



UFRPE

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**USO DE MÍDIA BIOLÓGICA ALTERNATIVA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE
ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DO ACARÁ-BANDEIRA**

JOSÉ RAFAEL CLEMENTE JÚNIOR

**RECIFE - PE
2023**

JOSÉ RAFAEL CLEMENTE JÚNIOR

**USO DE MÍDIA BIOLÓGICA ALTERNATIVA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE
ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DO ACARÁ-BANDEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na forma de artigo científico ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientadora: Profa. Dra. Gelcirene de Albuquerque Costa.

**RECIFE - PE
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J95u Júnior, José Rafael Clemente Júnior
Uso de mídia biológica alternativa em sistema de recirculação de água para a produção do acará
bandeira / José Rafael Clemente Júnior Júnior. - 2023.
28 f. : il.

Orientadora: Gelcirene de Albuquerque Costa.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Engenharia de Pesca, Recife, 2023.

1. peixe ornamental. 2. piscicultura. 3. recirculação de água. 4. sustentabilidade. 5. resíduo PLA. I.
Costa, Gelcirene de Albuquerque, orient. II. Título

CDD 639.3

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHAREL EM ENGENHARIA DE PESCA**

**USO DE MÍDIA BIOLÓGICA ALTERNATIVA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE
ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DO ACARÁ-BANDEIRA**

José Rafael Clemente Júnior

Banca Examinadora

Prof. Dra. Gelcirene de Albuquerque Costa
(Orientadora)
[Departamento de Pesca e Aquicultura]
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dra. Priscilla Celes Maciel de Lima
[Departamento de Pesca e Aquicultura]
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Mateus Vitória Medeiros
[Departamento de Pesca e Aquicultura]
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

MSc. Danielle Alves da Silva
[Departamento de Pesca e Aquicultura]
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

**RECIFE – PE
2023**

DEDICATÓRIA

A todos que de alguma forma me ajudaram a construir conhecimentos contidos neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por me permitir realizar meus sonhos, a meus pais, irmãs e esposa por me apoiar nos momentos bons e ruins. Gostaria ainda de agradecer a todos os companheiros de curso, o pessoal do laboratório e por fim, mas não menos importante a orientadora do trabalho por toda ajuda e suporte na construção do trabalho.

EPÍGRAFE

“Um passo à frente e você não está mais no mesmo lugar”.

Chico Science

RESUMO

A piscicultura ornamental se destaca pela variedade de espécies e particulares quanto às estruturas de cultivo utilizadas. Diferentemente da piscicultura convencional, podem ser implementados tanto em ambientes rurais como ambientes urbanos. Sistemas superintensivos são o principal sistema de cultivo de peixes ornamentais em ambientes urbanos e se destacam pela otimização dos recursos hídricos, altas produtividades e minimizam os impactos ambientais, com destaque para o sistema de recirculação de água (RAS). Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o uso de mídias biológicas alternativas em RAS para o cultivo do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). O experimento foi conduzido no Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq/UFRPE durante 31 dias, em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, considerando o uso de mídias biológicas convencionais composto por anéis de cerâmica (AC) e mídias biológicas alternativas compostas por resíduos de impressora 3D composto de ácido polilático (PLA). Para isso foram utilizados 8 aquários de volume útil de 6 L e densidade de estocagem de 1,5 juvenis de acará-bandeira (AC= 0,12 g e 1,75 cm; e PLA= 0,11 g e 1,82 cm) por litro. Os animais foram alimentados com ração comercial para peixes ornamentais (TetraMin - Tetra, 47% P.B), com taxa de arraçoamento de 20% da biomassa nos primeiros nove dias e redução para 10% nos demais dias de cultivo. Diariamente foram mensurados pela manhã, a temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos. A amônia e o nitrito foram analisados três vezes na semana. Ao final do cultivo, foram determinados os índices de desempenho zootécnico como sobrevivência, ganho de massa (GM), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar aparente (CAA) e produtividade ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Os resultados deste estudo mostraram diferenças na concentração de amônia e pH entre os tratamentos ($P < 0,05$), porém se mantiveram adequados para espécie, assim como as demais variáveis da água. O uso de diferentes mídias biológicas também não afetou na sobrevivência, CAA, GM, TCE e produtividade ($P > 0,05$). Dessa forma, para as condições de cultivo propostas neste estudo, os resíduos de PLA podem ser uma alternativa sustentável e aproveitados como mídias biológicas para o cultivo do acará-bandeira em RAS.

Palavras-chave: peixe ornamental, piscicultura, recirculação de água, sustentabilidade, resíduo PLA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação esquemática do delineamento experimental inteiramente casualizado, com o cultivo de juvenis de <i>Pterophyllum scalare</i>	14
Figura 2. Monitoramento da qualidade de água das unidades experimentais.	16
Figura 3. Biometria de <i>Pterophyllum scalare</i> após 31 dias de cultivo.	17
Figura 4. Concentração de amônia tóxica dos sistemas de recirculação de água.....	18
Figura 5. Concentração de nitrito dos sistemas de recirculação de água.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Qualidade de água do cultivo experimental de <i>Pterophyllum scalare</i>	19
Tabela 2. Índices de desempenho zootécnico do <i>Pterophyllum scalare</i> cultivado em RAS.	20

SUMÁRIO

RESUMO	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. <i>Local do estudo</i>	13
2.2. <i>Delineamento experimental</i>	13
2.3. <i>Dimensionamento do sistema de recirculação de água</i>	14
2.4. <i>Área de superfície das mídias biológicas</i>	15
2.5. <i>Estocagem e manejo de cultivo dos animais</i>	15
2.6. <i>Dados biométricos e desempenho produtivo dos animais</i>	16
2.7. <i>Análise estatística</i>	17
3. RESULTADOS	17
3.1. <i>Qualidade de água do cultivo experimental</i>	19
3.2. <i>Desempenho zootécnico</i>	19
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS	23

USO DE MÍDIA BIOLÓGICA ALTERNATIVA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DO ACARÁ-BANDEIRA

José Rafael Clemente Júnior¹, Jacicleide Maria de Oliveira¹, Wilmar Ferreira da Silva², Mateus Vitória Medeiros¹, Gelcirene de Albuquerque Costa¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura - Recife, Brasil

²Instituto Federal de Pernambuco, Campus Ipojuca - Ipojuca, Brasil.

