALVADOR - BAHIA
JANEIRO – 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Jefferson Wayne da Silva Cartaxo
Zootecnista

SALVADOR - BAHIA
JANEIRO - 2024

JEFFERSON WAYNE DA SILVA CARTAXO

**EFEITO DOS ESPECTROS DE LUZ NO DESENVOLVIMENTO DE PÓS-
LARVAS DE *Amphilophus citrinellus* (GUNTHER,1864)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Fortes da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Victor Vidal

**SALVADOR - BAHIA
JANEIRO - 2024**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Cartaxo, Jefferson Wayne da Silva.

Efeito dos espectros de luz (led) no desenvolvimento de pós-larvas de *Amphilophus citrinellus* (GUNTHER, 1864) / Jefferson Wayne da Silva Cartaxo. - 2024.

47 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Fortes da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Vítor Vidal.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2024.

I. Zootecnia. 2. Peixes - Criação. 3. Peixes - Comportamento. 4. Peixes - Efeito da luz. I. Silva, Rodrigo Fortes da. II. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

CDD - 639.3

CDU - 639.37


EFEITO DOS ESPECTROS DE LUZ NO DESENVOLVIMENTO DE PÓS-LARVAS DE *Amphilophus citrinellus* (Gunther, 1864)

Jefferson Wayne da Silva Cartaxo


Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Salvador, 31 de janeiro de 2024


Comissão examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO FORTES DA SILVA**
Data: 07/02/2024 16:58:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Dr. Rodrigo Fortes da Silva
UFV
Orientador / Presidente

Documento assinado digitalmente
 **FELIPE GUEDES DE ARAUJO**
Data: 02/02/2024 10:38:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Dr. Felipe Guedes de Araújo
UFAPE

Documento assinado digitalmente
 **LEANDRO SANTOS COSTA**
Data: 05/02/2024 09:00:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Leandro Santos Costa

 **JODNES SOBREIRA VIEIRA**
Data: 02/02/2024 15:53:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Jodnes Sobreira Vieira
UFS

Documento assinado digitalmente
 **EDENILCE DE FATIMA FERREIRA MARTINS**
Data: 31/01/2024 19:08:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Edenilce de Fátima Ferreira Martins
UFS

“...Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena acreditar no sonho que se tem...”

Letra: mais uma vez- Renato Russo

Dedico este trabalho ao meu avô materno Crisóstomo Gomes da Silva (*in memoria*) e a minha mãe Maria Crizileide da Silva Cartaxo meus maiores exemplos de honestidade, força e coragem.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter fortalecido a minha resiliência e proporcionado saúde e restabelecido minhas forças nas dificuldades em realizar esse sonho.

Aos meus pais e a minha irmã que com muita paciência e apoio, não mediram esforços para que eu alcançasse mais esta etapa em minha vida.

A minha equipe de trabalho sem eles nada disso seria possível, Charlle, Vitor, Tay e Thamires.

Ao professor Rodrigo Fortes da Silva, por ter sido tão criativo quanto eu e pode me proporcionar grandes experiências em meu experimento o que foi fundamental para o desenvolvimento desta tese.

A nossa pós-doc Edenilce de Fátima Ferreira Martins pelos ensinamentos, parceria, incentivo e transmissão de conhecimentos.

Aos estagiários do AQUA que formaram uma grande equipe, equipe essa que acho que jamais existira igual na história desse laboratório.

A todos os colegas e professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFBA, que foram tão importantes nesse período da minha vida acadêmica, em especial o prof. Carlos Eduardo Copatti e ao Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro pelos ensinamentos em suas disciplinas.

À Universidade Federal da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, e a Universidade Federal do recôncavo da Bahia por ter tornado possível a realização dos meus estudos e a realização deste projeto.

À FAPESB, pela concessão da bolsa.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Influência do espectro de luz incidente e da turbidez da água sobre o comportamento exploratório e alimentar e desempenho produtivo de larvas de ciclídeos ornamentais Midas (*Amphilophus citrinellus*)

Figura 1. Arena de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.....	30
Figura 2. Distribuição de diferentes espectros de luz em água clara e turva.....	31
Figura 3. Frequência de escolha das pós-larvas de <i>Amphilophus citrinellus</i> submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.....	34
Figura 4. Preferência das pós-larvas de <i>Amphilophus citrinellus</i> submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.....	35
Figura 5. Peso final e ganho de peso das pós-larvas de <i>Amphilophus citrinellus</i> submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água clara e turva.....	36
Figura 6. Índices de repleção estomacal das pós-larvas de <i>Amphilophus citrinellus</i> submetidas aos diferentes espectros de luz em águas cristalina e turvas.....	37
Figura 7. Sobrevivência das pós-larvas de <i>Amphilophus citrinellus</i> submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.....	38

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Espécie: <i>Amphilophus citrinellus</i> (Gunther, 1864).....	11
2.2. Larvicultura de peixes.....	12
2.3. Espectros de luz	13
2.4. Relação espectro de luz e larvicultura	16
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO I.....	26
Influência do espectro de luz incidente e da turbidez da água sobre o comportamento exploratório e alimentar e desempenho produtivo de larvas de ciclídeos ornamentais Midas (<i>Amphilophus citrinellus</i>)	
Resumo.....	26
abstract.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	28
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
2.1. Comitê de Ética e bem-estar animal	29
2.2. Reprodutores e coleta de larvas	30
2.3. Ensaio 1: Influência da luz nas preferências de pós-larvas	30
2.4. Ensaio 2: Crescimento, Conteúdo Estomacal e Sobrevivência	31
2.4.1. Desenho Experimental.....	31
2.5. Coleta de Amostras.....	33
2.6. Análise Estatística	34
3. RESULTADOS	34
4. DISCUSSÃO	39
5. CONCLUSÃO.....	43
6. REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO GERAL

A família Cichlidae compreende aproximadamente mais de 1000 espécies, sendo 140 espécies pertencentes à tribo heroini e 28 gêneros válidos, o que significa ser um dos maiores grupos de vertebrados distribuídas em várias partes do mundo como na África, Américas do Norte, Central e do Sul, (sul do Texas e México), Índia, Israel, Irã, Madagascar, Sri Lanka e Síria (Kullander,1998; Buckup, 2021). Sua maior diversidade ocorre na América Central, com 100 espécies válidas.

Uma dessas espécies é a *Amphilopus citrinelus* (Gunther,1864) este ciclídeo do gênero *Amphilophus* é encontrado em abundância nas áreas rochosas dos lagos Manágua e Nicarágua na região da América central (Clemens e Wilby, 1946). Os lagos apresentam profundidade variando de 3 até 18 metros, presença de crateras em áreas rochosas repletas de Aufwuchs, pouca vegetação (Riedel, 1964) e a presença de fitoplâncton atua como agente da diminuição da visibilidade a depender das estações do ano (período de estiagem ou chuvoso), influenciando na incidência da radiação solar.

A luz exerce um papel importante no crescimento e na fisiologia dos peixes, como no ganho de peso, na ingestão de alimento, utilização de energia e na reprodução (Karakatsouli et al., 2008; Villamizar et al., 2011; Navarro e Navarro, 2012; Villamizar et al., 2014).

O fotoperíodo é o principal influenciador sobre a organização temporal nos peixes, causando no mecanismo biológico alguns ajustes específicos para cada espécie e respostas as diversas formas de adaptação ao ambiente, causadas por variações de duração (fotoperíodo), de qualidade (espectro) e de quantidade (intensidade) (Bayarri et al., 2002; Blanco-Vives et al., 2010; Fálcon et al., 2010). Os espectros de luz podem ser estabelecidos para melhorar o desenvolvimento e desempenho nos peixes (Barahona-Fernandes, 1979; Villamizar et al., 2009; Vallés e Estévez, 2013; Blanco-vives et al., 2010; Villamizar et al., 2014).

Assim sendo, esses achados devem ser considerados ao elaborar protocolos de criação para larvas na aquicultura, e o presente trabalho dispõe sobre tecnologia de diodos emissores de luz para explorar o efeito da exposição a diferentes comprimentos de onda no comportamento e desempenho do *Amphilopus citrinelus* (Gunther,1864).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espécie: *Amphilopus citrinellus* (Gunther, 1864)

A família Cichlidae compreende aproximadamente mais de 1000 espécies, sendo 140 espécies pertencentes à tribo heroini e 28 gêneros válidos, o que significa ser um dos maiores grupos de vertebrados distribuídas em várias partes do mundo como na África, Américas do Norte, Central e do Sul, (sul do Texas e México), Índia, Israel, Irã, Madagascar, Sri Lanka e Síria (Kullander, 1998; Buckup, 2021). Sua maior diversidade ocorre na América Central, com mais de 100 espécies válidas.

No Brasil, o *Amphilopus citrinellus* é encontrado em criatórios de peixes ornamentais, como também em lojas especializadas no ramo aquarioria em todo território nacional, muito apreciado por aquaristas de peixes jumbo (classificação dentro da aquarioria para criadores de peixes grandes), devido coloração que varia entre laranja-vermelho, cores sólidas como o branco e vermelho e brancas e negras (Barlow e Munsey, 1976). E apesar do comportamento considerado agressivo em aquários comunitários (aquários com diversas espécies), mas se torna um grande potencial como peixe de estimação “PETFISH”, por serem bastante ativos e interagirem de forma amistosa com seus tutores, os quais passa a reconhecer o tutor, como outras interações a exemplo de pedir comida, expressar suas cores, nadar de forma mais rápida e lúdica.

A espécie apresenta hábito alimentar onívoro com tendência a carnívora, possuem dentes molariformes e hábeis a ingerir presas maiores e mais duras (Meyer 1989). Em ambiente natural seu padrão alimentar compõe-se de outros peixes menores, caracóis, crustáceos, detritos orgânicos, fitoplâncton, zooplâncton, plantas, insetos e larvas de insetos (Meyer 1989). O *Amphilopus citrinellus* é uma espécie de fácil adaptação em diversos ambientes, e apresenta à capacidade de ajustar a sua alimentação a disponibilidade de alimento (Purnamaningtyas e Tjahjo, 2010).

As águas costeiras e doces geralmente contêm vários contaminantes naturais (Mertens, 1970). Muitos deles resultam da decomposição de matéria vegetal, como algas, e são chamados de “substâncias amarelas”. Partículas como essas dispersam mais o comprimento de onda curto do que os longos. As substâncias amarelas absorvem a luz de comprimento de onda curto (azul) à medida que penetra na água, enquanto a própria água absorve a luz de comprimento de onda longo (vermelha). Assim, apenas a parte média (verde) do espectro atinge profundamente a luz fresca e águas costeiras. O problema é

como interpretar essas informações ao tentar decidir se a cor de um peixe o tornará visível ou, inversamente, difícil de ver (Lythgoe, 1968).

2.2 Larvicultura de peixes

A larvicultura é a etapa do cultivo dos peixes que compreende as fases em que o peixe é chamado de larva e pós-larva, assim esta tem início imediatamente após o momento da eclosão das larvas e vai até a flexão da notocorda que marca o final da metamorfose. Após este ponto o animal é chamado de juvenil e possui as características morfológicas típicas da espécie (Atencio-garcia, 2003). As larvas recém eclodidas requerem todos os cuidados necessários, desde medidas que evitem a exposição das mesmas a iluminação excessiva e fotoperíodo pode influenciar futuramente o desempenho produtivo da espécie (Cestarolli, 2005).

A produção de alevinos muita das vezes não acompanhava o avanço da aquicultura, notado pela a escassez de alevinos para o mercado, essa carência estava ligada a diversos fatores como, a falta de domínio nesta fase de criação, desenvolvimento de técnicas de manejo que otimizem os resultados desse setor e na obtenção de uma produção contínua/estável de alevinos (Phelps, 2010), principalmente devido à falta de conhecimentos básicos sobre as necessidades e os manejos nutricionais durante essa fase (Mohamed et al., 2012).

