



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

MICHELE SANTANA MARTINS MOREIRA

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO ORNAMENTAL
EM PEQUENA ESCALA

FORTALEZA

2022

MICHELE SANTANA MARTINS MOREIRA

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO ORNAMENTAL EM
PEQUENA ESCALA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Pacheco Passos Neto.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M838a Moreira, Michele Santana Martins.
Avaliação preliminar de um sistema aquapônico ornamental em pequena escala / Michele Santana Martins
Moreira. – 2022.
62 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Oscar Pacheco Passos Neto.

1. Pterophyllum scalare. 2. Sistema de recirculação de água. 3. Aquicultura ornamental. 4. Microsorium
pteropus. 5. Anubias barteri var. nana. I. Título.

CDD 639.2

MICHELE SANTANA MARTINS MOREIRA

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO ORNAMENTAL EM
PEQUENA ESCALA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira de Pesca.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Oscar Pacheco Passos Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Daniele Ferreira Marques
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Mayra Bezerra Vettorazzi

Aos meus pais, Maria Cleomar e Moisés.

A toda minha família e amigos queridos e a minha pequena Chloer são a minha força e apoio.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de ensino e crescimento pessoal.

À Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis – PRAE, por ter me concedido a oportunidade de ser Bolsista de Iniciação Acadêmica da UFC por dois anos, o que me motivou e proporcionou que eu continuasse e adquirisse competências que não têm valor.

Ao Prof. Dr. Oscar Pacheco Passos Neto, por ter me escolhido e pela excelente orientação, pela confiança no meu trabalho, a riquíssima partilha de conhecimentos e a vivência de experiências adquiridas no cotidiano do Laboratório do Grupo de Estudos em Aquariologia – GEAq, também conhecido como Laboratório de Cultivo Interno - LCI.

Às professoras participantes da banca examinadora, Dra. Daniele Ferreira Marques e Dra. Mayra Bezerra Vettorazzi pelo seu tempo disponível, pelas valiosas colaborações, sugestões e por cativarem um carinho especial no meu coração.

A todos os professores do Departamento de Engenharia de Pesca da UFC, tenho muito carinho por todos, em especial ao Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho, que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos meus pais, Maria Cleomar Santana e Moisés Martins e minha irmã, Marise Santana e a toda minha família pelo amor, apoio, carinho e dedicação.

Aos meus companheiros de laboratório, em especial ao Danilo de Andrade pelo apoio com a construção da estufa de alimentos vivos que contribuiu fortemente para este estudo, aos integrantes da equipe GEAq – Ádila, Ariane, Bianca, Danilo, Luana, Luíza, Matheus, Paulo, Pedro e Ruan, pelo suporte e pela ajuda na condução do experimento e boa convivência.

A todos os colegas que tive a oportunidade de conhecer, em especial ao Winston Kleine, por ser um grande amigo nesta jornada acadêmica.

E a você, que está lendo esses agradecimentos, e está interessado no que tenho a compartilhar, espero ter contribuído.

“O caos é uma ordem por decifrar.”

(José Saramago, 2002)

RESUMO

O presente estudo teve como objetivos avaliar a eficiência de um sistema aquapônico em pequena escala utilizando 140 espécimes de acarás-bandeiras (*Pterophyllum scalare*) em estágio pós-larval em consórcio com plantas ornamentais. As espécies selecionadas nesse estudo apresentam relevância pelo alto valor no mercado da aquariofilia e alta demanda. O estudo foi realizado no Laboratório de Estudos em Aquariologia (GEAq), do Centro de Biotecnologia Aplicada à Aquicultura (CEBIAQUA), do Departamento de Engenharia de Pesca (DEP), do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC) no período de março a julho, totalizando 113 dias. Foram transplantados 28 espécimes de *Anubias barteri* var. *nana* e 28 espécimes de *Microsorium pteropus*, partindo do rizoma, totalizando 56 vegetais. Foram realizadas biometrias para acompanhar o desenvolvimento dos peixes e plantas durante 43 dias no sistema. Foi realizado o levantamento de materiais para a construção e operação do sistema e os custos de implantação estrutural. Diariamente foram mensurados o oxigênio dissolvido (mg/L) e a temperatura (° C) no sistema aquapônico e no aquário controle, com auxílio de uma sonda (AKSO modelo AK87). A cada quatro dias foram aplicados testes colorimétricos para a mensuração de amônia total (mg/L), nitrito (mg/L), pH e alcalinidade (mg L/CaCO₃) para avaliação dos parâmetros de qualidade de água. Ficou constatado que esta espécie de peixe apresenta facilidade de reprodução e manejo em laboratório. Nesse sistema fechado de cultivo aquapônico a sobrevivência dos peixes foi de 91,43%. A espécie *Microsorium pteropus* obteve melhor desempenho em comparação com a *Anubias barteri* var. *nana*. Contudo, se faz necessário de mão de obra especializada e custos de investimento relativamente altos, que podem ser compensados pela qualidade zootécnica dos peixes e das plantas que podem ser produzidas no sistema. O projeto continuará para confirmar as observações deste experimento.

Palavras-chave: *Pterophyllum scalare*; sistema de recirculação de água; aquicultura ornamental, *Microsorium pteropus*, *Anubias barteri* var. *nana*.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the efficiency of a small-scale aquaponic system using 140 specimens of angelfish (*Pterophyllum scalare*) in post-larval stage in a consortium with ornamental plants. The species selected in this study are relevant for their high value in the aquarium market and high demand. Twenty-eight rhizomes of *Anubias barteri* var. nana and 28 of *Microsorium pteropus* were transplanted, totalizing 56 plants. Biometrics were performed to analyze the development of the fish and plants for 43 days in the system. A survey of materials for the construction and operation of the system was carried out, as well as the costs of structural implementation and of the Bell-type siphon. Daily dissolved oxygen (mg/L) and temperature (° C) were measured in the main and control tanks with the help of a probe (Akso AK87), and every four days colorimetric tests were applied to measure toxic ammonia (mg/L), nitrite (mg/L), pH, and alkalinity (mL/CaCO₃) to evaluate the water quality parameters. The research was developed by the Aquariology Study Group (GEAq), at the Internal Cultivation Laboratory (LCI), located at the Aquaculture Biotechnology Center (CEBIAQUA), of the Fisheries Engineering Department, of the Agricultural Sciences Center, at the Federal University of Ceará. during the months of March to July, totalizing 113 days. It was verified that this fish species presents easy reproduction and management in laboratory. In this closed aquaponic culture system, the fish survival rate was 91.43%. The rhizomes of *Microsorium pteropus* performed better compared to *Anubias barteri* var. nana. However, specialized labor and relatively high investment costs are necessary, but this can be compensated by the zootechnical quality of the fish and ornamental plants produced in the system. The project will continue in order to confirm the observations of this experiment.

Keywords: *Pterophyllum scalare*, water recirculation system, ornamental aquaculture, *Microsorium pteropus*, *Anubias barteri* var. nana.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação dos componentes básicos de um sistema aquapônico.....	24
Figura 2 – Exemplos de variedades comerciais existentes de acarás bandeiras (<i>Pterophyllum scalare</i>). A- Pérola albino; B- Pérola ouro; C- Selvagem; D- Azul brilhante; E- Altum; F- Marmorato; G- Koi; H- Platina Brilhante e I- Renda preta.....	28
Figura 3 – Exemplar adulto de <i>Anubias barteri</i> var. <i>nana</i> , mantido no mudário do Grupo de Estudos em Aquariologia (GEAq).....	31
Figura 4 – Exemplos de variedades de <i>Anubias</i> . I - <i>Anubias barteri</i> var. <i>barteri</i> ; II - <i>Anubias minima</i> ; III - <i>Anubias hastifolia</i> ; IV - <i>Anubias barteri</i> var. <i>nana</i> ; V - <i>Anubias odorata</i> ; VI - <i>Anubias hastifolia</i> forma <i>emersa</i> e VII - <i>Anubias</i> sp. <i>gabon</i>	32
Figura 5 – Espécime adulto de <i>Microsorium pteropus</i> , mantido no mudário do Grupo de Estudos em Aquariologia (GEAq).....	33
Figura 6 – Laboratório de Cultivo Interno (LCI).....	35
Figura 7 – Unidade aquícola evidenciando o aquário principal (AP) e o sistema de filtragem do tipo refúgio (sump) contendo suas subdivisões: 1ª câmara, filtragem mecânica e mídias biológicas estáticas; 2ª câmara, mídias biológicas móveis; e 3ª câmara, bomba de recalque..	36
Figura 8 – Unidade hidropônica. TI: Tratamento Intermitente, rizomas submersos e emersos em intervalos regulares; TIR: Tratamento Intermitente Rápido, rizomas submersos e emersos em menores intervalos de tempo; TTS: Tratamento Totalmente Submersos, rizomas totalmente Submersos, rizomas totalmente submersos e C: Controle, não ligado ao sistema aquapônico. Linha azul: nível máximo de água. Linha vermelha: níveis mínimos de água, presente somente nos aquários intermitentes.....	37
Figura 9 – Casais de <i>Pterophyllum scalare</i> variedade selvagem (VS) e variedade leopardo azul (VLA) em seus respectivos aquários.	39
Figura 10 – Fluxograma demonstrando os processos de separação de desova e manutenção em novo aquário.	40
Figura 11 – Primeira biometria de juvenil de <i>Pterophyllum scalare</i>	41
Figura 12 – Contagem do número de ovos após cada desova observada de casais de acarás bandeiras variantes Leopardo azul e Selvagem.....	45
Figura 13 Acompanhamento feito por biometrias periódicas, demonstrando o ganho de massa corporal (mg) de indivíduos de <i>P. scalare</i> ao longo de 43 dias de experimento.....	47
Figura 14 – Ganho em biomassa total de <i>P. scalare</i> ao decorrer de 43 dias.....	48
Figura 15 – Ganho em comprimento médio total de indivíduos de <i>P. scalare</i>	48

Figura 16 – Registro da última biometria das plantas: I - <i>Microsorium pteropus</i> e II – <i>Anubias barteri</i> var. <i>nana</i>	50
Figura 17 – Desenvolvimento de espécies de <i>A. barteri</i> var. <i>nana</i>	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características gerais dos parâmetros para a manutenção de <i>Anubias barteri</i> var. nana em aquários.	31
Quadro 2 – Características gerais dos parâmetros para a manutenção de <i>Microsorium pteropus</i> em aquários.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios (\pm desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água avaliados ao longo do período experimental, para o Sistema aquapônico e o Tratamento Controle, da Unidade Hidropônica.	43
Tabela 2 – Parâmetros zootécnicos de <i>Pterophyllum scalare</i> acondicionados no sistema aquapônico durante 43 dias.	49
Tabela 3 – Parâmetros fitotécnicos para avaliação de desenvolvimento dos rizomas vegetais, da planta ornamental <i>Microsorium pteropus</i> em 43 dias de observação.	51
Tabela 4 – Parâmetros fitotécnicos para avaliação do desenvolvimento dos rizomas vegetais, da planta ornamental <i>Anubias barteri</i> var. <i>nana</i> durante os 43 dias de observação.	52
Tabela 5 – Orçamento dos principais materiais utilizados para a construção do sistema aquapônico de pequena escala.	54
Tabela 6 – Orçamento de materiais utilizados para a confecção do sifão tipo Bell.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINPET	Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CEBIAQUA	Centro de Biotecnologia Aplicada à Aquicultura
DEP	Departamento de Engenharia de Pesca
DWC	Cultivo em água profunda (DWC do inglês <i>Deep Water Culture</i>)
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO do inglês <i>Food and Agriculture Organization of United Nations</i>)
GEAq	Grupo de Estudos em Aquariologia
LCI	Laboratório de Cultivo Interno
NFT	Técnica do filme de nutrientes (NFT do inglês <i>Nutrient Film Technique</i>)
NH ₃	Amônia não-ionizada
NH ₄ ⁺	Amônia ionizada
NO ₂ ⁻	Nitritos
NO ₃ ⁻	Nitratos
PRAE	Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis
PVC	Policloreto de Vinila
RAS	Sistemas de Recirculação de Água (RAS do inglês <i>Recirculating Aquaculture System</i>)
TC	Tratamento Controle
TI	Tratamento Intermitente
TIR	Tratamento Intermitente Rápido
TTS	Tratamento Totalmente Submersos
TPAs	Trocas Parciais de Água
UFC	Universidade Federal do Ceará

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
©	Copyright
®	Marca Registrada
mm	Milímetro
m ²	Metro quadrado
L	Litro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mg L ⁻¹	Miligramas por litro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Aquicultura ornamental.....	19
2.2	Sistemas de recirculação de água.....	22
2.3	Aquaponia.....	23
2.4	Acará-bandeira.....	26
2.5	Plantas aquáticas	28
2.5.1	<i>Anubias barteri var. nana</i>.....	30
2.5.2	<i>Microsorium pteropus</i>.....	33
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Local de estudo e descrição do sistema aquapônico experimental.....	35
3.2	Delineamento experimental.....	37
3.3	Obtenção dos espécimes utilizados.....	39
3.4	Contagem de ovos de acarás bandeiras	40
3.5	Desempenho zootécnico.....	40
3.6	Desempenho fitotécnico	42
3.7	Análise estatística dos dados	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Análise dos parâmetros de qualidade da água no sistema experimental... 43	
4.2	Contagem de ovos de acarás bandeiras	45
4.3	Análise dos parâmetros zootécnicos.....	47
4.4	Análise dos parâmetros fitotécnicos.....	50
4.5	Custo de implantação do sistema aquapônico experimental	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas aquapônicos vêm sendo implementados por todo o mundo e a cada ano cresce o número de propósitos para o seu uso. Segundo GAO *et al.* (2022), a aquaponia é composta por um sistema de recirculação de aquicultura (do inglês RAS – *Recirculating Aquaculture System*) para a criação de organismos aquáticos interligado à hidroponia, que é o cultivo de vegetais sem uso de solo. Esta é uma tecnologia emergente para a recuperação de nitrogênio de efluentes da aquicultura, que contribui para minimizar a demanda de água e terra, e por consequência aumentar a lucratividade produzindo simultaneamente peixes e vegetais de alto valor. A aquaponia tem se mostrado, desta forma, uma alternativa prática, ecoeficiente e sustentável.

A aquaponia se estabelece pelo fluxo contínuo de nutrientes entre diferentes organismos vivos, que estão relacionados por meio de ciclos biológicos naturais, notadamente a nitrificação promovida por bactérias. Bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, são responsáveis pela conversão da amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e este em nitrato (NO_3^-), transformando substâncias tóxicas produzidas pelos peixes em nutrientes assimiláveis pelas plantas. À medida que as plantas vão consumindo estes nutrientes, proporcionados pela parceria com as bactérias, elas integram um importante papel no tratamento biológico da água, beneficiando a operação e o desenvolvimento adequado dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Por ser um sistema que integra a produção de organismos aquáticos e vegetais, apresenta como principais vantagens: a utilização mínima de água para dois cultivos, a capacidade de produção em centros urbanos ou próximos a estes, o aproveitamento de água e de ração, a capacidade de obter um sistema de alta densidade de peixes e vegetais, a redução no risco de que espécies exóticas sejam introduzidas nos ambientes naturais, obtenção de produtos de alta qualidade e livre de agrotóxicos e antibióticos, diversificação e aumento da renda e menor investimento em fertilizantes para o cultivo das plantas (BRAZ FILHO, 2000; CARNEIRO *et al.*, 2015). A proximidade de escoamento da produção ao consumidor final demonstra um forte aspecto positivo na evolução de investimentos no setor. Por outro lado, este sistema de criação apresenta como desvantagens a dependência de energia elétrica, o alto custo de implantação e de operação, a falta de mão de obra qualificada, o desconhecimento acerca das interações entre os processos físicos, químicos e biológicos e o fato desta tecnologia ainda ser pouco difundida no país (CARNEIRO *et al.*, 2015; MACHADO, 2019).

Os projetos de sistemas aquapônicos em pequena e média escala vêm sendo aplicados em muitos países desenvolvidos da Europa e lentamente está chegando ao Brasil, não somente com o propósito de produção de alimentos, mas também como uma ferramenta educacional para o ensino escolar. No sistema aquapônico em pequena escala é possível melhorar o aprendizado dos alunos, desenvolvendo habilidades como criatividade, curiosidade, senso de responsabilidade e trabalho em equipe (FAO, 2014; GODDEK *et al.*, 2019; DANTAS; MAIA, 2020).