Autor correspondente:

José Rafael Clemente Júnior

e-mail: joserafaelcjr@gmail.com

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar o uso de mídias biológicas alternativas em sistema de recirculação de água (RAS) para o cultivo do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). O experimento foi conduzido no Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq/UFRPE em duas etapas: maturação do RAS (55 dias) e cultivo de acará-bandeira (31 dias). O delineamento foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, considerando o uso de mídias biológicas convencionais, compostas por anéis de cerâmica (AC) e mídias biológicas alternativas compostas por resíduos de ácido polilático (PLA). Para isso, foram utilizados 8 aquários de volume útil de 6 L e densidade de estocagem de 1,5 juvenis por litro (AC= 0,12 g \pm 0,24 e PLA= 0,11 \pm 0,15 g). Os animais foram alimentados com ração comercial para peixes ornamentais (TetraMin - Tetra, 47% P.B), com taxas de arraçoamento de 20 a 10% da biomassa. Diariamente foram mensurados temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos. A amônia e o nitrito foram analisados três vezes na semana. Os resultados mostraram diferenças entre os tratamentos no período de ciclagem, podendo ser explicado pela porosidade e composição das mídias biológicas utilizadas no estudo (AC e PLA). Com relação a qualidade de água durante o cultivo, maiores concentrações de amônia e menor pH foram reportados no tratamento PLA ($P < 0,05$), mas se mantiveram adequados para espécie, assim como as demais variáveis da água ($P > 0,05$). O uso de diferentes mídias biológicas também não influenciou nos índices de desempenho zootécnico tais como sobrevivência, comprimento total e massa final. Portanto, para as condições propostas neste estudo, os resíduos de PLA foram eficientes no RAS, sendo uma alternativa de aproveitamento deste resíduo e cultivo ecologicamente sustentável para peixes ornamentais.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo PLA; sustentabilidade; aquicultura; RAS; peixe ornamental.

1. INTRODUÇÃO

Os peixes ornamentais estão entre os animais de estimação mais populares do mundo, e seu comércio movimentava cerca de US \$15-30 bilhões ao ano, em que a aquariofilia é o seu principal destino (PENNING et al., 2009). A piscicultura ornamental e peixes tropicais de água doce são os que mais contribuem para esse mercado, com percentual de 90% (EVERS et al., 2019). O Brasil neste contexto tem potencial na produção de peixes ornamentais, em decorrência da sua diversidade de espécies ornamentais presentes nos rios brasileiros. Atualmente, o Brasil é considerado um dos grandes exportadores de peixes ornamentais de água do mundo, ocupando a 14ª posição, com destaque para a Região Amazônica e o extrativismo (REZENDE; FUJIMOTO, 2021).

A piscicultura ornamental brasileira por sua vez, atende apenas o mercado interno e é baseada principalmente na produção de espécies exóticas, com baixo valor comercial, tais como poecilídeos (*platy*, *guppy*, espada e molinésia), peixe betta e paulistinha (MORO et al., 2013). Os principais entraves nos empreendimentos de piscicultura ornamental no Brasil consistem em: falta de alinhamento nos órgãos que atuam na regulamentação do setor; caracterização incipiente do setor produtivo dos organismos aquáticos ornamentais; fragilidade no monitoramento e estatística atualizada deste setor; ausência de linhas de crédito para o setor; e baixo incentivo à produção comercial das espécies nativas (REZENDE; FUJIMOTO, 2021).

Com relação ao sistema produtivo, a piscicultura ornamental se destaca pela variedade de espécies e linhagens, com particularidades únicas no manejo e no uso de estruturas utilizadas no cultivo (REZENDE; FUJIMOTO, 2021). Essa diversificação possibilita a produção em grande escala tanto em ambientes rurais como em ambientes urbanos. Os sistemas de produção da piscicultura or podem ser classificados em semi-intensivos, intensivos e superintensivos (RIBEIRO, 2009). A escolha do sistema de cultivo dependerá da disponibilidade de capital, local, disponibilidade de recursos hídricos, fatores climáticos, espécie e mercado consumidor (RIBEIRO, 2007). Uma vez que a aquicultura moderna tem o desafio de garantir o equilíbrio dos pilares econômico, social e ambiental, se faz necessário também escolher formas de cultivo que possibilitem o uso racional da água e do espaço, promovendo uma redução de impactos ambientais e garantia da boa produtividade (VALENTI et al., 2018).

Nesse contexto, o sistema de recirculação de água (RAS) atende a esses requisitos, por ser um sistema fechado com mínima troca de água, possibilitando o maior controle das variáveis da água que influenciam diretamente no desempenho dos animais cultivados. Os componentes básicos do RAS consistem no tanque de cultivo, um sistema de bombeamento, aeração e principalmente, sistemas de filtragens mecânica e biológica, sendo estes responsáveis pela remoção dos sólidos em suspensão e no controle dos compostos nitrogenados como amônia e nitrito (EBELING; TIMMONS, 2012).