Majoritariamente as espécies de peixes de água doce criadas comercialmente, possuem larvas altriciais, similar ao desenvolvimento das larvas de peixes marinhos (Portella e Dabrowski, 2008). As larvas altriciais possuem reservas de vitelo escassas, que se esgotam logo nos primeiros dias após a eclosão, induzindo as larvas a iniciarem a alimentação exógena ainda com o sistema digestório rudimentar e com habilidade limitada em capturar e digerir o alimento. Nesta fase inicial o alimento vivo deve ser atrativo já que a maior parte das espécies de peixes dependem de alimento vivo para a sobrevivência (Holt et al., 2011).

As larvas de espécies de teleósteos ao eclodirem, apresentam olhos despigmentados e quase certamente não funcionais e a luminosidade desempenha um papel crucial na larvicultura. Entretanto, ao iniciar a alimentação exógena, a retina, que na maioria das espécies é constituída exclusivamente de cones, células fotorreceptoras

envolvidas na visão de cores e na acuidade visual, já é adequada para a alimentação, uma vez que possibilita a visão mesmo em baixas intensidades luminosas (Blaxter, 1986).

A influência de variáveis ambientais sobre o metabolismo e o comportamento das larvas tanto durante o período embrionário como após a eclosão, durante os períodos de alimentação endógena e exógena necessitam de mais estudos, quando não somente as larvas, mas também o alimento, sofrem ação direta do ambiente. Os efeitos de fatores abióticos como temperatura, luminosidade, oxigênio dissolvido, pH e salinidade, entre outros são capazes de exercer efeitos significativos. Portanto, já se sabe que o desenvolvimento normal das larvas e, conseqüentemente, sua sobrevivência, depende das mudanças estruturais e fisiológicas.

As tecnologias na larvicultura tem por objetivo melhorar as taxas de sobrevivência e de crescimento a partir do oferecimento de condições ambientais adequadas. Entretanto, a maioria dos insucessos quando se tenta desenvolver uma tecnologia de produção de alevinos está associada ao pouco conhecimento das preferências do indivíduo (Senhorini et al., 1998).

2.3. Espectros de luz

O meio aquático age como um potente filtro cromático, modificando o perfil espectral dos comprimentos de ondas de forma que, abaixo do violeta (390 nm) e além do vermelho (600 nm) são rapidamente absorvidos pela água. No entanto, comprimentos de onda azuis (450 nm) penetram mais fundo, atingindo profundidades de até 150 m nas águas oceânicas mais claras (Villamizar et al., 2014).

As luzes artificiais diferem muito dos espectros produzidos pelo sol, particularmente debaixo d'água, já que a maioria das lâmpadas fornece comprimentos de onda ricos em vermelho e poucos fótons azuis (Villamizar et al., 2011).

Aproximadamente 95% dos peixes são representados por espécies do grupo de teleósteos que habitam as águas marinhas, salobras, doces; águas claras, águas barrentas ou turvas, grandes profundezas do mar, zona crepuscular e outros ocupam a zona fótica próxima à superfície. Muitos teleósteos são capazes de migrar, ao fazê-lo, são capazes de suportar mudanças marcantes de salinidade, temperatura e principalmente de condições de luz (Crescitelli, 1991).

Os peixes possuem capacidade adaptativa em diferentes ambientes subaquáticos, ajustando sua sensibilidade de fotopigmentos de acordo com as luzes que são percebidas no meio (Kusmic e Gualtieri, 2000) isso sugere que a resposta biológica à luz depende da ecologia específica da espécie: no mar profundo, a produção de fotorreceptores para a percepção de luz azul é maximizada, enquanto as espécies de peixes de águas rasas têm sensibilidade máxima no verde. Portanto, ao projetar um sistema de iluminação artificial para uma determinada espécie de peixe, sua ecologia particular e estágio de desenvolvimento deve ser considerado, pois afetará sua sensibilidade (Lythgoe, 1979).

A luz é a principal influenciadora sobre a organização temporal nos peixes, causando no mecanismo biológico alguns ajustes específicos para cada espécie e também em resposta as diversas formas de adaptação ao ambiente, causadas por variações em duração (fotoperíodo), de qualidade (espectro) e de quantidade (intensidade) (Bayarri et al., 2002; Blanco-Vives et al., 2010; Falcon et al., 2010). Contudo, espectros de luz podem ser estabelecidos para melhorar o desenvolvimento e desempenho nos peixes (Barahona-Fernandes, 1979; Villamizar et al., 2009; Vallés e Estévez, 2013; Blanco-Vives et al., 2010; Villamizar et al., 2014).

O diodo de emissão de luz ou LED estão sendo utilizados como fontes de luz, muito comum em muitas áreas da pesquisa por garantirem mais segurança e eficiência (QIN et al., 2009), e reduzido impacto ambiental (Song et al., 2013). Entretanto, o LED mostrou-se responsável em melhoria a taxa de crescimento dos organismos aquáticos, e como resposta, um produto de alta qualidade (Qiu et al., 2015).

O comprimento de onda que penetra na água varia muito e nesse habitat a visão dos peixes e a percepção do espectro são fortemente adaptadas a cada situação de luz (Chinen et al., 2005; Kusmic e Gualtieri, 2000; Neumeyer, 1992). Alguns estudos demonstram os efeitos dos espectros no crescimento (Head e Malison, 2000; Karakatsouli et al., 2007, 2008), bem como o comportamento (Marchesan et al., 2005; Volpato et al., 2004) o estado fisiológico (Karakatsouli et al., 2010), no comportamento e atividade alimentar (Boeuf e Le Bail, 1999, Mizusawa et al., 2007; NOBLE et al., 2005; Fortes-Silva et al., 2010a.; Fortes-Silva et al., 2010b.; Fortes-Silva et al., 2016). Como também seu efeito na sobrevivência e no forrageamento larval (Puvanendran e Brown, 2002; Monk et al., 2006; Yoseda et al., 2008).

A influência dos espectros de luz sobre o desenvolvimento larval já foi demonstrada para algumas espécies (Villamizar et al., 2009), de todos espectros de luz a

luz azul é a que melhor se mostrou eficaz no desenvolvimento para larvas do European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), resultado obtido por acreditar ter alcançado condições de luz que melhor se aproximam daqueles de seu ambiente aquático natural. Ao contrário, observaram que a luz vermelha provocou deformações.

Apesar de já haver alguns dados sobre o efeito da composição espectral da luz de cultivo, as comparações entre estudos que avaliam esses efeitos não são facilmente realizadas devido à falta de padronização na unidade de medição de luz (lux, watts, fluxo de fótons), o uso de várias fontes de luz com composições espectrais muito diferentes (halogênio, tungstênio, LED), a gama de sistemas de criação (diferentes dimensões de tanque e aquários) e protocolos de manejo (água verde ou água clara). Por todas essas razões, o conhecimento de sensibilidades de intensidade de luz específicas da espécie ainda é escasso e estudos comparativos usando condições, protocolos e sistemas de iluminação são claramente necessários (Villamizar et al., 2011).

Lâmpadas de iodetos metálicos são usualmente a fonte de iluminação artificial usada na indústria, mas em muitos aspectos elas não são adequadas para a piscicultura, pois a iluminação foca apenas no conforto dos operadores e na execução de manejos no local de trabalho e que a fisiologia dos animais raramente, se em algum caso de fato for, seria considerada no projeto. Além de dispenderem de altos custos operacionais e desperdiçarem grande parte de sua energia luminosa na forma de comprimentos de onda inadequados (ou seja, luz amarela-vermelha de comprimento de onda mais longo) que são rapidamente absorvidos na coluna de água e, portanto, não podem ser detectados por peixes (Migaud et al., 2006).

Uma outra opção desenvolvida são os diodos emissores de luz (LED), uma tecnologia de iluminação cada vez mais popular, uma vantagem desse tipo iluminação é a fabricação conforme a necessidade de comprimento de onda específico, para o ambiente e para espécie, além disso, os LEDs fornecem mais lúmens por Watt de potência consumidos, custos elétricos de funcionamento e um alcance de vida mais longa do que as lâmpadas de iodetos metálicos padrão (Lalli e Parsons, 1995; Migaud et al., 2007).

2.4. Relação espectro de luz e larvicultura

Os estímulos ambientais são importantes no ciclo de vida dos animais, dessa forma, algumas modificações no ambiente podem afetar o comportamento e a fisiologia (Navarro et al., 2013; 2014). A luz é um forte influenciador em todo ciclo de vida dos peixes teleósteos, desde o desenvolvimento do embrião até a maturação sexual em adultos (Downing e Litvak, 2001; Migaud et al., 2010). A diversidade de repostas a luz entre os peixes pode ser reflexo de adaptações específicas ao seu ambiente, onde a luz pode variar em termos de intensidade luminosa, espectro de absorção e duração da luz ou fotoperíodo (Falcon et al., 2010).

O comportamento alimentar durante a mudança de nutrição endógena para exógena representa um "período crítico" para sobrevivência de larvas de teleósteos (Hjort, 1914). A produção de juvenis parece ser um dos principais pontos de estrangulamento da produção dependente das condições de iluminação durante o desenvolvimento inicial das larvas (Villamizar et al., 2011). Pois embriões e larvas são completamente translúcidos e a luz pode estimular diretamente algumas estruturas que no peixe adulto não estão acessíveis.

A visão é o sentido primário envolvidos na execução desses eventos de alimentação para a grande parte das larvas de teleósteos (Blaxter, 1969). Na retina de larvas dos teleósteos possuem pigmentos visuais que respondem de forma rápida o comprimento de onda e logo facilitam a detecção de objetos no meio aquático e dependendo da ecologia de uma espécie esta pode maximizar a sensibilidade visual (Lythgoe, 1979; Bowmaker, 1990). Assim sendo, a visão de uma larva deve estar preparada a desempenhar melhor função em condições similares ao encontrados no meio ambiente (Downing e Litvak, 2001). Há uma diferença na visão no que se refere fases de vida, as larvas de peixes têm cones que absorvem ao máximo os comprimentos de onda mais curtos, enquanto jovens e adultos têm maior sensibilidade aos comprimentos de onda longos (Shand et al., 2008).

A intensidade da luz tem um papel fundamental no alcance da visão das larvas mesmo antes o início da primeira alimentação e no momento do forrageamento e crescimento larval (Batty 1987; Downing e Litvak, 2000). Larvas *Clupea harengus* no estágio com saco vitelínico, apresenta níveis reduzidos de sua atividade quando expostas

a altas intensidades de luz (Batty, 1987), essa redução em sua atividade afeta a absorção do saco vitelínico e o tempo para realizar a primeira alimentação e retardando o fornecimento de alimento vivo, acarretando em baixas taxas de sobrevivência, a exemplo de alabote do atlântico (*hippoglossus hippoglossus*), na primeira alimentação houve um desenvolvimento anormal na presença de luz e alta mortalidade (Bolla e Holmefjord, 1988), no entanto o espectro de luz azul demonstrou um aumento na eficiência alimentar em larvas de *Melanogrammus aeglefinus* quando comparadas com os espectros de luz branco e verde (Downing e Litvak, 2001).

Curiosamente larvas de linguado (*Solea senegalensis*) possuem a capacidade em nutrir-se a partir da eclosão, mesmo no escuro. Ao avaliar larvas da mesma espécie antes do início da metamorfose expostas a três diferentes espectros de luz, azul, vermelha e branca. As larvas demonstraram maior crescimento com menor grau de deformidades com a luz azul 435-500nm do que sob as fontes luminosas branca e vermelha, resultado diferente das mantidas em ambiente escuro, que obtiveram menor taxa de crescimento (Villamizar, et al., 2011).

Técnicas que auxiliam ao início da alimentação promovem maior sobrevivência de larvas e na transição de fontes de alimento endógenas para exógenas, desobstruindo os gargalos de produção de larvas no desenvolvimento inicial. O somatório de informações sobre o impacto da luz na primeira alimentação das larvas, fornece aos os pesquisadores ferramentas para entender melhor as diferenças no crescimento larval e sobrevivência (Downing e Litvak, 2001).