O setor de animais de estimação movimenta milhões por ano, comercializando animais, rações e produtos específicos para a criação domesticada. Segundo a ABINPET (2019), existem 19,9 milhões de peixes ornamentais sendo criados como animais de estimação no Brasil, sendo considerado o celeiro internacional de espécies de interesse do setor de aquariofilia. O interesse da população pelos peixes pode ser dividido em três áreas: alimentação, pesca esportiva e ornamentação (CARDOSO *et al.* 2021). O aquarismo e a aquariofilia se destacam pela versatilidade e abrangência, suas finalidades em geral são: entretenimento, decorativos, ilustrativos, ensino, comerciais e científicas (PEREIRA, 2015).

Nos últimos anos vêm sendo empregadas diversas finalidades para o cultivo de plantas aquáticas, também denominadas de macrófitas aquáticas, além da mais importante destinação para a alimentação humana e animal, exemplificando algumas: o uso como bioindicadores naturais, agentes purificadores, filtros biológicos e fitorremediação (devido à capacidade de absorção de substâncias potencialmente nocivas pelas raízes) (RODRIGUES *et al.*, 2016). Com base em Sculthorpe (1985) citado por Piedade *et al.*, (2005), o uso de plantas aquáticas para fins ornamentais já era muito popular na década de 1980 na Europa e nos Estados Unidos e seu cultivo é uma atividade mundialmente difundida. Algumas espécies de plantas ornamentais aquáticas atingem preços superiores àqueles de vários peixes comerciais.

Em estudo complementar foi realizado um questionário com produtores de aquaponia em pequena escala na África do Sul, onde constataram a utilização de peixes ornamentais (16%) e de plantas ornamentais (18%) dentre os 44 empreendimentos (MCHUNU; LAGERWALL; SENZANJE, 2019). Demonstrando que existe uma tendência de implantação e diversificação na utilização de espécimes, variando desde o hobby, subsistência e escala comercial. Levando em consideração a escassa literatura em relação aos sistemas em aquaponia em pequena escala no Brasil e no mundo, bem como sobre estudos sobre espécies ornamentais nativas aquáticas e plantas ornamentais que apresentam valor de mercado para o setor de aquariofilia.

Os sistemas aquapônicos em pequena escala com espécies ornamentais apresentam ainda como vantagem a possibilidade de cultivo de peixes de pequeno porte em laboratórios, minimizando o extrativismo dos indivíduos de seus habitats, reduzindo a pressão nos estoques naturais.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um sistema aquapônico em pequena escala utilizando espécies ornamentais de peixes e plantas. Especificamente: a) realizar a reprodução de acarás bandeiras (*Pterophyllum scalare*) adultos de duas linhagens (ou variações) diferentes: selvagem e leopardo azul; b) contagem de ovos das desovas observadas de *P. scalare*; c) acompanhar o desenvolvimento dos peixes juvenis na unidade aquícola; d) avaliar o crescimento de duas espécies de plantas, *Anubias barteri* var. *nana* e *Microsorium pteropus*, transplantadas a partir do rizoma na unidade hidropônica do sistema aquapônico; e) custo de implantação do projeto em pequena escala e; f) analisar os parâmetros de qualidade de água do sistema aquapônico e do tratamento controle.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aquicultura ornamental

A aquicultura consiste no cultivo de quaisquer espécies com habitat predominantemente aquáticos, ou que apresentam algum estágio de seu desenvolvimento na água, podendo ser criados a depender da espécie, em água doce ou água salgada sob condições controladas (SIQUEIRA, 2017). Recentemente, a aquicultura foi responsável pela produção da metade dos peixes e moluscos consumidos pela população mundial. A produção de pescado em 2020 alcançou 177 milhões de toneladas, sendo que 88% são destinados ao consumo humano (FAO, 2022).

A aquicultura ornamental é um segmento da aquicultura, que utiliza os organismos aquáticos com fins ornamentais, na qual os indivíduos são capturados ou produzidos e mantidos prioritariamente em aquários, tanques ou lagos ornamentais com fins estéticos, para entretenimento ou educação (RIBEIRO *et al.*, 2010; CARDOSO *et al.*, 2021). Este segmento é caracterizado como uma atividade econômica bem estabelecida e amplamente distribuída em todo o mundo. No entanto, é enorme a carência de dados sobre produção de peixes e plantas aquáticas ornamentais (FAO, 2020).

A produção de organismos aquáticos ornamentais, com destaque para os peixes, tem enorme destaque no cenário mundial, em razão da possibilidade de implantação de cultivos em pequenas áreas, sendo menores os custos com investimentos (ZUANON *et. al* 2007). A obtenção de sucesso na produção de peixes, seja ornamentais ou de corte (alimentação), envolve uma série de fatores, principalmente da qualidade genética dos animais, nutrição, alimentação e qualidade da água de cultivo (CHEN *et al.*, 1993).

Geralmente, estes organismos ornamentais apresentam menor intervalo de tempo de cada ciclo de produção, o que possibilita maior produção durante o ano todo e por consequência, maior rentabilidade, reforçada pela popularidade e altos valores por unidade de peixe, tornando o setor de peixes ornamentais um setor em ascensão. Desde 1985 o setor demonstra um crescimento anual em média de 14% (BARTLEY, 2000). Levando em consideração os demais valores de venda como o varejo e materiais relacionados a atividade, salários e produtos não exportados, os valores neste setor podem chegar a 15 bilhões de dólares ao ano (BARTLEY, 2000). No entanto, faltam dados sobre a atualização desse mercado. Desta forma, se faz necessário um maior controle e gerenciamento que fomentem estatísticas para alavancar e gerir corretamente assim consolidando e conhecendo melhor o mercado mundial.

Segundo Blidariu *et al.* (2011) e Negrão (2014) a aquicultura é o setor de produção animal que apresenta maior crescimento, e reconhecem que a produção sustentável *indoor* de peixe é a produção do futuro, motivada pela destinação ao consumo humano que implica a maior necessidade de controle e segurança na produção, que está se tornando cada vez mais relevante a níveis globais.

A seleção de espécies visando a produção lucrativa em aquicultura, leva em consideração muitos fatores, dentre alguns mais importantes: a demanda de mercado, o seu valor de comercialização, os aspectos zootécnicos da espécie e a tecnologia de produção disponível (BRAZ FILHO, 2000).

O setor de aquicultura é muito diversificado e fragmentado por todo o mundo, variando entre pequenos produtores a grandes empresas internacionais com faturamento superior a R\$ 1 bilhão. As principais empresas do setor estão sediadas na Noruega e subsidiárias no Chile, Canadá, Escócia entre outros. (RODRIGUES *et al.*, 2012).

De acordo com Noga (2010) o setor de aquariorfilia é um grande segmento na indústria de animais domésticos, no qual os EUA, Europa e Japão são os países que mais se destacam em relação ao volume de importação desse segmento. O cultivo de peixes ornamentais tem como principal finalidade a produção de peixes coloridos, geralmente de pequeno porte, para o povoamento em aquários e pequenos lagos com objetivos de ornamentação e paisagísticos (SANCHES, 2004 *apud.* FREITAS, 2012).

O mercado de peixes ornamentais é constituído pela agregação de numerosas espécies de peixes originárias de diversos países do mundo, com maior frequência de países em desenvolvimento. Os países em desenvolvimento, por terem maior quantidade e biodiversidade de espécies fornecem os indivíduos de interesse para os países desenvolvidos e com maior poder aquisitivo, por exemplo, a Alemanha que obtém peixes de países em desenvolvimento como o Brasil, Colômbia, Indonésia, Malásia, Nigéria, Peru, Sri Lanka e Tailândia (CARDOSO, 2014).

A atividade extrativista de peixes ornamentais é considerada potencialmente prejudicial à preservação da biodiversidade, dentre algumas das espécies exploradas não são conhecidos os seus aspectos e características, em relação a taxonomia e a ecologia, além da escassez de estudos básicos sobre a biologia das mesmas que são ainda assim comercializadas (ARAÚJO, 2016 *apud.* SOUSA; MACIEL; RODRIGUES, 2018).

No momento atual o desafio enfrentado pela aquicultura é a adequação de seus moldes/formas de cultivo ao conceito de sustentabilidade, o que resulta em agregar novos valores à produção de conhecimento e práticas do setor (ELER; MILANI, 2007). Então, se faz necessário a escolha entre as modalidades de cultivo que possibilitem o uso racional de água e

de espaço, que tenha como objetivos principais a redução de possíveis impactos ambientais, que possuam o manejo almejando a redução de efluentes e que os resíduos gerados sejam reaproveitados/descartados de forma adequada.

Dentro do ramo da aquicultura ornamental, a aquariofilia, ou aquarismo, como também é popularmente conhecida, é a técnica de criar peixes, plantas ou outros organismos aquáticos com a finalidade ornamental ou para estudos científicos. Esta prática milenar é realizada, comumente, em recipientes transparentes ou translúcidos (aquários ou caixas) ou em pequenos lagos. Achados como artes e figuras de peixes em vasos egípcios, relatos sobre a manutenção de peixes em banheiras na Roma antiga, tanques para peixes de água doce e salgada encontrados no zoológico de um imperador asteca e a criação de carpa colorida em tanques no oriente, demonstram que a atividade vem sendo praticada há muito tempo. A publicação do “Livro do Peixe Vermelho” do chinês Chang Chi En-Tê, de 1596, marca o nascimento oficial desta atividade (RIBEIRO; FERNANDES, 2008).

A prática de aquariofilia está intimamente ligada à criação de pequenos ecossistemas nos quais se faz necessária a presença de vegetais aquáticos visando o desempenho de algumas funções importantes ao ambiente, como por exemplo, o consumo de dióxido de carbono durante o processo de fotossíntese e a absorção de nutrientes (PEREIRA, 2015).

Dentre as características mais procuradas pelos consumidores de peixes ornamentais estão padrão e intensidade de cor, escamas iridescentes e formato do corpo e das nadadeiras (MONVISES *et al.*, 2009). Outras características também são desejáveis como a rusticidade e alto desempenho produtivo e reprodutivo (ZUANON *et al.*, 2011).

Para o setor da aquariofilia, as plantas aquáticas são requisitadas por serem belas e esteticamente decorativas possuindo alto valor comercial por unidade. É crescente o interesse das pessoas em utilizá-las para usos decorativos e de ornamentação em espaços abertos ou recipientes fechados (SHOLICHAH *et al.*, 2020). Algumas espécies de plantas ornamentais aquáticas apresentam maior resistência frente às variações físicas e químicas do que outras. Atualmente são facilmente encontradas e comercializadas em lojas de aquário ou varejo de internet.

Os organismos deste estudo, peixes e plantas ornamentais, participam da atividade do segmento de aquicultura ornamental conhecido como aquapaisagismo, do termo *aquascape*, que significa a arte de criar ecossistemas em um aquário (DUFFY, 2018). A prática de aquapaisagismo utiliza, ainda, outros tipos de recursos como substratos artificiais ou naturais, rochas e troncos, entre outros, que têm como objetivo construir paisagens subaquáticas,

recriando um ambiente harmonioso, natural e saudável no interior de aquários. Esta prática apresentou maior reconhecimento após o trabalho do fotógrafo e aquarista japonês Takashi Amano, que foi o responsável pela sua popularização. Ele também foi o responsável pela criação do Concurso Internacional de Leilão de Plantas Aquáticas, IAPLC, do inglês *International Aquatic Plants Layout Contest*, em 2001. A partir deste concurso o interesse pelas técnicas só vem aumentando. No Brasil, a arte está se tornando cada vez mais popular, pela dedicação, pelos belos trabalhos de variados aquaristas, que se dedicam a esse hobby com seriedade (ALBUQUERQUE, 2015).

Em entrevistas realizadas com proprietários de aquários paisagistas foram encontrados vários fatores essenciais para obter sucesso nesta atividade, além da boa qualidade de água e controle cuidadoso de temperatura, tais como: iluminação, filtração, CO₂ dissolvido, temperatura e escolha de espécies (SUTABRI, 2019).

2.2 Sistemas de recirculação de água

A aquicultura em sistemas de recirculação de água (*Recirculating Aquaculture System – RAS*) tem se difundido como uma realidade crescente no Brasil e, principalmente, no restante do mundo. O princípio básico da eficiência da técnica é possibilitado pelo fato de a água ser reutilizada após tratamento mecânico (remoção de sólidos suspensos totais) e biológico (reator biológico), numa tentativa de reduzir as necessidades com água e a emissão de nutrientes para o ambiente (MARTINS *et al.*, 2010; TYSON *et al.*, 2008).

Estes sistemas de cultivo em recirculação, também conhecidos por Sistemas de Recirculação de Água para Aquicultura (SRAP), possibilitam um aumento na produção com o reaproveitamento da água e permitem um maior controle das condições ambientais durante todo o ano (SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013). Porém, estes sistemas demandam um investimento e capital operacional consideráveis, sendo recomendado o uso de espécies de bom valor de mercado e a produção de forma otimizada, ou partilhadas, com o objetivo de redução de custos. Os principais componentes dos sistemas são: unidade de cultivo (tanque), decantadores e filtros mecânicos, reator biológico, sistema de aeração/oxigenação, sistema de bombas e tubulações de drenagem e de retorno e a unidade de quarentena (KUBITZA, 2006).

O tratamento biológico é o processo no qual a amônia é convertida primeiramente em nitrito e depois a nitrato, sendo este último menos tóxico para os organismos cultivados e passível de assimilação pelos vegetais (BRAZ FILHO, 2000). Portanto, os reatores biológicos são peças fundamentais no bom funcionamento do sistema e são comumente construídos em

uma caixa, tanque, cilindro, ou gaiola preenchida com um substrato que torne possível a fixação de bactérias nitrificadoras (KUBITZA, 2006). Diversos tipos de substratos podem ser utilizados nesta unidade, os materiais mais utilizados com este propósito são: areia grossa, cascalho, brita, isopor e esferas ou cilindros de plástico (KUBITZA, 2006). O processo de tratamento biológico da água é responsável por um grande consumo de oxigênio e a água que passa por esta unidade deve ser recondicionada com incorporação de oxigênio e eliminação de dióxido de carbono (CORSO, 2010).

De acordo com Kubitza (2006), os principais entraves que impedem a ampla difusão dos sistemas de recirculação de água são o alto custo de implantação; a falta de conhecimento dos princípios básicos do funcionamento do sistema; a falta de capacitação dos operadores e gerentes para entender e atuar sobre as interações físicas, químicas e biológicas que determinam a saúde dos componentes do sistema; o uso de rações de baixa qualidade; o inadequado manejo sanitário e a falta de conhecimento sobre boas práticas de manejo e de medidas profiláticas para evitar problemas com doenças.

Segundo Crepaldi *et al.* (2006) existem dois tipos principais de sistemas de recirculação: o completo e o verde. O primeiro tipo é mais usado na Europa, em pisciculturas intensivas de alta produtividade e realizados em galpões fechados. Estes sistemas podem ser instalados próximos aos centros consumidores, pois operam com reatores biológicos compactos que demandam pequenas áreas. O sistema verde, também conhecido como sistema *Deckel*, por outro lado, realiza o tratamento biológico da água em lagoas de tratamento a céu aberto, requerendo maiores áreas. Para esse sistema funcionar adequadamente, é necessário que os microorganismos se reproduzam livremente, o que confere a água uma coloração esverdeada. Além disso, todo o plâncton originado pode ainda ser utilizado como fonte de alimento para os peixes, neste caso recomenda-se para o cultivo de organismos filtradores.