O filtro biológico é um dos componentes mais importantes do RAS, uma vez que utiliza substratos ou mídias biológicas, responsáveis pela adesão de bactérias nitrificantes que realizam a oxidação da amônia e nitrito na sua forma menos tóxica (nitrito). Estas reações de oxidação compreendem o processo de nitrificação, que ocorre principalmente durante o percurso da água pelo biofiltro (KUBITZA, 2006). Diferentes substratos são utilizados para a fixação desses microrganismos sendo comum o uso de anéis de cerâmica, argila expandida, brita e material sintético (DELONG; LOSORDO, 2012).

Alternativas de mídias biológicas menos onerosas consistem no aproveitamento de resíduos plásticos, que além de minimizar os custos no tratamento da água de cultivo, evitam o aumento da poluição ambiental. O ácido polilático (PLA) é um poliéster alifático feito de ácido láctico, encontrado em plantas e animais como subproduto ou produto intermediário do metabolismo (HAGEN, 2016). O filamento de ácido polilático (PLA) por exemplo é muito utilizado em impressoras 3D e a reciclagem dos resíduos dessa impressão em sistemas de recirculação de água pode ser um modelo interessante para a produção de peixes ornamentais.

O acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*, *freshwater angelfish*) é um peixe tropical de água doce, pertencente à família Cichlidae é endêmico da Bacia Amazônica (CHELLAPA; YAMAMOTO; CACHO, 2020; CACHO et al., 1999). A espécie está entre as mais populares na aquariofilia, se destacando entre as 10 espécies de peixes ornamentais mais comercializadas no mundo (EVERS et al., 2019). No Brasil, possui valor comercial na aquariofilia, no mercado das exportações e como a principal espécie nativa de peixe ornamental cultivado (CHELLAPA; YAMAMOTO; CACHO, 2020; VIDAL-JR, 2007).

Os principais sistemas de cultivo do acará-bandeira consistem em semi-intensivo realizado em tanques e viveiros, e sistemas superintensivos, realizados em áreas urbanas em aquários e tanques, tanto sistemas estáticos com trocas parciais de água (TPAs) como

em sistema de recirculação de água (REZENDE; FUJIMOTO, 2021). Desse modo, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso de mídias biológicas alternativas como o PLA em sistema de recirculação de água no desempenho produtivo do acará-bandeira (*P. scalare*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

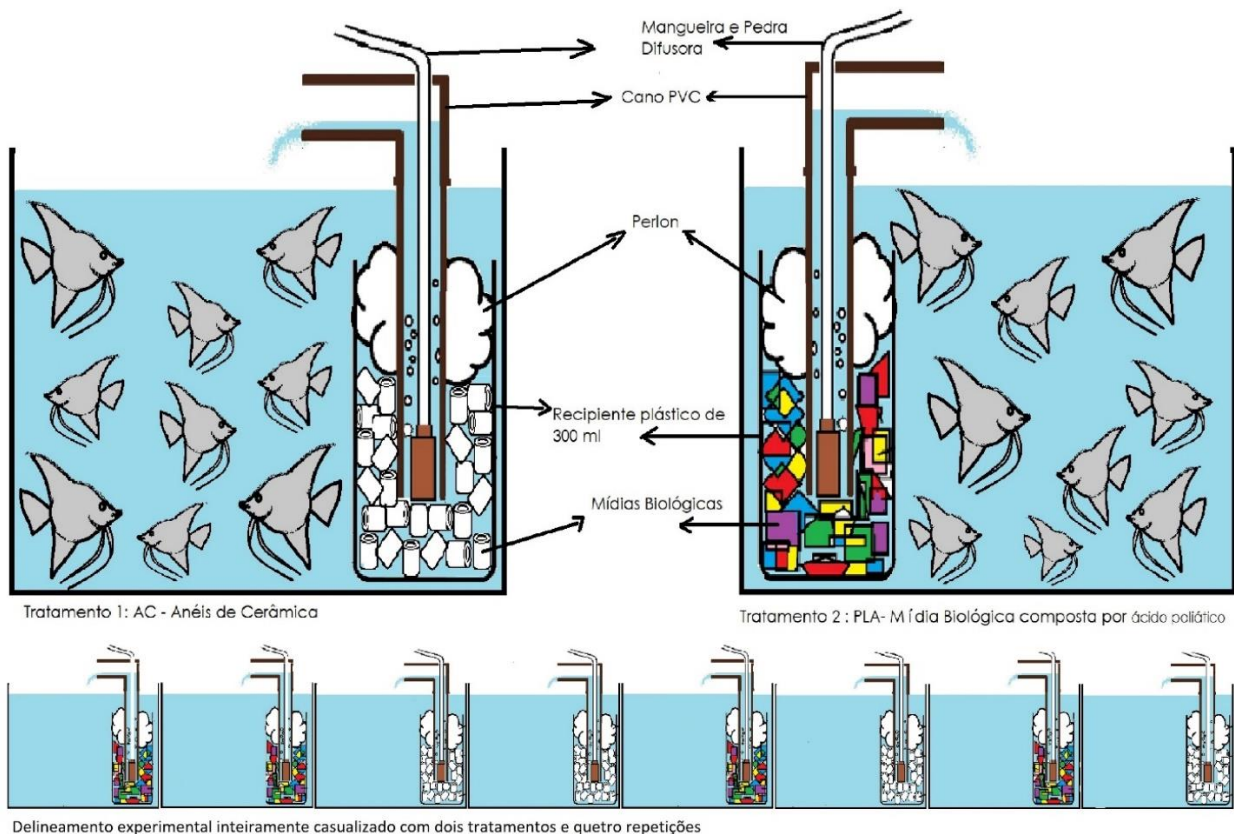
2.1. Local do estudo

O estudo foi conduzido no Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil (CEUA 3172050422). O experimento foi conduzido em duas etapas: maturação do sistema de recirculação de água e cultivo experimental do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) (Figura 1).

