

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQÜICULTURA E PESCA

PERIFÍTON COMO COMPLEMENTO ALIMENTAR EM CULTIVO
MULTITRÓFICO DE CARPA COLORIDA (*Cyprinus carpio haematopterus*)
COM PIAUÇU (*Leporinus macrocephalus*).

Wesley Theodoro

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Garcia Scaloppi

Coorientadora: Dra. Cíntia Badaró-Pedroso

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQÜICULTURA E PESCA

PERIFÍTON COMO COMPLEMENTO ALIMENTAR EM CULTIVO
MULTITRÓFICO DE CARPA COLORIDA (*Cyprinus carpio haematopterus*)
COM PIAUÇU (*Leporinus macrocephalus*).

Wesley Theodoro

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Garcia Scaloppi
Coorientadora: Dra. Cíntia Badaró-Pedroso

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do
Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte
dos requisitos para obtenção do título de .

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca. Instituto de Pesca, São Paulo

T355p Theodoro, Wesley
Perifiton como complemento alimentar em cultivo multitrófico de Carpa colorida (*Cyprinus carpio Haematopterus*) / Wesley Theodoro – São Paulo, 2025
vii, 60f. ; fig 11. ; tab.11.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do
Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.
Orientadora: Fabiana Garcia Scaloppi

1. alimento natural. 2. espécie nativa. 3. Complemento alimentar. 4. Sistemas integrados.
I. Scaloppi, Fabiana Garcis. II. Título.

CDD 574

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

PERIFÍTON COMO COMPLEMENTO ALIMENTAR EM CULTIVO MULTITRÓFICO DE CARPA COM PIAUÇÚ.

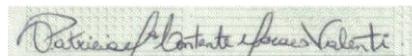
AUTOR(A): WESLEY THEODORO
ORIENTADOR(A): Fabiana Garcia Scaloppi

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Prof(a). Dr(a) Fabiana Garcia Scaloppi

Prof(a). Dr(a) José Evandro de Moraes



Prof(a). Dr(a) Patrícia Contente Moraes-Valenti

Data da Realização: **28 de março de 2025, as 08:30**

Dedico este trabalho à memória de Giovanna de Paula Queiroz que, com seu amor e carinho, esteve presente ao início deste projeto.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir seguir o meu caminho e por me proporcionar a ajuda através daqueles que encontrei e encontrarei durante a vida.

Às minhas orientadoras Dra. Cíntia Badaró-Pedroso pelo apoio, atenção, carinho e pela imensa ajuda, da qual através desta foi possível iniciar e concluir a jornada deste mestrado. Dra. Fabiana Garcia Scaloppi, por me receber como aluno, se manter sempre solicita e demonstrar em todos os momentos a sua atenção e cuidado. Agradeço a ambas pelos conhecimentos passados e pelos quais serei eternamente grato.

À família que me acolheu e que me ajudou em todos os momentos deste projeto. Sandro e Elaine com seu carinho, amor e fraternidade. Ao João, Lucas e Mariana, meus irmãos de coração, que colocando a mão na massa fizeram parte de cada etapa.

Ao corpo docente do programa de pós graduação do Instituto de Pesca de SP, pelas aulas em que tive a oportunidade de aprender, me aprimorar e expandir meu conhecimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de mestrado processo 130959/2023-5.

E agradeço a todos aqueles que, de forma direta e indireta, colaboraram para a realização deste trabalho e estavam presentes nesta experiência.

APOIO FINANCEIRO

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, Processo 130959/2023-5



SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	ii
SUMÁRIO	iv
ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. Aquicultura no Brasil e no mundo	1
1.2. Perifítón	2
1.3. Carpa Colorida	4
1.4. Piauçú	6
1.5. Aquicultura Multitrófica Integrada - IMTA.....	7
2. REFERÊNCIAS	9
CAPITULO 1.....	16
RESUMO	17
ABSTRACT	18
1. Introdução	19
2. Material e Métodos	21
2.1. Delineamento experimental	22
2.2. Confecção dos substratos	23
2.3. Espécies escolhidas para o experimento	24
2.4. Povoamento dos peixes nos viveiros	25
2.5. Biometrias e cálculos de arraçoamento	26
2.6. Coleta e análise de água	26
2.7. Coleta de perifítón.....	27
2.8. Desempenho Zootécnico.....	27
2.9. Índice Bioeconômico	29
2.10. Análise Estatística	29
3. Resultados	30
4. Discussão	37
5. Conclusão	44

6. Referencias	45
----------------------	----

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1- Dimensionamento e identificação dos viveiros segundo fatores	22
Figura 1 - Distribuição dos substratos nos viveiros do tratamento V-PS com flutuadores entre cada painel e a presença dos alevinos na superfície	24
Tabela 2 - Número total de alevinos de carpas coloridas e piauçus distribuidos em cada viveiro	25
Tabela 3 - Indicadores de desempenho zootécnico entre os dois tratamentos.....	30
Tabela 4 - Classes de peso (g) e comprimento (cm) das carpas coloridas em ambos tratamentos	31
Tabela 5 - Receita (R\$/ha) obtida com a venda de carpas coloridas de acordo seu comprimento nos tratamentos V-AS e V-PS.....	32
Tabela 6 - Classes de peso (g) e comprimento (cm) dos piauçus em ambos tratamentos.	33
Tabela 7 - Classificação dos piauçus de acordo com valor da venda final	33
Tabela 8 – Custo da ração por quilograma (CRação), custo médio em ração por quilograma de peso vivo ganho (CMR), índice de custo (IC) e índice de eficiência econômica (IEE).....	33
Tabela 9 - Variáveis da qualidade de água durante o período do experimento	35
Tabela 10 - Valores dos nutrientes analisados ao início do experimento.....	36
Tabela 11 - Matéria seca de perifítón (g/cm ²) em duas profundidades no inicio e ao final do experimento no tratamento V-PS	37

RESUMO

Baseando-se em conceitos de desenvolvimento sustentável na produção aquícola, o uso do perifítom surgiu como alternativa de fonte energética para os animais de produção. No entanto, apesar de pesquisas mostrarem que seu uso possui potencial para contribuir com a produção primária de um sistema de criação, ainda são escassas as informações quanto ao seu uso em escala aceitável dentro de um empreendimento comercial. Desta maneira e diante deste cenário, o presente estudo possui a proposta de desenvolver e testar um modelo que permita a utilização prática do perifítom, desde o manejo inicial dos viveiros até o momento escolhido para despensa dentro de uma piscicultura de pequeno porte, além de confirmar os benéficos que esta prática pode trazer ao sistema de cultivo. O delineamento experimental constou de dois tratamentos e três repetições, sendo avaliados os peixes em viveiros com a presença de substratos confeccionados a partir de telas de sombrite (polietileno de baixa densidade), contendo biofilmes de perifítom (V-PS) e alimentados com 100% da porção diária de ração recomendada para cada repetição, tendo seu desenvolvimento comparado entre os viveiros sem a presença de substratos (V-AS). Foram escolhidas duas espécies de peixes para serem testadas e comparadas, sendo a carpa colorida (*Cyprinus carpio haematopterus*) e o piauçu (*Leporinus macrocephalus*), mantidos nos viveiros em esquema de cultivo multitrófico por 90 dias. Os resultados obtidos indicaram uma produtividade (kg/m^3) 30,1% superior no V-PS em relação ao V-AS, no qual a presença do substrato levou a resultados superiores para as carpas coloridas em 29% em relação ao peso médio final destes animais e 14 % no comprimento final. Quanto ao piauçu o tratamento V-PS se mostrou 5,4% superior em relação ao peso final. A presença do perifítom reduziu em 25,7% a conversão alimentar, reduzindo o custo com ração em 25,8%. A receita total foi 16,3% maior com o uso do perifítom, possibilitando ao pequeno produtor utilizar seu espaço de cultivo de forma mais eficiente.

Palavras chave: alimento natural, espécie nativa, complemento alimentar, sistemas integrados.

ABSTRACT

Based on concepts of sustainable development in aquaculture production, the use of periphyton has emerged as an alternative energy source for production animals. However, although research shows that its use has the potential to contribute to the primary production of a farming system, there is still little information regarding its use on an acceptable scale within a commercial enterprise. Thus, and in view of this scenario, the present study aims to develop and test a model that allows the practical use of periphyton, from the initial management of the ponds to the moment chosen for harvesting within a small-scale fish farm, in addition to confirming the benefits that this practice can bring to the farming system. The experimental design consisted of two treatments and three replicates, with the fish being evaluated in ponds with the presence of substrates made from low-density polyethylene (sombrite), containing periphyton biofilms (V-PS) and fed with 100% of the daily recommended feed for each replicate, and their development was compared between the ponds without the presence of substrates (V-AS). Two species of fish were chosen to be tested and compared, being the colored carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) and the piauçu (*Leporinus macrocephalus*), kept in the ponds in a multitrophic culture scheme for 90 days. The results obtained indicated a productivity (kg/m^3) 30.1% higher in V-PS compared to V-AS, in which the presence of the substrate led to superior results for the colored carp in relation to the final average weight of these animals by 29% and final length by 14%. Regarding piauçu, the V-PS treatment was 5.4% higher in relation to the final weight. The presence of periphyton reduced feed conversion by 25.7%, reducing feed costs by 25.8%. Total revenue was 16.3% higher with the use of periphyton, enabling small producers to use their cultivation space more efficiently.

Keywords: natural food, native species, food supplement, integrated systems.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Aquicultura no Brasil e no mundo

Altas demandas alimentares estão sendo geradas de forma global devido a expansão da sociedade humana e o crescente aumento no número de indivíduos, tornando a necessidade pela proteína animal cada vez mais presente e em quantidades significativas para o consumo desta população. E é neste cenário em que a aquicultura se torna um contribuinte na oferta de alimento (Rebouças & Gomes, 2018; Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010).

O termo aquicultura possui suas origens no latim, onde a etimologia das palavras “aqui” e “cultura”, correspondem respectivamente a “água” e “cultivo”, destacando-se como o cultivo de organismos que passam toda sua vida na água, ou pelo menos parte da sua vida em meio aquático. Suas subdivisões abrangem a piscicultura, ranicultura, carcinicultura, quelonicultura, malacocultura e algicultura (Camargo & Poey, 2005; Siqueira, 2018).

Foi estimado que dentro do setor de aquicultura e pesca ocorreu uma movimentação financeira total de 312,8 bilhões de dólares no ano de 2022. Neste montante encontra-se a produção de 94,4 milhões de toneladas de animais aquáticos, juntamente com 36,4 milhões de toneladas oriundas da produção de algas. Isso mostra que, pela primeira vez, a produção de animais aquáticos ultrapassou a pesca dentro dos dados estatísticos oficiais (FAO, 2024).

O Brasil se enquadra entre os territórios que possibilitam este meio de produção devido às condições geográficas e ambientais que são favoráveis para o desenvolvimento dessa atividade, onde podemos destacar a disponibilidade hídrica, clima favorável e recursos naturais abundantes. Sendo identificados cerca de 5,5 milhões de hectares de lâmina de água doce superficial do planeta, excluindo os aquíferos (Sidonio et al., 2012; Rocha et al., 2013).

Dentro deste cenário, ainda existem desafios nos quais vários fatores

geram impacto direto no crescimento dos sistemas produtivos da aquicultura. Podendo-se destacar entre eles, a burocracia para abertura de empreendimentos,

carência na sistematização de processos e os custos sobre a falta de mão de obra técnica especializada, que dificultam a entrada de investidores no setor. Estes fatores geram deficiência e atraso para a continuidade de crescimento da atividade no país (Mustafa et al., 2016; Barroso et al. 2015).

Desta forma, para gerar uma melhoria continua e promover o avanço neste setor, se faz necessário o aperfeiçoamento das técnicas de produção, juntamente como avanços tecnológicos de processos dentro das áreas de melhoramento genético, manejo, sanidade, bem-estar animal e nutrição. Estes avanços impulsionam mudanças e geram fatores que podem atender a necessidade de se produzir mais em espaços reduzidos e com durações de ciclos de produção menores (Brito et al., 2019; Petzold et al., 2023).

1.2. Perifítón

Na aquicultura, a ração é considerada um dos principais insumos da produção (Leonardo et al, 2018). Quando avaliada a participação da ração nos custos de produção, esta representa de 40 a 60%, enquanto nos anos de 2000 e 2001 esse percentual girava em torno de 30% dos custos operacionais totais. Sendo assim, uma tecnologia ou um sistema de manejo que tenha capacidade de controlar a qualidade de água e ainda produzir alimento no local do cultivo é um avanço em relação a outras tecnologias (Crab et al., 2007).

Sabemos que apenas cerca de 25% da proteína ofertada sob a forma de ração é aproveitada pelo organismo dos peixes cultivados, sendo que a maior parte desta proteína é perdida durante a excreção pelos animais cultivados ou pelo desperdício ocasionado pelo não aproveitamento da ração (Avnimelech & Kochba, 2009; Guedes et al., 2021). Esta situação demonstra que além da dificuldade de estabilização de um capital de giro pelo produtor, as indústrias são induzidas a trabalhar com margens reduzidas de lucro. Desta forma, um incremento na alimentação, pode ser utilizado de forma suplementar, sendo

capaz de reduzir a oferta de ração e por consequência à onerosidade da produção.