Pesquisa quanto ao comportamento alimentar e locomoção de larvas de robalo e artemia salina (*Artemia* sp.), sob os efeitos do espectro de luz e fotoperíodo luminoso de LED vermelho, azul e branco aplicados do primeiro ao trigésimo dia após a eclosão, demonstraram que as luzes azuis e brancas resultaram em uma maior atividade de natação e alimentação, presumindo que larvas de robalo e a artemia são afetadas pelas condições de iluminação, o que tem implicações práticas na compreensão da sua ecologia e na melhora de protocolos de produção (Villamizar et al., 2011).

Estudos com fotoperíodo com larvas de robalo europeu em um ciclo de 12:12 hs (luz:escuro), e luz azul (435-500 nm) ou branca (1057 nm) demonstraram melhor resposta do que as larvas expostas ao mesmo tratamento com luz vermelha (641-718 nm) e esta

mostrou a menor taxa de crescimento e ingestão de alimentos no início de alimentação exógena (Villamizar et al., 2009).

Avaliando o desempenho do bacalhau do Atlântico em resposta a quatro tratamentos de luz 24L:0E usando tecnologia LED (luz azul - 455 nm, luz verde - 530 nm, luz vermelha-640 nm e luz branca-460) no desenvolvimento e sobrevivência de ovos e larvas de bacalhau criadas em tanques semicônicos de 80 L, demonstraram que as larvas criadas sob luzes de comprimento de luz azul, verde e branca apresentaram melhor resultado em peso vivo, comprimento padrão do que aqueles criados sob espectro de luz vermelho com peso vivo 4-5 vezes menor (Migaud et al., 2009). O que fortalece a ideia de que larvas criadas sob luz vermelha não se alimentam da alimentação viva fornecida, resultado demonstrado em outro estudo com robalo europeu, no entanto as larvas de robalo europeu expostas a luz azul, encontraram que estas tiveram melhor desempenho em termos da inflação da bexiga natatória e desenvolvimento das nadadeiras (Villamizar et al. 2009).

Ao estudar a fase de metamorfose de larvas de sola do Senegal (*Solea senegalensis*) utilizando diferentes espectros de luz e observaram que houve diferença entre tratamentos de espectro de luz, as larvas sob o efeito luz azul apresentaram menor deformação mandibular, maior taxa de sobrevivência e melhor desempenho, o tratamento mostrou maior precocidade na migração do olho (9 e 25 dias pós-eclosão), enquanto nos outros tratamentos a metamorfose não iniciou até o dia 11 DPH para larvas sob luz branca e 13 DPH nas larvas expostas a luz vermelha (Blanco-Vives et al., 2010).

Embora a luz artificial seja fornecida nos cultivos pouco se sabe sobre seus efeitos, desta forma torna-se importante investigar para que se possa garantir o bom desempenho e bem-estar dos animais, ajudando a desenvolver sistemas de alimentação mais eficientes para a indústria de alevinos, produtos esses capazes de proporcionar melhores resultados produtivos.

3. REFERÊNCIAS

- Ariasari, A.; Helmiati, S.; Setyobudi, E. Food preference of red devil (*Amphilophus labiatus*) in the Sermo Reservoir, Kulon Progo Regency. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 012018. 2018.
- Atencio-garcía, V.; Zaniboni-filho, E.; Pardo-carrasco, S.; Arias-castellanos, A. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá, v. 25, no. 1, p. 61-72, 2003.
- Barahona-Fernandes, M. H. Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax* (L.)) reared at the Centre Oceanologique de Bretagne. Aquaculture, v. 17, n. 4, p. 311-321, 1979.
- Batty, r. Effect of light intensity on activity and food searching of larval herring, *Clupea harengus*: a laboratory study. Marine Biology 94:323-327. 1987.
- Bayarri, M. J.; Madrid, J. A.; Sánchez-Vázquez, F. J. Influence of light intensity, spectrum and orientation on sea bass plasma and ocular melatonin. Journal of pineal research, v. 32, n. 1, p. 34-40, 2002.
- Blanco-Vives, B.; Villamizar, N.; Ramos, J.; Bayarri, M. J.; Chereguini, O.; Sánchez-Vázquez, F. J. Effect of daily thermo-and photo-cycles of different light spectrum on the development of Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. Aquaculture, v. 306, n. 1-4, p. 137-145, 2010.
- Blaxter, J. Development of sense organs and behaviour of teleost larvae with special reference to feeding and predator avoidance. Trans. Amer. Fish. Soc., Bethesda, v. 115, p. 98-114, 1986.
- Blaxter, J. H. S. Visual thresholds and spectral sensitivity of flatfish larvae. Journal of Experimental Biology 51, 221–230, 1969.
- Boeuf G., e Le Bail, P. Y. Does light have an influence on fish growth? Aquaculture, v. 177, p. 129-152, 1999.
- Bolla, S., E I. Holmefjord. Effect of temperature and light on development of Atlantic halibut larvae. Aquaculture 74:355-358, 1988.

- Bowmaker, J. K. Visual pigments of fishes. *The Visual System of Fish*. pp. 81–107. London: Chapman & Hall, 1990.
- Buckup, P. A. Taxonomia e filogenia de peixes de riachos brasileiros. *Oecologia Australis*, 25(2), 230. 2021.
- Cestarolli, M. A. Larvicultura do pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829): aspectos da alimentação inicial e do desenvolvimento de estruturas sensoriais, 2005.
- Chinen, A.; Matsumoto, Y.; Kawamura, S. Spectral differentiation of blue opsins between phylogenetically close but ecologically distant goldfish and zebra fish. *J. Biol. Chem.* v. 280, p. 9460–9466, 2005.
- Clemens, W. A. And G. V. Wilby. *Fishes of the Pacific Coast of Canada*. Fish. Res. Bd. Canada Bull. V 68, P 1-368. 1964.
- Crescitelli, F. The scotopic photoreceptors and their visual pigments of fishes: function and adaptations. *Vision Res.* 31, 339–348, 1991.
- Downing, G., e Litvak, M. K. The influence of light intensity on growth of larval haddock. *North American Journal of Aquaculture*, 61(2), 135-140, 1999.
- Downing, G. e Litvak, M. K. The effect of photoperiod, tank colour and light intensity on growth of larval haddock. *Aquaculture International* 7, 369–382, 2000.
- Downing, G. e Litvak, M.K. The effect of light intensity and spectrum on the incidence of first feeding by larval haddock. *Journal of Fish Biology* 59, 1566–1578, 2001.
- Fálcon, J.; Migaud, H.; Muños-Cueto, J. A. E.; Carrillo, M. Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. *Gen Comp Endocrinol*, v.165, p.469-482, 2010.
- Fortes-Silva, R.; Martínez, F.J.; Villarroel, M.; Sánchez-Vázquez, F.J. Daily rhythms of locomotor activity, feeding behavior and dietary selection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comparative Biochemistry Physiology Part A* v.156, p. 445-450, 2010a.
- Fortes-Silva, R.; Martínez, F.J.; Villarroel, M.; Sánchez-Vázquez, F.J. Daily feeding patterns and self-selection of dietary oil in Nile tilapia. *Aquaculture Research* v.42, p. 157-160, 2010b.

- Fortes-Silva, R.; Kitagawa, A.; Sánchez-Vázquez, F.J. Dietary self-selection in fish: a new approach to studying fish nutrition and feeding behavior. *Rev. Fish Biol. Fisheries*. V. 26, n.1, p. 39-51, 2016.
- Head, A. B.; Malison, J. A. Effects of Lighting Spectrum and Disturbance Level on The Growth and Stress Responses of Yellow Perch *Perca flavescens*. *J. World Aquacult. Soc.* V. 31, P. 73–80, 2000.
- Hjort, J. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 20, 1–228, 1914.
- Holt, G. J.; Webb, K. A.; Rust, M. B. Microparticulate diets: testing and evaluation success. In: HOLT, J. G. *Larval Fish Nutrition*. 1. ed. West Sussex: WilleyBlackwell, cap. 13, p. 353-372. 2011.
- Karakatsouli, N.; Papoutsoglou, S.E.; Pizzonia, G.; Tsatsos, G.; Tsopelakos, A.; Chadio, S.; Kalogiannis, D.; Dalla, C.; Polissidis, A.; Papadopoulou-Daifoti, Z. Effects of light spectrum on growth and physiological status of gilthead sea bream *Sparus aurata* and rainbow trout *Oncorhynchus kiss* reared under recirculating system conditions. *Aquacult. Eng.* v. 36, p. 302–309, 2007.
- Karakatsouli, N.; Papoutsoglou, S. E.; Panopoulos, G.; Papoutsoglou, E. S.; Chadio, S.; Kalogiannis, D. Effects Of Light Spectrum On Growth And Stress Response Of Rainbow Trout *Oncorhynchus kiss* Reared Under Recirculating System Conditions. *Aquacultural Engineering*, V. 38, N. 1, P. 36-42, 2008.
- Karakatsouli, N.; Papoutsoglou, S. E.; Sotiropoulos, N.; Stigen-Martinsen, T. D. N.; Sofronios, E.; Papoutsoglou, E. S. Effects of light spectrum, rearing density and light intensity on growth performance of scaled and mirror common carp *Cyprinus carpio* reared under recirculating system conditions. *Aquacultural Engineering* v. 42, p. 121–127, 2010.
- Kjorsvik, E., Pittman, K., Pavlov, D. From fertilisation to the end of metamorphosis—functional development. *Culture of Cold-Water Marine Fish*, 204-278, 2004.
- Kullander, S.O. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). p. 461-498. In L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M.

- Lucena and C.A.S. Lucena (eds.) Phylogeny and classification of neotropical fishes. Porto Alegre, Edipucrs. 603 p. 1998.
- Kusmic, C., Gualtiere, P. Morphology and spectral sensitivities of retinal and extraretinal photoreceptors in freshwater teleosts. *Micron* 31, 183–200, 2000.
- Lalli, C.M. e Parsons, T.R. *Biological Oceanography: An Introduction*. Oxford, England: Butterworth-Heinemann Ltd. 1995.
- Lythgoe, J. N. *The Ecology of Vision*. Oxford: Clarendon Press, 1979.
- Marchesan, M.; Spoto, M.; Verginella, L.; Ferrero, E. A. Behavioural Effects of Artificial Light on Fish Species of Commercial Interest. *Fish Res.* V. 73, 171–185, 2005.
- Meyer, A. Cost of morphological specialization: feeding performance of the two morphs in the trophically polymorphic cichlid fish, *Cichlasoma citrinellum*. *Oecologia*, 80: 431-436, 1989.
- Migaud, H., Taylor, J.F., Taranger, G.L., Davie, A., Cerdá-Reverter, J.M., Carrillo, M., Hansen, T., Bromage, N.R. Pineal gland sensitivity to light intensity in salmon (*Salmo salar*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*): an in vivo and ex vivo study. *J. Pineal Res.* 41, 42–52, 2006.
- Migaud, H.; Cowan, M.; Taylor, J.; Ferguson, H.W. The effect of spectral composition and light intensity on melatonin, stress and retinal damage in post-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture* 270, 390–404, 2007.
- Migaud, H., Davie, A., Carboni, S., Murray, J., Lysaa, P.A., Treasurer, J. Effects of light on Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae performances: focus on spectrum. *Special Publication*. 38. 265-269, 2009.
- Migaud, H., Davie, A., Taylor, J.F.T. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *J. Fish Biol.* 76, 27–68, 2010.
- Mizusawa, K.; Noble, C.; Suzuki, K.; Tabata, M. Effect of light intensity on self-feeding of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared individually. *Fisheries science*, v. 73(5), p. 1001-1006, 2007.