2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições, considerando as diferentes mídias biológicas: 1. AC: Uso de mídia biológica convencional, a partir de anéis de cerâmica; e 2. PLA: Uso de mídia biológica alternativa, a partir de resíduos de filamentos de PLA (ácido polilático) utilizado em impressora 3D (Figura 1). A maturação do sistema teve duração de 51 dias e o cultivo experimental do acará-bandeira, com a duração de 31 dias.

Figura 1. Representação esquemática do delineamento experimental inteiramente casualizado, com o cultivo de juvenis de *Pterophyllum scalare*.



Fonte: Arquivo pessoal.

2.3. Dimensionamento do sistema de recirculação de água e maturação dos biofiltros

Para a recirculação de água (RAS), foram utilizados 8 aquários experimentais com volume útil de 6 litros. Em cada aquário foram inseridos um recipiente plástico de 300 mL composto por mídias biológicas, perlita, cano PVC, cotovelos, mangueira e pedra difusora, para compor o sistema de filtragem mecânica e biológica. O sistema de aeração foi composto por pedra difusora e mangueira de silicone e o sistema de bombeamento foi por *air-lift*. Após a instalação do sistema, foi adicionado durante duas semanas um acelerador biológico comercial para aquários (Stability, Seachem®), com aplicação de 0,8 mL por aquário, conforme a recomendação do fabricante, para auxiliar no processo de maturação do biofiltro. A cada 2 dias, foram mensurados a concentração de amônia tóxica (NH_3) e

nitrito (NO_2^-), com auxílio de kits colorimétricos (LabconTEST®). O processo de maturação durou 51 dias, quando as concentrações de NH_3 e NO_2^- se se encontravam em zero mg.L^{-1} . A partir disso, os peixes foram estocados nas unidades experimentais e cultivados durante 31 dias.

2.4. Área de superfície das médias biológicas

O cálculo da área de superfície das médias biológicas dos diferentes tratamentos (AC e PLA) foi determinada considerando a sua forma, a partir da amostragem de 10-14 unidades de médias biológicas para os anéis de cerâmica e resíduo de PLA, respectivamente. Para os anéis de cerâmica que possuem o formato cilíndrico, a área de superfície foi de $504,54 \text{ cm}^2$ por biofiltro, enquanto o PLA que tinha formato quadrado, apresentou área de superfície de $643,88 \text{ cm}^2$ por biofiltro.

2.5. Estocagem e manejo de cultivo dos animais

Setenta e dois juvenis de acará-bandeira *P. scalare* (Massa média= $0,12 \pm 0,01 \text{ g}$ e $0,11 \pm 0,02 \text{ g}$; Comprimento total= $1,75 \pm 0,13 \text{ cm}$ e $1,82 \pm 0,11 \text{ cm}$), oriundos de uma larvicultura realizada em laboratório, foram distribuídos nas unidades experimentais, na densidade de estocagem de $1,5 \text{ ind. L}^{-1}$. Para a estocagem nas unidades experimentais, os animais foram coletados de forma aleatória, seguido da aferição de massa (g) e comprimento total (cm), com auxílio de régua, paquímetro e balança digital (AUY220, Shimadzu) com precisão de $0,01 \text{ mg}$. Para esse procedimento, os animais foram anestesiados com óleo de cravo (Eugenol®), na concentração de 53 mg.L^{-1} , conforme Tarkhani et al. (2017).

Para avaliar a qualidade de água, as variáveis de temperatura ($^\circ\text{C}$), oxigênio dissolvido - OD (mg. L^{-1}), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) e sólidos totais dissolvidos (ppm) foram mensurados diariamente uma vez ao dia, com auxílio de oxímetro (MO-8920, Instrutherm), peagâmetro (AT-315, Alfakit) e condutivímetro (COM-80, HM). Compostos nitrogenados como amônia tóxica (mg.L^{-1}) e nitrito (mg.L^{-1}) foram monitorados semanalmente por meio de kits colorimétricos (LabconTEST®). Trocas parciais de água (TPA), foram realizadas durante a manhã e tarde para a retirada dos resíduos de matéria

orgânica oriunda de restos de ração e fezes dos animais (Figura 2). O fluxo de água do sistema de recirculação foi mantido entre 200-300 mL a cada 30 segundos.

Figura 2. Monitoramento da qualidade de água das unidades experimentais.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os animais foram alimentados diariamente com ração comercial para peixes ornamentais (TetraMin – Tetra®, Alemanha), com 47% de proteína bruta. No 1° ao 9° dia, a taxa de arraçoamento foi de 20% da biomassa e posteriormente ajustada para 10% da biomassa a partir do 10° ao 31° dia de cultivo, com frequência alimentar de duas vezes ao dia (PATIL et al., 2016).