E é neste cenário nos quais se enquadram propostas como o uso do perifítom (Ballester et al., 2007; Chen et al., 2021).

O termo perifítom pode ser entendido como a designação geral dada aos microrganismos que se desenvolvem e mantém seus ciclos biológicos enquanto estão aderidos a qualquer substrato submerso na coluna da água (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Quando analisamos toda esta comunidade, podemos identificar grupos formados por microrganismos autotróficos e heterotróficos, incluindo as algas, bactérias, fungos, invertebrados aquáticos, protozoários e detritos que se mantêm unidos em uma matriz de polímeros extracelulares juntamente com matéria orgânica e inorgânica (Azim & Asaeda, 2005; Martínez-Córdova et al., 2014).

Por possuir uma ampla distribuição nos ambientes aquáticos e devido a apresentação de um modo de vida séssil, aliado ao ciclo de vida curto das espécies ali aderidas, o perifítom possibilita respostas rápidas e eficientes em frente as alterações do meio aquático quando o comparamos com outros organismos (Newman et al., 2003). Os efeitos da interação desta bio-estrutura sobre a qualidade da água e a forma como se apresenta à disponibilidade de nutrientes para os organismos aquáticos, tem gerado resultados satisfatórios nos cultivos de peixes e camarões (Yu et al. 2016). Podendo-se destacar que o perifítom pode ser utilizado de forma eficiente como alimento por tilápias e demais peixes onívoros, incluindo as carpas por exemplo (Dempster et al., 1993, Feng, et al. 2024)

Toda a proposta inicial de utilizar substratos para o crescimento da comunidade perifítica é derivada da observação de métodos de aquicultura tradicionalmente utilizados, onde troncos de madeira e galhos de árvores são colocados em águas rasas para atrair peixes para o cultivo (Azim et al., 2002). Esta utilização de substratos submersos para desenvolvimento do perifítom é uma estratégia muito promissora em conjunto com a manipulação da relação C: N (carbono:nitrogênio) na água, e algumas vantagens observadas envolvem desde aumento nos percentuais de sobrevivência como também favorecimento de

números de produção mais elevados quando comparados com o sistema tradicional de cultivo que não utiliza substratos (Uddin et al., 2006; Cavalcante,

2017; Campos, 2020; Silva et al., 2021). Estes dados podem ser explicados pelo fato de que a presença de substratos nos tanques de piscicultura oferece abrigo para os peixes e promove uma nova fonte de produção primária de alimento naquele ambiente. Isso fornece uma teia alimentar adicional e permite que os nutrientes em suspensão no ambiente sejam incorporados pela comunidade perifítica (Azim et al., 2002).

1.3. Carpa Colorida

De acordo com registros históricos, a espécie denominada como *Cyprinus carpio*, conhecida popularmente como carpa comum, é o peixe mais antigo do qual se tem registro de domesticação e cultivo. São originárias da Ásia e Europa Ocidental e pertencentes à família Cyprinidae, sendo criadas na China há mais de 2.000 anos e marcaram o início da piscicultura no continente Europeu na idade média. Por volta do início do século XX, em meados de 1900, foram transportadas para o continente americano, chegando aos Estados Unidos, e em 1904 foram trazidas para o Brasil, com as primeiras tentativas de cultivo, sendo realizadas na década de 30. Desde então, tem sido retratada na aquicultura como uma espécie promissora com desovas rentáveis em cativeiro (Chammas & Garádi, 1996; Tamassia et al., 2004).

A carpa colorida (*Cyprinus carpio haematopterus*), também conhecida como Koi ou Nishikigoi, é uma subespécie muito resistente a variações nos parâmetros de qualidade da água e tolerante a altas densidades de estocagem. Esta surgiu a partir de mutações genéticas espontâneas das carpas comuns, na região de Niigata, no Japão, onde foram realizados cruzamentos e manejos que permitiram o desenvolvimento de três tipos híbridos de coloração, sendo: o Higoi (carpa vermelha), o Asagui (carpa azul e vermelha) e o Bekko (branca e preta). Destas, hoje existem aproximadamente 120 variantes de Koi, das quais, as principais

podemos destacar: Showa, Kohaku, Utsuri, Hikarimono Ogon, Hikarimono

Platina, Ogon Matsuba, Guinrin Kohaku, Goshiki e Karimono azul (Kuroki, 1981; Balon, 1995; Carneiro et al., 2015; Kock & Gomelsky, 2015).

Em relação aos peixes ornamentais, o sistema de criação utilizado reflete especialmente na qualidade da espécie. Nestes ambientes, os esforços dos produtores para gerar uma qualidade superior e minimizar os custos da produção, envolvem seleções meticulosas de reprodutores que exibem alta qualidade e ocorre a retirada dos peixes que exibem uma baixa qualidade, para garantir a eficiência e a manutenção destes padrões (Kock & Gomelsky, 2015).

As espécies de peixes consideradas como ornamentais vêm se destacando na visão do mercado mundial da aquicultura. Entre suas características está a facilidade de realizar produções e cultivos dentro de áreas reduzidas, trazendo custos menos elevados em relação a investimentos em instalações. Porém, entre as problemáticas que a produção envolve, se destacam questões como a alimentação destes peixes ornamentais, que em geral se faz baseada na utilização de rações. Porém, como ainda existe um déficit no conhecimento das exigências nutricionais que a maioria destes organismos possuem, é recorrido ao manejo nutricional semelhante a que se é realizado para os peixes destinados a engorda para o consumo. Desta maneira, atinge resultados nutricionais similares ao que se espera para espécies de peixes destinadas ao corte (Fernando et al., 1991; Tamaru & Ako, 2000; Salaro et al., 2003).

Estes peixes podem ser criados em sistemas de monocultivo com fornecimento de ração, porém o sistema mais atrativo vem principalmente a partir da integração com outras espécies de peixe. Esta forma de cultivo, que recebe o nome de cultivo integrado, é praticado há mais de quatro décadas no sul do Brasil, onde quatro espécies de carpas ganham destaque neste cultivo, sendo: carpa comum (*Cyprinus carpio*); carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*); e carpa cabeça-grande (*Hypophthalmichthys nobilis*). Nesta forma de cultivo vem sendo adicionadas outras espécies de valor comercial como a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e

o jundiá (*Rhamdia quelen*). Animais de outros meios de produção também podem compor a escala produtiva, como é o caso dos suínos no sul do Brasil. Nesta

região temos em destaque o estado de Santa Catarina onde o cultivo integrado, que vem sendo adaptado através de estratégias e do uso de recursos locais, atinge excelentes índices produtivos, apresentando produções de 4 a 6 t/ha em ciclos de um ano, e com lucros anuais próximos de R\$ 16.500 a 27.500 por ha (Valenti et al., 2021). Segundo dados da Peixe BR -Associação Brasileira de Piscicultura (Anuário PEIXE BR, 2025) em 2024, houve crescimento de 7,5% do cultivo de pangasius, carpas e trutas com produção de 47.810 toneladas, representando juntos 4,93% da produção brasileira de peixes de cultivo

1.4. Piauçú

O piauçu (*Leporinus macrocephalus*), é um peixe que pertence à família Characidae, e remonta às suas origens à bacia do Rio Paraguai com sua área de habitação correspondendo a área do Pantanal e o Baixo Rio Paraná, sendo menos frequente no Alto Rio Paraná. Conhecido também em algumas localidades pelo nome de piavuçu, é considerado um dos principais representantes da ordem Characiformes, sendo a espécie que possui o maior porte dentro de seu gênero. (Garavello & Britski, 1988; Britski et al, 1999; Oliveira et al., 2020; Tataje & Zaniboni Filho, 2005). Realiza longos percursos ascendentes no período pré-reprodutivo e por isso é considerada uma espécie migradora. Apresenta desova total e sazonal e não apresenta cuidado parental segundo Reynalte-Tataje et. al, (2002).

Os peixes desta espécie apresentam coloração cinza escuro devido principalmente à presença de borda escura na lateral das escamas. Em indivíduos jovens pode ser observada a presença de barras transversais nos flancos e animais adultos apresentam três manchas escuras que se alongam verticalmente. Em relação à cavidade oral, esta é composta por seis dentes no maxilar superior e inferior. Em sua capacidade física pode alcançar 60 cm de comprimento e atingir o peso 6,5 kg, no habitat natural em vida livre (Soares et al., 2000).

É uma espécie onívora de hábitos bentônicos e detritívoros. Possui grande potencial comercial devido apresentar crescimento rápido nas fases iniciais, e

expressar facilidade em se adaptar a dietas artificiais, trazendo vantagens que se refletem na capacidade produtiva (Rodrigues & Navarro, 2006; Signor et al., 2007; Vieira et al., 2014;). Em vida livre a dieta destes animais é constituída por macrófitas aquáticas, algas filamentosas, larvas de inseto, pequenos crustáceos, moluscos e frutos de plantas que se encontram próximas às margens do corpo d'água onde estão presentes. Nas dietas comerciais podem ser alimentados com rações que possuem na composição ingredientes e elementos de origem vegetal (Castagnolli, 1992; Tataje & Zaniboni Filho, 2005). Porém, apesar de conhecimentos acerca de seus hábitos alimentares, ainda são escassas as pesquisas e estudos que determinem suas exigências nutricionais e que abordem questões acerca da qualidade de água e manejo, que muitas vezes são obtidos por meio do conhecimento prático dos próprios piscicultores (Soares et al., 2000; Minucci et al., 2005; Finkler et al., 2010).

1.5. Aquicultura Multitrófica Integrada - IMTA

A aquicultura multitrófica integrada (IMTA - Integrated Multi-trophic Aquaculture) consiste do co-cultivo de duas ou mais espécies de níveis tróficos diferentes ou com hábitos alimentares complementares, com o objetivo de que os resíduos ou produtos da alimentação da espécie alvo sejam utilizadas como fonte de energia ou fertilizante das espécies complementares. Promovendo interações sinergéticas entre as espécies presentes neste sistema produtivo (Ridler et al., 2007; Chopin, 2012; Tomas et. al., 2021; Lecocq, et. al., 2024). Este conceito surgiu a partir da deficiência em aproveitar de forma eficaz os nutrientes lançados nos sistemas de cultivo tradicionais que exploram a criação de uma espécie única dentro dos modelos produtivos, conhecida como monocultivo. Estes, têm mostrado ineficiência no consumo da ração, onde menos de 20% desta é convertida pela espécie alvo e utilizada para ganho de peso e produtividade (Valenti et al, 2011).

Existe uma ampla gama de técnicas que podem ser adaptadas em diferentes ambientes de cultivo, explorando criações em setores marinhos,

terrestres, de águas interiores e salobras. Nestes cultivos, as combinações de espécies podem ser utilizadas em sistemas de aquaponia, sistemas integrados de agricultura-aquicultura (IAA), entre outros (Troell et al., 2003; Neori et al., 2004). Os sistemas integrados possuem como uma de suas finalidades a busca pelo trabalho ambiental sustentável, além da melhora na produtividade para os criadores, surgindo como uma abordagem sustentável para a indústria de produção animal (Chopin et al., 2001; Ridler et al., 2007; Nobre et al., 2010).

No Brasil, grupos de pesquisa vêm estudando os diversos arranjos de IMTA, com destaque para as seguintes espécies: tambaqui (*Colossoma macropomum*), camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) e curimbatá (*Prochilodus lineatus*), (Flickinger et al., 2019; Dantas et al., 2020; Franchini et al., 2020), a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e camarão-da-amazônia com uso de substratos para produção de perifiton (Rodrigues et al., 2019; David et al., 2021), lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) com camarão-da-amazônia e curimbatá (Marques et al., 2021) e tilápia-do-nilo com carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) e curimbatá utilizando substrato de perifiton (Negri et al., 2023). Estes estudos demonstram claros benefícios da aquicultura multitrófica, que incluem: aumento na produtividade, melhora na conversão alimentar, no sequestro de carbono e na viabilidade econômica e redução de resíduos no sedimento.

2. REFERÊNCIAS

Avnimelech, Y. Biofloc technology - A practical guide book. The Word Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana. 2009.

Azim, M.E.; Beveridge, M.C.M.; Van Dam, A.A; Verdegem, M.C.J. (Eds.), Periphyton: Ecology, exploitation and management. CABI Publishing, Cambridge, pp. 15-34. 2005.

Azim, M.E; Verdegem, M.C.J; Khatoon, H.; Wahab, M.A; van Dam, A.A.; Beveridge, M.C.M. A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. Aquaculture, v.212, p.227-243, 2002.

Ballester, E.L.C.; Wasielesky, W.; Cavalli, R.O.; Abreu P.C. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. Aquaculture, v. 269, p. 355-362, 2007.

Balon, Eugene K. "The common carp, *Cyprinus carpio*: its wild origin, domestication in aquaculture, and selection as colored nishikigoi. Guelph Ichthyology Reviews 3 (1995).

Barroso, R. M.; Evangelista, B. A.; Tahim, E. F.; Tenório, R. A.; Carmo, F. J.; Sabbag, O. J. A importância da organização da cadeia de valor da tilápia na gestão da crise hídrica. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 48 p. 2015.