2.3 Aquaponia

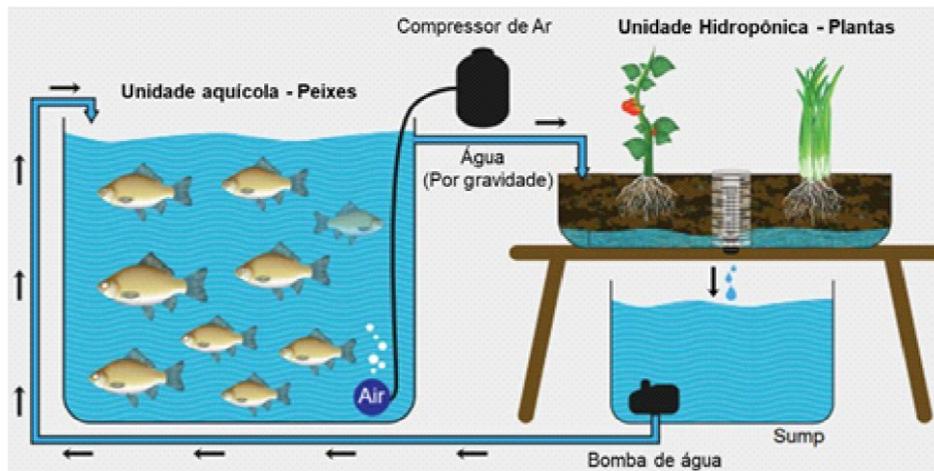
Atualmente, existe a necessidade de encontrar métodos para reduzir a dependência da terra, da água e minimizar o descarte de efluentes no meio natural, motivação que tem impulsionado estudos que envolvam diferentes métodos com destaque, para a produção de alimentos, visando substituir os sistemas já conhecidos, por exemplo, a agricultura convencional (EMERENCIANO *et al.*, 2015).

A aquaponia é composta por um sistema de recirculação para a criação de organismos aquáticos e a hidroponia (GAO *et al.*, 2022) (FIGURA 1). Estes sistemas em

conjunto, permitem a complementaridade na obtenção de produtos, pois se utilizam dos subprodutos de uma espécie principal (os peixes mais comumente) para produção de uma biomassa vegetal de qualidade. Em sistemas aquapônicos, a cultura secundária, as plantas, recebem quase todos os nutrientes de que necessitam sem custos adicionais, além da partilha de estruturas e dos custos de operação, o que eleva o potencial lucrativo do sistema (NEGRÃO, 2014; RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Os sistemas aquapônicos podem apresentar: o tanque de cultivo para os peixes, a unidade de cultivo de plantas e o filtro mecânico/biofiltro, que com o auxílio de bomba submersa proporciona a circulação da água no sistema (FIGURA 1). Existem ainda outros elementos obrigatórios ou não, a depender da escolha da técnica do sistema e podem ser combinadas para se adequar a cada objetivo ou circunstâncias (SOMMERVILLE *et al.*, 2022).

Figura 1 – Representação dos componentes básicos de um sistema aquapônico.



Fonte: adaptado de SOMERVILLE (2022).

Esta tecnologia tem sido empregada e difundida em todo o mundo, em diversas escalas, como os grandes projetos já em operação nos Estados Unidos, até os de produção em menor escala, para uso domiciliar, que detém a maior parte de adeptos, sendo chamada também de Aquaponia de Quintal (*Backyard Aquaponics*) (HERBERT; HERBERT, 2008; HUNDLEY *et al.*, 2013).

A implantação de sistemas integrados de produção como os de aquaponia, são atividades produtivas que possibilitam ainda a mitigação dos impactos potenciais, redução da extração de água e as perdas de recursos. Deste modo, os sistemas aquapônicos, principalmente, os de pequena escala propiciam, ganhos sociais, ambientais e econômicos (RAKOCY, 2012; ARAÚJO, 2019).

Diversos estudos, especialmente em países como México, Canadá, Arábia Saudita e Estados Unidos, analisaram aspectos positivos e negativos de sistemas aquapônicos com diferentes peixes e plantas. Com a evidente necessidade de otimização de espaços produtivos e preservação dos recursos naturais (ARAÚJO, 2019).

No entanto, para o uso de peixes ornamentais em sistemas como ainda existem dificuldades como: carência de informações técnico-científicas como os efeitos da densidade inicial de peixes, o desconhecimento das possibilidades de uso, ou as limitações do uso desse tipo de animal aquático (HUSSAIN *et al.*, 2015 *apud.* MENDONÇA, 2019).

Em suma, neste sistema de produção os peixes são mantidos e alimentados em sistemas fechados, onde a água após passar por filtragem mecânica e tratamento biológico retorna ao sistema (RAHMATULLAH *et al.*, 2010, *apud.* MENDONÇA, 2019). Deste modo, é conferido ao sistema o aproveitamento relativamente integral de água, que retorna com boa qualidade para o tanque dos peixes e das espécies vegetais de interesse, sendo mínima a reposição diária, somente da água perdida por evaporação e evapotranspiração.

No Brasil, as pesquisas sobre aquaponia, ainda são embrionárias tornando-se necessário o desenvolvimento de estudos que definam e estabeleçam alguns coeficientes básicos, para que o sistema seja desenvolvido e se transforme num futuro próximo em um produto que seja oferecido/implementado aos pequenos médios e grandes produtores rurais (SILVA, LOSEKANN, HISANO, 2013; ARAÚJO, 2019). No tocante aos estudos realizados com espécies nativas em sistemas aquapônicos, a escassa literatura sobre o assunto demonstra a falta de utilização dessas espécies em sistemas de aquaponia.

Em aquaponia são utilizadas diferentes formas de desenvolver os sistemas de produção, alguns destes adaptados de sistemas hidropônicos: a) Técnica do Filme Nutrientes (*Nutrient Film Technique – NFT*) ou cultivo em canaletas, para esse processo são utilizados tubos horizontais, geralmente em PVC, por onde passará um fluxo de água rica em nutrientes de forma contínua. Esta técnica passou a ser a mais utilizada devido seu manejo facilitado, e menor custo de implantação; b) Técnica de cultura em água profunda (*Deep Water Culture – DWC* ou *floating* ou *raft*), para esse processo os vegetais são dispostos fixos à materiais, geralmente termoplásticos, e as suas raízes são mantidas mergulhadas na água, essa técnica é menos utilizada que a anterior, pois o acesso aos vegetais é dificultado quando necessário a realização de manutenção (MACHADO, 2019). c) Técnica de cultivo em cama com substrato (*Media-filled Bed Technique – MBT*), nesta técnica são utilizados argila expandida, pedra brita, entre outros materiais que permitam a colonização de bactérias nitrificantes. A água retorna ao tanque dos peixes por gravidade através da instalação de um sifão (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Esta é a modalidade mais popularizada em aquaponia urbana/residencial (ANDRADE, 2021); d) Técnica de cultivo em areia (*Wicking Bed*), os substratos usados são areia ou pó de coco. É mais frequentemente encontrada no cultivo de tubérculos, por exemplo, cenoura, rabanete, cebolas, entre outros. Nesta técnica a água entra pela base do recipiente e por capilaridade é conduzida saturada de nutrientes até às raízes das plantas, sendo necessário estar sempre umedecido, porém não deve estar encharcado (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Seja qual for a técnica utilizada, o objetivo majoritário do sistema aquapônico é reduzir o consumo de água e tratar o efluente de cultivo, reaproveitando os nutrientes para o crescimento de plantas ou vegetais (SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013).

2.4 Acará bandeira

O acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (LICHTENSTEIN, 1823) (CUVIER; VALENCIENNES, 1831), é uma espécie de peixe de água doce originária da Bacia Amazônica e do Pantanal, com distribuição geográfica ampla. Pertencente à ordem Perciformes e à família Cichlidae. Apresentam como características peculiares o corpo lateralmente achatado e as nadadeiras dorsal e anal grandes e alongadas, o que lhes confere um formato triangular semelhante a uma bandeira. Sua coloração primária e natural do biótipo selvagem, deriva de tons acinzentados e com aproximadamente quatro listras verticais pretas. Outra característica desta espécie é a sua linha lateral interrompida (NOMURA, 1984; AXEROLD, 1993; LIMA, 2003).

Esta espécie é encontrada no Brasil, na Colômbia, na Guiana Francesa, na Guiana e no Peru em rios e córregos lentos, em proximidades às densas vegetações submersas, abrigados aos troncos e raízes aquáticas, que utilizam para a proteção contra possíveis predadores (CACHO, *et al.*, 1999; CHAPMAN *et al.*, 1997).

Quando adulto, o acará bandeira pode chegar a medir até 15 cm de comprimento, apresentando média de 12 cm. A estimativa de vida para esta espécie é de 6 a 8 anos, com média de 7 anos e a maturidade sexual ocorre entre os 10 a 12 meses de vida, podendo ocorrer entre 8 e 9 meses, a depender da alimentação ou da forma de cultivo (CACHO *et al.*, 1999). No estágio juvenil, vivem em cardumes e estabelecem hierarquia de grupo. Esta espécie é classificada como onívora-carnívora (FUJIMOTO *et al.*, 2002).

As características de dimorfismo sexual desta espécie, são pouco evidentes. O macho geralmente possui uma maior protuberância na região cefálica e a fêmea possui a papila urogenital com diâmetro aproximadamente duas vezes maior que a do macho. O casal desta

espécie realiza a postura de ovos aderentes em raízes ou folhas submersas de plantas aquáticas quando em ambiente natural (BALDISSEROTTO, 2005). Quando em cativeiro, são disponibilizadas aos animais estruturas em PVC ou diversos outros materiais para esta finalidade.

O acará bandeira é apontado como uma das espécies ornamentais nativas de água doce de maior beleza e valorização no mercado de aquarofilia e segundo Freitas (2012) e de acordo com Ribeiro *et al.*, (2005) esta espécie está entre as mais vendidas em lojas do Nordeste do país.

A criação em cativeiro pode ser conduzida em diferentes sistemas de produção (RIBEIRO *et al.*, 2005). Na literatura é citado que de acordo com o sistema, a densidade de estocagem ideal pode variar. Para esta espécie, em aquários, o valor pode estar próximo de quatro peixes a cada 10 litros (DEGANI, 1993).

A temperatura ideal de criação deve estar compreendida entre 20 e 28 °C, não devendo ultrapassar 30 °C. É relatado que mesmo sendo uma espécie originária de águas ligeiramente ácidas, com pH entre 6,4 e 6,8, as variedades comerciais domesticadas conseguem reproduzir em águas com pH 8,0 (CRUZ *et al.*, 2002; LIMA, 2003; PÉREZ; DIAS; ESPINA, 2003).

Cacho *et al.* (1999) em estudo observacional minucioso sobre o comportamento reprodutivo do *P. scalare* constataram que a estratégia reprodutiva desta espécie é baseada na territorialidade e cuidado parental. A qualidade do território é considerada relevante, visto que as fêmeas rejeitavam machos de grande porte que possuíam territórios de baixa qualidade (CACHO *et al.*, 1999).

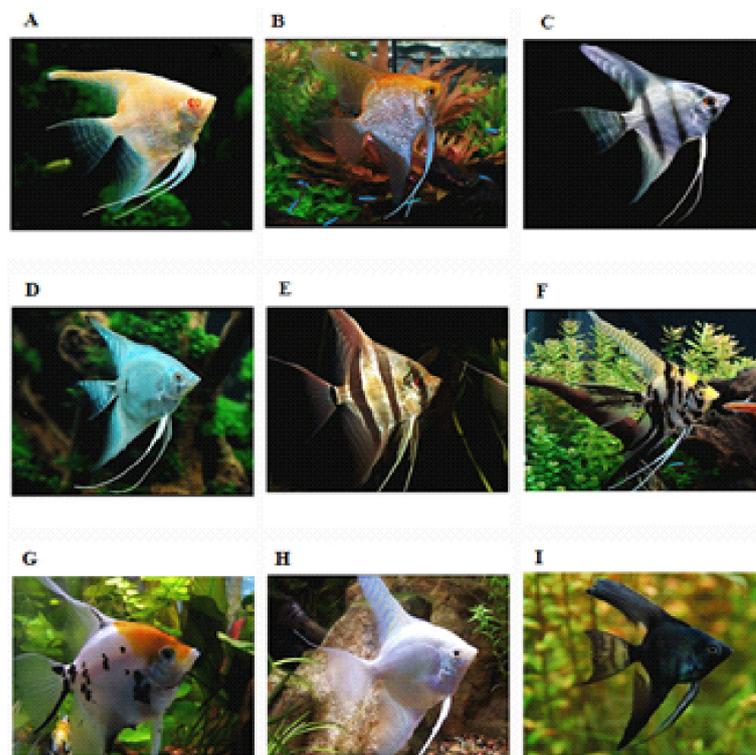
A larvicultura é uma das etapas mais críticas do desenvolvimento dos peixes e o seu sucesso está diretamente relacionado com o manejo alimentar, que pode proporcionar maior sobrevivência e crescimento. Isto evidencia que o fornecimento de alimentos vivos, sendo os mais utilizados os náuplios de artêmias, é uma prática indispensável principalmente durante a fase inicial de vida do acará bandeira (PEREIRA *et al.*, 2016).

Para a finalidade de ornamentação em aquários, alguns produtores e aquaristas, realizaram cruzamentos com diferentes indivíduos, separando-os por características que lhes atraíam mais a atenção, de maior beleza ou diferenciadas, visando modificar a sua progênie para originar novas linhagens para o mercado do aquarismo. Desse modo surgiram exemplares de colorações variadas: preto, amarelo, azul, cinza e branco. Algumas variedades comerciais conhecidas são: negro, marmorizado/marmorato, zebra, *gold*, *stripeless*, fumaça, *halfblack*, dourado, pérola, listrado, siamês, koi, palhaço, leopardo, véu e albino (FIGURA 2). Estas novas

linhagens se adaptaram bem ao manejo em muitos sistemas de cultivo e atingem valor comercial até dez vezes superior aos espécimes capturados na natureza. Com o desenvolvimento da aquicultura ornamental, o número de espécimes capturados no ambiente natural vem diminuindo sensivelmente (LIMA, 2013; RIBEIRO, 2009).

No Brasil a classificação comercial para o *P. scalare* é pequena (3,5 a 4,5 cm), médio (3,5 a 6,5 cm), médio-grande (6,5 a 8,0 cm), e matriz (acima de 8,0 cm de comprimento padrão) (RIBEIRO, 2007).

Figura 2 – Exemplos de variedades comerciais existentes de acarás bandeiras (*Pterophyllum scalare*). A- Pérola albino; B- Pérola ouro; C- Selvagem; D- Azul brilhante; E- Altum; F- Marmorato; G- Koi; H- Platina Brilhante e I- Renda preta.



Fonte: adaptado de Mundo Ecologia (2019).

2.5 Plantas aquáticas

O termo macrófita é derivado do latim (*macro*=grande; *fita*=plantas) (WETZEL,1993). Macrófita aquática pode, então, ser considerada qualquer planta que possua órgãos assimiladores/fotossintetizantes submersos ou flutuantes, estando total ou parcialmente submersa em água doce ou salobra (FONT-QUER, 1977; IRGANG *et al.*, 1996).

As plantas aquáticas são dispersas majoritariamente pelos animais, no entanto o homem ocupa um importante papel nesse processo, por transportá-las para vários fins, como por exemplo: alimentação, ornamentação, despoluição de efluentes líquidos, produção de biogás etc. (FERREIRA; POTT; POTT, 2014). Elas têm ocorrência em todos os continentes da terra excetuando a Antártida, sendo que a maior diversidade de espécies é encontrada atualmente nas regiões subtropicais e temperadas (CHAMBERS *et al.*, 2008).

Os ecossistemas aquáticos brasileiros são propícios à ocorrência de macrófitas aquáticas. Em sua maioria, estas plantas possuem grande capacidade de adaptação, grande amplitude de distribuição e um papel importante para os organismos que utilizam esses ambientes como habitat e refúgio, tais como perifíton, zooplâncton, invertebrados, peixes e anfíbios (RODRIGUES, 2021).

Estes vegetais estabelecem uma forte ligação entre o sistema aquático e o ambiente terrestre circundante (ESTEVES, 1998). As macrófitas possuem elevadas taxas de produção de biomassa e por esta razão têm sido caracterizadas como um recurso alimentar importante para organismos aquáticos, pois fornecem matéria orgânica viva (teia alimentar de pastagem) e morta (teia alimentar de detritívoros) em ecossistemas aquáticos (THOMAZ; CUNHA, 2010).

Quando encontram condições favoráveis no ambiente em que estão inseridas, elas proliferam e atingem números expressivos de indivíduos, o que pode ser explicado pela falta de predadores e/ou pelo aumento do nível de eutrofização no ambiente (ESTEVES, 1998).