2.6. Dados biométricos e desempenho produtivo dos animais

Após a despesca e coleta dos dados biométricos de massa (g) e comprimento total (cm) foram determinados os índices de desempenho zootécnico de sobrevivência (S), ganho de massa (GM), taxa de crescimento específico (TCE), consumo médio de ração (CRM), conversão alimentar aparente (CAA) e produtividade ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) de acordo com as equações: $S (\%) = [\text{N}^\circ. \text{ de indivíduos vivos} / \text{N}^\circ. \text{ total de indivíduos estocados}] \cdot 100$; $\text{GM (g)} = \text{Massa final} - \text{Massa inicial}$; $\text{TCE } (\% \cdot \text{dia}^{-1}) = [(\ln \text{massa final} - \ln \text{massa inicial}) / \text{Dias de cultivo}] \cdot 100$; $\text{CMR} = \text{Quantidade de ração ofertada} / \text{Dias de cultivo}$; e $\text{CAA} = \text{Quantidade total de ração ofertada} / \text{Ganho de biomassa}$.

Figura 3. Biometria de *Pterophyllum scalare* após 31 dias de cultivo.



Fonte: Arquivo pessoal.

2.7. Análise estatística

Os resultados da qualidade de água, dados biométricos e desempenho zootécnico foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene). Atendendo os pressupostos de estatística paramétrica, os dados foram submetidos ao teste T-Student a 5% de probabilidade. Os dados que não atenderam os pressupostos foram submetidos a estatística não-paramétrica pelo teste de Wilcoxon Mann-Whitney. Todos os dados foram analisados pelo software R versão 4.3.1.

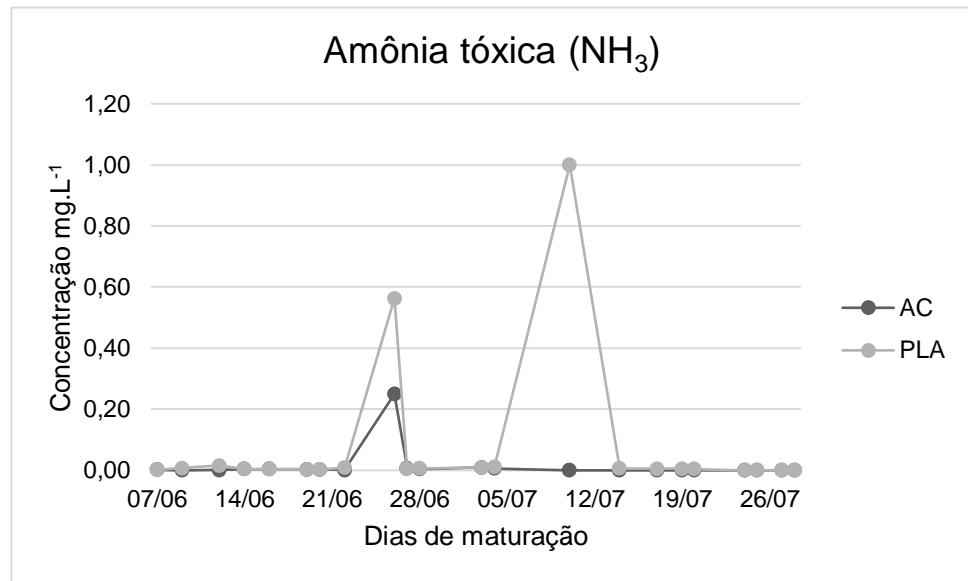
3. RESULTADOS

3.1. Maturação do sistema de recirculação de água

Durante 51 dias foi possível observar diferenças no período de ciclagem para os tratamentos AC e PLA, conforme as concentrações de amônia tóxica e nitrito (Figuras 4 e 5).

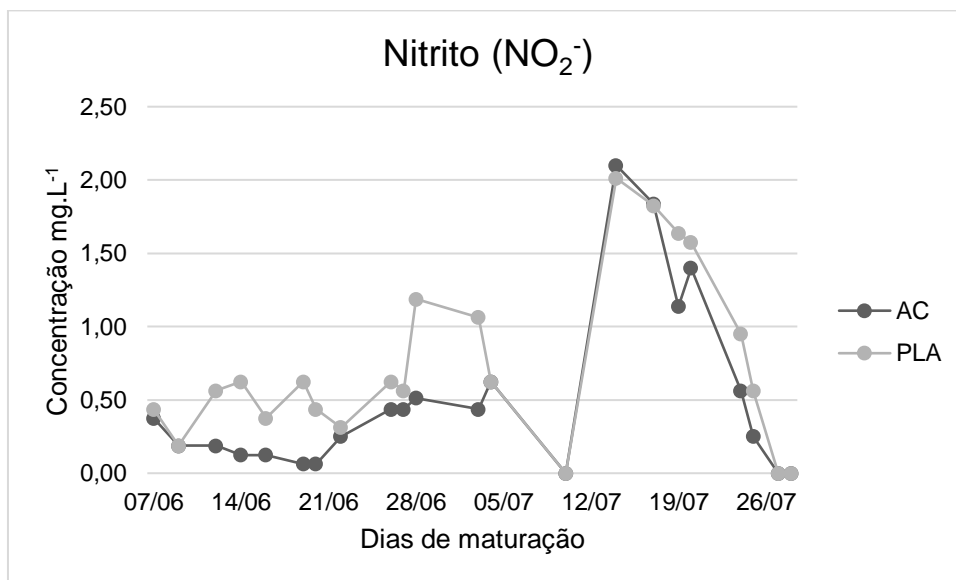
No presente estudo, a concentração de amônia tóxica (Figura 4) apresentou um aumento nos tratamentos AC e PLA a partir do 19º nono dia de maturação. No tratamento AC, o pico de concentração de amônia foi de 0,25 mg. L⁻¹, com estabilização do sistema após 33 dias. No tratamento PLA, houve dois picos de amônia, sendo um no 19º dia (0,56 mg. L⁻¹) e outro o 33º dia (1,0 mg. L⁻¹). O tratamento PLA apresentou maior tempo de maturação, com a estabilização da amônia após 42 dias.