Brito, P.S., Guimarães, E.C., Ferreira, B.R.A., Ottoni, F.P. & Piorski, N.M. 2019. Freshwater fishes of the Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses and adjacent areas. Biota Neotropica.<https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0660>.

Britski, H. A.; Silimon, K. Z. De. S. De; Lopes, B. S. Peixes do Pantanal: manual de identificação. 1^a edição. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 184p.

Campos, D. W. J. d. Utilização de perifíton na produção intensiva de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados. (2020).

Carmargo, S. G. O. De; Pouey, J. L. O. F. Aquicultura: um mercado em expansão. Revista Brasileira Agrociência, Pelotas, v.11, n. 4, p. 393-396, 2005.

Carneiro, P.C.F.; Morais, C.A.R.S.; Nunes, M.U.C.; Maria, A.N.; Fujimoto, R.Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 27p., 2015.

Castagnolli, N. Criação de peixes de água doce. Jaboticabal: FUNEP, 1992.

Cavalcante, Davi De Holanda. Sinergismo entre perifítion e bioflocos no cultivo intensivo de juvenis de tilápia-do-nilo. 2017. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

Chammas, M.; Garádi, P. A carpa comum: Um breve histórico. Panorama da Aqüicultura, v. 6, n. 34, p. 14, 1996.

Chen, X.; Wang, Y.; Zhang, Z. Innovations in Aquaculture for Sustainable Protein Production. Journal of Aquatic Sciences, v.18, n.2, p.67-82, 2021.

Chopin, T., Buschmann, A.H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., Kraemer, G. P., Zertuche-González, J.A., Yarish, C., Neefus, C., 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *J. Phycol.* <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2001.01137>.

Chopin, T.; Cooper, J.; Reid, G.K.; Cross, S.; Moore, C. Open-water Integrated Multi-Trophic Aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture*. 4. 209-220. 2012. [10.1111/j.1753-5131.2012.01074](https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01074).

Crab, R.; Avnimelech, Y.; Defoirdt, T.; Bossier, P.; Verstraete, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, v. 270, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.006>.

Dantas, D.P., Flickinger, D.L., Costa, G.A., Batlouni, S.R., Moraes-Valenti, P., Valenti, E. 2020. Technical feasibility of integrating Amazon river prawn culture during the first phase of tambaqui grow-out in stagnant ponds, using nutrient-rich water. *Aquaculture*. 516: 73411.

David, L. H.; Pinho, S. M.; Agostinho, F.; Kimpara, J. M.; Keesman, K. J., And Garcia, F. 2021. Energy synthesis for aquaculture: A review on its constraints and potentials. *Reviews in Aquaculture*, 13(2): 1119-1138.

Dempster, P.W., Beveridge, M.C.M., Baird, D.J. Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus*, L.a comparison of feeding rates on periphyton and phytoplankton. *J. Fish Biol.* 43, 385-392, 1993.

FAO. Committee on fisheries. Guidelines for sustainable aquaculture. Rome, 2024.Thirty-sixthsession. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/np423en>. Acesso em: 01 jan. 2025.

Feng, Z.; Xiang, T.; Xingzhong W.; Quanfa Z. Does periphyton turn less palatable under grazing pressure?, *ISME Communications*, V.4, Issue 1, 2024.

Fernando, A.A.; Phang, V.P.G.; Chan, S.Y. Diets and feeding regimes of poeciliid fishes in Singapore. *Asian Fisheries Science*, v.4, p.99-107, 1991.

Fernando, AA.; Phang, VPG.; Chan, SY. Diets And Feeding Regimes Of Poeciliid Fishes In Singapore. *Asian Fisheries Science*, v.4, 1991, p. 99-107.

Finkler, J.K.; Freitas, J.M.A.; Signor, A.A.; Zaminham, M.; Boscolo, W.R.; Feiden, A. Substituição da farinha de peixe por farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos híbridos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*) e piapara (*Leporinus elongatus*). *Boletim Instituto de Pesca*, v.36, n.3, p.237-243, 2010.

Flickinger, D.L., Dantas, D.P., Proença, D.C., David, F.S., Moraes-Valenti, P., Valenti, W.C. 2019. Phosphorus in the culture of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*) farmed in monoculture and in integrated multitrophic systems. *Journal of the World Aquaculture Society*. 51: 1002-1023.

Franchini, A.C.; Costa, G.A.; Pereira, S.A.; Valenti, W.C.; Moraes-Valenti, P. 2020. Improving production and diet assimilation in fish-prawn integrated aquaculture, using iliophagus species. *Aquaculture*, 521: 735048. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735048>.

Garavello, J C E Britski, Heraldo A. *Leporinus macrocephalus* sp.N. Da bacia do rio paraguai (*ostariophysi , anostomidae*). *Naturalia*, v. 13, p. 67-74, 1988. Acesso em: 20 mar. 2025.

Guedes, W. F.; Silva, M. R.; Moreira, M. C; Pessoa, L. M. B.; Castro, E. R. R. S. Anatomia do tubo digestório da espécie *Acestrorhynchus lacustres* (*Ostaryohisi, Characiformes*) Lütken, 1875 do rio de Ondas, oeste da Bahia, Brasil. *Veterinária e Zootecnia*, 2021.

Kock, Servaas; Gomelsky, Boris. Japanese ornamental koi carp: origin, variation and genetics. *Biology and ecology of carp*, p. 27-53, 2015.

Kuroki, T. The Latest Manual to Nishikigoi, Shimonoseki-city, Japan, Shin-Nippon-Kyoiku-Tosho Co. Ltd. 1981.

Leonardo, A. F.; Baccarin, A. E.; Scorvo Filho, J. D.; Scorvo, C. M. D. F. Custo de produção da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) no vale do Ribeira, estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, v. 48, n. 1, p. 21-33, 2018.

Lecocq, T., Amoussou, N., Aubin, J., Butruille, G., Liarte, S., Pasquet, A., & Thomas, M. (2024). Stronger together: A workflow to design new fish polycultures. *Reviews in Aquaculture* (Vol. 16, Issue 3, pp. 1374-1394).

Macedo, C. F., & Sipaúba-Tavares, L. H. 2010. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. Boletim do instituto de Pesca, 36, 149-163.

Medeiros, F. D. P. 2022. Bioprocessos para a otimização de pós de rocha utilizados na agricultura. Universidade Federal de Viçosa.

Marques, A.M.; Boaratti, A.Z.; Belmudes, D.; Ferreira, J.R.C.; Mantoan, P.V.L.; Valenti, P.M.; Valenti, W.C. 2021. Improving the Efficiency of Production of Lambari and Diet Assimilation Using Integrated Aquaculture With Benthic Species. Preprints, 2021080110. doi: 10.20944/preprints202108.0110.v1.

Martínez-Córdova, L.R.; Emereciano, M.; Miranda-Baeza, A.; Martínez-Porcha, M. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. *Reviews in Aquaculture*, v.7, p.131-148, 2015.

Minucci, L. V.; Pinese, J. F.; Espíndola, E. L. G. Análise liminológica de sistema semi-intensivo de criação de *Leporinus macrocephalus* (pisces, anostomidae). *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 123-131, 2005.

Mustafa, F.; BAGUL, A. H. B. P.; Senoo, S.; Shapawi, R. (2016). A Review of Smart Fish Farming Systems. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*. 193-200. 10.3153/JAEFR16021.

Negri, M., Romera, D. M., Garcia, F. Integrated multitrophic aquaculture in ponds using substrate for periphyton as natural source of food. *Boletim do Instituto de Pesca*, 49, 2023.

Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigel M, Yarish C. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231:361-391, 2004.

Newman, S., McCormick, P.V. & Backur, J.G. Phosphatase activity as an early warning indicator of wetland eutrophication: problems and prospects. *Journal of Applied Phycology*, 2003.

Nobre, A.M.; Ferreira, J.G.; Nunes, J.P.; Yan, X.; Bricker, S.; Corner, R.; Groom, S.; Gu, H.; Hawkins, A.J.S.; Hutson, R.; Lan, D.; Lencarte e Silva, J.D.; Pascoe, P.; Telfer, T.; Zhang, X.; Zhu, M. Assessment of coastal management options by means of multilayered ecosystem models. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87, 1, 43-62, 2010.

Oliveira, G.R.; Gemaque, T.C.; Melo, K.D.M.; Silva, S.R.; Oliveira, A.V.; Freato, T.A.; Costa, D.P. Restrição alimentar na piscicultura: fisiologia, metabolismo e sustentabilidade. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.5, p.28224-28244. 2020.

PEIXE BR. Anuário da Piscicultura. 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

Petzold, N.; Schmidt, A. L.; Scaringella, L. How to overcome the disruptor's dilemma: Exploring strategic alliance reconfiguration of new market entrants, *Technovation*, Volume 126, 2023, 102812, ISSN 0166-4972, <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102812>.

Pompêo, M.; Moschini-Carlos, V. Macrófitas aquáticas e perifítion: aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos: RiMa, 2003. Acesso em: 19 mar. 2025.

Rebouças, L. O. S.; GOMES, R. B. Aquicultura Orgânica: Uma Visão Geral. *Rev. Bras. Eng. Pesca* 9, v. 2, p. 135-151, ago. 2016.

Reynalte-Tataje D. A.; Esquivel, B. M.; Esquivel-Garcia, J. R.; Zaniboni Filho, E. Reproducción inducida del Piauçu, *Leporinus macrocephalus* Garavello y Britski, 1988 (Characiformes, Anostomidae). *Boletim do Instituto de Pesca (Online)*, São Paulo, v. 28, n.1, p. 11-18, 2002.

Ridler, N., M. Wowchuk, B. Robinson, K. Barrington, T. Chopin, S. Robinson, F. Page, et al. Integrated multi – trophic aquaculture (imta): a potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics and Management*, 11: 99-110. 2007. <https://doi.org/10.1080/13657300701202767>.

Rocha, C. M. C.; Resende, E. K.; Routledge, E. A. B.; Lundstedt, L. M. (2013). Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8).

Rodrigues S.S., Navarro R.D. & Menin E. Adaptações anatômicas da cavidade bucofaringiana de *Leporinus macrocephalus*. Garavello et Britski, 1988 (Pisces, Characiformes, Anostomidae) em relação ao hábito alimentar. *Revista Biotemas* 19(1):51-58. 2006.

Rodrigues, A. P. O.; Vitti-Moro, G.; Santos, V. R. V. D.; Lima-De-Freitas, L. E.; Machado-Fracalossi D. 2019. Apparent digestibility coefficients of selected protein ingredients for pirarucu *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 47, n. 2, p. 310-317.

Salaro, AL.; Souto, EF.; Sakabe, R. Manejo de viveiros. Brasília: SENAR, 2003. P. 96.

Sidonio, L.; Cavalcanti, I.; Capanema, L.; Morsch, R.; Magalhães, G.; Lima, J.; Burns, V.; Alves Júnior, A.J.; Mungioli, R. Experiências internacionais aquícolas

e oportunidades de desenvolvimento da aquicultura no Brasil: proposta de inserção do BNDES. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.36, p. 179-218, set. 2012.

Silva, J.L.S. Da; Carvalho, F.C.T. De; Carvalho, R.M.M.; Sousa, O.V. de. Periphyton use on microbial dynamics, water quality, and Nile tilapia growth in rearing tanks. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.56, e01520, 2021.

Signor, A. A.; Boscolo, W. R.; Feiden, A.; Reidel, A.; Signor, A.; Gross, I. R. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de piavaçu (*Leporinus macrocephalus*). Ciência Rural, v.37, n.3, p.828-834, 2007.

Siqueira, T. V. Aquicultura: A Nova Fronteira Para Produção De Alimentos De Forma Sustentável. 2018.

Soares, C, M. Hayashi, C. Furuya, B, R, V. Furuya, M, W. Galdioli, M, E. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavaçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.1, p.15-22, 2000.

Tamaru, C. S.; Ako, H. Using Comercial feeds for the culture of freshwater ornamental fishes in Hawaiì. Ujnr Technical Report, v. 28, n. 1, p. 109-119, 1999.

Tamaru, CS.; Ako, H. Using commercial feeds for the culture of freshwater ornamental fishes in Hawaii. In: Tamaru, CCT.; Tamaru, CS: Mcvey, JP. Et Al. (Eds.). Spawning and maturation of aquatic species. Hawaii: University of Hawaii Sea Grant College Program, 2000. p.109-120.

Tamassia, S. T. J.; Graeff, A.; Schappo, C. L.; Appel, H. B.; Amaral Júnior, H.; Casaca, J. M.; Kniess, V.; Tomazelli Júnior, O. Ciprinicultura – O Modelo De Santa Catarina. In: Cyrino, J.E.P. Et Al. (Eds.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, 2004. p.267-305.

Tataje, D.R.; Zaniboni-Filho, E. Cultivo do gênero leporinus. In: Beldisseroto, B.; Gomes, L. C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2005. 468p.

Thomas M, Pasquet A, Aubin J, Nahon S, Lecocq T. When more is more: taking advantage of species diversity to move towards sustainable aquaculture. Biol Rev Camb Philos Soc., 2021.

Troell M., C. Halling, A. Neori, T. Chopin, A.H. Buschmann, N. Kautsky and C. Yarish. Integrated mariculture: asking the right questions. Aquaculture 226: 69-90. 2003.