- Mohamed, A.A.; El-Galil, A.; Aboelhadid, S.M. Trials for the control of trichodinosis and gyrodactylosis in hatchery reared *Oreochromis niloticus* fries by using garlic. *Vet. Parasitol.*, v.185, p.57-63, 2012.
- Monk, J; Puvanendran, V; Brown, J. A. Do different light regimes affect the foraging behaviour, growth and survival of larval cod (*Gadus morhua* L.)?. *Aquaculture*, v. 257, n. 1-4, p. 287-293, 2006.
- Navarro, F. K. S. P.; Navarro, R. D. Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 36, n. 2, p. 94-99, 2012.
- Navarro, F., Navarro, R., Murgas, L., Pereira, M., & Hundley, G. The effect of different photoperiods on plasma levels of LH and gonadal maturation of female lambari (*Astyanax bimaculatus*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8), 1064-1070. 2013.
- Navarro, F. K. S. P., Navarro, R. D., Murgas, L. D. S., & Felizardo, V. O. Effect of photoperiod stress assessment and locomotor activity of female lambari (*Astyanax bimaculatu*). *Cienc. Agrotec.*, 38: 173-180. 2014.
- Neumeyer, C. Tetrachromatic color vision in goldfish: evidence from color mixture experiments. *J. Comp. Physiol. A* n. 171, p. 639–649, 1992.
- Noble, C.; Mizusawa, K.; Tabata. M. Does light intensity affect self-feeding and waste of food on rainbow trout did a group and charr brancomanchada? *J. Biol.*, n. 66, pp. 1387-1399, 2005.
- Phelps, R.P. Recent advances in fish hatchery management. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.95-101, 2010.
- Portella, M. C., e Dabrowski, K. Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. In: CYRINO, J. E. P.; BUREAU, D. P.; KAPOOR, B. G. *Feeding and Digestive Functions of Fishes*. 1. ed. New Hampshire: Science Publishers, cap. 6, p. 227-279. 2008.
- Purnamaningtyas, S. E e Didik, W. H. Tjahjo. Beberapa aspek biologi ikan oskar (*Amphilopus citrinellus*) di waduk Ir. H. Djuanda, Jatiluhur, Jawa Barat. *Widya Riset Perikanan Tangkap*. Pusat Riset Perikanan Tangkap. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Jakarta. BAWAL (3) 1: 9-15. 2010.

- Puvanendran, V. e Brown, J.A. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture*, Amsterdam, 214: 131–151, 2002.
- Qin, Y. X.; Lin, D.Y.; Hui, S. Y. R. A simple method for comparative study on the thermal performance of light emitting diodes (LED) and fluorescent lamps. *IEEE Trans. Power Electron.* v. 24, p. 1811–1818, 2009.
- Qiu, D., Xu, S., Song, C., Chi, L., Li, X., Sun, G., Baoliang.; L.; Liu, Y. Effects Of Spectral Composition, Photoperiod And Light Intensity On The Gonadal Development of Atlantic Salmon *Salmo Salar* In Recirculating Aquaculture Systems (Ras). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, V. 33(1), P. 45-56, 2015.
- RIEDEL, D. R. 1964. Informe al gobierno de Nicaragua sobre mejoramiento de las tecnicas de pesca en el Lago de Managua y otras aguas continentales, 1961-1962. Informe FAO.
- Saka, S., Firat, K., Suzer, C. Effects of light intensity on early life development of Gilthead Sea bream, *Sparus aurata*, larvae. *Isr. J. Aquac.* 53, 139–146, 2001.
- Senhorini, J. A.; Mantelatto, F. L. M.; Casanova, S. M. C. Growth and survival of larvae of the amazon species “matrinxã”, *Brycon cephalus* (Pisces, Characidae), in larviculture tanks of Brazil. *Boletim Técnico do CEPTA*, v. 11, n. 1, p. 1-79, 1998.
- Shand, J., Davies, W.L., Thomas, N., Balmer, L., Cowing, J.A., Pointer, M. The influence of ontogeny and light environment environment on the expression of visual pigment opsins in the retina of the black bream, *Acanthopagrus butcheri*. *J Exp Biol*; 211:1495–1503, 2008.
- Song, C. B.; Qiu, D. G.; Wang, J. L.; Yu, K. S.; Liu, Y. The Application Analysis of Led Light Source in Recirculating Aquaculture Industry. *China Illuminating Engineering Journal*, V. 16, P. 127-132, 2013.
- Vallés, R.; Estévez, A. Light conditions for larval rearing of meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*, v. 376, p. 15-19, 2013.
- Villamizar, N., García-Alcazar, A., e Sánchez-Vázquez, F. J. Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, 292(1–2), 80–86, 2009.

- Villamizar, N., Garcia-Mateos G., e Sanchez-Vazquez, F.J. Behavioral responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae and *Artemia* sp. exposed to constant light or darkness vs. light/dark cycles of white, red or blue wavelengths. *Aquaculture*; 317:197–202, 2011.
- Villamizar, N.; Blanco-Vives, B., Migaud, H., Davie, A., Carboni, S., Sánchez-Bázquez, F.J. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: a review. *Aquaculture* v. 315, p. 86–94, 2011
- Villamizar, N.; Vera, L. M.; Foulkes, N. S.; Sánchez-Vázquez, F. J. Effect of lighting conditions on zebrafish growth and development. *Zebrafish*, n. 11(2), p. 173-181. 2014.
- Volpato, G.L.; Duarte, C.R.A.; Luchiari, A.C. Environmental Color Affects Nile Tilapia Reproduction. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 37 (4), 479-483, 2004.
- Yoseda, K.; Yamamoto, K.; Asami, M.; Chimura,; Hashimoto, S. K .Influence of light intensity on feeding, growth and early survival of Leopard coral grouper (*Plectropomus leopardus*) larvae under conditions of scale creation of mass *Aquaculture*, 279, pp. 5562, 2008.

CAPÍTULO I

Influência do espectro de luz incidente e da turbidez da água sobre o comportamento exploratório e alimentar e desempenho produtivo de larvas de ciclídeos ornamentais Midas (*Amphilophus citrinellus*)

RESUMO

Foram conduzidos dois ensaios separadamente - ensaio 1: avaliar a preferência da espécie quando oferecida a escolha por luminosidades de espectro distintas. Ensaio 2: os efeitos da cor da luz e da turbidez sobre o desempenho e índice de repleção estomacal de pós-larvas do ciclídeo *Amphilophus citrinellus*. No ensaio 1: 480 pós-larvas foram distribuídas em 48 aquários transparentes (40 larvas por aquário) e expostas a quatro espectros de luz diferentes: branco (688 nm), azul (472 nm), verde (436 nm) e vermelho (665 nm). O crescimento, a sobrevivência e o índice de repleção estomacal foram avaliadas ao final do ensaio (30 dias). No ensaio 2: a preferência pela luz foi testada sob condições de água turva e cristalina. Foram submetidos 48 grupos de cinco peixes para associar seu local com o estímulo espectral de escolha. Foi montada uma arena tubular com portas para permitir que os peixes escolhessem seu local de preferência. Os resultados mostraram que o peso final e o ganho de peso foram significativamente maiores nas pós-larvas criadas sob luz azul ($p < 0.05$), independentemente da turbidez. A sobrevivência não foi afetada pela luz ou condição da água ($p > 0.05$). O índice mais alto de repleção estomacal ($> 75\%$) foi obtida para os peixes sob luz azul quando expostos à água turva do que à água cristalina ($p < 0.05$). Os peixes sob luz vermelha e água cristalina tiveram uma porcentagem mais alta de repleção estomacal do que os peixes em água turva. Quando os peixes foram cultivados em luz branca, a porcentagem de repleção estomacal foi maior para os animais criados em água cristalina ($p > 0.05$). Não foram observadas diferenças estatísticas na repleção estomacal das pós-larvas de peixes em luz verde, em água cristalina ou turva ($p > 0.05$). Quando oferecida a possibilidade de escolha, *A. citrinellus* preferiu a luz azul em água cristalina ($p < 0.05$). Por outro lado, os peixes em água turva preferiram a luz branca ($p < 0.05$). Esses resultados devem ser considerados ao projetar protocolos de criação para pós-larvas em sistemas de criação e comércio ornamental.

Palavras-chave: fatores ambientais, consumo de alimentos, LED, condições de iluminação, estágio de berçário.

Influence of incident light spectrum and water turbidity on exploratory and feeding behavior and productive performance of ornamental Midas cichlid (*Amphilophus citrinellus*) larvae

ABSTRACT

Two separate trials were conducted - Trial 1: to evaluate species preference when offered a choice of different spectrum luminosities. Trial 2: to assess the effects of light color and turbidity on the performance and stomach repletion index of *Amphilophus citrinellus* fry. In Trial 1: 480 fry were distributed into 48 transparent tanks (40 fry per tank) and exposed to four different light spectra: white (688 nm), blue (472 nm), green (436 nm), and red (665 nm). Growth, survival, and stomach repletion index were evaluated at the end of the trial (30 days). In Trial 2: light preference was tested under clear and turbid water conditions. 48 groups of five fish were subjected to associate their location with the spectral stimulus of choice. A tubular arena with doors was set up to allow the fish to choose their preferred location. Results showed that final weight and weight gain were significantly higher in fry raised under blue light ($p < 0.05$), regardless of turbidity. Survival was not affected by light or water condition ($p > 0.05$). The highest stomach repletion index ($> 75\%$) was obtained for fish under blue light when exposed to turbid water compared to clear water ($p < 0.05$). Fish under red light and clear water had a higher percentage of stomach repletion than fish in turbid water. When fish were raised under white light, the stomach repletion percentage was higher for animals raised in clear water ($p > 0.05$). No statistical differences were observed in stomach repletion of fry in green light, in clear or turbid water ($p > 0.05$). When given the choice, *A. citrinellus* preferred blue light in clear water ($p < 0.05$). On the other hand, fish in turbid water preferred white light ($p < 0.05$). These results should be considered when designing rearing protocols for fry in ornamental breeding and trade systems.

Keywords: environmental factors, food intake, LED, lighting conditions, nursery stage

1. INTRODUÇÃO

O comércio global de peixes de ornamentais inclui 125 países em todo o mundo e movimentam mais de \$15-30 bilhões a cada ano, sendo 90% destinados a peixes de água doce (Evers et al., 2019). De todas as espécies neotropicais adequadas para a exploração em aquicultura ornamental, a diversidade de espécies de ciclídeos está distribuída em rios e lagos na Europa, Ásia, América e África (Sampaio e Goulart, 2011). Os ciclídeos Midas (*Amphilophus citrinellus*) são caracterizados por suas cores vibrantes, o que atrai entusiastas e dita o valor de mercado na indústria ornamental (Micah et al., 2022). Apesar da importância dessas espécies e de seus híbridos para o mercado de animais de petfish, pouco foi feito no campo de alimentação natural, o que é uma tendência mundial atual.

Alguns estudos sugerem que o aumento do consumo de carotenoides à base de algas no início da vida, causam mudanças de cor (Micah et al., 2022), o efeito ontogenético da cor na idade adulta (Stückler, et al., 2022) ou a saúde (Tenório-Chávez et al., 2023) em animais aquáticos. Para esses animais, a alimentação depende de alimentos vivos nas fases iniciais da vida (Conceição et al., 2010). A água turva é uma técnica comum usada no cultivo de peixes ornamentais (Chen e Zeng, 2021), pois melhora a sobrevivência larval, o crescimento e o desenvolvimento do *Pseudochromis fridmani*, um peixe ornamental (Chen e Zeng, 2021).

Os melhores resultados biológicos e econômicos foram obtidos quando a tilápia (*Oreochromis niloticus*) foi cultivada em água turva durante a estação chuvosa (Suárez-Puerto et al., 2021). No entanto, o efeito de microalgas no cultivo de larvas de peixes não é completamente compreendido devido a muitos fatores, como qualidade da água e contrastes de luz (Meeren et al., 2007).