As macrófitas aquáticas desempenham ainda diversas outras funções ecológicas e ambientais importantes como a proteção do solo e/ou dos ecossistemas; conservação da natureza e da biodiversidade; proteção contra cheias; são indicadoras de qualidade da água, visto que elas participam de processos como a ciclagem e estocagem de nutrientes; formação de detritos orgânicos e controle da poluição e da eutrofização da água (POTT; POTT, 2000). Estes vegetais são ainda utilizados em piscinas biológicas, alimentação animal e no crescente mercado da aquariofilia. Contudo, a produção deste material vegetal para fins de ornamentação na aquariofilia ainda é incipiente e se estabelece por meio de importação (MESTRE, 2014). Borsari (2018) salienta, entretanto, que a importação de plantas aquáticas exóticas é um fator preocupante e deve ser evitado, visto que estas espécies podem encontrar características favoráveis ao crescimento e prosperar em detrimento de espécies nativas do ambiente.

Thomaz e Esteves (2011) classificam as macrófitas aquáticas em cinco principais grupos: 1) emersas, que são aquelas enraizadas no sedimento de fundo e com folhas aéreas; 2) folhas flutuantes, apresentam folhas ligadas aos rizomas e raízes por intermédio de longos e flexíveis pecíolos; 3) submersas enraizadas, cujas raízes são fixas no sedimento ao fundo e

crecem abaixo da superfície da água, excluindo suas estruturas reprodutivas; 4) submersas livres, que possuem rizóides pouco desenvolvidos e que permanecem sob a água, geralmente presas a outras espécies de macrófitas ou outras estruturas submersas; e 5) flutuantes livres, que flutuam livremente e suas raízes crescem livres abaixo da superfície da água (MINHONI *et al*, 2017).

Kasselmann (2003) e Mestre (2014) destacam ainda a existência das plantas anfíbias, que são aquelas que se adaptam às constantes alterações que ocorrem no ecossistema frente a períodos de chuva e de seca, ou ao longo de estações do ano, que condicionam os níveis da água com períodos de submersão e emersão. Esta alternância confere a estas espécies um ciclo de vida em constante mudança, tendo de florescer e dar frutos em certos períodos do ano. Estas mudanças induzem adaptações ao nível morfológico de suas folhas, diferenciando as folhas submersas de sua forma quando estão emersas, sendo estas últimas com frequência maiores em tamanho, mais finas e frágeis, porém, ainda capazes de absorver oxigênio, dióxido de carbono e nutrientes diretamente da água. Mestre (2014) revela ainda que a forma de cultivo emersa é mais viável, devido ao acúmulo de reservas de energia, que posteriormente serão utilizadas no desenvolvimento da planta quando da imersão.

2.5.1 *Anubias barteri* var. *nana*

O gênero *Anubias* pertence à família Araceae que inclui plantas herbáceas e monocotiledôneas. A origem do seu nome faz alusão a Anúbis, Deus egípcio da morte, devido a sua característica de crescer geralmente em locais sombreados (CRUSIO, 1979). Este gênero é popularmente conhecido como anúbia, porém a grafia científica correta é *Anubias* (LEROY *et al.*, 2020).

Espécies deste gênero são plantas anfíbias que apresentam o rizoma aparente, que cresce rastejante e horizontalmente e se encontram distribuídas de forma mais frequente em uma zona estreita ao longo da costa oeste africana, mas podem ser encontradas até Bamako no Mali ou no Zaire Central. A espécie *Anubias barteri* (FIGURA 3; QUADRO 1) é a mais amplamente distribuída, sendo encontrada desde a Guiné até o Congo (CRUSIO, 1979). Esta espécie apresenta caule que atinge até 5 cm de comprimento com folhas que possuem até 6 cm de comprimento e 3 cm de largura (ANUBIAS, 2022).

A primeira espécie de anúbia (*Anubias afzelii*) foi encontrada na parte ocidental e central da África e descrita por Heinrich Wilhelm Schott em 1857. Atualmente são conhecidas

cerca de 10 espécies de anúbia, cada uma com até 5 variações diferentes ou mais (LEROY *et al.*, 2020). As flores são essenciais para a identificação das espécies.

As anúbias apresentam reprodução assexuada e sexuada. A primeira forma ocorre por meio do corte do rizoma. As mudas são feitas contendo pelo menos 3 folhas saudáveis e raízes em desenvolvimento, o que garante a sobrevivência e o crescimento de forma mais exitosa. Na forma sexuada, por outro lado, ocorre desenvolvimento de flores e produção de sementes (LEROY *et al.*, 2020).

Figura 3 – Exemplar adulto de *Anubias barteri* var. *nana*, mantido no mudário do Grupo de Estudos em Aquariologia (GEAq).



Fonte: autora.

Quadro 1 – Características gerais dos parâmetros para a manutenção de *Anubias barteri* var. *nana* em aquários.

Parâmetros	Valores
Temperatura (°C)	22 a 27
Dureza da água	3 - 10
pH	5,5 a 9
Iluminação	Média a baixa
Manutenção	Fácil
Injeção de CO ₂	Não exigente
Crescimento	Uma folha ao mês

Fonte: adaptado de Anubias (2022).

As anúbias são bastante utilizadas como plantas ornamentais em aquários, onde permanecem completamente submersas por períodos indefinidos sem apresentar danos aparentes (CROAT, 1988). É classificada como planta ornamental aquática de pequeno porte, com tamanho variável entre 1 e 20 cm (KUMARI; KUMAR, 2021). Devido ao seu lento crescimento, as anúbias são plantas que alcançam elevados valores de venda, principalmente

aquelas que são mais raras. Sua popularidade entre aquaristas iniciantes e experientes se deve, principalmente, a sua facilidade de manutenção, atratividade de suas folhas largas e por sua cor verde brilhante, que confere um toque especial no leiaute do aquário, onde proporcionam contrastes únicos. Além disto, fornecem abrigos, refúgios e proteção aos peixes e dificilmente são alvo de herbivoria (LEROY *et al.*, 2020).

Plantas como as anúbias, de folhas largas e rígidas, são as preferidas por peixes como o acará bandeira, que possuem ovos adesivos e realizam a desova em substratos, por possuir maior superfície e permitir maior oxigenação (CACHO, *et al.*, 1999).

Atualmente as anúbias são facilmente encontradas e vendidas em lojas de aquarismo fixadas em rochas ou troncos ou soltas (LEROY *et al.*, 2020). Além das espécies e variedades já citadas, também são populares: *Anubias barteri* (variedades cofeefolia, nana long leaf, augustifolia, caladiifolia e glabra), *Anubias gigantea*, *Anubias gillettii*, *Anubias gracilis*, *Anubias heterophylla*, *Anubias pynaertii*, *Anubias lanceolata*, *Anubias lanceolata* var. *lucanas*, dentre outras (FIGURA 4) (LEROY *et al.*, 2020).

Figura 4 – Exemplos de variedades de Anúbias. I - *Anubias barteri* var. *barteri*; II - *Anubias minima*; III - *Anubias hastifolia*; IV - *Anubias barteri* var. *nana*; V - *Anubias odorata*; VI - *Anubias hastifolia* forma *emersa* e VII - *Anubias* sp. *gabon*.



Fonte: adaptado de Suzuki (2020).

2.5.2 *Microsorium pteropus*

A *Microsorium pteropus* (FIGURA 5; QUADRO 2), *Leptochilus pteropus*, sinônimo, é também conhecida popularmente como samambaia de Java. Esta espécie pertence à família Polypodiaceae, é originária da Ásia, podendo ser encontrada na Malásia, na Tailândia, no nordeste da Índia e outras regiões menos representativas. Esta espécie apresenta folhas verdes longas e agrupadas que se desenvolvem com pouca a média intensidade de luz. Por crescerem adensadas, servem como esconderijo e abrigo para peixes e como decoração de fundo de aquários plantados (LEPTOCHILUS, 2022; MILNER, 2021). É classificada como uma planta ornamental aquática de médio porte com tamanhos que podem ir de poucos centímetros até 30 cm (KUMARI; KUMAR, 2021).

Figura 5 – Espécime adulto de *Microsorium pteropus*, mantido no mudário do Grupo de Estudos em Aquariologia (GEAq).



Fonte: autora.

Quadro 2 – Características gerais dos parâmetros para a manutenção de *Microsorium pteropus* em aquários.

Parâmetros	Valores
Temperatura (°C)	20 a 30
Dureza da água	Mole a média
pH	6 a 9
Iluminação	Fraca a média
Manutenção	Fácil
Injeção de CO ₂	Não exigente
Crescimento	Lento

Fonte: adaptado de Flora Aquática® (2016).

As espécies do gênero *Microsorium* de maneira geral, são relativamente simples de serem cultivadas, uma vez que não exigem substratos ou suplementos específicos (SANTOS, 2020). *M. pteropus* apresenta órgãos de multiplicação conhecidos como rebentos adventícios (vivíparos) que iniciam o desenvolvimento ainda na planta mãe. Estas plântulas crescem e se desenvolvem até que eventualmente se separam da planta-mãe, são carregadas e se fixam em outro local (FERNANDES, 1972; MESTRE, 2014).

Nath *et al.* (2016) demonstraram que *M. pteropus* apresenta um mecanismo de defesa contra a microbiota potencialmente patogênica que se prolifera no ambiente. No estudo realizado na Índia, estes pesquisadores utilizaram o extrato do rizoma desta espécie e verificaram ação hemostáticas e antisséptica. Além desta característica, Wang, Wang e Xu (2009), XINYU *et al.* (2017) e Lan *et al.* (2018) demonstraram que *M. pteropus* apresenta-se como um potencial hiperacumulador de cádmio. Segundo Rascio; Navari-Izzo (2011) o potencial hiperacumulador consiste na capacidade que alguns vegetais têm de absorver metais pesados pelas raízes e acumulá-los em seus tecidos sem qualquer efeito sobre o seu crescimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo e período de realização do experimento

O estudo foi desenvolvido pelo Grupo de Estudos em Aquariologia (GEAq), no Laboratório de Cultivo Interno (LCI) (FIGURA 6), localizado no Centro de Biotecnologia Aplicada à Aquicultura (CEBIAQUA), do Departamento de Engenharia de Pesca, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará (DEP/CCA/UFC). O ambiente interno era climatizado.

O período experimental teve início no dia 15 de março de 2022 com a formação e separação dos casais de acarás bandeiras (*Pterophyllum scalare*). Para avaliação do sistema aquapônico os peixes juvenis foram estocados no aquário principal da unidade aquícola no sistema aquapônico, dia 17 de maio de 2022, onde permaneceram até a biometria final, no dia 29 de junho de 2022. O estudo decorreu durante 113 dias.

Figura 6 – Laboratório de Cultivo Interno (LCI).

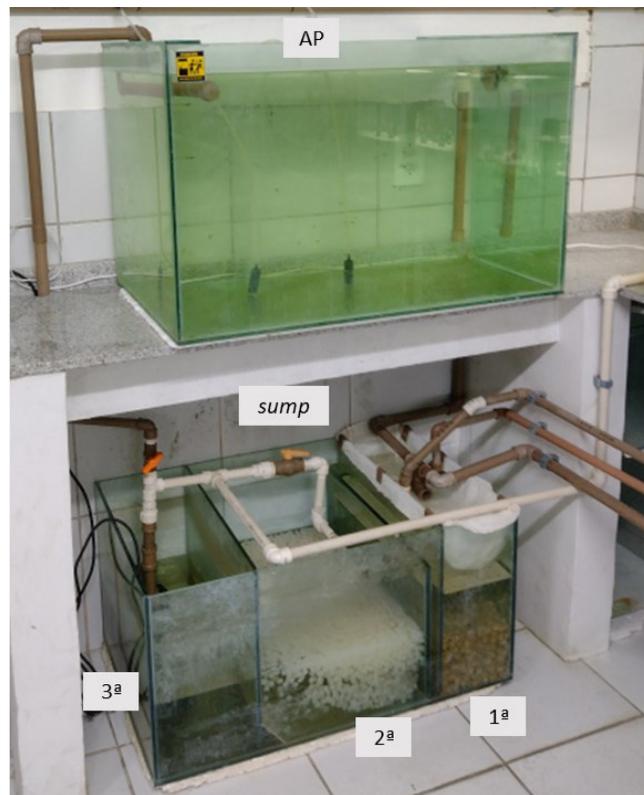


Fonte: Autora

O sistema aquapônico experimental foi composto por uma unidade aquícola e uma unidade hidropônica. A unidade aquícola (FIGURA 7) foi composta por um aquário principal de 165 L, onde foram estocados os juvenis das duas linhagens. Interligado a este, e logo abaixo, foi montado o sistema de filtragem de água composto por um aquário tipo refúgio (*sump*)

subdividido em três câmaras: 1ª câmara contendo a filtração mecânica (manta acrílica) e mídia biológica do tipo estática; 2ª câmara com mídia biológica do tipo móvel; 3ª câmara contendo a bomba de recalque que direciona a água para o aquário principal e para a unidade hidropônica. Aeração foi fornecida ininterruptamente por meio de um compressor de ar ligado a difusores (pedras porosas).

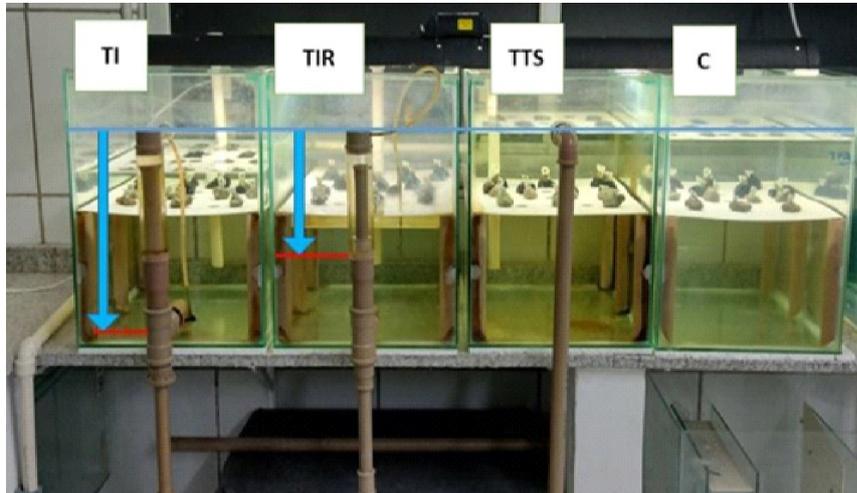
Figura 7 – Unidade aquícola evidenciando o aquário principal (AP) e o sistema de filtração do tipo refúgio (*sump*) contendo suas subdivisões: 1ª câmara, filtração mecânica e mídias biológicas estáticas; 2ª câmara, mídias biológicas móveis; e 3ª câmara, bomba de recalque.



Fonte: autora.

A unidade hidropônica (FIGURA 8) foi composta por 3 aquários de 40 L, para onde foram transplantadas as mudas de *Anubias barteri* var. *nana* e *Microsorium pteropus*. Os vegetais foram fixados por meio de colagem em pequenos fragmentos de troncos e rochas que foram distribuídos sobre estruturas vazadas de PVC. Esta unidade contou com iluminação artificial por duas lâmpadas fluorescentes tubulares do tipo T5 de 16 W e temperatura de cor de 6000 K. O fotoperíodo foi acionado por meio de *timer* analógico com duração de 8 horas, iniciando às 08h00min e finalizando 16h00min.

Figura 8 – Unidade hidropônica. TI: Tratamento Intermitente, rizomas submersos e emersos em intervalos regulares; TIR: Tratamento Intermitente Rápido, rizomas submersos e emersos em menores intervalos de tempo; TTS: Tratamento Totalmente Submersos, rizomas totalmente Submersos, rizomas totalmente submersos e C: Controle, não ligado ao sistema aquapônico. Linha azul: nível máximo de água. Linha vermelha: níveis mínimos de água, presente somente nos aquários intermitentes.



Fonte: autora

3.2 Delineamento experimental

Foram estocados no aquário principal (AP) da unidade aquícola 70 acará bandeiras juvenis de cada uma das duas linhagens diferentes de *Pterophyllum scalare* existentes no LCI, selvagem e leopardo azul, totalizando 140 indivíduos. A densidade de peixes utilizada foi de 0,85 peixes L⁻¹.

Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (10h00min, 12h00min, 14h00min, 16h00min), com ração comercial específica para peixes onívoros, contendo 36% de proteína bruta. Para se adequar ao tamanho inicial dos indivíduos, a ração foi macerada utilizando-se cadinho e pistilo e mantida abrigada da luz, em local seco e arejado. Para o ajuste da ração ofertada e para o acompanhamento do desenvolvimento dos peixes, foram realizadas biometrias em intervalos regulares.