Uddin, M.S., Farzana, A., Fatema, M.K., Azim, M.E., Wahab, M. A., Verdegem, M.C.J., Technical evaluation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) monoculture and

tilapia-prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in earthen ponds with or without substrates for periphyton development. *Aquaculture*, 269, pp. 232-240, 2006.

Valenti, W. C.; Barros, H.; Moraes-Valenti, P.; Bueno, G.; Cavalli, R. *Aquicultura no Brasil - uma indústria de um bilhão de dólares (Aquaculture in Brazil: a billion dollar industry)*, 2021.

Valenti, W.C.; Kimpara, J.M.; Preto, B. Measuring aquaculture sustainability. *Word Aquacult.*, v.42, p.26-30, 2011.

Vieira, F.; Gasparini, J. L.; Macieira, R. M. (2014). *Guia ilustrado dos peixes da bacia do rio Benevente-ES*. Vitória: GSA.

Yu E, Xie J, Wang J, Ako H, Wang G, Chen Z, Liu Y. Surface-attached and suspended bacterial community structure as affected by C/N ratios: relationship between bacteria and fish production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 32, n. 116, p. 1-9, 2016. doi: 10.1007/s11274-016-2065-9.

CAPITULO 1

Perifítton como complemento alimentar em cultivo multitrófico de carpa colorida (*Cyprinus carpio haematopterus*) com piauçu (*Leporinus macrocephalus*).

.

RESUMO

É necessário o uso de alternativas de cultivo que possibilitem aliar o desenvolvimento sustentável com a demanda crescente de produção de proteína animal, fazendo com que a prática não traga prejuízos ao ecossistema utilizado e que exista um processo de melhoria continua dentro dos sistemas de produção. O presente estudo teve como objetivo, desenvolver e testar um modelo para a utilização do perifítom. O delineamento experimental constou de dois tratamentos e três repetições, sendo avaliados os peixes em viveiros com a presença de substratos confeccionados a partir de telas de sombrite (polietileno de baixa densidade), contendo biofilmes de perifítom (V-PS) e alimentados com 100% da porção diária de ração recomendada para cada repetição, tendo seu desenvolvimento comparado entre os viveiros sem a presença de substratos (V-AS). Foram escolhidas duas espécies de peixes para serem testadas e comparadas, sendo a carpa colorida (*Cyprinus carpio haematopterus*) e o piauçu (*Leporinus macrocephalus*), mantidos nos viveiros em sistema de cultivo multitrófico por 90 dias. Os resultados obtidos indicaram uma produtividade (kg/m^3) 30,1% superior no V-PS em relação ao V-AS, no qual a presença do substrato levou a resultados superiores para as carpas coloridas em 29% em relação ao peso médio final destes animais e 14 % no comprimento final. Quanto ao piauçu, o tratamento V-PS se mostrou 5,4% superior em relação ao peso final. A presença do perifítom reduziu em 25,7% a conversão alimentar, reduzindo o custo com ração em 25,8%. A receita total foi 16,3% maior com o uso do perifítom, possibilitando ao pequeno produtor utilizar seu espaço de cultivo de forma mais eficiente.

Palavras chave: alimento natural, espécie nativa, complemento alimentar, sistemas integrados.

ABSTRACT

The use of alternative production methods that allow combining sustainable development with the growing demand for animal protein production is necessary so that the practice does not harm the ecosystem used and so that there is a process of continuous improvement within the production systems. The present study aimed to develop and test a model for the use of periphyton. The experimental design consisted of two treatments and three replicates, with the fish being evaluated in ponds with the presence of substrates made from shade cloth (low-density polyethylene) containing periphyton biofilms (Ponds-Substrate) and fed 100% of the daily recommended feed for each replicate, and their development was compared between the ponds without the substrates (Without Ponds Substrate). Two species of fish were chosen to be tested and compared, e-koi carp *Cyprinus carpio haematopterus* and the piauçu *Leporinus macrocephalus* kept in the ponds in a multitrophic culture scheme for 90 days. The results obtained indicated a productivity (kg/m³) 30.1% higher in V-SP compared to V-AS, in which the presence of the substrate led to superior results for the colored carp in relation to the final average weight of these animals by 29% and final length by 14%. Regarding piauçu, the V-SP treatment was 5.4% higher in relation to the final weight. The presence of periphyton reduced feed conversion by 25.7%, reducing feed costs by 25.8%. Total revenue was 16.3% higher with the use of periphyton, enabling small producers to use their cultivation space more efficiently.

Key words: natural food, native species, food supplement, integrated systems.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui 12,5% de toda água doce superficial do mundo, excluindo os aquíferos, sendo reconhecido internacionalmente devido a seu alto potencial para a criação de organismos aquáticos. As características que incluem seu extenso território, condições climáticas favoráveis e oferta de água em boa qualidade, criam um bom cenário para o setor de aquicultura se desenvolver (Senra 2001; Valenti et al., 2021). Durante as últimas décadas, tem sido observado que a aquicultura tem se tornado uma atividade competitiva e sustentável na produção de alimentos saudáveis. Porém, tanto no Brasil como no mundo, a demanda por proteína animal cresce de forma significativa em conjunto com a carência populacional por alimentos de qualidade. Diante disso, se faz necessário o investimento em medidas capazes de promover o desenvolvimento da produção aquícola aliando planejamento adequado, uso sustentável dos recursos naturais e geração de novas tecnologias para produção (Sidonio et al., 2012; Siqueira, 2017).

A necessidade de mitigar os impactos ambientais relacionados ao crescimento destas atividades gera tecnologias e perspectivas de manejo que buscam aliar aumento de produção e sustentabilidade (Thomas et al., 2021). Entre estas estratégias estão presentes modelos de cultivo que abordam o uso de sistemas de recirculação de água, uso de bioflocos, aquaponia e cultivos integrados. E entre estas técnicas, uma que também se mostra promissora é a manipulação das comunidades microbianas naturais dos sistemas aquáticos, que são capazes de utilizar as altas cargas de nutrientes derivadas dos resíduos orgânicos e tornarem-se uma fonte alternativa de alimento para as espécies cultivadas (Scaglione et al. 2017; Anand et al. 2019). Dentro destas comunidades se destaca o perifíton, que é o termo designado para o complexo grupo de microorganismos que se agarram a diferentes substratos presentes na coluna d'água. Estas comunidades podem apresentar em sua composição a presença de

bactérias, algas, protozoários, rotíferos e outros organismos que, juntos, formam

um agregado que serve como alimento adicional para algumas espécies presentes naquele bioma (Carballo et al., 2008; Azim & Asaeda, 2005; Pompêo & Moschini-Carlos, 2003).

A comunidade perifítica é considerada um dos principais produtores primários nos ecossistemas aquáticos, servindo como base da cadeia alimentar para diferentes níveis tróficos. Análises indicam que em sua composição estão presentes proteínas, vitaminas e minerais que podem ser aproveitados pelos peixes de importância econômica (Moschini-Carlos, 1999; Esteves, 2011). A aplicação de novas técnicas na aquicultura que visem à manutenção da qualidade da água e sustentabilidade do cultivo, aliadas à preservação de recursos hídricos, se faz necessária para um desenvolvimento responsável do setor (Ferri, et al. 2018). Com base nisto, diversas tecnologias sustentáveis vêm ganhando importância quanto à sua aplicação em atividades aquícolas, mostrando-se uma abordagem que abre possibilidades para a prática da criação de forma ecológica, podendo colaborar com o desenvolvimento de estratégias para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos, incluindo a redução da quantidade de ração adicionada ao ambiente e consequentemente à eutrofização artificial (Rodrigues & Moreira-Viñas, 2007; Lima, et al, 2012).

Os efeitos da interação desta bio-estrutura sobre a qualidade da água e a forma como se apresenta a disponibilidade de nutrientes para os organismos aquáticos têm gerado resultados satisfatórios nos cultivos de peixes e camarões (Yu et al. 2016). Pode-se destacar que o perifíton pode ser utilizado de forma eficiente como complemento alimentar por tilápias e demais espécies aquáticas que apresentem hábitos alimentares onívoros (Dempster et al., 1993). Toda a proposta inicial de utilizar substratos para o crescimento da comunidade perifítica é derivada da observação de métodos de aquicultura tradicionalmente utilizados, no qual troncos de madeira e galhos de árvores são colocados em águas rasas para atrair peixes para o cultivo (Azim et al., 2002).

Esta abordagem quando analisada para o cenário atual, pode trazer

benefícios para pequenos produtores que muitas vezes não possuem o nível de investimento necessário para alavancar seus sistemas de cultivo, bem como para

produtores que se encontram em locais distantes para adquirir ração comercial em suas propriedades. Se fazendo importante a busca de alternativas que são muitas vezes associadas puramente ao manejo. Neste contexto, surge a aquicultura multitrófica integrada (IMTA - Integrated Multi-trophic Aquaculture) que se apresenta como o co-cultivo de duas ou mais espécies de peixes de níveis tróficos diferentes ou hábitos alimentares complementares (Chopin, 2012; Thomas et al 2021). Desta forma, a sua produção em conjunto dentro do sistema produtivo possui a função de aproveitar os resíduos ou produtos da alimentação da espécie alvo como fonte de energia ou fertilizante para as espécies alocadas como complementares, trazendo sinergismo entre as espécies e promovendo reutilização de recursos (Ridler et al., 2007; Palhares & Coldebella, 2012;).

A abundância em matéria orgânica, que muitas vezes é encontrada na pequena propriedade rural, favorece a aplicação das técnicas de IMTA. Apoiando-se nesta premissa, o objetivo deste trabalho é avaliar um modelo prático para implementar o uso do perifítion como complemento alimentar de duas espécies em IMTA: carpa colorida e piauçú, utilizando como modelo uma piscicultura de pequeno porte. Neste sentido, busca-se avaliar a viabilidade técnica com foco em maximizar a receita e reduzir os gastos com ração comercial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido nas instalações da Piscicultura Custodio localizada na cidade de Mogi das Cruzes, no Estado de São Paulo, Brasil ($23^{\circ}42'28.84''S$, $46^{\circ}12'12.46''O$). Esta é uma propriedade particular destinada a criação, venda e revenda de alevinos próprios e de espécies adquiridas em outros estabelecimentos, no qual foram cedidos pelo período necessário para realização do experimento o total de 6 viveiros escavados. O protocolo experimental passou pela aprovação do Comitê de Ética do Instituto de Pesca (CEUA-IP 021/2024).

2.1. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com dois tratamentos e três repetições, totalizando 6 unidades experimentais e contando com dois fatores principais, presença de substrato (V-PS) e o grupo controle com a ausência de substrato (V-AS). Entre estes, os viveiros identificados com as numerações 3, 4 e 5 se destinaram a receber o substrato e os viveiros 1, 2 e 6 foram destinados para o grupo controle. Estas unidades experimentais são viveiros escavados sem revestimento com dimensões distintas (Tabela 1).

Tabela 1- Dimensionamento e identificação dos viveiros segundo presença (V-PS) e ausência (V-AS) de substrato.

Viveiro	Dimensionamento	Tratamentos
1	274 m ²	V-AS
2	73,10 m ²	V-AS
3	105 m ²	V-PS
4	149,06 m ²	V-PS
5	110,29 m ²	V-PS
6	78,95 m ²	V-AS

Nota: V-AS: viveiros com ausência de substrato; V-PS: viveiros com presença de substratos

Apesar da diferença na área dos viveiros, o povoamento foi realizado seguindo uma densidade de estocagem padronizada em número de alevinos por m², que foi utilizada como base para os cálculos de manejo alimentar e preparos do experimento. Estes viveiros foram drenados e secos antes do início do experimento e permaneceram nestas condições por 5 dias. Em seguida foi realizada a desinfecção com cal virgem na proporção e uma tonelada por hectare.

Após este procedimento, foram preenchidos com água proveniente de nascente local e captada por gravidade até atingirem a profundidade de 1 metro. Logo em

seguida, foi feita a fertilização com esterco de galinha na proporção de 250 g/m² (Baccarin & Camargo 2004) para promover a formação de alimento natural.

2.2. Confecção dos substratos

Durante todo planejamento inicial, que consistiu em adaptar o método com mais praticidade possível para ser manejado dentro de uma piscicultura comercial de pequeno porte, diversos materiais foram levados em consideração para servirem como substrato de colonização do perifítón. O modelo de maior facilidade de manuseio foi determinado como sendo o avaliado por Castellani, et al. (2022), que utilizou tela plástica na cor branca (polietileno de baixa densidade), conhecidos como “sombrite”, e observou maiores níveis na quantidade de perifítón quando em comparação com outros materiais como o bambu. A partir desta premissa foram confeccionados painéis com proporções de 1,40m de comprimento e 0,8m de altura. Estes painéis foram costurados com fio de náilon em duas extremidades com a finalidade de passar um cordame da parte superior e uma barra de ferro na parte inferior. O cordame ofereceu sustentação para o substrato e foi auxiliado por flutuadores de piscina cortados nos comprimentos de 0,55m e dispostos entre os painéis, enquanto as fileiras foram fixadas nas duas extremidades através de estacas de madeiras dentro dos viveiros. Por sua vez a barra de ferro proferiu peso suficiente para manter cada painel de sombrite na posição vertical na coluna d’água, evitando dobras e rugosidades. Foi buscado o posicionamento destas fileiras de forma que estivessem distribuídas uniformemente pelos viveiros do tratamento V-PS (Figura 1).