Figura 4. Concentração de amônia tóxica dos sistemas de recirculação de água.



Para as concentrações de nitrito (Figura 5), o tratamento AC se manteve mais estável com concentrações menores em relação ao tratamento PLA. Porém, o pico de nitrito para ambos os tratamentos foi a partir do 33º dia de maturação, com estabilização do sistema no 50º dia.

Figura 5. Concentração de nitrito dos sistemas de recirculação de água.



3.2. Qualidade de água do cultivo experimental

A qualidade de água avaliada durante os 31 dias de cultivo não apresentou diferenças significativas ($P>0,05$) nas variáveis de temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e nitrito. Entretanto, durante o experimento, observou-se diferenças estatísticas nas variáveis de pH que foi para o tratamento PLA, enquanto a amônia apresentou maior concentração neste tratamento ($P<0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Qualidade de água do cultivo experimental de *Pterophyllum scalare*.

Variáveis	AC	PLA	P-valor
Temperatura (°C)	26,41 ± 1,08	26,46 ± 1,09	0,753
Oxigênio dissolvido (mg. L ⁻¹)	7,14 ± 0,23	7,17 ± 0,29	0,217
pH	6,54 ± 0,53 ^a	6,27 ± 0,53 ^b	0,001
Condutividade (μS.cm ⁻¹)	279,36 ± 56,41	270,19 ± 59,69	0,296
STD (ppm)	146,33 ± 41,11	141,87 ± 41,33	0,354
Amônia tóxica (mg.L ⁻¹)	0,02 ± 0,08 ^b	0,32 ± 0,38 ^a	0,001
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,07 ± 0,13	0,19 ± 0,31	0,0640

*Média e desvio padrão. AC= RAS com mídias biológicas de anéis de cerâmica; e PLA= RAS com mídias de resíduo de PLA. Letras entre as colunas indicam diferenças estatísticas pelo Teste de Wilcoxon Mann-Whitney ($P<0,05$).

3.3. Desempenho zootécnico

Os índices de desempenho zootécnico não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($P>0,05$). Dos índices determinados destacam-se a sobrevivência que para ambos os tratamentos foi de 100%, baixa conversão alimentar e bom crescimento, conforme os valores apresentados na Tabela 2, indicando que o uso de mídias biológicas com resíduo de PLA não influenciaram no desenvolvimento e desempenho produtivo do *P. scalare* durante os 31 dias de cultivo.

Tabela 2. Índices de desempenho zootécnico do *Pterophyllum scalare* cultivado em RAS.

Variáveis	AC	PLA	P-valor
Comprimento total (cm)	2,48 ± 0,44	2,58 ± 0,34	0,364
Comprimento padrão (cm)	1,70 ± 0,32	1,75 ± 0,25	0,420
Massa total (g)	0,36 ± 0,18	0,38 ± 0,13	0,439
Ganho de massa (g)	0,25 ± 0,04	0,24 ± 0,02	0,646
Taxa de crescimento específico (%.dia ⁻¹)	3,74 ± 0,30	3,63 ± 0,23	0,662
Consumo médio de ração (g.dia ⁻¹)	0,17 ± 0,03	0,14 ± 0,01	0,202
Conversão alimentar aparente	2,01 ± 0,45	1,89 ± 0,17	0,685
Produtividade (g.m ⁻³)	599,33 ± 137,07	629,75 ± 100,22	0,763
Sobrevivência (%)	100	100	NA

*Média e desvio padrão. AC= RAS com mídias biológicas de anéis de cerâmica; e PLA= RAS com mídias de resíduo de PLA. NA= não avaliado. Não houve diferenças estatísticas pelo teste T-Student ($P>0,05$).

4. DISCUSSÃO

A qualidade da água em sistemas intensivos e superintensivos é um dos fatores mais importantes no sucesso da produção aquícola. Nestes sistemas em particular, há o maior controle das variáveis da água tais como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e compostos nitrogenados, mas também, uma maior dependência do produtor quanto ao manejo diário de cultivo. Na natureza, o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) ocorre em águas ácidas da bacia Amazônica e, portanto, para o cultivo, é necessário considerar as condições ideais

para temperatura, condutividade elétrica, pH e alcalinidade (CHELLAPA et al., 2020), que em sistemas superintensivos e na aquariofilia, essas condições são mais fáceis de serem alcançadas.

O acará-bandeira apresenta bom crescimento quando mantido em águas com pH de 6,0 a 6,9 (ligeiramente ácidas) e dureza variando de 1 a 3 mg. L⁻¹ de CaCO₃ (CHELLAPA et al., 2020). Para a temperatura, a faixa ideal para espécie corresponde de 24 a 26 °C, com tolerância térmica de até 30 °C (CHELLAPA et al., 2020; VIDAL-JR, 2007; PÉREZ et al., 2003). Com relação ao oxigênio dissolvido, a concentração para peixes tropicais é de 5,0 mg. L⁻¹, com concentração mínima de 3,0 mg. L⁻¹ (BOYD et al., 2018). Neste estudo, as variáveis de pH, oxigênio dissolvido e temperatura se mantiveram adequadas para espécie tanto para o tratamento AC como para o tratamento PLA. A água de abastecimento dos sistemas de recirculação de água (RAS) apresentaram dureza de 50 mg. L⁻¹ de CaCO₃, maior que a concentração encontrada na natureza, mas de acordo similar em estudos com o cultivo de acará-bandeira (DUBE et al., 2022; PATIL et al., 2016).