A cada 24 horas, antes da primeira alimentação, o aquário principal da unidade aquícola foi sifonado drenando-se o equivalente a 10% do volume total do sistema para a remoção de fezes e demais detritos sólidos. A reposição do volume sifonado foi realizada utilizando água desclorada da companhia de abastecimento.

Foram avaliados quatro tratamentos na unidade hidropônica. 1) TI: Tratamento Intermitente, no qual em intervalos regulares de tempo o aquário foi inteiramente drenado por sifão do tipo *bell*, deixando os rizomas dos vegetais completamente submersos e completamente

emersos; 2) TIR: Tratamento Intermitente Rápido, no qual os rizomas dos vegetais experimentaram tempos mais curtos de emersão e submersão por meio de drenagem através de um sifão *bell*; 3) TTS: Tratamento Totalmente Submersos, em que os rizomas ficaram completamente submersas durante todo o experimento; e 4) TC: Tratamento Controle, em que os rizomas estiveram inteiramente submersos em um aquário separado do sistema aquapônico. Diariamente, um volume de 10% deste último tratamento foi renovado da mesma forma como realizado no sistema aquapônico. A vazão nos aquários da unidade hidropônica foi mantida aproximadamente constante no valor de 30 mL/s por meio de medições e ajustes realizados a cada três dias.

Para cada aquário da unidade hidropônica e para o controle, foram transplantados sete rizomas de *Anubias barteri* var. *nana* e sete rizomas de *Microsorium pteropus*, coexistindo as duas espécies em cada tratamento, assim totalizando 56 espécimes nas unidades hidropônicas. O desenvolvimento foi acompanhado por meio da observação das características morfológicas com registro fotográfico. Foram observados ainda o tamanho e o comprimento, para o acompanhamento de desenvolvimento do sistema radicular e do rizoma.

Diariamente foi mensurado com o auxílio de um oxímetro (AKSO modelo AK87), o oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água do sistema aquapônico e o do aquário controle. Adicionalmente, a cada quatro dias, foram realizados testes colorimétricos e titulométricos para medição do pH, da amônia, do nitrito e da alcalinidade para avaliação da qualidade da água.

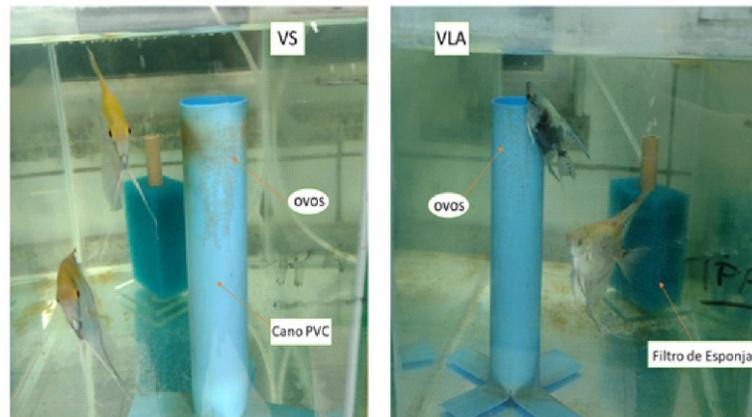
A alcalinidade foi estimada por meio da mensuração com teste titulométrico de dureza em carbonatos (KH). A partir do valor encontrado foi feita a conversão de escala para adequação, utilizando o fator de conversão 17,9 para a unidade concentração de mg L⁻¹.

3.3 Obtenção dos espécimes utilizados

Os casais de acarás bandeiras das variedades selvagem e leopardo azul (FIGURA 9) foram formados a partir do estoque de indivíduos adultos já presentes no laboratório do GEAq, foram separados em aquários de 40 L com trocas parciais de água de 10% ao dia.

A alimentação dos casais de acarás bandeiras foi realizada diariamente com ração comercial para peixes onívoros e biomassa congelada de artêmias (*Artemia* sp). Duas vezes por semana a alimentação dos indivíduos foi suplementada com enquitreias vivas (*Enchytraeus albidus*).

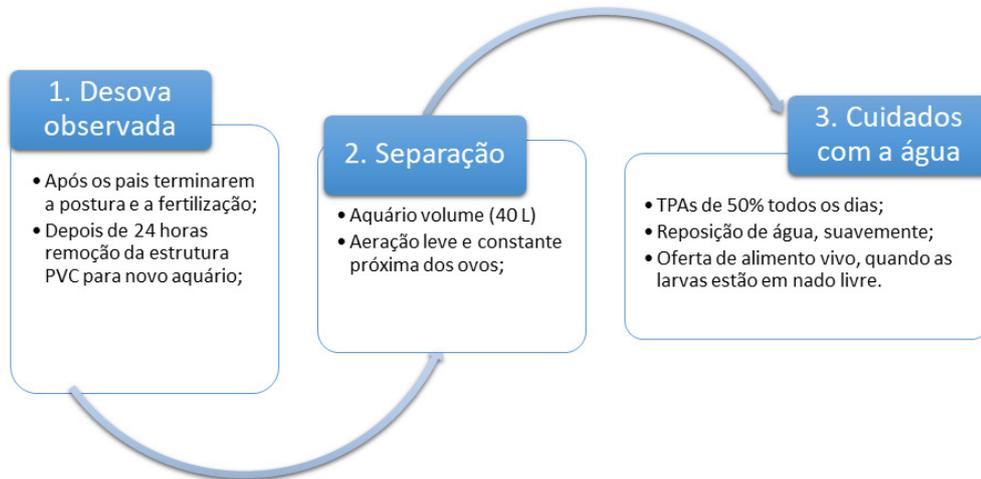
Figura 9 – Casais de *Pterophyllum scalare* variedade selvagem (VS) e variedade leopardo azul (VLA) em seus respectivos aquários.



Fonte: autora.

Foi realizada a reprodução das duas linhagens de *P. scalare* em laboratório. Durante a reprodução a fêmea e o macho limpam juntos o substrato para a desova, pelo contato com a boca, da nadadeira dorsal e do ventre. (MARIA DO SOCORRO; CHELLAPPA; YAMAMOTO, 2007). Então a fêmea fixa os ovos na estrutura PVC azul (substrato), nadando verticalmente e em seguida o macho realiza os mesmos movimentos fertilizando os ovos. Após o término da postura, foi estipulado 24 horas para a separação da estrutura com os ovos aderidos, em novo aquário previamente limpo e com volume de 40 L de água desclorada. Foram separados conforme procedimentos apresentados na Figura 10. No momento em que as larvas iniciaram nado livre, receberam a primeira alimentação. Foi utilizado como primeiro alimento para as larvas de acará bandeira os náuplios de *Artemia* sp. recém-eclodidos, bastante recomendado para os estágios iniciais de desenvolvimento de peixes, devido ao seu valor nutricional seu tamanho reduzido e leves movimentos natatórios (LIMA *et al.*, 2003).

Figura 10 – Fluxograma demonstrando os processos de separação de desova e manutenção em novo aquário.



Fonte: autora.

Diariamente era realizada a TPA de 50% do volume do aquário, garantindo assim boa qualidade de água. A densidade de estocagem inicial foi de 400 larvas/40 L.

3.4 Contagem de ovos de acarás bandeiras

Após os casais de acarás bandeiras das duas linhagens, selvagem e leopardo azul, realizarem a postura dos ovos nas estruturas PVC, eram registradas fotos para a contagem pontual de ovos, por meio de editor de imagens, Microsoft Paint. Os dados foram registrados em tabelas e foram elaborados gráficos no programa computacional, Microsoft Excel.

3.5 Desempenho zootécnico

Ao longo do período experimental foram realizadas 5 biometrias. A primeira biometria foi realizada retirando-se uma amostra de 20 indivíduos (10 selvagens e 10 leopardos azuis) que não foram estocados no sistema aquapônico e a partir destes foi obtida a biomassa inicial (g) dos indivíduos, estes peixes foram resultado da reprodução e foram mantidos em outro aquário do laboratório. Então foram selecionados 140 acarás bandeiras, 70 de cada linhagem (selvagem e leopardo azul) para avaliação de desempenho na unidade aquícola do sistema aquapônico. O intervalo de tempo compreendido entre a 1ª e a 2ª biometria foi de 3 semanas, devido ao pequeno tamanho dos indivíduos. A partir daí, as biometrias passaram a ser

semanais, com amostras de 20 peixes, para a mensuração do peso médio individual (g) para o cálculo da biomassa total (g). O comprimento total dos indivíduos foi aferido na 1ª e na 5ª biometria com auxílio de um paquímetro com precisão de 0,05 cm (FIGURA 11) e o peso (aferido em todas as biometrias) com o auxílio de uma balança semi-analítica com precisão de 0,001 g. Inicialmente foi utilizado o fator de 15% da biomassa total, para o cálculo de ração diária. Com o desenvolvimento dos peixes, este fator foi ajustado para 10% e na última biometria para 7,5%.

Figura 11 – Primeira biometria de juvenil de *Pterophyllum scalare*.



Fonte: Passos-Neto (2022).

Com os dados de peso e comprimento obtidos nas biometrias ao longo do período experimental foi possível calcular:

$$\text{Biomassa inicial (g)} = \sum \text{massas individuais no início do experimento}; (1)$$

$$\text{Biomassa final (g)} = \sum \text{massas individuais no final do experimento} (2)$$

$$\text{Ganho de biomassa (g)} = \text{Biomassa final (g)} - \text{Biomassa inicial (g)} (3)$$

$$\text{Crescimento (g/peixe)} = \text{Peso médio final} \left(\frac{\text{g}}{\text{peixe}} \right) - \text{Peso médio inicial} \left(\frac{\text{g}}{\text{peixe}} \right) (4)$$

$$\text{Crescim. (cm/peixe)} = \text{Comp. médio final} \left(\frac{\text{cm}}{\text{peixe}} \right) - \text{Comp. médio inicial} \left(\frac{\text{cm}}{\text{peixe}} \right) (5)$$

$$\text{Sobrevivência (\%)} = \frac{\text{Número final de peixes}}{\text{Número inicial de peixes}} \times 100 (6)$$

$$TCE (\%/dia) = 100 \times \left(\frac{\ln(\text{peso médio final}) - \ln(\text{peso médio inicial})}{\text{tempo (dias)}} \right) \quad (7)$$

Na qual:

TCE é a taxa de crescimento específico.

3.6 Desempenho fitotécnico

Foram selecionados 56 rizomas das duas espécies *Anubias barteri* var. nana e *Microsorium pteropus* ficaram sob tratamentos individualizados (TI, TIR, TTS e TC). Todas foram numeradas e dispostas 7 de cada espécie, 14 rizomas por tratamento.

Foram realizadas duas biometrias, inicial e final, aferindo o peso e comprimento inicial dos rizomas das duas espécies de plantas, *Anubias barteri* var. nana e *Microsorium pteropus*, com o auxílio de uma balança semi-analítica de 3 casas decimais e um paquímetro de precisão 0,05 mm, respectivamente. Foi verificado na biometria final, o peso final e comprimento final, e a aparência/consistência dos rizomas classificando-as em: saudáveis, alteração de coloração, textura e surgimento de folhas. Foram registradas em fotos as alterações que ocorreram nos tratamentos e semanalmente eram realizadas limpezas dos aquários e bandejas, com a finalidade de remover o excesso de material particulado decantado no fundo dos aquários.

3.7 Análise estatística dos dados

Para os dados de desempenho zootécnico e fitotécnico foi realizada estatística descritiva com cálculo da média, do desvio padrão, do coeficiente de variação e dos valores máximos e mínimos.

Os gráficos e tabelas foram elaborados utilizando um programa computacional de planilhas eletrônicas, Microsoft Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos parâmetros de qualidade da água no sistema experimental

Os valores médios dos parâmetros de qualidade da água no sistema aquapônico e no tratamento controle durante todo o experimento estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios (\pm desvio padrão) dos parâmetros de qualidade da água avaliados ao longo do período experimental, para o Sistema aquapônico e o Tratamento Controle, da Unidade Hidropônica.

Parâmetros	Tratamentos	
	Sistema aquapônico	Controle
Temperatura (°C)	25,7 \pm 0,54	25,2 \pm 0,65
pH	7,6 \pm 0,029	7,6 \pm 0,029
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	7,9 \pm 0,16	7,0 \pm 0,16
Amônia Total (mg L ⁻¹)	0,0	0,0
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,0	0,0
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	53,7 \pm 5,17	53,7 \pm 0,0

Fonte: autora.

Os valores de temperatura apresentaram média de 25,2 \pm 0,65 °C para o controle e de 25,7 \pm 0,54 °C para os tratamentos ligados ao sistema aquapônico. O pH, por sua vez, apresentou média de 7,6 \pm 0,029 tanto no controle quanto nos tratamentos do sistema aquapônico. O oxigênio dissolvido apresentou valores médios de 7,0 \pm 0,16 mg L⁻¹ e 7,9 \pm 0,16 mg L⁻¹, respectivamente para o controle e para sistema aquapônico. Para o desenvolvimento adequado do acará bandeira é recomendada uma faixa de temperatura entre 26 e 30 °C, uma concentração de oxigênio dissolvido acima de 5 mg L⁻¹ e pH na faixa de 5,5 a 8,0 (CRUZ *et al.*, 2002; PÉREZ *et al.*, 2003; GONÇALVES JR., 2013). Para a aquaponia a faixa de temperatura que atende a necessidade da maioria dos sistemas fica entre 10 e 25 °C, valores abaixo e acima desta faixa comprometem a atividade das bactérias nitrificantes (VASCONCELOS, 2017).

De acordo com Costa (2019), o oxigênio é influenciado pela temperatura, altitude e salinidade, e indica concentrações acima de 5 mg L⁻¹ para peixes tropicais, devido a causa de estresse, aparecimento de doenças e até mesmo a morte de peixes se expostos a concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 3 mg L⁻¹. Faria *et al* (2013) salienta que a solubilidade do oxigênio na água sofre influência da temperatura, salinidade e pressão atmosférica, ou seja, quanto maior os valores destes fatores menores serão as concentrações de oxigênio na água. Isto pode explicar a elevada concentração de oxigênio dissolvido na água do sistema

aquapônico e no tratamento controle, visto que o ambiente laboratorial era climatizado. Os valores de temperatura estiveram dentro da faixa recomendada para os organismos.

Em pH na faixa de 6,0 a 6,5 os nutrientes estão na melhor faixa para a disponibilidade para as plantas. Em valores de pH de 7,5 pode acarretar deficiências em ferro, fósforo e manganês. O intervalo de pH indicado para os peixes compreende os valores de 6,0 a 8,5, sendo desejado o intervalo entre 6 e 7 para aquaponia (SOMERVILLE *et. al.*, 2022). O pH exerce ainda grande influência sobre o ciclo do nitrogênio, sendo a faixa considerada ótima entre 7,0 e 8,0 (BRAZ FILHO, 2000).

Em sistemas como o aquapônico, o oxigênio dissolvido precisa suprir tanto a demanda dos peixes, quanto das plantas e das bactérias nitrificantes e heterotróficas. Desta forma, é recomendado que este parâmetro fique em torno de 6 mg L⁻¹ (FERREIRA, 2013). Mattos *et al.* (2021) relatam alguns benefícios da aeração adequada em sistemas aquapônicos: 1) mantém os sólidos em movimento, facilitando a saída; 2) os vegetais realizam maior absorção dos nutrientes disponíveis; 3) melhora as condições de vida para os microrganismos aeróbicos benéficos que vivem nas raízes das plantas. Quando os níveis de oxigênio estão baixos acarretam a presença de organismos patogênicos e um baixo desenvolvimento dos vegetais. A unidade aquícola continha aeração com pedras difusoras, para este estudo os níveis de oxigênio dissolvido estavam em níveis adequados para o desenvolvimento de todos os organismos pertinentes.

Os valores obtidos de concentração de nitrito e nitrogênio amoniacal total para ambos os tratamentos foi de 0,0 mg L⁻¹ ao longo de todo o período experimental. Em concentrações elevadas de nitrito, este se liga a hemoglobina do sangue dos peixes formando a metahemoglobina (URRUTIA; TOMASSO, 1987). Isto diminui a capacidade de transporte de oxigênio para os tecidos e órgãos e como consequência leva os indivíduos a morte por hipóxia mesmo que haja na água níveis adequados de oxigênio dissolvido. Concentrações de nitrito de 6,28 mg L⁻¹ por 96 horas mostraram-se tóxicas reduziram uma população de acarás bandeiras em 50% (SEREZLI; KUCUKAGTAS; KURTOGLU, 2016).