A composição espectral da luz ocorre devido a um filtro cromático na coluna d'água. Essas características da água podem resultar em uma interação complexa entre peixes, água turva, disponibilidade de alimentos e desempenho. O espectro azul proporciona o melhor desempenho, condições de criação e menor número de malformações em larvas de robalo (*Dicentrarchus labrax*) (Villamizar et al., 2009). No entanto, muitos estudos apontam resultados contraditórios com a mesma espécie. Deformidades, como mandíbulas malformadas, foram observadas em larvas de *D. labrax* criadas em luz branca ou azul (Yan et al., 2019).

A condição natural de luz em um ambiente específico é considerada ideal para proporcionar melhores condições de reprodução (Blanco-Vives et al., 2010). Contrariamente a essa premissa, a luz vermelha pode afetar centros de controle centrais para estimular a alimentação em tilápias do Nilo (Volpato et al., 2013). Esses resultados podem ser específicos da espécie. Além disso, Tigan et al. (2020) sugeriram que existe um limiar mínimo de luz e turbidez combinadas para gerar a resposta alimentar exógena.

Os efeitos da cor ambiental em animais aquáticos têm sido estudados cada vez mais (Volpato et al., 2013), principalmente considerando a preferência comportamental do espectro de luz (Akhtar et al., 2022; Boscarino et al., 2019; Roy et al., 2019), o que poderia sugerir uma gestão de custos de energia associada ao bem-estar, bem como condições de estresse (Shi et al., 2019). Um estudo recente sugere que o espectro de luz pode influenciar a expressão de genes imunológicos e de defesa antioxidante em *Tor putitora* (Aktar et al., 2022). Além disso, a interação entre turbidez e luz pode fornecer conhecimento básico útil sobre as preferências dos peixes (Tigan et al., 2020).

O presente estudo foi realizado para avaliar o efeito da cor da luz associada à água cristalina ou turva nas preferências de habitat (ensaio 1) e no crescimento, índice de repleção estomacal e sobrevivência (ensaio 2) nos ciclídeos Midas (*Amphilophus citrinellus*).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Comitê de Ética e bem-estar animal

Os protocolos seguidos neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais com o número de protocolo 23007.00021933/2018-68 (CEUA/UFRB). Todos os estudos foram conduzidos em condições laboratoriais e em baixas densidades de estocagem. Todos os tanques foram monitorados diariamente quanto à qualidade da água para manter a saúde geral dos animais.

2.2. Reprodutores e coleta de larvas

Este estudo foi conduzido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB (Cruz das Almas, Bahia), Brasil. Um casal de reprodutores (macho 162g) e (fêmea 148g) que foram obtidos de uma fazenda local e mantido em tanque de polietileno (100 L; proporção sexual 1 macho para 1 fêmea). O tanque foi conectado a um sistema de recirculação equipado com filtros físico-biológicos e difusores de ar, as concentrações de oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram registradas.

Os reprodutores foram alimentados diariamente com ração comercial (35% de proteína bruta) em 3% de sua biomassa. Os peixes foram observados duas vezes ao dia para verificar possíveis ovos no tanque.

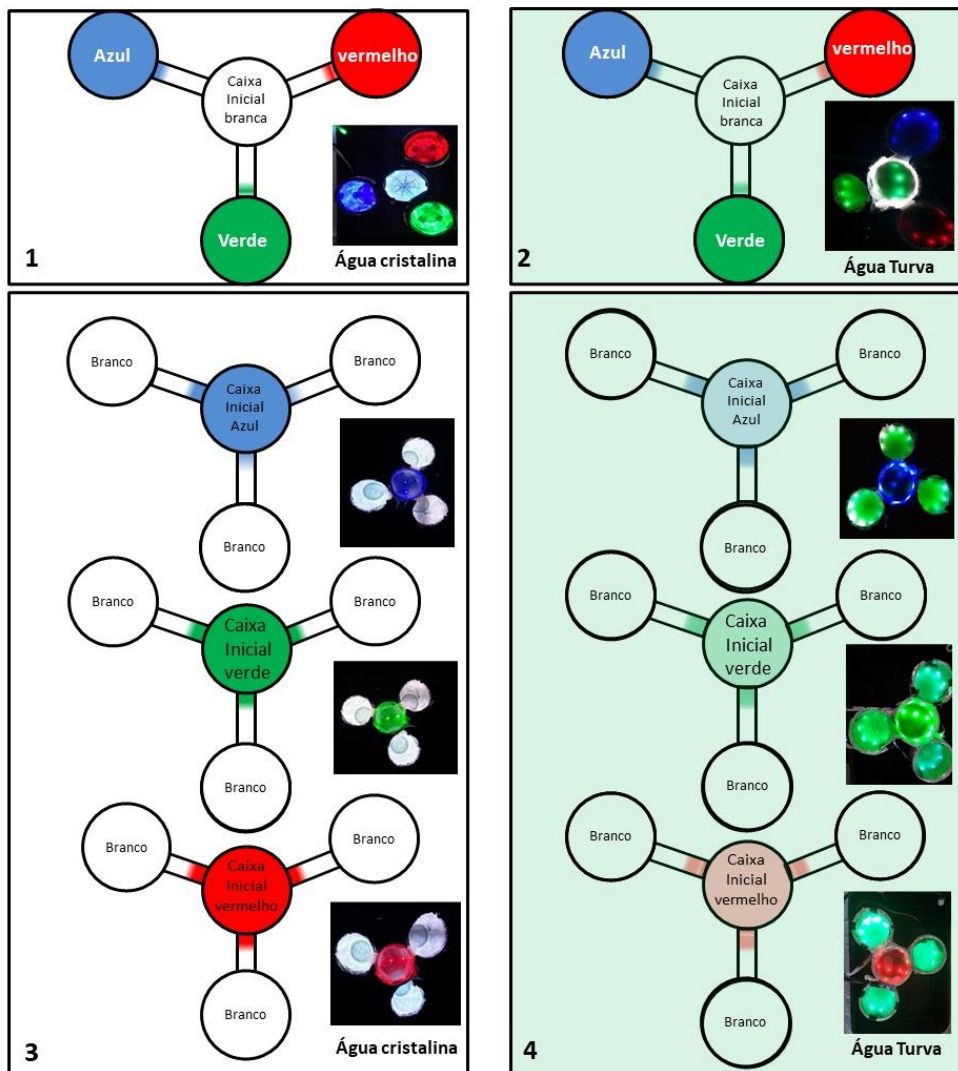
Após 1 mês de estocagem dos reprodutores, houve a deposição dos ovos e após 72 h ocorreu a eclosão das larvas. Coleta das larvas foi realizada com auxílio de uma rede (1 mm) foi utilizada para coletar as larvas emergentes. As larvas foram coletadas e contadas individualmente com a ajuda de uma pipeta de Pasteur e transferidas para um aquário (12 L). As larvas permaneceram por 3 dias até a absorção do vitelo para a subsequente avaliação visual de saúde, contagem e alocação no experimento. As pós-larvas (3 dias pós-eclosão; dpe).

2.3. Ensaio 1: Influência da luz nas preferências de pós-larvas

Para a análise comportamental das preferências de cor da luz, 240 pós-larvas (média, DP = $0,04 \pm 0,02$ mg) foram amostradas aos 30 dpe. Um grupo de cinco pós-larvas foi inicialmente colocado na caixa de início da arena com luz branca. As pós-larvas poderiam escolher lugares com luz azul, verde e vermelha (Figura 1). Este procedimento foi realizado em 48 repetições (48 grupos com cinco pós-larvas). O mesmo procedimento foi realizado sob condições de água cristalina e turva. Posteriormente, o mesmo teste foi realizado, mas a luz da arena era azul, verde ou vermelha. Este procedimento foi sugerido para isolar o efeito da escolha de luz na caixa de início. A possível contaminação da luz foi controlada colocando todo o sistema dentro de uma caixa preta com tampa. Após esperar por 1 minuto, todas as portas entre os lugares foram abertas para permitir que as

pós-larvas de peixes fizessem sua escolha. A medida comportamental consistiu em contar a proporção de peixes em cada recinto com a cor escolhida após esperar por 2 minutos. Todo o procedimento foi adaptado de Delicio et al. (2006).

Figura 1. Arena de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.



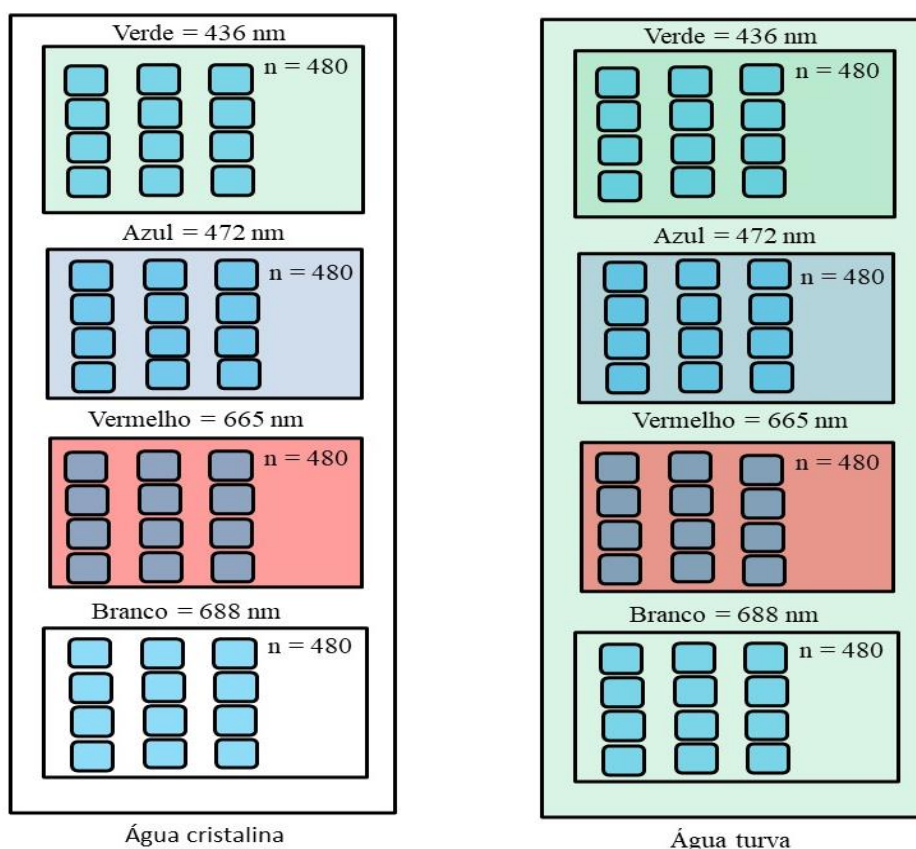
2.4. Ensaio 2: Crescimento, Índice de Repleção Estomacal e Sobrevivência

2.4.1. Desenho Experimental

Este experimento teve duração de 30 dias, durante os quais 3.840 pós-larvas de *A. citrinellus* (média, DP = $0,0041 \pm 0,0008$ mg) foram distribuídas em 48 aquários

transparentes (1 litro cada). Três amostras (30 larvas/amostra) foram pesadas para calcular o peso médio inicial. Quatro tratamentos de luz de diferentes cores foram considerados: verde=436 nm, azul=472 nm, vermelho=665 nm e branco=688 nm, representando os picos de onda. Para cada grupo experimental, foram utilizados 12 aquários (n = 480 larvas, 40 larvas por aquário). Para cada cor de luz, os peixes foram submetidos a duas condições de água: água cristalina e água turva (Figura 2). Os aquários de cada tratamento foram isolados dentro de uma grande caixa opaca para evitar a contaminação luminosa. As pós-larvas foram inicialmente alimentadas com náuplios de artemia (20 unidades/mL por dia). O fornecimento de artemia foi ajustado a cada 3 dias para uma proporção final de 40 unidades/mL para todos os tratamentos.

Figura 2. Distribuição de diferentes espectros de luz em água clara e turva.