As concentrações de amônia tóxica (NH₃) e nitrito (NO₂⁻) também se mantiveram adequadas para espécie em ambos os tratamentos, uma vez que as concentrações letais desses compostos para o acará bandeira correspondem a 0,58 mg. L⁻¹ e 6,28 mg. L⁻¹, respectivamente (SEREZLI et al., 2016). Para a condutividade elétrica, os valores foram elevados quando comparado às condições naturais de ocorrência da espécie, que variam de 0,8 a 41,5 μS.cm⁻¹ (TAVARES-DIAS, 2010). Os valores de condutividade elétrica (270,19 a 279,36 μS.cm⁻¹), bem como de sólidos totais dissolvidos (STD) determinado neste estudo, é em decorrência do material orgânico produzido no cultivo (fezes e restos de ração) no sistema de recirculação de água (RAS). Por se tratar de um sistema fechado dinâmico, mesmo com o sifonamento diário do material orgânico sólido, há o acúmulo de nutrientes dissolvidos, resultando no aumento da condutividade e STD. No geral, o manejo de cultivo rigoroso tais como monitoramento das variáveis, trocas parciais de água e limpeza dos biofiltros nos primeiros 15 dias de cultivo, proporcionaram condições favoráveis no desenvolvimento do acará-bandeira.

Com relação às diferenças estatísticas relacionadas ao pH e amônia entre os tratamentos, podem ser explicadas pela capacidade de fixação dos microrganismos nitrificantes, bem como da superfície de contato de cada mídia, uma vez que essa aderência dos microrganismos à superfície do meio suporte é influenciada pela rugosidade do material

(NASCENTES, 2004 apud BELLONI, 2011). Na mídia convencional AC, os anéis de cerâmica constituem em material poroso, enquanto a mídia alternativa, o PLA utilizado apresentava superfície lisa. Esse fator também contribuiu para o período de maturação do RAS, anterior a estocagem, em que a mídia AC teve apresentou menor tempo de ciclagem para amônia e concentrações de nitrito menores comparados ao tratamento PLA. No cultivo experimental do acará-bandeira, embora tenha havido diferenças significativas entre os tratamentos, nas concentrações de amônia tóxica e pH, os valores se mantiveram de acordo com a literatura, durante os 31 dias de cultivo.

No desempenho zootécnico, a densidade de estocagem de 1,5 ind. L⁻¹ obteve um ganho de massa de 0,24-0,25 g, e massa final de 0,36-0,38 g, considerado ideal para espécie, uma vez que densidade de até 1 g.L⁻¹ de peso vivo proporcionam melhor controle da alimentação, levando em consideração que na fase juvenil, os animais possuem comportamento de cardumes (FUJIMOTO et al., 2014). Com relação a taxa de crescimento específico (TCE), os valores determinados no presente estudo foram menores comparado ao estudo proposto por Patil et al. (2016), que obteve TCE de 4,7%, com o cultivo de acará-bandeira durante 45 dias em densidade de estocagem 1 ind. L⁻¹, e massa inicial dos animais foi menor 0,06-0,075 g e sobrevivência de 93%, sem aeração ou sistema de filtragem, apenas com trocas parciais de água (TPA). Comparado ao presente estudo, embora se tenha um menor TCE, a densidade de estocagem (1,5 ind. L⁻¹) e sobrevivência (100%) foram maiores.

No cultivo de juvenis de acará-bandeira, os valores de sobrevivência e TCE do presente estudo foram superiores. A combinação do sistema de cultivo (RAS) e manejo podem ter contribuído para esses resultados. Dube et al. (2022), Ribeiro et al. (2012) e Nagata et al. (2009) em cultivo de juvenis de acará bandeira (0,24 a 1,7 g) em sistemas intensivos com uso de menor teor protéico na ração, resultou na menor TCE (1,14 a 2,11 %.^{dia}⁻¹), porém a CAA foi de acordo a literatura (1,63 a 3,90). O acará-bandeira é uma espécie onívora com tendência à carnívora, portanto, na produção de juvenis em sistemas semi-intensivos (tanques e viveiros), o uso de dietas com 32% de proteínas bruta em complemento ao alimento vivo presente na água alcançam bom desempenho produtivo. Entretanto em sistemas intensivos, o ideal é que a ração seja de melhor qualidade e maior teor proteico. No presente estudo, o uso da ração comercial específica para peixes

ornamentais tropicais com 47% de proteína bruta resultou na TCE de de 3,63 a 3,74%. dia⁻¹ e CAA de 1,89 a 2,01.

Os estudos relacionados ao desempenho zootécnico de acará-bandeira (*P. scalare*) não mencionam dados de produtividade, uma vez que o ciclo de produção da espécie finaliza quando o animal alcança o comprimento final médio de 2,5 cm, sendo este tamanho ideal para comercialização (RIBEIRO, 2009). Entretanto, determinar os dados de produtividade podem auxiliar nas avaliações de viabilidade técnica e econômica, e assim reduzir os custos de produção.