Concentrações de NH₃, forma mais tóxica, de 0,986 mg L⁻¹ podem levar a morte de 50% de uma população de *P. scalare* quando este são expostos por 24 horas e concentrações de 0,576 mg L⁻¹ durante 96 horas diminui uma população de *P. scalare* pela metade (SEREZLI; KUCUKAGTAS; KURTOGLU, 2016).

O valor médio encontrado para alcalinidade foi de 53,7 ± 5,17 mg L⁻¹ CaCO₃ para o sistema aquapônico e 53,7 ± 0,0 para o controle. A alcalinidade total é uma medida da resistência às variações de pH na água, efeito tampão. Este efeito é importante pois, menores

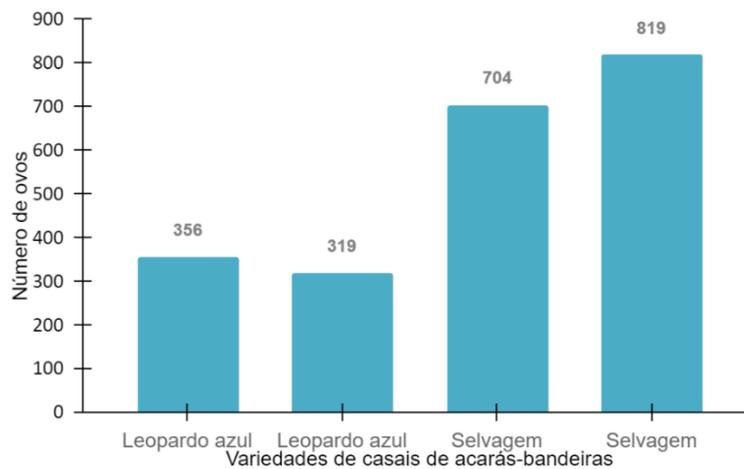
variações de pH implicam em menos ajustes fisiológicos para os peixes resistirem às mudanças e manterem o equilíbrio osmótico. Variações acima de dois na escala de pH, requerem ajustes fisiológicos que podem comprometer o desempenho do animal (BALDISSEROTTO, 2013 apud. CRUZ, 2018).

Para sistemas aquapônicos, o nível ótimo de alcalinidade recomendado, entre os dois tipos de dureza, compreende o intervalo de 60 e 140 mg L⁻¹ (SOMERVILLE *et al.*, 2022). Os valores de alcalinidade estiveram próximos da faixa mínima recomendada e não resultaram em prejuízos ao sistema ou aos organismos presentes.

4.2 Contagem de ovos de acarás bandeiras

Na Figura 12, podem ser observadas as contagens de ovos de desovas de acarás bandeiras que ocorreram durante o processo de obtenção dos indivíduos juvenis para o desenvolvimento da presente pesquisa. O processo de incubação dos ovos separados dos pais se mostrou satisfatório, pois possibilitou um maior controle e segurança no processo de larvicultura.

Figura 12 – Contagem do número de ovos após cada desova observada de casais de acarás bandeiras variantes Leopardo azul e Selvagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

Podemos observar que a variante selvagem apresentou maior quantidade de ovos quando comparada à variante leopardo azul. A sobrevivência de larvas após 14 dias observada para os indivíduos da variedade selvagem foi de 51,04%. Após 21 dias a sobrevivência larval observada foi de 37,7% do valor inicial que foi de 819 ovos.

Em um estudo investigativo entre 3 tipos dietas para *P. scalare*, a densidade de estocagem foi de 100 larvas 40 L⁻¹ foi encontrada uma sobrevivência de larvas de 66,25% utilizando dietas com náuplios de artêmias recém-eclodidos (ORTEGA-SALAS; CORTÉS; REYES-BUSTAMANTE, 2009). Gonçalves Júnior e colaboradores (2013) afirmam que a densidade de 15 pós-larvas L⁻¹ pode ser utilizada sem afetar o desenvolvimento de acarás bandeiras. O resultado obtido neste estudo, foi possivelmente devido a elevada densidade de estocagem inicial.

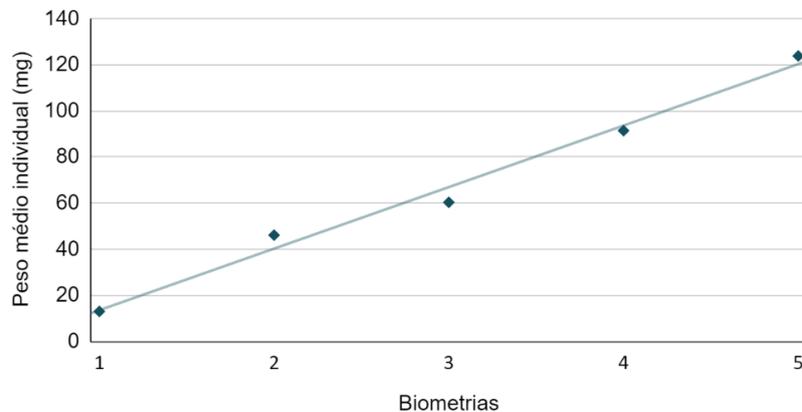
Foi relatado um intervalo entre 300 e 1000 ovos adesivos por postura (COY; CÓRDOBA, 2000; SOARES *et al.*, 2008). Silva *et al.* (2013) encontrou uma fecundidade média de 1.044 ovos para a espécie *P. scalare*. De acordo com Dias e Chellappa (2003), a produção de ovócitos desta espécie de acará bandeira, dentre os ciclídeos de pequeno porte, apresentam fecundidade que pode variar de 19 a 495 ovos adesivos. Também foi encontrado uma taxa de fecundidade entre 234 e 1082 ovos (ORTEGA-SALAS; CORTÉS; REYES-BUSTAMANTE, 2009). Resultados que corroboram com as observações do estudo.

Porém, na literatura citada existem poucos estudos sobre a taxa de fecundidade de indivíduos de *P. scalare*. Segundo Vazoller (1996) os indivíduos de *P. scalare* apresentam o mecanismo sincrônico em mais de dois grupos, sendo caracterizados como espécies de desova múltipla. Del Favero, Pompeu e Valladares (2010) reafirmam a carência de estudos sobre os aspectos reprodutivos de ciclídeos e sugerem mais pesquisas para resultados mais confiáveis, devido ao pequeno número de indivíduos amostrados nas investigações existentes.

4.3 Análise dos parâmetros zootécnicos

Ao final do período experimental (43 dias) os juvenis de acará bandeiras apresentaram um ganho médio de peso de 111 mg, obtendo um incremento de 8,5 vezes, passaram de um peso inicial de $13 \pm 0,005$ mg para um peso final de $123,8 \pm 0,043$ mg (FIGURA 13).

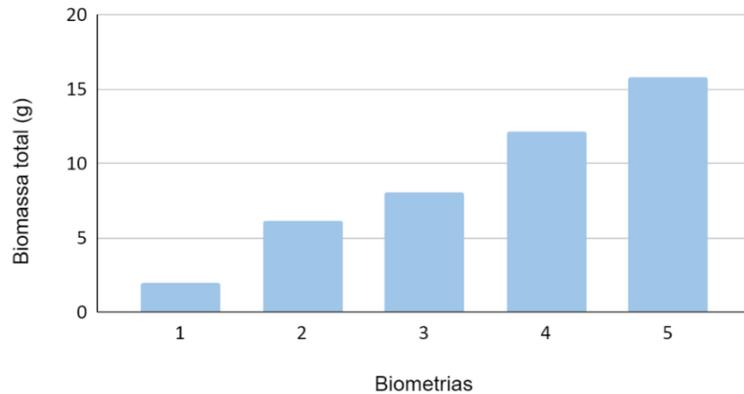
Figura 13 – Acompanhamento feito por biometrias periódicas, demonstrando o ganho de massa corporal (mg) de indivíduos de *P. scalare* ao longo de 43 dias de experimento.



Fonte: autora.

A realização de biometrias para o acompanhamento do ganho de peso dos peixes é um manejo que apresenta como um de seus objetivos o ajuste da quantidade de ração a ser ofertada. A tendência de crescimento em biomassa (FIGURA 14) é uma medida do bom desempenho do sistema para a produção desta espécie. A densidade de peixes utilizada foi de 0,85 peixes L^{-1} . Nagata *et al.* (2018) recomendam densidades de estocagem para o acará bandeira de 0,67 a 1,00 peixe L^{-1} em estágios iniciais de desenvolvimento. Entretanto, Ribeiro *et al.* (2008) salientam que aumentar a densidade de estocagem, pode aumentar as disputas hierárquias por território e alimento, gerando uma heterogeneidade de tamanho entre os indivíduos de *P. scalare*.

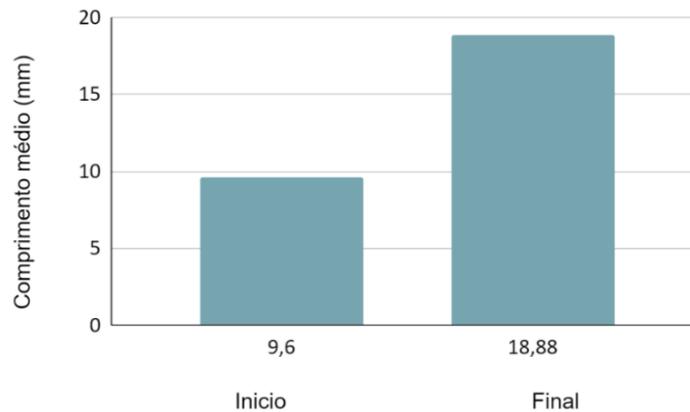
Figura 14 – Ganho em biomassa total de *P. scalare* ao decorrer de 43 dias.



Fonte: autora.

A média de comprimento total inicial dos peixes no experimento foi de $9,6 \pm 1,16$ mm. Ao término do período experimental, a média de comprimento total foi de $18,88 \pm 0,19$ mm, representando um ganho em comprimento total de aproximadamente 9,2 mm (FIGURA 15).

Figura 15 – Ganho em comprimento médio total de indivíduos de *P. scalare*.



Fonte: autora.

Durante os 43 dias de experimento, os peixes praticamente dobraram de tamanho. Nas fases iniciais de desenvolvimento observamos que o desenvolvimento é mais acelerado e pronunciado do que em indivíduos adultos. De acordo com Ribeiro *et al.* (2009), o acará bandeira é comercializado por tamanho e não pelo peso vivo. Portanto o comprimento tem grande importância na avaliação de seu desempenho em cultivo.

Tabela 2 – Parâmetros zootécnicos de *Pterophyllum scalare* acondicionados no sistema aquapônico durante 43 dias.

Parâmetros zootécnicos	Unidade aquícola
Biomassa inicial de peixes (g)	1,82
Biomassa final de peixes (g)	15,87
Ganho de biomassa final(g)	14,05
Ganho em peso individual (g)	0,11
Ganho em comprimento individual (cm)	0,92
Sobrevivência (%)	91,43
Taxa de crescimento específico (%/dia)	5,25

Fonte: autora.

A sobrevivência observada foi de 91,43%, um ótimo parâmetro para avaliação do cultivo de peixes e eficiência do sistema aquapônico, demonstrando que estavam todos os parâmetros dentro da faixa de normalidade com o desenvolvimento da espécie.

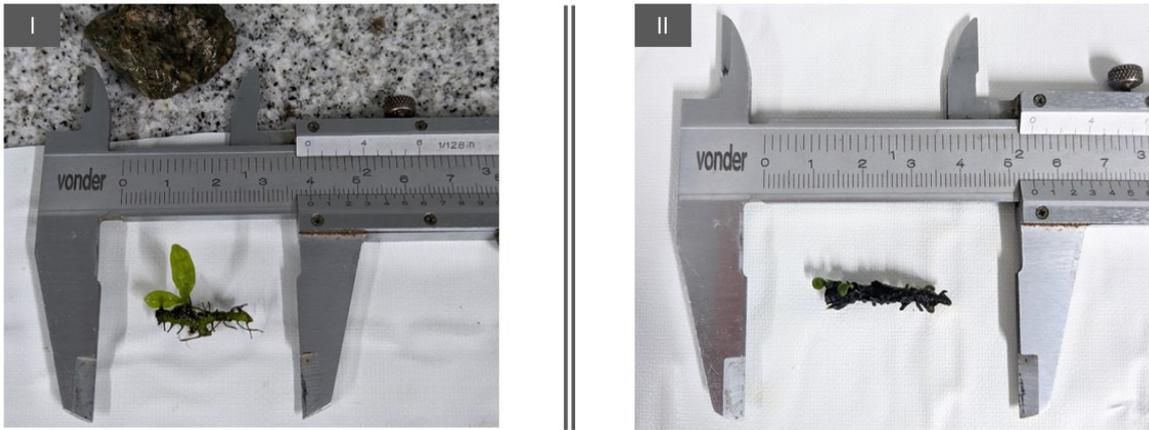
Selvatici e colaboradores (2017) obtiveram para a criação de acará bandeiras juvenis, em densidade de 6 peixes em recipientes de 6 L, a taxa de crescimento específico de 1,68% dia, os peixes foram submetidos a diferentes períodos de restrição alimentar e frequências alimentares e a sobrevivência variou de 79,17% a 98,61%.

Gonçalves Júnior *et al.* (2013) ressaltam que nas fases iniciais de desenvolvimento há uma intensificação na taxa de crescimento, principalmente na fase larval, e que com o passar do tempo é reduzida, à medida que o animal cresce, menor será a taxa de crescimento específico. Este parâmetro também se relaciona com a densidade de estocagem, frequência alimentar e qualidade da água. A taxa de crescimento específico apresentou valor de 5,25%/dia para os juvenis de *P. scalare* neste estudo.

4.4 Análise dos parâmetros fitotécnicos

Na biometria final (FIGURA 16) os rizomas de *Microsorium* e *Anubias* demonstraram pequenas variações no desenvolvimento frente aos diferentes tratamentos individualizados, durante os 43 dias de observação.

Figura 16 – Registro da última biometria das plantas: I - *Microsorium pteropus* e II – *Anubias barteri* var. *nana*.



Fonte: autora.

A média de peso inicial para a espécie *Microsorium pteropus* foi de $39 \pm 0,017$ mg. Ao final do período experimental a média de peso final foi de $48 \pm 0,02$ mg. A média de comprimento passou de $16,73 \pm 0,21$ mm para $16,95 \pm 0,22$ mm.

A aparência dos rizomas das espécies de *M. pteropus* não tiveram alterações perceptíveis de prejuízos às plantas, apesar de não ter havido desenvolvimento de folhas em alguns rizomas entre os tratamentos, até mesmo para o Tratamento Controle. Foi observada que possivelmente esta espécie apresenta maior resistência frente às condições dos tratamentos.

As primeiras folhas de *Microsorium* começaram a brotar a partir do 16º dia de experimentação em todos os tratamentos. Desde então o aparecimento e desenvolvimento de folhas ficou mais acentuado a cada dia.

Em todos os tratamentos, os espécimes de *Microsorium pteropus* desenvolveram folhas e demonstraram algum desenvolvimento de raízes (TABELA 3). Houve pequenos resultados positivos em relação ao ganho de massa final e no comprimento final dos rizomas, com destaque para o Tratamento Intermitente Rápido (TIR).

Tabela 3 – Parâmetros fitotécnicos para avaliação de desenvolvimento dos rizomas vegetais, da planta ornamental *Microsorium pteropus* em 43 dias de observação.

Parâmetros Fitotécnicos	Tratamentos			
	TI	TIR	TTS	TC
Média de peso inicial (g)	0,045	0,042	0,038	0,031
Média de comprimento inicial (cm)	1,76	1,61	1,64	1,68
Média de peso final (g)	0,048	0,051	0,044	0,048
Média de comprimento final (g)	1,80	1,65	1,69	1,73
Ganho em massa final (g)	0,003	0,009	0,006	0,017
Ganho em comprimento final (cm)	0,046	0,04	0,044	0,047
Número de folhas	9	9	6	4
Aparência do rizoma	S	S	S	S
Menor comprimento de folha (mm)	0,2	0,14	0,27	0,27
Média de comprimento da folha (mm)	0,44	0,27	0,68	0,7
Maior comprimento de folha (mm)	0,91	0,53	0,93	1,32
Menor largura da folha (mm)	0,05	0,1	0,16	0,09
Média de largura da folha (mm)	0,21	0,56	0,24	0,22
Maior largura de folha (mm)	0,57	0,88	0,28	0,45

Classificação de aparência do rizoma: S= Saudáveis.