Cistos de *Artemia* foram incubados diariamente e os náuplios foram contados usando uma pipeta. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da turbidez e sua interação com os espectros de luz na água. No entanto, a turbidez relacionada a várias espécies de fitoplâncton e sua relação com o zooplâncton não são estáticas e podem variar

ao longo do tempo (Palmer et al., 2007). Isso poderia alterar a penetração das ondas de luz na água. Por esse motivo, decidimos isolar essas variáveis, produzindo um ambiente com apenas alimento à base de *Artemia*.

Para fornecer turbidez com pouca variação, foi utilizado apenas algas (*Spirulina Arthrospira platensis* – 0,3040 g/L) para alterar a água cristalina. Esse procedimento, que utiliza algas para criar turbidez, foi adaptado de (Tigan et al., 2020), pois outras partículas podem se depositar. A concentração aplicada proporcionou uma turbidez em torno de 101,75 NTU (Turbidímetro Portátil, HANNA - Hi93414-01). Esse valor foi baseado no maior valor de turbidez encontrado em rios brasileiros, e levou em consideração as estações seca e chuvosa (Medeiros et al., 2015).

As unidades experimentais foram iluminadas usando luzes de LED (LED flexíveis; Superlight Technology Co., Ltd.) posicionadas a 30 cm da superfície da água. O Fotômetro Digital (INSTRUTHERM, LD-300) e o espectrorradiômetro (Espectrorradiômetro Manual FieldSpec® UV/VNIR; ASD Colorado) foram utilizados para medir a intensidade da luz. O fotoperíodo foi ajustado para 12 horas de luz:12 horas de escuro, com as luzes ligadas às 7h da manhã. A água foi recirculada por meio de um sistema airlift formado pela mangueira e pedra porosa, e a temperatura foi mantida em $27,6 \pm 0,8$ °C. Resíduos foram retirados por sifonamento, com troca de água diária e restauração da turbidez.

2.5. Coleta de Amostras

Ao final do experimento, as pós-larvas foram eutanasiadas através do anestésico de óleo de cravo, e foi realizado a coleta do estômago. O Índice de repleção estomacal (%) foi estimado e adaptado de (Braga, 1990; Santos, 1978; Soares et al., 2005). A estimativa da porcentagem de espaço preenchido foi calculada de acordo com o volume do estômago. A análise do grau de repleção do estômago foi realizada por avaliações visuais sob um microscópio (Olympus, SZ2/SZ51-LGB – Tóquio, Japão). A escala foi a seguinte: vazio 0-25% (1); cheio 26-50% (2); cheio 51-75% (3); cheio 76-100% (4). A variância calculada foi utilizada para produzir um gráfico de índice de repleção estomacal. Posteriormente, para avaliar o peso úmido, as pós-larvas foram mantidas em jejum por

24 horas, e um grupo de 624 pós-larvas foi amostrado aleatoriamente. Durante cada tratamento, 52 pós-larvas selecionadas aleatoriamente foram pesadas em uma balança de precisão de 0,0001 g (Toledo, Brasil). O excesso de umidade foi removido com papel filtro. A sobrevivência foi medida como a porcentagem de larvas vivas em relação ao número inicial de larvas.

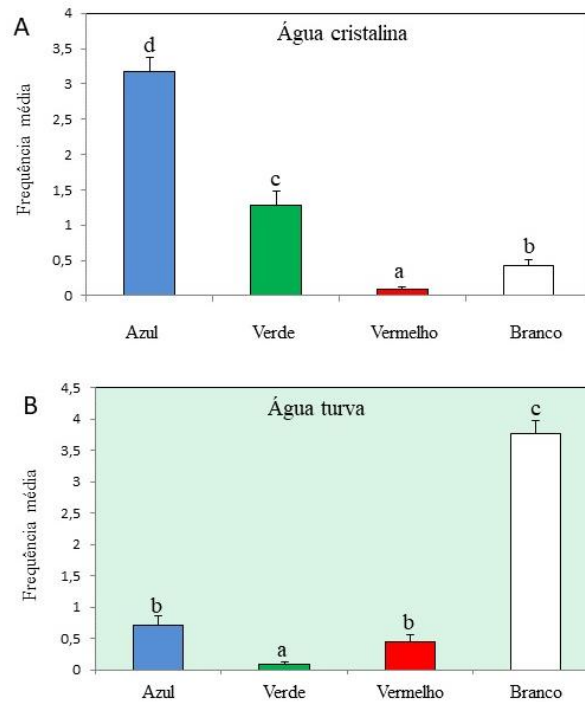
2.6. Análise estatística

Todos os dados foram analisados utilizando o SPSS Statistics, versão 24. Os dados de crescimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O espectro de luz selecionado em cada ambiente de teste foi analisado por meio de um teste de ANOVA de Friedman, seguido pelo teste de Tukey HSD de somas de postos sempre que necessário (Zar, 1999), usando a contagem de comportamentos como variável de resposta. Assumiu-se que os dados de escolha e sobrevivência não seguiam uma distribuição normal. Devido à falta de normalidade e/ou homogeneidade de variância, os dados percentuais foram transformados pelo arcoseno. Os dados de índice de repleção estomacal foram analisados como dados não paramétricos pelo teste de Kruskal-Wallis, que forneceu estatísticas de teste como aproximações qui-quadrado. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão ou porcentagem.

3. RESULTADOS

Foi observado uma preferência significativa ($p < 0,05$) ao considerar a frequência de visitas das pós-larvas ao local com luz azul, seguida pela luz verde quando as pós-larvas foram submetidos à condição de água cristalina (Figura 3). Essa preferência ocorre quando a "caixa de início" da arena possui luz branca. No entanto, quando a condição de turbidez da água foi alterada, a preferência pela cor da luz também mudou. A água turva favoreceu a escolha da luz branca ($p < 0,05$). Quando a cor da luz mudou na arena, as pós-larvas geralmente permaneceram nesse local e aparentemente não escolheram a zona de escape: "luz branca" (Figura 4).

Figura 3. Frequência de escolha das pós-larvas de *Amphilophus citrinellus* submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.



Tanto para as condições de água cristalina quanto de água turva, as pós-larvas não deixaram as arenas coloridas de azul, verde e vermelho. Somente quando as pós-larvas de peixe tiveram que enfrentar a luz vermelha versus a luz branca em água turva, eles deixaram a arena, mas não houve diferenças significativas ($p>0,05$).

Não foi observado efeitos dos diferentes espectros de luz na variável peso final ($p>0,05$) das pós-larvas em água cristalina (Figura 5). No entanto, foi observado diferenças significativas na variável peso final para a luz azul quando as pós-larvas de peixes foram cultivados em água turva ($p<0,05$). Essa tendência também foi observada para o ganho de peso, com os melhores resultados ($p<0,05$) para as pós-larvas de peixes sob a condição de luz azul (Figura 5). Na comparação entre água cristalina e água turva, não houve diferença para a variável peso final e ganho de peso entre os espectros, exceto para a luz azul em água turva ($p<0,05$). Essa análise é representada por um asterisco (Figura 5).

Figura 4. Preferência das pós-larvas de *Amphiphophus citrinellus* submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.

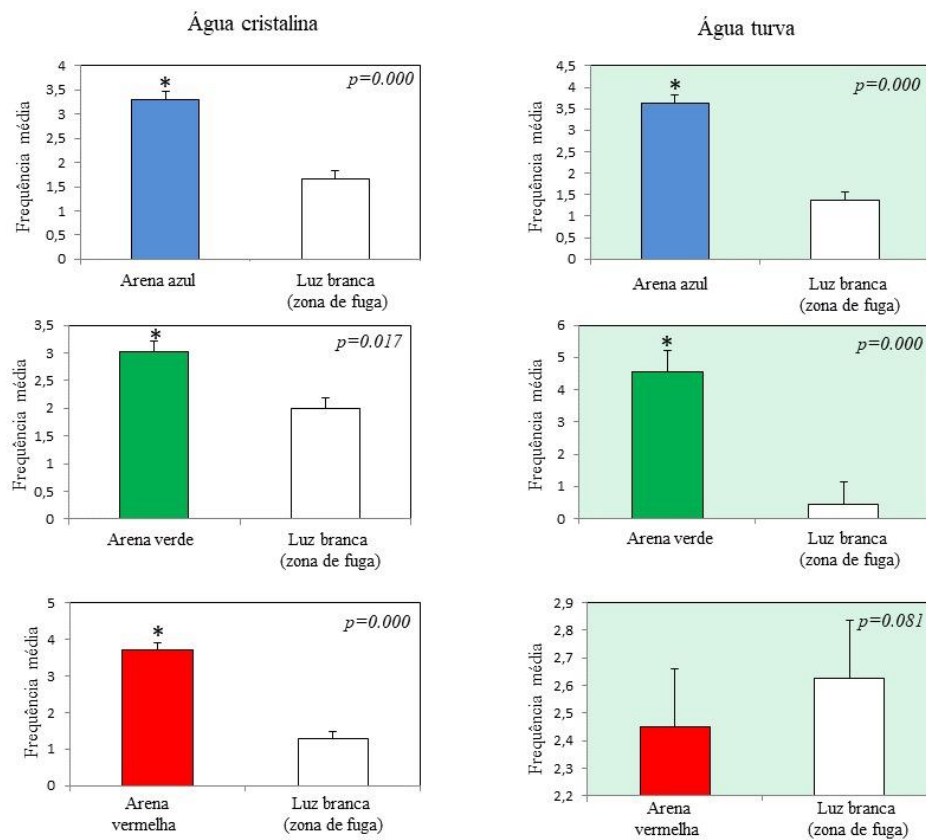
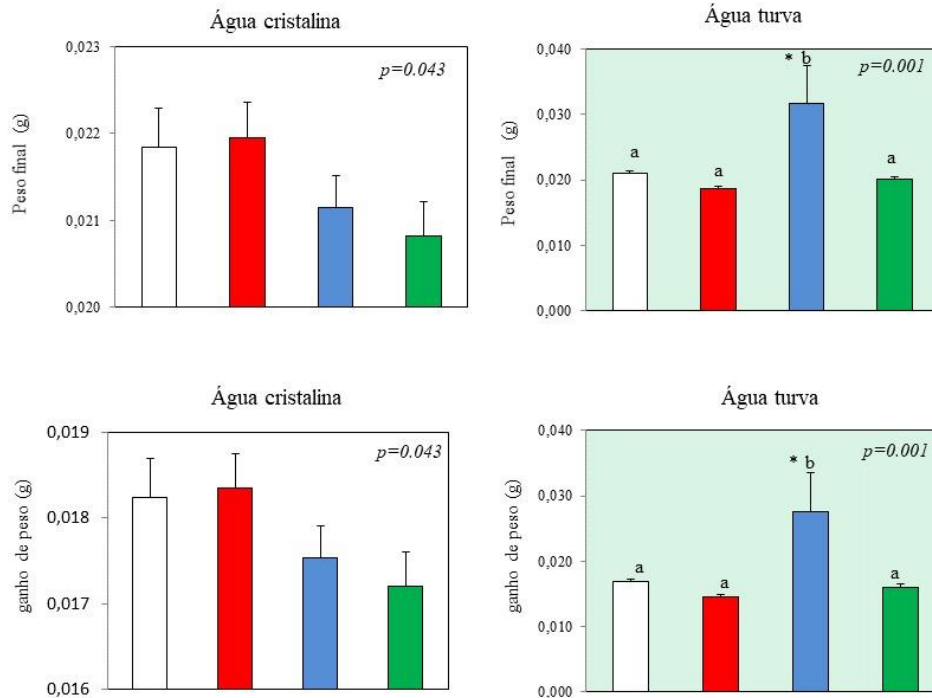
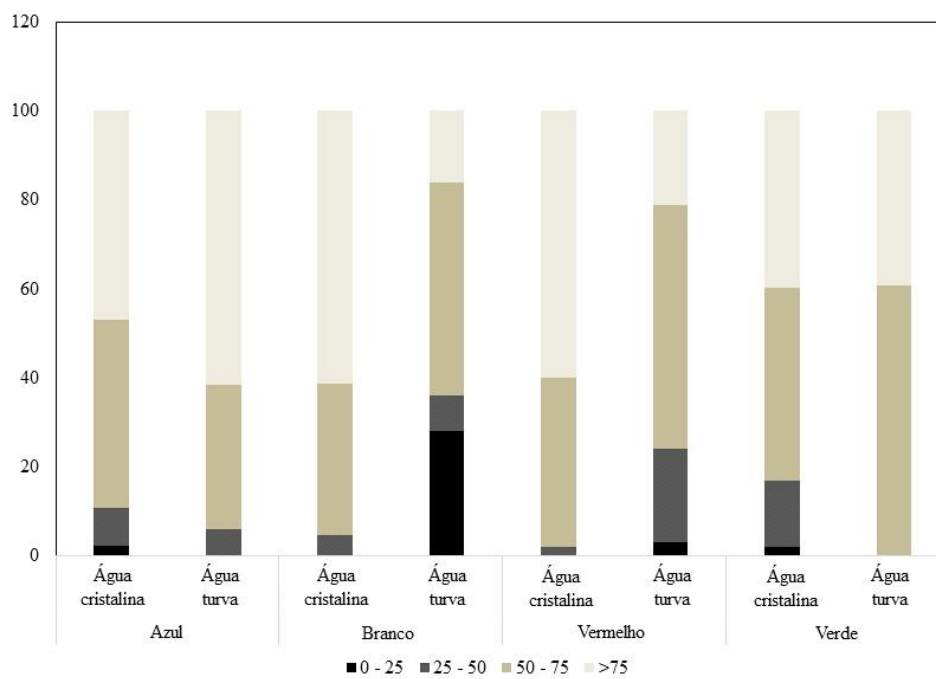