Foi determinado que os viveiros destinados para o recebimento do substrato tivessem 50% de sua área superficial preenchida com os painéis de sombrite, contando a soma dos dois lados de cada painel (frente e verso). Após inseridos os substratos na coluna d’água, foi respeitado o período de 25 dias para colonização do perifítón antes do povoamento dos viveiros com alevinos.



Figura 1 - Distribuição dos substratos nos viveiros do tratamento V-PS com flutuadores entre cada painel e a presença dos alevinos na superfície da água.

2.3. Espécies escolhidas para o experimento

A escolha das espécies foi realizada com base em dois fatores principais, sendo a disponibilidade na propriedade em obter alevinos e no sistema de cultivo multitrófico adaptado de Casaca et al., (2005), onde a espécie escolhida como principal e foco alvo do cultivo deve ocupar entre 50 a 100 % da capacidade indicada para a produção, e esta pode ser acompanhada de espécies secundárias e complementares que variam entre 5 a 30 % da capacidade de povoamento. Deste modo a principal espécie comercializada na propriedade é a carpa colorida (*Cyprinus carpio haematopterus*), e esta foi determinada como espécie alvo do cultivo. Seu interesse pelo consumo do perifítion foi determinado em teste preliminar realizado em aquários de vidro (100 x 50 x 40 cm) que permitiram a

observação do consumo do perifíton por estes animais.

A segunda espécie selecionada foi o piauçu (*Leporinus macrocephalus*), também comercializado na propriedade e adquiridos de outro estabelecimento,

e sendo escolhida como espécie secundaria. Seu interesse pelo perifítion também foi avaliado em teste preliminar seguindo o mesmo manejo descrito para as carpas coloridas.

2.4. Povoamento dos peixes nos viveiros

A partir do observado nos testes preliminares foram introduzidos nos viveiros o total de 8.377 alevinos de carpa colorida, com peso médio de 0,8 g. Respeitando as dimensões dos viveiros, estes animais foram distribuídos na densidade de 10 alevinos/m². Com relação aos alevinos de piauçu, estes foram inseridos no experimento após 16 dias do povoamento com as carpas, o que sucedeu de acordo com disponibilidade do fornecedor. Foram adquiridos 2.510 alevinos de piauçu com peso médio de 2,3 g, provenientes da Piscicultura Polettini localizada na cidade de Mogi Mirim/SP. A densidade de estocagem do piauçu em cada viveiro foi de 3 alevinos por m² (Tabela 2). A partir da quantidade de alevinos e da mensuração do peso médio do lote foi calculada a biomassa total de cada viveiro e a oferta de ração inicial que se seguiu nos dias subsequentes.

Tabela 2 - Número total de alevinos de carpas coloridas e piauçus distribuidos em cada viveiro.

Viveiro	Área do viveiro (m ²)	Total de alevinos de carpas coloridas	Total de alevinos de piauçu
1	274 m ²	2904	870
2	73,10 m ²	774	234
3	105,03 m ²	1116	335
4	149,06 m ²	1579	472
5	110,29 m ²	1168	350
6	78,95 m ²	836	249

2.5. Biometrias e cálculos de arraçoamento

A cada 15 dias foi feita a coleta de 5% dos peixes de cada viveiro, levando em consideração apenas as carpas coloridas, para avaliação do ganho de peso e ajuste na quantidade de ração a ser fornecida. A captura destes animais se deu utilizando redes, puçás e covos quando necessário. Os mesmos foram acondicionados em baldes com água, e em seguida pesados em balança eletrônica de precisão 0,1g da marca SQ e modelo SF-400. O comprimento padrão foi medido com o auxílio de fita métrica. Em cada captura foram verificados também o aspecto e integridade física dos animais para fins de monitoramento de possíveis doenças ou irregularidades. Foi ofertada ração comercial da marca Supra Aqua Line, com teores de 48% de proteína bruta e granulometria de 2 mm. Em quantidades calculadas com base no percentual de 3% de biomassa de cada viveiro e recomendação do fornecedor, levando em consideração apenas as carpas para o cálculo, sendo esta a espécie principal do cultivo. A quantidade de ração ofertada foi dividida em duas porções diárias, sendo no período da manhã as 09:00 hs e no período da tarde as 14:00 hs, durante todo experimento e ajustadas a cada 15 dias após captura e biometria dos animais.

2.6. Coleta e análise de água

Desde o início do experimento as variáveis físicas e químicas da água foram analisadas semanalmente, sendo oxigênio dissolvido - OD ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); temperatura ($^{\circ}\text{C}$); teores de amônia total ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$), e nitrito (NO_2) ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); transparência (cm); pH e dureza total CaCO_3 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Utilizando para as medições, Disco de Secchi para a transparência; Oxímetro da marca Instrutherm MO-920 para o oxigênio dissolvido e os testes colorimétricos da marca Alfakit para a amônia total, nitrito e pH. As amostragens foram realizadas pela manhã (09:00) e tarde (14:00).

Juntamente com o aferimento semanal destes padrões também foram coletadas, no início e no final do experimento, o total de 500 mL de água de cada

viveiro, a uma profundidade de 20 a 30 cm, acondicionadas em garrafas plásticas e congeladas em seguida. Essas amostras seguiram para avaliações de micro e macro nutrientes da água e enviadas para o laboratório de substrato do Centro de Solos e Pesquisas de Fertilizantes do Instituto Agronômico de Campinas/SP, para análise. Os nutrientes avaliados foram o nitrogênio amoniacal total (TAN), Nitrato (NO₃-), Fósforo (P), Cloreto (Cl-), Enxofre (S), Potássio (K), Sódio (Na), Calcio (Ca), Magnésio (Mg), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn). Aliados a uma avaliação de clorofila realizada pelo Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia do Centro de Recursos Hídricos do Instituto de Pesca de SP.

2.7. Produtividade de perifíton

O perifíton foi coletado ao início e ao final do experimento, padronizando pontos específicos na superfície dos painéis de sombrite, sendo duas alturas, 10 cm (superfície) e 70 cm (fundo). Retirando amostras de uma área conhecida (153,86 cm²) para fins de mensuração da produtividade em teor de matéria seca por cm². Esta coleta se deu com o auxílio de um pote plástico com abertura circular e uma escova de dentes utilizada para raspar cuidadosamente o conteúdo perifítico ao mesmo tempo em que foram lançados pequenos jatos de água para auxiliar na remoção. O conteúdo coletado foi disposto em uma estufa com circulação de ar com temperatura média de 60°C, durante o período de 48 a 72 horas. Após a desidratação do material o conteúdo foi pesado na balança analítica Denver APX -200 com precisão de 0,0000 g, e registrados os valores individuais.

2.8. Desempenho Zootécnico

Ao final do experimento, com a finalidade de avaliar os índices produtivos, foram coletados 7% do total dos animais de cada viveiro para a

mensuração do peso e comprimento totais. Os parâmetros avaliados foram: peso total (g), utilizando balança eletrônica da marca Gehaka e modelo BG 4001 com precisão de 0,1g e move range de 0,01g. O comprimento total (cm), utilizando fita métrica. E os índices zootécnicos foram calculados utilizando-se as fórmulas:

$$\text{Produtividade} = \text{Biomassa total (g)} / \text{m}^2$$

$$\text{Peso Final (média)} = \text{Peso total final} / \text{nº de peixes}$$

$$\text{Conversão alimentar} = (\text{consumo de ração} / \text{g biomassa})$$

Fator de condição = $Y = a * C^b$ (Y = peso total; a = constante de regressão relacionada com o grau de crescimento do peixe; C = comprimento total; e b = coeficiente angular relacionado com o tipo de crescimento da população) (Le Cren, E. D., 1951).

2.9. Indicadores Econômicos

Os indicadores econômicos avaliados no presente estudo para comparar a presença do perifiton em relação à ausência deste alimento complementar no cultivo multitrófico de carpas e piauçus foram: a receita total (R\$/ha) e os índices bioeconômicos: CMR = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento (R\$/kg); IEE = Índice de Eficiência Econômica (%) e IC = Índice de Custo (%).

Segue abaixo a descrição de cada indicador e a forma de cálculo.

- Receita total (R\$/ha): valor total obtido com as vendas dos peixes antes das deduções como impostos e descontos.

A padronização da produção por hectare de lâmina de água foi realizada da seguinte maneira:

Carpas Coloridas = 10 unidades / m² = 100.000 unidades em 1 hectare

Piauçu = 3 unid. / m² = 30.000 unidades em 1 hectare

O preço de venda utilizado foi baseado nos valores comercializados pela piscicultura no mês em que foi encerrado o experimento (abril/2024). Estes valores muitas vezes são variáveis e podem ser influenciados pelos padrões de cores no caso das carpas, pela quantidade de alevinos disponíveis e a depender do cliente final.

- Indices Bioeconômicos: para determinar o índice bioeconômico do uso do perifítón como incremento nas dietas, foi mensurado o custo da ração em reais por quilo de peso vivo ganho (R\$/kg PV), conforme as fórmulas adaptadas de Bellaver et al. (1985), Gomes et al. (1991) e Silva et al. (2008), sendo:

$$CMR \text{ (R$/kg)} = Q_i * P_i / G_i,$$

$$IEE \text{ (\%)} = MCe / CTei * 100$$

$$IC \text{ (\%)} = CTei / MCe * 100$$

Onde:

CMR = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i-enésimo tratamento;

IEE = Índice de Eficiência Econômica;

IC = Índice de Custo

Q_i = quantidade de ração consumida no i-enésimo tratamento;

P_i = preço por kg da ração utilizada no i-enésimo tratamento;

G_i = ganho de peso do i-enésimo tratamento;

MCe = menor custo da ração por kg de ganho observado entre os tratamentos;

$CTei$ = custo do tratamento i considerado

2.10. Análise Estatística

Os dados foram previamente submetidos ao teste de normalidade dos

resíduos Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância pelo teste de Levene. A comparação das variáveis analisadas entre os tratamentos foi realizada por meio

do teste t de Student ($p<0,05$). As avaliações no tempo de cada período experimental não foram submetidas à análise estatística.

3. RESULTADOS

Durante o período que compreendeu o experimento não foram observados indícios de mortalidade em nenhum dos tratamentos, indicando que não houve flutuação ou grandes diferenças no que diz respeito a taxa de sobrevivência. Os resultados do tratamento V-PS se mostraram superiores aos registrados para o tratamento V-AS quando comparado o desempenho das carpas coloridas e dos piauçus. A produtividade (g/m^2) foi 30,1% superior no V-PS em relação ao V-AS ($p<0,05$) e este mesmo padrão de eficiência foi observado nas demais médias de desempenho, sendo que com a presença do substrato os resultados foram superiores para as carpas coloridas em 29% no peso médio final ($p<0,05$) e 14 % comprimento final ($p<0,05$). Quanto ao piauçu foram também observados valores diferentes entre os dois tratamentos ($p<0,05$), sendo o tratamento V-PS 5,4% superior em relação ao peso final destes animais, porém com o comprimento final se mostrando 2,8 % superior no tratamento V-AS. Já quando comparada a taxa de conversão alimentar é possível visualizar uma diferença de 25,7% no que diz respeito ao crescimento destes animais (Tabela 3).

Tabela 3 - Indicadores de desempenho zootécnico entre os dois tratamentos.

	Controle (V-AS)		Perifítton (V-PS)	
	Carpa	Piauçu	Carpa	Piauçu
Produtividade (g/m^2)		$85,48\pm7,18$ b		$122,21\pm7,18$ a
Peso final (g)	$6,27\pm0,41$ b	$8,33\pm0,14$ b	$8,84\pm0,44$ a	$8,81\pm0,15$ a
Comprimento final (cm)	$7,13\pm0,09$ b	$9,05\pm0,26$ a	$8,28\pm0,10$ a	$8,79\pm0,28$ b
Fator de condição	$0,01\pm0$	$0,12\pm0$	$0,01\pm0$	$0,12\pm0$

Conversão alimentar

0,97 b

0,72 a

Nota: letras diferentes representam diferença estatística ($p<0,05$) entre os tratamentos para cada espécie estudada (carpa colorida e piauçu).

Na biometria final, confirmando que em um mesmo período houve um melhor aproveitamento do alimento disponível nos viveiros com todos eles recebendo a mesma quantidade proporcional de ração. Quando comparada outra faixa de peso o mesmo pode ser visualizado, sendo 50,5% das carpas do tratamento V-PS com peso entre 5,1 a 10 g contra 39,1% das carpas neste mesmo padrão no tratamento V-AS. Outro fato observado ao final do experimento foi a presença de grupos de carpas com tamanhos evidentemente superiores à média geral presentes nos dois tratamentos, o que é naturalmente esperado durante a fase de crescimento destes animais em viveiros. Porém esta discrepância de crescimento foi também muito mais evidente no grupo V-PS onde 12,7% das carpas coloridas apresentaram pesos superiores entre 10 e 15g contra apenas 6% das carpas neste mesmo padrão no tratamento sem substrato (V-AS). Esta diferença se torna ainda maior quando comparadas às carpas que ultrapassaram a marca de 15g, sendo o total de 11,2% para o grupo V-PS contra 2,5% do grupo V-AS (Tabela 4).