Fonte: autora.

A média de comprimento inicial para *A. barteri* foi de $22,60 \pm 0,19$ mm e a média de comprimento ao final manteve-se em $22,70 \pm 0,18$ mm.

As primeiras evidências de brotamento de novas folhas de *Anubias barteri* var. nana foram constatadas somente a partir do 30º dia de experimentação. Demonstrando que esta espécie possui desenvolvimento mais lento que *M. pteropus*.

A média de peso inicial para espécie *Anubias barteri* var. nana foi de $589 \pm 0,29$ mg. Ao final do período experimental a média de peso final foi de $490 \pm 0,20$ mg (TABELA 4).

Tabela 4 – Parâmetros fitotécnicos para avaliação do desenvolvimento dos rizomas vegetais, da planta ornamental *Anubias barteri* var. *nana* durante os 43 dias de observação.

Parâmetros Fitotécnicos	Tratamentos			
	TI	TIR	TTS	TC
Média de massa inicial (g)	0,58	0,63	0,58	0,57
Média de comprimento inicial (cm)	2,16	2,38	2,31	2,21
Média de massa final (g)	0,54	0,57	0,44	0,42
Média de comprimento final (g)	2,22	2,41	2,31	2,16
Ganho em massa final (g)	-0,04	-0,06	-0,13	-0,16
Ganho em comprimento final (cm)	0,059	0,032	0	-0,049
Número de folhas	-	4	-	-
Aparência do rizoma	D	S	D	D
Menor comprimento de folha (mm)	-	0,18	-	-
Média de comprimento da folha (mm)	-	0,28	-	-
Maior comprimento de folha (mm)	-	0,36	-	-
Menor largura da folha (mm)	-	0,09	-	-
Média de largura da folha (mm)	-	0,18	-	-
Maior largura de folha (mm)	-	0,25	-	-

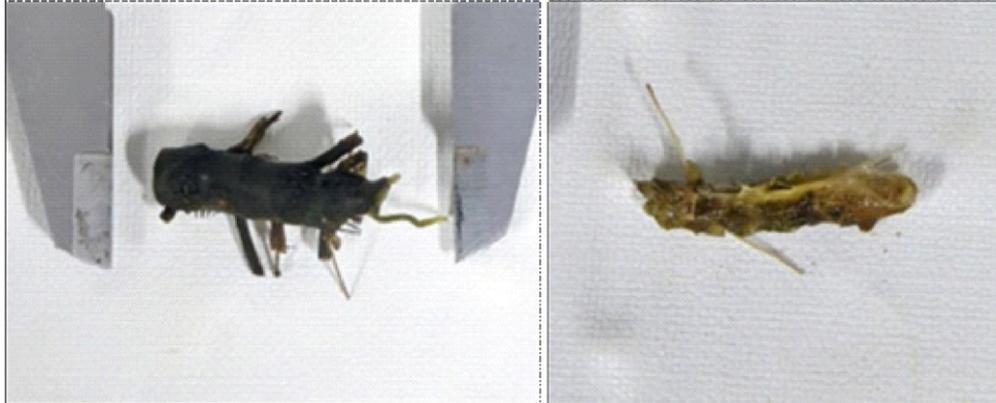
Classificação de aparência do rizoma: S= Saudáveis; D= Deficiência nutricional.

Fonte: autora.

Embora não tenha sido possível realizar um teste estatístico para verificação de diferenças significativas entre as espécies e os tratamentos, foi possível observar algumas tendências. Foi constatado o desenvolvimento de fungos em todos os rizomas transplantados para TC, o que possivelmente impactou negativamente seu desenvolvimento, pois os rizomas de *Anubias* que continham esses organismos não apresentaram o crescimento de raízes, brotos e folhas.

Alguns dos espécimes de *Anubias*, na verdade, perderam a consistência do rizoma, adquirindo uma textura esponjosa e coloração amarelada (FIGURA 17). As *Microsorium* possivelmente não foram tão afetadas com a presença destes fungos, pois foram observados desenvolvimento de folhas em todos os tratamentos. No estudo de Degan (2017), foi encontrado resultado similar, com o desenvolvimento sendo afetado devido à presença de fungos e microrganismos nos vegetais.

Figura 17 – Desenvolvimento de espécies de *A. barteri* var. *nana*. 1) desenvolvimento de raiz e 2) rizoma com perda de consistência e amarelado.



Fonte: autora.

Possivelmente houve uma deficiência nutricional dos rizomas no aquário independente do sistema, o Tratamento Controle que não recebeu suplementação de nutrientes durante a experimentação.

Os vegetais, em geral, necessitam de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) em maior quantidade e micronutrientes (ferro, manganês, boro, zinco, molibdênio) em menor quantidade, a disponibilidade para assimilação varia de acordo com o pH do meio. Em geral, são mais evidenciadas deficiências em ferro, potássio ou cálcio (SOMERVILLE *et al.*, 2022). Os resultados obtidos no experimento indicam que houve deficiência de nutrientes e na assimilação destes pelas plantas, com destaque para o TC, que não recebia água do sistema aquapônico ou suplementação, e os rizomas perderam massa vegetal.

Somerville *et al.* (2022) enfatizam exemplos de sinais indicativos de desequilíbrios no sistema que precisam ser investigados para reconhecer as causas e buscar soluções, os peixes mostram sinais como estresse, nadam próximo a superfície quando existe acumulação de resíduos tóxicos nitrogenados como a amônia e o nitrito. Para as plantas são observados sinais como baixo crescimento, folhas amareladas e pouco desenvolvimento de raízes, quando há falta de nutrientes no sistema.

Nos tratamentos TI e TIR foi observado pequeno crescimento em comprimento nas raízes das anúbias e o início do desenvolvimento de brotos e folhas. Contudo, um período maior de desenvolvimento das plantas se faz necessário, visto que estas espécies apresentam lento desenvolvimento. As tendências observadas até a finalização da presente pesquisa podem vir a ser confirmadas com a extensão do período experimental.

4.5 Custo de implantação do sistema aquapônico experimental

Nas Tabelas 5 e 6 são demonstrados os custos de materiais utilizados para a implantação do sistema aquapônico de pequena escala utilizado na presente pesquisa.

Tabela 5 – Orçamento dos principais materiais utilizados para a construção do sistema aquapônico de pequena escala.

Materiais utilizados	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Bomba submersa JATO 4000 (66 L/min)	1	R\$ 948,98	R\$ 948,98
Aquário 1 (peixes)	1	R\$ 840,00	R\$ 840,00
Aquário 2 (sump)	1	R\$ 356,80	R\$ 356,80
Aquário 3 (hidropônico)	4	R\$ 179,00	R\$ 716,00
Lâmpada fluorescente tubular T5 16 W	2	R\$ 14,45	R\$ 28,90
Sifão tipo <i>Bell</i>	2	R\$ 86,50	R\$ 173,00
Mangueira de ar silicone peq. (3 m)	1	R\$ 14,00	R\$ 14,00
Pedra porosa comum (5 cm)	2	R\$ 18,00	R\$ 36,00
Abraçadeira Fechada Condutele 3/4"	4	R\$ 3,20	R\$ 12,80
Flauta PVC vazado	2	R\$ 0,70	R\$ 1,40
Bucha de redução	1	R\$ 2,30	R\$ 2,30
Cap 32 mm	2	R\$ 3,80	R\$ 7,60
Cano PVC 21 mm 1/2 (6 m)	1	R\$ 110,70	R\$ 110,70
Cano PVC 25 mm (6 m)	1	R\$ 5,54	R\$ 5,54
Joelho 45 graus 20 mm	2	R\$ 2,69	R\$ 5,38
Joelho 25 mm	12	R\$ 1,30	R\$ 15,60
Joelho 20 mm	12	R\$ 7,49	R\$ 89,88
Bucha de redução de 32 mm para 25 mm	1	R\$ 1,70	R\$ 1,70
Registro esfera 20 mm	2	R\$ 31,90	R\$ 63,80
Registro de gaveta 3/4	3	R\$ 51,90	R\$ 155,70
Luva de redução de 25 mm para 20 mm	1	R\$ 1,79	R\$ 1,79
T PVC de 20 mm branco 1/2"	5	R\$ 6,59	R\$ 32,95
T de 32 mm	1	R\$ 3,89	R\$ 3,89
Total	-	-	R\$ 3.624,71

Fonte: autora.

FUJIMOTO *et al.* (2014) apostam que o uso de materiais alternativos ou recicláveis podem se tornar uma importante ferramenta para disseminação de criação de peixes ornamentais nos sistemas intensivos em escala comercial e para aquarofilistas, visto que propicia a diminuição em 60% no custo de obtenção de aquários quando comparados ao mercado, e em 75% no custo de filtros feitos com garrafas PET utilizando bombas submersas. Para a montagem dos filtros podem ser utilizados diversos materiais, com o objetivo de

possibilitar a fixação de bactérias nitrificantes, como por exemplo: pedaços de tijolos quebrados e descartados pela indústria da construção civil, colchão de espuma descartados e cascalhos coletados em rio.

Tabela 6 – Orçamento de materiais utilizados para a confecção do sifão tipo *Bell*.

Materiais utilizados	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Adaptador de 25 mm x 3/4"	1	R\$ 1,32	R\$ 1,32
Bucha de redução de 32x25 mm	2	R\$ 1,70	R\$ 3,40
Cap de 32 mm	1	R\$ 3,80	R\$ 3,80
Cilindro de acrílico (20mm; 50 cm)	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Joelho de 25 mm	1	R\$ 1,30	R\$ 1,30
Joelho de 20 mm	3	R\$ 1,00	R\$ 3,00
Luva L/R 25 mm x 3/4"	2	R\$ 3,50	R\$ 7,00
Luva de redução de 25 mm para 20 mm	1	R\$ 1,79	R\$ 1,79
Pipeta sorológica graduada em vidro 1 mL	1	R\$ 7,00	R\$ 7,00
Mangueira de ar de silicone pequena (3 m)	1	R\$ 14,00	R\$ 14,00
T de 32 mm	1	R\$ 3,89	R\$ 3,89
Total	-	-	R\$ 86,50

Fonte: autora.

A estrutura do sifão funcionou satisfatoriamente durante todo o estudo, não sendo necessário nenhum tipo de manutenções ou reparos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo é demonstrada uma outra visão de propósitos para a integração da aquicultura com a hidroponia, proporcionada pela integração de sistemas aquapônicos em pequena escala, visto a complementaridade que é proporcionada pelo sistema consorciado. O uso de espécies aquáticas nativas e ornamentais nestes sistemas é escasso, bem como o uso de plantas ornamentais, ainda que ambos apresentem valorização no setor de aquariofilia, se faz necessário mais estudos.

Os resultados de desempenho zootécnico foram satisfatórios no sistema aquapônico, ao final dos 43 dias, foi obtida a sobrevivência de 91,42 % de juvenis de acará bandeiras. Para avaliar o desenvolvimento fitotécnico das espécies *Anubias barteri* var. *nana*. e *Microsorium pteropus* neste sistema, são necessárias maiores investigações. Foi observado desenvolvimento de folhas de *M. pteropus* em todos os tratamentos, com destaque para o Tratamento Intermitente e Tratamento Intermitente Rápido. As *Anubias barteri* var. *nana* só desenvolveram folhas no TIR, até o final deste estudo. Sugere-se a continuação do experimento para confirmação das observações.

REFERÊNCIAS

- ABINPET. **Mercado 2019 Pet Brasil**. Disponível em: <https://abinpet.org.br/mercado/#>. Acesso em: 17 jun. 2022.
- ALBUQUERQUE, André. O que é o aquapaisagismo? **Aquaa3**. 2015. Disponível em: <https://www.aquaa3.com.br/o-que-e-o-aquapaisagismo/>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- ANDRADE, L. Alves de; BOVÉRIO, M. A.; CAMILOTTI, F.; BORGES, F. de F. Aquaponia e sua relação com a sustentabilidade. **Ciência & Tecnologia**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 190-200, 2021. DOI: 10.52138/citecv13i1.200. Disponível em: <https://www.revistafemass.org/index.php/citec/article/view/200>. Acesso em: 21 jul. 2022.
- ANUBIAS barteri. In: *Stringerfixer*. 2022. Disponível em: <https://stringfixer.com/pt/Anubias>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- ARAÚJO, Cátia Sílvia Pereira de. Aquaponia: desafios e oportunidades para a produção de peixes e hortaliças no estado do Pará – Estudo de caso: projetos de aquaponia no município de Bragança-Pará. 137 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12210>. Acesso em: 22 jun. 2022.
- AXELROD, Herbert R. **The most complete colored lexicon of cichlids: every known cichlid illustrated in color**. TFH, 1993.
- BALDISSEROTTO, Bernardo. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2005. Disponível em: http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/sumarios/especies-nativas-para-a-piscicultura-no-brasil-3ed_sum.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.
- BARTLEY, D. Responsible ornamental fisheries. **FAO Aquaculture Newsletter** (FAO), 2000.
- BLIDARIU, Flavius *et al.* Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review. **Animal science and biotechnologies**, v. 44, n. 2, p. 1-8, 2011.
- BORSARI, RODRIGO. Plantas aquáticas usina hidrelétrica Serra do Facão. **taxon**, v. 30236, p. 211. 2018.
- BRAZ FILHO, Manuel dos Santos Pires. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água**. 2000. Monografia (Especialização em Qualidade nas empresas) - Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, 2000.
- CACHO, Maria do Socorro RF; YAMAMOTO, Maria Emília; CHELLAPPA, Sathyabama. Comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare* Cuvier & Valenciennes (Osteichthyes, Cichlidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 653-664, 1999.
- CARDOSO, R. S. *et al.* **O Comércio de organismos aquáticos ornamentais**. Cap. 1. p- 15-82. In: REZENDE, F. P.; FUJIMOTO, R. Y. (Ed.). Peixes ornamentais no Brasil: mercado, legislação, sistemas de produção e sanidade. Brasília, DF: Embrapa, 2021.
- CARDOSO, P. H. C. A importação de peixes ornamentais no Brasil e as principais doenças associadas a esses organismos. Pode ser um risco para o Brasil?. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 12, n. 2, p. 38-40, 2014.
- CARNEIRO, Paulo César Falanghe *et al.* Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**. 27p., 2015.
- CHAMBERS, P. A., LACOU, P., MURPHY, K.J., & THOMAZ, S.M. 2007. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. In: **Freshwater animal diversity assessment**. Springer, Dordrecht, 2007. p. 9-26. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4020-8259-7.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- CHAPMAN, F. A.; FITZ-COY, S. A.; THUNBERG, E. M. United States of America trade in ornamental fish. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, 28(1): 1-10. 1997.

- CHEN, T.T.; LIN, C.M.; LU, J.K. *et al.* Transgenic fish: a new technology for fish production. *In*: YALPANI, M. (Ed.). Science for the food industry of the 21st century, biotechnology, supercritical fluids, membranes and other advanced technologies for low calorie, healthy food alternatives. Mount Prospect: **ATL Press**, 1993. p.145-159., 1993.
- CORSO, M.N. **Uso de sistemas com recirculação em aquicultura**. 2010. Monografia (Curso de Medicina Veterinária) - Faculdade de Veterinária. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Porto Alegre, 36p., 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/39031>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- COSTA, F.V.L. **Sistema de monitoramento da qualidade de água para piscicultura**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN- Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA. Brasil. 2019
- COY, Y.S; CÓRDOBA, E. A. **Peces de Importancia Económica en la Cuenca Amazónica Colombiana**. Programa de Recursos Hidrobiológicos. Bogotá - Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Série Estudios regionales de la Amazonia Colombiana. 140p. 2000.
- CREPALDI, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D. C.; CARVALHO, D.; SOUSA, A. B.; SATURNINO, H. M. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n. 3-4, p. 86-99, 2006.
- CROAT, Thomas B. Ecology and life forms of Araceae. **Aroideana**, v. 11, n. 3, p. 4-55, 1988.
- CRUSIO, W. **Uma revisão de Anubias Schott (Araceae)**. (Primitiae Africanae XII). Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen.79 (14): 1-48. 1979.
- CRUZ, M.E.P. *et al.* Frecuencia de desove de diferentes variedades del Pez Angel *Pterophyllum scalare* (Pisces: Cichlidae). **Rev. Aquatic, Zaragoza**, n. 16, [s/p], 2002.
- CRUZ, Tatiane de Sousa. **Aquaponia: produção de capim floralta e amendoim forrageiro integrado à produção de tambaqui**.2018. 33f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical, Araguaína, 2018.
- DANTAS, N. C. F. M; MAIA, I S. Custos e oportunidades para implantar sistema aquapônico em tempos de isolamento social. **Covinbra**. 2020. Disponível em: https://convibra.org/congresso/res/uploads/pdf/artigo27345_4_20202439.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020.
- DEGAN, Elaine Reis *et al.* **Enraizamento de estacas de *Sarcocornia ambigua* em diferentes tratamentos utilizando espuma fenólica como substrato para cultivo em hidroponia**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Aquicultura). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2017.
- DEGANI, G. Growth and body composition of juveniles of *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces; Cichlidae) at different densities and diets. **Aquaculture Research**, 24: 725-730. 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1993.tb00651.x>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- DEL FAVERO, Jana Menegassi; DOS SANTOS POMPEU, Paulo; VALLADARES, Ana Carolina Prado. Aspectos reprodutivos de duas espécies de ciclídeos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**, v.12, n. 2, 2010.
- DIAS, R. L.; CHELLAPPA, S. Desenvolvimento gonadal do ciclídeo ornamental acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura**, v. 2, p. 135-148, 2003.
- DUFFY, R. **The age of aquaria: the aquarium pursuit and personal fish-keeping, 1850-1920**. Master Thesis. University of Delaware. 2018.
- ELER, Márcia Noélia; MILLANI, Thiago José. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 33-44, 2007.
- EMERENCIANO, Maurício G. C. *et al.* Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, n. 147, p. 24–35, 2015.

- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/Finep. 602 pg. 1998.
- FAO. 2014. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. 288 p. Rome, Italy. 2014.
- FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation. Rome. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture. Sustainability in action. Rome.
- FARIA, R.H.S.; MORAIS, M.; SORANNA, M.R.G.S.; SALLUM, W.B. Manual de criação de peixes em viveiro. Brasília: **Codevasf**, 2013.
- FERNANDES, Rosette Batarda. **Glossário de termos Botânicos**. 1972. Disponível em: https://www.uc.pt/herbario_digital/learn_botany/glossario. Acesso em: 29 jun. 2022.
- FERREIRA, B. S. M. P. **Aquaponia**: exploração de uma hipótese. Lisboa, p. 13, 2013.
- FERREIRA, Fernando Alves; POTT, Vali Joana; POTT, A. **Métodos de amostragem quali e quantitativos de macrófitas aquáticas**. 2014.
- FONT-QUER, M.P. **Diccionario de botânica**. Barcelona, Lábor. 1977.
- FREITAS, Marcelo Carneiro de. **Caracterização da cadeia produtiva de peixes ornamentais de águas continentais nos estados do Ceará e Pernambuco**. 2012. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- FUGIMOTO *et al.*, **Uso de material alternativo para construção de aquários e filtros para criação de peixes**. Embrapa CT. 143. 2014.
- FUJIMOTO, R.Y. *et al.* Características histológicas do estômago e do intestino do acará-bandeira *Pterophyllum scalare*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12., 2002. Goiânia. **Anais...** Associação Brasileira de Aquicultura, 2002. p. 382.
- GAO, X. *et al.* Effects of humic acid on the nitrogen utilization efficiency and microbial communities in aquaponic systems. **Aquaculture**, Volume 547, 2021. ISSN 0044-8486. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621011388>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B.; BURNELL, G. M. Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the future. London, UK. **Springer Nature**, 2019.
- GONÇALVES JÚNIOR, L. P. *et al.* Efeito da densidade de estocagem no desenvolvimento inicial do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 4, p. 1176-1182, 2013.
- HERBERT, S.; HERBERT, M. Aquaponics in Australia- **The integrations of Aquaculture and Hydroponics**. Mudge, Australia, 2008. 140p.
- HUNDLEY, G. M. C. *et al.* Aproveitamento do efluente da Produção de Tilápia do Nilo para o Crescimento de Manjerição (*Origanum basilicum*) e Manjerona (*Origanum majorana*) em Sistemas de Aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.51-55, 2013.
- HUNDLEY, Guilherme Crispim; NAVARRO, Rodrigo Diana. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2013.
- IGARASHI, Marco Antônio *et al.* Potencial econômico do agronegócio da produção de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. **Revista de Ciências Agrárias**. Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, n. 42, p. 293-313, 2004.
- IRGANG, Bruno Edgar; JÚNIOR, Gastal; DE SENNA GASTAL JR, Cláudio Vinicius de Senna. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. UFRGS, 1996.

- KASSELMANN, C. Aquarium plants. Florida: **Krieger Publishing Company**. 2003.
- KASSELMANN, C. Plantas de aquário. Malabar, FL: **Krieger Publishing Company**. pp. 104. 2002. ISBN 1-57524-091-2.
- KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, v. 16, n. 95, p. 15-22, 2006.
- KUMARI, Chandresh; KUMAR, N. V. Art and science of aquascaping. **Pharma Innov. J**, v. 10, n. 6, p. 240-245, 2021.
- LAN, Xin-Yu *et al.* Resistance mechanisms and their difference between the root and leaf of *Microsorium pteropus*—A novel potential aquatic cadmium hyperaccumulator. **Science of the total environment**, v. 616, p. 480-490, 2018.
- LENNARD WA, LEONARD BV, 2005. A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. **Aquacult. Int.** 12:539-53.
- LEPTOCHILUS pteropus. In: *Wikipédia*. 2022. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Leptochilus_pteropos. Acesso em: 10 jul. 2022.
- LEROY, Juliana, *et al.* Gênero Anubias: o guia completo. **Aquaa3**, 2020. Disponível em: <https://www.aquaa3.com.br/genero-anubias-guia-completo>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- LIMA, Ao. Aquicultura ornamental: o potencial de mercado para algumas espécies ornamentais: Formas alternativas de diversificação da produção na aquicultura brasileira. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 13, p. 23-29, 2003.
- MACHADO, Eric. **Viabilidade da aquaponia urbana: pequenos espaços e a produção animal sustentável**. 2019. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.
- MARIA DO SOCORRO, R. F.; CHELLAPPA, Sathyabama; YAMAMOTO, Maria Emília. Efeito da experiência de machos no sucesso reprodutivo em acará bandeira, *Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823 (Osteichthyes, Cichlidae). **Revista Brasileira de Zociências**, v. 9, n. 1, 2007.
- MARTINS, Catarina IM; EDING, Ep H.; VERRETH, Johan AJ. The effect of recirculating aquaculture systems on the concentrations of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 1001-1005, 2011.
- MATTOS, B. O. *et al.* **Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias**. Atena, Ponta Grossa, 2021.
- MCHUNU, Ntobeko; LAGERWALL, Gareth; SENZANJE, Aidan. Aquaponics in South Africa: Results of a national survey. **Aquaculture Reports**, v. 12, p. 12-19, 2018.
- MCMUTRY M.R, SANDERS D.C., CURE, J.D., HODSON R.G., 1997. Effects of biofilter/culture tank volume ratios on productivity of a recirculating fish/begetable co-culture system. **J. Appl. Aquacult.** 7:33-51.
- MENDONÇA, Wesley Clovis Barbieri *et al.* **Produção de massa verde e ganho em peso de peixes ornamentais em mini sistema doméstico de aquaponia**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Aquicultura) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2290>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- MESTRE, A.B. **Contribuição para o estudo de propagação e produção de plantas aquáticas**. Lisboa: ISA/UL, 2014, 76 p. Tese de Doutorado. Mestrado em Arquitectura Paisagista - Instituto Superior de Agronomia.

- MICROSORUM pteropus. In: *Flora aquática*®. 2016. Disponível em: <https://www.flora-aquatica.com.br/bulbos-e-rizomas/185-microsorium-pteropus.html>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- MILNER, James. Java Fern Care, Reproduction and Fact sheet. **The Aquarium Club**. 2021. Disponível em: <https://theaquarium.club/java-fern/>. Acesso em: 12 out. 2021.
- MINHONI, Renata Teixeira de Almeida. *et al.* Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas aquáticas no Reservatório de Barra Bonita, SP. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 330-342, 2017.
- MONVISES, Adisorn *et al.* The Siamese fighting fish: well-known generally but little-known scientifically. **ScienceAsia**, v. 35, n. 1, p. 8-16, 2009.
- MUNDO ECOLOGIA. 2019. Exemplares de acarás bandeiras. *il. color.* Disponível em: <https://www.mundoecologia.com.br/animais/tipos-de-acara-bandeira-cores-nomes-e-fotos/>. Acesso em: 05 mar. 2022.
- NAGATA, Mariana Midori *et al.* 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, 2018.
- NATH, K.; BHATTACHARYA, M. K.; KAR, S. Antibacterial activity of rhizome extracts of four pteridophytes from Southern Assam, North East India. **AJPCR**, v. 4, n. 1, p. 1-5, 2016.
- NEGRÃO, Luís Paim Sotto Mayor. **Efeito do nível de proteína da ração no crescimento de Tenca (Tinca tinca), no crescimento de manjeriço (Ocimum basilicum) e no balanço de nutrientes num sistema de Aquaponia**. 2014. Dissertação de mestrado, Aquacultura e Pescas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 2014. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/8326>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- NOGA, Edward J. **Fish disease: diagnosis and treatment**. John Wiley & Sons, 2010.
- NOMURA, Hitoshi. **Dicionário dos peixes do Brasil**. 1985.
- PEREIRA, D.A.S. **Aquariofilia no Brasil: identificação dos aquariofilistas e as principais características da atividade em água doce**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Aquicultura da Universidade Federal do Pampa. Uruguaiana, 2015.
- PEREIRA, Samuel Louzada *et al.* Diferentes estratégias alimentares na larvicultura do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*, Cichlidae). **Acta Amazonica**, v. 46, p. 91-98, 2016.
- PÉREZ, Estela; DÍAZ, Fernando; ESPINA, Sonia. 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.
- PIEIDADE, Maria Teresa Fernandez; SCHOENGART, Jochen; JUNK, W. J. O manejo sustentável das áreas alagáveis da Amazônia Central e as comunidades de herbáceas aquáticas. **Uakari**, v. 1, n. 1, p. 29-38, 2005.
- POTT, Vali Joana *et al.* **Potencial de uso de plantas aquáticas na despoluição da água**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, doc. 133., 2002. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/325560>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- POTT, Vali Joana; POTT, Arnildo. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA. Comunicação para transferência de Tecnologia, 2000.
- RAKOCY, J. E. Aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture production systems**, v. 1, p. 343-386, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118250105#page=357>. Acesso em: 02 jul. 2022.
- RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics- integrating fish and plant culture. Texas: Southern Regional Aquaculture Center, Texas A & M University, 2006. (SRAC Publication No. 454). Disponível em: <https://extension.okstate.edu/fact->

sheets/recirculating-aquaculture-tank-production-systems-aquaponics-integrating-fish-and-plant-culture.html. Acesso em: 22 jun. 2022.

RASCIO, Nicoletta; NAVARI-IZZO, Flavia. Heavy metal hyperaccumulating plants: how and why do they do it? And what makes them so interesting?. **Plant science**, v. 180, n. 2, p. 169-181, 2011.

RIBEIRO, F. A. S. **Sistemas de criação para o Acará-bandeira *Pterophyllum scalare***. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. p. 1-52. 2007.

RIBEIRO, F. A. S.; FERNANDES, J. B. K. Sistemas de criação de peixes ornamentais. **Panorama da Aquicultura**, v. 18, p. 34, 2008.

RIBEIRO, F.A.S. **Desempenho do acará-bandeira *Pterophyllum scalare* com diferentes níveis de proteína bruta**. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. 27 fls. 2005.

RIBEIRO, F.A.S.; PRETO, B.L.; FERNANDES, J.B.K. Sistemas de criação para o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Acta Scient**. Maringá, v.30, p.459-466, 2009.

RODRIGUES, A. C. D. *et al.* Mecanismos de respostas das plantas à poluição por metais pesados: Possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 1, p. 262-276, 2016.

RODRIGUES, G. de A. **Avaliação do estresse oxidativo e compostos elementares em *Schoenoplectus californicus* (CA Mey.) soják em dois lagos do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Campus Litoral Norte. Porto Alegre, BR-RS, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/224294>. Acesso em: 16 jun. 2022.

RODRIGUES, L. S. *et al.* **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades**. BNDES Setorial, n. 35, mar. 2012, p. 421-463, 2012.

SANTOS, P. Dez plantas para aquário de água doce ideais para iniciantes. **Produtos para Aquário**. 2020. Disponível em: <https://produtosparaaquario.com.br/plantas-para-aquario/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SELVATICI, Paula Del Caro *et al.* **Manejo alimentar de juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*)**. 2017. Disponível em: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-406.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2022.

SEREZLI, R.; KÜÇÜKAĞTAŞ, A.; KURTOGLU, İ. Acute toxicity of ammonia and nitrite to angel fish (*Pterophyllum scalare*, Liechtenstein 1823) and the effect of erythrocyte morphology. 2016.

SHOLICHAH, L. *et al.*, Anubias (*Anubias* sp.) propagation through hydroponic culture Technique. *In: Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2020. p. 012024. 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1422/1/012024/meta>. Acesso em: 25 jun. 2022.

SILVA, M. S. G. M.; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. 2013.

SILVA, Tania Cristiane Gonçalves da, *et al.* **Aspectos da reprodução de espécies de ciclídeos de importância econômica em áreas de várzea do médio solimões**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2013. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

SIQUEIRA, Tagore Villarim de. **Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável**. 2017. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8142>. Acesso em: 21 jun. 2022.

SOARES, M.G.M, *et al* (Orgs). Peixes de lagos do Médio Rio Solimões. 2. ed. Manaus: **Instituto Ipiatam**. 2008. 160p.

SOMERVILLE, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. 2022. Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas. **FAO - Documento Técnico de Pesca y Acuicultura** No. 589. FAO, Roma. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/i4021es>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SOUSA, Albino Luciano Portela de; MACIEL, Luan Aécio Melo; RODRIGUES, Luís Reginaldo Ribeiro. Estudo da comercialização de peixes ornamentais da família Loricariidae (Siluriformes) em Santarém/PA. **Pubvet**, v. 12, p. 133, 2018.

SUTABRI, Tata *et al.* Tankmate Design for Settings Filter, Temperature, and Light on Aquascape. **Journal of Southwest Jiaotong University**, v. 54, n. 5, 2019.

SUZUKI, R. Gênero Anubias: O guia completo. **AquaA3**. 2020. Disponível em: <https://www.aqua3.com.br/genero-anubias-guia-completo>. Acesso em: 16 jul. 2022.

THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. de A. Comunidade de macrófitas aquáticas. **Fundamentos de limnologia**, v. 3, p. 461-518, 2011.

THOMAZ, Sidinei Magela; CUNHA, Eduardo Ribeiro da. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, p. 218-236, 2010.

TYSON, Richard V. *et al.* Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. **HortScience**, v. 43, n. 3, p. 719-724, 2008.

URRUTIA, Michael L.; TOMASSO, J. R. Acclimation of channel catfish to environmental nitrite. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 18, n. 3, p. 175-180, 1987.

VASCONCELOS, A. L. A. P. **Tratamento físico-biológico de baixo custo para aquaponia comercial**. Programa de Iniciação Científica-PIC/UniCEUB - Relatórios de Pesquisa, v. 3, n. 1, 2017. Centro Universitário de Brasília. p. 17. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5102/pic.n3.2017.5874>.

WANG, J.; WANG, Y.; XU, F. Restoration of environment, preferably water and wetland ecosystem polluted by cadmium involves growing polypodiaceae plant in environment polluted by cadmium. **PR Patent**, 2009, CN101560019-A; CN101560019-B.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

XINYU, L. A. N. *et al.* Hyperaccumulation capacity and resistance physiology of *Microsorium pteropus*, an aquatic fern to cadmium. **Scientia sinica Vitae**, v. 47, n. 10, p. 1113-1123, 2017.

ZUANON, J. A. S. Produção de peixes ornamentais nativos. *In: Congresso brasileiro de produção de peixes nativos de água doce*. 2007. p. 1-9.

ZUANON, Jener Alexandre Sampaio; SALARO, Ana Lúcia; FURUYA, Wilson Massamitu. Produção e nutrição de peixes ornamentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 165-174, 2011.