Figura 5. Peso final e ganho de peso das pós-larvas de *Amphilophus citrinellus* submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água clara e turva.



Os dados de índice de repleção estomacal estão mostrados na Figura 6. A porcentagem de estômagos cheios (>75%) aumentou ($p < 0,05$) nas pós-larvas em luz azul e água turva (61,7%) e em luz branca e água cristalina (61,4%). Os valores não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) para índice de repleção estômago (escalas 25-50% e 51-75%). No entanto, pós-larvas na luz branca e água turva (28,1%) na escala de 0-25% ($p < 0,05$).

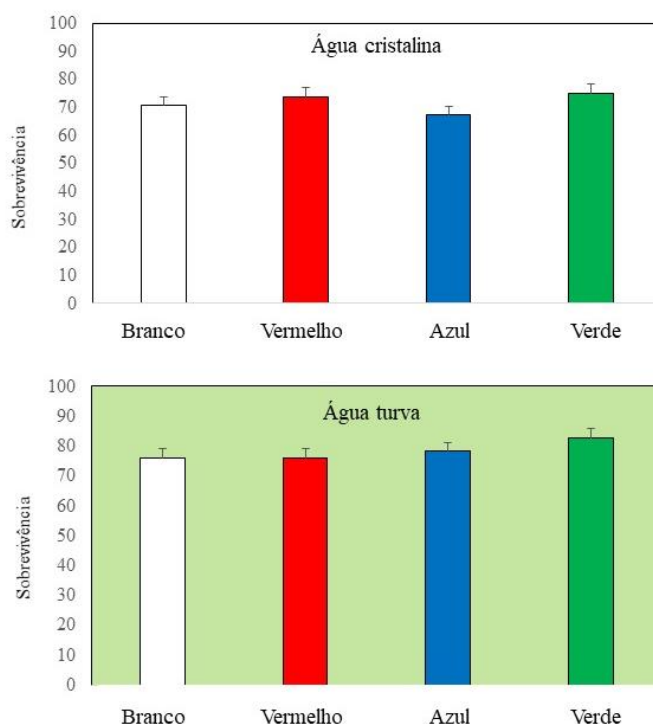
Figura 6. Índices de repleção estomacal das pós-larvas de *Amphilophus citrinellus* submetidas aos diferentes espectros de luz em águas cristalina e turvas.



As pós-larvas em luz vermelha e água cristalina obtiveram uma porcentagem mais alta de estômagos cheios em comparação com os pós-larvas em água turva ($p > 0,05$). Mesmo com uma baixa porcentagem de pós-larvas com 50% de repleção, nenhuma diferença foi observada em pós-larva em luz verde ($p < 0,05$).

A sobrevivência não foi afetada ($p > 0,05$) por nenhuma das cores de luz. Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos considerando água cristalina ou turva (Figura 7).

Figura 7. Sobrevivência das pós-larvas de *Amphilophus citrinellus* submetidas aos efeitos de diferentes espectros de luz em água cristalina e turva.



4. DISCUSSÃO

Quando confrontado com diferentes espectros de luz para sua livre escolha, pós-larvas de *A. citrinellus* preferem luz azul em ambientes de água cristalina, e a luz verde como segunda opção. Alevinos de truta arco-íris preferem ambientes azuis e verdes, mas essa preferência pode mudar devido a temperaturas diferentes (Luchiari e Pirhonen, 2008). Observou-se mudanças no comportamento de acordo com as condições da água, cristalina ou turva, pois as pós-larvas de peixes permaneceram na área de luz branca.

Acredita-se que a luz azul pode causar uma sensação associada a baixo estresse. De acordo com Barcellos et al. (2019), a melhor alternativa para manter os alevinos de *Rhandia quelen* em sistemas de produção de jundiá são em tanques com paredes azuis fornecidos como abrigo para reduzir a resposta ao estresse. Alevinos de truta arco-íris expostos a feromônio alarme permanece mais tempo em um ambiente azul (Colson et al., 2021). Maia e Volpato (2013) sugeriram que a luz azul é a cor escolhida para reduzir o estresse em tilápia do Nilo.

Considerando todos esses achados, sugere-se que os peixes de água doce também podem preferir ambientes com um espectro de luz semelhante ao ambiente marinho. Essa preferência pode implicar uma complexidade de fatores. Outra hipótese é que um ambiente verde pode implicar em um risco reduzido de encontrar predadores. Essa hipótese parece concordar com o fato de que, em condições de água turva, os animais permaneceram na arena. Segundo Luchiari e Pirhonen (2008), a luz verde produz a melhor cor ambiental para a criação de truta arco-íris, considerando a taxa de crescimento e a ingestão de alimentos.

Não foram encontradas diferenças significativas nos índices de repleção estomacal em pós-larva de peixes criados em água cristalina e turva, há hipótese que a escolha de seu ambiente verde pode estar associada à redução do estresse nessa espécie. A resposta ao estresse depende do agente estressor para liberar catecolaminas, seguido por glicocorticoides vias eixo hipotálamo-pituitária-adrenal, o que pode levar a comportamentos diferentes, como fuga ou permanecer imóvel (Golla et al., 2020). Quando a arena foi iluminada com os diferentes espectros, os peixes permaneceram no mesmo lugar, exceto para a luz vermelha. A luz influenciou algumas pós-larva de peixe, na fuga em deixar a área de luz vermelha em água turva. O que leva a acreditar que do ponto de vista do peixe, todo ambiente parecia ter a mesma cor, razão pela qual eles não se moviam. No entanto, em água turva, os peixes pareciam se sentir mais seguros, e alguns decidiram se afastar da luz vermelha. A turbidez pode sugerir uma restrição visual ao deslocar decisões de serem tomadas coletivamente para serem tomadas por indivíduos separados de seu grupo (Chamberlain e Ioannou, 2019). Estudos anteriores sugeriram a luz vermelha como um fator de estresse em várias espécies de peixes, como, *Perca flavescens*, *Oncorhynchus mykiss*, *Scophthalmus maximus* ou *Hippocampus erectus* (Head e Malison, 2007; Luchiari e Pirhonen, 2008; Wu et al., 2020; Li et al., 2022).

Especificamente, o espectro de luz em água cristalina não afetou os parâmetros de crescimento de *A. citrinellus*. Geralmente acredita-se que os espectros de luz de habitats originais de água salgada e doce podem ser os melhores para o desempenho dos peixes. O maior ganho de peso foi observado em robalo com o espectro azul (Villamizar et al., 2009). No entanto, algumas informações na literatura contradizem essa afirmação. Luz verde e azul proporcionam a taxa máxima de crescimento, e a luz vermelha diminui esse parâmetro em cerca de 33% na carpa cruciana (*Carassius Carassius*) (Ruchin, 2004). Esta espécie vive em camadas bentônicas de lagoas lânticas. Os mesmos autores sugerem que

os raios de luz azul podem ser ótimos para o cultivo de guppy (*Poecilia reticulata*), que vive em camadas superiores. Portanto, parte deste resultado pode ser explicado pelos fatores endógenos do efeito da luz. Shin et al. (2012) sugerem que os raios de luz verde e azul aumentam os níveis de GH e a melatonina desempenha um papel na modulação do crescimento do peixe-palhaço yellow tail (*Amphiprion clarkii*).

A interação entre os espectros de luz e a turbidez da água também pode explicar parcialmente esses resultados. A luz azul proporcionou um maior peso final e ganho de peso em *A. citrinellus* quando a turbidez da água foi considerada. Embora o sistema utilizado não fosse profundo, poderíamos levantar outra hipótese: comprimentos de onda mais longos são rapidamente absorvidos na água, enquanto comprimentos de onda mais curtos, como a cor azul penetram mais profundamente (Mascarenhas e Keck, 2018). Isso explicaria um efeito mais pronunciado da cor azul em obstáculos de turbidez.

A microalga usada no presente estudo para fornecer turbidez era inerte e com pequenas partículas. O que significa que não influencia na nutrição das pós-larvas. No entanto, o espectro de luz pode influenciar a atividade de natação da Artemia (Villamizar et al., 2011) e sua captura pelas pós-larvas. O crescimento das pós-larvas foi influenciado por uma interação entre espectros de cores de luz e barreiras naturais de luz, como a turbidez.

Os resultados de índice de repleção estomacal para a luz azul em água turva colaboram com os dados de crescimento. Uma porcentagem mais alta de estômagos cheios, acima de 75%, foi obtida para pós-larvas sob esta condição. No entanto, quando os espectros de luz vermelha e branca foram usados, as pós-larvas apresentavam estômagos cheios sob a condição de água cristalina. De acordo com Villamizar et al. (2011), a distribuição de náuplios de Artemia em aquários é mais homogênea sob a condição de luz azul do que sob luz vermelha ou branca, o que sugere sua fácil captura pelos peixes sob luz azul.

Neste estudo, o sucesso na captura de náuplios de artemina pelas pós-larvas de peixe aumentou em água cristalinas do que em água turva quando a luz branca e vermelha foram usadas. Comparadas a outros tratamentos de luz, as descobertas com a luz branca sugerem que é mais difícil para as larvas capturar náuplios (Villamizar et al., 2011). Assim, a captura de náuplios de Artemia em luz branca pode ser ainda pior em água turva, o que hipoteticamente favorece estômagos cheios nos peixes cultivados em água limpa.

Isso está alinhado com Chamberlain e Ioannou (2019), que indicam que a turbidez reduz a distância em que os peixes podem detectar alimentos. Embora não tenhamos avaliado o comportamento de natação da *Artemia*, sugerimos que atividade semelhante também pode ter ocorrido na luz vermelha. Também é interessante observar que as larvas de robalo (*Dicentrarchus labrax*) na luz vermelha capturam náuplios e metanáuplios de *Artemia*, mas não rotíferos. No entanto, seu crescimento e desenvolvimento são comprometidos (Villamizar et al., 2009).

O peixe-sargento (*Zebrasoma flavescens*) pode se beneficiar da presença de presas menos evasivas, como ciliados ou rotíferos (Burgess & Callan, 2018). Isso significa que a interação entre natação de presas, condição de luz e captura também pode ser específica da espécie. Nenhuma diferença significativa foi observada no índice de repleção estomacal das pós-larvas de peixes em água turva. A turbidez orgânica ou algal envolve a alteração do espectro de luz disponível para comprimentos de onda verdes (Sridhar e Vincent, 2007). Talvez o contraste de cor na *Artemia* transparente não tenha sido aprimorado sob esta condição para produzir diferenças no índice de repleção estomacal.