Tabela 4 - Classes de peso (g) e comprimento (cm) das carpas coloridas em ambos tratamentos.

Peso	Comprimento (cm)	Controle Perifítton	
		V-AS	V-PS
1,4 a 5g	4 á 7	52,3 %	25,6 %
5,1 a10g	8 á 9	39,1%	50,50%
10,1 a 15g	9 á 12	6%	12,7%
Acima de 15 g	13 á 18	2,5%	11,2%

O crescimento superior das carpas presentes no tratamento V-PS resultou em maior valor de venda, calculada com base nos preços que a piscicultura

comercializa. O valor das carpas coloridas é variável a depender do tipo de

coloração e especificidade do padrão das mesmas. Porém dentro do mesmo padrão o critério utilizado é o preço baseado no tamanho em centímetros (cm) destes animais. Até a presente data o critério local utilizado para especificar as carpas coloridas é o apresentado na Tabela 5. Com estes dados é possível observar que utilizando 1 hectare de lama d'água, com a mesma densidade escolhida neste experimento (10 peixes/m²) a receita obtida com a venda das carpas para uma produção utilizando o substrato para o perifítion apresentaria o valor de 54.700,00 reais/ha superior a uma produção tradicional.

Tabela 5 - Receita (R\$/ha) obtida com a venda de carpas coloridas de acordo com seu comprimento nos tratamentos V-AS e V-PS.

Comprimento (cm)	Valores Unitários ^a	Receita (R\$)	
		V-AS	V-PS
4 á 7	R\$ 2,00	R\$ 104.800,00	R\$ 51.200,00
8 á 9	R\$ 2,50	R\$ 97.750,00	R\$ 126.250,00
9 á 12	R\$ 3,00	R\$ 1.800,00	R\$ 38.100,00
13 á 18	R\$ 5,00	R\$ 12.500,00	R\$ 56.000,00
Receita Total (R\$/ha)		R\$ 216.850,00	R\$ 271.550,00

^a Valores unitários de peixes baseados no preço praticado no comércio de peixes ornamentais pela piscicultura utilizada durante o experimento. Valores praticados em abril/2024.

Na biometria dos piauços observou-se que cerca de 93,4 % destes animais presentes no tratamento sem substrato possuíam o peso entre 4,4g a 10g, esta é a menor faixa de peso registrada para esta espécie durante biometria final, que contrasta com 85,7% de animais nestas mesmas proporções no tratamento com substrato (V-PS). Ainda em comparação, cerca de 6% dos piauços presentes no tratamento V-AS possuíam peso entre 10,1g a 15g contra cerca de 10,9% nestas

mesmas condições no tratamento V-PS. Por fim a última faixa de peso classificado para estes animais foi superior a 15g, onde apenas 0,46% dos piauçus

do experimento V-AS apresentavam estas condições e 3,27% destes animais no tratamento V-PS. Segue a tabela com detalhamento dos comparativos (Tabela 6).

Tabela 6 - Classes de peso (g) e comprimento (cm) dos piauçus em ambos tratamentos.

		Controle	Perifiton
Comprimento			
Peso	(cm)	V-AS	V-PS
4,4 a 10g	4,9 a 9,5	93,40%	85,70%
10,1 a 15g	10 a 11	6%	10,90%
Acima de 15 g	Acima de 11	0,46%	3,27%

Os mesmos resultados podem ser convertidos no valor da receita final de venda. Levando em conta três valores selecionados, sendo um para cada padrão de peso e tamanho observados ao final do experimento. Nas mesmas proporções hipotéticas que levando em conta um hectare de lâmina d'água com a proporção de 3 animais/m², não sendo estes introduzidos como espécie principal mas sim como espécie complementar, ocorre a diferença de receita de 2.670,00 reais entre os dois tratamentos, sugerindo que existiu interferência do perifiton no crescimento destes animais, até então no que diz respeito ao peso final (tabela 7).

Tabela 7 - Classificação dos piauçus de acordo com valor da venda final.

Peso	Valores Unitários ^a	Controle	Perifiton
		V-AS	V-PS
4,4 a 10g	R\$ 2,50	R\$ 70.155,00	R\$ 65.025,00
10,1 a 15g	R\$ 3,00	R\$ 5.400,00	R\$ 9.090,00
Acima de 15 g	R\$ 5,00	R\$ 690,00	R\$ 4.800,00

Receita Total	R\$ 76.245,00	R\$ 78.915,00
---------------	---------------	---------------

^a Valores unitários de peixes baseados no preço praticado no comércio de peixes, pela piscicultura utilizada durante o experimento. Valores praticados em abril/2024.

O tratamento V-PS indicou um melhor índice bioeconômico dentro dos critérios avaliados. O indicador CMR (custo da ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento), trouxe um total de custo mais vantajoso para o tratamento V=PS (Tabela 8), sendo que a presença de substrato trouxe uma redução de R\$ 1,28 reais por kg de peixe produzido em relação ao tratamento utilizando somente a oferta de ração. Este resultado sugere que o incremento de peso destes animais foi possível devido a ingestão do conteúdo perifítico, servindo este como um eficiente complemento alimentar.

O uso do substrato para o perifiton trouxe melhor índice de eficiência econômica (IEE), pois o melhor resultado é aquele que ao fim da estimativa se iguala a 100% ou mostra valores acima deste. E quanto ao índice de custo (IC), este se torna mais eficiente quando apresenta valor menor do que 100%, sendo este o resultado encontrado para o tratamento VP-S.

Tabela 8 – Custo da ração por quilograma (CRaçao), custo médio em ração por quilograma de peso vivo ganho (CMR), índice de custo (IC) e índice de eficiência econômica (IEE).

Variáveis	V-AS	V-PS
CRaçao (R\$/kg)	5,12	5,12
CMR (R\$/kg)	4,96	3,68
IC %	134,78	100
IEE %	74,19	100

Quanto aos parâmetros de qualidade da água, na Tabela 9, o OD e o pH permaneceram dentro dos padrões estabelecidos para águas doces da classe I destinadas à pesca ou consumo de organismos segundo Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005). A clorofila foi superior ao valor máximo indicado para águas

de classe I. Durante o período em que seguiu o experimento apenas houve

diferença estatística entre os tratamentos para o parâmetro de transparência. Sendo este valor maior para o tratamento V-AS em comparação com o tratamento V-PS, indicando que o tratamento sem substrato permaneceu com grau de transparência maior. Os testes colorimétricos utilizados para as medidas de amônia e nitrito não detectaram sua presença em nenhuma das amostras coletadas.

Tabela 9 - Valores médios dos parâmetros de qualidade da água obtidos semanalmente durante 90 dias de experimento.

Parâmetros	Controle (V-AS)	Perifítón (V-PS)	Resolução CONAMA 357
Oxigênio Dissolvido (mg/L) - manhã	6,93±0,52	6,70±0,16	≥ 6mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/L) - tarde	9,08±0,82	8,05±0,13	≥ 6mg/L
Temperatura (°C) - manhã	25,32±0,05	25,41±0,04	-
Temperatura (°C) - tarde	28,34±0,00	28,24±0,05	-
Transparência (cm)	19,29±0,48 a	16,37±0,25 b	-
pH	7,61±0,11	7,50±0,00	6,0 a 9,0
Clor a (ug/L)*	40,84±6,76	38,22±15,86	≤ 10ug/L

*Coleta única realizada em 11 de março de 2024.

Os resultados de análise de nutrientes diluídos na água não demonstraram diferenças estatísticas entre nenhum dos elementos para as amostras da coleta inicial feita ao primeiro dia do experimento. Todos os valores se mostraram em quantidades relativamente pequenas e com diferenças sucintas entre si. Quanto aos nutrientes boro (B) e cobre (Cu), apresentaram valores < 0,01. Quanto aos resultados da coleta realizada ao último dia do experimento apenas o zinco (Zn),

apresentou diferença estatística (Tabela 10) e em relação aos parâmetros presentes na Resolução CONAMA 357 para águas de classe I destinadas ao

cultivo de peixes para pesca ou consumo humano, nenhum padrão excedeu o limite máximo permitido.

Tabela 10 - Valores dos nutrientes analisados ao início e final do experimento.

	Início		Final		Resolução
	V-AS	V-PS	V-AS	V-PS	CONAMA 357
Nitrato (mg/L)	0,43±0,06	0,30±0,10	0,16±0,03	0,30±0,10	≤10,0 mg/L
Enxofre (mg/L)	1,26±0,18	0,96±0,24	0,93±0,51	0,60±0,26	-
Amônia (mg/L)	0,53±0,20	0,46±0,17	0,26±0,03	0,53±0,26	≤2,0 mg/L*
Potássio (mg/L)	1,60±0,30	1,80±0,45	0,45±0,21	0,63±0,12	-
Sódio (mg/L)	1,56±0,14	1,80±0,10	1,60±0,11	1,43±0,12	-
Calcio (mg/L)	15,96±1,57	16,60±1,73	15,60±0,72	13,6±1,71	-
Magnésio (mg/L)	4,86±0,81	3,53±0,29	2,56±0,14	2,06±0,21	-
Ferro (mg/L)	0,07±0,02	0,03±0,00	0,01±0,00	0,02±0,00	≤0,3 mg/L
Zinco (mg/L)	0,07±0,02	0,03±0,00	0,12±0,00 a	0,02±0,00 b	≤0,18 mg/L
Cobre (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	≤0,009 mg/L
Boro (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	≤0,5 mg/L

*para valores de pH entre 7,5 e 8,0.

Em relação a análise da proporção de matéria seca do perifítion presente nos substratos foi observado que no período que compreendeu o experimento ocorreu o aumento de 63,4 % do conteúdo perifítico que estava aderido na porção mais próxima da superfície da água, cerca de 10 cm de profundidade. E, quanto a porção mais próxima ao fundo dos viveiros, ocorreu um aumento de 77,6 % do conteúdo perifítico ao longo do experimento (Tabela 11).

Tabela 11 - Matéria seca de perifítón (g/cm^2) em duas profundidades no início e ao final do experimento no tratamento V-PS.

	V-PS	
	Superior (10 cm)	Inferior (70cm)
Matéria Seca de Perifítón ao início do experimento	1,13±0,18	1,14±0,26
Matéria Seca de Perifítón ao fim do experimento	3,09±0,97	5,1±1,8

4. DISCUSSÃO

O experimento compreendeu o período de 18 janeiro até 18 abril de 2023, totalizando 92 dias de cultivo. Desta forma o mesmo foi conduzido em sua maior parte durante o período de verão e abrangendo algumas semanas na estação de outono. Maiores valores de abundância de perifítón são observados durante o período do verão quando comparados com outras estações do ano, sendo observável uma correlação entre altas temperaturas e absorção de nutrientes como o nitrogênio pela comunidade perifítica (Cole et al., 2019).

Se faz necessário aguardar o período aproximado de 21 dias para que o perifítón atinja a maturidade e proporção ideal que favoreça o início de seu aproveitamento pelas espécies cultivadas (Siqueira, 2008). Este prazo foi respeitado e é observado um considerável aumento do conteúdo perifítico quando comparados os teores de matéria seca das amostras coletadas entre o inicio e fim do experimento, indicando que não só a temperatura dos viveiros mas bem como os demais parâmetros físicos e químicos da água estavam proporcionando ambiente ideal para seu desenvolvimento. Segundo Castelani et al. (2022), quanto maior for a profundidade em que o substrato está inserido,

maior é o crescimento do perifíton. O mesmo foi observado após os dados da coleta final para análise de matéria seca, onde a média das amostras coletadas em

70 cm de profundidade se mostraram 39,4 % superiores em peso (g) quando comparada às amostras coletas em 10 cm de profundidade.

A variação de temperatura da água entre todos os viveiros atingiu as médias de 25,3° C no período da manhã e 28,2° C no período da tarde. É entendida como a faixa térmica ideal para o crescimento do *Cyprinus carpio* as médias de 27° a 32° C dentro dos sistemas ideias de cultivo comercial, mostrando que durante o experimento este parâmetro se manteve próximo a estes valores. O mesmo pode ser dito quanto ao conforto térmico para o piauçu, permanecendo dentro da faixa determinada como ótima para espécies de peixes tropicais que abrange de 26 a 30° C (Sipaúba-Tavares, 1994; Kubitz, 1998; Muller et al, 2024).

Quanto aos valores de clorofila-a, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo sua concentração média mensurada em $40,84 \pm 6,76$ (ug/L) para o grupo V-AS e $38,22 \pm 15,86$ (ug/L) para o grupo V-PS. A clorofila é proporcional a biomassa de algas que se fazem presentes dentro de um determinado ambiente aquático. O fitoplâncton como o conhecemos é composto pela variedade de algas microscópicas presentes na coluna d'água que desenvolve em locais ricos em nutrientes, onde a clorofila-a pode corresponder com cerca de 1 a 2% do peso seco destas algas planctônicas a depender das espécies que compõem a variedade daquele local (Mercante et al. 2008; Apha, 2006).