Com relação ao uso das diferentes mídias biológicas no RAS, o uso de resíduos de PLA não influenciou de forma negativa no desempenho produtivo dos animais durante os 31 dias de cultivo, e desta forma, este material apresenta-se potencial para o uso em RAS para o acará-bandeira, como alternativa mais barata e mais sustentável. Estudos futuros devem considerar o uso dessa mídia biológica alternativa para o cultivo de outras espécies de peixes e camarões ornamentais, considerando também testar a eficiência do biofiltro em tempos mais longos de cultivo. Dessa forma, consolidar este tipo de mídia alternativa, em razão de ser um resíduo que vem crescendo bastante com a expansão do uso de impressoras 3D, diminuindo assim os custos de produção e, sobretudo, os impactos ambientais.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através dessa pesquisa demonstraram que o resíduo de PLA não afetou o desempenho zootécnico do acará bandeira. Nem tão pouco a pequena diferença estatística relacionada ao pH e a amônia, foram prejudiciais aos animais, visto que estiveram dentro dos limites exigidos pela espécie. Para as condições propostas neste estudo, resíduos de PLA podem ser utilizados como mídias biológicas alternativas para o cultivo ecologicamente sustentável para o acará-bandeira. Estudos futuros deverão ser realizados para testar a eficiência das mídias biológicas de resíduos de PLA, considerando o tempo de cultivo, densidade de estocagem, outras espécies de organismos ornamentais, ciclo de vida e viabilidade econômica.

6. REFERÊNCIAS

BOYD, C.E., TORRANS, E.L.; TUCKER, C.S. Dissolved Oxygen and Aeration in Ictalurid Catfish Aquaculture. **Journal World Aquaculture Society**, v. 49, p. 7-70, 2018.

CACHO, M. S. R. F.; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare* Cuvier & Valenciennes (Osteichthyes, Cichlidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 653-664, 1999.

CHELLAPA, S.; YAMAMOTO, M. E.; CACHO, M. S. R. F. Biologia, comportamento e reprodução do peixe ornamental acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). In Baldisserotto, B. (Org.), **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. 3ª. Ed., pp. 437-446, 2020.

DELONG, D.P. LOSORDO, T. How to Start a Biofilter. **Southern Regional Aquaculture Center SRAC** Publication 2012, p. 4502.

DUBE, R. A.; SHUKLA, S. P.; SWANT, P. B.; CHANDRAKANT, M. H.; JANE, J.; RAJU, K. D. Performance of a bio-integrated aquaculture production system in floating net cages with angelfish, aquatic plant and leafy vegetable. **Journal of Environmental Biology**, v. 43, p. 377-384, 2022.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B. Recirculating Aquaculture Systems. In: Tidwell, J. M (Ed.), **Aquaculture Production Systems**. pp. 245-277, 2012.

EVERS, H.; PINNEGAR, J.; TAYLOR, M. Where are they all from? _ sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. **Journal of fish biology**, v. 94, n. 6, p. 909-916, feb. 2019.

FUJIMOTO, R. Y.; SANTOS, R. F. B. S.; MARIA, A. N. Densidade de Estocagem e Manejo Alimentar na Criação de Acarás-bandeira. **Comunicado Técnico 145**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014.

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reúso da água. **Panorama da aquicultura**, [s. l.], v. 16, n. 95, p. 15-22, 2006. Disponível

em:

http://www.aquaimagem.com.br/aquagenetica/site/wp-content/principios_sistema_recirculacao.pdf. Acesso em: 10 ago. 2023.

LIMA, A. O.; BERNARDINO, G.; PROENÇA, C. E. M. Agronegócio de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. *Panorama da Aqüicultura*, v. 11, n. 65, p. 14-24, 2001.

NAGATA, M. M.; TAKAHASHI, L. S.; GIMBO, R. Y.; KOJIMA, J. T.; BILLER, J. D. Influência da densidade de estocagem no desempenho produtivo do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 1, p. 9-16, 2010.

PATIL, P. A.; TIBILE, R. M.; PAWASE, A. S.; GHODE, G. Growth and survival of angel fish *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823) fry reared at different stocking densities. **Journal of Environment and Bio-Sciences**, v.29, n. 1, p. 167-172.

PÉREZ, E.; DÍAZ, F.; ESPINA, S. Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae). **Journal of Thermal Biology**, v. 28, n. 8, p. 531-537, 2003.

REZENDE, F. P.; FUJIMOTO, R. Y. **Peixes Ornamentais: Mercado, legislação, sistemas de produção e sanidade**, v.1. Brasília, DF: Embrapa, 2021, 297 p.

RIBEIRO, F. A. S.; VASQUEZ, L. A.; FERNANDES, J. B. K.; SAKOMURA, N. K. Feeding level and frequency for freshwater angelfish. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.6, p.1550-1554, 2012.

RIBEIRO, F.A.S.; PRETO, B.L.; FERNANDES, J.B.K. Sistemas de criação para o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Acta Scientiarum**, Maringá, PR. 2009.

RIBEIRO, Felipe de Azevedo Silva. **Sistema de Criação para o Acará bandeira *Pterophyllum scalare***. 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2007.

SEREZLI, R.; KUCUKAGTAS, A.; KURTOGLU, I. Z. Acute toxicity of ammonia and nitrite to angel fish (*Pterophyllum scalare*, Liechtenstein 1823) and the effect of erythrocyte morphology. **Fresenius Environmental Bulletin**, v.25, n. 8, p. 3119-3124, 2016.

TAVARES-DIAS, M.; LEMOS, J. R. G., MARTINS, M. L. Parasitic fauna of eight species of ornamental freshwater fish species from the middle Negro River in the Brazilian Amazon Region. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, n. 2, p. 103-107, 2010.

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J.; PRETO, B.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 402-404.

VIDAL-JR., M. V. **Produção de peixes ornamentais**. Viçosa – MG, Centro de Produções Técnicas, 2007. p.150-202. ISBN: 85.88764-42-3.

HAGEN, P. Polymer Science: A Comprehensive Reference, Volume 10, 2012, Pages 231-236