Não foi encontrada diferenças na mortalidade não necessariamente implica em animais livres de estresse. Estudos anteriores revelaram o efeito da luz no estresse em peixes. A energia utilizada para lidar com o estresse resulta em desempenho de crescimento comprometido no robalo-manchado (*Lateolabrax maculatus*) (Hou et al., 2019). As larvas de robalo-bocarra (*Micropterus salmoides*) sentem aumento de estresse com LEDs vermelhos, mas LEDs azuis e verdes promovem o benefício da capacidade antioxidante no cérebro e no fígado, respectivamente, o que pode estar associado ao aumento da expressão do fator relacionado a NF-E2 (Zheng et al., 2024). Não observamos efeito da turbidez da água na sobrevivência. Segundo Fiksen et al., (2002), o efeito de sombreamento de uma concentração mais alta de fitoplâncton pode reduzir substancialmente as taxas de mortalidade por predação em larvas de peixes. Sugere-se que para espécies com uma taxa mais alta de canibalismo, como algumas espécies carnívoras, esse efeito de turbidez pode ser mais evidente.

5. CONCLUSÃO

Este estudo confirmou que o espectro de luz azul teve um efeito significativo no crescimento, na ingestão de alimentos e na preferência ambiental em pós-larvas de *A. citrinellus*. O nível de turbidez pode influenciar o comportamento alimentar dessas pós-larvas, o que deve ser levado em consideração para otimizar métodos de alimentação em viveiros. Finalmente, a luz azul pode ser útil no comércio ornamental para considerar o bem-estar animal ao mitigar os efeitos do estresse.

6. REFERÊNCIAS

Akhtar, M. S., Tripathi, P. H., & Ciji, A. (2022). Light spectra influence the reproductive performance and expression of immune and anti-oxidative defense genes in endangered golden mahseer (*Tor putitora*) female brooders. *Aquaculture*, 547, 737355.

Barcellos, L. J. G., Kreutz, L. C., Quevedo, R. M., da Rosa, J. G. S., Koakoski, G., Centenaro, L., & Pottker, E. (2009). Influence of color background and shelter availability on jundiá (*Rhamdia quelen*) stress response. *Aquaculture*, 288(1-2), 51-56.

Blanco-Vives, B., Villamizar, N., Ramos, J., Bayarri, M. J., Chereguini, O., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2010). Effect of daily thermo-and photo-cycles of different light spectrum on the development of Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. *Aquaculture*, 306(1-4), 137-145.

Boscarino, B. T., Oyagi, S., Stapylton, E. K., McKeon, K. E., Michels, N. O., Cushman, S. F., & Brown, M. E. (2020). The influence of light, substrate, and fish on the habitat preferences of the invasive bloody red shrimp, *Hemimysis anomala*. *Journal of Great Lakes Research*, 46(2), 311-322.

Braga, F. D. S. (1990). Aspectos da reprodução e alimentação de peixes comuns em um trecho do rio Tocantins entre Imperatriz e Estreito, Estados do Maranhão e Tocantins, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 50(3), 547-558.

Burgess, A. I., & Callan, C. K. (2018). Effects of supplemental wild zooplankton on prey preference, mouth gape, osteological development and survival in first feeding cultured larval yellow tang (*Zebrasoma flavescens*). *Aquaculture*, 495, 738-748.

Chamberlain, A. C., & Ioannou, C. C. (2019). Turbidity increases risk perception but constrains collective behaviour during foraging by fish shoals. *Animal Behaviour*, 156, 129-138.

Chen, J. Y., & Zeng, C. (2021). The effects of live prey and greenwater on the early larval rearing of orchid dottyback *Pseudochromis fridmani*. *Aquaculture*, 543, 737008. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737008>

Shi, C., Wang, J., Peng, K., Mu, C., Ye, Y., & Wang, C. (2019). The effect of tank colour on background preference, survival and development of larval swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Aquaculture*, 504, 454-461.

Colson, V., Ferreira, V. H. B., Luchiari, A. C., Valotaire, C., Borel, F., Bugeon, J., & Guesdon, V. (2021). Loss of light colour preference after chronic embryonic stress in rainbow trout fry: A novel and potential indicator of fish welfare? *Applied Animal Behaviour Science*, 239, 105335.

Conceição, L. E., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S., & Dinis, M. T. (2010). Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture research*, 41(5), 613-640.

Delicio, H. C., Barreto, R. E., Normandes, E. B., Luchiari, A. C., & Marcondes, A. L. (2006). A place preference test in the fish Nile tilapia. *Journal of Experimental Animal Science*, 43(3), 141-148.

Evers, H. G., Pinnegar, J. K., Taylor, M. I., (2019). Where are they all from? - sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. *Journal of Fish Biology*, 94, 909 –916.

Fiksen, Ø., Aksnes, D. L., Flyum, M. H., & Giske, J. (2002). The influence of turbidity on growth and survival of fish larvae: a numerical analysis. In *Sustainable Increase of Marine Harvesting: Fundamental Mechanisms and New Concepts: Proceedings of the 1st Maricult Conference held in Trondheim, Norway, 25–28 June 2000* (pp. 49-59). Springer Netherlands.

Golla, A., Østby, H., & Kermen, F. (2020). Chronic unpredictable stress induces anxiety-like behaviors in young zebrafish. *Scientific reports*, 10(1), 10339.

Head, A. B., & Malison, J. A. (2000). Effects of lighting spectrum and disturbance level on the growth and stress responses of yellow perch *Perca flavescens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31(1), 73-80.

Hou, Z. S., Wen, H. S., Li, J. F., He, F., Li, Y., Qi, X., & Tao, Y. X. (2019). Effects of photoperiod and light Spectrum on growth performance, digestive enzymes, hepatic

biochemistry and peripheral hormones in spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*). *Aquaculture*, 507, 419-427.

Li, S., Liu, X., Lin, T., Zhang, D., & Zou, X. (2022). The consistent background color preference highlights the personality in the lined seahorse, *Hippocampus erectus*. *Frontiers in Marine Science*, 9, 939749.

Luchiari, A. C., & Pirhonen, J. (2008). Effects of ambient colour on colour preference and growth of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of fish biology*, 72(6), 1504-1514.

Maia, C. M., & Volpato, G. L. (2013). Environmental light color affects the stress response of Nile tilapia. *Zoology*, 116(1), 64-66.

Mascarenhas, V., Keck, T. (2018). Marine Optics and Ocean Color Remote Sensing. In: Jungblut, S., Liebich, V., Bode, M. (eds) YOUMARES 8 – Oceans Across Boundaries: Learning from each other. Springer, Cham.

Van der Meeren, T., Mangor-Jensen, A., & Pickova, J. (2007). The effect of green water and light intensity on survival, growth and lipid composition in Atlantic cod (*Gadus morhua*) during intensive larval rearing. *Aquaculture*, 265(1-4), 206-217.

Medeiros, P. P., Segundo, G. H. C., & Magalhães, E. M. M. (2015). Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). *Geochimica Brasiliensis*, 29(1), 35-35.

Micah, A. D., Wen, B., Wang, Q., Zhang, Y., Yusuf, A., Thierry, N. N. B., ... & Chen, Z. Z. (2022). Effect of dietary astaxanthin on growth, body color, biochemical parameters and transcriptome profiling of juvenile blood parrotfish (*Vieja melanurus*♀× *Amphilophus citrinellus*♂). *Aquaculture Reports*, 24, 101142.

Palmer, P. J, Burke, M. J, Palmer, C. J e Burke, J. B (2007). Desenvolvimentos em tecnologias controladas de cultura larval em águas verdes para peixes estuarinos em Queensland, Austrália e outros lugares. *Aquaculture*, 272 (1-4), 1-21.

Roy, T., Suriyampola, P. S., Flores, J., López, M., Hickey, C., Bhat, A., & Martins, E. P. (2019). Color preferences affect learning in zebrafish, *Danio rerio*. *Scientific reports*, 9(1), 14531.

Ruchin, A. B. (2004). Influence of colored light on growth rate of juveniles of fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 30, 175-178.

Sampaio, A. L. N., Goulart, E., (2011). Ciclídeos Neotropicais: Ecomorfologia Trófica. *Oecologia Australis*, 15, 775–798.

Santos, E. P., (1978). Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. HUCITEC-EDUSP, São Paulo, 129p

Shi, C., Wang, J., Peng, K., Mu, C., Ye, Y., & Wang, C. (2019). The effect of tank colour on background preference, survival and development of larval swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Aquaculture*, 504, 454-461.

Shin, H. S., Lee, J., & Choi, C. Y. (2012). Effects of LED light spectra on the growth of the yellowtail clownfish *Amphiprion clarkii*. *Fisheries science*, 78, 549-556.

Sridhar, B. M., & Vincent, R. K. (2007). Spectral reflectance measurements of a microcystis bloom in upper Klamath Lake, Oregon. *Journal of Great Lakes Research*, 33(1), 279-284.

Soares, R., Wasielesky, W., Peixoto, S., & D'Incao, F. (2005). Food consumption and gastric emptying of *Farfantepenaeus paulensis*. *Aquaculture*, 250(1-2), 283-290.

Suárez-Puerto, B., Delgadillo-Díaz, M., Sánchez-Solís, MJ, & Gullian-Klanian, M. (2021). Análise da relação custo-benefício e crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tecnologias de bioflocos e água verde durante duas safras. *Aquaculture*, 538, 736534.

Stückler, S., Cloer, S., Hödl, W., & Preininger, D. (2022). Carotenoid intake during early life mediates ontogenetic colour shifts and dynamic colour change during adulthood. *Animal Behaviour*, 187, 121-135.

Tenorio-Chávez, P., Elizalde-Velázquez, G. A., Gómez-Oliván, L. M., & Hernández-Navarro, M. D. (2023). Chronic intake of an enriched diet with spirulina (*Arthrospira maxima*) alleviates the embryotoxic effects produced by realistic concentrations of tetracycline in *Danio rerio*. *Science of The Total Environment*, 859, 159731.

Tigan, G., Mulvaney, W., Ellison, L., Schultz, A., & Hung, T. C. (2020). Effects of light and turbidity on feeding, growth, and survival of larval Delta Smelt (*Hypomesus transpacificus*, Actinopterygii, Osmeridae). *Hydrobiologia*, 847, 2883-2894.

Villamizar, N., García-Alcazar, A., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2009). Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, 292(1-2), 80-86.

Villamizar, N., García-Mateos, G., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2011). Behavioral responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae and *Artemia* sp. exposed to constant light or darkness vs. light/dark cycles of white, red or blue wavelengths. *Aquaculture*, 317(1-4), 197-202.

Volpato, G. L., Bovi, T. S., de Freitas, R. H., da Silva, D. F., Delicio, H. C., Giaquinto, P. C., & Barreto, R. E. (2013). Red light stimulates feeding motivation in fish but does not improve growth. *PloS one*, 8(3), e59134.

Yan, H., Liu, Q., Cui, X., Shen, X., Hu, P., Liu, W., ... & Liu, Y. (2019). Growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae cultured under different light spectra and intensities. *Aquaculture Research*, 50(8), 2066-2080.

Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*, fourth ed. Prentice-Hall, New Jersey.

Zheng, J. L., Gao, L., Zhang, H. T., Chen, X., Zhu, Q. L., & Han, T. (2024). LED light spectra differently affected growth, antioxidant capacity, stress response, GH/IGF and HPI axis in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) larvae. *Aquaculture*, 578, 740019.

Wu, L., Wang, Y., Han, M., Song, Z., Song, C., Xu, S., ... & Yue, X. (2020). Growth, stress and non-specific immune responses of turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae exposed to different light spectra. *Aquaculture*, 520, 734950.