Quando falamos em produtores primários de energia dentro deste ambiente aquático, ambos o perifítion e o fitoplâncton possuem destaque semelhantes devido à sua composição e origem, onde os requerimentos para a sua manutenção e crescimento podem gerar uma interação competitiva. Esta competição por luz e nutrientes afeta a taxa de mortalidade e regeneração um do outro, isto poderia levar a presença de teores maiores de clorofila nos viveiros sem a presença do biofilme perifítico onde naturalmente exibiria uma relação inversamente proporcional (Odum, 1983; Sand-Jensen & Borum, 1991; Vadeboncoeur & Steinman 2002). Apesar disto, não foi observada diferença

estatística entre estes componentes durante a realização deste experimento.

Quanto aos valores de oxigênio dissolvido, quantidades acima de 5 mg/L são considerados como ideais, para grande maioria das espécies de peixes destinadas a criação comercial, incluindo as duas espécies utilizadas neste experimento. Sendo que em concentrações que abrangem entre 1 a 5 mg/L, podem trazer prejuízos na produção e alteração no tempo de cultivo (Faria et al. 2013).

Durante o experimento os resultados dos valores de oxigênio de ambos os tratamentos se mantiveram próximos no período da manhã, sendo observada maior diferença entre a média registrada ao período da tarde, onde o grupo V-AS obteve o valor de $9,08 \pm 0,82$ mg/L e o grupo do V-PS obteve $8,05 \pm 0,13$ mg/L. Existem duas fontes principais para que o oxigênio esteja presente na coluna d'água, sendo a penetração mecânica do ar atmosférico provocada pelo movimento da superfície da agua e à ação fotossintética das plantas e algas clorofiladas que envolve a presença de luz, sendo esta indispensável para este processo. Possuindo relação direta entre a presença de fitoplâncton e a presença de oxigênio dissolvido nestes viveiros (Gurgel & Vinatea, 1988).

Em relação aos nutrientes que foram avaliados a partir da amostragem de água dos viveiros, todos se mantiveram em pequenas concentrações, não sendo observada diferença estatísticas entre os mesmos. Estes valores podem ser entendidos como resposta à baixa densidade de peixes que foi utilizada para este experimento, sendo determinado 10 unidades de carpa por m^2 , e 3 unidades de piauçu por m^2 inseridos posteriormente como espécie complementar. No primeiro momento, levando em conta o peso médio das carpas de 0,8 g, é somado um total de 80 g de peixe por m^2 inicialmente. Segundo Matos & Matos (2021), para a criação de carpas comuns é sugerido em um policultivo, que este seja povoado na densidade de 1 peixe para cada $2m^2$, totalizando cerca de 5 mil carpas por hectare (ha). Porém em muitos estabelecimentos de peixes ornamentais a criação funciona muitas vezes de forma empírica e a depender da experiência do produtor.

A produtividade utilizando os substratos para o perifítion foi visivelmente superior, atingindo 30,1% de diferença comparado ao tratamento controle. Essa

produtividade se reflete em economia para o produtor, confirmando que a interação entre as duas espécies cultivadas e a adição de perifítion na dieta foi interessante no ponto de vista produtivo dentro deste período de tempo estudado. Boa parte deste aumento deve-se à economia com gastos na compra de dieta comercial ou ração.

Kumar, et al. (2019), avaliaram a análise econômica dentro da produção semi-intensiva de camarão-branco-do-pacífico (*Penaeus vannamei*) dentro de viveiros escavados pelo período de 120 dias. Comparando os tratamentos com a presença ou ausência de substrato para crescimento do perifítion. Foram utilizados painéis feitos de telas de sombrite na cor preta como escolha de material para o substrato, sendo que neste estudo o investimento para os viveiros com perifítion foi maior devido a utilização destes materiais, porém o biofilme proporcionou um aumento da geração de renda líquida em 35,4%, reduzindo o ponto de equilíbrio para o retorno financeiro da produção.

Durante o desenvolvimento de um ciclo produtivo muitas são as dificuldades encontradas, e que podem ser manejadas de maneira mais eficiente utilizando ferramentas que possibilitem a sua identificação e administração. Neste contexto o uso de indicadores e modelos bioeconômicos podem trazer o direcionamento a respeito da viabilidade e forma de trabalho mais vantajosa para o produtor (Valenti et al., 2018). Os resultados desta mensuração trouxeram maior receita total (R\$/ha) quando utilizado o substrato contendo o biofilme perifítico, indicando uma possível interferência deste substrato no desenvolvimento destes animais, o que possibilita ao produtor comercializar em valores mais atrativos pois encurta o tempo de produção.

O mesmo pode ser comparado com os resultados observados em relação ao custo médio em ração por quilograma de peso vivo ganho (CMR), mostrando uma redução ao se incorporar o perifítion na dieta dos peixes e impactando diretamente na receita total. Esta mesma vantagem pode ser observada na taxa de conversão alimentar, apresentando um menor resultado para a o tratamento

V-PS (0,72), contra o resultado do tratamento V-AS (0,97). A melhora na conversão alimentar não só traz a diminuição do total de ração lançado ao

sistema como reflete no custo para a compra deste insumo. Desta maneira a maior eficiência na conversão alimentar observada neste experimento assimila a economia de ração comercial com a diminuição de lançamento de nutrientes em meio ao ambiente aquático. (Barros et. al. 2016; Ottinger et al., 2016).

Ainda são escassas as informações referentes ao manejo do perifítom para fins comerciais, sendo que boa parte das informações encontradas são a partir de ensaios feitos com a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Campos (2020), avaliou a utilização de perifítom como alimento complementar para juvenis de tilápia-do-nilo a partir de redução na oferta de ração por meio da introdução de substratos de bambu em viveiro escavado. Assim, verificou uma redução do custo operacional total e promoção de uma melhor rentabilidade econômica na margem de 17,33%, após utilizar 50% da ração recomendada somada à inclusão de substrato para o perifítom. Silva et al. (2021) avaliaram a criação tilápias-do-nilo criadas com o biofilme perifítico, e chegaram ao resultado de peso final 2,4 vezes maior que às submetidas em tratamento sem perifítom, concluindo o aumento de 59,19% na sua produtividade, além do favorecimento da manutenção da qualidade da água de cultivo e proteção dos peixes contra patógenos.

De forma geral estes estudos abrangem a tilápia por esta ser um dos principais focos comerciais na aquicultura comercial, porém alguns estudos podem ser encontrados abrangendo espécies como a carpa-capim, reconhecendo seu potencial como espécie alvo do sistema baseado em perifítom. Em estudo com oito espécies diferentes, entre variedades de carpas e tilápias e escolhendo o bambu como substrato para o perifítom verificou-se que a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) apresentou os maiores níveis de digestibilidade do perifítom em comparação até mesmo com a carpa colorida (Gangadhara et al., 2004).

Jha et al. (2018), avaliaram a produtividade em viveiros dentro do sistema de policultivo entre as espécies de carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*),

carpa cabeçuda (*Aristichthys nobilis*), carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), e espécies nativas da região do Nepal, concluindo que

a redução do arraçoamento aliado ao incremento de perifítom melhorou de forma lucrativa a produção e chegando a ter rendimentos semelhantes aos sistemas tradicionais de cultivo integrado com alimentação em quantidades recomendada pela literatura

Estudos abordando o uso de espécies nativas dentro de sistemas de cultivo multitrófico integrado apresentam diversos resultados em pesquisas no Brasil. Flickinger et al. (2019), buscaram avaliar a dinâmica da interação do fósforo em sistemas de monocultura e IMTA, utilizando três espécies nativas, sendo o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*), evidenciando que os cultivos integrados apresentaram uma melhor conversão do fosforo como incremento na dieta e sugerindo o uso de espécies iliofagias, capazes de se alimentar do conteúdo sedimentado ao fundo dos viveiros para compor a integração de espécies. Desta mesma maneira, Franchini et al. (2020), exploraram em seus estudo o cultivo integrado utilizando uma espécie iliofaga, o curimbata (*Prochilodus lineatus*), entre os animais de cultivo, concluindo que o uso deste sistema proporcionou um aumento de produção total em 35%, mostrando que espécies que diferentes níveis tróficos podem se complementar. Um estudo semelhante realizado por Negri et al. (2023), abordou o uso do perifiton como suplementação em um cultivo multirrícico entre a espécie nativa curimbatá e duas espécies exóticas, a tilápia-do-nilo e a carpa-capim, mostrando que seu desempenho produtivo trouxe maior eficiência na ciclagem de nutrientes e trazem suas vantagens a possibilidade do produtor diversificar os alvos de cultivo. Neste presente estudo a escolha das duas espécies, sendo a carpa colorida e o piauçu, foi baseado na disponibilidade da propriedade em obter estas espécies, e suas proporções em quantidade foram adaptadas das sugestões de Casaca et al. (2005). Apesar de possuírem hábitos alimentares semelhantes e serem considerados animais onívoros, a soma de seu uso em conjunto dentro de IMTAs pode ser favorecido devido a sobra de nutrientes que naturalmente é observada durante a produção. Outro ponto observado foi a

relação comportamental da busca de alimento entre estas espécies, no qual as carpas coloridas apresentavam maior voracidade e desinibição para alcançar a

ração quando esta foi ofertada, contrastando com o observado para o piauçu que muitas vezes não foram vistos se alimentando durante o arraçoamento e ainda assim obtiverem incremento de peso ao final do experimento. Desta maneira é possível deduzir que os piauços se alimentaram dos resíduos da alimentação das carpas em conjunto dos elementos presentes nos viveiros, incluindo o zooplâncton e o perifiton.

A carpa colorida por ser considerada um peixe onívoro, é capaz de aproveitar efetivamente lipídios, carboidratos e proteínas como fontes de energia em sua dieta (Watanabe et al., 1978). Em seus hábitos alimentares podem ser descritas características como bentívora e forrageira, sendo capaz de levantar partículas sólidas que estão presente ao fundo dos viveiros durante a sua busca por alimento e por consequência liberar nutrientes para a coluna de água (Fletcher et al. 1985; Huser et al., 2016). Esta capacidade de forragear o ambiente é uma das características desejáveis para que uma espécie seja capaz de se alimentar efetivamente do conteúdo perifítico. Devido aos resultados obtidos no desempenho zootécnico desta espécie durante o experimento este dado é confirmado, tornando a carpa colorida uma espécie de múltiplo potencial em questões produtivas.

Quanto à utilização do perifítón com espécies nativas brasileiras, mais estudos necessitam ser realizados. Informações quanto ao seu uso na alimentação do Jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) apontam bons resultados utilizando materiais artificiais como substrato para o perifítón quando em comparação com o uso de substratos naturais (Tortolero et al, 2016). O curimbatá também possui resultados quanto ao seu uso se dispondo do perifítón em sistema de policultivo (Negri et al., 2023). O piauçu é caracterizado como sendo uma das espécies de hábito alimentar onívoro, do mesmo modo que a carpa colorida, e que compõem em sua dieta uma ampla variedade de fontes de alimentos (Andrian et al., 1994). Esta espécie integra a família Anostomidae, um grupo de peixes da ordem Characiformes da qual fazem parte cerca de 110 espécies, conhecidas

popularmente como piaus (Nelson, 1994). É relatada a utilização do perifíton em alguns peixes desta família, como o *Laemolyta petiti* que utiliza principalmente

detritos, vegetais e quantidades significativas de biofilme em sua dieta natural, sendo estes hábitos o reflexo de adaptações anatômicas e morfológicas deste grupo, onde o formato da cavidade oral se mostra adaptada para raspar superfícies (Santos et al., 1984; Braga, 1990). No presente experimento foram observados resultados superiores para o piauçu nos tratamentos com a presença do perifítom, porém com números inferiores aos obtidos pelas carpas. Isto pode ser explicado devido à baixa densidade de piauços presentes nos viveiros e possível competição por espaço e alimento com as carpas coloridas, que são visualmente mais vorazes que os piauços na busca pelo alimento. Ao resultado final o peso médio se mostrou superior de 0,48 g entre os animais presentes ao tratamento V-PS em relação ao tratamento V-AS.

Este mesmo comportamento de dominância entre espécies em cultivo multitrófico integrado foi descrito por Negri et al (2023), que apontam a tilápia-do-nilo como competidora natural de curimbatá e carpa capim tanto no consumo de ração quanto de perifítom. Os autores sugerem estratégias de produção integrada com confinamento da tilápia (em hapas ou gaiolas) para evitar a competição direta com as demais espécies, permitindo que elas se beneficiem também da integração. É uma estratégia que pode ser adaptada para utilizar o piauçu de forma mais eficiente na produção.

5. CONCLUSÃO

A inserção de substratos para o desenvolvimento de biofilmes de perifítom contribuiu de forma positiva para as carpas coloridas e o piauçu avaliados neste experimento. Neste arranjo de IMTA, o perifítom trouxe melhoria na produtividade, redução na conversão alimentar, melhoria nos parâmetros zootécnicos de ambas as espécies avaliadas que resultou em melhores índices bioeconómicos ao produtor.

Isso indica o potencial que este sistema de manejo possui e possibilita ao pequeno produtor utilizar seu espaço de cultivo de forma mais eficiente. A escolha de utilizar o piauçu como espécie complementar e constatação do seu

aproveitamento do conteúdo perifítico abre precedentes para estimular o uso deste modelo de produção em propriedades de cultivo nacionais que se enquadrem dentro dos padrões utilizados neste estudo.

Outros estudos necessitam ser realizados de forma que se avaliem outras taxas de densidade e a interação do perifítion com espécies de hábitos alimentares semelhantes.

6. REFERENCIAS

Anand P.S.; Balasubramanian, C.P.; Christina, L.; Kumar, S.; Biswas, G.; De, D.; Ghoshal, T.K.; Vijayan, K.K. Substrate based black tiger shrimp, *Penaeus monodon* culture: Stocking density, aeration and their effect on growth performance, water quality and periphyton development, Aquaculture, Volume 507, 2019, Pages 411-418.

Andrian, I.F., Dória, C.R.C., Torrente, G. & Ferreti, C.M. 1994. Espectro alimentar e similaridade na composição da dieta de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) do rio Paraná, Brasil. Rev. UNIMAR. 16(3):97-106.

APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater: online. Washington, DC, 2006.

Azim, M. E.; Asaeda, T. Periphyton structure, diversity and colonization. In: Azim, M.E.; Beveridge, M.C.M.; Van Dam, A.A; Verdegem, M.C.J. (Eds.). 2005. Periphyton: Ecology, exploitation and management. CABI Publishing, Cambridge, pp. 15-34.

Azim, M. E.; Wahab, M. A.; Verdegem, M. C.J.; Van Dam, A. A.; Van Rooij, J. M., Beveridge, M. C.M. The effects of artificial substrates on freshwater pond productivity and water quality and the implications for periphyton-based aquaculture, Aquatic Living Resources, Volume 15, Issue 4, 2002, Pages 231-241.

Baccarin, A. E.; Camargo, A. F. M. Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, productive performance and carcass characteristics as related to food management. Journal of Applied Aquaculture, v. 16, n. 1/2, p. 125-136, 2004

Barros, A.F.; Maeda, M.M.; Maeda, A.; Silva, A.C.C.; Angeli, A.J. Custo de implantação e planejamento de uma piscicultura de grande porte no Estado de

Mato Grosso, Brasil Archivos de Zootecnia, vol. 65, núm. 249, 2016, pp. 21-28.

Bellaver, C.; Fialho, E.T.; Protas, J.F.S. et al. 1985. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.20, n.8, p.969-974.

Braga, F.M. DE S. 1990. Aspectos da Reprodução e Alimentação de Peixes comuns em um trecho do Rio Tocantins entre Imperatriz e Estreito, Estado do Maranhão e Tocantins, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro, 50 (3): 547-556.

Brasil. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: Acesso em: 30 abr. 2025.

Casaca, J. de M.; Tomazelli Junior, O.; Warken, J.A. 2005. Policultivos de peixes integrados: o modelo do oeste de Santa Catarina. Chapecó: Mércur.

Castellani, D., Romera, D. M., Julian, Negri, M., Abimorad, E. G., Garcia, F. 2022. Desenvolvimento de um modelo de susbstrato para colonização de perifíton como alimento complementar na produção de tilápias. Anais do 1º Encontro Latino-Americano de Peixe Cultivado (ELAPC). 24 a 26 de maio de 2022. São José do Rio Preto. SP.

Campos, D. W. J. d. Utilização de perifíton na produção intensiva de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados. (2020).

Carballo, E.; Eer, A.V.; Schie, T.V.; Hilbrands, S.A. Piscicultura de água doce em pequena escala. Wageningen, Países Baixos: Digigrafi, 3^a ed. revista. p.93, 2008.

Chopin, T.; Cooper, J.; Reid, G.K.; Cross, S.; Moore, C. Open-water Integrated Multi-Trophic Aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. Reviews in Aquaculture. 4. 209-220. 2012. 10.1111/j.1753-5131.2012.01074.

Cole, A. J., Tulsankar, S. S., Saunders, B. J., Fotedar, R. (2019). Effects of pond age and a commercial substrate (the water cleanser TM) on natural productivity, bacterial abundance, nutrient concentrations, and growth and survival of Marron (*Cherax cainii* Austin) in semi-intensive pond culture. Aquaculture, 502:242-249.

Dempster, P.W., Beveridge M.C.M., Baird D.J. 1993. Herbivory in the tilápia (*Oreochromis niloticus*): a comparison of feeding rates on phytoplankton and periphyton. Journal of fish biology, 385-392.

Esteves, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

805 p.

Faria, R.H.S.; Moraes, M.; Soranna, M.R.G.S.; Sallum, W.B. Manual de criação de peixes em viveiro. Brasília: Codevasf, 2013.

Ferri, L. S.; Rocha, W. S.; Braz Filho, M. S. P. Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos. Revista Incaper, Vitória, v.9, p.66-70, 2018.

Fletcher, A.R.; Morison, A.K.; Hume, D.J. Effects of carp, *Cyprinus carpio* L., on communities of aquatic vegetation and turbidity of water bodies in the Lower Goulburn River Basin. Aust J Mar Freshw Res 36: 311-327. 1985.

Flickinger, D.L., Dantas, D.P., Proença, D.C., David, F.S., Moraes-Valenti, P., Valenti, W.C. 2019. Phosphorus in the culture of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*) farmed in monoculture and in integrated multitrophic systems. Journal of the World Aquaculture Society. 51: 1002-1023.

Franchini, A.C.; Costa, G.A.; Pereira, S.A.; Valenti, W.C.; Moraes-Valenti, P. 2020. Improving production and diet assimilation in fish-prawn integrated aquaculture, using *iliophagus* species. Aquaculture, 521: 735048. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735048>.

Gangadhara, B., Keshavanath, P. and Ramesha, T. J. Digestibility of bamboo grown periphyton by carps and tilapia. J. Appl. Aquac., 151-162, 2004.

Gomes, M.F.M.; Barbosa, H.P.; Fialho, E.T.; Ferreira, A.S.; Lim, G.J.M.M. Análise econômica da utilização do trigoilho para suínos. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 179, p.1-2, 1991.

Gurgel, J. J. S.; Vinatea, J. E.; Métodos de aumento da produtividade aquática natural. Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes. Documento de Campo 9, GCP/RLA/075/ITA, Brasília, Brasil, 1988.

Huser. B.J.; Bajer, P.G.; Chizinski, C.J.; Sorensen, P.W. Effects of common carp (*Cyprinus carpio*) on sediment mixing depth and mobile phosphorus mass in the active sediment layer of a shallow lake. Hydrobiologia 763: 23-33. 2016.

Jha, S.; Rai, S.; Shrestha, M.; Diana, J.; Mandal, R.; Egna, H. Production of periphyton to enhance yield in polyculture ponds with carps and small indigenous species. Aquaculture Reports. 74-81. 2018.

Kubitza, F. Qualidade da água na produção de peixes. Parte II. Panorama da Aquicultura, março/abril, p. 35-41, 1998.

Kumar V., S.; Pandey, P.K.; Kumar, S.; Anand, T.; Suryakumar, B.; Bhuvaneswari, R. Effect of periphyton (aquamat installation) in the profitability of semiintensive

shrimp culture systems. Indian Journal of Economics and Development, v.7, p.1-9, 2019.

Le Cren, E. D. (1951). *The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (Perca fluviatilis)*. Journal of Animal Ecology, 20(2), 201-219. <https://doi.org/10.2307/1540>

Lima, A., Prysthon, A., Guedes, C., Bergamin, G., Pedroza, M.; Adriana Ferreira Lima, C. A. P. D. S. Construção de viveiros: Piscicultura familiar. 2012.

Lopera-Barrero, N.M.; Ribeiro, R.P.; Sirol, R.N. Genetic diversity in piracanjuba populations (*Brycon orbignyanus*) with the RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) markers. J. Anim Sci., v.84, p.170-170, 2006.

Matos, A. P.; Matos, A. C. Dinâmica de populações aplicada ao cultivo da carpa comum - Capacidade de suporte. Agropecuária Catarinense, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 16-19, 2021. Doi:10.52945/rac.v34i3.1041.

Mercante, C. T. J.; et al Limnologia na aquicultura: estudo de caso em pesqueiros. 2008.

Moschini-Carlos, V. Estrutura e função da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: M.L.M. Pompêo (ed.). Perspectivas na Limnologia Brasileira, pp. 91-103, 1999.

Muller, T., Ferinz, A., Weiperth, A., Ivanovics, B., Toth, B., Bago, B., Horvath, J. Urbanyi, B. and Specziar, A. Uncommon life history and winter spawning of common carp (*Cyprinus carpio*) in natural thermal spring under temperate climate. Fish Physio. Biochem. 2043- 2051. (2024).

Negri, M., Romera, D. M., Garcia, F. Integrated multitrophic aquaculture in ponds using substrate for periphyton as natural source of food. Boletim do Instituto de Pesca, 49, 2023.

Nelson SJ. Fishes of the world. 3rd ed. United State of America. Ed. John Wiley e Sons. 600 p, 1994.

Odum, H. T. "Systems ecology: an introduction." (1983).

Ottinger, M., Clauss, K., Kuenzer, C. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. Ocean coastal management, 2016.

Palhares, J. C. P.; Coldebella, A. 2012. Monitoramento da qualidade da água no

sistema integrado piscicultura-suinocultura em propriedades do Oeste Catarinense. *Revista Agropecuária Catarinense*, 25: 58- 62.

Pompêo, M.; Moschini-Carlos, V. Macrófitas aquáticas e perifítion: aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos: RiMa. Acesso em: 22 jan. 2025., 2003.

Ridler, N., M. Wowchuk, B. Robinson, K. Barrington, T. Chopin, S. Robinson, F. Page, et al. Integrated multi – trophic aquaculture (imta): a potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics and Management*, 11: 99-110. 2007. <https://doi.org/10.1080/13657300701202767>.

Rodrigues, G.S.; Moreira-Viñas, A. Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales. Montevideo: MGAP, World Bank, GEF, PPR, IICA, PROCISUR, Embrapa. p.164, 2007b.

Sand-Jensen K, Borum J. Interactions among phytoplankton, periphyton and macrophytes in temperate freshwater and estuaries. *Aquatic Botany*. 1991;(41):137-175.

Santos, G.M. Dos; M. Jegu.; B. de Merona. Catálogo de Peixes Comerciais do Baixo Rio Tocantins: Projeto Tucuruí. Manaus: Eletronorte, INPA, 83p, 1984.

Scaglione, M. C. et al. Acuaponia, nueva tecnología de producción agropecuaria. In: Jornada De Difusión De La Investigación Y Extensión, V. Área temática Producción animal, 2017

Senra, J. B. Água, O Desafio Do Terceiro Milênio. In: Viana, Gilney; Silva, Marina; Diniz, Nilo (Organizadores). O Desafio da Sustentabilidade - um debate socioambiental do Brasil. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2001. p.133-144.

Sidônio, L. R.; Cavalcante, I.; Capanema, L., Morch, R., Lima, J.; Burns, V.; Junior, A. J. A.; Amaral, J. V. Experiências internacionais aquícolas e oportunidades de desenvolvimento da aquicultura no Brasil: proposta de inserção do BNDES. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.36, p. 179-218, set. 2012.

Silva, A.M.R.; Berto, D.A.; Lima, G.J.M.M. Valor nutricional e viabilidade econômica de rações suplementadas com maltodextrina e acidificante para leitões desmamados. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.286-295, 2008

Silva, J.L.S. Da; Carvalho, F.C.T. De; Carvalho, R.M.M.; Sousa, O.V. de. Periphyton use on microbial dynamics, water quality, and Nile tilapia growth in rearing tanks. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.56, e01520, 2021.

Sipaúba-Tavares, L.H. Limnologia aplicada à aquicultura. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 1994.

Siqueira, N.S. Comunidade de algas perifíticas em tanques de cultivo de peixes em reservatório: o processo de colonização e sucessão utilizando substrato

artificial. 2008. 57p. (Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Maringá - UEM), Maringá/PR. 2008.

Siqueira. T. G. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. IPEA, 2017.

Tortolero, S.A.R.; Cavero, B.A.S.; Brito, J.G.; Soares, C.C.; Jr, D.; Almeida, J.C.; B, Gangadhara; Perar, K. Periphyton-based jaraqui (*Semaprochilodus Insignis*) culture with two types of substrates at different densities. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 16. 347-359. 2016.

Thomas, M.; Pasquet, A.; Aubin, J.; Nahon, S.; Lecocq, T. When more is more: taking advantage of species diversity to move towards sustainable aquaculture. Biological Reviews, v. 96, n. 2, p. 767-784, 2021.

Vadeboncoeur, Y. and Steinman, A.D. (2002) Periphyton Function in Lake Ecosystems. The Scientific World Journal, 2, 1449-1468.

Valenti, W. C.; Barros, H. P.; Moraes-Valenti, P.; Bueno, G. W.; Cavalli, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future, Aquaculture Reports, Volume 19, 2021.

Valenti, W. C. et al. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. Ecological Indicators, Amsterdā, v.88, p. 402-413, 2018.

Watanabe T., Arakawa T., Kitajima C., Fujita S., 1978. Nutritional evaluation of proteins of living feeds used in seed production of fish. Bull. jap. Soc. sci. Fish., 44, 985- 988.

YU, E.; Xie, J.; Wang J.; Ako H.; Wang G.; Chen, Z.; Yongfeng, L. Surface-attached and suspended bacterial community structure as affected by C/N ratios: relationship between bacteria and fish production. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 32, n. 116, p. 1-9, 2016.